



**FLUID
CONTROLS®**
DO BRASIL



**VÁLVULAS
DE SEGURANÇA
E ALÍVIO
(PSV / PRV)**



FLUID CONTROLS[®]
DO BRASIL

  fluidcontrolsbrasil



Excelência em
Fabricação de
**Válvulas de
Segurança e Alívio**

**HÁ SEMPRE UM
DISTRIBUIDOR
AUTORIZADO
PERTO DE VOCÊ**



FLUID CONTROLS[®]
D O B R A S I L

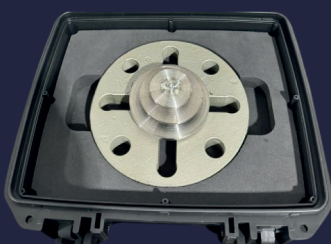
CONHEÇA NOSSOS EQUIPAMENTOS (PARA ATENDIMENTOS A SERVIÇOS RELACIONADOS A NR-13)



PLATAFORMA AUXILIAR PARA
CONEXÃO DE PSV'S



MALETA DE ADAPTADORES



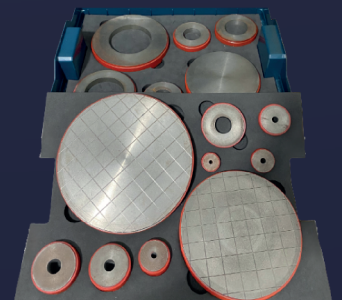
BASE UNIVERSAL PARA CONEXÃO DE
PSV'S EM BANCADAS E MALETAS



BANCADA PARA AJUSTE DE PSV'S



MALETA PARA AJUSTE DE PSV'S



JOGO DE BLOCOS DE LAPIDAÇÃO



MANÔMETRO ELETRÔNICO DIGITAL
SOFTWARE DE EMISSÃO GRÁFICO





VÁLVULA DE SEGURANÇA VS 40

Anel superior da haste em Aço Inox AISI 316

Eixo de articulação da alavanca em Aço Inox AISI 316

Lacres seriados com total rastreabilidade e com logomarca da FluidControls

Haste e pratos de mola em Aço Inox AISI 316.

Plaquetas fixadas no corpo e no capô com rebites de fixação em Aço Inox AISI 316

Bocal reforçado para resistir às tensões geradas pela descarga do fluxo

Batente no final das roscas BSP, para não permitir que uma rosca longa atinja o conjunto de vedação travando a atuação da válvula.

Base, Sede, Contra Sede e Anel graduado para regulagem do diferencial de alívio (Blowdown e POP) em Aço Inox AISI 316

Indicativo do padrão da rosca no sextavado da base da válvula

Espaçamento na altura do sextavado normatizado e compatível com a espessura da ferramenta para conexão e desconexão da válvula

Orifício roscado no capô permite ensaios de estanqueidade sem a remoção da PSV, além da segurança pessoal ao ajustar o anel graduado (diferencial de alívio) quando pressurizado

Parafuso de regulagem em Aço Inox AISI 316 ou Latão

Porca trava do ajuste de pressão em Aço Inox AISI 316

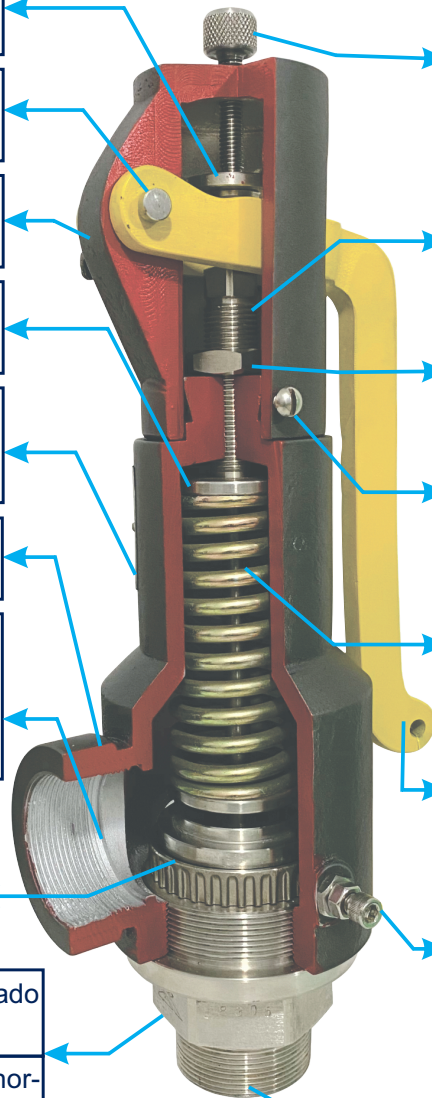
Parafuso de fixação do capô em Aço Inox AISI 316

Mola em Aço Carbono ou em Aço Inox (opcional).

Orifício na extremidade da alavanca possibilitando a montagem para acionamento à distância

Conjunto trava do anel graduado em Aço Inox AISI 316

Orifício sônico de passagem do fluxo que aumenta a velocidade de escoamento e o coeficiente de descarga através do bocal. Isto comparado com o orifício paralelo.



FICHA TÉCNICA



VÁLVULA DE SEGURANÇA VS 40 DE ACORDO COM A ASME VIII

TABELA DE VAZÃO



(27) 3398-4777

VISITE NOSSO SITE
www.fluidcontrols.com.br



CURSO TÉCNICO DE VÁLVULAS DE SEGURANÇA E/OU ALÍVIO

Por: Artur Cardozo Mathias

ÍNDICE

1 – Objetivo	7
1.1 – Introdução às válvulas de Segurança e/ou Alívio	7
1.2 – Especificação de válvulas de segurança e/ou alívio	10
1.3 – Materiais de Construção	11
1.4 – Histórico das Válvulas de Segurança.....	12
1.5 – Válvulas de Segurança para Caldeiras.....	14
1.6 – Válvulas de Segurança e/ou Alívio para Vasos de pressão	16
1.6.6 – Válvulas de Segurança e Alívio Piloto Operadas	24
1.7 – Terminologias.....	33
1.8 – Principais Componentes Internos	45
1.9 – Mola.....	55
1.10 – Guia e suporte do disco	60
1.11 – Tipos de Castelos	60
1.12 – Alavanca de Acionamento	60
1.13 – Operação de uma Válvula de Segurança e Alívio	61
1.14 – Tipos de Contrapressão	65
2.1 – Informações gerais de segurança antes da manutenção	67
2.1.1 – Instruções de desmontagem	68
2.2 – Prazos de inspeção	75
2.2.1 – Teste de Recepção	79
2.3 – Corrosão dos componentes	86
2.4 – Obstrução do Bocal	88
2.5 – Vazamentos em válvulas de segurança e/ou alívio	89
2.6 – Critérios para inspeção dos componentes	96

2.7 – Componentes Sobressalentes	99
2.8 – Usinagem de componentes	100
2.9 – Lapidação das superfícies de vedação do disco e bocal	104
2.10 – Remontagem – informações gerais	114
2.11 – Montagem da Válvula de Segurança e Alívio	116
3.1 – Inspeção e Testes Finais de Válvulas de Segurança e/ou Alívio	119
3.2 – NR 13 – Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho	119
3.3 – Principais testes de inspeção para válvulas de segurança e/ou alívio	121
3.4 – Manômetros	127
3.5 – Ajustando a pressão da válvula na prática	128
3.6 – Compensação da pressão de ajuste – Pressão de ajuste diferencial a frio	129
3.7 – Testando a vedação da válvula de segurança e/ou alívio	133
3.8 – Teste de contrapressão	134
3.9 – Alteração em campo da pressão de abertura	140
3.10 – Uso de Tabelas para Posicionamento de Anéis	141
3.11 – Escalonamentos da Pressão de Abertura para Caldeiras e Vasos de Pressão	147
3.12 – Teste Real	152
3.13 – Teste On-line	153
3.14 – Leitura da plaqueta	157
3.15 – Tolerâncias do Código ASME	158
4.1 – Instalação de Válvulas de Segurança e/ou Alívio	160
4.2 – Tubulação de Entrada	162
4.3 – Tubulação de Descarga.....	164
4.4 – Válvula de Bloqueio a Montante e a Jusante	167
4.5 – Instalação com Múltiplas Válvulas	173
5.1 – Fenômenos Operacionais	176
6.1 – Principais Normas de Construção e Inspeção de Válvulas de Segurança e/ou Alívio	182
Referências Bibliográficas	182



1 – Objetivo

Esta apostila é direcionada ao usuário de válvulas de segurança e/ou alívio na indústria, além de técnicos em manutenção desses equipamentos. Ela mostra os detalhes que envolvem a inspeção e manutenção dessas válvulas, principalmente procedimentos de desmontagem e montagem, além de testes de inspeção e/ou ensaio da pressão de ajuste, os métodos diferentes de testes de vedação, de contrapressão, do fole, de compensação pela contrapressão e temperatura. Métodos de lapidação do disco e bocal, além de inspeção quanto ao desgaste por erosão e corrosão dos componentes, posicionamento e ajuste de anéis e teste on-line, também são abordados. Aqui também serão abordadas as usinagens que influenciam na operação correta e vedação da válvula. Práticas recomendadas para a instalação correta em caldeiras e vasos de pressão também são tratadas nesse texto. Assim, a inspeção, manutenção e instalação das válvulas de segurança e/ou alívio deverão garantir seu funcionamento original de acordo com as recomendações do fabricante. Para as válvulas de segurança e/ou alívio, a necessidade de uma manutenção preventiva periódica está relacionada não apenas a manter aquela continuidade do processo, mas também preservar a vida daqueles que operam os equipamentos por elas protegidos.

Dentro de uma indústria existem válvulas de segurança e/ou alívio que podem parar toda uma planta e de forma inesperada, enquanto outras param somente uma parte desta, porém, em ambas as situações os prejuízos são enormes. Quanto maior a criticidade de uma instalação para um processo, mais minuciosa deve ser a inspeção e/ou manutenção de qualquer equipamento instalado. Muitas vezes a parada de todo um processo para a correção de um problema, devido à falta de manutenção adequada, pode ter um custo muito maior do que a compra de um equipamento novo.

1.1 – Introdução às Válvulas de Segurança e/ou Alívio

As válvulas de segurança e/ou alívio são dispositivos automáticos de alívio de pressão, sendo obrigatórios em vasos de pressão e caldeiras, cuja pressão interna seja superior à pressão atmosférica, evitando as consequências da exposição às condições perigosas de sobrepressão. O Código ASME cobre os equipamentos cuja pressão de operação excede 15 psig, enquanto o API STD. 520 Parte 1 cobre os equipamentos cuja PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível), é igual ou superior a 15 psig.

Todo vaso de pressão construído conforme o Código ASME Seção VIII – Divisão 1 – além de outras normas, obrigatoriamente requer proteção contra a sobrepressão através de um Dispositivo de Alívio de Pressão, podendo este ser uma válvula de segurança e/ou alívio, um disco de ruptura ou um dispositivo de pino para rompimento, ajustados para atuar num valor igual ou menor que a PMTA do vaso.

A função de toda válvula de segurança e/ou alívio instalada em caldeiras, vasos de pressão ou tubulações, em processos industriais, é aliviar o excesso de pressão, devido ao aumento da pressão de operação acima de um limite pré-estabelecido no projeto do equipamento por ela protegido. As consequências de sua falha podem ser: a perda de vidas e/ou do capital investido. Por esta razão, elas são consideradas como a última linha de defesa para a proteção de quaisquer equipamentos sob pressão instalados dentro de um processo industrial, pois elas utilizam a própria energia contida num fluido pressurizado a favor de sua operação.

As válvulas de segurança e/ou alívio são dispositivos de alívio de pressão auto operados, pois utilizam a energia do próprio fluido de processo para que ocorra seu ciclo operacional completo (abertura, sobrepressão e fechamento). Portanto, após a pressão de abertura ter sido atingida e levemente excedida, na área do

diâmetro interno do anel inferior e face inferior do suporte do disco (câmara de força), o disco alcança seu curso máximo (se o fluido for compressível). Quando isto ocorre, a capacidade de vazão da válvula fica limitada pela área da garganta do bocal. Após a correção na causa do aumento de pressão, a válvula de segurança e/ou alívio retorna à posição fechada.

Os termos “segurança”, “alívio” e “segurança e alívio” se aplicam às válvulas que têm a finalidade de aliviar a pressão de um sistema. Em muitas indústrias essas válvulas são chamadas de PSV (Pressure Safety Valve) no caso das válvulas de segurança ou PRV (Pressure Relief Valve) para as válvulas de alívio. Nas indústrias de processos químicos em geral, costuma-se chamar todas estas de válvulas de segurança, porém, existem diferenças no projeto construtivo de cada uma.

Na indústria são utilizadas as “válvulas de segurança” em caldeiras, as “válvulas de segurança e alívio” são utilizadas nos vasos de pressão, trocadores de calor, reatores, tubulações, reacondicionadores, reservatórios de ar comprimido, etc. de uma forma geral, porém, a aplicação, e principalmente, o tipo de fluido (gasoso ou líquido) é quem define se a válvula é do tipo “segurança”, “alívio” ou “segurança e alívio”.

As válvulas de segurança e as válvulas de segurança e alívio são utilizadas quando o fluido é compressível, como gases e vapores e que proporcionam uma abertura rápida e instantânea na pressão de ajuste. As válvulas de alívio são aplicadas em vasos de pressão ou tubulações que armazenam ou transportam líquidos, respectivamente. Nesse tipo de válvula, o curso de elevação do disco e a capacidade de vazão são proporcionais ao aumento de pressão do processo acima da pressão de abertura, até serem limitados pela área formada pelo curso de elevação do disco em relação ao bocal, ou pela área de passagem efetiva do bocal (o que for menor). Na tubulação de descarga de uma bomba de deslocamento positivo, a válvula de alívio evita danos à bomba caso o recalque desta seja bloqueado. As válvulas de segurança e alívio são projetadas para aplicações com ambos os tipos de fluidos, tanto gasoso ou líquido, individualmente, ou fluidos bifásicos.

Portanto, as válvulas de segurança e/ou alívio, de um modo geral, oferecem uma medida de proteção devido aos potenciais níveis perigosos de temperaturas elevadas e às forças causadas pelas excessivas pressões de vapor ou qualquer outro fluido compressível dentro de um sistema. Por exemplo, 1 litro de água se for colocado sobre o fogo e vaporizado na pressão atmosférica, tem seu volume específico elevado em 1725 vezes (1,725 m³). Isto significa que esse vapor produzido “deseja” ocupar um espaço 1725 vezes maior do que aquele ocupado pela água. Se a pressão for elevada, mantendo-se o mesmo volume de água, e dentro de um recipiente hermeticamente fechado, o volume de vapor produzido vai sendo reduzido, porém, a energia armazenada, além da temperatura, vai aumentando com o aumento da pressão. A função da válvula de segurança ou da válvula de segurança e alívio é eliminar o aumento dessa energia que está armazenada no vapor e reduzir a pressão a um nível seguro para o processo.

Uma válvula deve ser utilizada para alívio de pressão quando mesmo um equipamento seja um projeto seguro, pois ele não pode evitar as causas responsáveis pela sobrepressão. A válvula de segurança e/ou alívio também não evita essas causas, porém, ela evita as consequências que podem chegar a serem catastróficas, dependendo do tipo de fluido, volume, pressão e temperatura.

Desta forma, os riscos que podem ser causados pelo excesso de pressão dentro de um vaso ou caldeira, são eliminados automaticamente com a utilização das válvulas de segurança e/ou alívio, desde que estejam corretamente especificadas, dimensionadas, inspecionadas, instaladas e mantidas. Dependendo da aplica-



ção existem outras opções para o alívio de pressão e que podem ser aplicadas em vasos de pressão. Em caldeiras a válvula de segurança é um item obrigatório e sem opção. Essas opções nos vasos de pressão podem ser: os discos de ruptura ou os dispositivos de pino para rompimento, e que também são dispositivos de alívio de pressão, porém, sem retorno espontâneo à posição fechada após sua operação. Para aplicações que envolvem pressões e volumes mais elevados, podem ser utilizadas as válvulas de segurança e alívio do tipo piloto operada.

Essa proteção ocorre quando a válvula é capaz de descarregar uma determinada taxa de fluxo, suficiente para reduzir a pressão de um sistema a um nível seguro. Essa taxa deve ser prevista em seu dimensionamento, considerando a pior condição esperada.

Elas foram projetadas para atuar somente em último caso, quando, antes dela, outros dispositivos instalados para mostrar ou interromper o aumento de pressão, falharam, não sendo possível ao operador tomar as ações necessárias para evitar e/ou corrigir o aumento da pressão. Uma válvula de alívio automática (válvula de controle), que não abre na pressão desejada ou uma válvula redutora de pressão que falha totalmente aberta ou permite passagem (vazamento) de fluido quando fechada, além de saída bloqueada ou reação química (reação exotérmica) entre diferentes fluidos. Estes são outros exemplos de que uma válvula de segurança e/ou alívio deve estar presente para manter a integridade física das pessoas envolvidas e de todo um processo industrial. Se há essas possibilidades, uma válvula de segurança e/ou alívio deve ser especificada e instalada.

Por ser auto operada ela é o último recurso para a proteção de um equipamento pressurizado, aliviando o excesso de pressão e retornando esta pressão a um nível seguro. Por esta razão, elas devem atender perfeitamente às funções essenciais para as quais elas foram projetadas. Essas funções são divididas em: abrir (no valor da pressão de ajuste determinada em seu projeto), descarregar (todo o volume previsto em seu dimensionamento, considerando a pior condição esperada), e fechar (dentro de um valor de pressão determinado e acima da pressão normal de operação do equipamento protegido), ou seja, elas (as funções mencionadas) definem o ciclo operacional completo de uma válvula de segurança e/ou alívio.

Por isso quando você ouvir alguém reclamar do ruído gerado pela abertura de uma válvula de segurança e/ou alívio, apenas responda "ainda bem que ela abriu"!

Observação: Vasos de Pressão – Estes são equipamentos hermeticamente fechados (não sujeitos à chama) e que processam ou contêm fluidos sob pressão interna superior à pressão atmosférica, ou externa quando operarem com vácuo, e utilizados para armazenar água, vapor d'água, condensado, ar comprimido e outros gases, tais como: amônia, cloro, gás sulfídrico, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, entre outros. Eles estão presentes em praticamente todas as indústrias de processo químico tais como, celulose e papel, refinarias de petróleo, indústrias farmacêuticas e de alimentos, entre outras. O que diferencia um vaso de pressão de um tanque atmosférico, é o valor da PMTA em relação à pressão atmosférica (14,7 psia). Os vasos de pressão possuem valores de PMTA's a partir de 15 psig, enquanto os tanques são aqueles expostos a valores de pressão iguais ou inferiores à pressão atmosférica (14,7 psia).

Observação: Caldeira – Esta é um trocador de calor (sujeito à chama) que gera e acumula vapor numa pressão superior à pressão atmosférica. O vapor produzido é gerado a partir da energia térmica fornecida à água por uma fonte de calor.

1.2 – Especificação de Válvulas de Segurança e/ou Alívio

Toda válvula deve ser adquirida diretamente do fabricante ou através de um fornecedor credenciado por este. A especificação da válvula deve ser feita por um profissional com total conhecimento sobre sua aplicação no processo, tipo de fluido, pressão, temperatura, pH, etc.

A construção da válvula tem que atender aos requisitos mínimos exigidos em suas normas dimensionais, construtivas e de testes.

Elas podem ser encontradas para diversas aplicações de pressão, temperatura e corrosão, apropriadas ao material de construção do corpo, castelo e componentes internos, incluindo as juntas de vedação. Em alguns tipos, essas limitações são definidas apenas pela pressão e temperatura do fluido em relação aos diversos materiais utilizados nas sedes, principalmente quando se tratando de elastômeros e termoplásticos.

Os limites de pressão e temperatura de qualquer projeto de válvula devem ser verificados antes da especificação, compra e instalação. A correta especificação da válvula quanto ao seu tamanho e modelo em relação à capacidade de vazão requerida pelo processo e materiais de construção do corpo, castelo e componentes internos, define seu custo final. Uma válvula mal especificada pelo usuário pode resultar em custos adicionais e desnecessários com a instalação e manutenção.

Quanto maior for o requerimento para o bom desempenho da válvula, maiores também serão os custos com a compra, instalação e manutenção. Na escolha de uma válvula para a aplicação desejada, deve sempre ser encontrado um equilíbrio entre desempenho e custo. No mercado de válvulas existem diferentes tipos, algumas podendo ser específicas para cada aplicação.

As válvulas de segurança e/ou alívio, portanto, devem ser especificadas de acordo com a pressão, temperatura, volume e corrosividade do fluido. A pressão e a temperatura podem definir e limitar os materiais de construção do corpo, castelo, mola e demais componentes internos, além da classe de pressão dos flanges de entrada e saída. O volume do fluido determina qual deverá ser a área mínima requerida para o bocal, e a partir desta área, quais deverão ser as bitolas das conexões de entrada e saída. A corrosividade do fluido define, além dos materiais de construção, também se o estilo de projeto da válvula deverá ser convencional ou balanceada.

Os valores de “pressão de operação” do processo e “PMTA” do equipamento protegido devem ser conhecidos antes da especificação final e compra da válvula. O tipo de fluido e o tipo de castelo (se aberto ou fechado), podem determinar os limites de temperatura que uma válvula de segurança e alívio pode operar. Por exemplo, se o fluido for ar comprimido ou vapor d’água saturado (ou superaquecido), eles podem ser descarregados diretamente para a atmosfera, nestes casos o castelo pode ser do tipo aberto. O corpo, o castelo e a mola podem ser construídos em aço carbono, reduzindo o custo final da válvula. Para o castelo aberto, o limite de temperatura é 343°C ou 232°C se o castelo for do tipo fechado. Esse tipo de castelo (fechado) deve ser especificado quando a descarga ocorre para um coletor ou quando o ambiente é corrosivo. A especificação do material da mola também é influenciada pelo tipo de castelo, ou seja, ele deverá ser em aço liga se o castelo for do tipo fechado ou em aço carbono se ele for do tipo aberto, para o mesmo valor de temperatura envolvido, (geralmente acima de 232°C).



Assim, a seleção de uma válvula depende da sua real aplicação no processo industrial. Portanto, antes de especificar qualquer tipo de válvula, e não apenas as válvulas de segurança e/ou alívio, algumas questões devem ser respondidas.

- **Qual deverá ser a função da válvula?**
- **Que tipo de fluido será transportado (líquido ou gás)?**
- **O fluido é corrosivo (ácido ou base)?**
- **É abrasivo?**
- **Qual a temperatura do fluido?**
- **Qual o volume do fluido que será transportado (capacidade de vazão)?**
- **Qual a pressão requerida para o processo?**

Portanto, na especificação correta de uma válvula, seja qual for o tipo, é obrigação do usuário fornecer ao fabricante todas as características químicas e físicas do fluido de processo, tais como: pressão, temperatura, viscosidade, densidade, pH, etc.

1.3 – Materiais de Construção

Diversos materiais são utilizados na construção do corpo, castelo e componentes internos. Esses materiais são selecionados de acordo com o tipo, pressão, temperatura, abrasividade e corrosividade do fluido. O corpo e o castelo toleram um ataque maior do fluido em aplicações críticas de abrasão e corrosão do que os componentes internos da válvula. Por esta razão, os materiais empregados na construção dos componentes internos e superfícies de vedação devem ser iguais ou mais nobres que os materiais do corpo e castelo, porém, jamais em ferro fundido ou aço carbono.

A temperatura do fluido irá determinar o tipo de material de construção do corpo e castelo da válvula. Quando a temperatura do fluido é superior a 300 °C é comum a utilização de materiais tais como o aço liga ASTM A 217 Gr. WC6 ou ASTM A 217 Gr. WC9.

O corpo e o castelo das válvulas podem ser construídos em aço carbono (WCB), aço liga (WC6, WC9 ou C5) para altas temperaturas e aços específicos para baixa temperatura (LCB, LC1, LC2 ou LC3); ferro fundido (cinzento ou nodular) ou em aço inox CF8 ou CF8M para fluidos moderadamente corrosivos; outros materiais como Monel® e Hastelloy® para aplicações de corrosão elevada.

Os internos podem ser construídos em aço inox 304 ou 316, além de Monel® e Hastelloy®. As superfícies de vedação podem ser revestidas, para aplicações mais severas, em Stellite® n°6 devido a sua maior dureza (350 Brinell ou 44 HRC) para altas pressões e temperaturas. O disco e o bocal também podem ser fabricados em aço inox forjado para aplicações que envolvem pressões e temperaturas elevadas de vapor d'água saturado ou superaquecido.

A seleção dos materiais de construção do corpo, castelo e componentes internos é baseada em sua resistência (limites de pressão e temperatura), resistência à corrosão e erosão de um determinado fluido de processo. Os fluoropolímeros e os termoplásticos devem ser selecionados para sistemas de baixa pressão e

temperatura onde a corrosão é a preocupação principal, porém, quanto maior for a área do bocal menor deverá ser o valor da pressão de ajuste da válvula de segurança e/ou alívio. Bronze e latão são muito econômicos e satisfatoriamente resistentes à corrosão. O aço carbono é selecionado quando resistência mecânica é necessária. O aço inoxidável também possui excelente resistência mecânica e resistência à corrosão.

1.4 – Histórico das Válvulas de Segurança

A válvula de segurança é um dispositivo de alívio de pressão que existe desde 1682, quando na Inglaterra foi inventada por um físico francês chamado Denis Papin. O modelo inventado por Papin funcionava com um sistema de contrapeso, onde um peso ao ser movimentado ao longo de uma alavanca alterava sua pressão de ajuste. A válvula desenvolvida por Papin conseguia proteger um equipamento, cuja pressão alcançava 8,0 atm! (8,3 kgf/cm²)

A válvula de contrapeso devido a sua falta de precisão foi responsável por diversas explosões de caldeiras e vasos de pressão e consequentes perdas de vidas. O Código ASME Seção I e Seção VIII não permite que sejam instaladas válvulas de contrapeso em caldeiras e vasos de pressão, respectivamente.

Somente a partir de 1869 é que foi inventada a válvula de segurança tipo mola sob carga (mola helicoidal) a partir do projeto de dois americanos, George Richardson e Edward H. Ashcroft. De acordo com os registros da época, sua válvula era muito utilizada na proteção de locomotivas a vapor.

1.4.1 – Histórico do Código ASME

O ASME (American Society of Mechanical Engineers) foi organizado em 16 de fevereiro de 1880 como uma Sociedade Técnica e Educacional de Engenheiros Mecânicos. Este código nasceu da necessidade de proteger a segurança do público e fornecer uma uniformidade na fabricação de caldeiras e vasos de pressão. Mesmo com as constantes explosões de caldeiras e vasos de pressão que havia no início do Século XIX, não havia nos EUA um código de projeto para esses equipamentos.

Entre os anos de 1905 e 1911 houve na região de New England nos Estados Unidos, aproximadamente 1700 explosões de caldeiras e que resultou na morte de 1300 pessoas.

Sem dúvida uma das mais importantes falhas de caldeiras e que resultou em explosão e, consequentemente, morte e ferimento de várias pessoas, ocorreu em 10/03/1905 na fábrica de sapatos Brockton. Esta explosão resultou na morte de 58 pessoas e ferindo gravemente outras 117, acabando com a fábrica. Em função disto, o ASME foi chamado para elaborar um código de projeto. Foi esta catástrofe que em 1906 incumbiu o estado de Massachusetts de impulsionar a formação de uma junta de 7 membros para elaborar e escrever Regras para o projeto e construção de Caldeiras. Assim, foi formado um Comitê de Caldeiras e Vasos de Pressão e com este surgiu a primeira seção do Código ASME para Vasos de Pressão Submetidos a Fogo (Caldeiras). Sua primeira edição foi em 15/12/1914, um livro com 114 páginas. Atualmente são 31 volu-



mes com mais de 17000 páginas, sendo 12 volumes direcionados apenas para caldeiras nucleares. Esta seção do código tornou-se uma exigência obrigatória em todos os estados dos EUA que reconheceram a necessidade por um regulamento. Foi publicada então em 1914 e formalmente adotada na primavera de 1915.

Existem normas e padrões reconhecidos mundialmente que descrevem regras e procedimentos quanto ao projeto, dimensionamento, inspeção, manutenção e instalação de válvulas de segurança e/ou alívio em caldeiras e vasos de pressão nos processos industriais.

1.4.2 – Parágrafos e Apêndices

No Código ASME Seção I os parágrafos PG. 67 a PG.73 abordam os requerimentos para as válvulas de segurança. No Código ASME Seção VIII Divisão 1, atualmente, as válvulas de segurança e/ou alívio são abordadas nos parágrafos UG-150 a UG-156 (antigos UG-125 ao UG-140), além dos discos de ruptura e dispositivos de pino para rompimento. Demais informações sobre Dispositivos de Alívio de Pressão para a proteção de Vasos de Pressão podem agora serem encontradas na Seção XIII. As válvulas de segurança e/ou alívio são os mais importantes tipos de válvulas instalados dentro de um processo industrial quanto à segurança deste, tanto que são as únicas que recebem parágrafos específicos no Código ASME desde sua primeira edição em 1914.

Os requerimentos descritos nesses parágrafos, tanto na Seção I quanto na Seção, IV, VIII e XIII, são obrigatórios quando a caldeira ou o vaso de pressão, respectivamente, são construídos conforme o Código ASME. Os Apêndices contidos no Código ASME Seção VIII Divisão 1 são informações suplementares e podem ser mandatórios (Apêndices Numéricos) ou não-mandatórios (Apêndices Alfabéticos). Os não-mandatórios são apenas recomendações consideradas “boas práticas de engenharia”.

Os Apêndices Numéricos vão desde o 1 até o 48, mas, até a edição 2019 do Código ASME Seção VIII somente o Apêndice 11 era obrigatoriamente aplicado às válvulas de segurança e alívio. Atualmente esse Apêndice foi retirado e migrou para a Seção XIII e entrou como Apêndice Mandatório IV. Esse Apêndice trata sobre “Conversão de Capacidade de Vazão para Válvulas de Segurança e Alívio” em relação a outros fluidos diferentes do ar comprimido, vapor d’água saturado e água.

Observação: O leitor/usuário deve sempre utilizar o Código ASME como referência de acordo com a data de sua publicação em relação à data de construção do vaso ou caldeira.

Os Apêndices Alfabéticos são divididos em 20 anexos e vão desde o “A” até o “JJ”, mas somente o Apêndice M (Instalação e Operação) se aplica às válvulas de segurança e alívio, instaladas em vasos de pressão construídos conforme o Código ASME Seção VIII – Divisão 1. No Código ASME Seção I, os apêndices são mandatórios, porém, nenhum deles envolve válvulas de segurança.

API x ASME – Os padrões API (principalmente os documentos 520 e 521), são complementos ao ASME Seção VIII – Divisão 1. Em outras palavras, os padrões API trabalham junto com o ASME Seção VIII, mais do que

poderiam ser uma alternativa a este. Os padrões e as Práticas Recomendadas do API funcionam como um manual do usuário para que este saiba como cumprir os requerimentos da Seção VIII e Seção XIII do Código ASME. Aqueles padrões fornecem detalhadas explicações aos usuários de como este deve avaliar potenciais cenários de sobrepressão e como este deve proceder para o dimensionamento da válvula de segurança e/ou alívio. Já o Código ASME Seção VIII (e agora a Seção XIII também) não vem a ser um manual do usuário para que este possa avaliar corretamente um cenário de sobrepressão. Este código dita as regras, enquanto aqueles padrões API fornecem orientações práticas para aplicar e cumprir corretamente aquelas regras.

ASME Seção I – Este código se aplica às caldeiras nas quais o vapor d'água é produzido numa pressão operacional acima de 15psig (1,05 kgf/cm²). As caldeiras de água de alta temperatura que operam sob pressões acima de 160 psig (11,25kgf/cm²) e/ou temperaturas superiores a 250°F (121°C) também fazem parte do escopo deste código.

ASME Seção IV – Este código se aplica às caldeiras de vapor operando em pressões não maiores do que 15 psig e caldeiras de aquecimento de água quente operando em pressões não maiores do que 160 psig e/ou temperaturas não maiores do que 250°F (121°C).

ASME Seção VIII – Divisão 1 – Este código se aplica a todos os vasos de pressão não submetidos a fogo, no qual o diâmetro interno é maior do que 6" (152,4 mm) e cuja pressão de operação é maior do que 15 psig. Esse Código ASME é a referência primária quanto aos requerimentos de dimensionamento de dispositivos de alívio de pressão.

Observações: Temos agora a Seção XIII exclusiva para Dispositivos de Alívio de Pressão que protegem caldeiras e vasos de pressão. Esta seção é uma mudança organizacional dos documentos do Código ASME nas Seções I, III, IV e VIII e não uma mudança substitutiva dos requisitos na qual estavam formalmente contidas naqueles códigos individuais.

Observação: As edições do ASME sempre foram revisadas a cada três anos. Entre essas revisões, o ASME publicava os Adendos referentes à última edição. A última revisão de três anos foi de 2010 para 2013. Atualmente as revisões são a cada dois anos e não há mais os Adendos.

1.5 – Válvulas de Segurança para Caldeiras

Toda caldeira deve ser protegida por no mínimo uma válvula de segurança ajustada para atuar na PMTA ou abaixo desta conforme item 13.4.1.2 (a) da NR 13 (edição 2022), e cuja capacidade de vazão seja igual ou maior que a capacidade de vaporização da caldeira.

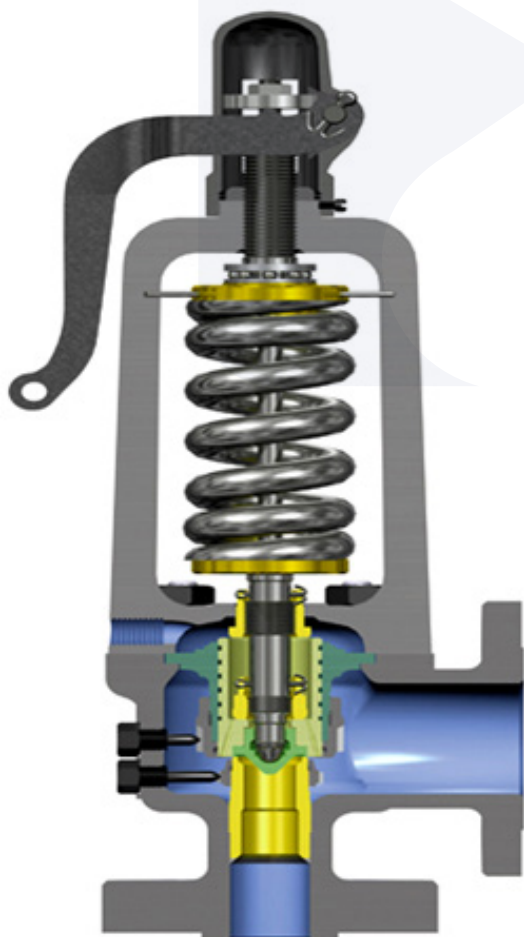
Podem ser encontradas em bitolas desde 1" x 2" até 8" x 10", nos orifícios F ao T (0,307 pol² a 26 pol², respectivamente), construídas conforme a norma ASME Seção I com conexões roscadas, flangeadas ou soldadas, esta última somente na entrada. Dependendo do projeto do fabricante, as pressões de ajuste podem alcançar valores tão alto quanto 3000 psig (210,9 kgf/cm²), para serem instaladas para a proteção de balão de vapor e superaquecedor.



Normalmente são projetadas com dois anéis para controle do diferencial de alívio, além de castelo do tipo aberto e alavanca manual de acionamento. Proporcionam a máxima capacidade de vazão a 3% de sobrepressão.

De acordo com o parágrafo PG 67.1 do Código ASME Seção I, quando a área de troca térmica de uma caldeira é superior a 500 pés² (46,5 m²), ou quando for uma caldeira elétrica com potência de entrada maior que 1100 kW, no mínimo duas válvulas de segurança são necessárias para sua proteção. As caldeiras com superfície de troca térmica combinadas (tubos e superfície de troca estendidas), superiores a 500 pés², duas ou mais válvulas de segurança somente são necessárias se a capacidade de vaporização de projeto da caldeira excede 4000 lbs/hr (1814,4 kg/h).

Para todos esses casos expostos acima, as válvulas instaladas no balão de vapor deverão ter uma capacidade de vazão mínima, juntas, de no mínimo 75% da capacidade de vaporização total da caldeira. Para isso, as áreas dos orifícios dos bocais dessas válvulas poderão ser iguais ou diferentes; quando forem diferentes, a área de passagem do bocal da válvula menor deverá ser superior a 50% da válvula maior. A válvula de segurança do superaquecedor deverá ser responsável pela capacidade de vazão restante da caldeira, mas não menos do que 20% de sua capacidade total de geração de vapor para evitar a queima dos tubos do superaquecedor.



A figura ao lado mostra uma válvula de segurança aplicada para a proteção de balão de vapor e superaquecedor em caldeiras:

Observação: A superfície de aquecimento de uma caldeira é o lado exposto aos produtos da combustão por um lado, e água e vapor do lado oposto. As áreas da caldeira a serem consideradas para este propósito são os tubos, câmara de combustão, paredes, folhas de tubo e as áreas projetadas dos coletores.

Sendo assim, o valor da superfície de aquecimento de uma caldeira, determina apenas a quantidade mínima e a capacidade de vazão das válvulas de segurança instaladas no balão superior. Pelo menos uma válvula de segurança instalada no superaquecedor é obrigatória, independente daquele valor.

Todas as válvulas de segurança que protegem o corpo da caldeira (balão de vapor e superaquecedor) devem ser capazes de aliviar o excesso de pressão desta, de tal forma que a pressão máxima de acúmulo (acumulação) não ultrapasse 6% da PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Ad-

missível) com todas as válvulas de segurança totalmente abertas e aliviando. Para isso a soma da capacidade de vazão dessas válvulas deverá ser igual ou superior à capacidade máxima de vaporização da caldeira. A válvula de segurança instalada no superaquecedor deverá sempre ser a primeira a atuar no caso de uma sobrepressão da caldeira, com isso haverá sempre um fluxo contínuo de vapor saturado através dos tubos do superaquecedor. A temperatura do vapor saturado entrando nesses tubos, apesar de alta, será sempre menor que a temperatura do vapor superaquecido, ocorrendo a refrigeração de seus tubos.

É justamente em função dessa necessidade de haver um fluxo contínuo de vapor saturado através dos tubos do superaquecedor que não é recomendado o teste de suficiência (teste de acumulação) para as caldeiras providas de superaquecedores. Nesse teste, a válvula de bloqueio principal na saída da caldeira é fechada e sua pressão é elevada até que todas as válvulas de segurança abram, porém, num teste desses, os tubos do superaquecedor podem ser danificados devido ao excesso de temperatura causada pela falta de circulação do vapor saturado. A pressão dentro da caldeira (balão de vapor e superaquecedor) fica equalizada.

1.6 – Válvulas de Segurança e Alívio para Vasos de pressão

Os vasos de pressão são equipamentos comuns dentro de um processo industrial, independente do segmento, podendo ser químico, farmacêutico, petroquímico, papel e celulose, alimentício, etc. Esses vasos podem conter água, condensado, vapor d'água, gases tóxicos, derivados do petróleo, fluidos ácidos ou alcalinos, ar comprimido, além de outros tipos de fluidos sob pressão e que são específicos para cada segmento industrial. A quantidade de vasos de pressão pode variar de acordo com esse segmento, porém, na grande maioria das indústrias são utilizados os mesmos modelos de válvulas existentes no mercado devido a sua grande versatilidade de aplicação. Somente o tipo de fluido, a pressão, a temperatura e o volume envolvidos são diferentes, e desta forma, resultando em tamanho, projeto e materiais de construção, também diferentes. Em vasos de pressão, os únicos dispositivos de alívio de pressão permitidos pelo Código ASME Seção VIII são: as válvulas de segurança e/ou alívio do tipo mola sob carga, as válvulas de segurança e alívio do tipo piloto operadas, os discos de ruptura e os pinos de rompimento. As válvulas de segurança do tipo mola sob carga são as mais utilizadas e podem ser encontradas nos estilos convencional ou balanceada, esta última através de fole e/ou pistão. Esse tipo de válvula também permite ser construída em diversos materiais para corpo, castelo e componentes internos, dependendo do grau de corrosão do fluido; temperaturas elevadas ou criogênicas; castelo aberto ou fechado; alavanca de acionamento manual (aberta ou engaxetada); suporte do disco com projeto específico para o escoamento de líquidos, superfícies de vedação do disco ou bocal, metálicas ou resiliente, além de poder serem revestidas com material duro (Stellite[®] N°6), corpo com camisa de vapor para manter a viscosidade do fluido ou evitar seu congelamento ou cristalização, etc., principalmente durante o processo de alívio. Essas válvulas podem ser utilizadas com pressões de ajuste desde 15 psig (1,05 kgf/cm²) no modelo convencional ou 25 psig (1,76 kgf/cm²) no modelo balanceada, até pressões que possam alcançar valores tão altos quanto 6000 psig (421,85 kgf/cm²) em ambos os modelos. As tempera-



turas operacionais podem ser encontradas em valores desde -268°C até 538°C . A aplicação das válvulas para essas temperaturas é dependente do material do corpo, castelo, componentes internos e mola, além do castelo ser aberto ou fechado.

Dentro de um processo industrial, a quantidade de vasos de pressão é sempre muito maior que a quantidade de caldeiras, portanto, a quantidade de válvulas desse tipo também é maior.

Portanto, a válvula de segurança e/ou alívio do tipo mola sob carga, seja convencional ou balanceada, mesmo sendo um equipamento mecânico e de construção aparentemente simples, devemos sempre lembrar que jamais ela deve ser esquecida, pois operam somente em situações de emergência, sendo o único que não pode falhar onde outros instrumentos falharam antes dela.

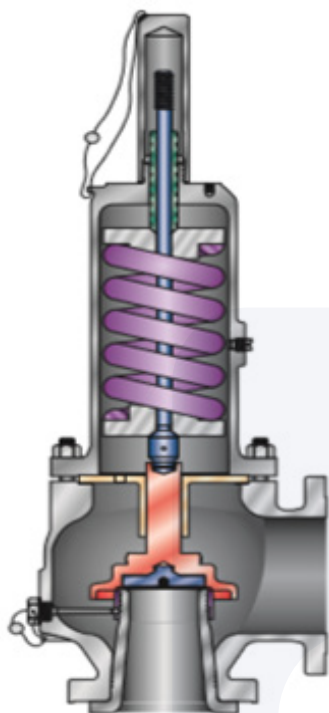
A diferença básica das válvulas de segurança de caldeiras para as válvulas de segurança e/ou alívio instaladas em vasos de pressão ou tubulações de processo, está em sua construção. Aquelas utilizadas em caldeiras seguem as exigências do Código ASME Seção I quanto ao seu projeto construtivo, enquanto as de segurança e alívio nos vasos de pressão seguem as exigências do Código ASME Seção VIII e Seção XIII. Em outras palavras, o que difere ambos os projetos é seu comportamento operacional em relação à sobrepressão alcançada nas condições de alívio e ao diferencial de alívio (blowdown), após a correção da causa do aumento de pressão. Esse tipo de válvula é projetado para diversas aplicações, tornando seu campo de aplicação muito mais amplo.

Assim, a válvula de segurança e alívio é um dispositivo automático de alívio de pressão empregado obrigatoriamente para proteger um vaso de pressão, quando ele opera com gases, vapores, líquidos ou fluido bifásico (flashing), depende da aplicação.

Dependendo do modelo, tamanho e classe de pressão da conexão de entrada, podem ser construídas em bitolas de $\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{4}''$ roscadas até a bitola de $2 \frac{1}{2}''$, soldadas ou flangeadas desde $1'' \times 2''$ até $8'' \times 10''$ para processos industriais em tubulações ou vasos de pressão construídos conforme a norma ASME Seção VIII - Divisão I e Seção XIII. As classes de pressão para ambas as aplicações podem ir desde 150 a 4500 para a conexão de entrada e nas classes 150 e 300 para a conexão de saída. Elas podem ser dos tipos convencional ou balanceada.

1.6.1 – Válvula de Segurança e Alívio Convencional

A válvula de segurança e alívio convencional é aquela utilizada em vasos de pressão ou tubulações e que podem descarregar diretamente para a atmosfera, dependendo do tipo de fluido. Podem também ser aplicadas quando há contrapressão superimposta constante, sendo feito o ajuste da pressão diferencial a frio na bancada de testes. Sua pressão de ajuste e, conseqüentemente, sua capacidade de vazão, podem ser alteradas pela contrapressão superimposta variável quando o flange de saída é conectado a um coletor que recebe a descarga vinda de outras fontes. Essas podem ser utilizadas sob condições de contrapressão superimposta constante, desde que tenham o castelo e o capuz totalmente fechados e vedados, e que o valor



desta contrapressão seja devidamente descontado do valor da pressão de ajuste requerida pelo processo.

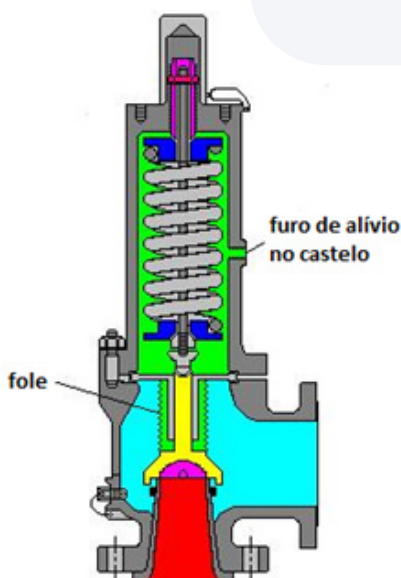
Esse tipo de válvula (conforme esta que aparece na figura ao lado), é projetado de acordo com os requerimentos do Código ASME Seção VIII e API Std. 526 para aplicações com diferentes tipos de fluidos e diversas opções de materiais e projetos.

A válvula convencional pode ser convertida em balanceada apenas pela inclusão de um fole e a respectiva junta de vedação entre este e o corpo, desde que seja do mesmo tamanho de orifício e mesmo projeto do fabricante. O plug (se houver) no castelo, de uma válvula convencional que foi convertida para balanceada, deve ser retirado para que internamente o fole opere sob condições de pressão atmosférica. A retirada deste só não é necessária para aquelas válvulas que possuem a alavanca do tipo aberta.

1.6.2 – Válvula de Segurança e Alívio Balanceada

A válvula balanceada possui um fole que cobre a parte superior do suporte do disco e a guia da válvula. Ela deve ser aplicada quando há contrapressão superimposta variável ou contrapressão desenvolvida acima de 10% da pressão de abertura. A área de vedação do disco é igual à área do fole, e é essa equalização de áreas que anula as forças que atuam no sentido axial e radial do suporte do disco, com isto a pressão de abertura não é afetada pela contrapressão.

A região interna do castelo de uma válvula de segurança e alívio balanceada deve atuar na pressão atmosférica para que o fole se retraia e se estenda livremente durante o ciclo operacional desta. Isto é conseguido



através do furo de alívio existente no castelo (que obrigatoriamente deve ser mantido aberto) e que também permite monitorar a integridade do fole. Assim, a região interna do fole e do castelo fica exposta à pressão atmosférica, na qual atua como uma contrapressão superimposta constante e sem alterar os valores de pressão de abertura, pressão de fechamento e capacidade de vazão nominal na sobrepressão especificada.

Caso a válvula opere com algum fluido tóxico e que não pode entrar em contato com a atmosfera, é recomendado que este furo seja direcionado a um local seguro.

A figura ao lado mostra uma válvula de segurança e alívio balanceada com fole com castelo e capuz fechados. Pode ser visto também o furo de alívio aberto no castelo para manter o fole sob condições de pressão atmosférica e também para monitorar, em operação, sua integridade:



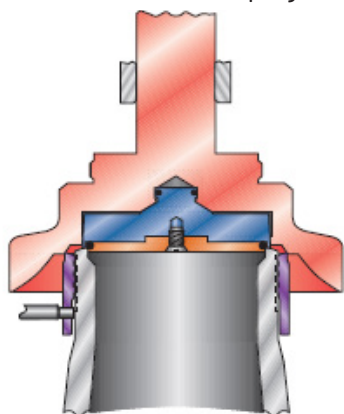
Observação: O furo de alívio impede que o castelo seja pressurizado caso ocorra algum vazamento através do fole, principalmente quando exposto à contrapressão variável e o fluido não for tóxico, além de impedir o aumento de pressão dentro do castelo no momento da abertura da válvula devido à redução de volume de ar contido dentro deste.

O fole de balanceamento anula ou minimiza os efeitos da contrapressão que atuam sobre o suporte do disco, fazendo com que esses não alterem o valor da pressão de ajuste da válvula, porém, a capacidade de vazão é reduzida. Essa redução na capacidade de vazão deve ser devidamente corrigida durante os cálculos de dimensionamento, através de específicos fatores de correção para líquidos e vapores. O material de construção padrão é o aço inox 316L, outros materiais para aplicações corrosivas, tais como: Monel®, Hastelloy® e aço inox 316 L coberto com PTFE, aço inox AISI 625 para aplicações com H₂S (ácido sulfídrico), além de Inconel® para altas temperaturas. Para fluidos viscosos ou com tendência a cristalizar, e mesmo sob condições de contrapressão superimposta constante, o uso de válvulas balanceadas com fole é recomendado. Nessas aplicações, mesmo a contrapressão sendo constante, não há necessidade do ajuste de pressão diferencial a frio na bancada de testes.

Observação: os fluidos com tendência a cristalizar, após seu resfriamento, podem se acumular dentro de um fole trincado ou furado, impedindo a elevação do disco, tornando a válvula inoperante. Portanto, é recomendado que após a detecção do vazamento pelo furo de alívio, que o fole seja substituído imediatamente ou retirado da válvula, tornando-a uma válvula convencional.

1.6.3– Internos Específicos para Líquidos

Existem válvulas de segurança e alívio para operar com líquidos em que o perfil da face inferior do suporte do disco é projetado de tal forma que o escoamento do fluido tem uma característica de vazão diferente dos projetos convencionais. Esse projeto permite ao fluxo uma resistência menor ao escoamento, com conseqüente aumento de velocidade e com uma queda de pressão mais rápida (um maior coeficiente de descarga), reduzindo a sobrepressão necessária para que o curso máximo do disco seja alcançado. Nesse projeto, a vazão máxima é conseguida com apenas 10% de sobrepressão, comparando-se com os projetos convencionais. Esse projeto reduz os efeitos erosivos do fluido em escoamento.



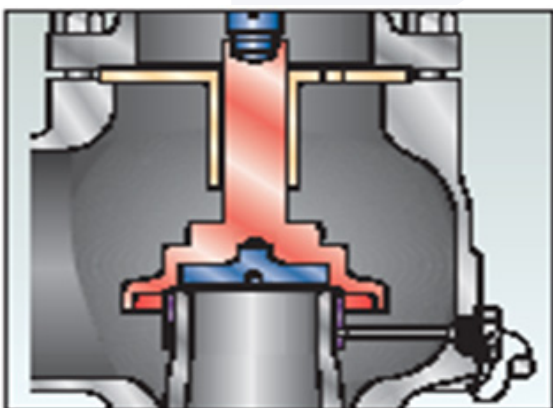
A figura ao lado mostra um típico projeto de suporte do disco apropriado para o escoamento de líquidos a 10% de sobrepressão:

Nas válvulas em que o perfil do suporte do disco é projetado especialmente para líquidos, são muito apropriados para os vasos que utilizam apenas uma única válvula e esta é ajustada na PMTA. Assim o valor de sua pressão de ajuste mais a sobrepressão necessária, para que seja atingida a capacidade máxima de vazão, coincidem com a acumulação permitida pelo Código

ASME Seção VIII. Nos modelos em que o suporte do disco é convencional, a sobrepressão é de 25%. Para que essa sobrepressão seja reduzida, o tamanho do orifício do bocal da válvula deve ser aumentado, resultando numa válvula mais pesada, mais cara e com maior perda de produto durante a descarga. Os projetos convencionais a 10% de sobrepressão permitem o escoamento de apenas 60% de sua capacidade de vazão efetiva.

Essas válvulas podem ser dimensionadas para 10% ou 25% de sobrepressão. Devem obrigatoriamente ser dimensionadas para 10% quando protegendo vasos de pressão construídos conforme ASME Seção VIII. São dimensionadas para 25% de sobrepressão somente em aplicações de alívio térmico ou em saídas de bombas.

Uma válvula de segurança e alívio já instalada pode fornecer uma capacidade de vazão maior trocando-se



apenas o suporte do disco. Desta forma, somente substituindo o convencional (conforme este que aparece na figura ao lado) por aquele específico para líquidos (que foi mostrado na figura anterior), o valor do coeficiente de descarga K_d é elevado, contudo, aumentando-se também o valor da capacidade de vazão efetiva da válvula.

Nota: O Coeficiente de Descarga K_d é a relação entre a capacidade de vazão real e a capacidade de vazão teórica de uma válvula de segurança e alívio. Este é um valor adimensional, que pode ser no máximo de 0,975 para gases e vapores ou 0,65 para líquidos (interno convencional) ou aproximadamente entre 0,7 a 0,74 para internos específicos para líquidos.

Este é um valor que pode variar com o tamanho da válvula e entre diferentes fabricantes, resultando em diferentes valores de capacidade de vazão para o mesmo orifício e densidade do líquido.

Outro ponto importante, quando se compara esses dois projetos de suporte do disco, é que no projeto convencional com 25% de sobrepressão o anel do bocal não tem influência sobre o diferencial de alívio da válvula, devendo ficar na posição mais baixa possível. No projeto específico para líquidos, o anel do bocal auxilia no controle do diferencial de alívio, devido a este anel poder alterar a geometria da câmara de força e a área formada em conjunto com aquele perfil. Para líquidos, o Código ASME Seção VIII não faz qualquer exigência de valores para o diferencial de alívio. As válvulas de alívio com 25% de sobrepressão para líquidos não são certificadas por este código.

Como geralmente a capacidade de vazão requerida pelo processo é menor que a capacidade de vazão efetiva pelo bocal da válvula, a vazão máxima ocorre com uma sobrepressão menor do que 10%. Em outras palavras, a porcentagem do curso de elevação do disco é mais uma função do volume do líquido do que da própria pressão. Devido à densidade dos líquidos ser maior que a densidade dos gases e vapores, o diferencial



de alívio pode chegar a 12%, se a válvula tiver um projeto de suporte do disco específico para o escoamento de líquidos, ou até 20%, se o projeto do suporte do disco utilizado for do tipo convencional. Para que a válvula possa operar corretamente, o diferencial de pressão entre a pressão de operação e a pressão de ajuste deve permitir esses valores de diferencial de alívio de acordo com o projeto de suporte do disco utilizado.

Uma válvula de segurança e alívio que foi testada na bancada com ar comprimido ou N₂ (nitrogênio), quando instalada no processo para operar com líquido, pode alcançar a pressão de ajuste num valor mais alto (entre 3% e 5% acima do valor obtido na bancada com ar ou N₂). Isto ocorre, pois a definição do ponto de ajuste de ambos os tipos de fluidos é diferente, ou seja, nos líquidos o curso de abertura do disco deve ser ainda mais elevado para que seja definido o verdadeiro ponto de ajuste da mola. A natureza não compressível dos líquidos, além dos diferentes ajustes para o anel do bocal, impede que o mesmo ajuste de bancada (com ar comprimido ou N₂) tenha o mesmo valor de quando a válvula abre no processo. Esta diferença nos valores da pressão de ajuste, entre bancada e processo, também pode ser vista quando o fluido é vapor d'água saturado de má qualidade (alto teor de umidade), fazendo com que a válvula abra acima do valor que foi estabelecido em bancada. O API Std. 527, no parágrafo 4.1.1, o Código ASME Seção VIII (Edição 2019), no parágrafo UG 136 (d) (4) e o Código ASME Seção XIII (Edição 2025), na tabela 3.6.3.1-1, exigem que válvulas que irão operar com líquidos, sejam testadas com água.

1.6.4 – Válvulas de Alívio

As válvulas de alívio internamente são muito semelhantes às de segurança e alívio, e somente são utilizadas



em aplicações com fluidos incompressíveis (líquidos) cujo curso de abertura é proporcional ao aumento de pressão do processo, acima da pressão de ajuste.

O curso de abertura de uma válvula de alívio (ou de uma válvula de segurança e alívio operando com líquidos) é sempre proporcional ao aumento de pressão e de volume de fluido do sistema, acima da pressão de ajuste. Assim, após a capacidade máxima de vazão da válvula ter sido alcançada, a partir deste ponto, nenhum aumento na pressão do vaso é observado.

A figura ao lado mostra uma válvula utilizada para baixas vazões ou para alívio térmico:

As válvulas de alívio podem ser dimensionadas, selecionadas e instaladas para proteger vasos de pressão, trocadores de calor e tubulações que operam sempre com o fluido em temperatura ambiente, porém, podem ser bloqueadas na entrada e saída e ainda serem expostas a fontes externas de calor e/ou radiação solar (alívio térmico). Outro exemplo que pode ser citado é quando um trocador de calor é bloqueado do lado frio e tem um fluxo do lado quente.

Quando um vaso de pressão que está cheio de líquido pode ser bloqueado e o calor de entrada não puder ser evitado, como aquele transmitido pela radiação solar, deve ser instalado um dispositivo de alívio de pressão para sua proteção. A taxa de expansão é uma função da taxa de calor que entra e das propriedades do líquido. Conforme a densidade do fluido aumenta, a capacidade de vazão efetiva da válvula de segurança e/ou alívio é reduzida.

Uma sobrepressão maior resulta numa válvula menor, por isso estas são muito utilizadas em tubulações que transportam líquidos e possam ser bloqueadas em dois pontos, se transformando num vaso de pressão, devido a um aumento de temperatura causado por fogo externo ou até mesmo pela ação do Sol. Quando somente exposta à luz solar, uma tubulação pode alcançar uma temperatura de 60 a 70°C, podendo chegar a 80°C dependendo da região. Nestes casos a temperatura vinda da atmosfera pode aumentar a temperatura do fluido dentro de uma tubulação bloqueada em dois pontos, na qual aumenta seu volume, e, portanto, essa expansão necessita ser aliviada. Desta forma, uma válvula para alívio térmico deve ser aplicada quando a mínima temperatura de operação está abaixo da temperatura ambiente.

Os fluidos mais voláteis tendem a ter um aumento de pressão mais rápido, portanto, a tubulação necessita ter uma válvula para alívio térmico. Normalmente são utilizadas pequenas válvulas rosqueadas, como ¾" x 1" (orifício "D"), por exemplo, pois como o líquido praticamente não altera seu volume quando submetido à pressão (apenas à temperatura), ou seja, o volume do líquido dilata, mas sem haver mudança em seu estado físico, portanto, o líquido não vaporiza. Essa dilatação do líquido é chamada de expansão hidráulica, isto é, um aumento no volume do líquido causado pelo aumento de temperatura. Assim, uma pequena vazão da válvula causa uma grande queda na pressão do sistema. O que causa um grande aumento na pressão dentro do vaso, isto é, dentro de um espaço confinado, é que o vaso está 100% cheio de líquido, e este não sendo compressível, não tem para onde expandir.

Quando a válvula de alívio térmico abre, ela descarrega uma pequena quantidade de líquido, reduzindo o nível deste no vaso, criando assim um pequeno, mas definitivo espaço vapor. Assim, este pequeno espaço vapor pode atuar como uma "almofada" e não existindo mais uma situação para alívio térmico. Nos casos em que a tubulação for muito longa (acima de 30 metros, por exemplo, e tiver um diâmetro maior que 1 ½", exposta aos raios solares ou a uma fonte externa de calor), uma avaliação completa do sistema e um cálculo da área de passagem da válvula poderão ser necessários. Nestes casos, uma válvula de alívio com conexão de entrada roscada de ¾" pode ser pequena e a aplicação pode necessitar de uma válvula com maior área do orifício do bocal e flangeada.

Quando a válvula alivia água quente, se na pressão de ajuste sua temperatura estiver em 100 °C ou mais, ocorrerá sua vaporização parcial se o alívio for feito na pressão atmosférica (fluxo bifásico ou flashing). Para essas aplicações, o correto é a especificação de uma válvula de segurança e alívio balanceada com fole, além da alavanca manual de acionamento.



1.6.5 – Alívio e Vácuo – quando a pressão dentro do vaso for superior a 15 psig (1,054 kgf/cm²), utiliza-se válvula de segurança e/ou alívio. Quando essa pressão for igual ou inferior a 15 psig, utiliza-se válvula de alívio para vácuo. No caso de um tanque que possa operar sujeito a vácuo, a função desta válvula é permitir a equalização de sua pressão interna com a pressão atmosférica, evitando assim o colapso deste. Para tanques de alimentação de água para caldeiras ou qualquer outro equipamento em que a pressão interna possa oscilar entre o vácuo (pressão negativa) e uma pressão superior a atmosférica (pressão positiva), obrigatoriamente deve haver uma válvula para alívio de pressão e vácuo, (conforme esta que aparece na figura ao lado). Os tanques de estocagem contendo líquidos voláteis e um espaço vapor deverão ser protegidos não apenas de uma pressão excessiva por calor externo ou entrada de fluxo, mas também pela possibilidade de um vácuo devido à condensação do vapor. O API-Std. 2000 define as práticas recomendadas para o dimensionamento e a instalação de válvulas de alívio de pressão em tanques sujeitos a vácuo.

Observação: Nos tanques atmosféricos, as válvulas de alívio de pressão e/ou vácuo são projetadas para aliviar ar ou vapor vindos do tanque durante o enchimento deste; sendo projetadas para admitir ar atmosférico durante o processo de esvaziamento do tanque.

Observação: Nas válvulas de alívio do tipo alívio e vácuo, a pressão de ajuste pode ser conseguida através de uma mola ou peso. Naquelas que utilizam peso, o valor da pressão de ajuste é fixo, não permitindo que seu valor seja alterado.

Nas válvulas de alívio e vácuo, o ajuste da mola deve ser feito para manter a vedação, impedindo a entrada de ar no sistema, enquanto em operação normal, permitindo a entrada deste somente quando a força gerada pelo vácuo embaixo do disco for suficiente para vencer a força da mola. Enquanto nas válvulas de segurança e/ou alívio tradicionais, a força exercida pela mola sobre o disco atua no sentido descendente; naquelas de alívio e vácuo a força da mola atua no sentido ascendente, ou seja, na primeira o disco abre para cima, enquanto na outra o disco abre para baixo. O vácuo gerado no equipamento deve ser suficiente para vencer esta força para abrir a válvula e permitir que o valor do vácuo fique limitado ou que sua pressão interna seja equalizada com a pressão atmosférica, evitando o colapso daquele equipamento.

Se o tanque for enquadrado na NR 13, também é obrigatório o uso de uma válvula quebra vácuo. Uma válvula de alívio para aplicações com vácuo, não libera o fluido de processo (desde que não haja vazamentos), ela apenas admite o ar atmosférico para dentro do tanque.

Abaixo estão algumas equivalências entre as unidades mais utilizadas para aplicações com vácuo:



$$1 \text{ ATM} = 29,921 \text{ pol/Hg}$$

$$760 \text{ mm/Hg} = 1 \text{ ATM}$$

$$29,921 \text{ Pol/Hg} = 1013,241 \text{ mBar}$$

$$1 \text{ ATM} = 1013,241 \text{ mBar} = 760 \text{ mmHg} = 29,921 \text{ pol/Hg}$$

$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ mBar (milibar)}$$

Observação: Quando um tanque é projetado apenas para condição de vácuo inferior a 5 kPa, não há necessidade de dimensionar, especificar e instalar uma válvula quebra-vácuo, conforme item 13.2.2 (s) da NR 13 (edição 2022).

1.6.6 – Válvulas de Segurança e Alívio Piloto Operadas

As válvulas de segurança e alívio piloto operadas são aquelas em que a válvula principal é combinada e controlada por uma pequena válvula piloto auxiliar, utilizadas para a proteção de vasos de pressão. Esse tipo de válvula tem sua aplicação limitada ao tipo de fluido e à temperatura suportada pelos elastômeros utilizados nas vedações, tanto na válvula principal quanto na válvula piloto. É na válvula piloto que são feitos os ajustes de pressão de abertura e diferencial de alívio.

Esse tipo de válvula de segurança é encontrado nos tipos: ação instantânea ou ação modulante. No projeto de ação instantânea, a abertura é rápida e completa. No projeto de ação modulante, o curso de abertura é gradual ou proporcional, de acordo com a vazão requerida pelo processo no momento em que a pressão de ajuste é alcançada. A válvula principal abre em proporção à sobrepressão, para assegurar que somente a massa de fluxo requerida pelo processo naquele momento seja descarregada, o necessário para prevenir um aumento de pressão adicional. As ações, instantânea ou modulante também ocorrem no processo de fechamento, ou seja, fechamento rápido ou modulante (gradual), respectivamente. A válvula piloto de ação instantânea deve ser aplicada quando a capacidade de vazão estampada na plaqueta da válvula deve ser alcançada rapidamente. Pode ser usada tanto para líquidos, gases ou vapores, este último dependendo da temperatura suportada pelos elastômeros aplicados nas vedações. A válvula piloto de ação modulante deve ser usada nas aplicações que se deseja minimizar o desperdício de fluido, principalmente, quando este não pode ser descarregado para a atmosfera.

Ambos os tipos são de alta capacidade de vazão e utilizadas onde se necessita de válvulas que ocupem pouco espaço, suportem altas pressões, tenham vedação estanque sob baixos diferenciais de pressão e atuem corretamente sob altas contrapressões. Esse tipo de válvula pode operar com pressões de ajuste e/ou contrapressões mais elevadas e com maior capacidade de vazão do que pode uma válvula do tipo mola sob carga.

A válvula principal opera em resposta à válvula piloto, e fornece a principal taxa de fluxo para reduzir a pressão dentro do equipamento protegido. Tanto as válvulas de segurança balanceadas com fole quanto as válvulas de segurança piloto operadas, superam algumas das limitações das válvulas de segurança de projeto convencional em aplicações sujeitas a chattering, quando este é causado pela contrapressão desenvolvida. Elas também não devem ser utilizadas em vapor d'água, além de outros fluidos aquecidos, devido às limitações quanto à temperatura, além de condensação acima do disco, podendo causar o mau funcionamento da válvula, em função de uma redução na pressão naquela região. Se a válvula de segurança e alívio piloto



operada for utilizada com algum tipo de fluido que possa vir a condensar durante a descarga, ela deve ser instalada o mais próximo possível da fonte de pressão. Os materiais do corpo, bocal, disco, mola, piloto e seus componentes internos, são selecionados apenas de acordo com a corrosividade do fluido, enquanto os elastômeros também são selecionados de acordo com a corrosividade do fluido e temperatura suportada de acordo com a pressão. Portanto, o material do elastômero utilizado na construção da válvula principal e da válvula piloto, podem limitar suas aplicações. Outras características dos fluidos, tais como, probabilidade de polimerização ou incrustação, viscosidade acima dos limites recomendados pelo fabricante e presença de sólidos, também devem ser consideradas e avaliadas.

Observação: Além dos projetos de ação instantânea ou ação modulante, esse tipo de válvula pode ser diferenciado também quanto ao tipo de piloto, podendo ser eles “com escoamento” ou “sem escoamento”. Na válvula do tipo piloto com escoamento é aquela na qual permite ao fluido de processo fluir continuamente através do piloto quando o piloto está aberto. Sua descarga deve ser levada a um local seguro, caso o fluido seja tóxico ou inflamável. Enquanto na válvula que possui piloto do tipo sem escoamento, é aquela na qual não permite ao fluido de processo fluir continuamente através do piloto, quando a válvula principal está aberta. Esse tipo de piloto (sem escoamento), é recomendado para a maioria das aplicações de alívio de gases, nas quais podem ocorrer a formação de hidratos (congelamento) ou o transporte de sólidos, e que poderiam afetar o desempenho e/ou danificar internamente um piloto do tipo “com escoamento”.

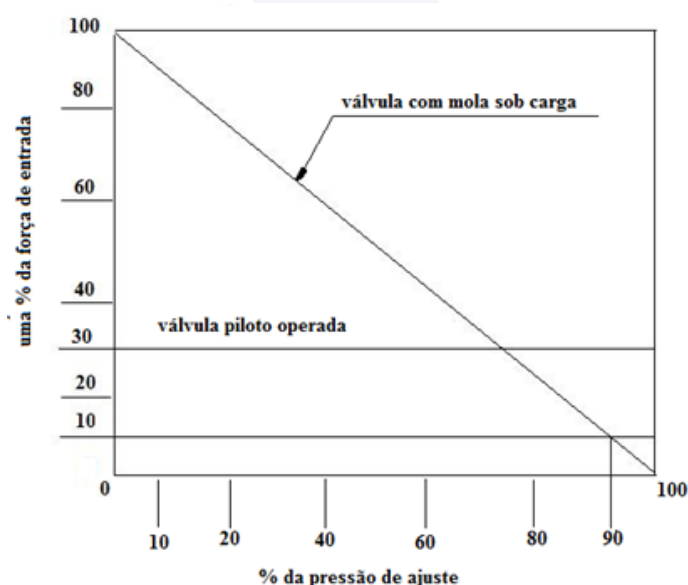
O fato de a válvula ser de ação instantânea ou ação modulante não altera seu princípio básico de funcionamento, porém, se o piloto é de ação modulante, com ou sem escoamento, é este quem altera o ciclo de funcionamento da válvula principal. A diferença entre elas está no piloto e não no corpo.

Numa válvula de segurança e/ou alívio acionada com mola, quanto mais a pressão de operação se aproxima da pressão de ajuste, menor é a força da mola sobre o disco da válvula, e, conseqüentemente, um vazamen-

to maior pode ser esperado, comparando-a com uma válvula piloto-operada.

A figura ao lado mostra um gráfico que representa essa diferença de forças entre uma válvula de segurança convencional tipo mola sob carga e uma válvula piloto operada:

Nas válvulas de segurança piloto-operadas, quanto mais a pressão de operação se aproxima da pressão de ajuste, mais a força de vedação sobre o disco da válvula aumenta. Isso é uma característica construtiva inerente a esse tipo de válvula, pois áreas diferentes acima e abaixo do disco, (utilizando a mesma pressão do processo) têm forças resultantes diferentes e que



mantêm a válvula de segurança principal fechada, independentemente do valor da pressão de operação, até que a pressão de ajuste seja alcançada.

Uma exclusividade das válvulas-piloto operadas é que estas não necessitam de anéis de ajuste, como nas válvulas acionadas à mola. Nessas, todo o ciclo operacional da válvula (inclusive o “pop”), é realizado através da válvula piloto (válvulas de ação instantânea).

Essas válvulas não têm sua pressão de ajuste afetada pela contrapressão, somente a capacidade de vazão (quando operando sob condições de fluxo subsônico), pois o tubo de alimentação do piloto não entra em contato com o fluido que atua no flange de saída da válvula. A capacidade de vazão deve ser devidamente corrigida através de fatores de correção (fator K_b), durante os cálculos de dimensionamento.

A capacidade de vazão desse tipo de válvula pode ser alterada trocando-se apenas o bocal, mantendo o mesmo corpo e as outras peças internas. Dependendo da nova capacidade de vazão requerida, pode ser necessário trocar a mola da válvula piloto, se a pressão de ajuste tiver que ser alterada.

A mola existente sobre o disco de vedação fornece 75% da força necessária para manter a válvula fechada, o fluido de processo fornece a força restante. Esta força exercida pela mola também é importante durante o início de pressurização do processo. Ela também impede o movimento de abertura do disco se caso houver vácuo à montante da válvula principal.

Os movimentos de abertura e fechamento do disco ocorrem devido às diferenças de área, que atuando sob a mesma pressão, resultam em forças diferentes. O disco é denominado desbalanceado devido à pressão do processo ser equalizada em áreas diferentes. Perdas de pressão que podem ocorrer no tubo de entrada, quando a válvula atua, causam oscilações nesse curso de abertura, podendo assim causar também variações na capacidade de vazão efetiva da válvula principal.

Esse tipo de válvula de segurança e alívio é considerado balanceado devido ao projeto construtivo do disco que anula as forças radiais exercidas pela pressão do fluido quando operando sob condições de contrapressão. Nesse tipo de válvula de segurança e alívio, a pressão de ajuste e a capacidade de vazão para fluidos compressíveis não são afetadas pela contrapressão, enquanto o fluxo pela válvula for crítico (contrapressão igual ou inferior a aproximadamente 54% da pressão de alívio absoluta na entrada da válvula principal), ou quando a descarga do piloto é feita diretamente para a atmosfera, isto é, quando o piloto descarrega diretamente para a tubulação de descarga da válvula principal e este é internamente balanceado. As válvulas piloto operadas devem ser aplicadas quando o valor da contrapressão variável ou desenvolvida não pode ser tolerada por uma válvula de segurança e alívio balanceada com fole. Se o valor da contrapressão, em algum momento, for superior à pressão de entrada, isto pode causar o levantamento do disco e permitir ao fluxo retornar para o vaso. Esse tipo de válvula pode operar com até 90% de contrapressão (qualquer tipo) quando o fluido for gás ou vapor.

A pressão de ajuste da válvula piloto pode ser alterada na própria instalação ou numa oficina, sem que ocorra a abertura da válvula principal ou que esta tenha que ser desconectada do processo.

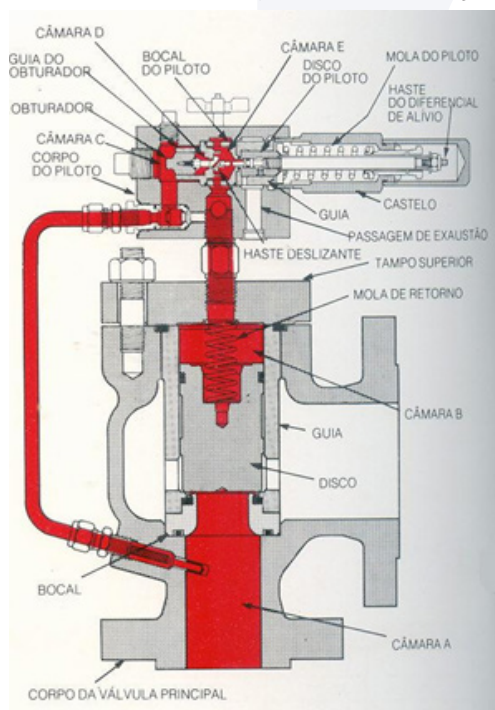


1.6.6.1 – Ação Instantânea

As válvulas piloto operadas de ação instantânea alcançam o curso máximo no ponto de abertura. Enquanto nas válvulas carregadas com mola, o curso de elevação do disco ocorre em duas etapas para alcançar sua capacidade máxima de vazão; nas válvulas piloto operadas de ação instantânea esse curso máximo do disco ocorre numa única etapa. Portanto, esse tipo de válvula de segurança e alívio não precisa da expansão do fluido ou atingir a sobrepressão para alcançar sua capacidade máxima de vazão, o curso máximo é conseguido na pressão de ajuste. Com isto, é possível que a máxima capacidade de vazão certificada seja alcançada instantaneamente.

Nos modelos de ação instantânea, a sobrepressão não é necessária para o disco alcançar o curso máximo, e conseqüentemente, a capacidade de vazão máxima requerida pelo processo, como ocorre nas válvulas com mola sob carga. Com a sobrepressão de 10% permitida pelo código ASME Seção VIII – Divisão 1, essa máxima capacidade de vazão pode ser alcançada na pressão de ajuste e com a vantagem de utilizar uma válvula com orifício menor.

Devido ao curto diferencial de alívio das válvulas de segurança piloto-operadas de ação instantânea (aproximadamente 2% abaixo da pressão de ajuste) e a vedação resiliente da sede, elas são muito utilizadas onde a pressão de operação oscila muito e se aproxima da pressão de ajuste. Esse curto diferencial de alívio faz com que esse tipo de válvula seja ideal para aplicações em que a pressão de operação é estabilizada muito próxima da pressão de ajuste, pois associa a força de fechamento exercida pela pressão do fluido com a vedação estanque obtida através da sede resiliente. Esse tipo de válvula de segurança e alívio é uma boa escolha também quando se deseja uma estanqueidade absoluta e com a pressão de operação estável a 97% da pressão de ajuste.



As pressões de abertura e fechamento da válvula principal são determinadas através da força exercida pela mola da válvula piloto. O diferencial de alívio da válvula principal pode ser controlado através da válvula piloto e atingir um valor mínimo de 2% abaixo da pressão de ajuste.

A figura ao lado mostra uma válvula de segurança e alívio piloto-operada de ação instantânea em que o piloto é do tipo sem escoamento: As válvulas piloto operadas de ação instantânea podem ser utilizadas para pressões de ajuste entre 30 e 6000 psig (2,11 e 421,85 kgf/cm², respectivamente).

A construção desse tipo de válvula também deve atender aos requisitos mínimos exigidos pelo API Std. 526.

1.6.6.1.1 – Operação

O princípio de operação dessas válvulas é baseado no relacionamento entre a força exercida pela pressão do fluido e a diferença de áreas entre a face inferior e superior do disco.

A pressão do processo é direcionada para uma pequena válvula piloto através de um tubo sensor, e desta para uma câmara acima do disco, ou seja, a área superior do disco gera uma força de fechamento sempre 30% maior que a força de abertura na entrada, independentemente do valor da pressão de operação do sistema. Sendo assim, no momento da abertura, a pressão sobre o disco deve ser reduzida até 70% da pressão de ajuste para que as forças atuando sobre e sob o disco se anulem e a válvula principal possa iniciar sua abertura. Como o volume de fluido na parte superior do disco é pequeno, a pressão é reduzida de forma instantânea.

A área superior do disco é 30% maior que a área inferior deste, sendo que é esta diferença de áreas que mantém a válvula principal fechada até o momento exato da abertura. Quando a pressão na parte superior do disco é aliviada pelo piloto, a válvula abre. Quando a pressão do processo é reduzida, o piloto fecha e novamente pressuriza a área superior do disco e assim a válvula principal fecha.

Esta câmara tem uma área aproximadamente 30% superior à área de vedação do bocal. Esta diferença de área, porém, com pressões equalizadas, mantém o disco fechado. Essa diferença de áreas faz com que a força de vedação seja obtida somente após a válvula ter fechado e a pressão em ambos os lados do disco estar equalizada.

Quando a pressão de operação do sistema alcança a pressão de ajuste, a válvula piloto alivia a pressão na câmara superior do disco para 70% da pressão de ajuste e a válvula principal abre, aliviando o excesso de pressão do sistema. Conforme a pressão de entrada é reduzida até o valor do diferencial de alívio, a válvula piloto fecha, a câmara superior do disco é novamente pressurizada, e a válvula principal fecha.

Essa área superior do disco gera uma força constante descendente maior que a força ascendente gerada em sua face inferior com a mesma pressão. A sede, além de possuir assento resiliente, e devido a esse diferencial de forças, evita a ocorrência de simmering quando o fluido for compressível.

Assim, numa válvula piloto operada de ação instantânea, o diferencial de alívio é conseguido logo que a pressão de operação é reduzida abaixo da pressão de ajuste. Isto causa o fechamento do obturador da válvula piloto, pressurizando a câmara superior do disco até a pressão máxima de operação do sistema. Mesmo com o mínimo diferencial de alívio, a diferença de áreas sob e sobre o disco, impedem a abertura da válvula logo em seguida, ao menos que haja oscilações na pressão de operação do processo maiores que o valor do diferencial de alívio. Esta característica, associada ao assento resiliente, permite que a pressão de operação seja mantida bem próxima da pressão de fechamento, sem causar vibrações, e consequentemente, vazamentos pelo disco e bocal.



1.6.6.2 – Ação Modulante

Uma válvula de ação modulante é melhor do que a válvula de ação instantânea, pois evita que o disco alcance o curso máximo quando a capacidade de vazão requerida pelo processo ocorre sempre em valores diferentes (menores) de taxas de fluxo, evitando a ocorrência de chattering. O curso de abertura é sempre proporcional à taxa de fluxo requerida pelo processo, mesmo que o fluido seja compressível, diminuindo as perdas durante a descarga. O curso de abertura do disco é proporcional à sobrepressão do sistema. Isso significa que a pressão na parte superior do disco é reduzida somente o suficiente para equalizar o diferencial de forças existente nessas duas áreas. O piloto produz essa característica fazendo com que o curso de abertura do disco seja proporcional à capacidade de alívio requerida pelo sistema no momento em que a pressão de ajuste é alcançada. Desta forma, o curso de elevação do disco fica entre a pressão de fechamento e a máxima sobrepressão naquele momento, em relação ao volume de fluido sendo descarregado pela válvula.

Esse tipo de válvula é recomendado nos casos em que normalmente se utilizariam múltiplas válvulas do tipo mola numa instalação, para reduzir a pressão do processo de forma proporcional e econômica. Uma única válvula piloto de ação modulante pode ser utilizada nas aplicações em que são exigidas várias válvulas menores tipo mola sob carga e com ajustes escalonados.

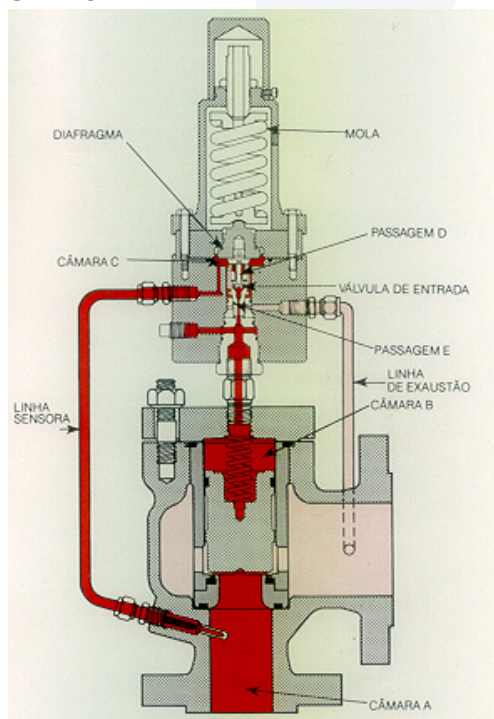
Ela consegue controlar a abertura numa pressão permanentemente constante, até que o curso máximo do disco seja alcançado. As pressões de abertura e fechamento de uma válvula piloto de ação modulante, são aproximadamente as mesmas. Desta forma, as perdas de fluido são minimizadas.

Nesse tipo de válvula, uma sobrepressão máxima de 5% só é alcançada quando a capacidade de produção do

vaso for igual à máxima capacidade de vazão efetiva da válvula.

A figura ao lado mostra um desenho em corte de uma válvula de segurança e alívio do tipo piloto operada de ação modulante:

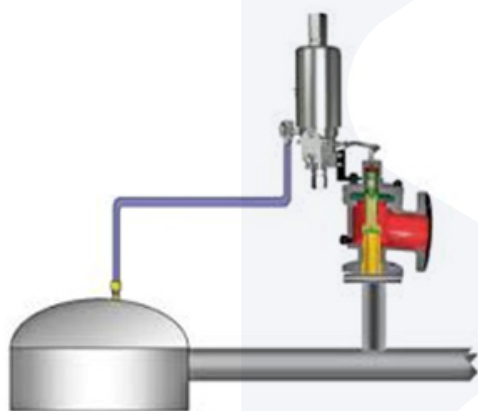
Este é o tipo de válvula piloto mais apropriado para processos com variações na capacidade de produção ou quando a válvula está superdimensionada para uma futura expansão do processo. A ação modulante ocorre quando a taxa de fluxo requerida pelo processo é menor que a capacidade máxima de vazão efetiva pela válvula. Esse tipo de válvula de segurança piloto operada evita as consequências que ocorrem com uma válvula piloto de ação instantânea ou com uma válvula de segurança tipo mola sob carga quando superdimensionadas. A abertura de uma válvula piloto de ação modulante ocorre apenas para manter a pressão de entrada num ponto um pouco acima do ponto de ajuste, porém, abaixo dos 10% permitidos pelo código ASME Seção VIII – Divisão 1. Portanto, são válvulas que abrem somente o



suficiente para manter a pressão de entrada num ponto levemente acima do ponto de ajuste de acordo com a vazão necessária naquele momento, e sempre abaixo da sobrepressão máxima permitida.

A menor sobrepressão e o menor diferencial de alívio desse tipo de válvula, evita variações na pressão de operação do processo, comumente causado pelas válvulas de segurança de projeto convencional tipo mola sob carga. O diferencial de alívio nesse tipo de válvula piloto é fixo em 5% abaixo da pressão de ajuste e não pode ser controlado através da válvula piloto, como ocorre com as válvulas de ação instantânea.

As válvulas de segurança e/ou alívio de ação instantânea ou ação modulante utilizam um sensor de pressão que pode ser dos tipos sensor de pressão integral* ou sensor de pressão à distância. Essas válvulas quando utilizam sensor de pressão remoto à distância, podem assegurar uma estabilidade operacional mesmo sob altas quedas de pressão no tubo de entrada



Veja na figura ao lado, uma válvula de segurança e alívio piloto operada com sensor de pressão remoto à distância:

Observação*: O sensor de pressão integral é uma tubulação externa interligando a conexão de entrada da válvula principal com a válvula piloto. O sensor de pressão à distância é uma tubulação que interliga a válvula piloto com o equipamento sendo protegido. Portanto, instalado diretamente no equipamento. Esse tipo de sensor não “sente” a queda de pressão na conexão de entrada da válvula principal.

Observação: A linha sensora (sensor de pressão remoto) da válvula piloto está conectada ao vaso, portanto, a queda de pressão que ocorre na tubulação de entrada da válvula principal não tem influência sobre a pressão de ajuste da válvula piloto, mas, pela capacidade de vazão máxima da válvula principal, pois a queda de pressão só ocorre após a abertura desta válvula.

Mesmo numa válvula de segurança e alívio piloto operada, com a linha sensora localizada entre o vaso e a válvula piloto (sensor de pressão remoto à distância), a queda de pressão causada no tubo de entrada da válvula principal pode não causar chattering, porém, a capacidade de vazão da válvula principal pode ficar reduzida. Com isso o alívio de pressão dentro do vaso pode ficar demorado, mesmo alguns modelos (ação instantânea) dessas válvulas tendo diferencial de alívio ajustável em até 2%. A linha sensora permite que a pressão real do vaso seja medida antes da região onde ocorre a queda de pressão, e enviada ao piloto, independentemente da quantidade de queda de pressão na tubulação de entrada. Este sensor elimina a ciclagem numa válvula de segurança e/ou alívio piloto operada de ação instantânea e permite que a capacidade de vazão estampada na plaqueta seja alcançada rapidamente. Numa válvula de segurança e alívio piloto operada de ação modulante, a linha sensora permite que seja alcançado o curso máximo na sobrepressão requerida pelo processo naquele momento, com isto, minimizando as perdas de produto.

Esse tipo de válvula de segurança pode operar com até 70% de contrapressão desenvolvida, sem que seu



desempenho operacional seja afetado. Porém, quando utilizada com fluidos compressíveis, sua capacidade de vazão é reduzida quando o fluxo através da válvula torna-se subcrítico, ou seja, a taxa de contração absoluta a jusante para a pressão de alívio absoluta a montante excede a pressão de escoamento crítico do fluido, em outras palavras, o valor da contração é maior que aproximadamente 54% da pressão de alívio absoluta (esta porcentagem depende do fator "k" do gás).

Em aplicações sujeitas à contração constante ou variável de até 70% é permissível que a exaustão do piloto seja conectada à tubulação de descarga da válvula principal. Para valores de contração superiores, o piloto deve aliviar num local apropriado de baixa pressão.

Quando operando com líquidos esse tipo de válvula proporciona uma relação entre vazão e área de passagem até 30% maior que as válvulas convencionais tipo mola com internos específicos para o escoamento de fluidos no estado líquido (sem vaporização).

A área do bocal permite que a sobrepressão máxima permitida seja alcançada, porém, ela não é necessária para ocorrer o curso máximo do disco, como ocorre com as válvulas de segurança do tipo mola.

As válvulas do tipo ação modulante podem ser utilizadas para pressões de ajuste entre 30 e 1480 psig (2,1 kgf/cm² a 104 kgf/cm², respectivamente). A construção desse tipo de válvula também deve atender aos requisitos mínimos exigidos pelo API Std. 526.

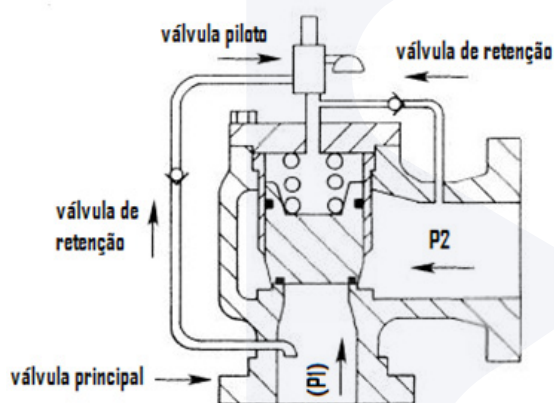
1.6.6.2.1 – Operação

Quando a pressão de ajuste é alcançada a válvula principal abre em proporção ao aumento da pressão do sistema. Isto é conseguido através da válvula piloto que controla a pressão acima do disco. A válvula principal pode manter um curso apenas para descarregar a necessária vazão do sistema. Se houver um aumento ou redução na taxa de fluxo do sistema, a válvula principal pode mudar este curso para acomodar à nova vazão requerida. Quando a pressão no sistema é reduzida, a válvula principal pode começar a fechar, fechando definitivamente logo abaixo da pressão de ajuste. Para a válvula principal alcançar esta condição precisamente, a válvula piloto controla a pressão sobre o disco da válvula principal para posicionar seu curso de abertura e "casar" com as condições de vazão do sistema. Assim, a válvula principal pode controlar a pressão do sistema. A operação efetiva do piloto requer uma pequena sobrepressão acima da pressão de ajuste para alcançar o curso de projeto total da válvula principal e uma pequena queda de pressão para reassentar a válvula principal. A sobrepressão, como uma porcentagem da pressão de ajuste, pode variar com o requerimento da vazão do sistema. Isto significa que um infinito número de ciclos de alívio pode ocorrer; o curso do disco pode, porém, estar sempre em proporção ao aumento ou redução na pressão e vazão do sistema, proporcionando um ciclo de alívio estável e seguro.

1.6.6.3 – Retentor de Contrafluxo

As válvulas de segurança e alívio piloto operadas permite a instalação de diversos acessórios, tais como alavanca de acionamento manual, conexão para teste em campo, filtro de fornecimento do piloto, retentor de

pico de pressão, retentor de contrafluxo, além de alguns outros de acordo com as necessidades da aplicação. O retentor de contrafluxo atua como uma válvula de retenção na tubulação que interliga o domo superior do pistão (disco) e a conexão de descarga da válvula principal, além de interligar a conexão entre a entrada da válvula principal e a válvula piloto. Suas funções são impedir o retorno do fluxo para dentro do equipamento protegido, quando a pressão dentro deste pode ser menor que a pressão dentro do coletor, nas aplicações nas quais a válvula opera sujeita a contrapressão superimposta constante ou variável, além de permitir também que a pressão na tubulação de descarga atue sobre o pistão (disco), impedindo seu movimento de abertura. Esta reversão no fluxo pode ocorrer em qualquer projeto de válvula piloto operada, tanto nos modelos de ação instantânea ou de ação modulante, sempre que houver uma pressão diferencial de reversão suficiente. Aplicações nas quais o equipamento protegido pode, em algum momento, estar sujeito a vácuo, este acessório impede que o pistão (disco) se movimente no sentido da abertura e que poderia assim permitir a entrada de ar atmosférico.



Uma válvula de segurança e alívio piloto operada deve ser especificada com retentor de contrafluxo sempre que houver a possibilidade do equipamento protegido ser despressurizado para manutenção, por exemplo, e o coletor de descarga estar pressurizado; possibilidade de vácuo na conexão de entrada; aplicações sujeitas a variações de pressão na conexão de descarga acima da pressão de operação do equipamento sendo protegido, incluindo aplicações com múltiplas válvulas protegendo diversos equipamentos e conectadas a um único coletor, proporcionando uma contrapressão superimposta constante ou variável, tam-

bém acima da pressão de operação dos equipamentos sendo protegidos.

A figura acima mostra uma válvula de segurança e alívio piloto operada equipada com dois retentores de contrafluxo (válvula de retenção).

1.6.6.4 – Tipos de Pilotos

Nas válvulas de segurança piloto operadas, podem ser aplicados dois tipos de válvulas pilotos, sendo aquele denominado “sem escoamento” ou do tipo “com escoamento”.

1.6.6.4.1 – Tipo Sem Escoamento

Esse tipo de piloto é aquele no qual, quando sua pressão de ajuste é atingida, o fluxo pelo piloto é interrompido fluindo apenas pela válvula principal. O fluxo só é liberado pela válvula piloto quando a pressão é reduzida e a força da mola afastar o obturador do piloto de sua sede, permitindo que a câmara superior do pistão seja novamente pressurizada, assim, fechando a válvula principal.

Sua aplicação é recomendada sempre que houver a possibilidade de congelamento do fluido durante o pro-



cesso de alívio, se o piloto fosse do tipo “com escoamento” ou em aplicações que o fluido possa conter particulados em suspensão. Assim, minimizando o desgaste em suas superfícies de vedação e a entrada de sujeira e particulados na válvula piloto. Isso acontece, pois o contato do fluido com os componentes internos da válvula piloto é interrompido quando a pressão de ajuste é atingida. Esse tipo de válvula piloto pode ser aplicado tanto nas válvulas de ação instantânea quanto nas válvulas de ação modulante.

1.6.6.4.2 – Tipo Com Escoamento

Esse tipo de válvula piloto permite o escoamento de uma pequena quantidade de fluido enquanto a válvula principal estiver aberta e aliviando. Nas aplicações onde o fluido escoando pelo piloto não pode ser descarregado para a atmosfera, esse alívio deve ser direcionado para a tubulação de descarga da válvula principal ou até mesmo para um outro local seguro. Sempre que o alívio da válvula piloto tiver que ocorrer para a tubulação de descarga da válvula principal, é recomendado que o piloto seja do tipo balanceado internamente. Esta recomendação é para evitar que sua pressão de ajuste e suas características de abertura e fechamento sejam alteradas pela contrapressão desenvolvida na tubulação de descarga da válvula principal.

1.7 – Terminologias

Abaixo estão definidas as principais terminologias aplicadas em válvulas de segurança e/ou alívio.

1.7.1 – PMTA – (Pressão Máxima de Trabalho Admissível)

Esta é a máxima pressão alcançada no topo de um vaso de pressão num valor de temperatura coincidente. Ela é tratada como pressão estática, portanto, sem alteração no valor de sua temperatura. O valor da PMTA está baseado em cálculos para cada elemento do vaso, utilizando-se espessuras nominais, excluindo-se as espessuras de metal adicional, por motivos de corrosão e cargas distintas da pressão.

Esta pressão é determinada empregando os valores de tensão admissíveis dos materiais usados na construção do vaso. Ela é o valor mínimo de pressão permitido, encontrado para qualquer componente de uma peça do vaso para uma determinada temperatura. Ela é a máxima pressão manométrica permissível no topo de um vaso em sua posição normal de operação na temperatura coincidente, projetada e especificada para aquela pressão.

Esta é a máxima pressão permitida para operação contínua. Seu valor pode ser igual ou maior que a pressão de projeto para o mesmo valor de temperatura de projeto. O valor da PMTA de um vaso depende de seu material de construção, de sua espessura de parede, além das condições operacionais.

A pressão de operação de um vaso só pode exceder o valor da PMTA quando a (s) válvula (s) de segurança está (ão) aberta (s) e aliviando, jamais em condições normais de operação e com a (s) válvula (s) fechada (s). A máxima pressão de operação não pode ser igual a PMTA. Uma válvula de segurança e/ou alívio só pode ser ajustada acima da PMTA quando a instalação possui mais de uma válvula, e o alívio de pressão tem início na própria PMTA ou abaixo desta, e através de outra válvula já instalada.

Observação: É recomendado que o valor da pressão de operação normal do vaso seja limitado a 90% de sua PMTA ou da pressão de ajuste da válvula de segurança e/ou alívio primária (o que for menor), caso o vaso seja protegido por mais de uma válvula, sempre que o fluido for um gás ou vapor. Se o fluido for líquido, 80% da PMTA do vaso ou da pressão de abertura da válvula primária, conforme acima, é recomendado.

Assim, quando a válvula está aliviando é permitido que a pressão de operação ultrapasse o valor da PMTA. O quanto este valor pode ser ultrapassado, depende da causa da sobrepressão e da quantidade de válvulas instaladas (de acordo com o Código ASME Seção VIII).

A PMTA é determinada pelo fabricante do vaso de pressão, enquanto a pressão de operação é determinada pelo engenheiro de processo.

O valor da PMTA é calculado a partir de chapas de espessuras nominais (1/4"; 3/8"; 1/2", etc) e que serão utilizadas na construção da parede do vaso. Esta espessura é a próxima acima da mínima espessura requerida para o cálculo da pressão de projeto. O vaso não pode operar acima desta pressão, conseqüentemente, esta é também a maior pressão na qual a válvula de segurança e/ou alívio primária é ajustada para abrir.

O valor de PMTA que é determinado na fase de projeto do equipamento é um referencial para a acumulação permitida de acordo com o código de construção do vaso de pressão. O valor da PMTA de um vaso é a base para o ajuste de pressão dos dispositivos de alívio que o protegem, além de ser também uma referência para as porcentagens de acumulação permitidas, e de acordo com as causas da sobrepressão e quantidade de válvulas de segurança e/ou alívio instaladas. Portanto, a PMTA é a pressão máxima, no topo do vaso, na qual sua parte mais fraca pode suportar.

1.7.2 – Pressão de Projeto

Esta é a mínima pressão que um vaso deve resistir. A mínima espessura de parede de um vaso de pressão é determinada a partir da pressão de projeto e temperatura de projeto. Ela é determinada a certa temperatura de projeto, pois sua resistência mecânica varia inversamente com a temperatura. A pressão de projeto pode ser utilizada no lugar da PMTA sempre que o valor desta não for conhecido ou não foi calculado. Seu valor mínimo pode ser especificado pelo próprio usuário na ordem de compra do vaso, para que seja obtida uma margem apropriada acima da pressão mais severa esperada durante a operação normal do vaso e num valor de temperatura coincidente. É o projetista do vaso quem irá definir sua pressão de projeto. A determinação segura do valor desta pressão é a base principal para o projeto de uma caldeira ou vaso de pressão.

1.7.3 – Acumulação

Esta é a pressão máxima alcançada pela (s) válvula (s) nas condições de alívio num valor acima da PMTA do equipamento. Portanto, ela é o aumento de pressão permitido acima da PMTA dentro de uma caldeira ou vaso de pressão, com todas as válvulas de segurança abertas e aliviando. O valor de acumulação permitido dentro de um vaso de pressão é uma referência para a quantidade mínima de válvulas de segurança e/ou alívio que podem ser instaladas e de acordo com as causas da sobrepressão.



Os máximos valores de acumulação permitidos são estabelecidos de acordo com o código de construção do equipamento a ser protegido pela (s) válvula (s). Estes valores podem ser definidos pela quantidade de válvulas instaladas e/ou devido às causas de sobrepressão, por exemplo, contingências de fogo externo ao vaso, ou operações de emergência (descontrole operacional). Deste modo, a válvula de segurança e/ou alívio selecionada para uma determinada aplicação, deve ter uma capacidade de vazão máxima que seja igual ou maior do que a pior causa de fonte de geração de pressão e volume de fluxo, que previna que a pressão dentro do equipamento protegido, exceda os limites permitidos pelos códigos de projeto.

Assim, quando a sobrepressão é causada por um descontrole do processo, a acumulação permitida é de 10% ou 3 psi (o que for maior), quando o vaso possui apenas uma válvula de segurança; quando possui duas válvulas ou mais, o valor da acumulação é de 16% ou 4 psi, sempre o que for maior, acima da PMTA. Para vasos sujeitos a fogo externo, o valor da acumulação é 21% acima da PMTA.

Nestes casos, se houver duas ou mais válvulas instaladas, a segunda ou última, deve ser ajustada no máximo em até 5% acima da PMTA.

Observação: O valor permitido de 3 psi de acumulação é aplicado quando a PMTA do equipamento protegido está entre 15 e 30 psig, e há somente uma válvula de segurança e/ou alívio instalada. Um valor permitido de 4 psi de acumulação é aplicado quando a PMTA do equipamento protegido está entre 15 e 30 psig, e há duas ou mais válvulas de segurança e/ou alívio instaladas para sua proteção.

Observação: Os projetistas dos vasos de pressão devem estabelecer os limites de 10%, 16% ou 21% de acumulação avaliando que a redução de tensão admissível com o aumento de temperatura ainda fique dentro dos fatores de segurança aplicados pelos códigos de projeto (da ordem de 3 a 5 vezes).

Em caldeiras construídas conforme o Código ASME Seção I, a acumulação máxima permitida é de 6% acima da PMTA, independentemente da quantidade de válvulas de segurança instaladas. Sendo assim, não é permitido mais do que 6% acima da maior pressão na qual qualquer válvula de segurança é ajustada para abrir, isto é, quando ajustadas abaixo da PMTA, ou não mais do que 6% acima da PMTA da caldeira.

Os valores de acumulação, para todas as situações mencionadas, significam que com todas as válvulas de segurança abertas e aliviando, a pressão dentro do equipamento protegido não poderá ultrapassar aquelas porcentagens. A acumulação é, portanto, o parâmetro primário quando dimensionando um vaso de pressão ou caldeira, sendo expressa como uma porcentagem da PMTA.

A porcentagem de acumulação é um valor dependente apenas do valor da PMTA do vaso, das causas da sobrepressão e da quantidade de válvulas instaladas e independentemente do valor da pressão de ajuste da (s) válvula (s) de segurança e/ou alívio que o (s) protege (m).

Observação: Cada seção do Código ASME (I, IV e VIII) fornece suas próprias regras quanto à porcentagem de pressão permitida para ser elevada acima da PMTA do equipamento a ser protegido pela válvula de segurança e/ou alívio, durante um evento de sobrepressão do processo.

1.7.4 – Sobrepressão

Esta é a pressão máxima alcançada pela válvula nas condições de alívio e de acordo com a taxa de fluxo requerida pelo processo. Ela é o mesmo que acumulação quando a válvula de segurança e/ou alívio está ajustada para abrir no mesmo valor da PMTA do vaso de pressão ou caldeira e não há perdas de pressão na tubulação de entrada. O valor da sobrepressão depende do código de construção do equipamento a ser protegido e do valor da pressão de ajuste. Por exemplo, caldeiras que são construídas conforme o Código ASME Seção I esse valor é de 3% ou 2 psi, o que for maior, tanto no balão de vapor quanto no superaquecedor.

Para vasos de pressão construídos conforme o Código ASME Seção VIII, o valor da sobrepressão deve ser 3 psi ou 10% acima da pressão de ajuste (o que for maior), para gases, vapores e líquidos. Quando o valor da pressão de ajuste for superior a 30 psig (2,11 psig), a sobrepressão deve ser de 10%. Para valores iguais ou menores que 30 psig, o valor da sobrepressão deve ser limitado a 3 psi sempre.

A sobrepressão é necessária, principalmente nas válvulas com mola sob carga e operando com fluidos compressíveis, pois o disco de vedação não alcança o curso máximo na pressão de ajuste*, devido à crescente força exercida pela mola e contrária ao sentido de abertura. Portanto, ela é um aumento de pressão acima da pressão de abertura, necessário para que o disco de vedação da válvula possa atingir seu curso máximo de abertura, e, conseqüentemente, a válvula possa alcançar sua capacidade máxima de vazão, ou seja, a vazão será limitada pela área da garganta do bocal e pressão de alívio na entrada da válvula.

A sobrepressão é a diferença entre a acumulação existente dentro do vaso de pressão e a pressão de abertura da válvula. Caso o valor da pressão de abertura da válvula seja menor que o valor da PMTA do vaso, a sobrepressão poderá ser maior do que 10%, desde que a acumulação máxima alcançada durante o alívio não ultrapasse 10% da PMTA do vaso. Assim, por exemplo, um vaso de pressão cuja PMTA é igual a 100 psig (7,03 kgf/cm²) e a válvula de segurança e alívio é ajustada para abrir com 90 psig (6,3 kgf/cm²), a sobrepressão máxima alcançada pela válvula nas condições de alívio será de 20%, pois $(100 \times 1,1) - 90 = 20$, ou seja, 20%.

A sobrepressão é um termo referente à pressão de ajuste da válvula, enquanto a acumulação é um termo referente à PMTA do vaso de pressão ou da caldeira.

Observação: Quando a válvula tem sua pressão de abertura coincidindo com o valor da PMTA do vaso, acumulação e sobrepressão é a mesma coisa.

1.7.5 – Pressão de Ajuste

Esta é a pressão na qual a válvula abre em bancada de teste, sob temperatura ambiente e apenas contrapressão atmosférica. O valor da pressão de ajuste é um referencial para todos os percentuais tais como: queda de pressão no tubo de entrada, queda de pressão na tubulação de descarga, correção no ajuste da mola ainda na bancada de teste quanto à temperatura operacional (CDTP), sobrepressão, diferencial de alívio, contrapressão e pressão de operação.



A precisão e a repetibilidade da pressão de ajuste, além de outros fatores, tais como qualidade no projeto e construção da mola, incluindo seu material, pontos de contato esféricos dos componentes internos da válvula, são dependentes também da planicidade e acabamento das superfícies de vedação do disco e bocal, além de um excelente alinhamento e perpendicularismo dos componentes internos com aquelas superfícies.

Observação: A pressão de ajuste deve ser baixa o bastante para assegurar que a máxima PMTA do equipamento protegido não seja excedida. Por outro lado, ela deve ser alta o bastante para assegurar que exista uma margem suficiente acima da pressão de operação normal da caldeira ou vaso de pressão, para permitir o fechamento da válvula de segurança e/ou alívio. Porém, também não deve ultrapassar o valor da PMTA do vaso, quando este for protegido por uma única válvula de segurança e alívio.

1.7.6 – Pressão de Operação

Esta é a pressão manométrica normal à qual um vaso de pressão ou caldeira está sujeito constantemente e sem nenhuma variação considerável. Esses equipamentos são normalmente projetados para terem uma PMTA que forneça uma margem acima da pressão de operação para evitar qualquer operação indesejável do Dispositivo de Alívio de Pressão, causada pelas mínimas flutuações em sua pressão de operação normal. Eles são projetados para operar com a máxima eficiência possível e numa pressão operacional muito próxima de sua PMTA. Para que a válvula de segurança e/ou alívio possa ter seu ciclo operacional completo (abertura, sobrepressão e fechamento), a máxima pressão de operação normal do equipamento protegido pela válvula não pode ficar acima de 90% da pressão de ajuste, se o fluido for compressível, ou 80% se o fluido for líquido.

Observação: Para válvulas de segurança e/ou alívio instaladas no recalque de bombas e compressores, um diferencial de pressão de 15% a 20%, no mínimo, deve ser mantido para compensar eventuais oscilações que podem ser produzidas na pressão de operação.

Observação: para fluidos tóxicos ou valiosos, o processo pode necessitar de uma pressão diferencial maior entre a pressão de operação e a PMTA do vaso (ou a pressão de ajuste da válvula), ou utilizar sede resiliente no disco, se a pressão de abertura, temperatura e área do bocal permitirem.

Um valor de 90% da pressão de ajuste para as válvulas tipo mola sob carga com sedes metálicas ou resilientes e 95% para as válvulas piloto operadas, é comum na seleção da máxima pressão de operação. Portanto, sempre deve existir um diferencial de pressão entre a pressão de operação do vaso e a pressão de ajuste da válvula de segurança e/ou alívio para permitir seu ciclo operacional completo. O Código ASME Seção VIII no Apêndice M10 (c) (não mandatário), e também pelo NB 23 Parte IV, no parágrafo S.2.5, recomenda como mínima pressão diferencial entre a pressão de operação do vaso e a pressão de abertura da válvula, os seguintes valores:

- **5 psi para pressões de ajuste até 70 psig;**
- **10% abaixo da pressão de ajuste para pressões acima de 70 psig e até 1000 psig;**
- **7% para pressões de ajuste acima de 1000 psig.**

Observação: Para as caldeiras de vapor abrangidas pelo Código ASME Seção I, o NB23 Parte IV, no parágrafo

fo S2.4 e o Código ASME Seção VII, no parágrafo 103.1.3 (b), recomendam como mínima pressão diferencial entre a pressão de operação da caldeira e a pressão de abertura da válvula de segurança, os valores citados na tabela 1.1 abaixo:

Pressão de Projeto da Caldeira	Mínima Pressão Diferencial
Maior que 15 psi até 300 psi	10% mas não menos que 7 psi
Maior que 300 psi até 1000 psi	7% mas não menos que 30 psi
Maior que 1000 psi até 2000 psi	5% mas não menos que 70 psi
Maior que 2000 psi	Pelo julgamento do projetista

1.7.7 – Pressão de Alívio – Ela é a soma da pressão de ajuste com a sobrepressão menos a queda de pressão na entrada (e a contrapressão, se houver), sempre que o fluido for líquido. Para os gases e vapores ela é a soma da pressão de abertura com a sobrepressão. Portanto, a pressão de alívio é sempre maior que a pressão de abertura da válvula e/ou da PMTA do equipamento protegido (vaso ou caldeira). É nesta pressão que a máxima capacidade de vazão de uma válvula de segurança e/ou alívio é alcançada. A mesma pressão de alívio para o mesmo orifício do bocal e mesmo tipo de fluido, proporciona a mesma capacidade de vazão mesmo com diferentes valores de pressões de ajuste, independente do estado físico do fluido, ou seja, diferentes valores de sobrepressão ou de acumulação. O valor da pressão de alívio de uma válvula não pode ser maior do que a máxima acumulação permitida pelos códigos de construção dos vasos de pressão. Parafusos, porcas, estojos, junta, tubulação de entrada, além da solda de fixação nesta região, incluindo qualquer outro acessório que seja permitido ser instalado entre o vaso de pressão e a entrada da válvula de segurança, também estarão expostos à pressão de alívio.

1.7.8 – Pressão Diferencial

Esta é a diferença de pressão entre a de entrada e a de saída de uma válvula qualquer ($P_1 - P_2$). Ela é causada devido ao atrito do fluido com o corpo e componentes móveis da válvula, velocidade de escoamento, posição do membro de fechamento (obturador ou disco de vedação), além de mudanças impostas ao direcionamento do fluxo pela válvula. Alterando-se o valor da pressão diferencial através de uma válvula, altera-se sua capacidade de vazão efetiva. Não é utilizada aqui as unidades de pressão “absoluta” ou “relativa”. Por exemplo, se as pressões de entrada e de saída são dadas em psia (ou bara) ou psig (ou kgf/cm²), a pressão diferencial resultante é sempre a mesma, sendo dada apenas em psi (ou bar), respectivamente. Por exemplo, em unidades manométricas:

$$P_1 = 20 \text{ psig}$$

$$P_2 = 10 \text{ psig}$$

$$20 - 10 = 10$$

$$\Delta P = 10 \text{ psi}$$



Enquanto, em unidades absolutas:

$$P1 = 34,7 \text{ psia}$$

$$P2 = 24,7 \text{ psia}$$

$$34,7 - 24,7 = 10$$

$$\Delta P = 10 \text{ psi}$$

Observação:

Pressão manométrica = pressão absoluta – 14,7 psia

Pressão absoluta = pressão manométrica + 14,7 psia

Desta forma, dizemos que a pressão diferencial das válvulas de segurança e/ou alívio é a pressão de alívio (P1), menos o valor da contrapressão superimposta constante (P2), quando houver, operando com gases e líquidos. Para as válvulas de alívio e nas aplicações onde não há contrapressão, a pressão diferencial é apenas a pressão de alívio (pressão de ajuste + sobrepressão). Ela é o valor utilizado nos cálculos de dimensionamento da área do bocal, somente para as válvulas de segurança e/ou alívio quando operando com líquidos.

1.7.9 – Pressão de Fechamento

Esta é a pressão medida na entrada da válvula de segurança e/ou alívio quando ela fecha novamente, após ter aberto completamente e ter aliviado o excesso de pressão. Ela é o valor do decréscimo da pressão estática na entrada da válvula na qual o disco restabelece contato com a superfície de vedação do bocal ou na qual o curso de elevação do disco torna-se zero como determinado por sentimento, visão ou audição. A vazão é substancialmente interrompida e não há um curso de elevação mensurável do disco.

Também podemos dizer que a sobrepressão é a porcentagem de pressão acima da pressão de abertura da válvula na qual ela estará totalmente aberta e aliviando a máxima capacidade de vazão requerida pelo processo, enquanto o diferencial de alívio é a porcentagem de pressão abaixo da pressão de abertura da válvula, na qual ela estará completamente fechada. O diferencial de alívio é a diferença entre a pressão de abertura e a pressão de fechamento da válvula.

1.7.10 – Capacidade de Vazão

Esta é a taxa de fluxo, em massa por unidade de tempo (lb/h ou kg/h) ou volume por unidade de tempo (m³/h, SCFM, SCFH, GPM ou l/min), que passa por uma válvula de segurança e/ou alívio quando operando em sua máxima sobrepressão especificada. A capacidade de vazão é a principal característica de uma válvula de segurança e/ou alívio para a correta proteção de vidas e equipamentos.

O valor da capacidade de vazão das válvulas de segurança e/ou alívio para vapor d'água pode ser dado em lbs/hr ou kg/hr (unidades de massa*) na temperatura de saturação (e na pressão de alívio), ou em unidades volumétricas* tais como: Nm³/hr e SCFM para outros fluidos compressíveis tais como gases e vapores a 0°C e a 60°F (15,56°C), respectivamente. Para líquidos, a capacidade de vazão pode ser dada em GPM, l/h, l/min ou também em m³/h, e tendo como referência a água a 70°F (21°C). Em todos os casos a sobrepressão é

10%. Para caldeiras é 3%, e para situações de incêndio é 21%.

Na tabela 1.2 abaixo são mostrados as áreas efetivas e os respectivos diâmetros de passagem dos bocais de acordo com o tamanho das válvulas de segurança e/ou alívio e letras dos orifícios, conforme determinado pelo API* Std. 526.

Tamanho da Válvula	Orifício	Área Efetiva do Bocal em Pol ² (mm ²)	Diâmetro
1" x 2"	D	0,110 (70,96)	9,5 mm
1" x 2"	E	0,196 (126,45)	12,7 mm
1.1/2" x 2"	F	0,307 (198,06)	15,9 mm
1.1/2" x 2.1/2"***	G	0,503 (324,51)	20,3 mm
1.1/2" x 3"	G	0,503 (324,51)	20,3 mm
1.1/2" x 3"	H	0,785 (506,45)	25,4 mm
2" x 3"	J	1,287 (830,32)	32,5 mm
3" x 4"	K	1,838 (1185,8)	38,8 mm
3" x 4"	L	2,853 (1840,64)	48,4 mm
4" x 6"	M	3,6 (2322,57)	54,4 mm
4" x 6"	N	4,34 (2800)	59,7 mm
4" x 6"	P	6,38 (4116,12)	72,4 mm
6" x 8"	Q	11,05 (7129)	95,3 mm
6" x 8"	R	16 (10322,56)	114,65 mm
6" x 10"****	R	16 (10322,56)	114,65 mm
8" x 10"	T	26 (16774,16)	146,1 mm

Observação*: O API é um padrão adotado pelo Código ASME Seção VIII quanto à especificação, instalação, inspeção, manutenção e equações de dimensionamento. O API Std.526 é um padrão de especificação para auxiliar o usuário na compra de válvulas de segurança e/ou alívio, convencionais ou balanceadas, conforme ASME VIII e ASME XIII para aplicações em vasos de pressão e tubulações, quanto ao diâmetro nominal, classes de pressão dos flanges, dimensões de centro a face, área de descarga do bocal, materiais do corpo, castelo e mola, além de seus limites de pressão de abertura, contrapressão e temperatura do fluido. Ele permite a escolha e substituição de válvulas convencionais ou balanceadas por diferentes fabricantes sem que a instalação tenha que ser modificada, permitindo também a intercambiabilidade de montagem na instalação entre diferentes fabricantes.

Observação ** A partir de 1995 o API Std. 526, em sua 4ª edição substituiu a bitola de 2 ½" pela bitola de 3", alterando também as dimensões de centro a face para aquelas válvulas que utilizavam a bitola de 2½".



Observação *** Quando a capacidade de vazão requerida pelo processo exige um orifício "R" (16 pol²) e a pressão de ajuste for superior a 100 psig (7,03 kgf/cm²), o flange de saída deverá ser na bitola de 10" na classe 150, enquanto o flange de entrada permanecerá na bitola de 6", porém, na classe 300 ou 600, dependendo da pressão de ajuste e temperatura do fluido, requeridas pelo processo.

A capacidade de vazão é determinada pelo tamanho da área do orifício de passagem do bocal de acordo com a pressão de alívio, estado físico do fluido, temperatura, densidade, volume e coeficiente de descarga da válvula. A capacidade de vazão de uma válvula de segurança e/ou alívio é limitada pela área da garganta do bocal. Essa área de passagem é a menor área efetiva existente no bocal, sendo designada por uma série de quatorze letras desde "D" até "T" com áreas de passagens de 0,110 pol² a 26 pol², respectivamente, determinadas pelo API Std. 526 e que são distribuídos entre as bitolas das válvulas.

A capacidade de vazão de uma válvula de segurança e/ou alívio deve ser suficiente para prevenir um aumento de pressão dentro do equipamento protegido, acima do valor de acumulação máxima permitida pelo código de construção daquele equipamento, e de acordo com o evento da sobrepressão. Ela é o principal parâmetro para o dimensionamento de uma válvula de segurança e/ou alívio.

A capacidade de vazão marcada na plaqueta da válvula (corrigida para o fluido nas condições de alívio (ou de escoamento) com 3%, 10%, 16% ou 21% de sobrepressão), depende da aplicação e da quantidade de válvulas instaladas. Somente para as válvulas de segurança aplicadas para a proteção de caldeiras, a quantidade de válvulas não tem influência sobre o valor da acumulação permitida de 6%.

É no valor da sobrepressão determinado pelo Código ASME (3%, 10%, 16%, ou 21%) que a capacidade de vazão nominal da válvula é determinada de acordo com o tipo de fluido e aplicação.

Nos processos em que vários vasos de pressão são interligados e protegidos por uma ou mais válvulas de segurança e/ou alívio, a capacidade de vazão requerida pelo processo deve ser a soma da capacidade de todos os vasos juntos.

Se a capacidade de vazão requerida pelo processo for maior que a capacidade de vazão estampada na plaqueta da válvula de segurança, a pressão dentro do equipamento protegido irá aumentar. Somente quando a capacidade de vazão requerida pelo processo fica entre 30% e 100% da capacidade de vazão nominal estampada na plaqueta da válvula é que a pressão dentro do equipamento protegido é reduzida. A pressão dentro do vaso pode ser elevada até haver um equilíbrio entre a taxa de fluxo gerada pelo processo e a máxima capacidade de vazão possível pela válvula de segurança e/ou alívio. Se a pressão dentro do vaso continuar a ser elevada, após o valor da sobrepressão ter sido alcançado, significa que a área do bocal selecionada está subdimensionada para a aplicação, e com isto, a integridade do equipamento protegido pela válvula começa a ficar comprometida. Para uma situação operacional assim, o diferencial de alívio também fica maior.

1.7.10.1 – Capacidade de Vazão Nominal – É aquela porção da capacidade de alívio medida e permitida pelos códigos aplicáveis para ser usada como base para a aplicação de uma válvula de segurança e/ou alívio. Ela é o valor que vem estampado na plaqueta da válvula. Este é o valor máximo garan-

tido pelo fabricante. A capacidade de vazão estampada deve ser sempre igual ou maior que a capacidade de vazão requerida pelo processo. Ela (a capacidade de vazão nominal) é também utilizada como base para o dimensionamento da tubulação de entrada e do coletor de descarga, este último quando a válvula alivia para um sistema fechado.

Observação: Ao dimensionar a área de um coletor de descarga, o projetista deve se atentar para a capacidade de vazão estampada na plaqueta da válvula de segurança e/ou alívio que é de 90% de sua capacidade de vazão máxima (considerando somente aquelas válvulas que tem capacidades de vazão certificadas e aprovadas pelo NBBI*, portanto, possuem o selo "UV" do Código ASME Seção VIII – Divisão 1 – em sua plaqueta). Apenas as válvulas de segurança e/ou alívio, com pressões de ajuste a partir de 15 psig (1,05 kgf/cm²), podem ter suas capacidades de vazão testadas, aprovadas e certificadas pelo ASME e NBBI, tanto para líquidos quanto para gases e vapores.

Observação*: O NBBI (National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors) é um laboratório de testes credenciado pelo ASME para testar e certificar a capacidade de vazão das válvulas de segurança e/ou alívio de acordo com as regras estabelecidas por este.

A tabela 1.3 abaixo mostra os valores de capacidade de vazão de uma válvula de segurança e alívio (modelo JOS/JBS da Crosby) para vapor saturado, de acordo com a pressão de ajuste e orifício do bocal, e na sequência a equação de dimensionamento para encontrar os valores citados naquela tabela:

Saturated Steam Capacities, Unfired Pressure Vessel Service - Series JOS-E and JBS-E, USCS Units¹ Set Pressures 5 - 550 psig

Set Pressure (psig)	Orifice Letter Designation and Effective Area, sq.in.														
	D 0.110	E 0.196	F 0.307	G 0.503	H 0.785	J 1.287	K 1.838	L 2.853	M 3.60	N 4.34	P 6.38	Q 11.05	R 16.0	T 26.0	T2 27.872
1 psi incr. ² 5 incr. psi ²	6.0 30.3	10.8 54.1	16.9 84.7	27.7 138	43.3 216	71.0 355	101 507	157 787	198 994	239 1198	352 1761	610 3051	883 4418	1436 7180	1539 7697
5			341	559	873	1431	2044					12292			
6			361	592	924	1516	2165	3361				13018			
7			379	621	969	1589	2270	3524				13649			
8		252	395	647	1010	1657	2367	3674	4636	5589	8216	14231	20606	33484	35895
9		262	411	674	1052	1725	2464	3824	4826	5818	8553	14814	21450	34857	37367
10	152	272	427	699	1091	1790	2556	3968	5007	6036	8873	15369	22254	36163	38766
15	180	321	504	825	1288	2113	3017	4684	5911	7126	10475	18143	26271	42690	45764
20	208	371	581	952	1486	2436	3479	5400	6814	8215	12077	20917	30288	49218	52762
30	263	469	735	1204	1880	3082	4402	6833	8622	10394	15280	26466	38322	62273	66757
40	324	577	904	1482	2313	3793	5417	8409	10610	12792	18804	32569	47159	76634	82151
50	384	685	1074	1760	2747	4504	6432	9984	12599	15189	22328	38672	55996	90995	97546
60	445	794	1244	2038	3180	5215	7447	11560	14587	17586	25852	44776	64834	105355	112941
70	506	902	1413	2316	3614	5925	8463	13136	16576	19983	29376	50879	73671	119716	128336
80	567	1010	1583	2593	4048	6636	9478	14712	18564	22380	32900	56982	82509	134077	143730
90	628	1118	1752	2871	4481	7347	10493	16288	20552	24777	36424	63086	91346	148438	159125
100	688	1227	1922	3149	4915	8058	11508	17864	22541	27174	39948	69189	100183	162798	174520
110	749	1335	2091	3427	5348	8769	12523	19439	24529	29572	43472	75292	109021	177159	189915
120	810	1443	2261	3705	5782	9480	13539	21015	26518	31969	46996	81396	117858	191520	205309
130	871	1552	2430	3983	6216	10191	14554	22591	28506	34366	50520	87499	126696	205881	220704
140	931	1660	2600	4260	6649	10901	15569	24167	30495	36763	54044	93602	135533	220242	236099
150	992	1768	2770	4538	7083	11612	16584	25743	32483	39160	57567	99706	144370	234602	251494
160	1053	1876	2939	4816	7516	12323	17599	27318	34471	41557	61091	105809	153208	248963	266888
170	1114	1985	3109	5094	7950	13034	18615	28894	36460	43954	64615	111912	162045	263324	282283
180	1174	2093	3278	5372	8383	13745	19630	30470	38448	46352	68139	118016	170883	277685	297678
190	1235	2201	3448	5649	8817	14456	20645	32046	40437	48749	71663	124119	179720	292045	313073
200	1296	2309	3617	5927	9251	15167	21660	33622	42425	51146	75187	130222	188557	306406	328468
210	1357	2418	3787	6205	9684	15877	22675	35198	44413	53543	78711	136326	197395	320767	343862
220	1417	2526	3957	6483	10118	16588	23690	36773	46402	55940	82235	142429	206232	335128	359257
230	1478	2634	4126	6761	10551	17299	24706	38349	48390	58337	85759	148532	215070	349489	374652
240	1539	2742	4296	7039	10985	18010	25721	39925	50379	60734	89283	154636	223907	363849	390047
250	1600	2851	4465	7316	11419	18721	26736	41501	52367	63132	92807	160739	232744	378210	405441
260	1660	2959	4635	7594	11852	19432	27751	43077	54356	65529	96330	166842	241582	392571	420836
270	1721	3067	4804	7872	12286	20143	28766	44652	56344	67926	99854	172946	250419	406932	436231



$$W=(51,5 \cdot A \cdot P \cdot Kd) \cdot Ksh$$

Onde:

W = capacidade de vazão da válvula, em lb/h;

51,5 = constante

A = área do bocal selecionada, em pol², conforme tabela 1.2 acima;

P = pressão de alívio absoluta, em psia, ((pressão de ajuste x 1,1) + 14,7);

Kd = coeficiente de descarga (0,975);

Ksh = fator de correção para vapor superaquecido. Para vapor saturado Ksh = 1,0.

1.7.11 – Classes de Pressão

A Classe de Pressão é um número apenas orientativo e adimensional para definir os valores de pressão e temperatura aos quais uma válvula, de qualquer tipo (gaveta, globo, esfera, segurança, retenção, controle automático, etc), com sedes metálicas pode operar, e de acordo com seu material de construção. Esses limites variam de forma inversamente proporcional à temperatura do fluido. O número que vem logo após a palavra “classe” não tem relação com a pressão à qual a válvula pode operar. Esses números determinam uma faixa de trabalho em que a válvula pode operar, e de acordo com a temperatura do fluido e material de construção do corpo e castelo.

Para uma determinada pressão, a resistência mecânica do material vai sendo reduzida conforme a temperatura vai sendo elevada.

Para as válvulas que têm sua construção de acordo com a norma ASME B16.34, os valores de classes de pressão encontrados são: 150, 300, 600, 900, 1500, 2500 e 4500. Para temperaturas entre -29 °C até 270 °C na classe 150, e até 454 °C nas classes 300 e acima, para o aço carbono ASTM A 216 gr. WCB.

A tabela 1.4 abaixo foi extraída da norma ASME B16.34 e mostra os valores de pressão máxima de trabalho (em barg) de acordo com a temperatura para materiais como o ASTM A216 Gr. WCB (aço carbono fundido) e o ASTM A 105 Gr. II (aço carbono forjado):

CLASSE PADRÃO

MATERIAIS		WCB; A 105; Etc.					
Tª °C	150	300	600	900	1500	2500	4500
-29 a 38	19,6	51,1	102,1	153,2	255,3	425,5	765,9
50	19,2	50,1	100,2	150,4	250,6	417,7	751,9
100	17,7	46,6	93,2	139,8	233,0	388,3	699,0
150	15,8	45,1	90,2	135,2	225,4	375,6	676,1
200	13,8	43,8	87,6	131,4	219,0	365,0	657,0
250	12,1	41,9	83,9	125,8	209,7	349,5	629,1
300	10,2	39,8	79,6	119,5	199,1	331,8	597,3
325	9,3	38,7	77,4	116,1	193,6	322,6	580,7
350	8,4	37,6	75,1	112,7	187,8	313,0	563,5
375	7,4	36,4	72,7	109,1	181,8	303,1	545,5
400	6,5	34,7	69,4	104,2	173,6	289,3	520,8
425	5,5	28,8	57,5	86,3	143,8	239,7	431,5
450	4,6	23,0	46,0	69,0	115,0	191,7	345,1
475	3,7	17,4	34,9	52,3	87,2	145,3	261,5
500	2,8	11,8	23,5	35,3	58,8	97,9	176,3
538	1,4	5,9	11,8	17,7	29,5	49,2	88,6

Sendo que a classe 125 é somente para válvulas construídas em ferro fundido, ela não consta na Norma ASME B16.34. As demais são para aço carbono, ligas e inoxidáveis. A classe 800 é somente para válvulas globo, gaveta e retenção de aços (carbono, ligas e inoxidáveis) forjados. Esta classe de pressão também não consta na norma ASME B 16.34. A classe 4500 é somente para válvulas construídas em aço carbono, ligas e inoxidáveis, mas com entrada para solda de topo.

Para aquelas construídas conforme a norma DIN, os valores são dados considerando-se que a temperatura do fluido esteja entre -10 °C a 120 °C e os valores encontrados são: PN 6, PN 10, PN16, PN 25, PN 40, PN 63, PN 100, PN 160, PN 250, PN 320 e PN 400. Nesta norma os valores de pressão estão em Bar e a temperatura em °C. As iniciais PN significam "Pressão Nominal".

Todas as características dimensionais das válvulas, principalmente naquelas cujas conexões são flangeadas, são baseadas no valor de sua classe de pressão.

Para as válvulas de segurança e/ou alívio, a classe de pressão do flange de entrada, seu material de construção e temperatura do fluido é quem limita sua pressão de ajuste. A classe de pressão do flange de saída limita a contrapressão, se a válvula for convencional. Para as válvulas balanceadas com fole, o material deste, a temperatura, além da área do orifício do bocal, é quem limita o valor da contrapressão, conforme determinado pelo API Std. 526. Naquelas que possuem sede resiliente (macia), é o material desta (podendo ser algum termoplástico ou elastômero), área do orifício do bocal e sua pressão de ajuste, quem limita a pressão de entrada.



1.7.11.1 – Rating (Classificação) – Este termo é dado para a relação direta entre pressão, temperatura e material de construção do corpo e castelo de uma válvula, indicando o quanto de pressão ela pode suportar de acordo com a temperatura do fluido e o material de construção do corpo e castelo, incluindo a espessura de parede dessas peças. Sendo assim, a pressão de operação deve ser reduzida com o aumento da temperatura de operação. Da mesma forma, a temperatura de operação deve ser reduzida se a pressão de operação for elevada. Aproximadamente nesta proporção, a resistência mecânica do material diminui. Portanto, é através do rating que se define a classe de pressão de uma válvula.

As válvulas que possuem sedes e outros componentes em materiais não metálicos (por exemplo, termoplásticos e elastômeros) irão ter valores de rating bem menores do que aqueles listados na norma ASME B 16.34 para corpos e castelos em aço carbono, aços liga e aços inoxidáveis. A pressão a ser considerada para seleção da classe de pressão da válvula deverá ser limitada a 75% do valor encontrado nas tabelas da B 16.34 e de acordo com o material de construção do corpo e castelo, e com a temperatura. A temperatura a ser considerada é sempre a temperatura operacional do fluido de processo. Se esta porcentagem tiver que ser ultrapassada para aquela classe de pressão e condição operacional de pressão e temperatura, e de acordo com o material de construção da válvula, o usuário deverá especificar a próxima classe acima. Esta porcentagem também deve ser o limite da pressão de ajuste da válvula a ser especificada e dimensionada. A tabela 1.4 acima não é baseada em nenhum fluido específico. Ela deve ser aplicada em válvulas de segurança e/ou alívio com flange de entrada na Classe 300, sendo aplicada para as válvulas com corpo e castelo em aço carbono WCB. Para outros materiais e/ou outros valores para a classe de pressão do flange de entrada, devemos consultar a norma ASME B 16.34. Por exemplo, naquela tabela, numa temperatura de 250°C, a pressão de ajuste deve ser limitada a 31,4 kgf/cm² (75% dos 41,9 kgf/cm² da tabela para 250°C). Se para esta mesma temperatura, a pressão de ajuste tiver que ser de 36 kgf/cm², por exemplo, devemos especificar um flange Classe 600 para a entrada da válvula. E assim por diante.

A norma ASME B16.34 estabelece rating (classificações) de pressões de trabalho permissíveis para cada número de classe de pressão e material. Essas classificações variam de acordo com as definições da classe tais como: classe padrão, classe especial, classe intermediária e classe limitada.

A temperatura de um fluido, tal como o vapor d'água superaquecido, é quem eleva, principalmente, o valor da classe de pressão de uma válvula ou flange para uma determinada aplicação. Por exemplo, para duas aplicações diferentes com pressões iguais, sendo uma de vapor saturado e outra de vapor superaquecido, aquela que tiver operando com vapor d'água saturado terá uma classe de pressão menor do que aquela para vapor d'água superaquecido, pois para a mesma pressão de operação, a temperatura do vapor d'água superaquecido será maior.

1.8 – Principais Componentes Internos

Os principais componentes internos de uma válvula de segurança e/ou alívio são: disco, bocal, anel (eis) de ajuste, mola e seus suportes, guia, suporte do disco, parafuso de ajuste da mola, haste, fole e alavanca manual de acionamento, além do (s) parafuso (s) trava do anel (eis).

1.8.1 – Disco de Vedação

O disco é o obturador móvel de uma válvula de segurança e/ou alívio, tendo contato direto com a superfície de vedação do bocal quando a válvula ainda está fechada. Esta é uma peça que fica alojada dentro do suporte do disco sendo exposto à pressão, temperatura e corrosividade do fluido de processo por sua face inferior e à temperatura ambiente, ou à contrapressão e corrosividade do ambiente, pela face oposta, dentro do corpo da válvula.

Esta exposição a diferentes valores de temperaturas pode causar distorções térmicas na face de vedação em contato com o bocal, nos projetos de disco sólido. Essas distorções são minimizadas com o projeto de mínima espessura, fazendo com que a equalização de temperatura por todo o disco seja a mais rápida possível.

A figura ao lado mostra um disco de vedação (disco sólido), comumente utilizado em válvulas de segurança e alívio em vasos de pressão:

Muitas vezes o disco e o bocal são feitos do mesmo material, mas podem também ser feitos em materiais diferentes, neste caso o material do disco deve ser mais duro, devido a este ficar totalmente exposto ao fluido em escoamento. A velocidade de escoamento do fluido na superfície de vedação do bocal praticamente não varia, comparando-se com a velocidade na face de vedação do disco, devido a este se movimentar

durante a abertura e fechamento da válvula. Quanto mais próximo da superfície de vedação do bocal estiver o disco, maior será a velocidade de escoamento do fluido, principalmente durante o fechamento. Os materiais mais comumente encontrados para esse tipo de disco são: AISI 304, 316, Bronze ou inox 17.4 PH.

Os discos de vedação das válvulas de segurança operando em caldeiras (conforme mostrado na figura abaixo) ou algumas em vasos de pressão, possuem um defletor integral que tem as seguintes funções:

- Direcionar o fluxo durante o ciclo de abertura e fechamento da válvula;
- Proteger a área de vedação do disco e bocal contra a erosão, devido a alta velocidade de escoamento do fluido neste ponto;
- Aumentar a velocidade de escoamento do fluido, auxiliando com isso a reduzir a pressão, assim como ocorre com a conicidade do bocal;
- Evitar o turbilhonamento do fluxo na saída do bocal durante o ciclo operacional da válvula com uma consequente rotação do disco e suporte do disco que causariam desgaste nas superfícies de vedação do disco e

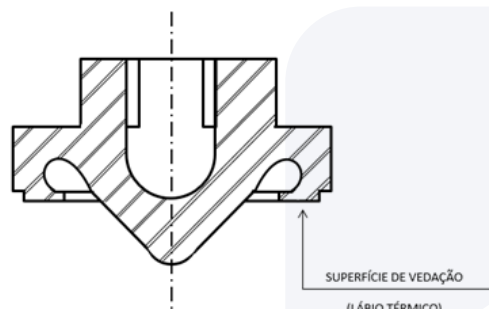
bocal, e nas superfícies de guia, entre o suporte do disco e a guia deste.

O disco é projetado para flutuar livremente dentro do suporte do disco, assegurando um alinhamento correto com o sistema de guia e a superfície de vedação do bocal. Uma excelente vedação e um correto assentamento são possíveis após o processo de alívio ter ocorrido.





As válvulas de segurança quando operam sob pressões elevadas e temperaturas acima de 293°C, (tanto em caldeiras quanto em processos), podem também utilizar um projeto especial de disco, denominado de disco flexível. Nesse disco, a própria pressão e temperatura do fluido auxiliam na vedação, assim a válvula pode operar com um diferencial de pressão menor, entre a pressão de operação e a pressão de abertura, aumentando o rendimento da caldeira ou processo ao qual ela está instalada.



A superfície de vedação desse tipo de disco possui certa flexibilidade, denominada de lábio térmico, causada pela pressão e temperatura do fluido de processo.

A figura ao lado mostra um disco flexível, onde pode ser visto o “lábio térmico” e o defletor integral:

Essa flexibilidade aumenta o grau de vedação da válvula, pois além da flexibilidade térmica causada pela temperatura, tem também a flexibilidade mecânica, causada pela pressão do fluido que atua a favor da força de fechamento da mola, diferente dos projetos convencionais (disco sólido), em que a pressão do processo atua contra essa força.

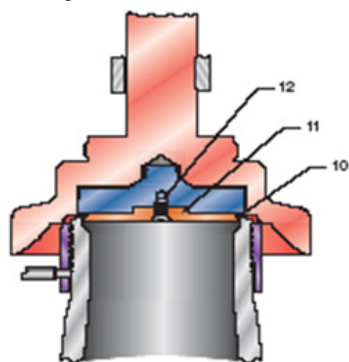
As distorções térmicas na superfície de vedação também são eliminadas nesse projeto, pois o diferencial de temperatura é equalizado rapidamente, assegurando uma vedação permanente.

Esse tipo de disco é normalmente construído ou em Inconel X 718, AISI 347 ou em AISI 422 temperado e revenido.

Este projeto proporciona outra vantagem sobre o projeto de disco sólido, na qual a ponta inferior da haste, que transmite a força da mola ao disco, termina num valor igual ou abaixo da linha horizontal da superfície de vedação do bocal, proporcionando uma distribuição de forças concêntrica ao disco, mantendo-o centralizado com as superfícies de vedação do bocal, com isto as vibrações no sentido horizontal são minimizadas, permitindo maior repetibilidade do valor da pressão de ajuste, além de permitir também melhor vedação e assegurando repetibilidade no valor da pressão de fechamento da válvula.

1.8.1.2 – Disco com Vedação Resiliente

A vedação nos discos de projetos convencionais pode ser metal-metal ou resiliente. A metal-metal é a mais utilizada no caso de vapores devido à temperatura não ser suportada pelos anéis de vedação em elastômeros, que normalmente são em Viton, Silicone, Kalrez, Buna-N ou termoplásticos como o PTFE. As válvulas com vedação metal-metal têm as superfícies de contato lapidadas para se obter o maior grau de estanqueidade com pouco diferencial de forças, atuando entre a área do bocal e a



força exercida pela mola. Naquelas válvulas que possuem sede resiliente no disco, a superfície de vedação do bocal também deve ser lapidada.

Na figura ao lado, o anel resiliente é o item 10:

As válvulas de segurança que possuem assento macio não são recomendadas para uso em vapor d’água. Aquelas que são em PTFE são recomendadas somente para fluidos corrosivos e que a pressão de abert-

tura da válvula seja no mínimo de 100 psig (7.03 kgf/cm²). Esta pressão mínima é devido à dureza do PTFE. A vedação resiliente é utilizada quando se deseja a máxima estanqueidade da válvula, como nos seguintes casos:

- Fluidos de difícil confinamento, como Hidrogênio, Hélio, Amônia, ar comprimido, além de gases tóxicos, entre outros;
- Quando a pressão de operação oscila muito e se aproxima da pressão de ajuste da válvula;
- Em instalações sujeitas às vibrações excessivas;
- Instalações sujeitas a vácuo;
- Fluidos com particulados em suspensão;
- Casos em que pode ocorrer a formação de gelo nas superfícies de vedação após o alívio pela válvula, como por exemplo, em descarga de gases;
- Fluidos corrosivos;
- Tensões provenientes de uma tubulação de descarga pesada e mal suportada e que possam induzir os internos da válvula ao desalinhamento.

Observação: A sede resiliente permite uma vedação estanque mesmo nas instalações sujeitas a vibrações, porém, essa mesma sede resiliente, e nestas mesmas aplicações, não impede uma redução no valor da pressão de abertura da válvula quando exposta à excessivas vibrações.

A tabela 1.3 mostra os materiais utilizados para vedação resiliente de acordo com diversos tipos de fluidos:

Materiais Recomendados para Anéis O'ring		
BUNA-N	VITON	SILICONE
Amônia Anidra	Ácido Clorídrico	Ar Comprimido
Ar Comprimido	Ácido Nítrico	Hélio
Butano	Ácido Sulfúrico	Nitrogênio
Buteno	Álcool Etilico	Oxigênio
Butino	Água	
Dióxido de Carbono	Ar Comprimido	
Éter Etilico	Benzeno	
Etileno Glicol	Butadieno	
Freon 11 e 12	Butano	
Gás Natural	Cloreto de Etila	
Gasolina	Cloro (Gás Seco)	
Gás Sulfídrico	Dióxido de Enxofre	
Hélio	Dowtherm "A"	
Hidrogênio	Etileno	
Nitrogênio	Gás Natural	
Óleo Combustível	Gás Sulfídrico	
Óleo Diesel	Gasolina	
Óleo Lubrificante	Hexano	
Oxigênio	Nafta	
Propano	Nitrogênio	
Querosene	Óleo Lubrificante	
	Propano	
	Propileno	
	Querosene	
	Tolueno	
	Tricloroetileno	
	Vinagre	
	Xileno	



1.8.2 – Bocal

O bocal nas válvulas de segurança e/ou alívio, da mesma forma que o disco, é a peça que está em contato direto com o fluido, estando a válvula fechada, ou aberta e descarregando.

Existem dois tipos de bocais utilizados: O bocal reativo integral (full nozzle) e o semibocal. O primeiro é uma peça rígida em aço inox que não permite o contato do fluido de processo com o corpo da válvula, enquanto a válvula estiver fechada e vedando. Geralmente são cônicos internamente para aumentar a velocidade de escoamento do fluido no ponto de saída, ajudando a reduzir a pressão de forma mais rápida, além de minimizar as perdas de pressão na entrada da válvula. A entrada é um tanto quanto arredondada (geralmente tendo um raio de 25% do diâmetro de entrada), onde permite ao fluxo um escoamento laminar e direcionado. A área de passagem do bocal tem que ser grande o suficiente apenas para permitir que uma determinada quantidade de fluxo, isto é, a capacidade de vazão requerida pelo processo, seja aliviada para ocorrer a redução de pressão. Porém, essa capacidade de alívio requerida nunca deve ser menor que 30% da capacidade de vazão efetiva da válvula de segurança e/ou alívio, quando operando principalmente com fluidos compressíveis.



O semibocal é rosqueado e às vezes soldado ao corpo da válvula, principalmente para as válvulas de alta pressão. Este possui uma grande desvantagem em relação ao bocal reativo integral; nesse tipo, o fluido de processo além de entrar em contato constante com o disco e bocal quando a válvula ainda está fechada, também entra em contato com parte do corpo da válvula.

A figura ao lado mostra um bocal reativo integral utilizado em válvulas de segurança e alívio:

Tanto o bocal quanto o disco normalmente são feitos de materiais resistentes ao desgaste por erosão ou corrosão, e a alta pressão e alta temperatura do processo. Esses materiais podem ser laminados ou forjados no caso dos discos. Para o bocal, esses materiais poderão ser fundidos, forjados ou laminados. A superfície de vedação do bocal também pode ser revestida com Stellite 6.

1.8.3 – Anel Inferior

O anel inferior (anel do bocal) é utilizado em praticamente todas as válvulas que operam com fluidos compressíveis, como gases e vapores, tanto em caldeiras, quanto em processos (vasos de pressão e tubulações). Quando o anel do bocal está posicionado corretamente, a vazão da válvula atinge de 60 a 70% de sua capacidade máxima (ainda na pressão de ajuste), sendo que a vazão restante é conseguida através da “saia” do suporte do disco ou do posicionamento do anel superior (depende do modelo da válvula). Como a área interna, tanto do anel superior quanto da “saia” do suporte do disco, é maior que a área do anel do bocal, a pressão da caldeira ou do processo, respectivamente, atuando nessa área exerce uma força muito maior contra a força reativa da mola, causando a abertura completa da válvula, e, conseqüentemente, sua vazão máxima. Portanto, sendo que o anel inferior tem uma área de 60 a 70% maior que a área de vedação efetiva entre disco e bocal, ele (o anel), atua como um multiplicador de forças, auxiliando o levantamento completo do disco.

Seu posicionamento altera o volume e a pressão do fluido atuando dentro da câmara de força, pois altera a geometria desta, além de desviar o fluxo do fluido. Assim, a velocidade de escoamento, a massa e o ângulo de desvio do fluido embaixo da face do suporte do disco, são proporcionais à força que mantém o disco de vedação afastado do bocal. Quando a válvula é testada numa bancada em que normalmente o volume desta é bem inferior a sua capacidade de vazão, esse anel tem a função de produzir o “pop” (ou ação pop*), pois é este quem indica o valor real da pressão de ajuste da válvula. Na instalação da válvula na caldeira ou no processo, este anel tem uma posição definida pelo fabricante para que não ocorra uma força de reação ainda maior no momento em que a pressão de abertura é alcançada, além de auxiliar no controle do diferencial de alívio. As válvulas de segurança abrem com a ação pop e são usadas quando a resposta deve ser rápida e precisa, sobre a ocorrência de um inesperado evento de sobrepressão no processo.

Observação*: A “ação pop” se aplica somente às válvulas de segurança, ou válvulas de segurança e alívio, podendo ser convencional, balanceada ou piloto operada, quando operando com fluidos compressíveis. A “ação pop” ocorre no terceiro estágio do ciclo de abertura de uma válvula de segurança com mola sob carga, sendo neste estágio o ponto onde o disco alcança o curso total de abertura.

Esse anel só faz sua função corretamente quando está posicionado bem próximo da face inferior do suporte do disco e de acordo com o volume liberado pelo processo no momento em que a válvula é solicitada para atuar (abrir).

Observação: As forças sendo exercidas pela pressão do fluido embaixo do disco e dentro da garganta do bocal podem ser variáveis, pois são dependentes das variações da pressão consumida pelo processo, além da queda de pressão no tubo de entrada, enquanto a força descendente sendo exercida pela mola tem seu valor fixo em função do aperto do parafuso de ajuste. Somente variações no aperto deste parafuso causam variações na força da mola, e, conseqüentemente, no valor da pressão de abertura da válvula de segurança e alívio, quando a descarga da válvula ocorre diretamente para a atmosfera e não há contrapressão desenvolvida.

Observação: O posicionamento do anel inferior, próximo da face do suporte do disco, altera a área do orifício secundário, alterando a geometria da câmara de força e as forças de abertura, conseqüentemente, alterando todas as ações da válvula (abertura, sobrepressão e fechamento). A área da garganta do bocal é denominada de orifício primário.

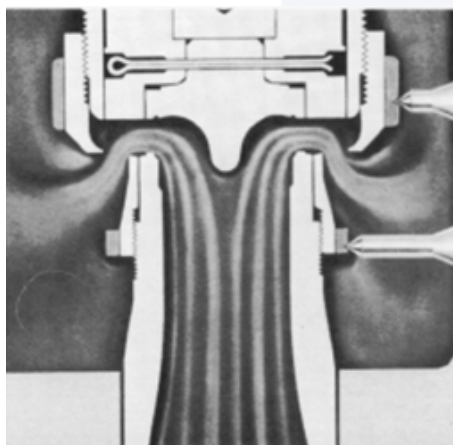
1.8.4 – Anel Superior

O anel superior praticamente só é utilizado em válvulas de segurança de caldeiras e sua função, em conjunto com o anel inferior, é variar a força exercida no sentido ascendente pela pressão do fluido na face inferior do suporte do disco após o início da abertura da válvula, desse modo, alterando o valor do diferencial de alívio. Este anel tem a função de controlar o diferencial de alívio da válvula, fazendo com que o vapor ao sair do bocal mude sua direção em 180° ou menos, e formando, junto com o anel deste, uma câmara acumuladora que irá multiplicar a força exercida contra a força reativa da mola. O anel de ajuste superior é o principal responsável por alterar a vazão e a força geradas pelo vapor na face inferior do suporte do disco. É a posição correta desse anel que determina o início do ciclo de fechamento da válvula. Ambos os anéis possuem uma



folga um pouco maior na rosca para compensar os efeitos da dilatação térmica, enquanto a válvula estiver sob a pressão e temperatura normal de operação da caldeira, facilitando qualquer ajuste adicional que venha a ser necessário.

A posição original do ajuste desses anéis deve ser registrada e guardada durante o tempo em que a válvula estiver instalada. Há casos em que o ajuste que é determinado pelo fabricante não é a melhor posição para uma determinada pressão, temperatura, volume ou condição de processo. Se for feito algum ajuste adicional com a válvula instalada para melhorar seu desempenho operacional é esse ajuste que deverá ser registrado e guardado. Nas futuras manutenções da válvula é esse "novo" ajuste que deverá ser feito nos anéis. Seu posicionamento será praticamente o mesmo, desde que não haja demasiadas usinagens no perfil da superfície de vedação do bocal, dentro dos limites permitidos pelos fabricantes, além de alterações na pressão de ajuste da válvula de segurança e/ou no volume de vapor liberado (capacidade de vaporização), pela caldeira.



O ajuste incorreto desses anéis, pode aumentar a sobrepressão da caldeira para que o disco de vedação alcance seu curso máximo, além de aumentar também o valor do diferencial de alívio. Dependendo de quanto esse ajuste estiver incorreto, a operação da válvula pode ser indefinida e causar uma vibração excessiva que irá danificar as superfícies de vedação e o sistema de guia da válvula, além de fadiga da mola.

O ponto de referência que é utilizado para esse ajuste é sempre a face inferior do suporte do disco, tanto para o anel superior quanto para o anel inferior. É a partir desta face que é alterada a área de escoamento do vapor por esses anéis, e conseqüentemente, todo o desempenho operacional da válvula.

A montagem destes anéis é mostrada na figura ao lado, junto com o bocal, disco e suporte do disco. Nesta figura pode ser visto também o escoamento do fluxo durante a abertura da válvula:

Nas válvulas instaladas no superaquecedor, o ajuste desse anel pode evitar a ocorrência de chattering, pois o vapor superaquecido, devido à ausência de água, tem a velocidade de escoamento maior em função de seu peso específico ser menor (menor densidade). A função do anel superior nesse caso é elevar (caso seja necessário) o valor do diferencial de alívio através da redução da área disponível ao escoamento do vapor (orifício secundário), formada pelo diâmetro interno do anel superior e diâmetro externo do anel inferior.

Observação – O volume específico e a temperatura do vapor superaquecido são maiores que a do vapor saturado para a mesma pressão.

O desempenho operacional de uma válvula de segurança operando com fluidos compressíveis (gases e vapores) com os anéis de ajuste (inferior e superior) localizados na posição correta permitem que a válvula possa atuar sem nenhum chiado antes de sua abertura e fechar sem trepidação.

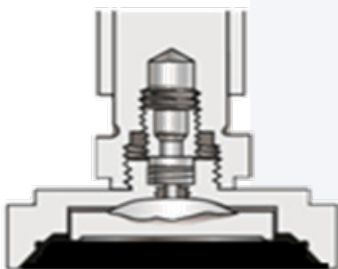
Observação: O posicionamento dos anéis de ajuste determinados pelo fabricante, foi obtido tendo como fluido o vapor d'água saturado. Quando o fluido da aplicação final for o vapor d'água superaquecido, alterações naquele posicionamento original deverão ser executadas. A área do orifício secundário tende a ser menor quando o fluido de processo é o vapor d'água superaquecido devido ao seu maior volume específico

em comparação com o volume específico do vapor d'água saturado para a mesma pressão. O deslocamento durante o ajuste desses anéis pode ter a combinação dos seguintes efeitos:

ANEL SUPERIOR:

- **Abaixando:** aumenta o valor do diferencial de alívio (a pressão de fechamento ocorre num valor mais afastado da pressão de abertura e mais próxima da pressão de operação), pois diminui a área do orifício secundário*;
- **Subindo:** diminui o valor do diferencial de alívio (a pressão de fechamento ocorre num valor mais próximo da pressão de abertura e mais afastada da pressão de operação), pois aumenta a área do orifício secundário.

Observação*: Nas válvulas de segurança que possuem o anel superior, o orifício secundário é a área de passagem de vapor formada entre o diâmetro interno deste anel e o diâmetro externo do anel inferior. A área do orifício secundário pode ser alterada através da manipulação daqueles anéis. Naquelas que possuem apenas o anel inferior, o orifício secundário é formado pela área de passagem entre a face superior deste anel e a face inferior do suporte do disco.



ANEL INFERIOR:

- **Abaixando:** afastando o anel inferior em relação à face inferior do suporte do disco, aumenta o chiado antes da abertura, porém, reduz o diferencial de alívio e aumenta o valor da sobrepressão. Neste caso há uma redução nas forças de abertura, pois aumenta a área do orifício secundário (diminui a restrição ao escoamento do fluido);

A figura ao lado mostra o anel inferior em conjunto com o bocal, disco, suporte do disco, guia e eixo do suporte do disco:

- **Subindo:** aproximando o anel inferior em relação à face inferior do suporte do disco, diminui o chiado antes da abertura, porém, aumenta o valor do diferencial de alívio e da força de reação. Agora há um aumento na força de abertura, pois diminui a área do orifício secundário (aumenta a restrição ao escoamento). Nesta posição o disco pode ficar afastado do bocal por mais tempo, em função da força

da mola estar atuando na área do diâmetro interno do anel inferior.

1.8.4.1 – Diferencial de Alívio (Blowdown)

Este é a diferença existente entre a pressão de abertura e a pressão de fechamento da válvula, sendo expressa em porcentagem da própria pressão de ajuste ou em unidades de pressão (psi; kgf/cm²; kPa; bar, etc). Quanto maior for o diferencial de alívio de uma válvula de segurança, tanto na caldeira quanto no processo, maiores serão as perdas de produto. Por outro lado, um diferencial de alívio curto demais também pode causar chattering, principalmente em valores abaixo de 2% da pressão de ajuste. Em fluidos compressíveis, um diferencial de alívio inferior a 2% ou 2 psi (o que for maior) pode causar capacidade de vazão insuficiente através da válvula resultando em chattering, devido ao pouco diferencial de pressão que precisa ser absorvido pelo processo. Isto pode causar constantes ciclos de aberturas e fechamentos da válvula até que a causa do aumento de pressão seja corrigida. A pressão de fechamento correta é alcançada em função da



construção da válvula, posicionamento correto do (s) anel (eis) de ajuste, além do volume correto do fluido sendo descarregado, em relação à área do bocal selecionada.

Se numa caldeira o diferencial de alívio pode ser alterado ajustando-se o anel superior, numa válvula instalada em processos e vasos de pressão esse recurso normalmente não existe; esse diferencial de alívio geralmente tem seu valor fixado em menos de 10% da pressão de ajuste, ficando em média por volta de 5% a 7% para fluidos compressíveis. O único recurso é o anel do bocal, porém, com muito pouca influência sobre este ajuste.

Os valores máximos de diferencial de alívio para válvulas de segurança que protegem balão de vapor e superaquecedor em caldeiras, conforme o Código ASME* Seção I (edição 2025), no parágrafo PG 73.4.3 (a), são como seguem abaixo:

- **Para pressões de abertura até 67 psig = 4 psi**
- **Para pressões de abertura entre 68 psig e 250 psig = 6%**
- **Para pressões de abertura entre 251 e 374 psig = 15 psi**
- **Para pressões de abertura a partir de 375 psig = 4%**

Observação*: Um adendo publicado em 2006 pelo Código ASME Seção I, retirou para o usuário final, a exigência de valores máximos de diferencial de alívio para as válvulas de segurança protegendo balão de vapor e superaquecedor em caldeiras. Em 2008 o ASME Seção VIII também publicou um adendo que retirava para o usuário final, o valor de 7% para válvulas de segurança e alívio atuando com fluidos compressíveis. Todos os valores mencionados acima são exigidos pelo Código ASME somente durante as fases de testes de certificação da capacidade de vazão, ou seja, ela deve comprovar nesses testes o que será capaz de fazer quando estiver instalada e em operação normal.

As válvulas que operam com líquidos têm um diferencial de alívio sempre maior do que aquelas que operam com vapor ou outro tipo de fluido compressível. Geralmente em torno de 12% a 20 % abaixo da pressão de ajuste, depende do projeto do suporte do disco, se este é do tipo específico ou do tipo convencional, respectivamente, para o escoamento de líquidos, portanto, o diferencial de pressão entre a pressão de operação e a pressão de ajuste também deverá ser maior. Para líquidos, o Código ASME Seção XIII no parágrafo 9.2.1 (b) não faz qualquer exigência de valores para o diferencial de alívio mesmo durante a fase de certificação de capacidade de vazão.

O uso de válvulas de segurança com dois anéis, (o mesmo modelo utilizado em caldeiras) em processo com pressões elevadas, faz com que as perdas de fluido durante a descarga sejam reduzidas e o ciclo operacional da válvula seja único e mais rápido.

O diferencial de pressão mínimo entre a pressão de operação e a pressão de ajuste, jamais poderá ser menor que o diferencial de alívio da válvula, caso contrário, se a válvula abrir, ela só irá fechar se a pressão de operação for reduzida, podendo causar transtornos ao processo. Assim, a pressão de fechamento da válvula deve sempre ocorrer num valor mais alto que a pressão de operação normal do processo.

Um longo diferencial de alívio deve sempre ser evitado, pois pode manter a válvula aberta o bastante para permitir danos às superfícies de vedação, superaquecer os componentes internos da válvula ou impactar na operação e produção do processo.

Observações:

- A não ser que a capacidade da bancada de teste seja igual ou maior do que a da válvula, não tente regular o diferencial de alívio. Simplesmente retorne o anel de ajuste para a posição recomendada pelo fabricante, ou à posição encontrada no momento da desmontagem;
- A válvula não alcançará a capacidade nominal de alívio, se o anel de ajuste inferior estiver posicionado muito baixo;
- Nas válvulas que possuem sedes resilientes, o ajuste da mola quanto à pressão de ajuste requerida, deve ser finalizado ainda antes do posicionamento e travamento final do parafuso trava do anel inferior.

Ajuste do Anel Inferior

As válvulas de segurança e alívio que protegem vasos de pressão e tubulações, normalmente são projetadas somente com o anel inferior, para que em conjunto com a face inferior do suporte do disco, formem a “câmara de força”, e juntos controlem todo o ciclo operacional da válvula, enquanto que as válvulas de segurança de caldeiras normalmente têm dois anéis de ajuste para controlar seu ciclo de abertura e fechamento. Um é o anel inferior que é uma peça rosqueada no bocal e o outro é o anel superior que é rosqueado na guia do suporte do disco. Ambos se utilizam das forças reativas e expansivas do vapor para que o ciclo operacional da válvula ocorra. Existem projetos que não possuem esses anéis, são as denominadas de válvulas de diferencial de alívio fixo.

O ajuste principal ocorre no anel superior, ainda mais quando a válvula está instalada no balão de vapor, pois o fluido é vapor d’água saturado, cuja densidade pode ser variável de acordo com seu título e sua pressão. Ajustes no anel inferior, em ambos os projetos de válvulas, são mais raros, ocorrendo principalmente com outros fluidos tais como: vapor d’água superaquecido, ar comprimido, gases, vapores e líquidos ou quando há usinagens no perfil da face de vedação do bocal.

Procedimento: O anel inferior deve ser ajustado da seguinte forma: primeiramente trave a haste da válvula com o dispositivo de travamento apropriado para evitar sua abertura acidental. Retire o parafuso trava do anel inferior na parte trás do corpo da válvula. Com o uso de uma chave de fenda gire o anel da esquerda para a direita (sentido anti-horário) para reduzir o chiado antes da abertura, porém, aumentando o valor do diferencial de alívio e a força de reação. Girando-o da direita para a esquerda (sentido horário) para diminuir a força de reação e o diferencial de alívio, porém, aumentando o chiado antes da abertura. O melhor posicionamento para o anel inferior é a posição mais baixa possível e que não cause nenhum chiado imediatamente antes da abertura da válvula. Esta é a melhor posição deste anel para controlar o diferencial de alívio da válvula. Ajustes adicionais só poderão ser executados no anel superior.

Observação: A válvula não deve atuar sem ter a certeza que o parafuso-trava do anel inferior foi novamente instalado e posicionado corretamente entre dois entalhes e apertado.

Nota de Segurança: Sempre que for fazer ajustes neste anel com a válvula em operação, mesmo estando travada corretamente, se for na bancada não faça ajustes através do flange de saída da válvula, somente



com a chave de fenda através do furo para passagem do respectivo parafuso trava deste anel, ou então despressurize completamente a bancada.

Observação: Sempre que for uma válvula de segurança e alívio com suporte do disco convencional e operando com líquidos, o anel inferior deverá ser posicionado na posição mais baixa possível, pois ele não participa do ciclo de abertura e fechamento da válvula, devido à incompressibilidade do líquido que causa uma queda de pressão muito rápida.

Ajuste do Anel Superior

Procedimento: Para executar ajustes no anel superior, primeiramente trave novamente a haste da válvula utilizando um dispositivo de trava apropriado, solte o parafuso trava do anel superior na parte de trás do corpo da válvula. Com o uso de uma chave de fenda ou ferramenta similar, gire-o para a esquerda (sentido horário), se a intenção é abaixar este anel e aumentar o valor do diferencial de alívio, isto é, reduzir a área do orifício secundário*. Gire-o da esquerda para a direita (sentido anti-horário), se a intenção é subir este anel e diminuir o valor do diferencial de alívio, isto é, aumentar a área do orifício secundário. É recomendado pelos fabricantes que este anel não seja movimentado mais do que 10 entalhes para qualquer lado sem antes testar a válvula novamente. Antes do teste (principalmente se for num teste real), o executante deve ter certeza que o parafuso trava do anel superior foi instalado corretamente e apertado. Para garantir isto, o parafuso trava deve ser movimentado apenas com as mãos até encostar no corpo. O parafuso trava não pode apoiar sobre um "dente", mas sim ficar encaixado em um dos entalhes, isto é, entre dois dentes.

Nota de Segurança: Da mesma forma que foi recomendado na página anterior para o ajuste do anel inferior, sempre que for fazer ajustes neste anel com a válvula em operação, mesmo estando travada corretamente, se for na bancada não faça ajustes através do flange de saída da válvula, somente com a chave de fenda através do furo para passagem do respectivo parafuso trava deste anel, ou então despressurize completamente a bancada.

Nota de segurança: Todas as vezes que for ajustar o posicionamento dos anéis com o equipamento protegido (caldeira ou vaso), em operação, trave a haste da válvula de segurança para evitar uma abertura acidental e com possíveis queimaduras graves ao executante.

1.9 – Mola

A mola é um dos principais componentes das válvulas de segurança e/ou alívio, tendo nestas as seguintes funções:

- Acumular energia para manter a válvula fechada até que a pressão de abertura seja alcançada;
- Manter os elementos móveis sob tensão controlada, (pressão de ajuste);
- Fazer esses elementos retornarem a sua posição inicial, após a pressão do processo ter sido reduzida (pressão de fechamento).

Estas são responsáveis por uma boa parte do desempenho operacional correto das válvulas de segurança e/ou alívio. Assim, sua função é aplicar a força requerida para manter a superfície de vedação do disco em contato constante com a superfície de vedação do bocal, enquanto a válvula estiver fechada. Ela estabelece a força requerida que determina a pressão de ajuste da válvula. Essa força exercida pela mola é combinada

pelas forças desenvolvidas pela pressão do fluido na área da câmara de força, após a abertura da válvula e que controlam o curso de levantamento do disco e o posterior fechamento da válvula. A mola é também a peça mais crítica dentro de uma válvula de segurança, pois muitos problemas operacionais são atribuídos à ela, principalmente fadiga (quando operando em pressões e temperaturas elevadas), corrosão, ambos por erro na especificação do material, ou excesso de ciclos operacionais quando a pressão de operação do processo se estabiliza muito próxima da pressão de abertura da válvula de segurança e/ou alívio.

A repetibilidade do ponto de abertura e do ponto de fechamento podem ser afetados, independentes da liberdade de movimentos das peças internas, do sistema de guia, taxa de fluxo, queda de pressão no tubo de entrada, do projeto dos contatos esféricos entre as peças e do correto ajuste dos anéis, em função de fadiga da mola.

Um vazamento excessivo através do disco e bocal também pode causar fadiga da mola. Esse excesso de aberturas também pode ser prejudicial à mola quando utilizada numa válvula com castelo fechado e com várias aberturas consecutivas, devido à pressão de operação do equipamento estar muito próxima de sua pressão de abertura. A falta de circulação do ar em temperatura ambiente proporcionada por um castelo fechado causa um rápido aquecimento da mola, reduzindo sua carga sobre o disco de vedação, consequentemente, antecipando sua pressão de abertura.

Mesmo as válvulas de segurança e alívio com castelo do tipo aberto e expostas a ambientes aquecidos, por exemplo, devido a vazamento de vapor próximo à válvula, pode causar abertura prematura devido a superaquecimento, e, consequentemente, redução na carga da mola sobre o disco.

1.9.1 – Faixa de Ajuste da Mola

Toda mola utilizada nas válvulas de segurança e/ou alívio é classificada em diferentes faixas de pressão de ajuste, e que é determinada por uma porcentagem de seu curso máximo, ficando normalmente entre 15% a 30% deste. Esta porcentagem é apenas para se alcançar a pressão de ajuste (na bancada) e não para deflexão de trabalho (instalada e operando no processo). Dependendo do material, número de espiras, área do orifício e pressão de abertura, a mola poderá não ser linear antes e após esses valores, ou seja, antes desses 15% a constante elástica da mola é crítica, não havendo repetibilidade no valor da pressão de abertura. Após esses 30% a mola fica muito forte, podendo reduzir o curso de abertura do disco devido à redução no espaço entre as espiras, e aumentar a sobrepressão e o diferencial de alívio da válvula.

Essa não linearidade significa que a repetibilidade da pressão de abertura só ocorre dentro daqueles valores. Portanto, a pressão de abertura da válvula deve sempre estar dentro dos limites mínimo e máximo especificados pelo fabricante, para que seu desempenho operacional não seja alterado. A compressão restante é causada pelo curso de abertura do disco, sendo conseguida através da sobrepressão do sistema.

Na prática, quando não se tem o valor mínimo e máximo dessa faixa de trabalho, uma variação de 5% para mais ou para menos da pressão de ajuste original marcada na plaqueta da válvula é permitido. Quando a pressão de ajuste tiver que ser alterada para um valor além desses, um novo conjunto de mola com seus devidos suportes deverá ser adquirido do fabricante da válvula. Dependendo do valor da nova pressão que se deseja, a válvula deverá ser redimensionada para confirmar a nova capacidade de vazão ou até mesmo



ser substituída por uma válvula com maior ou menor área do orifício do bocal.

Um ajuste maior ou menor que 5% só pode ser feito se o valor desejado estiver dentro da faixa estabelecida pelo fabricante da válvula ou for aceito por este. Um ajuste acima de 5% da pressão original marcada na plaqueta da válvula só é permitido se não for ultrapassado o valor da PMTA do vaso ou da caldeira. No caso de vaso, quando este é protegido por uma única válvula de segurança e/ou alívio.

Se o valor da pressão na qual a válvula deve abrir estiver abaixo do valor da faixa de ajuste da mola, o diferencial de alívio tende a ser mais longo e causando instabilidade operacional, além de prejudicar a repetibilidade no valor da pressão de abertura.

No caso de fluidos compressíveis, se a pressão de ajuste estiver num valor acima do máximo valor permitido pelo fabricante, pode ocorrer um fenômeno operacional denominado chattering, pois com o aumento da pressão, o volume específico diminui e a válvula fica superdimensionada para essa nova condição de processo, porém, sua capacidade de vazão efetiva não é reduzida. Se por outro lado, houver uma redução na pressão de ajuste além do valor mínimo determinado pelo fabricante, a válvula agora ficará subdimensionada, pois com a redução de pressão o volume específico aumenta, reduzindo a capacidade de vazão efetiva e aumentando também o diferencial de alívio. Essa condição pode levar a válvula a causar outro fenômeno denominado simmering.

Numa válvula superdimensionada o chattering ocorre, pois não há volume de fluxo suficiente para manter a válvula completamente aberta. Como o fluido é compressível o disco alcança o curso máximo e sem sustentação a mola fecha a válvula novamente, danificando a vedação. A ocorrência do chattering nesse caso é a falta de sobrepressão no processo que não se torna possível devido ao superdimensionamento da área de passagem do bocal da válvula. Um ajuste abaixo de 15% do curso ou do valor mínimo de faixa estipulado pelo fabricante, significa que a mola está superdimensionada para uma determinada área do orifício do bocal e pressão de ajuste. Isto pode causar variações no valor da pressão de ajuste, aumento no valor da sobrepressão e diferencial de alívio, além de redução na capacidade de vazão, resultando em trepidações durante a abertura e o fechamento da válvula. Abaixo da faixa de ajuste determinada pelo fabricante, a constante elástica da mola é muito crítica.

A faixa de ajuste da mola depende da pressão de ajuste da válvula, da área do orifício do bocal e de seu material de construção. Quanto menor for a pressão de ajuste e maior for a área do orifício do bocal, maior também será o curso do parafuso de ajuste para ajuste da mola.

Os valores da faixa de ajuste são aqueles utilizados no processo, mesmo sob condições de contrapressão e temperatura, para que o disco de vedação da válvula possa alcançar seu curso máximo. O valor máximo da faixa de ajuste pode ser ultrapassado no ajuste de bancada quando uma correção em relação à temperatura for necessária. O curso de elevação do disco é sempre proporcional ao volume da bancada de teste, sendo que este é sempre bem inferior ao volume real do processo.

A faixa de ajuste, seu material de construção e o código da mola, definidos pelo fabricante, são dados importantes a serem guardados junto com o histórico de manutenção da válvula de segurança e/ou alívio.

1.9.2 – Forças da Mola

As faces da mola que ficam em contato com seus devidos suportes devem sempre ser retificadas em es-

quadro e ter no mínimo 75% de área de contato entre eles. Essa retífica remove material das duas espiras inativas para produzir uma superfície plana e perpendicular ao eixo da mola. Com isto uma distribuição uniforme e concêntrica das forças que atuam sobre a mola também pode ser transmitida ao disco. Desta forma, numa válvula de segurança e/ou alívio, aquela superfície paralela, o perfeito ajuste entre ela e seus suportes, em conjunto com o furo nestes para a passagem da haste, as superfícies esféricas de contato entre o suporte inferior e a haste e entre o suporte superior e o parafuso de ajuste, e entre o disco, suporte do disco e haste, são detalhes de projeto que permitem uma perfeita distribuição uniforme das forças da mola para manter a repetibilidade da pressão de abertura. Estes detalhes também permitem que as forças produzidas pelo fluido atuando na área interna de vedação do disco e bocal sejam transmitidas à mola.

A força da mola sobre o disco deve ser concentricamente distribuída para garantir repetibilidade da pressão de abertura e evitar vazamentos. Essa força é a diferença entre a pressão de abertura e a pressão do lado da descarga, podendo ser a pressão atmosférica ou mesmo a contrapressão, caso a descarga da válvula ocorra



para um sistema fechado. Assim, a força resultante da mola fica centralizada em relação às superfícies de vedação do disco e bocal da válvula. Essa distribuição centralizada da força da mola é conseguida através dos 8 pontos esféricos (numa válvula construída conforme API Std. 526), existentes nas peças internas da válvula (disco, suporte do disco, haste, suportes da mola e parafuso de ajuste). Portanto, esses pontos corrigem certo desalinhamento das partes móveis, até mesmo em função de uma tubulação de descarga pesada e incorretamente suportada, além de compensarem as cargas laterais que possam ser causadas pela força da mola.

A figura ao lado mostra uma mola helicoidal, com sentido de enrolamento à direita, faces retificadas em esquadro e com cinco espiras ativas.

Ela mantém uma força constante pré-determinada atuando do lado oposto à pressão do fluido, sendo ela a responsável pela força de fechamento necessária da válvula. Essa força pode ser alterada através do parafuso de ajuste, assim a pressão de abertura da válvula pode ser alterada dentro de certos limites (faixa de ajuste da mola).

Trocando-se a mola, a pressão de ajuste e a capacidade de vazão da válvula de segurança e/ou alívio podem ser alteradas, desde que os outros componentes sejam mantidos e o material do corpo, castelo, componentes internos e a classe de pressão dos flanges (de entrada e de saída), atendam à nova aplicação.

1.9.3 – Curso

O Código ASME Seção VIII, Divisão 1, no parágrafo UG-136 (a) (2) até a edição 2019 em Requerimentos Mínimos para Válvulas de Alívio de Pressão, e no ASME Seção XIII (Edição 2025) em 3.2.5 (a), diz “A mola deve ser projetada para que seu curso máximo de compressão não seja maior do que 80% de sua deflexão sólida nominal”. Este requerimento também é exigido pelo Código ASME Seção I, no parágrafo PG 73.1.2. A deflexão sólida nominal de uma mola é a sua altura de bloco.



Portanto, a mola deve sempre trabalhar (quando a máxima sobrepressão é alcançada e no máximo valor de faixa de ajuste determinado pelo fabricante) com uma deflexão máxima de 80% do curso total. (O curso total de uma mola é a diferença entre a altura livre menos a altura sólida ou altura de bloco).

Observação: altura sólida ou altura de bloco significa todas as espiras da mola estão praticamente encostadas, isto é, as duas espiras centrais estão afastadas aproximadamente 1,0 milímetro.

Assim, a mola deve atender a abertura total da válvula sem que a compressão ultrapasse 80% de seu curso. Este valor é uma exigência de projeto imposta pelo Código ASME (tanto na Seção I quanto na Seção VIII) ao fabricante da válvula para garantir que a mola não será totalmente comprimida durante o processo de alívio. Os fabricantes normalmente projetam suas molas com uma reserva de carga abaixo dos 80% exigidos pelas normas, isto é, nas condições de alívio requeridas pelo processo, o curso máximo do disco será alcançado numa deflexão inferior a 80%.

Isto significa que a mola deve atender a abertura requerida pela válvula em sua capacidade máxima de vazão sem que a compressão ultrapasse 80% de seu curso total. O limite máximo da faixa de ajuste da mola deve permitir que este valor de curso máximo (80%) não seja ultrapassado durante as condições de alívio. A compressão restante permite a mínima perda de tensão, principalmente quando o fluido de processo opera em temperaturas elevadas.

Assim, além da compressão necessária para que seja atingida a pressão de abertura (compressão no sentido descendente), a mola ainda tem uma compressão adicional após o início do curso de abertura do disco (compressão no sentido ascendente). Para as válvulas de curso máximo, operando com fluidos compressíveis, no momento em que a válvula atinge sua capacidade máxima de vazão, esse curso de abertura é de 25% do diâmetro da garganta do bocal. Isso quer dizer que quando o curso de abertura atinge esse valor, a vazão da válvula estará sendo limitada pela área da garganta do bocal e não mais pelo curso de abertura do disco. O que ocorre nesse caso é que tanto a área formada pela garganta do bocal, quanto àquela formada pelo curso de abertura do disco tem o mesmo valor, e com isso quem limita fisicamente a vazão da válvula é a garganta do bocal. Esse curso de abertura pode ser superior a 25% do diâmetro do bocal em pressões inferiores a 15 psig devido às perdas de pressão através do tubo de entrada, causada durante a descarga através da válvula.

Após ser atingida a pressão de abertura, para que possa ocorrer esse curso máximo do disco, a pressão que antes atuava apenas na área interna de vedação do disco e bocal, agora começa a atuar numa área maior que é a área formada pelo anel inferior e a face inferior do suporte do disco, também conhecida por orifício anular secundário (a área da garganta do bocal é orifício anular primário). Essa diferença de área existe para que possa compensar o crescente aumento de força da mola, no sentido descendente, durante o curso de abertura do disco. Esta força atuando contra a força da mola é o que sustenta a válvula totalmente aberta até a redução de pressão no processo. Esta força adicional é conseguida com um aumento na pressão do processo acima da pressão de abertura (sobrepressão).

O Código ASME Seção XIII, em 3.2.5 (b) também exigem que a mola seja comprimida ao sólido por três vezes

consecutivas em temperatura ambiente e que após 10 minutos sua altura livre (sem carga) não altere mais do que 0,5% de sua altura original (altura de projeto). Este valor é uma exigência de qualidade na fabricação da mola imposta pelo Código ASME ao fabricante da válvula para assegurar que ela seja resistente à perda de compressão quando atuando no processo. Assim, a mola não poderá estar em menos do que 0,5% abaixo da altura original. A altura definitiva, conseguida após estas três compressões ao sólido, é denominada de ajuste permanente da mola.

1.10 – Guia e Suporte do Disco

A guia é a peça estática que tem a função de alinhar o suporte do disco (que é a peça dinâmica), e consequentemente, a superfície de vedação do disco em relação à superfície de vedação do bocal da válvula, antes da abertura e após o fechamento da válvula.



A figura ao lado mostra ambas as peças.

Assim, a guia e o suporte do disco permitem um alinhamento constante de todos os componentes internos da válvula, tanto na posição fechada quanto aberta e descarregando. Sua função também é absorver os movimentos laterais que tendem a ocorrer quando a válvula está aberta e aliviando, ou seja, a tendência do escoamento do fluxo é forçar o disco e suporte do disco contra o flange de saída e tubulação de descarga. A guia também auxilia no alinhamento e centralização da força da mola sobre o suporte do disco e disco atuando sobre o bocal.

A conexão entre a haste e o eixo do suporte do disco, além da conexão entre o suporte do disco e o disco, formam uma junta universal dupla. O eixo do suporte do disco deve deslizar livremente dentro da guia e não interferir com o ciclo operacional da válvula. O furo existente na guia impede que o castelo (castelo fechado) fique pressurizado após ocorrer o ciclo operacional da válvula. Para aplicações que permitem o uso de castelo do tipo aberto, esse furo também permite que uma contrapressão desenvolvida máxima de 20% da pressão de ajuste não venha a afetar a operação de uma válvula convencional. Nas válvulas de segurança instaladas em caldeiras, o castelo aberto e o projeto do suporte do disco, permitem que estas operem com até 25% a 27,5% de contrapressão desenvolvida, depende do projeto do fabricante.

Normalmente a guia é fabricada num material resistente à corrosão e abrasão, impedindo seu travamento com o eixo do suporte do disco, mesmo sob altas pressões e temperaturas operacionais.

Nas válvulas de segurança e/ou alívio convencionais, principalmente, a mínima área de guia e do eixo do suporte do disco impede que fluidos com tendência a contaminar, cristalizar ou corroer esta superfície, venham a dificultar ou impedir a abertura e todo o ciclo operacional (abertura, sobrepressão e fechamento) da válvula.

1.11 – Tipos de Castelos

O castelo nas válvulas de segurança e/ou alívio é a parte superior onde fica alojada a mola, a haste, o parafuso de ajuste, o capuz e a alavanca de acionamento. Nas válvulas de segurança e alívio ele pode ser aberto ou fechado, depende da aplicação, principalmente temperaturas elevadas e toxicidade do fluido, respectiva-



mente, enquanto nas válvulas de alívio ele é sempre fechado. O castelo aberto, (conforme este que aparece na figura ao lado), permite uma maior troca térmica entre a mola e o meio ambiente, diminuindo a tendência ao relaxamento da força desta devido à temperatura, mantendo o valor da pressão de ajuste constante, mesmo após vários ciclos operacionais. Ele deve ser utilizado para fluidos como vapor d'água saturado ou superaquecido, ar comprimido ou qualquer outro fluido que não seja tóxico e que possa ser descarregado diretamente para a atmosfera. No caso das válvulas de segurança instaladas em caldeiras, além da alavanca de acionamento que é obrigatória, o castelo aberto só é obrigatório na válvula de segurança do superaquecedor, sempre que a temperatura de alívio for superior a 450°F (232°C), conforme exige o Código ASME Seção I, no Parágrafo P.G. 68.6.

O castelo fechado é utilizado para proteger a mola contra intempéries ou, principalmente, quando a válvula deve ser instalada num ambiente corrosivo; quando a válvula opera com pressão no lado da descarga (contrapressão); ou

quando o fluido sendo descarregado deve obrigatoriamente ser levado a um local seguro. Nessas duas últimas aplicações se for utilizada alavanca de acionamento, esta deverá ser vedada (alavanca engaxetada).

Observação: Para evitar superaquecimento da mola e, conseqüentemente, redução no valor da pressão de ajuste, é sempre recomendado não instalar isolamento térmico em válvulas de segurança e alívio que possuem castelo fechado e operando com vapor.

1.12 – Alavanca de Acionamento

A válvula de segurança e/ou alívio é o mais importante acessório instalado num vaso de pressão ou caldeira em relação a sua proteção, representando a melhor garantia para que a pressão de operação não exceda o valor estabelecido para a PMTA. As válvulas de segurança e alívio são fornecidas, quando assim especificadas devido ao estado físico do fluido e/ou temperatura operacional, com alavancas de acionamento simples (conforme aparece na figura ao lado) ou engaxetadas para abertura manual, ou com um dispositivo de levantamento acionado por ar comprimido com controle remoto. Sendo que durante a operação normal a válvula raramente é solicitada para atuar, uma boa prática é verificar a liberdade de movimento de seus componentes internos (suporte do disco em relação à guia; haste em relação ao apoio superior da mola e parafuso de ajuste), através da atuação manual da alavanca de acionamento para que a válvula possa descarregar uma pequena quantidade de fluido.

Assim, a alavanca de acionamento é um item obrigatório para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras. Quando operando em vasos de pressão é obrigatório que elas tenham alavanca de acionamento manual sempre que o fluido for ar comprimido, vapor d'água ou água quente cuja temperatura de operação esteja acima de 140°F (60°C), exceto eventos de alívio e sobrepessão, conforme determina o Código ASME Seção XIII no parágrafo 3.2.7, edição 2025. Essa alavanca tem a função de abrir a válvula manualmente quando a pressão do processo estiver abaixo de sua pressão de abertura; em casos de emergência, se a

válvula de segurança não abrir na pressão de ajuste especificada; quando os prazos entre inspeções são longos e através de seu acionamento confirmar o livre movimento de seus componentes internos ou até mesmo para expulsar algum material estranho que tenha ficado preso entre as sedes, e/ou sistema de guia, no momento do fechamento da válvula, (logo após sua abertura).

O acionamento dessa alavanca só deve ser efetuado quando a pressão mínima do processo for de 75% da pressão de abertura da válvula. Se isto não for obedecido e a alavanca for intencionalmente acionada, e com uma pressão menor atuando sob o disco, a vedação da válvula poderá ser danificada e a haste poderá ser empenada, em função do diferencial de forças existente neste momento, entre a força da mola e a força gerada pela pressão do processo (atuando na área do anel inferior), não ser suficiente para amortecer a força da mola. No caso de líquidos que possam cristalizar em volta da superfície de vedação do bocal, além de outros fluidos que possam conter particulados sólidos em suspensão, o acionamento periódico da alavanca facilita a limpeza dessa região, para que o acúmulo de produtos naquele ponto não venha a interferir com a capacidade de vazão da válvula, numa eventual operação desta.



A figura ao lado mostra uma válvula de segurança e alívio projetada para fluidos que exigem a alavanca de acionamento:

Na instalação da válvula de segurança e alívio no equipamento a ser protegido, a alavanca deve sempre ficar posicionada de tal forma que fique acessível para ser facilmente acionada numa eventual emergência, isto é, seu acionamento não pode ser limitado por tubulação, parede, estruturas, etc. Para as válvulas de segurança e alívio que possuem castelo do tipo aberto, seu posicionamento deve preferivelmente ficar do lado oposto à tubulação de descarga da válvula ou dentro de um ângulo de 270°.

Para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras categorias "B", devem ter a alavanca manual mensalmente acionada para a verificação do funcionamento de suas partes internas, conforme determina a NR13 no parágrafo 13.4.4.8 (a), mas somente para as caldeiras que não possuem tratamento de água.

Sob condições de fluxo, o disco de vedação da válvula deve ser levantado completamente do seu assento (sede do bocal), de modo que sujeira, sedimentos e partículas sólidas não fiquem aprisionadas nas superfícies de vedação e superfícies de guia. Para permitir que a válvula feche sob condições de fluxo, solte completamente a alavanca para que a válvula feche bruscamente. Uma vez que, em alguns casos, o peso morto da alavanca tenderá a levantar (abrir) a válvula, a alavanca deve ser suspensa, suportada, ou contrabalancada, de modo que o garfo de levantamento não contate a porca de acionamento da haste.

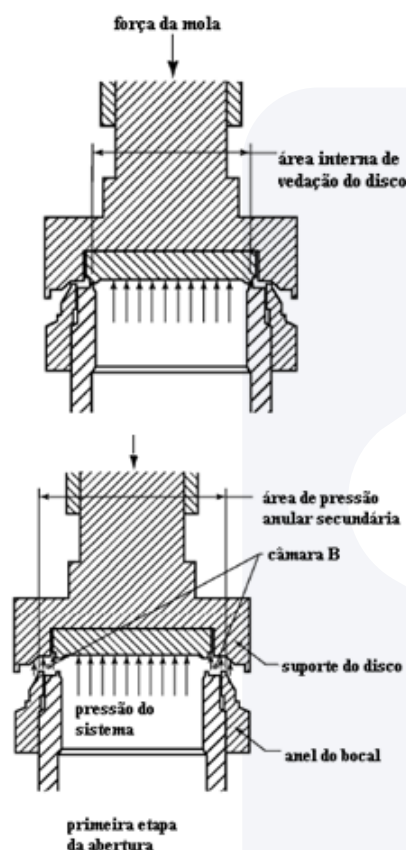
Quando a válvula apresentar vazamentos ainda na pressão normal de operação, principalmente devido a um transporte ou armazenamento menos cuidadoso, é recomendado puxar levemente a alavanca para que esta ação permita um leve "sopro" de fluido e realinhe seus componentes internos.

Observação: Uma válvula de segurança ou de segurança e alívio jamais deve ser içada ou transportada segurando-a pela alavanca.



1.13 - Operação de Uma Válvula de Segurança e Alívio

O princípio básico de operação das válvulas de segurança e/ou alívio é que nenhuma força externa é necessária; elas são auto-atuadas, e a pressão do processo fornece a força requerida para abrir a válvula. Desta



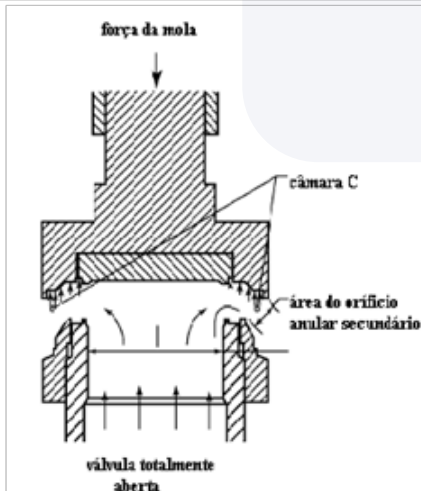
forma, o funcionamento das válvulas de segurança e/ou alívio do tipo mola sob carga é baseado no equilíbrio de forças entre a pressão do processo que atua no sentido ascendente (na área efetiva da vedação entre disco e bocal) e a força descendente exercida pela mola. Contrária a esta força existe a pressão do processo atuando sob a área de vedação do disco e que tende sempre a abrir a válvula, (conforme aparece na figura ao lado): Assim que o valor da pressão de abertura é alcançado, o diferencial de forças que mantém a válvula fechada é anulado. Quando a válvula de segurança é estilo convencional e operando com fluidos compressíveis (gases ou vapores) existem duas forças que atuam sobre o disco de vedação quando ela ainda está fechada:

Primeiramente a compressão da mola, podendo ser somada a esta qualquer contrapressão (constante ou variável), atuando sobre o disco. Estas forças tendem sempre a fechar a válvula. Nas válvulas balanceadas, as forças exercidas pela contrapressão são automaticamente anuladas pelo fole. Quando a pressão de abertura é alcançada e ligeiramente excedida, (conforme aparece na figura ao lado), a pressão começa a atuar na área do anel do bocal (câmara B) e as forças que tendem a fechar a válvula ficam elevadas devido ao curso de elevação do disco, aumentando a compressão da mola, e, conseqüentemente, a energia armazenada nesta também aumenta proporcionalmente.

Nos fluidos compressíveis, o curso de elevação do disco ocorre em duas etapas: na primeira etapa esse curso alcança até 70% do curso máximo (ainda na pressão de ajuste), os 30% restantes são alcançados pela sobrepressão do processo. A quantidade de sobrepressão permitida atuando embaixo do suporte do disco neste momento, depende da norma de construção do equipamento e das causas da sobrepressão.

Na segunda etapa, as forças que tendem a abrir a válvula também aumentam, pois a pressão do fluido, somada à sobrepressão do processo, atua numa área maior (câmara de força), com isto as forças que tendem a abrir a válvula são maiores do que as forças que tendem a fechá-la, anulando a

crescente força da mola no sentido descendente, e permitindo o escoamento de uma quantidade significativa de fluxo através do bocal. Este aumento nas forças que atuam embaixo do disco (na câmara C) lhe permite alcançar o curso máximo. Na máxima abertura do disco, seu curso de elevação equivale a 25% do diâmetro da garganta do bocal. Nesse curso máximo, a área formada se equaliza com a área da garganta do bocal, e quem



limita a capacidade de vazão da válvula é a área da garganta do bocal e não o curso de elevação do disco.

A máxima abertura é mostrada na figura ao lado:

O início do processo de fechamento só começa a ocorrer quando há uma correção nas causas do aumento de pressão. Sendo que a área de pressão anular secundária é maior do que a área do bocal, para que a mesma força da mola seja alcançada nesta área, a pressão do processo deverá ser menor. Esta diferença de pressão é denominada de diferencial de alívio, podendo ser de aproximadamente 4% a 6% em caldeiras (dependendo da faixa de pressão de ajuste); 7% em vasos de pressão, se o fluido for algum gás ou vapor; e de 12% até 20% se o fluido for líquido, dependendo do projeto do suporte do disco, se este é específico para o escoamento de líquidos ou é do tipo convencional, respectivamente. Este diferencial de pressão impede que a válvula abra novamente logo após a pressão de fechamento ter sido alcançada.

O efeito proporcionado pela pressão do processo atuando numa área maior permite que o curso máximo de elevação do disco seja alcançado, expondo o equipamento protegido a menor sobrepressão possível. Para fluidos compressíveis, a rápida expansão de seu volume é uma característica que lhe é permitida devido à redução de pressão quando ocorre o afastamento do disco em relação ao bocal. A pressão maior (pressão do sistema) vindo de uma área menor e também com menor volume (área do bocal), começa a atuar numa área maior (portanto, gerando maior força), porém, com pressão menor, e maior volume (área de pressão anular secundária ou câmara de força). A primeira etapa do curso de elevação do disco ocorre devido à súbita expansão do fluido; o término desta etapa ocorre antes que a máxima capacidade de vazão requerida pelo processo seja alcançada.

No momento em que a válvula abre e alcança a capacidade máxima de vazão requerida pelo processo, a pressão de operação dentro do equipamento protegido se equaliza com a pressão de alívio. Com o decréscimo da pressão do processo, devido ao alívio de pressão pelo bocal da válvula, as forças que atuam embaixo do disco são reduzidas até serem superadas pela força da mola. A válvula só irá fechar definitivamente quando a força (ascendente) que estava sendo produzida pela pressão do sistema no momento da abertura (dentro da câmara de força) for a mesma produzida por aquela pressão no momento do fechamento.

Quando uma válvula de segurança e alívio, operando com gases e vapores, o anel inferior (anel do bocal) está posicionado corretamente, ele amortece a força descendente exercida pela mola e impede o impacto do disco contra o bocal no momento do fechamento, protegendo as superfícies de vedação. A pressão diferencial existente entre a pressão de fechamento e a pressão de operação é absorvida pelo processo.

Quando operando com líquidos, as válvulas de alívio abrem de forma proporcional ao aumento de pressão do processo e acima da pressão de ajuste, pois não há a expansão de seu volume durante a redução de pressão, e, portanto, a sobrepressão também é maior, principalmente se o interno utilizado for o mesmo para gases e vapores (interno convencional). O curso de abertura do disco numa válvula de alívio operando com líquidos é quem controla a taxa de fluxo através do bocal da válvula, até que a máxima capacidade de vazão requerida pelo processo seja alcançada. Nestas, o curso de elevação do disco ocorre numa única etapa e o anel inferior não participa da operação da válvula, principalmente naquelas com internos convencionais.

Naquelas com suporte do disco específico para o alívio de líquidos, o anel do bocal tem uma posição pré-definida pelo fabricante.



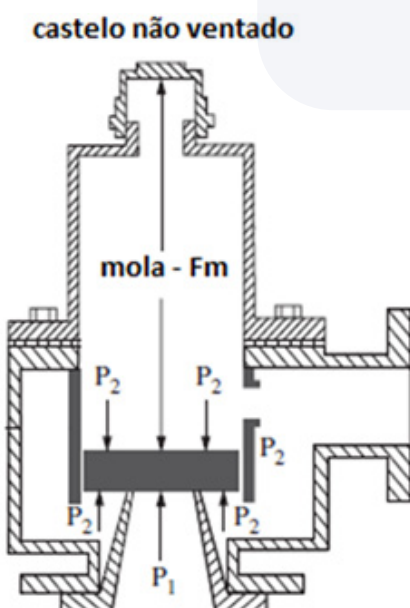
1.14 – Tipos de Contrapressão

Uma análise do equilíbrio da força exercida pela mola sobre o disco de vedação com a válvula ainda na posição fechada, mostra que a força exercida pela pressão do fluido atuando sob o lado de entrada do disco, pode ser balanceada pela força da mola. Porém, se houver pressão atuando no flange de saída (contrapressão), a pressão de abertura pode ser proporcionalmente elevada. Se a contrapressão varia enquanto a válvula está fechada, a pressão de ajuste pode mudar. Se a contrapressão varia enquanto a válvula está aberta e aliviando, o curso de levantamento do disco e a capacidade de vazão através do bocal da válvula podem ser reduzidos.

Assim, a contrapressão (P_2) é a pressão que atua no lado da descarga de uma válvula de segurança e/ou alívio, podendo atuar a favor ou contra a força exercida pela mola antes e/ou durante o processo de alívio, dependendo se o castelo é ventado para a tubulação de descarga ou é ventado para a atmosfera, respectivamente. Essa contrapressão pode ser superimposta (constante ou variável) ou desenvolvida.

Superimposta (constante ou variável) – pressão existente na conexão de descarga antes de ocorrer a abertura da válvula de segurança e/ou alívio, proveniente de um sistema de descarga fechado, (coletor, etc). Portanto, ela é a “pressão de operação normal” do coletor de descarga. Ela aumenta a pressão de ajuste da válvula (convencional somente) proporcionalmente ao seu valor, somado ao valor da pressão atmosférica. A contrapressão, seja ela constante ou variável, ocorre antes mesmo que a força gerada na área do bocal (pelo fluido de processo), somada ao valor da contrapressão, se equalize com a força da mola.

Constante – a contrapressão superimposta sendo constante, o seu valor deve ser descontado do valor da pressão de ajuste da mola. Com isto a válvula (somente estilo convencional), deverá ser ajustada em bancada num valor que será a pressão de abertura desejada para ela abrir no processo (P_1) menos o valor dessa contrapressão (P_2). Esse teste chama-se: Teste de Pressão Diferencial a Frio (CDTP), no qual é feita a correção da pressão de ajuste em relação à contrapressão constante e também à temperatura operacional.



A figura ao lado mostra as forças que atuam dentro do bocal e sobre o topo do suporte do disco de uma válvula de segurança e alívio convencional.

Mas isto só ocorre quando o castelo não tem furo de alívio ou quando esse furo de alívio é voltado para a tubulação de descarga da válvula. Essa condição pode ocorrer em válvulas balanceadas, devido à quebra do fole. Em válvulas que possuem o castelo com esse furo de alívio, a pressão de abertura é reduzida de forma proporcional à contrapressão. Porém, um vazamento contínuo por esse furo de alívio, devido à contrapressão, normalmente não é aceito pelo processo.

Quando o fluido de processo não pode vaziar para o ambiente externo é recomendado o uso de castelo e capuz fechados e vedados e com o fluido de descarga sendo levado a um local seguro.

Essas forças podem ser mantidas em equilíbrio; podem tender a manter a válvula aberta e aliviando, assim como podem tender a manter a válvula fechada. Veja os esquemas de forças, conforme abaixo:

As forças sob e sobre a válvula estarão em equilíbrio sempre que:

$$P1 \times AB = (FM + (P2 \times AT))$$

A válvula será mantida aberta sempre que:

$$P1 \times AB > (FM + (P2 \times AT))$$

A válvula será mantida fechada sempre que:

$$P1 \times AB < (FM + (P2 \times AT))$$

Onde:

P1 = pressão de alívio na entrada da válvula

AB = área da garganta do bocal

FM = força da mola sobre o disco

P2 = contrapressão na saída da válvula atuando sobre o suporte do disco

AT = área do topo do suporte do disco exposta à contrapressão

Variável – a contrapressão variável geralmente ocorre quando diversas válvulas com pressões de ajuste diferentes e/ou com capacidades de alívio diferentes descarregam dentro de um mesmo coletor, fazendo com que o valor da pressão do coletor varie de tempo em tempo. Se este valor for igual ou inferior a 10% da pressão de ajuste das válvulas a ele conectadas e essa variação for aceita pelo processo, essas válvulas poderão ser convencionais, mas se esse valor for maior que 10% (para uma condição também de 10% de sobrepressão), é recomendado o uso de válvulas de segurança e/ou alívio balanceadas com fole. Seu valor pode ir desde zero até um valor de 35% ou 50% da pressão de ajuste, depende da área do orifício da válvula, se esta for balanceada com fole. Valores maiores é recomendado a especificação de válvulas de segurança piloto operadas.

A contrapressão superimposta variável altera todas as características operacionais da válvula, como pressão de abertura, pressão de fechamento, curso do disco e capacidade de alívio. A contrapressão variável atuando numa válvula balanceada com fole quando aberta e aliviando faz com que as forças que a mantém aberta sejam reduzidas proporcionalmente ao valor da contrapressão.

Desenvolvida – a contrapressão desenvolvida é aquela que ocorre somente após a abertura da válvula de segurança e alívio, devido ao fluxo de um fluido compressível pela tubulação de descarga, ou seja, é o fluxo produzido pela própria descarga da válvula. O valor máximo desse tipo de contrapressão é recomendado pelos fabricantes para ser 10% para uma sobrepressão máxima também de 10%. Se o seu valor for maior que o valor da sobrepressão poderá ocorrer uma redução no curso de elevação do disco, resultando num fenômeno operacional denominado chattering, principalmente numa válvula de segurança e alívio convencional.

Observação: Quando uma válvula de segurança e alívio convencional está aberta e aliviando, a maior área da câmara de força exposta ao fluido de processo, faz o equilíbrio de forças trabalhar de forma que a contrapressão desenvolvida pode ser tão alta quanto a porcentagem de sobrepressão máxima permitida pelos códigos de construção de vasos de pressão, e sem que seu desempenho operacional seja afetado, mas jamais maior do que esta, isto é, a porcentagem de contrapressão desenvolvida jamais poderá ser maior do que a porcentagem de sobrepressão no momento em que a válvula de segurança e alívio convencional estiver completamente aberta e aliviando.



A contrapressão desenvolvida é dinâmica enquanto a superimposta (constante ou variável) é estática, ou seja, tensão constante sobre a tubulação de descarga e componentes internos de uma válvula de segurança e alívio convencional. A contrapressão desenvolvida é causada pela resistência ao escoamento do fluxo através da tubulação de descarga. Esta resistência reduz a velocidade de escoamento do fluido e aumenta a pressão dentro da tubulação. A contrapressão desenvolvida tem efeito sobre a força ascendente exercida pela pressão do fluido e que mantém o disco aberto, e, conseqüentemente, na capacidade de alívio da válvula de segurança.

Esse tipo de contrapressão não altera a pressão de ajuste e nem mesmo as características de abertura da válvula de segurança, pois esta só ocorre após a válvula ter aberto e alcançado sua capacidade máxima de descarga. Porém, ela reduz o curso de elevação do disco e a capacidade de vazão da válvula, além de aumentar o valor de sua pressão de fechamento (diferencial de alívio). Essas alterações podem ser minimizadas através da escolha de uma válvula balanceada com fole ou através de um aumento no diâmetro da tubulação de descarga.

Observação: A válvula balanceada com fole mantém o curso do disco estável sob condições de contrapressão desenvolvida, dentro de certos limites (porcentagem de contrapressão em relação à pressão de ajuste), determinados pelo fabricante, de acordo com o tamanho do orifício (área do bocal) e pressão de ajuste.

2.1 – Informações Gerais de Segurança Antes da Manutenção da Válvula

Acesso

Garantir um acesso seguro e se necessário uma plataforma e/ou bancada antes de iniciar os trabalhos na válvula e/ou instalação. Caso seja necessário, providencie um dispositivo que possa elevar a válvula adequadamente.

Iluminação

Assegure uma iluminação adequada, particularmente onde os serviços serão realizados e onde haja fiação elétrica.

Líquidos ou gases perigosos na tubulação

Verifique o que está ou esteve presente na tubulação, tais como: vapores, substâncias inflamáveis e perigosas à saúde (gases tóxicos, por exemplo), temperaturas elevadas, etc.

Ambiente perigoso em torno da válvula de segurança e/ou alívio

Considere: áreas de risco de explosão devido à falta de oxigênio (por exemplo, em tanques e poços), gases perigosos, temperaturas extremas, superfícies quentes, perigo de fogo (por exemplo, durante a soldagem), ruído excessivo, máquinas em movimento.

O Sistema

Considere, por exemplo: se o fechamento de válvulas de bloqueio ou a depressurização, colocará outra parte do sistema ou pessoa em risco. Quando da abertura e fechamento das válvulas de bloqueio, faça-o de maneira gradual para evitar choques no sistema.

Pressão do sistema

Assegure-se de que toda a pressão existente esteja isolada ou o sistema esteja depressurizado.

Não suponha que o sistema esteja despressurizado, mesmo quando os manômetros indicarem pressão zero.

Temperatura

Aguarde a temperatura baixar após o bloqueio dos sistemas, para evitar o perigo de queimaduras.

Ferramentas e materiais de consumo

Antes de começar o trabalho assegure-se de que você tenha as ferramentas e/ou os materiais de consumo apropriados.

Equipamentos de Proteção Individual (EPI's)

Use sempre equipamentos de proteção individual necessários para a realização dos trabalhos, tais como óculos de segurança, protetor auricular, capacete com jugular, botina de segurança e luvas, entre outros dependendo do processo.

Permissões para o trabalho

Todo o trabalho deve ser realizado e/ou supervisionado por pessoa qualificada. Fixe avisos sempre que necessário. Libere o equipamento protegido para a retirada da válvula de segurança e/ou alívio junto ao pessoal de operação.

Trabalhos elétricos

Antes de começar o trabalho estude o diagrama de fiação e as instruções da fiação e verifique todas as exigências especiais. Considere particularmente: tensão de fonte principal e fase, isolamento local dos sistemas principais, exigências do fusível, aterramento, cabos especiais, entradas do cabo, seleção elétrica.

Comissionamento

Após a instalação ou a manutenção assegure-se de que o sistema esteja funcionando corretamente. Realize testes em todos os alarmes e dispositivos protetores.

Disposição

Os equipamentos e materiais devem ser armazenados em local próprio e de maneira segura e adequada.

Descarte do produto

O produto é reciclável? Nenhum dano ao meio ambiente está previsto com o descarte do produto, se realizado de maneira apropriada.

Nota: Muitos vasos de pressão que são protegidos por válvulas de segurança e alívio contêm materiais perigosos. Descontamine e limpe a entrada e saída da válvula, e todas as superfícies externas de acordo com a limpeza e descontaminação recomendadas na Folha de Dados de Segurança de Material, apropriada.

2.1.1 – Instruções de Desmontagem

Informações Gerais

As Válvulas de Segurança e/ou Alívio podem ser desmontadas facilmente para inspeção, recondição dos assentos e substituição de peças internas. A pressão de ajuste apropriada pode ser estabelecida após a remontagem. Descontamine ou limpe, se necessário, antes de pré-testar ou desmontar. Devem ser seguidas as normas de segurança e ambientais para a descontaminação e limpeza.



Nota de segurança: Antes de começar a desmontagem da válvula (do local onde está instalada), esteja certo de que não haja fluido pressurizado no vaso.

Nota: Não remova parafusos em linhas pressurizadas, visto que isto poderá resultar em ferimentos pessoais graves.

Passos Específicos

1. Remova o capuz (3), incluindo a alavanca (quando aplicável); então, remova a junta do capuz (21), se aplicável. O capuz e o castelo (2) da válvula (no projeto convencional), podem conter fluidos. Tome cuidado quando remover, para evitar acidentes e ambientes perigosos.

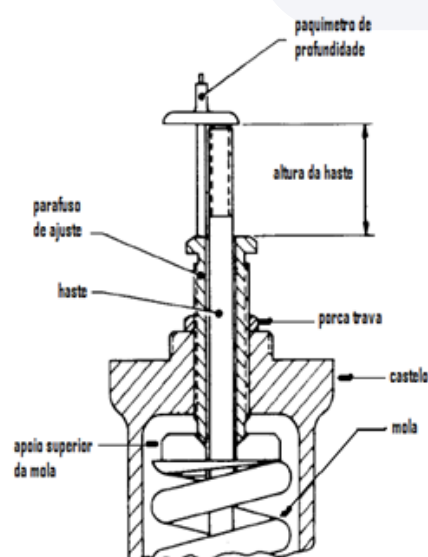
Nota de Segurança: As válvulas que operam com fluidos tóxicos e/ou corrosivos, e possuírem castelo, capuz e/ou alavanca fechados e vedados, estes devem ser removidos cuidadosamente, pois ainda podem conter fluidos e que serão liberados durante a desmontagem. Utilize os EPI's adequados ao desmontar as válvulas de segurança e alívio que operaram com fluidos tóxicos ou corrosivos.

2. Remova o parafuso trava (12) do anel de ajuste (7) do bocal (5) e a junta (24). Se o diferencial de alívio precisar ser restabelecido na remontagem, a posição do anel de ajuste, em relação ao suporte do disco (6), deve ser determinada. Para fazer isto, gire o anel de ajuste no sentido anti-horário (isto é, mova os entalhes no anel de ajuste da esquerda para a direita). Anote o número de entalhes (passando pelo furo do parafuso trava do anel), que são necessários para o anel encostar na face inferior do suporte do disco. Esta informação será usada ao regular e posicionar o anel na remontagem da válvula.

3. Para Válvulas com Orifício D-T: Desaperte a porca trava do parafuso de ajuste. Usando um paquímetro de profundidade, mostrado na figura abaixo, meça a distância do topo da haste até o topo do parafuso de ajuste. Isto permite que na montagem o parafuso de ajuste seja reajustado próximo da compressão da mola apropriada sem excesso de testes. Anote a medição para referência ao remontar a válvula.

Nota: Este procedimento não substitui o teste na bancada quanto à pressão de ajuste real.

O paquímetro de profundidade pode ser substituído por um paquímetro convencional. Anotar a medida da altura entre a face da haste (9) e a porca de acionamento, no início da desmontagem, também é recomendado, principalmente quando o capuz for do tipo flangeado e com alavanca do tipo engaxetada.



Para se evitar diversas aberturas que poderiam danificar as superfícies de vedação é sempre recomendado que no momento da desmontagem a altura da haste em relação à face do parafuso de ajuste da mola (20), tenha essa medida anotada. Com esta medida a tensão da mola no momento da montagem será praticamente a mesma, com isto, a aferição da pressão de ajuste torna-se uma tarefa mais rápida e sem a necessidade de se abrir a válvula várias vezes. Com um manômetro "padrão" e de boa qualidade, além de uma mola também de boa qualidade e as superfícies de vedação corretamente lapidadas, a variação no ponto de ajuste não deverá ser maior que 1% a 2%.

A figura ao lado mostra o método para se medir a altura da haste antes da desmontagem da válvula:

Além de medir a altura da haste, pode-se também medir a altura da mola

(tensionada para a pressão de ajuste desejada), caso o castelo seja do tipo aberto. Ainda para as válvulas com castelo do tipo aberto, pode-se contar o número de voltas necessárias no parafuso de ajuste (10) para que seja retirada toda a tensão da mola. Todos esses três métodos devem ter as medidas anotadas no momento da desmontagem para que a tensão da mola e, conseqüentemente, a pressão de ajuste sejam praticamente as mesmas no momento da montagem. O executante pode escolher um dos três métodos. Para castelos do tipo fechado, somente é possível medindo-se a altura da haste em relação à face do topo do parafuso de ajuste da mola.

Observação: Deve-se evitar medir a tensão da mola tendo como referência a altura entre o parafuso de ajuste e o topo do castelo (onde assenta a porca trava (11), deste parafuso). Isto porque caso a válvula venha necessitar de alguma usinagem nas faces de qualquer um dos componentes inferiores (desde a face inferior do parafuso de ajuste) até a superfície de vedação do bocal, o valor retirado na usinagem deverá ser somado à altura inicial. Isto pode gerar erros e confusões no momento da montagem e do teste. Se após a desmontagem a face superior da haste e/ou a face superior do parafuso de ajuste precisar ser usinados, o valor retirado na usinagem deverá ser somado àquela altura inicial. Usinagens nessas regiões dessas duas peças são raras. O método de se medir a altura da haste, em relação à face do topo do parafuso de ajuste, é válido tanto para as válvulas de castelo aberto, quanto para aquelas de castelo fechado. Os outros dois que foram mencionados é válido somente para as válvulas de castelo aberto. Subtraindo-se a altura inicial da altura final durante a desmontagem, tem-se o curso de aperto da mola. Com este curso, sabendo-se o material e as dimensões da mola, as dimensões das superfícies de vedação, e através de cálculos próprios de molas, é também possível saber a pressão de ajuste da válvula de acordo com o aperto do parafuso de ajuste.

Nota: A medição prévia da altura da haste é muito útil também para as válvulas soldadas ao equipamento protegido, e que somente serão submetidas, posteriormente, ao teste on line.

3.b. Gire o parafuso de compressão da mola (parafuso de ajuste) do castelo, no sentido anti-horário, para aliviar toda a carga da mola. Nas válvulas construídas no padrão ISO 4126, use um alicate de pressão para evitar que a haste gire ao remover a carga da mola através do parafuso de compressão. Desparafuse o parafuso de compressão da mola até sair do castelo. A válvula deve ser ajustada quanto à pressão usando o procedimento de regulação após a remontagem. Peças de uma válvula não devem ser trocadas com as peças de outra válvula de igual tamanho e orifício, mesmo que ambas sejam do mesmo modelo, material e fabricante.

Observação: Cuidado também deve ser tomado quando fazendo manutenção em válvulas de caldeiras (balão de vapor e superaquecedor), quando estas são do mesmo modelo, fabricante, tamanho e orifício. A válvula do superaquecedor tem o corpo, castelo e mola construídos em aço liga, enquanto a região inferior da haste, a guia e o suporte do disco são construídos em materiais à base de níquel (Monel, por exemplo), sendo estes materiais apropriados para altas temperaturas. Não podendo ser trocados pelas peças das válvulas do balão de vapor.

4. Remova as porcas (19) dos parafusos-prisioneiros (18) que unem o castelo ao corpo (1), e retire o castelo. A seguir, remova a junta (23) do castelo e a junta (22) do corpo.

5. Remova a mola e os apoios (17) da mola. A mola e os apoios da mola devem ser conservados juntos, como



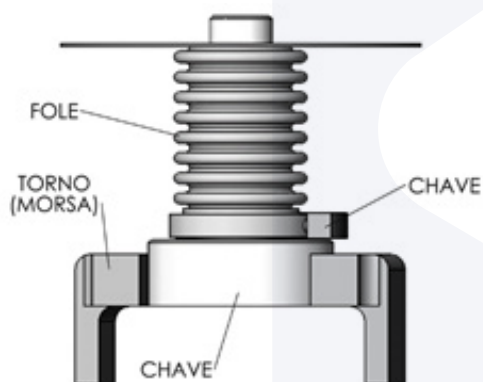
um conjunto único, durante o todo o tempo em que a válvula permanecer desmontada.

Nota: Ao içar a mola cuidado para não derrubar o apoio inferior sobre a haste e demais componentes internos.

6. Para válvulas com orifícios D até N, remova as peças internas, puxando cuidadosamente a haste para fora “na vertical”. Para válvulas com fole (15), deve-se tomar cuidado para evitar danificar o fole ou o seu flange (aba). Se as peças estiverem incrustadas, use um solvente apropriado para soltar os componentes. Para válvulas com orifícios P até T, utilize dispositivos de levantamento apropriados, para maior facilidade de remoção das peças internas.

7. Remova a haste do suporte do disco.

8. Remova a guia (8) do suporte do disco. Em muitos projetos o eixo retentor da haste e o suporte do disco formam uma peça integral, em outros projetos, como este da figura abaixo, esse conjunto é montado através de rosca. A desmontagem das duas peças na maioria das manutenções não se faz necessária.



9. Para válvulas com fole e orifício D-T, o fole é preso suporte do disco através de rosca à direita. Aplique uma chave de boca especial ao anel do fole, remova - o girando no sentido anti-horário (veja a figura ao lado). As convoluções do fole são muito finas e frágeis; portanto, deve-se tomar cuidado o tempo todo para não danificá-las. A seguir, remova a junta do fole.

10. Para Válvulas com Orifício D-T: Remova o disco do suporte do disco. Ele pode ser rosqueado ou seguro ao suporte do disco através de anel elástico. O método de montagem depende do projeto construtivo de cada fabricante.

11. Para válvulas com assentamento de anel em “O-ring” somente remova o(s) parafuso(s)-trava do retentor, o retentor e o anel “O-ring”.

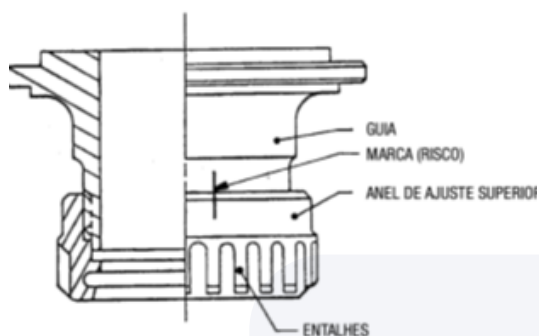
12. Remova o anel de ajuste do bocal (anel inferior), girando-o no sentido anti-horário.

13. O bocal deve ser removido do corpo. (Veja as instruções a seguir):

14. O bocal (5) é removido normalmente para serviços e manutenção de rotina. O bocal é montado no corpo por meio de roscas, e pode ser removido girando-o no sentido anti-horário. Para facilitar a remoção do bocal do corpo, pode ser benéfico embeber a junta roscada com um líquido ou solvente penetrante adequado. Nos casos em que o bocal estiver muito travado ao corpo, sua remoção pode ser auxiliada, aquecendo suficientemente o corpo pelo lado de fora com um maçarico na área da rosca do bocal, enquanto gelo seco, ar comprimido ou outro agente resfriador é aplicado no interior do bocal.

15. Utilize uma placa de torno com 3 ou 4 castanhas soldada verticalmente a um suporte parafusado no piso de concreto. Fixe o flange do bocal na placa e separe-o do corpo utilizando uma barra pesada ou tubo. Nota: Tome cuidado ao inserir uma barra ou tubo na saída, a fim de assegurar que as superfícies de vedação e a rosca do anel inferior do bocal da válvula não sejam danificadas durante esta operação. É recomendada a proteção dessas regiões.

16. Utilize uma placa de torno ou uma chave grifo compatível com o flange do bocal para removê-lo do corpo da válvula.



Veja na figura abaixo a montagem do conjunto anel superior e guia do suporte do disco, além do risco entre essas duas peças:

Observação: Após a desmontagem completa da válvula, seus componentes devem ser guardados numa mesma caixa com seu respectivo número de ordem de serviço (OS) ou ordem de manutenção (OM) ou TAG, para evitar que componentes de uma válvula sejam misturados com os componentes de outras válvulas, principalmente quando são do mesmo fabricante, modelo, tamanho e material de construção.

Observação: Após a desmontagem completa da válvula, todos os componentes devem ser inspecionados quanto a possíveis depósitos de fluidos que aderiram durante sua campanha, e que, portanto, poderiam interferir e comprometer em seu funcionamento correto.

Limpeza

As peças internas da válvula de segurança e alívio podem ser limpas com solventes industriais, soluções de limpeza e escovas de arame (manuais ou rotativas). Se você estiver usando solventes de limpeza, tome precauções para proteger-se do perigo potencial ao respirar emanações, de queimaduras químicas ou explosão. Veja a Folha de Dados de Segurança de Material sobre solventes, quanto às recomendações de manuseio seguro do equipamento.

Nota de segurança: Siga as recomendações na Folha de Dados de Segurança de Material para manuseio seguro de solventes e siga as práticas seguras para qualquer método de limpeza.

Não se recomenda "jatear com granalha de aço" as peças internas, visto que isto pode reduzir as dimensões das peças. O corpo, o castelo e o capuz podem ser jateados com cuidado para não erodir as superfícies internas, ou danificar as superfícies usinadas, tais como roscas e superfícies de guia (diâmetros e faces).

Observação: Ir sempre montando o check list durante todos os processos de manutenção e não somente no final.

Inspeção dos Componentes Após a Desmontagem da Válvula de Segurança e/ou Alívio

A lista abaixo é apenas uma orientação para os pontos e componentes que devem ser inspecionados após terem sido jateados através de abrasivos tais como: granalhas de aço (para corpo, castelo e capuz) e microesferas de vidro para os demais componentes.

Corpo, Castelo e Capuz

- Inspecionar quanto à corrosão, erosão e trincas;
- Inspecionar quanto às condições de pintura, interna e externa;
- Inspecionar as roscas;
- Inspecionar a região de assentamento das juntas nos flanges em relação às ranhuras, erosão e corrosão pelo fluido, etc;
- Inspecionar o conjunto de capuz e alavanca, quanto a travamento.

Bocal, Disco e Anel (eis) de Ajuste

- Inspecionar as faces de vedação do bocal e disco quanto à trinca e erosão, esta última causada pelo esco-

amento do fluido;

- Inspecionar disco e bocal quanto às dimensões mínimas, de acordo com o manual de manutenção do fabricante;
- Inspecionar as regiões roscadas dessas duas peças quanto a possíveis danos causados por excessivos esforços durante a desmontagem;
- Inspecionar a região em raio do disco que faz contato com a região, também em raio, no suporte do disco. Estas duas regiões não podem estar danificadas quanto a possíveis danos, sejam por erosão, corrosão ou amassamento. Qualquer avaria nestas regiões em raio, as peças deverão ser descartadas e substituídas;
- Inspeccione o (s) anel (eis) de ajuste do diferencial de alívio quanto à erosão, corrosão e/ou trincas. As faces desse (s) anel (eis) permitem alguma usinagem dentro dos valores mínimos recomendados pelo fabricante.

Mola

- Inspecionar visualmente suas condições físicas (espaços entre as espiras devem estar uniforme, por exemplo);
- Inspecionar quanto à corrosão e trincas nas espiras;
- Inspecionar quanto ao paralelismo e perpendicularidade;
- Inspecionar quanto à carga sólida (comprimir a mola três vezes ao sólido), quando, principalmente, não houver repetibilidade no valor da pressão de ajuste, tanto no processo quanto na bancada.

Nota: O teste de carga sólida deve ser executado de acordo com o Código ASME Seção I e ASME Seção XIII. Após o teste de carga sólida, aguardar um período de dez minutos, após este período medir novamente a altura da mola. A altura resultante, (altura final) não pode ceder mais do que 0,5% da altura de projeto original da mola.

Suporte do Disco e Guia

- Inspecionar a área de guia, tanto no eixo do suporte do disco quanto no furo da guia, quanto a possíveis desgastes por corrosão e/ou atrito, devido aos ciclos operacionais. Desgastes por atrito são comuns, principalmente, naquelas válvulas que operaram com a pressão de abertura muito próxima da pressão de operação do equipamento protegido;
- Inspecionar as regiões roscadas, quando houver, depende do projeto de cada fabricante;
- Inspecionar as folgas entre o eixo do suporte do disco e o furo da guia. Estas folgas deverão estar dentro dos limites máximos estabelecidos pelo fabricante da válvula sendo inspecionada. Não utilize valores de um fabricante como referência para uma válvula de outro fabricante que está sendo inspecionada. Esses valores de folgas, além de variar entre os projetos de diferentes fabricantes, podem variar também em relação ao material de construção da guia e suporte do disco, principalmente em relação à temperatura operacional;
- Inspecionar o furo da guia e suas faces quanto ao perpendicularismo e paralelismo, respectivamente, como será visto mais à frente.

Nota: Sempre utilizar como referência, o Manual de Instruções de Manutenção do Fabricante da válvula de segurança e/ou alívio que está sendo inspecionada.

Haste

- A haste de uma válvula de segurança e/ou alívio deve ser inspecionada quanto à corrosão, desgastes por atrito, principalmente na região que faz contato com o apoio superior da mola e com o furo do parafuso de



ajuste da mola. Inspeção também a ponta inferior em raio da haste que faz contato com a região em raio do eixo do suporte do disco. Se houver indícios de corrosão, desgaste por atrito, ou amassamento nesta região, a haste deverá ser substituída. Inspeção também quanto a possível empenamento, principalmente, devido a excesso de aperto da trava de teste durante testes hidrostáticos do equipamento protegido (vaso de pressão ou caldeira).

Mais à frente é mostrado como é feita a inspeção quanto ao empenamento da haste.

Fole de Balanceamento ou Isolamento

· O fole de balanceamento deve ser minuciosamente inspecionado quanto à corrosão, trincas e deformações.

Instruções de Manutenção – Informações Gerais

Depois que a válvula tiver sido completamente desmontada e limpa, deve ser feita uma inspeção minuciosa das superfícies de assentamento. Na maioria dos casos, uma simples lapidação das superfícies de vedação é tudo o que é necessário para deixar a válvula trabalhando em perfeita ordem. Se uma inspeção das peças mostrar que as superfícies de vedação da válvula estão muito danificadas, será necessário usinar (somente quando permitido pelo fabricante), antes de lapidar. Válvulas com superfície de vedação de anel "O" até podem ser recondiçionadas somente com usinagem, sem lapidação. Porém, a lapidação da superfície de vedação do bocal elevará a vida útil da vedação em elastômero (do disco), além da própria estanqueidade da válvula para o processo.

Nota: A fim de conseguir superfícies de vedação de válvulas de segurança e/ou alívio sem vazamentos, a superfície de vedação do bocal e a superfície de vedação do disco devem ser lapidadas planas e com acabamento de aspecto espelhado.

As superfícies de vedação metálicas das válvulas de segurança e alívio na maioria dos projetos são planas. A superfície de vedação do bocal é aliviada por ângulo de 1,5° a 15° (depende do projeto de cada fabricante), na parte externa da superfície de vedação plana. Este ângulo permite uma expansão mais rápida do gás ou vapor, durante o alívio pela válvula. A superfície de vedação do disco é igual ou mais larga do que a superfície de vedação do bocal; assim, o controle da largura da superfície de vedação é a superfície de vedação do disco. O recondiçionamento das superfícies de vedação do bocal e do disco é feito através de lapidação com um lapidador de metal patente, ferro fundido ou vidro, revestidos com um composto abrasivo apropriado para lapidação.

2.2 – Prazos de Inspeção

Pela NR13 os prazos de inspeção dependem da categoria do vaso. Esta categoria é estabelecida pela classe do fluido e por seu potencial de risco, ou seja, $P \times V$ (pressão em MPa e volume em m^3).

Em caldeiras o período máximo entre inspeções das válvulas de segurança dependerá da função da caldeira. As caldeiras de recuperação de álcalis são no máximo 18 meses. No caso das caldeiras de força (para a geração de energia elétrica) com pressão de operação acima de 19,98 kgf/cm² (Categoria "A"), esse período é de no máximo 24 meses, desde que aos 12 meses sejam feitos testes para verificação da pressão de ajuste dessas válvulas, conforme determina a NR13.

O período para inspeção e manutenção das válvulas de segurança é definido pelo período de manutenção e

inspeção interna dos equipamentos por elas protegidos. Os prazos máximos estabelecidos na NR13 não podem ser ultrapassados. E quanto maior for o prazo entre inspeções, menor será a confiança na operação da válvula, principalmente quando operando num processo estável, onde a válvula raramente é solicitada para atuar. Se a (s) válvula (s) protege (m) mais de um vaso, deve ser utilizado o vaso com prazo mais curto para estabelecer um período máximo entre as inspeções, por exemplo, vasos com categorias diferentes. Quando o processo utiliza prazos menores do que aqueles estabelecidos pela NR13, não é necessário que a inspeção da (s) válvula (s) coincida com a inspeção interna do vaso. De acordo com a categoria alguns vasos possuem prazos para inspeção interna elevados, com isto, as válvulas de segurança e/ou alívio geralmente não resistem a operações tão longas sem que percam os valores estabelecidos para a pressão de abertura. Desta forma é importante que as válvulas tenham sua pressão de ajuste verificada através do teste de recepção, isto é, um teste da pressão de abertura nas condições em que ela saiu da instalação para se verificar sua real pressão de ajuste e vedação. Através desse teste é possível se estabelecer um histórico de manutenção e inspeção. A melhor frequência é determinada pelo histórico de manutenção das válvulas, condições do processo e resultados obtidos anteriormente em inspeções e testes. Sem um histórico de reparos é impossível determinar uma frequência ótima de inspeção e manutenção. Com base em sucessivos testes de recepção (geralmente se utilizam três testes de recepção aceitáveis) prolongá-se os prazos e vice-versa, podendo assim ajustar os prazos entre inspeções com maior precisão.

Peças internas, tais como: haste, guia, suporte do disco, anel inferior, anel superior e disco, devem ser completamente limpos com escovas de aço ou através de jateamento com micro esferas de vidro. O processo corrosivo dessas peças pode ser acelerado quando as válvulas são revisadas, porém, a camada de resíduos do processo não é retirada. Dependendo do grau e localização dessa corrosão, a peça deve ser substituída. As molas que originalmente receberam banhos de zinco, cádmio ou fosfato, não devem ser jateadas para que aquela película superficial obtida com o banho, não seja removida durante o processo de jateamento abrasivo.

Desgastes nas superfícies de deslizamento do suporte do disco e guia devem ser analisados quanto à folga. Superfícies de contato (em raio) do disco com o suporte, haste, apoios inferior e superior da mola e parafuso de ajuste, também devem ser analisados quanto ao desgaste por atrito ou corrosão. Principalmente no contato entre disco e suporte do disco não são aceitos desgastes por corrosão ou atrito.

As válvulas sujeitas à contrapressão superimposta constante ou variável, devem ter as juntas de vedação entre bocal, corpo, guia, castelo e capuz, além do parafuso trava do anel do bocal e a alavanca (se aplicável) testadas no valor da máxima contrapressão esperada para garantir sua estanqueidade. O valor da pressão de teste não pode ser inferior a 30 psig (2,1 kgf/cm²).

Todas as vezes que uma válvula balanceada com fole for revisada, deverá ser feita uma inspeção minuciosa neste, para se constatar possíveis trincas. O fole não aceita nenhum tipo de recuperação, qualquer indício de trinca ou corrosão ele deve ser substituído. Após a montagem da válvula, esta deverá ser submetida a um teste de contrapressão de no mínimo 5 psig (0,35 Kgf/cm²) quando o fole for utilizado somente para selagem (fole de isolamento) do sistema de guia e região interna do castelo, ou a máxima contrapressão esperada de acordo com as recomendações do fabricante (o que for maior), para que seja garantida sua integridade.



Um possível vazamento poderá ser verificado através do furo de alívio do castelo com o uso de espuma de sabão.

As válvulas de segurança e/ou alívio devem ser lacradas após o término dos testes sejam na oficina ou no campo. Os lacres são obrigatórios pelas normas, devendo ser colocados pelo fabricante antes de enviá-las ao usuário. Se ajustes tiverem que ser feitos após a instalação, os lacres podem ser colocados pelo executante ou pelo usuário, sendo que agora estes serão responsáveis pela atuação da válvula.

Programa de inspeção

Deve-se elaborar um programa de inspeção considerando os seguintes itens, conforme abaixo:

- Prazos de inspeção de acordo com a categoria do vaso;
- Recomendações de inspeção anotadas durante as inspeções de rotina com a válvula ainda em operação normal do processo;
- Problemas identificados e anotados durante a campanha da válvula no processo. Esta campanha é o período entre uma inspeção e outra.

A NR 13 estabelece prazos de acordo com o tipo de fluido, volume e temperatura, nos casos dos vasos de pressão. Esses prazos correspondem à inspeção interna dos equipamentos protegidos pelas válvulas de segurança e/ou alívio. Assim, a inspeção e manutenção da válvula deve, preferencialmente, mas não obrigatoriamente, coincidir com a inspeção interna do vaso, porém, o prazo entre uma inspeção/manutenção e outra da válvula de segurança e/ou alívio não pode ultrapassar os prazos para inspeção interno do equipamento protegido, seja uma caldeira ou um vaso de pressão. Alguns vasos possuem categoria III, IV ou V, isto significa que sua inspeção interna deve ocorrer no máximo a cada 6, 8 ou 10 anos, respectivamente.

Nota: Algumas aplicações podem exigir menores prazos de inspeção da válvula de segurança e/ou alívio, se comparados aos prazos máximos estabelecidos pela NR 13.

Se o processo não tiver uma pressão de operação estável, podem ocorrer consecutivas aberturas da válvula. Como consequência, o valor da pressão de abertura vai ficando cada vez menor a cada nova solicitação de abertura requerida pelo processo, devido àquela instabilidade na pressão de operação, além de vazamentos pelas superfícies de vedação da válvula, desgastes nos componentes de guia, relaxamento e fadiga da mola. Essa fadiga pode diminuir o valor da pressão de abertura gradativamente, ou seja, pode ocorrer a abertura da válvula com a mínima oscilação na pressão de operação. Quanto menor for o espaço de tempo entre uma abertura e outra, para uma válvula de castelo do tipo fechado, por exemplo, maior será a redução no valor da pressão de abertura, além de aumentar a possibilidade de ocorrer fadiga, e até ruptura, da mola por excessos de ciclos. Após a pressão de abertura ter sido alcançada e levemente excedida, uma mola já fadigada pode causar um aumento no valor da pressão de fechamento, isto é, a válvula de segurança e/ou alívio volta a fechar num valor muito próximo da pressão de operação. Ela pode até não fechar, caso a válvula ainda esteja aberta quando a pressão embaixo do suporte do disco coincidir com a pressão de operação devido àquela fadiga da mola. O fechamento da válvula só irá ocorrer se a pressão de operação for intencionalmente reduzida. Quando a pressão de fechamento coincide com a pressão de operação a válvula fica com intensa vibração de seus componentes móveis, sendo este um fenômeno operacional denominado simmering.

Valores ainda menores de pressão de abertura podem ser conseguidos quando aquela instabilidade opera-

cional está associada com altas temperaturas, tais como vapor d'água saturado ou superaquecido, principalmente se o castelo da válvula for do tipo fechado. A aplicação de castelo do tipo aberto só é obrigatória no caso de superaquecedores de caldeiras quando a temperatura do vapor superaquecido for superior a 232°C (ASME I – PG.68.6). Mas, a boa prática recomenda, sempre que possível, utilizar o castelo mesmo do tipo aberto quando o fluido for vapor d'água saturado, devido à maior troca térmica entre a temperatura da mola e o ambiente externo. Isto evita que o valor da pressão de abertura seja reduzido em função da temperatura do fluido que causa o relaxamento da força da mola.

O uso de castelo fechado também pode causar a quebra ou fadiga da mola por excesso de temperatura devido à falta de troca térmica, principalmente quando ocorrem consecutivas aberturas num curto espaço de tempo. A quebra de alguma das primeiras espiras inferiores é muito provável de ocorrer.



A foto ao lado, mostra uma mola com a espira quebrada:

Mola em aço carbono quebrada, utilizada em vapor d'água saturado a 170 °C, e a válvula possuía castelo do tipo fechado.

O custo com a parada imprevista de um processo ou de toda uma planta industrial pode chegar a milhões de reais para a manutenção corretiva de uma válvula de segurança e/ou alívio. Por exemplo, uma caldeira tem que despressurizar e resfriar lentamente para que a válvula de segurança possa ser retirada para manutenção. Em manutenção ela pode levar de 4 a 8 horas, dependendo dos danos e do tamanho da válvula, posteriormente, tem o retorno da válvula para a caldeira. Quando esta instalação já está finalizada e a caldeira é liberada, sua curva de aquecimento pode chegar também a um período de 8 a 10 horas para que ela possa “entrar em linha” ou ficar “em paralelo” com outras caldeiras novamente e reiniciar sua produção. O tempo desta curva de aquecimento pode depender da capacidade de vaporização da caldeira, além de sua

pressão e temperatura operacional. No caso específico de uma caldeira seja ela flamotubular ou aquatubular, o prazo máximo estabelecido para manutenção das válvulas de segurança não pode ultrapassar a dois anos. Mas, a cada 12 meses elas obrigatoriamente deverão ter sua pressão de abertura verificada e ajustada novamente, se necessário.

Se for uma caldeira de recuperação química esse prazo de manutenção das válvulas de segurança que protegem o corpo da caldeira (balão de vapor e superaquecedor) é de no máximo 18 meses, bem como a inspeção interna da caldeira. Para um vaso de pressão onde, dependendo da categoria do vaso, a inspeção interna tem prazos maiores para evitar maiores prejuízos com uma parada para manutenção corretiva, o mais ideal é a manutenção preventiva com prazos menores previamente programados pelo próprio usuário. Os prazos determinados pela NR 13 são de acordo com o fluido que está no equipamento protegido, porém, se a válvula estiver instalada num ambiente agressivo (corrosivo), prazos menores devem ser previstos pelo usuário. As condições físicas dos fluidos para diferenciar as categorias na NR 13 são padronizadas, pois consideram somente volume, pressão e temperatura, daí definem seu grau de periculosidade, isto é, o grau de potencial de risco do fluido. Porém, o ambiente externo, se agressivo ou não, é particular para cada indústria,



com isto, os prazos não poderão ser os mesmos. O usuário deve adequar esses prazos às suas condições, mas sempre respeitando os limites máximos estabelecidos pela NR 13. Assim, quando o usuário julgar que seu ambiente é agressivo, aqueles prazos máximos deverão ser revistos e adequados, com isso, a confiabilidade na segurança do processo através da válvula de segurança e/ou alívio será maior.

Observação: É recomendado por algumas seguradoras que as válvulas que protegem um vaso categoria III, por exemplo, devam ser submetidas ao teste on-line pelo menos a cada 24 meses para verificar e/ou ajustar sua pressão de abertura, se o fluido for limpo. Para fluidos sujos contendo particulados sólidos, etc, é recomendado a inspeção e manutenção completa da válvula a cada 24 meses. O mesmo raciocínio deve ser adotado para as válvulas de segurança e/ou alívio que protegem os vasos categorias IV e V.

Quanto maior for o prazo entre inspeções, maior será a dificuldade para a manutenção, além de maior possibilidade de travamento dos componentes móveis (suporte do disco em relação à guia, e haste em relação ao parafuso de ajuste da mola e/ou apoio superior da mola), comprometendo a operação correta da válvula e, conseqüentemente, a segurança do processo. Prazos longos podem causar o travamento de componentes roscados, tais como, parafusos, porcas e bocal. Pinos de articulação da alavanca também podem ser travados quando a válvula é instalada em ambientes corrosivos e raramente operada manualmente, tornando-a inoperante numa situação de emergência.

Observação: Uma visualização e inspeção da válvula, ainda em operação, e imediatamente antes da parada do equipamento para a retirada para manutenção, é recomendado.

Toda válvula de segurança e/ou alívio quando desmontada deve ser preenchido um check-list e com este ser montado um histórico de manutenção. Com esse histórico, o usuário pode acompanhar as peças que mais necessitaram de substituição, período que a peça suportou às condições operacionais, o maior prazo que a válvula pôde operar sem problemas, etc., e a partir daí determinar um prazo ideal, desde que não seja superior ao máximo estabelecido pela NR 13.

Se a pressão de ajuste e o funcionamento não se alterarem em três manutenções consecutivas, o usuário pode aumentar para 3 anos e assim por diante até obter um prazo compatível com a qualidade da válvula e do local de aplicação. Geralmente os prazos para inspeção de válvulas de segurança e/ou alívio variam de 1 a 5 anos. Quando o processo utiliza prazos menores para inspeção das válvulas de segurança e alívio, não há necessidade de coincidência com a inspeção interna dos vasos. O melhor prazo pode ser estabelecido pelo próprio usuário através de um histórico de manutenção da válvula de acordo com sua aplicação no processo. Aplicações semelhantes também podem ser utilizadas como referência para limitar esses prazos.

Portanto, o usuário colocar para suas válvulas de segurança e/ou alívio os mesmos prazos de inspeção e manutenção que é colocado para a inspeção interna dos vasos de pressão é arriscado (embora permitido pela NR 13). As válvulas de segurança e/ou alívio são instrumentos sensíveis e perdem o valor do ajuste da pressão com certa facilidade, dependendo do processo, projeto da válvula, materiais de construção, etc. O ideal é o usuário partir de um prazo seguro (1 a 2 anos, por exemplo) e antes de desmontar e revisar pela primeira vez, fazer um teste de recepção.

2.2.1 – Teste de Recepção

Esse teste é feito quando a válvula é retirada de uma caldeira ou vaso de pressão e colocada numa bancada

para verificar os valores encontrados de sua pressão de ajuste sem que qualquer alteração seja feita no parafuso de ajuste da mola, no posicionamento do (s) anel (eis) do bocal e da guia (quando aplicável). Assim, o teste de recepção deve ser feito sem rompimentos dos lacres, alterações na pressão de ajuste e no posicionamento dos anéis. Neste teste é verificada também a vedação da válvula.

Com esse teste pode ser determinado, devido às próprias condições operacionais da válvula, se o prazo de inspeção deve ser mantido ou alterado. O teste de recepção é a melhor referência quanto à necessidade de reduzir os prazos de inspeção e manutenção da válvula ou até mesmo manter ou estender o prazo atual até os prazos máximos determinados pela NR 13.

Esse teste é a única forma de saber se a válvula estava operante e de forma confiável de acordo com as necessidades do processo. Conforme recomendado pelo API RP 576, a válvula é considerada travada e deve ser reprovada nesse teste se sua abertura não ocorrer até 50% acima da pressão de ajuste, independentemente se o fluido for compressível (gases e vapores) ou se este for líquido.

Nota: Até o valor de porcentagem mencionado acima, a válvula poderá ter sua pressão de ajuste requerida pelo processo reajustada para o valor original. Ela deve ser reprovada também se o valor da taxa de vazamento verificada for superior aos valores máximos aceitos pelo API Std. 527, numa pressão equivalente a 90% da pressão de ajuste, ou 5 psi abaixo desta, o que for maior.

A vantagem desse teste é verificar qual seria o desempenho operacional da válvula (abertura, alinhamento dos internos, fechamento e vedação), se ela tivesse que atuar no processo. Assim, o valor “como encontrado” na bancada pode ser diferente do que seria “esperado” no processo.

Para serem submetidas ao teste de recepção, as válvulas de segurança e/ou alívio devem ser retiradas cuidadosamente da instalação, e também com cuidado, elas devem ser transportadas na posição vertical e com os flanges protegidos, até a oficina de manutenção, ou seja, este é o mesmo cuidado que deve ser exercido para o transporte da oficina até instalação quando a válvula é nova ou revisada.

Quando a válvula apresenta um bom desempenho no teste de recepção, além de boas condições físicas e com as variáveis operacionais mantidas, os prazos estabelecidos para cada inspeção não precisam ser alterados. Esses prazos podem ser elevados para acompanhar os máximos estabelecidos pela NR13 para o equipamento protegido. Os prazos também podem ser elevados quando o histórico operacional da válvula indicar um desempenho confiável. As aplicações semelhantes também podem ter os mesmos prazos. Mas, os prazos devem ser reduzidos quando houver várias ocorrências operacionais ou quando o teste de recepção apresentar um resultado insatisfatório, tanto para a pressão de ajuste e/ou vedação.

Nas válvulas de segurança e/ou alívio piloto operadas o teste de recepção deve ser feito no conjunto montado (válvula principal e válvula piloto).

O teste de recepção deve ser feito no máximo três vezes para se confirmar os resultados obtidos.

A aprovação no teste de recepção dispensa a desmontagem quando o histórico de operação da válvula for confiável, porém, isto não substitui a manutenção dentro dos prazos máximos estabelecidos pela NR13. Por outro lado, o teste de recepção pode ser dispensado quando há obstrução pelo fluido no bocal, sistema de guia e conjunto do castelo, além de corrosão excessiva nessas peças.

O teste de recepção, quando for para verificar a estanqueidade da válvula, deve ser feito somente na máxima pressão de operação do equipamento, porém, limitada a 90% da pressão de ajuste ou 5 psi abaixo desta, o



que for maior. A elevação da pressão até a abertura da válvula na pressão de ajuste pode causar vazamentos se a garganta do bocal ainda contiver resíduos do fluido de processo. Para evitar esse tipo de problema, a válvula deve ser cuidadosamente submetida à lavagem e secagem internamente antes do teste.

A abertura da válvula de segurança e/ou alívio deve ser verificada primeiro, pois é necessário um valor de referência para aqueles 90% ou 5 psi.

Nota: As válvulas balanceadas com fole, quando submetidas ao teste de recepção, deverão ter a integridade do fole testada com a válvula completamente ainda montada. Após a desmontagem completa da válvula, o fole pode ser submetido ao teste com líquido penetrante e ao teste individual de pressão a 5 psig (0,35 kgf/cm²) numa bancada de testes. Nesse teste, o fole é submetido internamente à pressão de ar comprimido ou nitrogênio, com revelação externa com o uso de espuma de sabão.

Existem padrões de reconhecimento mundial que abordam sobre a inspeção e testes de vedação em válvulas de segurança e/ou alívio, como, por exemplo, o API RP 576 e o API Std. 527, respectivamente. No Brasil, adota-se a NR 13 como a principal referência para inspeção, principalmente em relação aos prazos máximos estabelecidos para essa manutenção. Porém, a NR 13 não cita valores de tolerância de vazamentos, tolerâncias de pressões de ajuste, valores de sobrepressão, valores de acumulação, etc. Para esses itens, o usuário deve seguir a norma de construção do vaso de pressão ou caldeira. Para a inspeção da válvula em bancada, por exemplo, o teste de vedação, ele deve adotar as recomendações, procedimentos e tolerâncias de vazamento do fabricante quanto ao padrão de inspeção que este seguiu. Este padrão pode ser, por exemplo, o API Std. 527.

Em aplicações sujeitas à corrosão, os prazos podem ser máximos quando a válvula é instalada em conjunto com disco de ruptura, porém, o material do disco também deve suportar aos efeitos corrosivos do fluido de processo. Deve ser mantido um histórico das válvulas para cada posição na instalação e estabelecer um período de tempo máximo que a válvula pode operar regularmente de acordo com os prazos máximos estabelecidos pela NR13.



Na figura ao lado é mostrada a instalação de uma válvula de segurança e alívio em conjunto com disco de ruptura, válvula de excesso de fluxo e manômetro delator, no espaço entre o disco de ruptura e a válvula de segurança e alívio.

É recomendado pelo API RP 576 que em todas as vezes que a válvula de segurança e alívio for retirada para manutenção, o disco de ruptura seja substituído por um novo, conforme é citado no parágrafo 4.9.3 e 6.2.2.1.

Em aplicações sujeitas à corrosão, os prazos podem ser máximos quando a válvula é instalada em conjunto (em série) com disco de ruptura (conforme aparece na figura ao lado), porém, o material do disco também deve suportar aos efeitos corrosivos do fluido de processo. Deve ser mantido um histórico das válvulas para cada posição na instalação e estabelecer um período de tempo máximo que a válvula pode

operar regularmente de acordo com os prazos máximos estabelecidos pela NR13.

Observação: Um desenvolvimento de pressão entre o disco de ruptura e a entrada da válvula de segurança pode alterar a pressão de rompimento do disco quando ele é instalado a montante da válvula. Da mesma forma, qualquer desenvolvimento de pressão no espaço entre o flange de saída da válvula e o disco de ruptura (quando ele é instalado a jusante), pode alterar a pressão de abertura da válvula quando esta é de projeto convencional. A instalação do disco de ruptura no lado a montante da válvula de segurança e alívio permite fazer teste de abertura no local da instalação. Para esse teste é aplicado ar comprimido ou nitrogênio no espaço entre o disco de ruptura e a entrada da válvula. Quando há a necessidade que um disco de ruptura seja instalado a jusante da válvula, é recomendado que esta seja do tipo balanceada com fole para evitar que a pressão de abertura seja elevada devido a vazamentos por suas superfícies de vedação. Ainda com o disco de ruptura instalado à jusante da válvula de segurança e/ou alívio, o espaço entre o disco de vedação da válvula e o disco de ruptura tem que ser ventado ou drenado para prevenir o acúmulo de pressão ou um meio apropriado deverá ser fornecido para assegurar que um acúmulo de pressão não afetará a operação correta de uma válvula de segurança e alívio de projeto convencional.

Quando a válvula é reprovada no teste de recepção, seja no valor da pressão de ajuste e/ou no teste de vedação, ela deve ser completamente desmontada e feita uma inspeção minuciosa em todos os seus componentes internos quanto à erosão, desgaste e corrosão nas superfícies de vedação do disco e bocal, e nas superfícies de deslizamento da guia e suporte do disco (regiões de contato esféricas entre disco e suporte do disco), além das espiras da mola. As peças que forem reprovadas devido às condições operacionais ou por incompatibilidade química com o fluido de processo, devem ser substituídas e o material de construção deve ser analisado para que na próxima manutenção um material mais adequado a essa condição de processo seja providenciado.

Esse teste é recomendado para ser feito somente nas válvulas que operam sob condições estáveis com vapor d'água, ar comprimido, gases ou outros fluidos limpos e que não acumularam depósitos no bocal ou suas partes internas. Por outro lado, o teste de recepção pode ser dispensado e partir direto para a manutenção da válvula quando: há obstrução pelo fluido no bocal, sistema de guia e conjunto do castelo; vazamento pelas superfícies de vedação, principalmente se o fluido for vapor d'água saturado; além de corrosão em todas essas peças mencionadas.

Processos estáveis raramente solicitam a atuação das válvulas de segurança e/ou alívio. Porém, uma válvula que permaneceu a maior parte do tempo da campanha fechada e vedando não significa uma válvula confiável para cumprir sua função e garantir a segurança de pessoas e equipamentos quando for solicitada para atuar.

Válvulas que operaram com vapor d'água saturado, principalmente, estão sujeitas a erosão nas superfícies de vedação, o que pode causar excessivo vazamento durante um teste de recepção. Assim, as válvulas que operam com esse tipo de fluido e na época da retirada para manutenção estavam vazando, no teste de recepção podem proporcionar um resultado enganoso, principalmente, em relação à pressão de ajuste devido àquela erosão, além de um possível travamento dos componentes móveis devido à temperatura diferencial causada por vazamentos.



A característica do vapor d'água saturado ser um fluido erosivo faz com que a partir de determinadas pressões, em valores elevados, o uso de materiais de baixa dureza para disco e bocal, tais como, inox 304 ou 316 não sejam compatíveis com a aplicação para esse tipo de fluido. Em pressões de ajuste acima de 900 psig (63,3 kgf/cm²), as superfícies de vedação do disco e bocal devem ser revestidas com Stellite 6®, ou pelo menos o disco deve ser fabricado num material duro (aço inoxidável forjado, 19.9 DL, por exemplo), AISI 347, AISI 422 temperado e revenido ou Inconel® X 718. Este valor de limite de pressão de ajuste, em relação ao material de construção do disco e bocal, pode variar entre diferentes fabricantes e modelos de válvulas. Alguns fabricantes recomendam materiais duros ou revestimentos a partir de 600 psig (42,2 kgf/cm²) de pressão de ajuste.

A tabela 2.2 abaixo mostra os prazos máximos estabelecidos pela NR 13 para estabelecimentos que não possuem (Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos):

Categoria do vaso	Exame interno
I	3 anos
II	4 anos
III	6 anos
IV	8 anos
V	10 anos

Um vaso categoria III, IV ou V, por exemplo, tem longos prazos para inspeção interna, pois operam com fluidos que possuem menor grau de risco, com isto a NR 13 exige que as válvulas de segurança e/ou alívio tenham sua inspeção e manutenção não obrigatoriamente coincidindo, mas tendo um prazo acompanhando no máximo, com a inspeção interna dos equipamentos por elas protegidos. Mas, longos períodos que não exigem a atuação dessas válvulas devem ser revistos pelo usuário e prazos menores do que aqueles estabelecidos pela NR 13 devem ser determinados. Um acionamento manual da alavanca (para impedir o travamento dos componentes móveis) e/ou o teste on-line para confirmar e/ou aferir a pressão de ajuste, são recomendados.



As categorias I e II da NR 13 exigem que a inspeção das válvulas de segurança e/ou alívio também ocorra junto com a inspeção interna do vaso, porém, devido à periculosidade do fluido em função da pressão, temperatura e volume exigir um prazo menor de inspeção, em relação às categorias III, IV, e V, tanto para o vaso quanto para a válvula, a confiabilidade na segurança do processo fica praticamente garantida com aqueles prazos. Especificamente no caso dos vasos categorias I e II, o usuário pode reduzir ainda mais aqueles prazos mostrados na tabela. Embora as válvulas de segurança e/ou alívio que protegem os vasos

categorias III, IV e V, tem praticamente as mesmas características construtivas das válvulas que protegem os vasos categorias I e II.

A foto anterior mostra uma válvula montada na bancada para ser submetida ao teste de recepção para que seja verificada a pressão de ajuste:

Válvula de segurança como retirada do processo e montada numa bancada de testes, para ser submetida ao teste de recepção para verificação da pressão de ajuste e vedação. Esta válvula operou com vapor d'água saturado, com pressão de ajuste de 4,2 kgf/cm²:

A válvula poderá abrir numa pressão menor do que realmente abriria no processo devido à densidade do ar comprimido ou do nitrogênio, na bancada, ser menor do que a do vapor saturado, no processo. A menor pressão de ajuste também ocorre devido ao fato de que a pressão começa a atuar na área do anel do bocal, multiplicando a força de abertura. Com isto a força que deveria ser gerada na área de vedação efetiva do disco e bocal para abrir a válvula, irá ocorrer numa área maior, que é a área do anel do bocal. Sendo que esta área é maior, o valor da pressão de ajuste ocorre num valor menor, antecipando a abertura da válvula. Este comportamento na bancada também é comprovado quando a válvula operou no processo com água, porém, é submetida ao teste de recepção com ar comprimido ou nitrogênio.



A foto ao lado, mostra a mesma válvula da foto anterior montada na bancada para ser submetida ao teste de recepção para que seja verificada a vedação: Teste de vedação executado durante o teste de recepção.

A válvula só pode ser aprovada no teste de recepção e voltar para a instalação, se a pressão de ajuste estiver correta (ou dentro das tolerâncias e reajustada), e se a tolerância de vazamento estiver dentro dos limites permitidos pelo API Std. 527, e de acordo com o procedimento utilizado. A aprovação no teste de recepção não dispensa a desmontagem, inspeção e manutenção da válvula caso esse teste venha a ocorrer no limite do prazo estabelecido pela NR 13.



A foto ao lado, mostra todos os componentes de uma válvula de segurança e alívio:

Componentes de uma válvula de segurança e alívio desmontados após reprovação no teste de recepção. Agora eles poderão ser jateados e inspecionados.

As peças jateadas com micro esferas de vidro devem ser limpas com água corrente e secas posteriormente com ar comprimido, antes de serem lapidadas e/ou montadas.

2.2.2 – Conferindo o Alinhamento da Guia

Outro ponto importante durante a manutenção de uma válvula de segurança e/ou alívio é a verificação do alinhamento da guia da válvula. Esta peça tem a função de transmitir de forma alinhada os movimentos verticais do disco e suporte do disco em relação ao bocal, durante os ciclos de abertura e fechamento. Durante o ciclo operacional de uma válvula de segurança e/ou alívio, a tendência do fluxo é "empurrar" o conjunto suporte do disco e guia para o lado do flange de saída. Contudo, pode haver um desalinhamento entre o furo



da guia para passagem do eixo do suporte do disco (eixo retentor da haste), e o diâmetro maior (diâmetro externo da aba) da guia, além de afetar a perpendicularidade destes (diâmetro do furo e diâmetro maior da aba da guia) com o paralelismo de suas faces (da guia). Durante a inspeção e manutenção da válvula, este paralelismo e perpendicularidade devem ser verificados e corrigidos, se necessário.

O alinhamento perfeito entre o disco e o bocal depende da precisão destas peças (guia e suporte do disco). Como ela é montada entre o corpo e o castelo, todos os componentes móveis, incluindo os superiores à ela, devem ficar perfeitamente alinhados de forma paralela e perpendicular à superfície de vedação do bocal. O sistema de guia tem a função de manter o alinhamento dos componentes (suporte do disco e disco)

em relação à superfície de vedação do bocal, antes, durante e após o ciclo operacional completo da válvula.

A foto ao lado, mostra uma guia montada no tórno para ser verificado o paralelismo de suas faces:

Nesta foto vemos uma guia montada entre pontas e as faces de apoio tendo seu paralelismo verificado com um relógio comparador, além da perpendicularidade destas faces em relação ao furo por onde desliza o eixo do suporte do disco (eixo retentor da haste). Neste procedimento é verificado, além do paralelismo entre as faces, também a concentricidade do diâmetro maior da guia em relação ao diâmetro do furo por onde desliza o eixo retentor da haste (eixo do suporte do disco).

Uma tolerância de até 0,05 mm é permitida na perpendicularidade entre as faces em relação ao furo para deslizamento do eixo do suporte do disco. A verificação da concentricidade do diâmetro maior da guia (aba), pode ser influenciada pelo diâmetro do furo, caso este esteja com desgaste por atrito com o eixo do suporte do disco, em função dos ciclos operacionais da válvula. Uma tolerância máxima de 0,05 mm também é permitida.

Caso as faces da guia não estejam paralelas entre si é permitida uma usinagem no valor máximo de desvio verificado através do relógio comparador, sem comprometer sua função na válvula. O diâmetro do furo da guia, no qual desliza o retentor da haste, e o diâmetro maior da guia que encaixa entre o corpo e o castelo, não permitem nenhuma usinagem. Se os dois diâmetros estiverem fora de paralelismo e perpendicularidade entre si, e/ou folga excessiva, a guia deverá ser substituída.

Nota*: Esta falta de paralelismo e perpendicularidade das faces da guia em relação ao furo por onde desliza o eixo do suporte do disco, pode ocorrer devido ao aperto desigual e cruzado das porcas de fixação entre o castelo e o corpo, além da pressão e temperatura do fluido quando aliviando através da válvula. Uma tubulação de descarga pesada e mau suportada também pode causar essa falta de paralelismo e perpendicularidade nas faces da guia em relação ao eixo do suporte do disco.

Caso seja necessário, o eixo do suporte do disco também deverá ter seu alinhamento e perpendicularidade verificados no tórno. Nesta verificação a superfície em raio na face inferior do suporte do disco deve girar no mesmo centro e perpendicular ao eixo retentor da haste.

Nas duas fotos a seguir, são mostrados os conjuntos de guia e suporte do disco:





2.3 – Corrosão nos Componentes

A corrosão é um processo causado pela incompatibilidade química do fluido de processo com os materiais de construção dos componentes da válvula. Geralmente os materiais de construção dos componentes internos de uma válvula, para qualquer tipo de válvula, seja ela para bloqueio, controle, alívio de pressão, etc. devem ser iguais ou mais nobres que os materiais empregados para a construção do corpo e castelo, porém, jamais em aço carbono ou ferro fundido. Numa válvula de segurança e/ou alívio, o bocal e o disco são sempre em aço inoxidável, independentemente do fabricante, do projeto e da bitola da válvula sempre que o corpo, o castelo e a mola forem em aço carbono ligado, aço liga (ferrítico) ou aço inoxidável.

A razão para que os materiais de construção dos componentes internos sejam mais nobres do que os materiais de construção do corpo e castelo é devido aos componentes internos da válvula estarem sempre em contato direto com o fluido e, devido aos movimentos de abertura e fechamento, eles estão expostos às variações na velocidade de escoamento. Desta forma, eles estão mais propícios à corrosão e erosão, respectivamente, do que o corpo e castelo. Portanto, o corpo e castelo das válvulas (independentemente do tipo, se segurança, gaveta, globo, controle, etc), toleram um desgaste por corrosão ou erosão, maior do que poderia ser tolerado pelos componentes internos e sem comprometer a operação e vedação da válvula.

As superfícies de vedação não toleram a mínima corrosão, assim, quando a aplicação for corrosiva a vedação deverá ser, (sempre que possível) do tipo resiliente, ou seja, macia e fabricada num material compatível com as características químicas, além dos limites de temperatura operacional do fluido, e área do bocal em relação à pressão de ajuste. Com isto, os custos da manutenção e da própria válvula ficam menores, pois não há necessidade de um material mais nobre. Além do tempo gasto com manutenção ser menor, por não haver a necessidade de lapidar o disco, a lapidação do bocal não precisa ter o mesmo grau de acabamento que deveria se a vedação fosse metálica. Normalmente aplicações mais corrosivas exigem materiais inertes a ataques químicos, um exemplo muito comum é o PTFE. Um anel "O" em PTFE é inserido no disco para que seja efetuada a vedação com o bocal. Caso exista algum ponto de corrosão na superfície de vedação do bocal, ele é anulado quanto aos seus efeitos sobre a estanqueidade da válvula, devido à maleabilidade do PTFE ou outro material macio que possa ser quimicamente inerte ao fluido. Uma válvula de segurança e/ou



alívio com vedação resiliente permite que menores diferenciais de pressão entre a de operação e a de ajuste possam existir, aumentando o rendimento de um processo. Especificamente no caso do PTFE ele consegue manter uma pressão diferencial menor entre a de operação e a de ajuste, somente quando o valor da pressão de ajuste é superior a 100 psig (7,03 kgf/cm²). Esta vantagem é limitada pela temperatura do fluido e pela área do bocal. A temperatura operacional deve ser limitada a -101 a 260°C para o PTFE. O PTFE é um termoplástico. Quando a sede resiliente é composta por elastômeros (borrachas), os limites de temperatura podem variar de (dependendo além do material do anel "O", também da área do bocal e pressão de ajuste da válvula): KALREZ® de 32 a 260°C; BUNA-N - 45 a 93°C; SILICONE - 45 a 204°C e VITON® de 32 a 204 °C. Enquanto a pressão de ajuste vai tendo seus valores reduzidos conforme a área do bocal é elevada. Outra aplicação muito comum para a utilização de sedes resilientes é para fluidos de difícil confinamento, tais como, Hidrogênio, Hélio, gases tóxicos, inflamáveis, contendo particulados sólidos, etc.

A corrosão nas espiras de uma mola pode ser ainda mais agravante quando a válvula abre. O que ocorre é que, durante a abertura, a força exercida pela pressão do fluido dentro da garganta do bocal é multiplicada para um valor muito maior quando essa mesma pressão, agora num valor também um pouco maior (sobrepessão), começa a atuar dentro da câmara de força. É devido a esta área embaixo da face do suporte do disco, ser maior do que a área de vedação efetiva entre disco e bocal, que o curso de elevação do disco consegue vencer a crescente força exercida pela mola no sentido descendente. Uma mola com as espiras corroídas tende a reduzir gradativamente o valor da pressão de ajuste da válvula ou pode até quebrar após o início do curso de abertura do disco. A força armazenada por uma mola quando a válvula está totalmente aberta e aliviando é muito maior do que quando ela estava fechada, com isto as chances de quebra da mola aumentam quando a válvula abre. O ambiente externo (atmosfera corrosiva) pode influenciar nos prazos, mesmo que a NR 13 permita prazos maiores, por exemplo, categorias III, IV ou V.



A foto ao lado, mostra uma mola com as espiras corroídas e seu apoio superior:

A válvula de alívio à qual esta mola pertencia era ajustada para 4,2 kgf/cm² operando num sistema de tratamento de água para caldeiras. O ataque corrosivo consumiu mais de 40% do diâmetro do arame devido à incompatibilidade química do fluido de processo com o material de construção da mola.

Nota: A vida útil de uma mola é significativamente reduzida devido à corrosão causada por incompatibilidade química entre o fluido de processo (ou um ambiente corrosivo), e o material especificado para a construção da mola. O efeito corrosivo sobre a mola é potencialmente elevado quando ela é exposta à carga e já sofre com fadiga devido aos ciclos operacionais da válvula.

Ambientes corrosivos podem causar travamentos dos componentes móveis, tais como suporte do disco e guia ou haste, apoio superior da mola e/ou a haste, e parafuso de ajuste da mola, tornando a válvula inoperante. Todas as vezes que uma válvula se torna inoperante, a segurança de todo um processo fica comprometida. Uma válvula, quando instalada num ambiente corrosivo, deve ser retirada periodicamente para manutenção mesmo que não haja vazamentos pelas superfícies de vedação e/ou constantes aberturas.

Em condições operacionais que provocam constantes aberturas da válvula, as causas devem ser investiga-

das e corrigidas. Quando numa válvula de segurança e/ou alívio estilo convencional com castelo do tipo fechado, porém, com alavanca aberta ou mesmo em válvulas balanceadas com fole, o furo de alívio no castelo dessas válvulas, ou a alavanca aberta nas convencionais, permite que os componentes internos tenham contato com aquele ambiente corrosivo. Com isto o sistema de guia entre suporte do disco e a guia, além do contato entre o parafuso de ajuste da mola e haste podem causar corrosão (“corrosão galvânica” devido a diferentes materiais em contato), e, conseqüentemente, travamento. O fole apenas protege o sistema de guia e os componentes superiores, do fluido de processo, durante a descarga ou do fluido da contrapressão, porém, não os protege de ambientes corrosivos devido ao furo de alívio no castelo. Nesses casos, um prazo menor, tanto de inspeção quanto de manutenção da válvula, deve ser estabelecido pelo usuário.

2.4 – Obstrução do Bocal pelo Fluido de Processo

Fluidos que tendem a aderir nas superfícies dos componentes internos, sejam eles móveis ou fixos, podem acelerar um processo corrosivo, sendo que nos móveis pode causar seu travamento, tornando a válvula inoperante e comprometendo a segurança de todo um processo. Esses fluidos, por exemplo, podem cristalizar entre os entalhes e/ou rosca do anel inferior com a rosca do bocal, travando seus movimentos e dificultando a manutenção. Deste modo, a cada manutenção esses componentes devem ser completamente limpos, se possível, através de jateamento com micro esferas de vidro. Uma abertura manual periódica da válvula através de sua alavanca de acionamento auxilia a garantir os movimentos dos componentes móveis. Esse acionamento, manual deve ser evitado quando o fluido contiver particulados sólidos em suspensão, líquidos viscosos, etc., porém, nesses casos, prazos menores de inspeção e manutenção também devem ser estabelecidos. Assim, esta ação (abertura manual da alavanca), só deve ser executada quando o fluido for limpo para que depois não sejam danificadas as superfícies de vedação do disco e bocal. Algum particulado contido no fluido pode travar os movimentos de abertura e fechamento quando estes se alojam entre as superfícies de guia do suporte do disco e da guia propriamente dita, mantendo a válvula parcialmente aberta. Podendo também causar vazamentos se ficarem presos entre as superfícies de vedação.



Na foto ao lado, é mostrado um bocal do tipo reativo integral (full nozzle) que foi obstruído pelo fluido cristalizado:

Por outro lado, alguns fluidos que contenham particulados sólidos tendem a se alojar e aglomerar na região da garganta do bocal devido à falta de fluxo nessa região, ou seja, através do bocal de qualquer válvula de segurança e/ou alívio (incluindo o bocal de saída do vaso até a válvula), só há fluxo quando a válvula abre. Portanto, acúmulo de particulados nessa região pode ocorrer em processos cuja pressão de operação é estável, não exigindo a atuação da válvula de segurança e/ou alívio. Nesses casos, um acionamento manual da alavanca permite esse fluxo e, conseqüentemente, a limpeza daquela região, impedindo assim que a válvula se torne inoperante ou que tenha sua capacidade de vazão limitada a valores menores do que sua capacidade de vazão real. Sempre que houver a possibilidade do fluido acumular, dentro da garganta do bocal, a passagem daqueles particulados em alta velocidade



pode ocasionar vazamentos quando a válvula for acionada manualmente. Prevendo isso o usuário também deve estabelecer prazos menores de inspeção e manutenção da válvula de segurança e/ou alívio.



Na foto ao lado e junto com o bocal, pode-se notar a “bucha” que se formou dentro da garganta (área de passagem do bocal), devido à falta de fluxo (atuação da válvula), ou abertura manual através da alavanca:

Outro ponto crítico numa válvula de segurança e/ou alívio em relação à corrosão, é a região da rosca que fixa o bocal ao corpo, quando este último é fabricado em aço carbono (WCB). Se houver acúmulo de fluido, mesmo que moderadamente corrosivo nessa região, é a rosca do corpo que será danificada. Quando numa manutenção preventiva for detectado um princípio de corrosão nessa rosca é recomendado que seja feito um revestimento de solda (overlay) em aço inoxidável (eletrodo AWS E

309) para que aquele problema seja solucionado. Portanto, após este revestimento estar concluído, deverá existir uma camada mínima de 3 mm entre o corpo da válvula e o bocal.

Quando há corrosão nessa região, e dependendo de quanto for o valor da pressão de ajuste e tamanho da válvula, o bocal poderá ser expulso do corpo pela força da mola no momento da retirada da instalação. A maioria das válvulas de segurança e/ou alívio que operam com pressões de baixas a médias utilizam um bocal denominado “reativo integral” (full nozzle) e que é montado por baixo do flange de entrada. Por esta razão ele pode ser expulso do corpo (pela força da mola), quando válvula é retirada da instalação caso a rosca do corpo esteja corroída.

Nota: A região do bocal e disco é considerada como “Zona de Pressão Primária”, pois são as peças que contêm a pressão do fluido quando a válvula ainda está fechada. Essas são as peças que estão em contato direto com o fluido, estando a válvula fechada e vedando, ou aberta e aliviando. A região após as superfícies de vedação, incluindo o corpo e toda a região interna do castelo e capuz, é denominada “Zona de Pressão Secundária”. A Zona de Pressão Primária é projetada de acordo com a classe de pressão do flange de entrada, enquanto a Zona de Pressão Secundária é projetada de acordo com a classe de pressão do flange de saída.

2.5 – Vazamentos em Válvulas de Segurança e/ou Alívio

A instalação da válvula deve ser feita após uma limpeza correta na tubulação de saída do equipamento protegido, evitando que resíduos de materiais metálicos, principalmente, passem pelas sedes das válvulas em altas velocidades ou que fiquem presos entre elas no momento do fechamento. Suas consequências são ainda piores nas válvulas de segurança e/ou alívio que possuem sedes metálicas, incluindo aquelas com superfícies de vedação e bronze.

O vazamento nas superfícies de vedação do disco e bocal de uma válvula de segurança e alívio, principalmente quando operando com vapor d’água, além de ter um efeito erosivo sobre essas superfícies pode também causar travamento do suporte do disco, tornando a válvula inoperante devido ao diferencial de temperatura, devendo ser corrigido na primeira oportunidade. As características construtivas da válvula, o ajuste dos anéis, o transporte, a instalação e operação podem afetar sua vedação, danificando aquelas superfícies

e causando vazamentos.

Este vazamento resulta na perda excessiva de produto, além de causar um dano progressivo àquelas superfícies. Um vazamento excessivo pode também causar fadiga da mola, além de abertura prematura da válvula se o fluido for compressível, pois o fluido que vaza através dessas superfícies atua na área do anel inferior, reduzindo a força da mola.

O alinhamento perfeito de suas partes móveis, o perpendicularismo das superfícies de vedação em relação ao seu eixo vertical, planicidade óptica dessas superfícies, a escolha rigorosa dos materiais de construção para cada aplicação, permite uma vedação perfeita por um longo período, além de garantir a repetibilidade do ponto de ajuste.

A planicidade dessas superfícies deve estar dentro de um valor equivalente a uma banda de luz, considerando-se que este valor é igual a 11 milionésimos de polegada (0,00029 mm) de desvio em relação a um plano perfeito.

O vazamento de fluidos dentro de um processo industrial pode ir desde um custo elevado com o desperdício de fluidos, tais como, vapor d'água, ar comprimido ou água, até o pagamento de elevadas multas aos órgãos públicos por poluir o ambiente com fluidos tóxicos. Desta forma, um pequeno vazamento deve ser reparado imediatamente na primeira oportunidade.

Os vazamentos causam desperdício de produto, portanto, devem ser evitados quando detectado seu início, principalmente quando o fluido for vapor d'água saturado, pois seu vazamento é progressivo. Numa linha de vapor a detecção desse vazamento pelas sedes da válvula pode ser percebida quando, além de fumaça escapando pela saída da tubulação de descarga quando a válvula descarrega diretamente para a atmosfera, há um aquecimento na região do castelo ou na tubulação de descarga alguns metros após o flange de saída da válvula ou uma queda de pressão constante a montante (conexão de entrada da válvula de segurança e/ou alívio). Uma válvula instalada numa linha de vapor e que está com vazamento causa uma redução na temperatura do fluido. Se a função deste vapor é auxiliar no cozimento de algum produto ou até mesmo ter a função de aquecer um fluido dentro de um trocador de calor, por exemplo, uma redução na temperatura causa um aumento no tempo necessário, reduzindo a produção.

Esses danos nas superfícies de vedação também podem ocorrer devido ao mau posicionamento dos anéis de ajuste, principalmente o anel inferior, quando a válvula está operando com algum fluido compressível, como, por exemplo, gases e vapores. Quando este anel está posicionado corretamente, além de multiplicar a força exercida pela pressão do fluido, após o início da abertura da válvula, ele tem também a função de "amortecer" a força exercida pela mola, no sentido descendente sobre o bocal, no momento do fechamento. Esse amortecimento protege as superfícies de vedação contra impacto.

Um grande problema que se encontra nas indústrias é a confusão que alguns usuários fazem entre "pressão de operação" e "PMTA". Com isto, muitos deles permitem que seu processo trabalhe com a pressão normal de operação coincidindo com a PMTA daquele equipamento. Desta forma, a válvula abre consecutivamente, além de impedir seu fechamento e vedação, pois foi originalmente ajustada para atuar na PMTA. Pela falta de informação sobre a margem de pressão entre a pressão de operação e a PMTA, o usuário acaba por aumentar a pressão de ajuste da válvula e assim fazendo com que ela pare de abrir, porém, com essa atitude



a válvula começa a atuar numa pressão maior que a PMTA e expondo o equipamento protegido a uma zona de risco. Os vasos de pressão são projetados para operar normalmente numa pressão de aproximadamente 10% abaixo da PMTA, deste modo, além de ser mantida a segurança do equipamento, ainda permite o ciclo operacional completo da válvula de segurança e/ou alívio. Com esta aproximação das duas pressões há um desequilíbrio entre a força de abertura exercida pela pressão do fluido embaixo do disco em relação à força exercida pela mola sobre o disco, como consequência, há uma dificuldade maior de ocorrer uma vedação hermética e satisfatória.

Quando a válvula trepida, seja para abrir ou para fechar, ocorre contato físico entre disco e bocal. Sendo que este contato ocorre em superfícies que são extremamente planas e lapidadas, aquele contato físico causa danos e, conseqüentemente, vazamentos. Se o fluido for líquido ou vapor d'água saturado, o vazamento é mais progressivo do que no vapor superaquecido ou em ar comprimido. Uma manutenção preventiva assim que este vazamento é detectado, além de evitar sua progressão, também evita fadiga da mola e travamento dos componentes móveis. Isto porque se o fluido for vapor d'água saturado, por exemplo, esse vazamento tornar-se-á progressivo, causando erosão nas superfícies de vedação do disco e bocal, além de erosão também no anel inferior e face inferior do suporte do disco. O custo com a compra para troca dessas peças pode não viabilizar a manutenção da válvula. Aquele travamento pode ocorrer por diferencial de temperatura atuando entre o suporte do disco e a guia, principalmente em aplicações com altas pressões e altas temperaturas. Esse diferencial de temperatura pode causar uma dilatação térmica desigual no suporte do disco e daí seu travamento com a guia. A especificação de materiais mais nobres apropriados para altas temperaturas, tais como Monel®, além de outras ligas à base de Níquel e Cobre, também evitam esses possíveis travamentos.

Uma caldeira que utiliza gás ou óleo como combustível, por exemplo, a pressão de operação é bastante estável, variando apenas por variações no consumo do vapor produzido. Numa caldeira que utiliza madeira como combustível (caldeira de biomassa), na qual a madeira pode entrar na forma de cavacos, cascas ou pó, a taxa de queima e a temperatura são variáveis, conseqüentemente, haverá variações na pressão de operação. O poder calorífico da madeira varia se ela entra na caldeira na forma de cavaco, casca ou pó, variando também se ela estiver seca ou úmida. A madeira estando seca produz muito mais calor e queima com mais eficiência. A pressão de operação deve ser mantida a mais estável possível para que sejam evitadas constantes aberturas da válvula por oscilações no processo, sejam essas oscilações causadas pela demanda ou pelo consumo do fluido que passa pela válvula. Constantes aberturas da válvula, por excessivas oscilações na pressão de operação ou erros no ajuste em bancada, fazendo com que o valor da pressão de ajuste fique muito próximo da pressão de operação, são as causas principais. Armazenamento, transporte, manuseio e instalação inadequados também podem ser responsáveis por vazamentos em válvulas de segurança e/ou alívio, pois causam danos às superfícies de vedação, além de alterar a tensão da mola e, conseqüentemente, reduzindo o valor da pressão de ajuste.

Quanto maior for o diferencial de pressão entre a pressão de operação e a pressão de ajuste da válvula, mas compatível com a segurança e eficiência do processo e respeitando-se o valor da PMTA do vaso, menores serão as chances de vazamento e/ou aberturas prematuras da válvula.

2.5.1 – Principais Causas de Vazamentos

Abaixo estão listadas as principais causas de vazamentos em válvulas de segurança e/ou alívio:

Superfícies de Vedação Danificadas - A principal causa de vazamentos em válvulas de segurança e/ou alívio é o dano que ocorre nas superfícies de vedação entre disco e bocal. Fluidos que teoricamente poderiam ser limpos podem arrastar particulados sólidos tais como escamas de solda, limalhas, pedaços de juntas, eletrodos, etc. e que quando são aliviados pela válvula passam em alta velocidade e danificam as superfícies de vedação. O próprio vapor d'água saturado, apesar de ser considerado um fluido extremamente limpo, pode causar erosão nas superfícies de vedação quando este passa em alta velocidade por aquela região. O efeito erosivo do vapor saturado é ainda pior do que o do vapor superaquecido. Isto porque praticamente 50% do vapor saturado contém água e que é arrastada durante o ciclo de alívio pela válvula. Esta (a água), por ser incompressível, provoca erosão nas superfícies de vedação de discos e bocais, principalmente quando construídos em inox 304 ou 316.

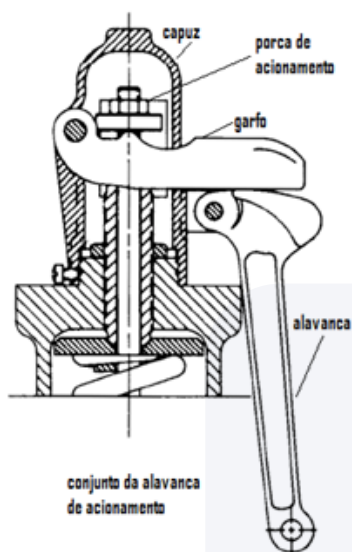
- Mal ajuste de anéis podendo causar um longo diferencial de alívio após a abertura da válvula, fazendo com que a pressão de fechamento coincida com a (ou se aproxime muito da) pressão de operação. Estes ajustes são particulares para cada fabricante, modelo e tamanho de válvula, e muitas vezes particulares para determinadas condições operacionais. A densidade e o volume do fluido, em relação à capacidade de vazão real da válvula, podem influenciar no posicionamento deste (s) anel (eis). O usuário jamais deve utilizar o ajuste de anéis de um determinado fabricante como referência em válvulas de outros fabricantes;

- Mal ajuste da porca de acionamento da haste. Se após o processo de alívio pela válvula, esta porca encostar-se no garfo da alavanca e reduzir a força de fechamento da mola sobre o disco de vedação. O usuário pode travar esta porca com uma contra-porca. O uso de contra-porca é mais seguro do que cupilhas!

A porca de acionamento da haste deve ser corretamente travada, seja através de um contra-pino (cupilha) em aço inoxidável ou uma contra-porca, além de ser mantida uma folga de 1,5 mm em relação ao garfo da alavanca. Se não houver folga nessa região poderá ocorrer vazamento mesmo na pressão de operação com as superfícies de vedação corretamente lapidadas, além de uma pressão de abertura num valor menor do que aquele que foi estabelecido em bancada. O usuário deve ficar atento à montagem desta porca, não só na oficina, mas também após a realização do teste on-line, no campo.

O travamento correto desta porca, além de evitar vazamentos ou aberturas prematuras, também evita a ruptura por tração da haste caso esta porca esteja solta, a válvula abra, a porca desça e assente sobre o garfo da alavanca, antes que o disco assente sobre o bocal. A ruptura por tração é devido à força descendente exercida pela mola. A ruptura ocorre exatamente na região imediatamente antes da superfície em raio onde assenta o apoio inferior da mola.

Este problema pode ser ainda maior quanto maior for a pressão de ajuste da válvula e maior for a área do bocal. O tipo de rosca existente na ponta superior da haste, além do comprimento desta rosca na porca, também tem influência sobre a possibilidade de ocorrer essa ruptura, principalmente se for rosca "fina" dos tipos normal métrica, MF ou UNF. Numa rosca fina, a profundidade do filete seria menor, e assim, haveria menor resistência à tração, danificando a porca sem causar a ruptura da haste por tração.



Esta rosca fina também permite um posicionamento mais preciso da porca da haste em relação ao garfo de acionamento quando a válvula possui um acionamento automatizado, podendo assim, ser reduzida a pressão e a vazão em valores pré-estabelecidos.

A rosca na extremidade superior da haste também pode ser do tipo “grossa” (UNC, WW ou métrica). Essas roscas possuem maior profundidade no filete, o que lhes proporciona maior resistência à tração nos filetes da porca, pois estas são normalmente fabricadas de aço carbono.

A figura ao lado, mostra um conjunto completo de capuz aberto e alavanca com suas devidas nomenclaturas:

Conjunto de acionamento manual de uma válvula de segurança. Entre o garfo e a porca de acionamento deve haver uma folga de 1,5 mm.

• **Pressão de operação e ajuste, muito próximas.** O pequeno diferencial de pressão, inferior a 10% da pressão de abertura, não permite que oscilações na pressão de operação possam ser absorvidas pelo processo. Aumentar o valor da pressão de ajuste, limitando-o ao valor da PMTA ou reduzir o valor da pressão de operação, são as soluções possíveis. O uso de sedes resilientes, quando permitidas pela pressão, área do bocal e temperatura, é outra opção. É importante que o usuário entenda que a pressão de fechamento deve ocorrer sempre acima da pressão de operação normal do processo.

A pressão de operação deve ser limitada a 10% abaixo da PMTA ou da pressão de ajuste, o que for menor. Por outro lado, a pressão de ajuste não deve ser determinada para ser 10% acima da pressão de operação para evitar que o valor final seja superior ao valor da PMTA que foi estabelecida através de cálculos pelo fabricante do equipamento a ser protegido.

Válvulas que operam com gases tóxicos, valiosos ou inflamáveis, além daquelas que são instaladas na saída de bombas e compressores, devem ter um diferencial de pressão maior para evitar vazamentos na pressão de operação e/ou constantes aberturas. Valores mínimos de 15% a 20% acima da pressão de operação são recomendados.

Quando uma válvula de segurança e alívio é instalada no recalque de um compressor ou de uma bomba, a sobrepressão para cálculo da área de passagem pode ser de 25%. O valor de 10% de sobrepressão é somente para vasos construídos conforme o Código ASME Seção VIII, no qual exige que as válvulas de segurança e/ou alívio tenham capacidade de vazão certificada. O mesmo valor de porcentagem de sobrepressão também é exigido pelo ASME B 31.3 para tubulações de processo. A maior sobrepressão e a maior pressão de ajuste, resultam na seleção de uma válvula com menor área do orifício do bocal, conseqüentemente, menor custo para a instalação e manutenção.

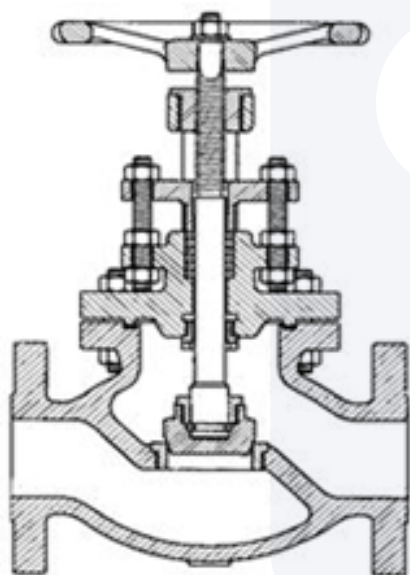
• **Manuseio, armazenamento e transporte inadequados.** As válvulas de segurança e/ou alívio devem ser armazenadas em local seco e livre de pó e umidade. Devem ser transportadas da oficina até o local da instalação sempre na posição vertical. O transporte nessa posição, e com o mesmo cuidado, também deverá ser obedecido quando a válvula for enviada para a oficina para ser submetida ao teste de recepção. Um manuseio inadequado pode causar quedas e choques, conseqüentemente, poderá ocorrer desalinhamento

dos componentes móveis, danos às superfícies de vedação, alterações na pressão de ajuste e vazamentos;

•**Lapidação incorreta das superfícies de vedação.** As superfícies de vedação de uma válvula de segurança e/ou alívio devem ser perfeitamente lapidadas para que sejam evitados desperdícios de fluidos devido a vazamentos, além de transtornos ao processo;

•**Instalação inadequada maior que 1°.** As válvulas de segurança e/ou alívio foram projetadas para serem instaladas na posição vertical para que operem corretamente. Na posição vertical todos os componentes móveis (internos) se mantêm em equilíbrio natural devido às forças da gravidade. Fora deste equilíbrio pode haver desgastes no sistema de guia (eixo retentor da haste e furo do guia), ocasionando desalinhamentos e, conseqüentemente, vazamentos;

•**Montagem inadequada da válvula na oficina ou na instalação.** Qualquer montagem errada numa oficina de manutenção deve ser detectada durante os testes de pressão de ajuste e vedação. O erro na montagem deve ser descoberto e solucionado antes que a válvula deixe a oficina e seja instalada no processo;



•**Queda de pressão no tubo de entrada maior do que 3% da pressão de ajuste.**

Uma queda de pressão maior do que este valor pode causar chattering. Uma fonte comum para isto, além de algumas outras que veremos daqui há pouco, é a instalação de válvulas de bloqueio na entrada de uma válvula de segurança e/ou alívio. As mais corretas, quando necessário, é a válvula gaveta ou a válvula esfera, porém, estas jamais devem permanecer parcialmente abertas, e devem sempre ser travadas com corrente e cadeado na posição totalmente aberta. As válvulas do tipo globo (convencional) jamais podem ser utilizadas, mesmo que estejam na posição totalmente aberta. Por exemplo, comparando-se uma válvula gaveta de 3", para o mesmo tipo de fluido, com uma globo também de 3", ambas completamente abertas, a do tipo gaveta terá uma queda de pressão de 1,03, que é equivalente (em metros), à mesma queda de pressão por um tubo também de 3" naquele comprimento. Enquanto na válvula do tipo globo (conforme esta que aparece na figura ao

lado) mesmo estando completamente aberta, a queda de pressão será equivalente a 25,9 metros de tubo na mesma bitola! Portanto, a queda de pressão que ocorre por uma válvula gaveta é equivalente à mesma queda de pressão que ocorre por uma tubulação de 1,03 metros de comprimento. Numa válvula globo de 3", a queda de pressão equivale à mesma queda de pressão que ocorre por uma tubulação de 3", e com 25,9 metros de comprimento. As válvulas gaveta possuem maior capacidade de vazão que as válvulas globo para a mesma bitola, pressão e tipo de fluido. Em outras palavras, enquanto numa válvula gaveta de 3" a taxa de fluxo efetiva é de 712 gpm (galões por minuto), isto é, um CV de 712; numa válvula globo, também de 3", aquela taxa é de apenas 105 gpm (um CV de 105);

•**Válvula de castelo fechado operando em altas temperaturas e sem a devida compensação no ajuste a frio.** A dilatação dos materiais de construção do corpo e castelo, além da mola, pode causar uma redução no valor da pressão de ajuste. Aqui a pressão de ajuste também pode se aproximar da pressão de operação e causar vazamentos devido às oscilações no processo. A temperatura do ambiente de trabalho afeta o re-



laxamento da mola, isto é, a alta temperatura do fluido causa um decréscimo na força da mola (redução no valor do módulo de torção "G" de seu material de construção), com sua deformação para um comprimento constante. Na prática, muitas empresas e técnicos de manutenção elevam esse valor a 3% além da pressão de ajuste na bancada, pois assim, saem da faixa de tolerância dos manômetros convencionais que é de aproximadamente 1%. O manômetro utilizado na bancada deve ser do tipo padrão, com 0,25% de tolerância (manômetro tipo A3);

•**Particulados sólidos presentes no fluido.** Durante o alívio pela válvula, se houver particulados presentes no fluido, podem danificar as superfícies de vedação, ocasionando vazamentos. O uso de válvulas de segurança e/ou alívio com sedes resilientes é recomendado;

•**As válvulas nas quais o disco é fabricado num material que tem dureza menor do que a dureza do bocal.** Muitas vezes numa manutenção corretiva, o usuário não possui um disco sobressalente e no material adequado para troca imediata. O disco está exposto a maiores e variadas velocidades de escoamento do que o bocal, por esta razão, ele deve sempre ter dureza de sua superfície de vedação num valor igual ou maior do que a dureza do bocal. Por isso é importante que o usuário tenha um estoque de peças sobressalentes de acordo com o número de válvulas instaladas;

•**Tubulações ou equipamentos pressurizados (vasos) sujeitos a intensas vibrações.** Quando essas vibrações causam movimentos horizontais nos componentes móveis, a ocorrência de vazamentos é muito mais intensa do que se a vibração fosse no sentido vertical. Essas vibrações devem ser investigadas e anuladas. Na impossibilidade da solução dessas vibrações, até mesmo em função de custo, a válvula deverá ter sede resiliente no disco. A temperatura e a pressão do fluido, além da área do bocal a ser selecionada, devem permitir seu uso. O uso desse tipo de sede no disco faz com que a manutenção seja mais rápida e com um custo muito menor. Porém, o usuário deve sempre estar ciente que o uso dessa sede apenas evita o vazamento, mas os componentes podem sofrer desgaste e ainda causar fadiga da mola, devido às vibrações, além de reduzir o valor da pressão de abertura da válvula;

•**Ajuste da válvula de segurança e/ou alívio na caldeira ou no processo sem reduzir a pressão de operação no mínimo para 75% da pressão de ajuste.** Quando na pressão de operação há a tentativa de ajustar a tensão da mola para um novo valor de pressão de ajuste, o disco gira sobre o bocal danificando as superfícies de vedação. Isto ocorre devido à proximidade da equalização das forças entre a da mola, em sentido descendente, e aquela força gerada pela pressão de operação na área de vedação efetiva do disco e bocal, no sentido ascendente. A pressão de operação deve sempre ser reduzida para 75% ou menos da pressão de ajuste, antes que quaisquer intervenções sejam feitas na válvula. Segurar a haste da válvula com um alicate de pressão, enquanto a válvula estiver sob a pressão normal de operação da caldeira ou do equipamento protegido, também é uma opção quando reduzir a pressão de operação possa causar maiores transtornos ao processo;

•**A tubulação de descarga não deve ser utilizada como dreno para outras válvulas.** Além de poder causar corrosão e/ou travamento dos componentes internos, pode ainda indicar um falso vazamento pela válvula de segurança e/ou alívio.

•**Anel do bocal muito afastado da face inferior do suporte do disco, quando operando com fluidos compres-**

síveis (gases e vapores). Numa posição assim o anel do bocal perde boa parte de sua função, isto é, além de controlar o diferencial de alívio, ele também amortece a força no sentido descendente sendo exercida pela mola, evitando que esta força danifique as superfícies de vedação do disco e bocal, e cause vazamentos mesmo na pressão normal de operação do equipamento sendo protegido pela válvula de segurança e alívio.

2.6 – Critérios para Inspeção dos Componentes

Inspeção do Bocal e Orifício

O Bocal deve ser substituído se:

1. Ambas as seções roscadas (corpo e anel inferior), estiverem danificadas por “pitting” e/ou outro tipo de corrosão.
2. O topo do flange e a superfície de intersecção estiverem danificados por atrito mecânico e/ou trinca.
3. Se a parede do bocal estiver trincada ou com poros.

Inspeção do Disco

Se a espessura do disco (“T” mín.) for reduzida por reusinagem, o conjunto completo do suporte do disco descerá mais em relação ao plano da superfície de vedação do bocal. Isto criará uma mudança significativa na configuração de fluxo na câmara de força, e resultará significativamente em mais “simmer” antes da abertura. A região de contato entre disco e suporte do disco não aceita corrosão nem desgaste ou rebarbas por atrito. Essa região normalmente tem uma geometria em raio justamente para transmitir, de forma concêntrica, a força descendente exercida pela mola ao centro do disco. Em sentido contrário, a força ascendente exercida pela pressão do fluido na área de vedação efetiva entre disco e bocal é transmitida à mola. Somente a especificação correta de materiais quimicamente compatíveis com o fluido de processo pode garantir que não haverá corrosão naquela região.

Essa região é a mais crítica em relação a desgastes por corrosão ou atrito e suas consequências podem influenciar na vedação e na repetibilidade do valor da pressão de ajuste. Furos para dreno tanto no corpo quanto na tubulação de descarga devem ser inspecionados para se evitar acúmulo de sujeira e formação de depósitos que podem causar corrosão e travamento nos componentes móveis da válvula. Falhas no trata-

mento de água para a geração de vapor podem contribuir para a corrosão dos componentes de uma válvula de segurança, além de outros componentes instalados no processo.

A foto ao lado mostra um comparativo entre dois discos, sendo um novo e o outro já corroído:

O componente corroído pertencia à mesma válvula da mola corroída mostrada na figura da página 66.



Inspeção do Suporte do Disco

Existem diversos projetos de suportes do disco. Depende do serviço e do tipo de válvula. O tipo específico pode ser encontrado nos desenhos do fabricante.

Nota: Sobre a mudança do fluido de serviço: Se o fluido do equipamento protegido for alterado quanto à forma de um fluido compressível (ar, gás ou vapor), para um fluido não compressível (líquido), ou a válvula for



aplicada para proteger outro equipamento cujo estado físico do fluido muda de compressível para incompressível, mude o suporte do disco do tipo padrão para o tipo "trim" para líquido.

Inspeção da Guia

A guia deve ser descartada se:

1. Houver atrito mecânico visível na superfície do furo da guia.
2. As áreas de assentamento da junta estiverem corroídas e causarem vazamento na válvula entre o castelo e o corpo a ponto de não poder ser recondicionada por usinagem.

Observação: A guia não deve ser recondicionada por soldagem devido à possibilidade de excessivo empenamento de suas faces.

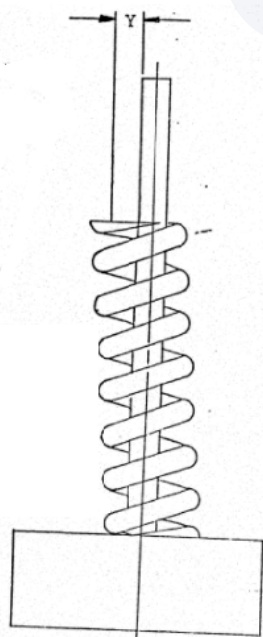
A seguir meça o eixo do suporte do disco e compare a medição real com aquela indicada pelo desenho do fabricante, para determinar a folga máxima permissível entre o diâmetro do eixo do suporte do disco e o furo da guia.

Tanto a guia quanto o suporte do disco devem ser substituídos se a folga entre o diâmetro interno do furo da guia e o diâmetro externo do suporte do disco não estiverem dentro das dimensões de folga definidas pelo projeto do fabricante.

Inspeção da Mola

A mola deve ser descartada se:

1. A corrosão reduzir o diâmetro das espiras (diâmetro do fio ou arame) em mais do que 1,5%.
2. Inspeccione quanto ao paralelismo e perpendicularismo das extremidades na condição de altura livre.
3. Verifique quanto às desigualdades óbvias no espaçamento das espiras ou distorção da mola.
4. Os apoios da mola são feitos especificamente para cada extremidade da mola. A folga máxima entre o diâmetro interno da mola e o diâmetro do apoio que se encaixa na mola deve ser no máximo de 1/32" (0,79mm) para molas com um diâmetro interno de menos do que quatro polegadas (101,6 mm). A folga para válvulas com uma mola com dimensão interna de quatro polegadas ou maior deve ser de 3/64" (1,19mm). Quando



tiver que substituir uma mola, encomende um conjunto de mola, uma vez que ele incluirá os apoios da mola ajustados para essa mola, e não apenas a mola. Assim, os apoios da mola devem ser usinados para cada extremidade da mola individualmente. Se um dos apoios estiver com uma folga maior ele deverá ser montado em baixo, enquanto o apoio com menor folga deve ser montado em cima, recebendo o aperto do parafuso de ajuste. O apoio com menor folga montado do lado da face superior da mola permite que a força exercida sobre o suporte do disco (e deste ao disco) seja distribuída de forma centralizada.

5. A distância "Y", na figura ao lado, não pode ser maior do que o produto da tangente de 1,5° (0,02619) pela altura livre da mola.

6. Se existir contrapressão constante numa válvula de segurança e alívio convencional (sem fole de balanceamento), deve ser escolhida a mola correta, de modo

que a Pressão de Ajuste Diferencial a Frio (ajuste de bancada), esteja dentro da faixa da mola. Normalmente a mola é selecionada de modo que a pressão de ajuste da válvula esteja dentro da faixa da mola. Se somente a temperatura de alívio causa a pressão de ajuste diferencial a frio, então a mola é selecionada usando a pressão de ajuste e não a pressão de ajuste diferencial a frio.

Verificando a Concentricidade da Haste

É importante que a haste de uma válvula de segurança e alívio seja reta, a fim de transmitir a carga da mola ao disco de forma concêntrica (sem flexão lateral). Excesso de aperto da trava durante testes hidrostático do equipamento protegido ou durante teste real da válvula é uma das causas mais comuns para empenamento da haste. Outras causas que podem ser citadas são: a tentativa de acionamento da alavanca e/ou execução do teste online com a pressão de operação do vaso ou caldeira num valor menor que 75% da pressão de abertura da válvula.

Assim, a haste também deve ser inspecionada quanto a um possível empenamento. Ela deve ter seu paralelismo verificado no tórno, principalmente na região entre o assentamento do apoio inferior da mola e a região de contato com o suporte do disco (superfícies em raio). Esses dois pontos devem girar concêntricamente e com uma tolerância de excentricidade no máximo de 0,15 mm.

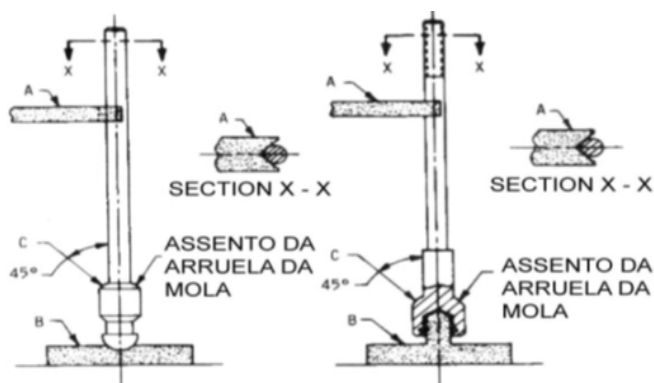
A haste deve ser substituída se:

- 1.** O ponto de apoio que recebe o apoio (suporte) inferior da mola estiver corroído ou desgastado pelo atrito.
- 2.** A rosca estiver danificada (amassada, empenada ou espanada), impedindo o rosqueamento da porca de acionamento da haste e não tiver recuperação..
- 3.** Excentricidade: se a haste não puder ser endireitada dentro do valor de 0,15 mm da leitura total do relógio comparador.

Para verificar as superfícies de trabalho essenciais da haste, é recomendado qualquer um dos dois métodos a seguir:

1. Verificação com Suportes de Blocos em "V", (conforme figura abaixo):

a. As hastes com a ponta em forma esférica (macho), devem ser colocadas em uma peça de material (peça B), que tenha um rebaixo para permitir a rotação da haste. (Veja a figura abaixo à esquerda). Para as hastes com a ponta fêmea, é necessário um suporte com ponta em forma esférica.



b. Suporte a haste com um bloco em V, colocado próximo da extremidade superior da haste, mas abaixo da rosca. (Veja a figura abaixo à direita).

c. Aplique um relógio comparador na posição de 45° em relação à superfície de assento do apoio da mola em C. Gire manualmente a haste. A leitura total do indicador (relógio comparador) não deve exceder 0,15mm. Endireite a haste, se necessário.



2.7 – Componentes Sobressalentes

Os componentes sobressalentes devem ser comprados e estocados com antecedência, pois o prazo mínimo de entrega dos fabricantes é de 30 a 45 dias, podendo ser ainda maiores, dependendo do tamanho e material da peça; se este material ou a peça for importada; se necessita de tratamento térmico, etc. Componentes tais como, suporte do disco e guia quando especificados para altas temperaturas (válvulas de segurança do superaquecedor de uma caldeira, por exemplo), geralmente são construídos em Monel® ou ligas especiais à base de níquel e estanho. Sendo que esses materiais são problemáticos para serem fundidos, sua aquisição pode comprometer o prazo de entrega.

É recomendado, sempre que possível, que as válvulas de segurança e/ou alívio tenham o mesmo orifício e sejam do mesmo fabricante. Com isto o número de peças sobressalentes em estoque poderá ser o menor possível. Porém, nem sempre a capacidade de vazão requerida pelo processo permite que elas sejam do mesmo orifício, por exemplo, em instalações com múltiplas válvulas. Dependendo do material de construção dos componentes internos de uma válvula de segurança e/ou alívio, processos e/ou ambientes corrosivos poderão necessitar de uma quantidade maior de sobressalentes em estoque, em relação ao número de válvulas de segurança e/ou alívio instaladas.

Abaixo, na tabela 2.3, segue uma lista da relação entre peças sobressalentes que o usuário deve ter em estoque para a quantidade de válvulas instaladas num processo protegendo vasos de pressão. Por exemplo, para cada três válvulas do mesmo orifício e mesmo fabricante que o usuário tenha instalado em sua planta, no caso do disco de vedação, ele deverá ter em estoque pelo menos uma peça sobressalente. Especificamente no caso das molas, aquela proporção de válvulas de segurança e/ou alívio instaladas, para a quantidade de peças sobressalentes, deve ser considerado também, além de orifício, faixa de ajuste e fabricante, somente as válvulas com a mesma pressão de ajuste ou molas com a mesma faixa de ajuste.

Nome da peça	Quantidade de Válvulas Instaladas	Quantidade em estoque
Disco de Vedação	3	1 peça
Fole	3	1 peça
Suporte do Disco	8	1 peça
Guia	8	1 peça
Jogo de Juntas de Vedação	1	1 jogo
Haste	6	1 peça
Estojos do Corpo e Castelo	8	1 jogo
Porcas do Corpo e Castelo	8	1 jogo
Bocal	12	1 peça
Anel Inferior	12	1 peça
Mola e Suportes	10	1 conjunto
Parafuso de Ajuste	12	1 peça
Parafuso-trava do Anel Bocal	12	1 peça

Numa instalação de processo (somente vasos de pressão e tubulações) as válvulas de segurança e/ou alívio são intercambiáveis entre diferentes fabricantes desde que construídas com as dimensões de centro a face conforme API Std.526. Isto quer dizer que o usuário pode trocar de fabricante sem necessitar alterar a instalação, principalmente a tubulação de descarga. Em caldeiras não há essa padronização. É importante o usuário observar que os componentes de determinado fabricante não são intercambiáveis com os de outros fabricantes. Apesar de que no mercado nacional há alguns casos de intercambiabilidade de componentes entre alguns fabricantes.

A parada de um setor para manutenção geralmente exige pouco tempo disponível para a revisão de uma válvula de segurança e/ou alívio. Ter um disco de vedação sobressalente permite “ganhar” tempo, ficando somente o bocal para ser lapidado. O disco que foi desmontado da válvula, se estiver em boas condições, poderá ser inspecionado e lapidado para ser utilizado posteriormente.

Muitos fabricantes projetam seus componentes internos tais como, bocal, disco, suporte do disco, guia, haste, parafuso de ajuste da mola e anel inferior, para a Classe 600, e utilizam essas peças para qualquer valor de pressão de ajuste limitado até àquela classe de pressão.

Com isto, tanto o fabricante quanto o usuário podem minimizar seu estoque de componentes. Assim, por exemplo, duas válvulas de segurança e/ou alívio desde que sejam do mesmo material, orifício e fabricante, podem utilizar as mesmas peças, seja a válvula ajustada para 2 kgf/cm² ou 40 kgf/cm², considerando-se também os limites de pressão e temperatura de acordo com o material de construção do corpo e castelo da válvula. Nesses casos é substituída somente a mola e seus apoios.

As válvulas sobressalentes são importantes tanto nas aplicações mais críticas, tais como, aquelas que podem parar uma planta, quanto naquelas nas quais os prazos disponíveis para inspeção e manutenção são curtos (por exemplo, quando o processo disponibiliza apenas algumas horas). A aquisição de uma válvula de segurança e/ou alívio (reserva) terá um custo muito menor do que uma planta parada e aguardando a inspeção e manutenção da válvula.

2.8 – Usinagem de Componentes

2.8.1 – Reusinando as Superfícies de Vedação do Bocal

A remoção do bocal do corpo da válvula para usinagem e/ou lapidação é uma prática que deve ser analisada pelo usuário quando há possibilidade do bocal ser lapidado dentro do corpo da válvula, naquelas cujo orifício é maior do que “H” (0,785 pol²) e, principalmente, nas que tem o corpo construído em aço carbono ou aço liga. Sendo que o bocal, normalmente é construído em aço inox 304 (CF8) ou 316 (CF8M), sempre haverá um diferencial de dureza entre o bocal e o corpo da válvula. Devido a este diferencial de dureza poderá ocorrer um desgaste maior na rosca do corpo e, com isto, um aumento na folga entre estas peças. Uma folga maior que a normal pode ocasionar uma descentralização entre a superfície de vedação do bocal e o centro vertical de movimento do suporte do disco, em relação ao assentamento da guia no corpo da válvula. Desta forma, sempre que o bocal tiver que ter os perfis da face de vedação reusinados a referência de centro deverá sem-



pre ser a face e o diâmetro interno no corpo onde é apoiada (encaixada) a guia. A usinagem daqueles perfis deve sempre ser limitada às dimensões determinadas pelo fabricante da válvula. Normalmente, o tempo de vida útil de uma válvula, em relação às usinagens que possam vir a serem necessárias, fica dentro das limitações dimensionais fornecidas pelos fabricantes. Geralmente as válvulas que tem prazos de inspeção menores não necessitam de maiores usinagens no bocal. Nesses casos, somente uma correta lapidação já é suficiente e com ótimos resultados. Em válvulas de segurança e/ou alívio orifícios "Q", "R" e "T" nem sempre sacar o bocal para lapidação é uma tarefa fácil, devido ao tamanho e peso do corpo da válvula, travamento da rosca de fixação, espessura da parede do corpo para aquecimento e dilatação, etc. Porém, lapidar o bocal montado no corpo da válvula também não é uma tarefa difícil.

Quando o bocal tiver que ser retirado do corpo da válvula para usinagem e/ou lapidação deverá ser montado, posteriormente, com uma junta de vedação (compatível com o fluido) de 0,8 mm de espessura entre bocal e corpo, mesmo que a válvula descarregue para a atmosfera e independentemente do castelo ser do tipo aberto ou fechado. Esta junta vai evitar o travamento do bocal com o corpo, facilitando as futuras manutenções, caso realmente seja necessário sua retirada. Lubrificação da rosca de fixação do bocal ao corpo também é recomendado.

O bocal só deve ser retirado do corpo da válvula nos seguintes casos:

- Não é possível lapidá-lo com ele montado no corpo da válvula;
- Incrustações nas paredes, interna e externa, dificultando tanto o jateamento abrasivo, a inspeção com líquido penetrante, quanto a atividade de lapidação;
- Usinagem da rosca para fixação do anel inferior.

Não há necessidade d'ele ser retirado, principalmente, quando o fluido for limpo, como por exemplo, ar comprimido, ou vapor d'água saturado ou superaquecido.

1. Usinando o Bocal Montado no Corpo da Válvula de Segurança e/ou Alívio

Quando usinando as superfícies de vedação do bocal com este montado no corpo da válvula (conforme aparece na figura abaixo à esquerda), as superfícies B e C devem girar no mesmo centro e com uma tolerância máxima de 0,05 mm de excêntrica. As superfícies A e D devem estar perpendiculares com B e C, assim como A e D devem estar paralelas entre si.

Quando usinando as superfícies de vedação do bocal com ele fora do corpo da válvula (figura da direita), as superfícies B e D devem girar exatamente no mesmo centro e perpendiculares à superfície C. Aqui também a tolerância máxima entre as superfícies (B e D) e (C e D) deverá ser de 0,05 mm.

A superfície de vedação do bocal consiste de um ressalto cuja altura e largura (além do perfil de saída do fluxo), podem variar de acordo com cada fabricante, e se o bocal é removível ou soldado ao corpo da válvula. Naqueles que são removíveis, essa altura original é de 0,4 a 0,6 mm. Naqueles válvulas que são projetadas para condições mais severas, nas quais exigem que os bocais sejam soldados, aquela altura pode chegar a 1 mm ou mais, bem como a largura das superfícies de vedação do disco e bocal também são maiores. Essa altura maior permite ao usuário poder lapidar aquela superfície por mais vezes sem a necessidade do uso de máquinas especiais para a usinagem de bocais em campo. Normalmente essas máquinas são do próprio fabricante para suas válvulas ou de empresas especializadas em manutenção de válvulas de segurança e/

ou alívio, em campo. Em ambos os tipos de bocais, os fabricantes limitam a altura mínima na qual, quando é alcançada, o bocal deve ser reusinado ou substituído. Naquelas que possuem o bocal soldado ao corpo, os fabricantes determinam também a altura máxima entre a base de apoio da guia no corpo até a face de vedação do bocal, quando a altura limite determinada for alcançada, o bocal deverá ser substituído.

Se o bocal realmente precisar ser removido do corpo da válvula para ser usinado, veja as instruções para remoção do bocal. Se ele não puder ser removido do corpo, deverá ser usinado dentro do corpo.

2. Regulagem do torno mecânico - Bocal Removido

a. Fixe o bocal em uma placa com quatro castanhas independentes, usando um pedaço de material macio tal como cobre ou fibra entre as castanhas e o bocal conforme mostrado na figura abaixo:

b. Alinhe o bocal de modo que as superfícies marcadas B, C e D girem dentro de 0,05mm de tolerância no relógio comparador.

Procedimento de Usinagem: Assentamento Metal-Metal

a. Faça pequenos cortes na superfície de vedação, até que as áreas danificadas sejam removidas.

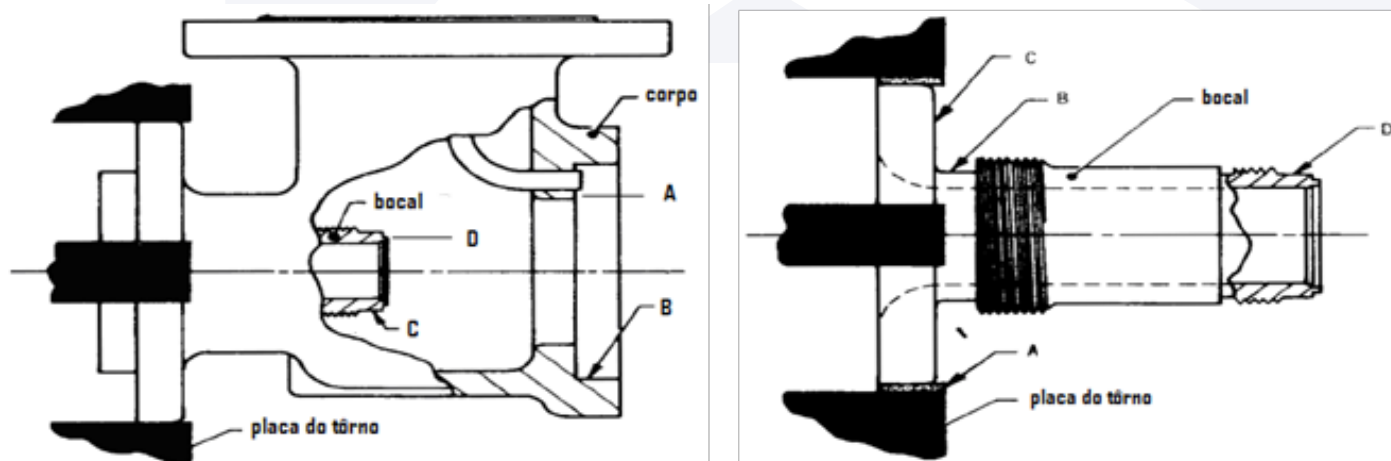
Torneie até obter o acabamento mais liso possível.

b. O bocal está agora pronto para lapidação.

c. Quando a dimensão mínima D for alcançada, o bocal deve ser descartado.

A dimensão da superfície de vedação até a primeira rosca (rosca do anel inferior), depois de reusinar e lapidar for menor que o D mínimo de acordo com o projeto do fabricante. A dimensão D pode ser vista na figura abaixo:

As duas figuras a seguir mostram as principais superfícies que devem ser utilizadas como referência para usinagem da superfície de vedação do bocal, tanto montado no corpo da válvula, quanto fora deste.



2.8.2 – Reusinando a Superfície de Vedação do Disco

Normalmente em válvulas de segurança e/ou alívio existem dois tipos de disco de vedação: um é denominado de sólido, utilizado em praticamente todas as válvulas para aplicações em processos ou em caldeiras de baixa e média pressão até um máximo de 900 psig (63,3 kgf/cm²) de pressão de ajuste. O outro é denominado de disco flexível, muito utilizado em aplicações severas, como por exemplo, caldeiras de alta pressão



ou aplicações sujeitas a variações de pressão e temperatura. Sendo recomendado mesmo para processos menos severos, mas que nos quais a temperatura de operação seja superior a 290 °C. O disco de vedação tem dimensões críticas nas quais nem sempre são permitidas usinagens, dependendo do projeto de cada fabricante.

A superfície de assentamento (superfície de vedação) do disco sólido pode ser usinada (somente se permitida pelo fabricante) como segue:



1. Fixe o disco em uma placa com quatro castanhas independentes (ou pinça, se apropriada), usando um pedaço de material macio tal como cobre ou fibra entre as castanhas e o disco, conforme mostrado na figura ao lado.

2. Alinhe o disco de modo que a superfície marcada B (diâmetro externo do disco) e C (face do disco), gire dentro de 0,05 mm no relógio comparador. Estas duas superfícies jamais devem ser usinadas mesmo sob condições de corrosão leve. Elas serão a referência original para centralização durante os procedimentos de usinagem.

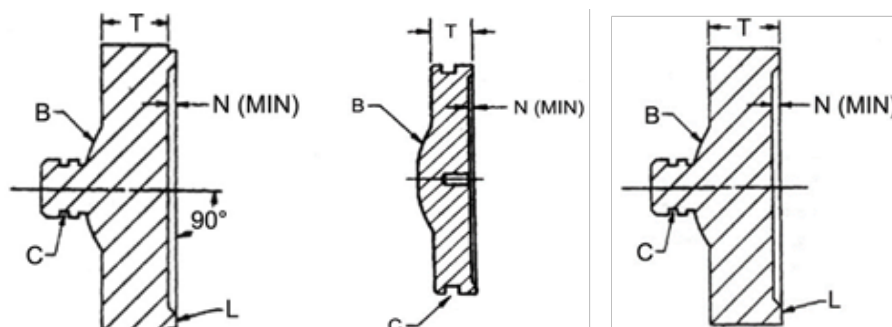
3. Faça pequenos cortes através da superfície de assentamento L até que as áreas danificadas sejam removidas. Torneie no acabamento mais liso possível.

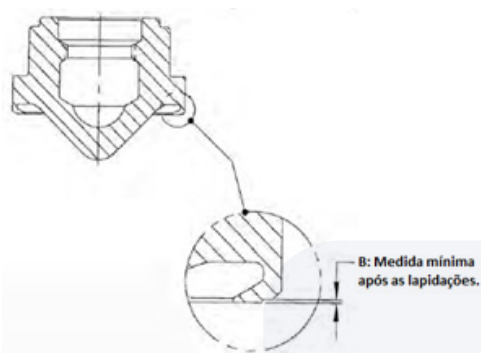
4. O disco está agora pronto para lapidação.

5. Quando a dimensão mínima N ou T, de acordo com o projeto do fabricante for alcançada, o disco deve ser descartado e substituído. Não restabeleça a superfície C, pois essa superfície é sua referência original.

Observação: A dimensão "T" pode ser vista logo na figura abaixo:

Alguns fabricantes permitem que os discos de suas válvulas de segurança e/ou alívio sejam usinados, e também fornecem em seus manuais de manutenção, as dimensões mínimas, que quando alcançadas, o disco deverá ser descartado e substituído. Porém, não é recomendado usinar a face inferior do suporte do disco (principalmente nas válvulas de segurança de caldeiras) para compensar o material retirado na usinagem do disco. O suporte do disco tem um custo elevado, se comparado ao disco, portanto, sendo mais barato substituir o disco do que usiná-lo. Assim, uma usinagem na face do suporte do disco poderá comprometer o desempenho operacional da válvula, principalmente se na próxima manutenção somente o disco for substituído. Naqueles discos nos quais o fabricante permite a usinagem da superfície de vedação, é recomendado não usinar sua face inferior para se manter sua referência de paralelismo original. Na manutenção de uma válvula de segurança e/ou alívio, a substituição apenas do disco tem um custo muito menor do que a substituição do conjunto disco e suporte do disco.





O disco flexível só permite ser lapidado. Ele possui um fino lábio térmico que utiliza a própria pressão e temperatura do fluido (vapor d'água), para facilitar a vedação, além da força exercida pela mola. A fina espessura da superfície de vedação que compõe o lábio térmico não permite usinagens.

A figura ao lado, mostra um disco flexível e o ponto onde está a mínima dimensão que pode ficar após todas as lapidações. Quando essa medida for alcançada, de acordo com o projeto de cada fabricante, o disco deverá ser descartado e substituído. Consulte o manual do fabricante

para verificar os valores mínimos da dimensão "B" de acordo com cada orifício e projeto de válvula:

Nota: Se os defeitos e danos do assentamento não puderem ser lapidados sem reduzir a dimensão "B", o disco flexível deve ser substituído. Se você não conseguir mais medir a espessura mínima do relevo térmico, então substitua o disco flexível*.

Nota: *Discos Flexíveis e discos com anel em "O" não devem ser usinados.

2.9 – Lapidação das Superfícies de Vedação do Disco e Bocal

A lapidação consiste em deixar as superfícies de vedação extremamente planas, e com excelente acabamento, para que essas superfícies possam impedir o vazamento do fluido de processo (na pressão normal de operação), e com o mínimo diferencial de forças (10% da pressão de ajuste ou 5 psi abaixo da pressão de ajuste, o que for maior).

Assim, a região de contato entre disco e bocal, para que ocorra uma vedação hermética (estanque), obrigatoriamente deve ser lapidada, o que proporciona uma superfície plana e com acabamento "espelhado". Este acabamento e planicidade são extremamente necessários para compensar o pequeno diferencial de forças (10% ou menos) que deve existir para manter a válvula fechada e vedando. Esse pequeno diferencial de forças, associado com uma válvula corretamente especificada, selecionada, dimensionada, periodicamente inspecionada e mantida, garantem a segurança de todo um processo por ocasião de um excesso de pressão que possa fugir do controle do operador. Normalmente esse pequeno diferencial de forças é devido à pressão de operação estar somente 10% abaixo da pressão de ajuste da válvula. Isso permite um elevado rendimento do processo (vaso ou caldeira). Desta forma, uma superfície de vedação lapidada consegue evitar o vazamento de fluido sem precisar que a pressão seja elevada demasiadamente para que seu excesso seja aliviado. Se assim fosse, um vaso de pressão ou caldeira, teria que ser projetado com valores de PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) muito maiores, encarecendo ainda mais seu custo, além de reduzir sua eficiência. Portanto, lapidação das superfícies de vedação e mínima folga dos componentes de guia não combinam com sujeira, pancadas, movimentos bruscos, choques e quedas.

Quando a válvula é instalada num processo estável e consegue atender ao prazo máximo estabelecido pela NR 13, mesmo que ela esteja corretamente ajustada e vedando, ela deverá ser submetida à manutenção periódica, e, assim, atender a mais uma campanha. Desta forma, toda válvula de segurança e/ou alívio quando é retirada da instalação e levada para a oficina para inspeção e manutenção, deverá ser submetida



primeiramente ao teste de recepção e, posteriormente, obrigatoriamente ser totalmente desmontada. Existem seis procedimentos mínimos que são obrigatórios a serem executados na oficina para que a válvula de segurança e/ou alívio possa ser instalada novamente:

- Ser submetida ao teste de recepção para confirmação de sua pressão de ajuste, comportamento operacional e vedação, caso ela ainda estivesse instalada no processo e tivesse que operar;
- Desmontagem completa da válvula e inspeção dos componentes;
- Lapidação do disco e bocal antes da montagem;
- Montagem completa da válvula;
- Ensaio e teste da pressão de ajuste, após a montagem;
- Verificação da vedação, após aprovação do ensaio da pressão de ajuste e liberação para instalação.

Primeiramente, a limpeza é obrigatória e essencial, antes, durante e ao término da lapidação, e antes da montagem e testes finais da válvula. A planicidade da base de lapidação é outro fator determinante para o resultado da lapidação e vedação da válvula. Movimentos em “oito” ou o chamado “zerinho”, são os melhores.

Nota*: imagine seus cinco dedos estendidos e segurando uma placa de lapidação sobre o bocal e cada dedo “desenhando” o número ZERO.

A base de lapidação forma depressões devido ao desgaste e que com o tempo de uso sem recondição serão responsáveis por irregularidades na superfície lapidada, e que também será responsável por vazamentos da válvula ainda na bancada de testes. O paralelismo, o alinhamento e perpendicularidade entre as superfícies de vedação, sistema de guia e a força exercida pela mola sobre o disco, são obrigatórios para o correto funcionamento da válvula.

O material do bloco ou da placa de lapidação deve ser de “metal patente”, uma liga de 89% a 97% de estanho. Alguns utilizam ferro fundido cinzento ou placa de vidro. O “metal patente” ou o ferro fundido são materiais intencionalmente “mais moles” que os materiais de discos e bocais das válvulas.

É importante que o material do bloco de lapidação seja macio, portanto, em hipótese alguma utilize aço carbono ou aço inoxidável como material base para blocos ou placas de lapidação. Os compostos abrasivos utilizados são: Óxido de Alumínio grana 500 ou 600 e pasta de diamante sintético. O Óxido de Cromo também pode ser encontrado. Quase 100% de uma lapidação com qualidade é finalizada por um ambiente limpo, pelos grãos abrasivos impregnados na superfície da base de lapidação (bloco ou placa), além dos movimentos sobre a superfície de vedação do disco e bocal. Se o material da base de lapidação for muito duro, os grãos do abrasivo podem não cravar corretamente em sua superfície. Isto pode causar o rolamento dos grãos sobre a superfície a ser lapidada (disco e bocal), conseqüentemente, causando riscos e arredondamentos naquelas superfícies, além de desperdício de abrasivo, tempo de lapidação e manutenção da válvula. Nesse caso não é possível triturar e afinar os grãos para melhorar o acabamento.

Os compostos abrasivos são produzidos em ambientes extremamente limpos, o que assegura produtos de alta qualidade e sem contaminantes que poderiam influenciar no acabamento final de uma superfície em aço inoxidável. É recomendado também que o papel utilizado para limpeza seja macio e absorvente para não arranhar as superfícies lapidadas. O removedor pode ser álcool doméstico ou um produto semelhante para o mesmo fim, que seja extremamente limpo, de rápida evaporação (volátil), e que não deixe resíduos.

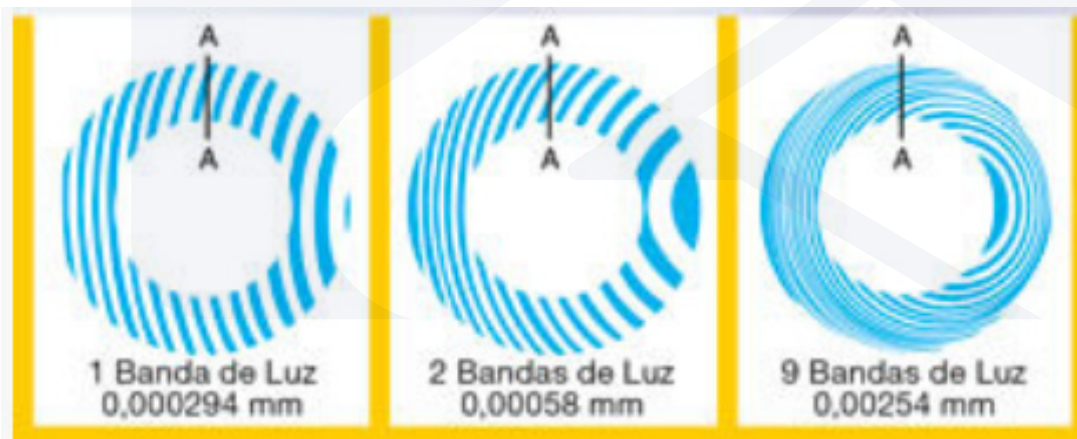
A planicidade deve estar em torno de meia a uma banda de luz de tolerância em relação a um plano perfeito. Uma banda de luz é equivalente a 11 milionésimos de polegada (0,00029 mm). A ausência de riscos é importante, porém, a planicidade é tão importante quanto. Tanto o disco não pode sair da base, quanto a base não pode sair do bocal durante os movimentos de lapidação, pois cria rebarbas e arranhões na superfície lapidada. Um bloco utilizado com a pasta 500, por exemplo, não pode ser utilizado com a pasta diamantada. Se isto não for obedecido, o acabamento será definido pela pasta mais grossa (baixo valor de granulometria). Nunca utilize o mesmo bloco de lapidação sem recondiçaná-lo periodicamente para preparar sua superfície novamente. Utilize álcool doméstico durante a lapidação com a pasta diamantada e sempre que for limpar as peças. Você terá um acabamento “espelhado”.

Aqui são citadas algumas regras úteis para a lapidação de discos e bocais de válvulas de segurança e/ou alívio.

Observação: As Bandas de Luz formadas pelo uso de um plano óptico e uma fonte de luz monocromática representam um método barato, porém preciso de verificar a planicidade da superfície. A luz monocromática na qual as seguintes interpretações diagramáticas são baseadas vem de uma fonte de tubo cheio de sódio que elimina todas as cores exceto um laranja “amarelado”.

Um comprimento de onda de luz desta fonte mede 23,2 milionésimos de polegada. No entanto, como apenas metade da onda é usada no procedimento de medição, a unidade de medida é a metade de 23,2 ou 11,6 milionésimos de polegada (0,0000116”).

A figura abaixo mostra a leitura de alguns valores de banda de luz numa superfície plana:



2.9.1 – Precauções para uma Boa Lapidação

- Jamais lapide o disco ou o bocal com excessivo esforço descendente. Deixe que esta força seja exercida pelo próprio peso do disco ou bocal (ou pelo bloco ou pela placa, respectivamente);
- Jamais lapide girando continuamente o disco e o bocal sobre a base de lapidação, isto é, não utilize um movimento circular contínuo ou oscilatório. Este movimento causa um arredondamento nas bordas interna e externa, da superfície de vedação, diminuindo a área de contato entre disco e bocal, prejudicando e reduzindo a vida útil da vedação da válvula. Fazer movimentos nesse sentido pode causar riscos do tipo “fonógrafo”, por exemplo, em espiral vindo de dentro para fora da superfície de vedação. Sendo um “caminho” para vaza-



mentos. Riscos no sentido transversal da superfície de vedação também não são permitidos;

- Jamais lapide o disco contra o bocal, pois além de causar riscos e rebarbas, também causa arredondamentos entre as superfícies de vedação. Embora alguns projetos de válvulas só permitam a lapidação dessa forma;
- Jamais aplique mais composto abrasivo sobre um bloco ou placa de lapidação, além daquele requerido para cobrir a área a ser lapidada. Composto em excesso também pode arredondar as bordas internas e externas das superfícies de vedação do disco e do bocal. Pasta em excesso tende a criar um “lençol” entre a peça sendo lapidada e a base de lapidação, o que resulta também em arredondamento das bordas da superfície de vedação. Portanto, espalhe uma quantidade do tamanho de $\frac{1}{4}$ da cabeça de um palito de fósforo numa distância de aproximadamente 30 a 40 mm uma da outra e num diâmetro equivalente ao da superfície de vedação da peça a ser lapidada;
- Jamais misture uma pasta diamantada com óxido de alumínio ou outro abrasivo qualquer, pois isto impede que a pasta diamantada seja cravada na base de lapidação dificultando o corte, além de aumentar a camada entre a base e a peça sendo lapidada, causando os arredondamentos mencionados no parágrafo anterior;
- Caso a profundidade do risco demore a sair, mesmo com um abrasivo 54/80 ou 20/40, regularmente limpe o bloco (ou a placa) e substitua o abrasivo. Da mesma forma que ele corta a peça que está sendo lapidada e deixa resíduos misturados, ele também corta a base deixando também resíduos, além de causar irregularidades na superfície da base de lapidação. Pode ser necessário, além de substituir o composto abrasivo, também recondicionar aquela superfície da base (bloco ou placa), novamente;
- Sempre que for recarregar o abrasivo, limpe completamente a superfície da base ou bloco de lapidação e a superfície que está sendo lapidada;
- Quando estiver lapidando com movimentos de “vai-e-vem”, desenhe um “N” para reduzir os desgastes maiores (na placa ou no bloco) nas laterais e deixar a superfície a mais plana possível. Mesmo fazendo este movimento, finalize com o movimento em “oito” ou o “zerinho”.
- Jamais limpe a superfície de vedação com o papel macio “a seco”, principalmente quando o abrasivo for do tipo “grosso” (54/80). O papel macio deverá ser molhado com o removedor ou álcool doméstico (70°) antes de limpar a peça;
- Ao término da lapidação, limpe também a garganta do bocal e flange de entrada devido a resíduos de abrasivos que possam ter escorrido junto com o removedor;
- Jamais deixe o recipiente do composto abrasivo aberto e exposto a contaminantes.

Recomendações Preliminares – as condições das superfícies de vedação do disco e bocal definem a granulometria do abrasivo a ser utilizado. Os abrasivos mais encontrados no mercado para lapidação de sedes de válvulas de segurança e/ou alívio são divididos em três categorias em relação a sua granulometria: a granulometria 54/80 é denominada de abrasivo “grosso”, sendo utilizada apenas no início do reparo, para acelerar o desbaste, quando as superfícies de vedação estão bastante danificadas, porém ainda não há necessidade de usinagem. A granulometria 20/40 é para um desbaste médio, sendo para uso intermediário, ou seja, ele antecede o uso da pasta diamantada. Por último, a pasta diamantada, fabricada a partir de diamante sintético e utilizada para o acabamento final.

Nota: Quando utilizando o composto 320, faça movimentos de “vai e vem” para acelerar ainda mais o corte. Alterne os movimentos do disco e/ou bocal, alternando também a posição do bloco ou placa, respectivamente. Termine este passo com o movimento “ZERINHO” ou em “oito”. Uma “lixa d’água” granulometria 320 ou 400 também pode ser utilizada nessa fase de desbaste inicial aplicando os mesmos movimentos recomendados para a lapidação com abrasivos. Não utilize lixas, mesmo aquelas de granulometrias maiores (mais finas), para acabamento intermediário e/ou final.

A decisão de como será inicialmente o reparo da válvula, em relação aos trabalhos de lapidação que serão necessários nas superfícies de vedação, é o ponto crítico na inspeção do disco e bocal devido ao custo envolvido. Ser-se-á necessária uma pequena usinagem daquelas superfícies; se somente a lapidação a partir de composto abrasivo “grosso” é suficiente; ou se será necessária a troca da peça (disco ou bocal). Isto quer dizer que se não há possibilidade de reparo do disco ou bocal pelos processos de usinagem e lapidação, eles devem ser substituídos. Se aquelas superfícies estão danificadas, mas ainda é possível de serem reparadas apenas com lapidação para uma planicidade perfeita, o custo do reparo é menor.

Em função do projeto do disco e bocal variar entre os fabricantes, o executante do reparo deve estar familiarizado com o projeto de cada um deles. Os bocais têm projetos semelhantes, principalmente em relação aos perfis das superfícies de vedação. Os discos possuem detalhes próprios de cada fabricante, tais como: tipo de montagem no suporte do disco, largura da superfície de vedação (se igual ou maior do que a do bocal), área de contato com o suporte do disco, dimensões dessas superfícies em relação às do bocal, defletor integral, lábio térmico, perfil da superfície de vedação, etc.

2.9.2 – Lista de Ferramentas e Materiais para Consumo

Blocos de lapidação – (três blocos para cada orifício, sendo um bloco para cada abrasivo). O bloco deve ser aplicado, principalmente, quando o disco possui defletor integral. É possível também utilizar um único bloco para os três abrasivos por orifício. Neste caso, é recomendado reservar e marcar uma única face para o abrasivo de acabamento (pasta diamantada), enquanto a outra face deve ser reservada e marcada somente para os abrasivos de desbaste inicial e desbaste intermediário;

Placas de lapidação – (uma placa pode lapidar diversos tamanhos de bocais e discos, este último sem defletor integral). Reserve uma placa para cada abrasivo. Um mínimo de três placas;

Lupa com ampliação de 7 a 10 vezes

Lanterna;

Composto abrasivo grana 54/80. Essa numeração significa que o tamanho médio do grão abrasivo é de 67 microns;

Composto abrasivo grana 20/40. Essa numeração significa que o tamanho médio do grão abrasivo é de 30 microns;

Pasta diamantada 3/6 ou 4/8. Essa numeração significa que o tamanho médio do grão abrasivo é de 4,5 e 6 microns, respectivamente;

Álcool doméstico 70°;

Papel higiênico macio



Acabamento da Superfície de Vedação de Acordo com a Granulometria do Abrasivo

A tabela 2.4 abaixo, mostra a granulometria de cada abrasivo utilizado e de acordo com o tipo de acabamento esperado:

GRANULOMETRIA

54/80

20/40

Pasta Diamantada: 3/6 ou 4/8

ACABAMENTO

Desbaste Inicial

Desbaste Intermediário

Acabamento

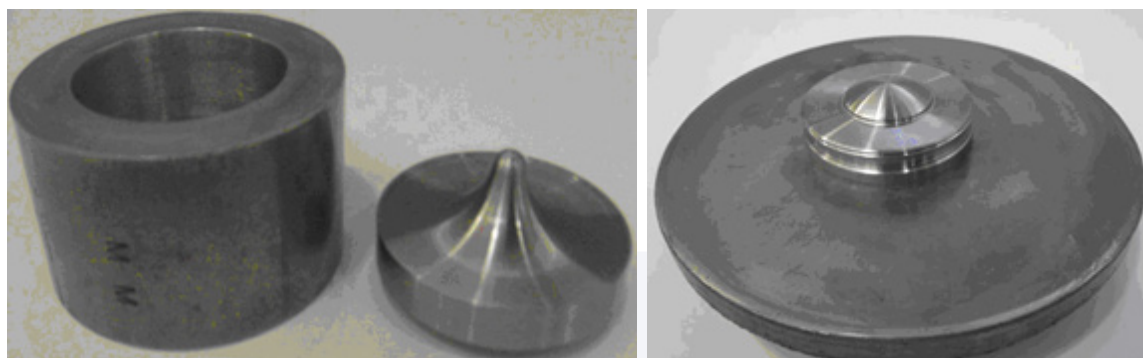
2.9.3 – Lapidação da Superfície de Vedação do Disco

A superfície de vedação do disco pode ser lapidada com um bloco de lapidação ou com uma placa de lapidação. A lapidação deve ser feita com um movimento “ZERINHO” ou de um “oito”, aplicando uma leve pressão uniforme e girando o disco ou o lapidador de vez em quando.

1 – Assegure-se que a bancada de trabalho esteja limpa e organizada. A limpeza é essencial para o bom resultado da lapidação. O composto abrasivo não pode ser contaminado por impurezas do ambiente. Separe os blocos de lapidação de acordo com o tamanho do disco e granulometria dos compostos abrasivos de acordo com as condições das peças a serem lapidadas. Marque-os de acordo com a granulometria e orifício da válvula a qual ele pertence. Por exemplo, 54/80 “P”, significa que é um bloco para orifício “P” (6,38 pol²) cujo composto abrasivo possui granulometria média de 63 microns. Esta marcação, principalmente, em relação à granulometria, evita a contaminação de um composto mais grosso sobre aquele composto mais fino. Lembrando que quando um bloco de lapidação tem o composto abrasivo contaminado por outro de granulometria mais grossa, é esta granulometria que irá determinar o resultado do acabamento;

2 – Selecione o tamanho correto do bloco de lapidação em relação ao disco que será lapidado e ao abrasivo que será utilizado. Limpe-o com um papel higiênico macio embebido em removedor (pode ser álcool doméstico). As válvulas de segurança aplicadas para a proteção de caldeiras possuem um disco com defletor integral (inserção cônica). O bloco de lapidação deverá ter um furo no centro para permitir que este defletor não venha a interferir com os movimentos da lapidação. Nesse bloco, a largura da superfície de contato para lapidação não poderá permitir que a superfície de vedação do disco ultrapasse os diâmetros externo e interno do bloco. Discos que possuem defletor integral, o defletor não pode tocar o diâmetro interno do bloco de lapidação também para não arredondar as bordas. Os diâmetros, interno e externo, deste bloco devem ser levemente chanfrados (aproximadamente 1mm) para evitar rebarbas que poderiam causar riscos nas superfícies sendo lapidadas. A quantidade de pasta também deve ser mínima. Imagine a quantidade do tamanho de ¼ da cabeça de um palito de fósforo a cada 30 a 40 mm de distância. Para discos convencionais (tipo sólido e sem defletor integral), poderá também ser utilizada uma placa de lapidação;

As fotos a seguir, mostram (à esquerda), o disco com defletor em seu bloco de lapidação de “metal patente” e ao lado (à direita) um disco sólido sendo lapidado numa placa de lapidação, também de “metal patente”.



- 3** – Selecione o composto abrasivo, em relação a sua granulometria, de acordo com o estado da superfície;
- 4** – Coloque um papel limpo entre a bancada e o bloco de lapidação. A bancada de trabalho deve estar nivelada em relação ao piso.
- 5** – Coloque uma pequena quantidade de composto abrasivo sobre a superfície do bloco e espalhe-a uniformemente, evitando excessos;
- 6** – Coloque o disco sobre o bloco de lapidação. Sem qualquer “pressão” descendente sobre o disco aplique um movimento de oscilação circular (“zerinho”), tanto para a esquerda quanto para a direita, por uns trinta segundos. Se o movimento estiver “pesado” aplique algumas gotas de álcool sobre o bloco e movimente o disco por mais trinta segundos. Acompanhe regularmente a evolução do acabamento e o desaparecimento de riscos e imperfeições. Alterne os movimentos do disco entre o “zerinho” e movimentos em “oito” por aproximadamente dois minutos. Movimentos de “vai e vem” são bons somente para acelerar o desbaste, alternando sempre os sentidos de movimento e o posicionamento do bloco ou disco. Esse movimento tende a desbastar mais as laterais da base de lapidação (no sentido longitudinal do movimento) por este ter uma dureza menor que as peças que estão sendo lapidadas. Antes de passar para uma pasta mais fina, termine este movimento com a pasta mais grossa e com os movimentos em “oito” ou o “zerinho”. Este movimento torna a superfície uniforme.
- 7** – Quando remover o disco do bloco (ou da placa), para limpar e inspecionar a superfície que está sendo lapidada, faça-o puxando o disco para cima. Poderá ser percebido um pequeno efeito de sucção quando feito corretamente, devido ao vácuo. Deve sempre ser evitado remover o disco horizontalmente do bloco ou girando-o em ângulo;
- 8** – Limpe a superfície do disco com o papel previamente molhado com o álcool ou removedor;
- 9** – Com o uso da lanterna e da lupa inspecione a superfície lapidada e determine se no próximo passo poderá ser utilizado um abrasivo mais fino ou será necessário mais desbaste com o mesmo composto abrasivo. O uso de um abrasivo mais fino deve ocorrer somente se as imperfeições que haviam na superfície, além de riscos e arranhões deixados pela granulometria do abrasivo, tenham desaparecidos. Um composto abrasivo de granulometria 500, num bloco ou placa de lapidação de metal patente ou ferro fundido, já permite um acabamento levemente espelhado. Se o mesmo composto ainda precisa ser utilizado, repita os passos de 5 a 9 até que os riscos e imperfeições tenham desaparecidos. Se essas imperfeições desapareceram então



um composto abrasivo de granulometria mais fina pode ser utilizado.

Limpe o bloco (ou a placa) utilizado com o composto anterior com o papel macio e molhado com o removedor e guarde-o num local apropriado e longe de impurezas;

10 – Selecione um composto de granulometria mais fina que o anterior e seu respectivo bloco para ser utilizado na próxima sequência de lapidação;

11 – Lapide com o composto mais fino repetindo os passos de 5 a 9. Utilize os mesmos movimentos e mesmos períodos descritos no passo 6. Durante aqueles curtos intervalos, limpe somente a superfície do disco utilizando o removedor e o papel. Se a inspeção com a lupa indicar que lapidação adicional será necessária, repita o passo 6, mas sem adicionar composto ao bloco. Compostos abrasivos de granulometrias mais finas requerem menores períodos de lapidação, porém, com verificações mais frequentes da superfície sendo lapidada;

12 – Quando a inspeção indicar que as imperfeições e riscos desapareceram da superfície, selecione outro bloco (ou placa) de lapidação (previamente limpo com papel macio e removedor) para o composto diamantado e repita os passos de 5 a 9;

13 – Inspeccione as superfícies novamente com a lupa. O acabamento agora deverá estar liso (polido) e semelhante a um espelho. Imperfeições não vistas anteriormente poderão agora ser reveladas. Se ainda houver alguma imperfeição, poderá ser necessário utilizar alguns dos compostos anteriores com seus respectivos blocos (ou placas) até o final da fase de lapidação descrita no passo 12;

14 – Utilizando a lupa e a lanterna inspecione pela última vez a superfície de vedação. Esta inspeção final é para garantir que nenhum risco tenha ficado antes da montagem da válvula. Se não houver mais riscos e imperfeições, o procedimento de lapidação estará concluído;

15 – Agora molhe o papel higiênico e a superfície que foi lapidada e limpe-a completamente até que no papel não apareça mais resíduos do composto abrasivo. O papel molhado deverá ser substituído várias vezes durante o procedimento de limpeza das superfícies de vedação do disco e bocal;

16 – Após o término da lapidação, inspeção final e limpeza dos componentes, envolva o disco em papel macio para protegê-lo e guarde-o até o momento da montagem. Limpe também o bloco (ou a placa) utilizado no composto anterior. Guarde-o em seu local apropriado para evitar contaminação.

2.9.4 – Lapidação da Superfície de Vedação do Bocal – Siga os mesmos procedimentos que foram descritos até aqui para a lapidação do disco, com as seguintes exceções:

- Utilize uma placa de metal patente com aproximadamente 15 mm de espessura e que tenha o diâmetro externo de aproximadamente 40 mm maior que o diâmetro da superfície de vedação do bocal, por exemplo, para um bocal orifício "J" (1,287 pol²) ou maior;
- Com a face da placa contendo o composto, voltada para você, segure-a de tal forma que todos os seus cinco dedos apontem para você e estenda-os aproximadamente 25 mm além da borda da superfície da placa. Então coloque esta face com o composto sobre a superfície de vedação do bocal, evitando qualquer pressão descendente e proceda aos movimentos descritos no passo 6 para o disco;
- As sequências de lapidação devem ser as mesmas descritas para o disco nos passos 5 a 9;

- Se o bocal for lapidado dentro do corpo talvez não haja espaço para o movimento em “oito”. Se assim for, é recomendado utilizar somente os movimentos de “vai-e-vem” para todos os lados, e sempre mudando a placa de posição, e terminando este movimento com o “zerinho”. Somente o movimento “zerinho” pode também ser utilizado em todo o procedimento de lapidação do bocal, caso ele esteja montado no corpo da válvula. Para a lapidação final, com a pasta diamantada, utilize somente o movimento “ZERINHO”;
- A sequência intermediária pode ser desnecessária dependendo do acabamento conseguido com o composto 54/80. A tendência dos movimentos de lapidação é “afinar” os grãos abrasivos e, assim, melhorar o acabamento superficial. Sendo assim, a lapidação final com o composto diamantado pode ser agora iniciada;
- Faça a limpeza e a inspeção final conforme descrito para o disco. Se aprovada, monte o anel inferior no bocal, deixando-o um pouco acima da superfície de vedação e envolva-os com o papel macio. Tanto o anel naquela posição, quanto o papel macio, tem a finalidade de proteger a superfície de vedação do bocal até o momento de sua montagem da válvula. Guarde esse conjunto (bocal e anel) em local apropriado até o momento da montagem da válvula;
- Dependendo do tamanho (altura) e peso do bocal, este poderá ser lapidado contra a placa ou a placa ser apoiada sobre a superfície de vedação do bocal para lapidá-lo. Quando a placa tiver que ser apoiada sobre o bocal, segure-a com todos os cinco dedos estendidos aproximadamente 25 mm além da borda. Este procedimento poderá auxiliá-lo a guiar e centralizar a placa sobre o bocal, impedindo que se movimente além das superfícies de vedação, causando riscos e arredondamento da borda externa da superfície de vedação.

Nota: Para acelerar o afinamento dos grãos do abrasivo (qualquer granulometria), principalmente quando a superfície sendo lapidada não está danificada, ou já na fase de acabamento final, reveze a lapidação sobre a placa ou bloco (se o disco e bocal permitirem), entre ambas as peças.

A lapidação de acabamento deve ser feita com uma placa (ou bloco) de lapidação exclusiva para o abrasivo à base de diamante sintético (3/6 ou 4/8). A placa de lapidação ou o bloco deve ser usada num movimento “ZERINHO” ou em “oito” (8).

Observação: Caso o bocal seja removido do corpo da válvula, principalmente nos bocais orifícios “J” até “P”, o bocal poderá ser lapidado contra a placa de lapidação. Já nos orifícios de “D” até “H”, devido à altura dos bocais em relação aos seus respectivos diâmetros, estes devem ser apoiados na bancada e serem lapidados pelos seus respectivos blocos ou placas. Para você decidir se lapida o bocal contra a placa ou a placa contra o bocal, se baseie na seguinte regra: “a peça mais leve sempre por cima”. Por exemplo, bocais até o orifício “J”, lapide com o bocal sobre a placa ou a placa sobre o bocal, se uma placa pequena e proporcional ao tamanho do bocal estiver disponível. Para todos os outros orifícios, “K” ao “T”, lapide com a placa sobre o bocal. Nos orifícios “J” e menores, cuidado com a altura do bocal sempre que for lapidar este contra a placa.

Largura da Superfície de Vedação do Bocal

Uma superfície de vedação do bocal larga induzirá ao “simmer” (sopragem antes da abertura), especialmente nas válvulas em pressões mais baixas e com orifícios menores. Por esta razão, as superfícies de vedação de válvulas sem anel “O” devem ser estreitas. Uma vez que a superfície de vedação deve ter a largura suficiente para suportar a carga de apoio aplicada a ela pela força da mola, válvulas de alta pressão (acima de 900 psig



de pressão de ajuste), devem ter superfícies de vedação mais largas do que as válvulas de baixa pressão.

Precauções e Sugestões para Lapidar as Superfícies de Vedação do Disco e Bocal:

As seguintes precauções e sugestões capacitarão o pessoal de manutenção a fazer um trabalho “profissional” ao lapidar as superfícies de vedação:

- 1.** Mantenha a bancada de trabalho e os materiais de trabalhos sempre limpos.
- 2.** Utilize sempre uma placa ou bloco de lapidação em boas condições. Se eles apresentarem sinais de desgaste evidentes (fora de planicidade), recondicione-os e limpe-os antes da lapidação.
- 3.** Aplique uma fina camada de composto abrasivo à placa ou ao bloco de lapidação. Isto evitará o arredondamento das arestas (bordas) das superfícies de vedação.
- 4.** Mantenha a placa ou o bloco de lapidação paralelos sobre uma superfície plana, e evite qualquer tendência de balançá-los, o que também causaria o arredondamento das superfícies de vedação.
- 5.** Ao lapidar, mantenha a peça bem presa para evitar a possibilidade de ela cair e danificar a superfície de vedação.
- 6.** Lapide, utilizando um movimento excêntrico (ZERINHO) ou de um oito em todas as direções, e ao mesmo tempo aplicando uma pressão uniforme e girando o lapidador lentamente. Não lapide utilizando movimentos circulares contínuos ou oscilantes.
- 7.** Substitua o composto frequentemente depois de limpar o composto “velho” e aplique mais pressão para acelerar a ação de corte do composto.
- 8.** Para inspecionar as superfícies de vedação, remova todo o composto abrasivo, tanto da superfície de vedação quanto do bloco ou da placa de lapidação. Então, faça um polimento na superfície de vedação com o mesmo lapidador usando o movimento de lapidação descrito acima. Seções baixas da superfície de vedação se apresentarão como uma sombra em contraste com a parte brilhante. Se existirem sombras, é necessária lapidação adicional utilizando blocos ou placas de lapidação perfeitamente planos. Serão requeridos apenas alguns minutos para remover definitivamente as sombras.
- 9.** Quando a lapidação estiver completa, quaisquer linhas aparecendo como riscos transversais podem ser removidas girando (num movimento contínuo circular), o disco ou o bocal sobre o bloco ou a placa de lapidação, respectivamente, (já limpos do composto), e em conjunto com um papel do tipo sulfite sobre a superfície de vedação em relação ao seu próprio eixo. O disco e o bocal irão girar continuamente sobre o papel e não sobre a superfície do bloco ou da placa, respectivamente.
- 10.** A superfície de vedação deve agora ser completamente limpa usando o papel higiênico e um fluido de limpeza (álcool ou removedor).

Nota: Ao término da lapidação das superfícies de vedação, estas não deverão apresentar resíduos de compostos abrasivos, e o aspecto final deverá ser de uma superfície espelhada. Se após a limpeza aparecerem riscos naquelas superfícies, estes riscos poderão ter sido produzidos por contaminantes no composto abrasivo, no bloco ou na placa, antes ou durante a lapidação. Repita o último passo (item 8 acima), após limpar completamente a placa ou a base de lapidação, aplicando novamente o mesmo composto abrasivo (mesma granulometria), limpo.

Recondicionamento dos Blocos e Placas de Lapidação

Após o uso, os blocos e as placas devem ser limpos e guardados num local apropriado, seguro contra quedas e longe de pó e umidade. Eles periodicamente devem sempre ser recondicionados. O recondicionamento permite recuperar de 1/2 a 1 banda de luz de planicidade. Este nível de planicidade pode ser conseguido com uma placa manual de lapidação ou uma máquina específica para esse propósito.

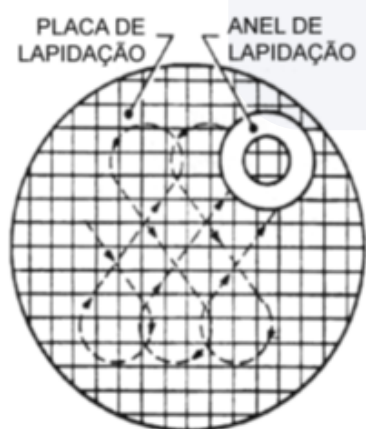
Antes de utilizar novamente os blocos e placas utilizados até aqui, planeje um tempo para recondicioná-los novamente. Esses blocos e placas podem ser utilizados em ambos os lados, desde que estejam planos e limpos, além de sempre serem utilizados para o mesmo composto abrasivo (mesma granulometria).

Assim, os blocos e as placas de lapidação devem estar extremamente planos em suas superfícies para que essa planicidade seja transmitida à superfície de vedação do disco e do bocal. Da mesma forma que o abrasivo corta a peça em aço inoxidável (disco ou bocal), cortará numa velocidade e profundidade ainda maior a superfície do bloco ou da placa. Por esta razão, o bloco e a placa devem ter suas superfícies recondicionadas regularmente para que as peças a serem lapidadas não tenham a planicidade das superfícies de vedação influenciadas pela planicidade da superfície do bloco ou da placa. Quanto “menos tempo” um bloco ou placa perfeitamente planos for utilizado para a lapidação de um disco ou bocal, respectivamente, mais plana estará sua superfície de vedação e menor desgaste irá ocorrer na superfície do bloco ou da placa.

1. Os anéis (os blocos ou as placas) de lapidação são recondicionados lapidando-os sobre uma outra placa de lapidação plana. A lapidação deve ser feita com um movimento de “zerinho” ou o movimento de figura-oito, como indicado na figura ao lado. Para assegurar os melhores resultados ao lapidar superfícies de vedação, o anel de lapidação deve ser recondicionado após cada uso e verificado com um plano ótico.

2.10 – Remontagem – Informações Gerais

A válvula de segurança e/ou alívio pode ser facilmente remontada depois de ter sido feita a manutenção das peças internas. Nesta etapa, todos os componentes inspecionados e recuperados, ou componentes novos e originais, deverão estar perfeitamente limpos e secos.



Nota: Somente o uso de componentes originais do fabricante pode garantir o desempenho operacional correto de uma válvula de segurança e/ou alívio.

Todas as peças devem estar limpas e secas antes de montar. Atenção especial deve ser dada às superfícies de vedação, superfícies das guias, superfícies de apoio, área interna da passagem do bocal, faces dos flanges e ranhuras.

Notas:

-Verifique todas as juntas usadas durante a remontagem. Juntas de metal sólido em bom estado (sem corrosão ou deformações) podem ser usadas novamente. Todas as juntas macias (papelão hidráulico, elastômeros e juntas à base de PTFE), devem ser substituídas.

Antes de colocar as juntas (planas), aplique uma leve camada uniforme de lubrificante na superfície a ser



vedada; então cubra o topo da junta com lubrificante.

- Se foi necessário esmerilhar as peças de apoio (superfícies em raio) por atrito mútuo, tais como apoios da mola, haste, parafuso de ajuste, com abrasivos de granulometria 54/80 ou 20/40, por exemplo, não esqueça de remover todo o composto abrasivo de esmerilhamento; então limpe completamente ambas as superfícies de vedação do disco e bocal, e lave com álcool ou outro removedor adequado, secando com papel higiênico ou pano macio.

- O último passo antes da montagem final é a lubrificação. Aplique os lubrificantes com pouca quantidade, mas de modo que cada superfície de apoio esteja levemente coberta (contudo, uniformemente).

- Se a válvula em questão tiver um assentamento com anel "O" (O-ring), consulte a plaqueta do fabricante fixada na válvula para determinar o material do anel "O".

2.10.1 – Lubrificação dos Componentes da Válvula

A lubrificação em válvulas de segurança e/ou alívio deve ser analisada, principalmente em relação à possível incompatibilidade química com o fluido de processo. Se houver uma reação química entre o lubrificante e o fluido poderá ocorrer corrosão e prejudicar e interferir diretamente no desempenho operacional da válvula.

A lubrificação é recomendada em aplicações que envolvem altas pressões e altas temperaturas, como por exemplo, em válvulas de segurança que protegem caldeiras. Use um lubrificante antitravamento à base de níquel em todas as roscas e superfícies de apoio.

Todas as regiões em raio, exceto aquela do disco com o suporte do disco, devem ser lubrificadas. Da mesma forma todas as roscas devem ser lubrificadas, exceto aquelas de fixação dos anéis inferior e superior, no bocal e na guia, respectivamente. As superfícies de contato entre o furo da guia e o eixo do suporte do disco podem ser lubrificadas com grafite em pó.

Nota: A lubrificação desses componentes facilitará a operação da válvula e, posteriormente, sua desmontagem na próxima manutenção.

Os principais pontos que devem ser lubrificados estão listados a seguir:

- Rosca do parafuso de ajuste da mola;
- Rosca de fixação da porca de acionamento da haste;
- Rosca (s) de fixação do (s) parafuso (s)-trava do (s) anel (eis) de ajuste no corpo;
- Região de contato entre o apoio superior da mola e o parafuso de ajuste;
- Região de contato entre o apoio inferior da mola e a haste;
- Superfície esférica da ponta inferior da haste em contato com o suporte do disco;
- Parafusos ou rosca (quando houver) para a fixação do capuz ao castelo;
- Rosca de fixação do bocal ao corpo;
- Prisioneiros e porcas para fixação do castelo ao corpo.

O parafuso de ajuste da mola e o (s) parafuso (s)-trava do (s) anel (eis) devem permitir que sejam movimentados enquanto a válvula estiver exposta à temperatura normal do processo para eventuais ajustes que se façam necessários com a válvula em operação. Por esta razão é até comum que os anéis de ajuste tenham

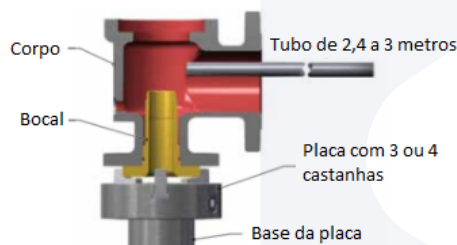
uma folga maior, justamente para compensar a dilatação térmica.

Uma junta de vedação corretamente especificada, montada e apertada, além de evitar vazamentos, ainda impede a corrosão nas superfícies de contato dos flanges, principalmente o flange de saída, independente de haver ou não contrapressão. Foi enfatizado o flange de saída, pois o bocal normalmente é construído em aço inox CF8 ou CF8M (304 ou 316), respectivamente, enquanto o castelo e o corpo, incluindo o flange de saída são construídos em aço carbono (WCB) ou aço liga (C5, WC6 ou WC9).

2.11 – Montagem da Válvula de Segurança e Alívio

Passos Específicos

1. Se o bocal da válvula foi removido, aplique lubrificante de roscas nas roscas do bocal antes de reinstalar no corpo da válvula, conforme figura ao lado. Insira-o no corpo pelo flange de entrada, apertando-o firmemente, prendendo o flange do bocal na placa do torno, e com um tubo longo, girando pelo flange de saída do corpo da válvula. É o processo inverso ao da desmontagem do bocal.



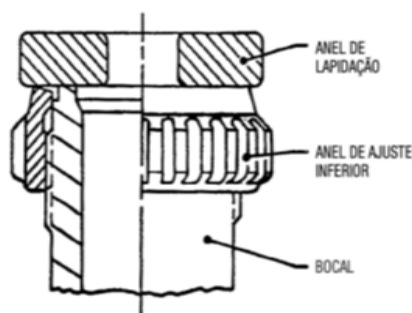
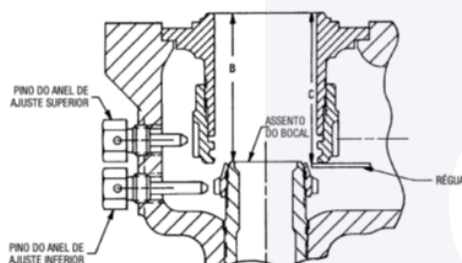
Observação: Mesmo para as válvulas de castelo aberto ou de castelo fechado que descarregam diretamente para a atmosfera, é recomendada a instalação de uma junta de vedação de 0,8 milímetros de espessura entre o bocal e o corpo para evitar travamento do bocal numa futura desmontagem.

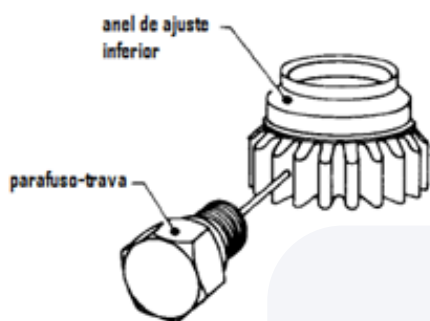
2. Reinstale o anel de ajuste no bocal, abaixo do nível da superfície de vedação, de modo que o disco assente sobre o bocal e não sobre o anel.

3. Monte o anel inferior sobre o bocal girando-o no sentido horário. A face do anel inferior deverá momentaneamente ficar abaixo da superfície de vedação do bocal. Monte sobre o bocal uma placa de lapidação ou outra peça redonda, gire agora o anel inferior para a direita (sentido anti-horário), para que ele suba e se encoste na placa. De acordo com o fabricante, modelo e orifício (ou pressão de ajuste, depende do projeto do fabricante), gire o anel agora para a esquerda (sentido horário), o número de entalhes marcados na tabela do respectivo modelo e fabricante.

Nota: O procedimento acima também poderia ter sido realizado durante a desmontagem, caso a válvula tenha sido desmontada em suas partes superiores, a posição de campo do anel inferior não tenha sido anotada, conforme o passo 2 no item “desmontagem”, desde que o parafuso trava ainda estivesse apertado, e a posição do anel inferior não tivesse sido alterada.

A figura ao lado mostra como restabelecer a posição original de fábrica e de acordo com as tabelas abaixo.





- Certifique-se de que o parafuso trava do anel encaixa no entalhe do anel, mas sem tocar no anel. O anel deve mover-se livremente para os lados dentro do entalhe. Se necessário, corte o parafuso trava no comprimento necessário ou substitua o parafuso trava.

O parafuso deve ficar entre dois entalhes (dentes) sem tocar o fundo do anel ou as laterais dos entalhes. Com o parafuso trava instalado corretamente e apertado, o anel inferior deverá ter um leve movimento para ambos os lados. O parafuso trava permite ao anel inferior “flutuar”, mas sem alterar sua posição em relação ao suporte do disco, quando a válvula atuar.

A figura ao lado mostra o anel do bocal, seus entalhes e seu respectivo parafuso-trava entre dois “dentes”: O anel inferior (anel do bocal), deve ser corretamente travado, caso contrário ele poderá ser elevado pelo próprio escoamento do fluxo, no momento da abertura da válvula, e ficar acima da face de vedação do bocal. Com isto, no momento do fechamento, o suporte do disco assenta sobre aquele anel e impede que o disco contate novamente a superfície de vedação do bocal, causando excessivos vazamentos mesmo abaixo da pressão normal de operação.

15. Restaure a posição original do anel superior de acordo com as tabelas do respectivo fabricante. Monte o anel na guia do suporte do disco. A face inferior do anel superior deverá ficar no mesmo nível da superfície de vedação do bocal. Veja na figura ao lado que a dimensão “B” deverá ser a mesma da dimensão “C”, com isto a superfície inferior do anel superior estará no mesmo nível da superfície de vedação do bocal. Esta posição é o ponto inicial para restabelecer a posição recomendada pelo fabricante da válvula de acordo com alguma das tabelas mostradas à frente.

Nota: Se a posição correta deste anel não for restabelecida durante a montagem, a operação da válvula poderá ser totalmente indefinida.

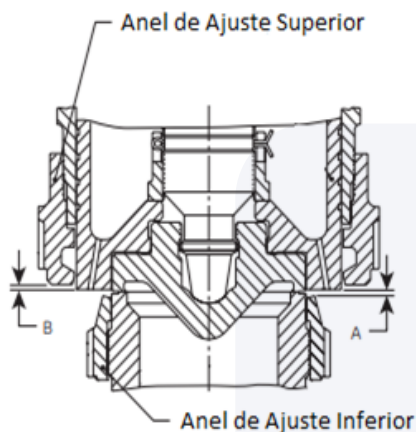
O ponto de referência que é utilizado para esse ajuste é sempre a face inferior do suporte do disco (quando a válvula está montada), tanto para o anel superior quanto para o anel inferior, ou a superfície de vedação do bocal (quando a válvula está desmontada). É a partir desta face que é alterada a área de escoamento do vapor por esses anéis, e conseqüentemente, todo o desempenho operacional da válvula.

Nas válvulas instaladas no superaquecedor, o ajuste desse anel, principalmente abaixo do nível da superfície de vedação do bocal, pode evitar a ocorrência de chattering, pois o vapor superaquecido, devido à ausência de água, tem a velocidade de escoamento maior e menor resistência ao escoamento em função de sua menor densidade e maior volume específico. A função do anel superior, nesse caso, é elevar (caso seja necessário) o valor do diferencial de alívio através da redução da área disponível ao escoamento do vapor, isto é, uma redução na área do orifício secundário.

Veja na figura abaixo a diferença de alturas entre a face do anel inferior e a face de vedação do bocal, e a diferença entre a face do anel inferior e a face inferior do suporte do disco (dimensão A). Da mesma forma, podemos ver a posição do anel superior em relação à face inferior do suporte do disco (dimensão B).

O correto posicionamento e travamento do (s) anel (eis) de ajuste é de vital importância para o correto funcionamento da válvula.

O parafuso trava do anel inferior e/ou do anel superior não deverá exercer nenhum esforço nas laterais e/ou no fundo daqueles anéis.



Nota: Caso os anéis de ajuste tenham que ser ajustados no campo e com a tubulação de descarga instalada na válvula, recomenda-se que, a princípio, o aperto daquele parafuso seja somente manual para evitar que o parafuso-trava apoie em cima do entalhe do anel e não entre dois entalhes, como deve ser. Após, manualmente, a cabeça do parafuso se encostar ao corpo da válvula, ele deverá ser apertado com uma ferramenta apropriada.

Observação: Sempre que ajustar o anel inferior e/ou o anel superior, contar o número de entalhes e o sentido no qual estão sendo movimentados, e anotar durante os testes de campo. O ajuste e posicionamento final devem ser anotados e registrados no histórico de manu-

tenção da válvula.

4. Monte o disco dentro do suporte do disco.

Após a montagem do disco em seu suporte, confirme que o mesmo está oscilando. Certifique-se de que o disco esteja livre para "oscilar" depois de estar no lugar. O disco deve "flutuar" dentro de seu suporte para que o assentamento e a vedação sejam comandados pelo bocal, ou seja, o disco deverá se apoiar em 360° sobre a superfície de vedação do bocal. A rosca do disco e do suporte do disco tem função apenas no momento da montagem para evitar a queda do disco.

5. Para válvulas com fole até o orifício "T", coloque uma junta do fole nova sobre o suporte do disco. Rosqueie o fole, aperte com os dedos, para baixo, contra a junta sobre o suporte do disco. Use uma chave de boca com pino ou um cabo especial tipo chave para girar o anel (porca de fixação do fole) do fole para baixo até obter uma junta estanque à pressão.

6. Coloque a guia sobre o suporte do disco (**NÃO DEIXE CAIR**). Se o fole estiver presente, o peso da guia comprimirá levemente o fole.

7. Coloque o retentor da haste sobre a extremidade da cabeça da haste ou suporte do disco, como aplicável. Aplique um pouco de lubrificante na esfera da ponta da haste. Coloque a haste no suporte do disco e certifique-se de que a haste gira livremente.

8. Coloque uma junta da guia nova no corpo.

9. Instale o conjunto guia, haste/disco. Nos orifícios de tamanhos "M" até "T", use a mesma ferramenta de levantamento que foi usada durante a desmontagem, então abaixe-o dentro do corpo da válvula.

10. Aplique uma pequena quantidade de lubrificante na superfície de contato do apoio inferior da mola com a haste. Coloque o conjunto da mola, incluindo seus apoios superior e inferior, na haste.

11. Coloque uma nova junta do castelo antes de instalar o castelo, mas somente quando a descarga da válvula ocorre para um coletor fechado. Encoste as porcas manualmente e com torque mínimo, por enquanto.

Nota: Durante a montagem da válvula na oficina deve-se evitar o uso de chave de bater para elevar o tor-



que de porcas e prisioneiros de fixação do corpo ao castelo, pois pode danificar as superfícies de vedação e alterar a tensão da mola antes mesmo dos testes finais. Utilize um torquímetro para alcançar os valores de torque recomendados pelo fabricante.

12. Com a porca-trava do parafuso de ajuste montada próxima do topo do parafuso de ajuste, aplique uma pequena quantidade de lubrificante na extremidade esférica do parafuso de ajuste, e lubrifique também as roscas. Rosqueie o parafuso de ajuste no castelo, até ele encostar no apoio da mola.

13. Nas válvulas de projeto europeu, construídas conforme a Norma ISO 4126, ao comprimir a mola, segure a haste com alicate de pressão para evitar que ela gire no suporte do disco. Gire o parafuso de ajuste no sentido horário, até que a distância original entre a extremidade da haste e o topo do parafuso de ajuste, anotada no momento da desmontagem, seja alcançada. Este método de comprimir a mola restabelecerá “aproximadamente” a pressão de ajuste original. Aperte de forma uniforme e definitiva as porcas de fixação do castelo ao corpo. A válvula deve ainda ser ajustada para a pressão requerida.

14. Restaure a posição original do anel inferior, em relação ao suporte do disco, como anotado durante a desmontagem, e substitua a junta do parafuso trava, se aplicável. Se a posição original do anel não for conhecida ou não foi anotada durante a desmontagem, recorra às tabelas no final desta apostila de acordo com o fabricante, tamanho do orifício do bocal e modelo da válvula. Verifique o número de entalhes no anel inferior, dependendo do número de entalhes do anel que devem ser recuados, posicione o anel de acordo com a pressão de ajuste aplicável, tamanho do orifício, modelo e fabricante da válvula.

15. A válvula agora está pronta para Ajustes e Testes Finais.

- Se a válvula tiver uma superfície de vedação com Anel “O” (O’ ring), aperte e trave o parafuso de ajuste da mola antes do posicionamento definitivo do anel do bocal. Em válvulas que possuem sede resiliente, esse anel só deve ser posicionado em definitivo após o término do ajuste da pressão de ajuste.

3.1 – Inspeção e Testes Finais de Válvulas de Segurança e/ou Alívio

Apesar de aparentemente ser um projeto de construção simples, as válvulas de segurança e/ou alívio merecem atenção especial quanto a sua inspeção periódica, definindo os melhores prazos de manutenção, para que seja considerado um dispositivo de alívio de pressão cuja operação seja confiável e segura para o processo. A pressão de ajuste e a vedação devem ser verificadas numa bancada de testes, momentos antes da instalação, mesmo as válvulas novas que ficaram por alguns meses estocadas.

Retirar para manutenção, num prazo predeterminado (depende da categoria do vaso ou caldeira determinada pela NR13) e fazer teste de recepção para verificar “como a válvula foi encontrada”.

As inspeções das válvulas de segurança e/ou alívio na própria instalação reduz os riscos destas não abrirem quando for necessário. Essas inspeções com as válvulas em operação permitem que as frequências sejam adequadas a cada instalação em particular.

3.2 – NR 13 – (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho)

Norma Regulamentadora número 13 do Ministério do Trabalho (Caldeiras, Vasos de Pressão, Tanques e Tubulações). Foi elaborada em 1978 e revisada nos anos de 1994, 2008, 2014, 2017, 2019 e 2022. Em 2014

houve a inclusão de tanques e das tubulações, estas somente para fluidos Classes A e B, além das caldeiras e vasos de pressão que já existiam nas edições anteriores.

Assim, a NR13 é a norma utilizada no Brasil para a inspeção de caldeiras, vasos de pressão, tanques e tubulações. Toda caldeira ou vaso de pressão que são abrangidos pela NR13 devem ser construídos e estar em conformidade com os códigos de projeto aceitos internacionalmente. Sendo vinculada ao Ministério do Trabalho (MTb), ela não tem autonomia para legislar no campo do projeto e qualidade de fabricação das caldeiras, vasos de pressão e tubulações. Deve ser seguido o que é estabelecido pelo código de projeto do equipamento para que a NR13 seja atendida.

A NR13 é um regulamento técnico que tem por objetivo proteger a saúde e a segurança do trabalhador. A qualidade das Caldeiras, Vasos de Pressão, Tanques e Tubulações, está ligada diretamente a seu código de projeto e qualidade da fabricação, pois não há códigos brasileiros que norteiem a qualidade de fabricação e projetos destes equipamentos. Em função disto a NR13 determina que todo vaso e caldeira deve ser construído em conformidade com códigos de projeto aceitos internacionalmente. A norma a ser utilizada por uma empresa é opcional, enquanto o regulamento técnico é obrigatório. Com isto, quando a NR não “amarra” algum parâmetro, devemos seguir o estabelecido pelo código de projeto do equipamento, (que pode ser ABNT, ASME, DIN, AFNOR, JIS, etc), caso contrário, estaremos descumprindo a NR13.

No Brasil as normas de construção (ABNT, ASME, DIN, AFNOR, JIS, etc) de caldeiras, vasos de pressão, tubulações e outros equipamentos são opcionais ao usuário, enquanto o regulamento técnico é obrigatório. A NR 13 é um Regulamento Técnico e soberano no Brasil.

Enquadra-se na NR13 os vasos de pressão cujo valor do produto $P \times V$ é maior do que 8. Onde P é a pressão de operação do vaso em kPa ($\text{kgf/cm}^2 \div 0,010197$) e V é o seu volume geométrico interno em m^3 . Para determinar a categoria do vaso, a pressão de operação deve estar em Mpa ($\text{kgf/cm}^2 \div 10,197$) e o volume também deve estar em m^3 .

As categorias são divididas de I a V (I, II, III, IV e V) que significam o grau de risco do equipamento. Esse grau de risco é baseado apenas na pressão e temperatura do fluido, independentemente do tipo, mesmo o vapor d'água, além do volume geométrico do vaso. Quanto maiores forem esses parâmetros, maior será o potencial de risco do equipamento, e assim, menor será o valor de sua categoria, em consequência disto, menores serão os prazos limites entre inspeções, incluindo a inspeção das válvulas de segurança e/ou alívio. O prazo entre inspeções determinado pela NR13 não pode ser ampliado além de seu limite.

As válvulas de segurança e/ou alívio, além dos manômetros, devem ter todos os seus dados junto com a documentação de inspeção do equipamento protegido. Esses dados são os relatórios de manutenção e inspeção que devem estar impressos, assinados e arquivados junto aos relatórios de inspeção da caldeira ou do vaso de pressão. Deve estar incluída junto com esta documentação, a guia de recolhimento e o comprovante de pagamento da ART (Anotações de Responsabilidade Técnica) emitida em nome do engenheiro responsável pelos serviços de manutenção e inspeção das válvulas de segurança e/ou alívio, após esses trabalhos terem sido concluídos.

Inspeção Após a Revisão

A inspeção após a revisão normalmente é feita numa bancada de testes com Nitrogênio (N^2), ar comprimi-



do ou água, onde é ensaiada a pressão de ajuste de acordo com o que é requerido pelo processo, além de verificar a estanqueidade da válvula. O método para a verificação desta estanqueidade depende das características construtivas da válvula. Para válvulas convencionais com castelo e capuz fechados e que operam com contrapressão, ou as válvulas balanceadas, é necessário que seja feito também um teste de vedação das juntas (teste de contrapressão).

Qualquer grau de vedação que possa ser obtido entre disco e bocal numa bancada de testes, com contrapressão atmosférica e temperatura ambiente não deve ser considerado constante. O manuseio durante o transporte, instalação, os cuidados durante o armazenamento, limpeza da tubulação antes da instalação, além dos ciclos operacionais da válvula e da própria pureza do fluido, reduzem, na maioria das vezes, esse grau de vedação.

Uma boa vedação, durante o tempo em que a válvula permanecer em operação, dependerá também de outros fatores, tais como: alinhamento dos internos, projeto da instalação, posição do(s) anel (eis), baixa ou nenhuma flutuação na pressão de operação do equipamento, além da compatibilidade da pressão, temperatura, tipo e pH do fluido com os elastômeros (quando utilizados) e materiais do disco, mola, bocal, suporte do disco e guia.

O valor da pressão máxima de operação do equipamento protegido pode ser utilizado na bancada para testar a vedação da válvula, porém, esse valor nunca deve ser superior à sua pressão de fechamento no processo. Alguns dos testes normalmente executados são descritos a seguir:

3.3 - Principais Testes de Inspeção para Válvulas de Segurança e/ou Alívio

A manutenção de uma válvula de segurança e/ou alívio só está finalizada quando a pressão de ajuste e a vedação estão aprovadas de acordo com as necessidades do processo e de acordo com as normas de inspeção, respectivamente. Elas devem ser submetidas a testes para verificar a pressão de ajuste e a vedação antes de serem instaladas. Um erro que muitas vezes poderia ter sido detectado numa bancada de testes, nem sempre poderá ser corrigido quando a válvula já está instalada e operando, sem que o processo seja interrompido.

A válvula de segurança e/ou alívio deve ter um bom desempenho na bancada em relação à pressão de ajuste e vedação para que, posteriormente, ela possa ter um bom desempenho em operação.

A seguir são apresentados os métodos de testes aos quais as válvulas de segurança e/ou alívio devem ser submetidas.

3.3.1 – Ensaio e Testando a Pressão de Ajuste

É recomendado que após a montagem dos componentes internos e do castelo, as válvulas de segurança e/ou alívio não sejam transportadas, mesmo dentro da oficina, sem antes apertar e travar o parafuso de ajuste da mola, para que posteriormente ela possa ser colocada numa bancada de testes para ser testada. Certifique-se de que a altura da haste em relação ao topo do parafuso de ajuste da mola, está na mesma medida encontrada no momento da desmontagem.

Recomendação de segurança: Os EPI's mínimos necessários e recomendados para ajustes e testes de válvulas de segurança e/ou alívio, numa bancada na oficina, são: óculos de segurança, protetor auricular e luvas. Após a lapidação das superfícies de vedação do disco e bocal, a montagem de uma válvula de segurança e/ou alívio ou mesmo aquelas novas ou revisadas, mas que tenham ficado alguns meses estocadas, devem ter a pressão de ajuste estabelecida ou confirmada, respectivamente, além da verificação da vedação. Para os testes, tanto para verificação da pressão de ajuste, quanto a verificação da vedação, devem ter como fluido o ar comprimido ou nitrogênio. Para as válvulas que irão operar com líquidos (válvulas de alívio ou de segurança e alívio), os testes de pressão de ajuste e vedação devem ser feitos com água na entrada. Isto porque, se for feito com ar comprimido ou nitrogênio, a definição do real ponto de ajuste é diferente, ou seja, se a válvula é testada na bancada com ar comprimido e é colocada no processo para atuar com água ou outro líquido qualquer, a abertura da válvula irá ocorrer num valor mais alto (entre 3% a 5% acima do valor obtido na bancada). No processo a válvula de alívio precisa de uma pressão maior embaixo do disco para vencer a força da mola e permitir o curso de elevação do disco. Os diferentes estados físicos do fluido, na bancada e no processo, é o principal fator.

A tabela 3.1 abaixo mostra os parágrafos das normas que exigem o teste com água:

Procedimentos de Ajustes

Nota: Válvulas para serviço com vapor devem ser ajustadas utilizando preferencialmente vapor d'água sa-

NORMA/ANO	PARÁGRAFO
ASME Seção VIII (2019)	UG-131 (b) (2)
ASME Seção I (2015)	PG-73.5.2 (b)
ASME Seção VII (2025)	103.2.3
ASME Seção XIII (2025)	9.7.1 (b) (2)
NB 23 – Parte III (2025)	4.5.1
NB23 – Parte IV (2025)	4.6.1
API Std. 527 (2020)	4.1.1

turado, se os ajustes forem feitos no próprio equipamento protegido. Válvulas para serviço com fluidos gasosos devem ser ajustadas na bancada utilizando ar comprimido ou nitrogênio, como fluido de teste. Válvulas para serviço com líquido devem ser ajustadas na bancada usando água, como fluido de teste. Antes de montar a válvula na bancada de teste, remova toda a sujeira, sedimentos ou escamas do bocal do reservatório de teste e da abertura de entrada e até a garganta do bocal da válvula, de preferência através da sopragem com ar comprimido. Certifique-se de que o manômetro tem precisão e foi calibrado recentemente (ou ainda está dentro do prazo), com um calibrador de manômetros do tipo "peso morto". Monte a válvula na bancada de teste. Se o parafuso de ajuste da válvula recondicionada foi apertado até sua posição original no momento da desmontagem, aumente vagarosamente a pressão no reservatório até a pressão de ajuste diferencial a frio. Se a pressão de ajuste estiver num valor inferior ao requerido pelo processo, é necessária compressão adicional da mola, reduza a pressão na bancada de testes para 75% do valor que ela abriu. Solte a porca trava do parafuso de ajuste, segure a haste para evitar que ela rode (se esta for um projeto conforme ISO 4126), e gire o parafuso de ajuste no sentido horário. Repita



este passo até que a pressão de ajuste desejada seja alcançada. Trave a contra porca antes de todas as vezes que for elevar a pressão da bancada. Se a pressão de ajuste alcançada agora está acima do valor desejado, reduza novamente a pressão na bancada de testes para 75% do valor que ela abriu. Solte novamente a contra porca do parafuso de ajuste e gire-o lentamente agora no sentido anti-horário. Este sentido reduzirá a carga da mola sobre o disco. Nesta etapa do teste é permitido também manter a pressão na bancada no mesmo valor da pressão de ajuste desejada e segurando firmemente a haste da válvula com um alicate de pressão, gire vagarosamente o parafuso de ajuste no sentido anti-horário até a válvula abrir. Eleve a pressão da bancada mais duas vezes para garantir que o valor desejado foi alcançado. Isto finaliza o ajuste de pressão na bancada de testes.

Observação: Para ensaio e teste final da pressão de ajuste, em válvulas que são testadas com nitrogênio ou ar comprimido (e que possuem anel do bocal), é recomendado que a válvula seja submetida a três disparos (POP's), sendo que os dois primeiros têm a função de alinhar os componentes internos, enquanto que o terceiro tem a função de realmente mostrar a real pressão de ajuste da válvula.

Nota*: POP ou ação pop (pop action), é um estampido característico que ocorre quando uma válvula abre e o fluido é compressível. O posicionamento do anel inferior e/ou do anel superior, alinhamento dos componentes internos, distribuição concêntrica da carga da mola sobre o disco e a vedação da válvula, influenciam diretamente na intensidade do ruído deste estampido.

Nota de segurança: Este procedimento de girar o parafuso de ajuste até a válvula abrir jamais deve ser executado com a válvula de segurança instalada na caldeira ou vaso de pressão por questões de segurança do executante.

Nota: Ainda com a válvula montada na bancada de testes, não permaneça e nem coloque a mão na frente do flange de descarga da válvula, se a válvula estiver sob pressão.

Nota: Jamais movimentar o parafuso de ajuste da mola das válvulas de segurança e/ou alívio que possuem sede resiliente sempre que a pressão de operação, seja na bancada ou no processo, estiver acima de 75% da pressão de ajuste da válvula. Por exemplo, este parafuso não pode ser movimentado para aumentar ou mesmo para diminuir o valor da pressão de ajuste desejada, se esta for de 100 psig e a pressão na bancada ou no processo for de 80 psig. Reduza a pressão para 75 psig ou menos. Prenda a haste enquanto gira o parafuso de ajuste. A haste deve ser centralizada com o parafuso de ajuste. Muito atrito da haste contra a parede interna do parafuso de ajuste pode causar funcionamento deficiente da válvula, ou seja, atrasos na abertura e fechamento.

Notas:

- Com fluidos compressíveis, nas válvulas que possuem o anel do bocal, a pressão de ajuste é definida como a pressão em que a válvula abre bruscamente ("pop"), NÃO naquela em que ela começa o vazamento ("simer"), por exemplo, um leve chiado em aproximadamente 98% da pressão de ajuste requerida.

- Em válvulas com líquidos, a pressão de ajuste, independentemente de haver ou não o anel inferior, a definição do ponto de ajuste pode ser indicada pelo primeiro fluxo contínuo de água a 90° saindo através da conexão de descarga da válvula, tendo como referência um filete de água no diâmetro de uma caneta. Outra referência pode ser também o primeiro jorro de água. Depois que a pressão de ajuste requerida for obtida,

aperte a porca trava do parafuso de ajuste e repita o teste. Pelo menos duas repetições de aberturas na mesma pressão devem ser obtidas de modo a ter a confirmação que a válvula foi ajustada corretamente.

- Se ela tiver o anel do bocal, este deverá ser posicionado o mais baixo possível para não ocorrer um “pop”* inesperado. Após a pressão de ajuste ter sido conseguida, e com o anel do bocal na posição mais baixa, este deve ser elevado até – 2 (menos dois) entalhes do contato com a face inferior do suporte do disco (e travado nesta posição através de seu respectivo parafuso trava), principalmente, quando a bancada de teste possui um volume muito menor que a capacidade de vazão real da válvula. A maioria das bancadas de testes possuem um volume muito menor que a capacidade de vazão real da válvula sendo testada. Com o anel nesta posição, a pressão deve ser elevada vagarosamente até que um nítido “pop” seja ouvido e confirmado a pressão de ajuste requerida. Após esta confirmação, a ação de abrir a válvula, com o anel inferior nesta posição, deve ser repetida mais duas vezes para confirmação final. Isto finaliza o ensaio e teste da pressão de ajuste. Ao término desse ensaio, o anel inferior deve ser posicionado de acordo com as recomendações do fabricante (tabelas 3.5 até 3.16), e lacrado de acordo com o Código ASME e NR 13.

Se o vazamento for por incorreto alinhamento do sistema de guia; incorreto assentamento do disco sobre o bocal ou até mesmo algum material estranho sobre aquele assentamento, o “pop” pode realinhar os componentes móveis em relação à superfície de vedação do bocal, e corrigir esse vazamento.

Quando a válvula abre na bancada com uma pressão de ajuste entre 10% a 20% apenas da pressão de ajuste requerida, por exemplo, isto pode ser indício de desalinhamento na superfície de vedação do disco em relação à superfície de vedação do bocal ou em relação ao sistema de guia; ou mola fraca (“cansada”), devido à fadiga em função dos ciclos operacionais. Quando o problema for desalinhamento, desmonte novamente a válvula, e com o bocal montado no corpo refaça os procedimentos de usinagem descritos no item 2.6.1. Verifique novamente o paralelismo e perpendicularidade da guia, conforme descrito na página 76. Sujeira entre as superfícies de guia e/ou superfícies de vedação, também pode ser outra causa provável, pois causa o mau assentamento do disco sobre o bocal. Neste caso um “pop” pode solucionar o problema.

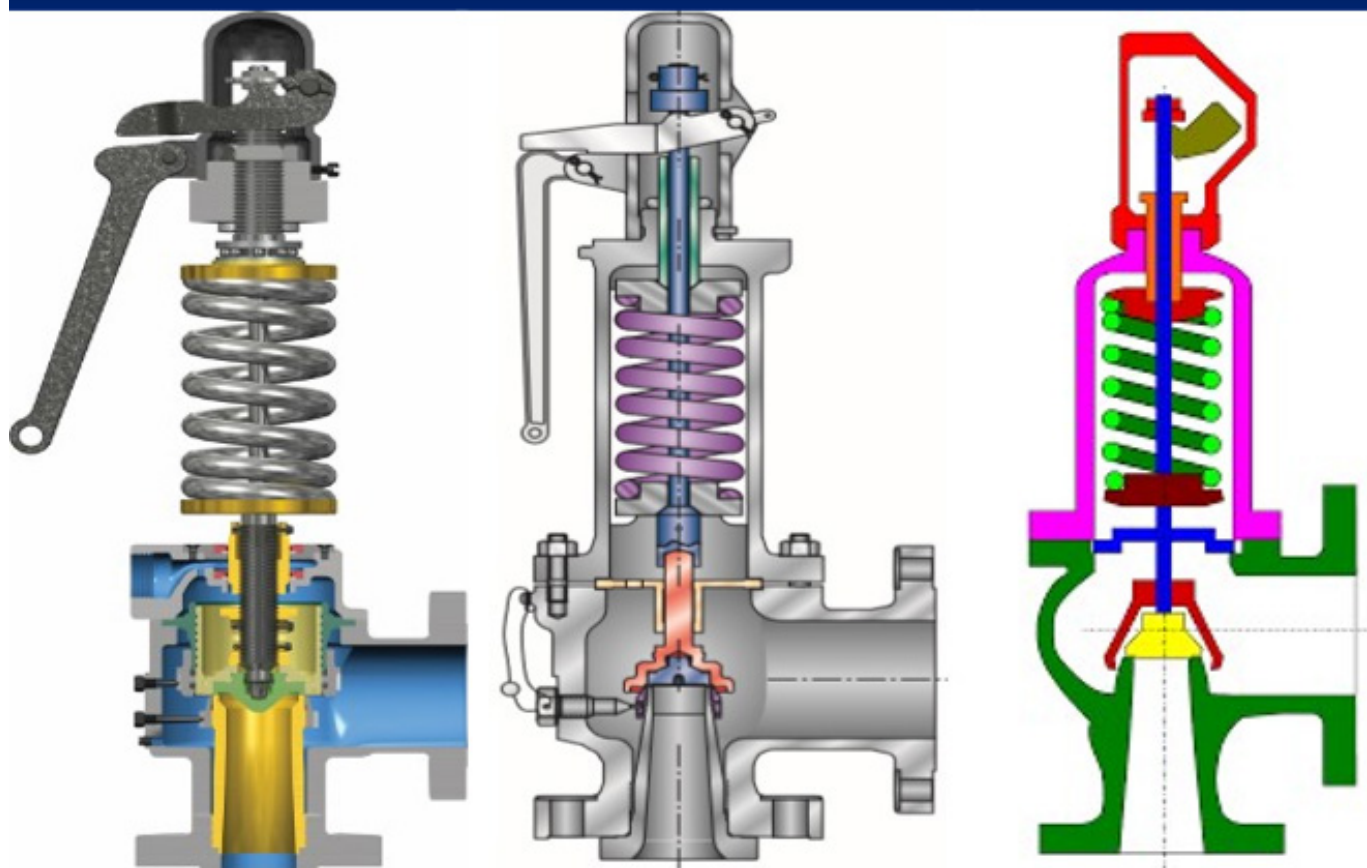
3.3.3 – Definição do Ponto de Ajuste

De acordo com o NB 18 do NBBI, a definição do ponto de ajuste depende do projeto da válvula e tipo de fluido. Por exemplo, quando o fluido de teste é o nitrogênio ou ar comprimido e a válvula possui o anel inferior (anel do bocal), a definição do ponto de ajuste na bancada é o POP. Ainda com os mesmos tipos de fluidos, porém a válvula não possui o anel inferior, por exemplo, nas válvulas construídas conforme a norma ISO 4126, o ponto de ajuste é definido como a “descarga audível inicial” (chiado). Nas válvulas que não possuem anéis, o diferencial de alívio é fixo, independentemente se o fluido é um gás, vapor ou líquido. As válvulas que irão operar com líquidos, devem ser testadas com água e a definição do ponto de ajuste é o “primeiro fluxo constante” num diâmetro aproximado de uma caneta. Assim, olhando a figura abaixo, nas duas válvulas da esquerda há o anel do bocal, portanto, no teste de bancada a definição do ponto de ajuste é o POP. Na válvula da direita, não há o anel do bocal, pois esta válvula é um projeto europeu e construída conforme a norma ISO 4126, portanto, a definição do ponto de ajuste é a descarga audível inicial. De acordo com a norma ISO



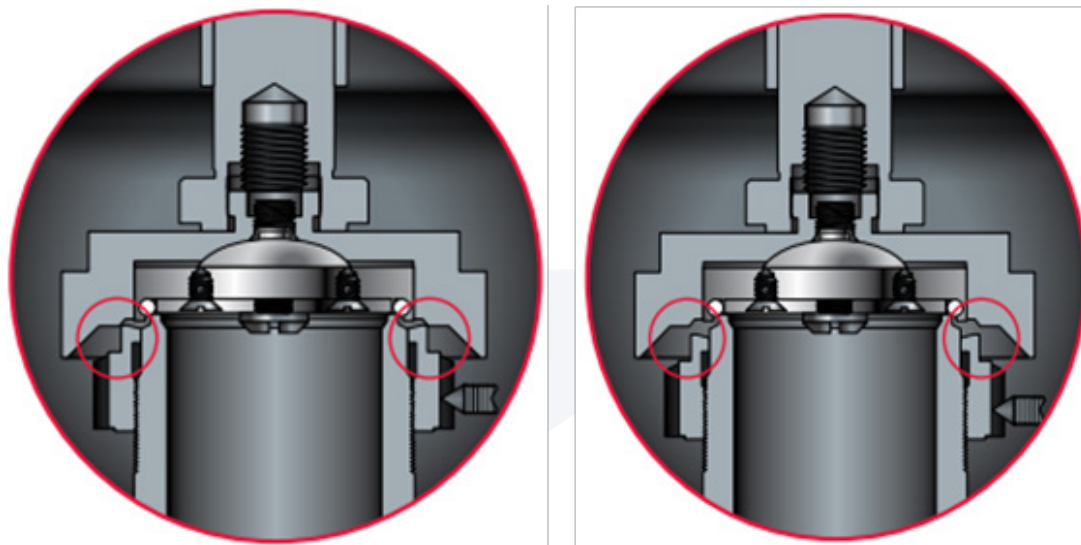
4126 essa válvula é para ser aplicada tanto em gases e vapores quanto em líquidos, para caldeiras, vasos de pressão e tubulações, sendo que nessa norma os valores de sobrepressão e diferencial de alívio são os mesmos. Assim, pela norma ISO 4126 o termo genérico “válvula de segurança” é usado independentemente da aplicação ou projeto.

COM ANEL DO BOCAL COM ANEL DO BOCAL SEM ANEL DO BOCAL



Observação: Algumas válvulas de segurança e alívio, que não possuem o anel do bocal, no teste de bancada podem mostrar um pop com baixo nível de ruído quando possuem superfícies de vedação extremamente planas e com perfeito alinhamento dos componentes móveis e o fluido de teste ser ar comprimido ou nitrogênio.

Na figura da esquerda, abaixo, podemos ver a posição do anel do bocal bem próxima à face inferior do suporte do disco para o POP no teste de bancada, enquanto que a figura da direita mostra o anel do bocal mais afastado da face inferior do suporte do disco. Esta posição é para a válvula operar na instalação, conforme os valores de posição definidos nas tabelas 3.5 até 3.16:



3.3.3.1 – Precauções Quando Estiver Testando a Pressão de Ajuste

•O excesso de aperto do anel inferior contra o suporte do disco, na tentativa de provocar o “pop”, além de causar a abertura antecipada da válvula, pode ainda danificar as superfícies de vedação do disco e bocal, devido à rotação do suporte do disco. Isto pode ocorrer, principalmente, nas válvulas de baixa pressão (inferiores a 80 psig), e orifícios inferiores ao orifício “L” (2,853 pol²).

•Para a melhor nitidez no ruído do pop, a face superior do anel inferior que faz contato com a face inferior do suporte do disco deve estar paralelamente perfeita em relação à face inferior do suporte do disco.

•Anel superior após o teste de vedação: sua posição deveria ser conforme indicada pelo fabricante. Porém, a posição que o fabricante determina para os anéis de ajuste nem sempre é a melhor posição para o processo, por esta razão muitas vezes o usuário deve alterar aquela posição de acordo com seu processo. Se no local da instalação for executado teste real, e a posição definida pelo fabricante não for a melhor possível devido ao volume liberado pelo processo em relação à capacidade de vazão real da válvula, o anel superior deve estar posicionado entre ¼ e ½ volta abaixo da superfície de vedação do bocal, com isto, o diferencial de alívio poderá ser um pouco mais longo, porém, será o melhor ponto de partida, pois assim ele só precisará ser elevado para que seja alcançado um posicionamento mais perfeito possível.

Nota: Se este anel for demasiadamente elevado é possível que sua função seja anulada. Se isto ocorrer, gire-o somente para a esquerda (para descer) e reinicie os ajustes e testes.

•Excesso de “pop’s” na bancada pode causar danos nas superfícies de vedação do disco e bocal. O pouco volume de fluido na bancada, associado com a alta queda de pressão no momento do “pop”, devido ao alto curso do disco nesse momento impedem que a força da mola seja amortecida pelo anel inferior quando a válvula abre e fecha. Portanto, é recomendado que a princípio a definição do ponto de ajuste seja obtida com o chiado. Após obter valor desejado, eleve o anel do bocal até encostar na face inferior do suporte do disco e recue de um a dois entalhes, e faça a válvula abrir com o pop.

Nota de segurança: quando a válvula estiver sendo testada com para abrir com o “chiado”, o executante do teste deverá se posicionar a uma distância de aproximadamente 1 metro do flange de saída da válvula.



•As válvulas com orifício "G" e menores, além de todas aquelas construídas em bronze, devem ter um limitador de curso montado no topo da haste para o teste de bancada, em pressões de ajuste acima de 300 psig (21,09 kgf/cm²). Esta recomendação é para evitar que no momento do pop a alta queda de pressão,

devido ao alto curso de elevação do disco, (durante a abertura), e à

grande força descendente exercida pela mola, (na fase do fechamento), danifiquem as superfícies de vedação, quando a pressão de ajuste tiver sendo testada. Para as válvulas construídas em bronze também é recomendado não testar a pressão de abertura com o pop pelos mesmos motivos citados.

•O anel inferior e o anel superior devem ser ajustados pela parte traseira do corpo da válvula, para evitar que um dispa-

ro acidental cause ferimentos no executante do teste, ou a bancada deverá ser totalmente despressurizada.

•Com a válvula ainda montada na bancada, confirme o acionamento da alavanca, principalmente, se o capuz for fechado e vedado (capuz engaxetado).

•Sempre que for retirar uma válvula e colocar outra para teste é recomendado secar completamente a bancada com ar comprimido antes de retirar a válvula que já foi testada. Se água entrar na bancada poderá danificar as superfícies de vedação da próxima válvula quando a pressão de ajuste for alcançada naquelas que serão testadas com ar ou nitrogênio.

•O aperto no parafuso de ajuste da mola altera o valor de forma inversamente proporcional à pressão de ajuste e ao orifício do bocal. Desta forma, quanto maior for o valor da pressão de ajuste e menor for a área do orifício do bocal, menor também será a alteração no aperto daquele parafuso, enquanto que quanto menor for o valor da pressão de ajuste e maior for o valor da área do orifício do bocal, maior também será a alteração no aperto do parafuso de ajuste para uma desproporcional alteração no valor da pressão de ajuste.

3.4 – Manômetros

Os manômetros são instrumentos utilizados para verificar o valor da pressão de ajuste e pressão de vedação numa bancada de testes. Eles podem ser analógicos ou digitais. A pressão de ajuste deve estar dentro de uma faixa de 2/3 (terço médio) do fundo da escala, pois esta é a região de maior precisão dos manômetros analógicos, quando este for do tipo analógico. Por exemplo, se a pressão de ajuste da válvula que está sendo testada é de 12 kgf/cm² (170, 7 psig), e o manômetro a ser selecionado tiver uma escala de 0 a 21 kgf/cm², a região de maior precisão desse manômetro será entre 7,0 e 14,0 kgf/cm². Isso porque $21/3 = 7$.

Antes da execução do teste da pressão de ajuste (na bancada), certifique-se de que a calibração do manômetro esteja dentro do prazo, também deve-se verificar a posição do ponteiro, em relação ao zero da escala (verifique a figura ao lado), caso o manômetro da bancada de testes seja analógico. Isto porque se este ponteiro estiver acima do zero, a pressão de ajuste no processo será menor que o valor que foi estabelecido na

bancada. Com isto, poderão ocorrer constantes aberturas. Por outro lado, se o ponteiro do manômetro da bancada estiver abaixo do zero, a pressão de ajuste será alcançada (quando na instalação no processo) num valor mais alto que o desejado, e que foi estabelecido na bancada. Isto pode ser perigoso se a intenção era de que a válvula abrisse na PMTA do vaso. Essas ocorrências serão percebidas se o manômetro do processo estiver corretamente calibrado e funcionando. Esses instrumentos devem ser periodicamente aferidos para que o valor conseguido na pressão de ajuste da válvula seja totalmente confiável. Os manômetros analógicos devem ser calibrados com um manômetro padrão classe A4 (exatidão de 0,10%), ou seja, com maior precisão que o classe A3 (exatidão 0,25%). O manômetro deve ser calibrado no máximo a cada 12 meses.

3.5 – Ajustando a Pressão da Válvula na Prática

Antes dos testes e ensaios da pressão de ajuste da válvula, a tabela 3.2 abaixo deve ser verificada para as devidas conversões de pressão comumente encontradas, caso exista diferença entre o valor requerido pela aplicação, ou o valor marcado na plaqueta da válvula, e a unidade de pressão da escala do manômetro utilizado na bancada de testes. Para que seja obtido o valor da coluna vertical, basta multiplicar o valor da coluna horizontal pela devida constante. Por exemplo, se a pressão de ajuste na plaqueta da válvula é de 225 psig, porém, o manômetro está graduado em kgf/cm², qual será o valor de 225 psig convertido para kgf/cm²? Colocamos o 225 na linha horizontal correspondente à unidade em psig e seguimos até a coluna vertical do kgf/cm², onde encontramos a constante de 0,070307, multiplicando 225 por 0,070307 obtemos o valor de 15,82 kgf/cm², este será o valor que a válvula deverá abrir na bancada. O procedimento será o mesmo para as demais unidades de pressão listadas nesta tabela.

	Psi	kgf/cm²	MPa	kPa	bar	mbar
psi	1	0,070307	0,0068948	6,8948	0,068948	68,948
kgf/cm²	14,223	1	0,0980665	98,0665	0,980665	980,665
MPa	145,04	10,197	1	1000	10	10000
kPa	0,14504	0,010197	0,001	1	0,01	10
bar	14,504	1,0197	0,1	100	1	1000
mbar	0,014504	0,001	0,0001	0,1	0,001	1

A válvula deve ser ajustada para abrir na pressão mostrada em sua plaqueta de identificação. Se for indicada na plaqueta uma pressão de ajuste diferencial a frio, a válvula deve ser ajustada para abrir naquela pressão. A pressão de ajuste diferencial a frio é a pressão de ajuste corrigida para compensar quanto à contrapressão superimposta constante e/ou temperatura de operação. Se forem feitas alterações na pressão de ajuste ou contrapressão ou alterações na temperatura de serviço, pode ser necessário determinar uma nova pressão de ajuste diferencial a frio.



3.6 – Compensação da Pressão de Ajuste – Pressão de Ajuste Diferencial a Frio

1. Pressão de Ajuste Diferencial a Frio para Compensação da Temperatura

Os fabricantes possuem tabelas para as quais existem valores em porcentagem em relação à temperatura de operação da válvula, para que seja feito um ajuste em bancada de teste numa pressão um pouco maior que a requerida para o processo, para compensar o relaxamento da força da mola, conforme abordado no item 3.6. Este ajuste em bancada é chamado de Teste de Pressão Diferencial a Frio. Este procedimento não é necessário para as válvulas de segurança ou válvulas de segurança e alívio especificadas com castelo aberto.

O relaxamento da força da mola é uma causa comum para ocorrer este fenômeno. Esse relaxamento pode ser limitado através de uma escolha correta do material de construção da mola e da especificação da válvula. Esse relaxamento ocorre pela temperatura do fluido no processo e que deve ser considerado durante o ajuste de pressão na bancada, seguindo até um valor limite de acordo com o material da mola, do corpo e castelo da válvula, e se este último é aberto ou fechado. A velocidade em que este relaxamento ocorre também é influenciada pela tensão da mola e temperatura operacional.

Para temperaturas operacionais até 120°C o relaxamento na força da mola é desprezível para propósitos práticos. Em pressões e temperaturas mais elevadas esse relaxamento se torna inevitável e, com isto, o valor da pressão de abertura tende a reduzir gradualmente a cada solicitação de atuação da válvula.

O castelo aberto, além de espaçadores de resfriamento instalados entre o corpo e o castelo, são outras medidas que auxiliam a reduzir os efeitos da temperatura do fluido sob o material da mola, pois aumentam a troca térmica ou afastam a mola da temperatura do fluido, respectivamente. Esse relaxamento também pode ser reduzido quando a pressão de abertura é ajustada no próprio equipamento e na temperatura real de operação, através de um teste real ou um teste on-line. Geralmente na prática isto é chamado de mola “cansada”, tornando-se necessário aumentar a tensão da mola para elevar o valor da pressão de abertura, e assim compensar as alterações causadas pela temperatura do vapor nas características mecânicas da mola. Este aumento na tensão da mola, com o propósito de aumentar o valor da pressão de abertura, pode ser prejudicial à correta operação da válvula, pois reduz os espaços entre as espiras e que tende a aumentar o valor da sobrepressão e do diferencial de alívio, causando uma redução na capacidade de vazão real da válvula, pois reduz o curso de elevação do disco, podendo até causar o empenamento ou até quebra da haste. Isto é causado pela temperatura atuando na mola, principalmente quando a temperatura operacional está próxima da temperatura limite de aplicação de seu material de construção ou devido ao próprio fluxo do vapor sendo descarregado, no qual parte desse vapor segue para dentro do castelo. Isto será ainda mais prejudicial, pois pode causar o relaxamento da força da mola além de aumentar a possibilidade de quebra de alguma das espiras inferiores desta devido à condensação do vapor num castelo fechado.

Este relaxamento também pode ser a causa de um diferencial de alívio mais longo quando a válvula opera em temperaturas elevadas e o material da mola não é o correto, pois durante o ciclo de fechamento a pressão

está atuando numa área maior. Isto anula a função dos anéis de ajuste, ou seja, qualquer tentativa de reduzir o diferencial de alívio não traz resultados satisfatórios.

A constante elástica da mola é a relação direta entre a carga aplicada (em kgf) e o curso obtido (em mm) e pode mudar dependendo de seu material e sua temperatura de alívio quando o castelo é fechado, não ocorrendo a troca térmica entre a mola e o ambiente externo. Desta forma, a condução de calor pelo fluido de processo através da válvula pode causar mudanças na força da mola, devido a uma redução no módulo de elasticidade (G) de seu material, cujo efeito será uma redução no valor da pressão de abertura. Porém, quando a válvula possui castelo fechado, além do relaxamento da força da mola, pode também ocorrer a expansão térmica do corpo e castelo reduzindo também o aperto do parafuso de ajuste, devido a constantes aberturas da válvula com conseqüente aquecimento dessas peças. Esse relaxamento também pode ser causado por constantes vazamentos entre disco e bocal ou pelo fluido de uma contrapressão superimposta constante ou variável.

Em reconhecimento a esta possibilidade, os fabricantes de válvulas de segurança e/ou alívio têm publicado fatores de correção e que devem ser utilizados quando temperaturas diferentes são encontradas, ou seja, entre a real pressão de operação e a pressão na qual a pressão de abertura é ajustada numa bancada de teste e sob temperatura ambiente. Esta correção deve ser feita principalmente quando a temperatura operacional é superior a 120°C e a válvula possui castelo do tipo fechado. Esse fator adiciona uma determinada porcentagem de pressão acima do valor de pressão de abertura desejada para a válvula abrir no processo, compensando as alterações que podem ocorrer nas características metalúrgicas do material da mola.

Durante os testes de produção das válvulas de segurança e alívio ou durante os testes na oficina de manutenção do usuário, as válvulas frequentemente são testadas em temperaturas diferentes das temperaturas de serviço da válvula. O aumento da temperatura operacional em relação à temperatura ambiente na qual a pressão de ajuste foi ensaiada, causa a diminuição do valor dessa pressão. Esta diminuição no valor da pressão de ajuste é devida à expansão térmica linear do corpo e castelo da válvula, expansão da área das superfícies de vedação e ao relaxamento da carga da mola sobre o disco de vedação, devido à temperatura de serviço. Portanto, é importante compensar para as diferenças entre a temperatura de teste ambiente e a temperatura de serviço. A temperatura de serviço é a temperatura de operação normal ao qual a válvula está exposta constantemente. Se a temperatura de operação não for disponível, nenhuma correção devida à temperatura poderá ser feita na pressão de ajuste da válvula.

Na tabela 3.3 abaixo podemos verificar que para cada valor de temperatura operacional teremos um valor de fator multiplicador. Contudo, o valor da pressão de ajuste na bancada de testes será o resultado da multiplicação desse fator pela pressão desejada para a válvula abrir no processo será o valor da pressão de ajuste na bancada.

A tabela 3.3 abaixo, mostra os multiplicadores que deverão ser usados baseados na temperatura operacional para vapor d'água saturado no teste de bancada, quando a válvula possuir castelo do tipo fechado:



**Multiplicadores de Pressão de Ajuste para
Pressão de Ajuste Diferencial a Frio na Temperatura Ambiente
Tabela extraída do manual de manutenção do modelo 1900 da Consolidated**

Operação		Multiplicador	Operação		Multiplicador
Temp. em °F	Temp. em °C		Temp. em °F	Temp. em °C	
250	120	1,003	900	498	1,044
300	149	1,006	950	510	1,047
350	177	1,009	1000	538	1,050
400	204	1,013	1050	565	1,053
450	248	1,016	1100	593	1,056
500	260	1,019	1150	621	1,059
550	288	1,022	1200	649	1,063
600	316	1,025	1250	676	1,066
650	343	1,028	1300	704	1,069
700	371	1,031	1350	732	1,072
750	415	1,034	1400	760	1,075
800	427	1,038	1450	788	1,078
850	454	1,041	1500	815	1,081

Assim, a compensação da pressão de ajuste em bancada devido à temperatura de processo é uma correção feita através de um valor adicional (em porcentagem) sobre o valor desejado para o processo. Desta forma, a válvula na bancada abrirá num valor maior que o desejado para que ela abra no processo. Cada fabricante tem tabelas específicas para suas válvulas quanto ao valor que deve ser adicionado ao ajuste da pressão na bancada. Essa compensação é recomendada para temperaturas operacionais a partir de 120 °C (250° F) ou inferiores a - 75°F (- 59°C) para as válvulas que possuem castelo fechado. No teste on-line não há necessidade desta correção, pois a válvula é testada sob condições reais de pressão e temperatura de operação. Nota: Sempre que inspeções com a válvula de segurança e alívio em operação forem executadas, o valor da pressão de ajuste a frio estampada na plaqueta da válvula deve ser comparado com o valor da PMTA do equipamento protegido, para determinar se a pressão de ajuste na bancada de testes foi corretamente compensada e ajustada. Porém, quando esta mesma válvula for submetida ao teste de recepção na oficina, após um determinado período em operação, o valor obtido da pressão de ajuste na bancada de testes deverá agora ser comparado com a pressão diferencial de teste a frio, para comprovar que a porcentagem de pressão acima da pressão de ajuste estava correta.

Conversão de Temperaturas

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1,8$$

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32$$

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$$

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{R} - 460$$

Onde:

°C: graus Celsius

°F: graus

Fahrenheit

K: Kelvin

Exemplos de Cálculos para Válvula de Segurança e Alívio convencional com castelo fechado:

Uma válvula de segurança operando com vapor d'água saturado, e sob condições de contrapressão atmosférica, deverá ter a pressão de ajuste requerida pelo processo = 8,5 kgf/cm² (120,86 psig). Para esta pressão, a temperatura do vapor saturado é de 177°C. Qual deverá ser o valor do fator multiplicador utilizado e qual deverá ser a pressão de ajuste da válvula na bancada? Na tabela acima, o fator multiplicador para a temperatura de 177°C será de 1,009.

Resposta: A válvula deverá ser ajustada para abrir na bancada com 8,5 x 1,009, resultando em 8,57 kgf/cm² (121,95 psig).

Observação: Somente para o vapor d'água saturado, para cada pressão existe uma temperatura correspondente, e vice-versa.

2. Pressão de Ajuste Diferencial a Frio para Compensação da Contrapressão Constante

Quando uma válvula convencional de castelo e capuz do tipo fechado for operar com contrapressão superimposta constante, a pressão de ajuste diferencial a frio é o valor da pressão de abertura desejada para o processo menos o valor da contrapressão superimposta constante.

Compensação da contrapressão constante na pressão de ajuste de válvulas convencionais é um valor que deve ser reduzido da pressão de ajuste (na bancada) no mesmo valor da contrapressão (no processo). Portanto, se no processo a válvula deve abrir com 120 psig (8,4 kgf/cm²) e sua descarga ocorre num coletor que está constantemente pressurizado (contrapressão constante) com 40 psig (2,8 kgf/cm²), a pressão de ajuste na bancada deverá ser de 80 psig (5,6 kgf/cm²). Neste exemplo, a mola deve ser adquirida do fabricante (ou do fornecedor autorizado) com uma faixa de ajuste para atender ao valor de 80 psig, porém, a área do bocal a ser dimensionada terá como base a pressão de ajuste de 120 psig.

Nota: O código da mola varia de acordo com sua faixa de ajuste, seu material de construção, modelo da válvula e orifício do bocal.

Quando a contrapressão é variável não há como fazer essa correção, a única solução é a aplicação de uma válvula balanceada com fole e/ou com pistão. A contrapressão desenvolvida também não precisa de correção, pois dos três tipos de contrapressão existentes, ela é a única que não afeta o valor da pressão de abertura da válvula, pois ocorre somente após sua pressão de alívio total ter sido atingida.

Nota: Os testes em bancada para compensação dos efeitos da temperatura e/ou da contrapressão superimposta constante sobre o valor da pressão de abertura no processo, são denominados de Teste de Pressão Diferencial a Frio (CDTP), pois são feitos sob condições de temperatura ambiente e contrapressão atmosférica.

Se o fluido de processo estiver numa temperatura superior a 121°C e exposto à contrapressão superimposta constante, é sob o valor da real temperatura de operação que deverá primeiramente ser feita a compensação da temperatura antes de ajustar a válvula para a pressão de ajuste diferencial a frio (CDTP) em relação à contrapressão, ou seja, após aquela subtração ter sido feita. Por exemplo, a pressão de operação é de 180 psig, cuja temperatura é de 193°C e a contrapressão é de 40 psig. A PMTA do vaso e a pressão de abertura



da válvula é de 200 psig. A válvula deverá ser ajustada na bancada no valor de 160 psig (200 - 40). Portanto, é na temperatura referente à pressão de 180 psig que deverá ser feito o acréscimo sobre a pressão de ajuste na bancada de 160 psig.

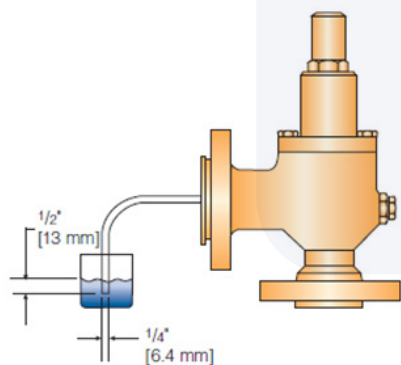
Nota: O teste de pressão diferencial a frio para compensação da contrapressão, só deve ser feito para as válvulas convencionais com castelo fechado. Se este teste for feito para as válvulas de segurança e alívio balanceadas com fole, a pressão de abertura no processo será do mesmo valor que foi obtido na bancada de testes. Portanto, o executante do teste deverá saber diferenciar a válvula convencional de uma válvula balanceada com fole. Para as válvulas balanceadas com fole, somente se aplica o teste de pressão diferencial a frio para compensação da temperatura.

3.7 – Testando a Vedação da Válvula de Segurança e/ou Alívio

Após a pressão de ajuste na bancada de testes estar definida, deve-se verificar a vedação da válvula. Existem alguns métodos que podem ser seguidos para se verificar a vedação de uma válvula de segurança e/ou alívio, mas dependem do projeto construtivo da válvula e tipo de fluido se ar, nitrogênio ou água.

1. Teste da Estanqueidade do Assentamento: Assentamento Metal-Metal

Com a válvula montada verticalmente, a taxa de vazamento, em bolhas por minuto, deverá ser determinada com pressão na entrada da válvula de segurança e alívio, a qual deverá ser mantida em 90% da pressão de ajuste. Para válvulas ajustadas a 50 psig ou abaixo, a pressão deve ser mantida sempre 5 psig abaixo do ponto de ajuste. A pressão de teste deverá ser aplicada no mínimo 1 min para válvulas com diâmetros de entrada até 2"; 2 min para tamanhos 2 1/2", 3" e 4"; e 5 min para tamanhos 6" e acima.



Um esquema típico de teste para determinar a estanqueidade da superfície de vedação para Válvulas de Segurança e Alívio em serviços com ar ou gás (de acordo com o API Std. 527) é mostrado na figura ao lado. A medição do vazamento será feita com o uso de um pedaço de tubo de 5/16" (7,9 mm), de diâmetro externo, com espessura de parede de 0,035" (0,89mm), resultando num tubo com diâmetro interno* de 6,4 milímetros. A extremidade do tubo deve ser cortada em ângulo reto (90°) e lisa. Ela deve também estar perpendicular à superfície da água, e ficar 1/2" (12,7mm) abaixo daquela superfície.

Observação: O padrão de bolhas por minuto é baseado no diâmetro interno do tubo do bolhômetro e a profundidade em que este está submerso na água. Outros fatores, como densidade do fluido, também influenciam, tais como álcool e querosene que possuem menor densidade que a água, apresentarão maior taxa de vazamento, embora o fluido padrão, pelo API Std 527, deverá ser sempre a água.

A pressão de teste, independentemente do método, deve sempre estar 10% abaixo da pressão de ajuste para valores acima de 50 psig, ou 5 psig abaixo para qualquer valor de pressão de ajuste igual ou inferior a 50 psig.

Nota: esse método só deve ser aplicado em válvulas de segurança e alívio que tenham castelo e capuz (com ou sem alavanca manual) completamente fechados e vedados. O furo de dreno existente no corpo deverá

estar fechado para esse teste.

A grande vantagem do teste através deste método é a padronização do tamanho e o espaço de tempo entre o desprendimento das bolhas. As desvantagens são que não é possível visualizar o local onde ocorre o vazamento e nem pode ser aplicado em válvulas com castelo e/ou capuz alavanca, do tipo abertos.

Observação: A foto ao lado, mostra todo o aparato desse tipo de teste e o dispositivo contador de bolhas (bolhômetro) montado na conexão de descarga de uma válvula de segurança e alívio. Porém, essa válvula deveria estar montada com capuz fechado e o furo de dreno no corpo também fechado para impossibilitar a saída do ar ou nitrogênio pela folga entre o furo do parafuso de ajuste e o diâmetro da haste não sendo possível de ser detectado pelo bolhômetro.



Nota: A “Estanqueidade Padrão”, para válvulas com superfície de vedação de anel “O”, não deverá ter nenhum vazamento com a pressão de teste a 90% da pressão de ajuste ou 5 psig abaixo, o que for maior. Assim, para as válvulas com sedes resilientes não são permitidos vazamentos pelo período de 1 minuto, independentemente do tamanho da válvula e do método de teste que está sendo aplicado.

Nota: Reduzir a porcentagem entre a pressão de teste, na bancada, e a pressão de ajuste da válvula, tende a aumentar a taxa de vazamento, pois reduz o diferencial de forças que mantém a válvula fechada. Seguindo esta mesma linha de raciocínio, aumentar aquela porcentagem, isto é, reduzir o valor da pressão de teste (na bancada), tende a reduzir a taxa de vazamento, pois agora aumenta o diferencial de forças que mantém a válvula fechada, pois favorece a força de fechamento sendo exercida pela mola.

Para válvulas metal-metal, independentemente de ser convencional ou balanceada, projetadas para serviço gasoso, a taxa de vazamento (em bolhas por minuto) não deverá exceder os valores mostrados na tabela abaixo:

A tolerância de vazamento permitida para o teste de vedação através do bolhômetro, de acordo com o API Std. 527, para cada orifício é conforme segue na tabela 3.4, independentemente de a válvula ser convencional ou balanceada:

Orifícios	Bolhas permitidas
D, E e F (18 mm)	40 bolhas por minuto
G e acima	20 bolhas por minuto

Nas válvulas que possuem castelo aberto, o melhor e mais preciso método é com água represada no flange de saída, estando a água no mínimo ½” acima do nível da superfície de vedação do bocal. Nas válvulas de segurança que possuem o anel superior, este anel não pode estar abaixo do nível da superfície de vedação do bocal para não influenciar no resultado do teste, caso exista algum vazamento pelas superfícies de vedação da válvula. O que pode ocorrer, caso este anel esteja abaixo daquela superfície, é que qualquer bolha que po-



deria se desprender da superfície da água, devido a vazamentos, poderá sair pela rosca entre o anel superior e a guia, não sendo visualizado no momento do teste.

A foto ao lado, mostra uma válvula de segurança com os dois anéis (superior e inferior) antes do teste de vedação:

Observe que o anel superior está acima do nível da superfície de vedação do bocal antes do teste de vedação.

A taxa de vazamento permitida é de 50% daquela permitida para o teste com bolhômetro e mostrada na tabela 3.4. Para a segurança do executante no momento desse teste, é recomendado que a visualização do vazamento seja feita

através de um espelho para se evitar a visualização direta e que poderia causar algum acidente grave caso a válvula abrisse. Nesse teste, o anel do bocal também deverá estar na posição mais baixa para que seja evitado um “pop” acidental devido à abertura da válvula. Deve ser aguardado um período de tempo de 1 minuto antes do início da contagem das bolhas. O tempo mínimo para observação do vazamento é de 1 minuto, independentemente do tamanho da válvula.



A foto ao lado, mostra uma válvula de segurança com os dois anéis durante o teste de vedação e com o nível da água represada acima da superfície de vedação do bocal:

Nesse método de teste não há necessidade de manter a válvula pressurizada por alguns minutos, de acordo com a bitola de entrada e antes de iniciar a contagem de bolhas, conforme foi mencionado no teste com bolhômetro.

Nesse teste a visualização de qualquer vazamento é imediata, enquanto no teste com bolhômetro o vazamento deve pressurizar todo o corpo e castelo, se a válvula for estilo convencional, ou toda a região externa ao fole no corpo

da válvula, se esta for balanceada, antes que as bolhas possam ser desprendidas na superfície da água.

O espaçamento entre as bolhas depende da altura da superfície da água em relação à superfície de vedação do bocal, densidade da água, largura e profundidade dos riscos, etc. Se durante o teste for colocado um fluido com densidade menor do que aquela da água, como por exemplo, álcool ou querosene, o espaçamento entre as bolhas (período de tempo entre uma bolha e outra) será menor, conseqüentemente, a quantidade de bolhas desprendidas da superfície da água será maior.

Nota: A inspeção com líquido penetrante no bocal (ainda na fase de inspeção para verificação de poros ou trincas) é um item importante não apenas para o bom funcionamento da válvula, mas também para a segurança do executante do teste, pois o fluido de teste por ser compressível, tem uma grande energia armazenada.

Visualização de vazamento através de fundo negro – Com a válvula instalada no processo, e operando com vapor d’água, um papel negro pode ser colocado atrás da tubulação de descarga e paralelo com o ponto de saída. Se houver vazamento, ele será facilmente visualizado pelo fundo negro. De acordo com o Código ASME I, a válvula de segurança será considerada estanque e aprovada se não for visualizado nenhum va-

zamento pelo fundo negro na pressão de operação. Este procedimento de teste também é mencionado no API Std. 527.

Nota: O API Std. 527 é a referência do Código ASME Seção VIII, no Apêndice M10 (b) e na Seção XIII (edição 2025) no parágrafo 3.6.4 para as válvulas de segurança e alívio construídas conforme ASME Seção VIII que serão aplicadas em vasos de pressão.

Teste de vazamento com água na entrada – Com a válvula instalada na bancada de testes e pressurizada com água até 10%, ou 5 psig, abaixo da pressão de ajuste, o que for maior, ela será considerada estanque e aprovada se a taxa de vazamento não exceder 10 cm^3 por hora (10 mL/h) por polegada de diâmetro nominal na entrada. Para as válvulas que têm o diâmetro nominal de entrada menor do que 1", a taxa de vazamento máxima permitida não pode exceder $10 \text{ cm}^3/\text{h}$ (10 mL/h).

Nota: 1 ml (mililitro) equivale a 16 gotas de água numa temperatura de 4°C ou 100 bolhas de N₂ ou ar comprimido.

Visualização de vazamento através de queda de pressão no manômetro – Com a válvula instalada na bancada de testes e pressurizada até 10%, ou 5 psig, abaixo da pressão de ajuste, o que for maior, ela será considerada estanque e aprovada caso não venha a ocorrer queda na pressão do manômetro pelo tempo de três minutos. Para que seja confiável o resultado do teste, não pode haver nenhum vazamento pelas conexões da bancada. O fluido de teste na bancada deve ser água. Esse procedimento de teste não é mencionado no API Std. 527, sendo recomendado somente para testes da pressão de ajuste com água.

Teste com uma fina película de bolha de sabão na face do flange de saída – Este teste é uma opção ao teste de vedação com bolhometro. Após a pressão ser elevada e estabilizada a 10% ou 5 psig abaixo da pressão de ajuste, o que for maior, a válvula de segurança e/ou alívio será considerada aprovada se a bolha não estourar no período de 1 minuto, independentemente do tamanho da válvula.



A foto ao lado, mostra o teste de vedação com bolha de sabão no flange de saída de uma válvula de segurança e/ou alívio:

Se a bolha não estourar pelo período de um minuto, a válvula será considerada aprovada.

Por ser uma opção ao teste com bolhometro, esse procedimento de teste também só pode ser aplicado em válvulas com castelo e capuz (incluindo a alavanca, quando houver) totalmente fechados e vedados. Este procedimento de teste também não é mencionado no API Std. 527.

Nota: O padrão de espuma para detectar vazamentos recomendado é como segue: 1 parte de detergente neutro, 1 parte de glicerina e 4,5 partes de água.

Nota de segurança: Em todos os métodos mencionados acima, a pressão de teste no manômetro deve ser monitorada constantemente para evitar a abertura acidental da válvula.

3.8 – Teste de Contrapressão

Depois que a válvula foi ajustada e aprovada para a pressão de ajuste correta, além de ter sido aprovada no teste de vedação, e se a válvula for ser usada em um sistema de descarga fechado, ela deverá ser submetida ao teste de contrapressão. O ensaio pode ser conduzido instalando o capuz, com junta, e aplicando ar, ou



nitrogênio, à conexão de dreno do corpo, ou ao flange de saída da válvula. Todas as outras aberturas devem ser vedadas.

Em muitas aplicações uma válvula de segurança e/ou alívio pode descarregar para a atmosfera (sistema de descarga aberto), como por exemplo, as válvulas de segurança que protegem caldeiras, nas quais a descarga obrigatoriamente deve ocorrer diretamente para a atmosfera. Em outros processos que operam com vapor d'água saturado ou superaquecido, ar comprimido ou água, gases não tóxicos como, por exemplo, gás natural, também podem descarregar diretamente para a atmosfera. Porém, dentro de um processo industrial pode haver aplicações nas quais a válvula tem que descarregar para um coletor fechado, seja porque o fluido é tóxico ou mesmo para reaproveitamento do mesmo, como, por exemplo, algum fluido inflamável ou valioso, e que poderão ser reaproveitados. Nessas aplicações dizemos que o sistema de alívio é denominado de sistema de descarga fechado, sendo dotado de contrapressão, podendo esta ser superimposta (constante ou variável). Para a contrapressão constante ou a desenvolvida pode ser utilizada uma válvula de segurança e/ou alívio convencional, enquanto que para uma contrapressão variável deverá ser utilizada somente válvulas balanceadas com fole e/ou com pistão.

A foto abaixo, mostra uma válvula de segurança e alívio sendo submetida ao teste de contrapressão com detecção externa de vazamento através de solução de espuma de sabão:



Quando a válvula é destinada para esse tipo de aplicação ela deverá ser submetida na bancada de testes a um "teste de contrapressão". Somente a contrapressão superimposta (constante ou variável), exige esse teste. Para a contrapressão desenvolvida não há necessidade desse teste, pois além dela ocorrer somente após a abertura total da válvula, o castelo poderá ser do tipo aberto, e que irá dissipar em até 20% esse tipo de contrapressão. As válvulas convencionais que deverão ser aplicadas em sistemas de alívio dotados de contrapressão constante deverão ter o castelo, o capuz e a alavanca, fechados e vedados. Entre o corpo, a guia e o castelo deverão existir duas juntas de vedação, sendo uma entre o corpo e a face inferior da guia, e outra entre o castelo e a face superior da guia. Uma junta de vedação também deverá existir entre a face de encosto do bocal e o corpo. Da mesma forma entre o castelo e o capuz. Na rosca do parafuso-trava do anel do bocal poderá ser colocado um selante à base de PTFE.

Caso a aplicação, devido à temperatura, não permitir o uso de produtos à base de PTFE, uma junta de vedação semelhante àquelas utilizadas entre corpo, guia, castelo e capuz, deverá ser colocada entre o corpo e parafuso-trava do anel do bocal.

Todas essas juntas após montadas na válvula deverão ter sua estanqueidade confirmada através de um teste de pressão. Esse teste é executado através da aplicação de ar comprimido ou gás nitrogênio através do flange de saída da válvula. A detecção de vazamento pode ser feita através de solução de espuma de sabão aplicada externamente nos locais onde foram colocadas essas juntas de vedação.

Quando a válvula deverá ser aplicada para uma condição de contrapressão constante, e somente se esta for do tipo convencional, o valor da pressão de teste deve ser o mesmo da contrapressão esperada ou limitado a 100 psig (7,03 kgf/cm²), o que for menor.

A pressão com ar ou nitrogênio deve ser mantida por 3 minutos, antes de aplicar solução detectora de va-

zamentos a todas as conexões (juntas). Esse teste permite também verificar a integridade da fundição do corpo, castelo e capuz.

Examine os seguintes componentes da válvula quanto a vazamento durante o ensaio de contrapressão:

- a.** A vedação da junta da união entre bocal/corpo.
- b.** A vedação do parafuso trava do anel do bocal.
- c.** A união corpo/castelo.
- d.** A união castelo/capuz.
- e.** No caso de uma válvula convencional, o “aperto” do tampão (plug) do respiro do castelo, se aplicável.

Nota: O padrão de espuma para detectar vazamentos recomendado é como segue: 1 parte de detergente neutro, 1 parte de glicerina e 4,5 partes de água.

O reparo de uniões da válvula vazando pode ser conseguido apertando a união que está vazando, enquanto a válvula ainda está na bancada. Se este procedimento não parar o vazamento, desmonte e inspecione a (s) união (ões) com problema (s); tanto a superfície de metal quanto a junta. Se os internos da válvula foram alterados, é necessário testar novamente de acordo com as instruções contidas no manual de instruções do fabricante. Caso contrário, repita os testes de contrapressão, como assinalados acima.

3.8.1 – Teste do Fole

O fole de balanceamento deve ser utilizado em todas as aplicações com contrapressão superimposta variável ou em aplicações, mesmo com contrapressão superimposta constante, com fluidos viscosos e/ou corrosivos, nas quais poderiam cristalizar e travar o sistema de guia e/ou corroer os componentes superiores. Nesses casos, o fole é denominado de fole de isolamento. Para aplicações com contrapressão variável ele é denominado de fole de balanceamento, pois anula ou minimiza os efeitos da contrapressão sobre o valor da pressão de abertura da válvula no processo. O fole deve ser submetido a uma pressão de teste de 30 psig (2,1 kgf/cm²), ou à máxima contrapressão para a qual ele foi projetado, o que for maior. O fabricante deverá ser consultado quanto ao valor máximo de pressão de teste permitida.

Quando o fole é utilizado somente para isolamento, a máxima pressão de teste deve ser limitada a 30 psig. No teste somente do fole, a pressão de teste também pode ser aplicada através do furo de alívio existente no castelo. A detecção de vazamento é feita externamente pelo fole e também com solução de espuma de sabão ou um bolhometro conectado ao furo de alívio do castelo. Este método é interessante, principalmente nos foles de construção mais recentes nas quais a vedação entre o fole e o suporte do disco é feita através de uma junta e porca de aperto. Com esse método é possível saber se o vazamento está ocorrendo pela falta de aperto da junta ou pelas convoluções do fole, devido à corrosão ou trincas e poros.

Nota: O Código ASME Seção XIII, no parágrafo 3.6.2 (a) exige que esse teste seja executado em válvulas de segurança e alívio cuja conexão de entrada é maior que 1”. A pressão mínima de teste na zona de pressão secundária (corpo, castelo e capuz) seja de 30 psig (2,1 kgf/cm²). Esse teste pode ser dispensado nas válvulas que possuem castelo e capuz fechados e vedados, mas descarregam diretamente na atmosfera.

Quando a aplicação de uma válvula de segurança e/ou alívio é para uma condição de contrapressão variável, a pressão de teste deve ter seu valor limitado ao valor da máxima contrapressão variável esperada ou até 50% da pressão de abertura no processo, o que for maior, depende do orifício da válvula e do projeto do fa-



bricante. Uma pressão de teste maior poderá causar o colapso do fole. Se o fole for testado fora da válvula, a máxima pressão de teste deverá ser aplicada internamente e no valor de 0,5 kgf/cm² (7 psig).

Neste teste é verificada, além da integridade do fole, as vedações entre bocal e corpo, parafuso-trava e corpo, guia e corpo. Entre castelo e guia não há necessidade de junta, pois o castelo obrigatoriamente é ventado para a atmosfera através de um furo de alívio. A detecção de vazamento também pode ser feita por este furo de alívio, através de solução de espuma de sabão. Na instalação esse furo jamais pode ser bloqueado. Se houver a quebra do fole e posterior vazamento por este furo, o vazamento deverá ser levado a um local seguro, principalmente se o fluido for tóxico ou inflamável.

Nota: A detecção de vazamento pelo fole também pode ser conseguida através da montagem do bolhometro no flange de saída, com entrada de ar comprimido ou nitrogênio através do furo de respiro no castelo. Para esse teste o capuz e a alavanca (se aplicável), também deverá ser do tipo fechado e vedado. Com este método não é possível verificar se o vazamento é pelas convoluções do fole ou pela junta entre o fole e o suporte do disco.

Nota: Em relação a todas as válvulas com fole, o tampão do respiro do castelo deve ser removido e o respiro do castelo deve ser direcionado para uma área segura quando o fluido de processo ou da contrapressão for algum gás tóxico ou inflamável.

Ainda na fase de manutenção, na qual a válvula ainda está desmontada, o fole deve ser inspecionado através de ensaio não destrutivo com líquido penetrante internamente e revelação externa para a detecção de possíveis trincas e poros. O fole não aceita nenhum tipo de reparo. Se for reprovado no teste de pressão ou no ensaio com líquido penetrante, ele deverá ser descartado e substituído.

Muitas vezes dentro de um processo industrial, por diversas razões, pode ser necessário que o usuário tenha que reduzir ou elevar o valor da pressão de abertura original de sua válvula de segurança e/ou alívio. Porém, o usuário deve se atentar a dois fatores quando tiver que elevar ou reduzir o valor da pressão de abertura: se quando elevar o valor da pressão de abertura, a PMTA do vaso permitirá, e se reduzir o valor da pressão de abertura, a capacidade de vazão máxima requerida pelo processo será atendida pela nova capacidade de vazão resultante da nova pressão de abertura da válvula, pois com a redução da pressão, há um aumento do volume específico do fluido, sempre que este for compressível (gases e vapores, por exemplo). Desta forma, se for necessário pelo processo, até quanto podemos alterar o ajuste da mola de uma válvula de segurança e/ou alívio em campo, após ela estar instalada e operando, e ainda assim, atendendo a capacidade de vazão requerida pelo processo e mantendo a segurança do equipamento protegido?

Com a pressão de operação do processo muito próxima da pressão de abertura da válvula, ela tende ao vazamento devido às frequentes aberturas. Um diferencial de pressão recomendado pelo Código ASME Seção VIII, no Apêndice M10 (c), e também pelo NB 23 Parte IV, no parágrafo S.2.5, entre a pressão de operação do vaso e a pressão de abertura da válvula, é de 5 psi ou 10%, o que for maior. Até 70 psig de pressão de abertura, 5 psi de pressão diferencial. Acima de 70 psig, 10% de diferencial de pressão entre a pressão de operação do vaso e a pressão de abertura da válvula. Acima de 1000 psig, é recomendado um diferencial de pressão de 7%.

Até a edição de 2015 do Código ASME na Seção I (caldeiras) e a edição 2010 da Seção VIII (vasos de pressão não-submetidos a fogo) nos parágrafos PG-72.3 e UG-126 (c), respectivamente, permitia que as válvulas de

segurança e/ou alívio tivessem os valores de pressão de ajuste alterados em 5% para mais ou para menos a partir da pressão de ajuste original marcada na plaqueta da válvula.

Se, por exemplo, a faixa de ajuste da mola definida pelo fabricante era de 4,0 a 4,9 kgf/cm² e a válvula estivesse originalmente ajustada em 4,8 kgf/cm², (resultando em 5,04 kgf/cm²), mesmo assim o usuário poderia reajustar a mola em 5% acima daqueles 4,8 kgf/cm², mesmo que o novo valor ficasse fora da faixa de ajuste original de fábrica e mantendo o desempenho operacional da válvula.

A partir da edição 2013 para vasos de pressão e a edição 2017 para caldeiras, o Código ASME retirou isso (5% para mais ou para menos) de suas edições. O ASME deve ser aplicado para inspeção e comissionamento apenas em novas instalações e não para inspeção em serviço.

3.9 – Alteração em campo da pressão de abertura de válvulas de segurança e/ou alívio.

Até quanto é permitido alterar?

Muitas vezes dentro de um processo industrial, por diversas razões, pode ser necessário que o usuário tenha que reduzir ou elevar o valor da pressão de abertura original de sua válvula de segurança e/ou alívio. Porém, o usuário deve se atentar a dois fatores quando tiver que elevar ou reduzir o valor da pressão de abertura: se quando elevar o valor da pressão de abertura, a PMTA do vaso permitirá, e se reduzir o valor da pressão de abertura, a capacidade de vazão máxima requerida pelo processo será atendida pela nova capacidade de vazão resultante da nova pressão de abertura da válvula, pois com a redução da pressão, há um aumento do volume específico do fluido, sempre que este for compressível (gases e vapores, por exemplo). Desta forma, se for necessário pelo processo, até quanto podemos alterar o ajuste da mola de uma válvula de segurança e/ou alívio em campo, após ela estar instalada e operando, e ainda assim, atendendo a capacidade de vazão requerida pelo processo e mantendo a segurança do equipamento protegido?

Com a pressão de operação do processo muito próxima da pressão de abertura da válvula, ela tende ao vazamento devido às frequentes aberturas. Um diferencial de pressão recomendado pelo Código ASME Seção VIII, no Apêndice M10 (c), e também pelo NB 23 Parte IV, no parágrafo S.2.5, entre a pressão de operação do vaso e a pressão de abertura da válvula, é de 5 psi ou 10%, o que for maior. Até 70 psig de pressão de abertura, 5 psi de pressão diferencial. Acima de 70 psig, 10% de diferencial de pressão entre a pressão de operação do vaso e a pressão de abertura da válvula. Acima de 1000 psig, é recomendado um diferencial de pressão de 7%.

Até a edição de 2015 do Código ASME na Seção I (caldeiras) e a edição 2010 da Seção VIII (vasos de pressão não-submetidos a fogo) nos parágrafos PG-72.3 e UG-126 (c), respectivamente, permitia que as válvulas de segurança e/ou alívio tivessem os valores de pressão de ajuste alterados em 5% para mais ou para menos a partir da pressão de ajuste original marcada na plaqueta da válvula.

Se, por exemplo, a faixa de ajuste da mola definida pelo fabricante era de 4,0 a 4,9 kgf/cm² e a válvula estivesse originalmente ajustada em 4,8 kgf/cm², (resultando em 5,04 kgf/cm²), mesmo assim o usuário poderia reajustar a mola em 5% acima daqueles 4,8 kgf/cm², mesmo que o novo valor ficasse fora da faixa de ajuste original de fábrica e mantendo o desempenho operacional da válvula.



A partir da edição 2013 para vasos de pressão e a edição 2017 para caldeiras, o Código ASME retirou isso (5% para mais ou para menos) de suas edições. O ASME deve ser aplicado para inspeção e comissionamento apenas em novas instalações e não para inspeção em serviço.

3.9.1 – Consequências

As principais consequências que ocorrem quando o usuário ajusta a mola da válvula sem qualquer limite pode ocorrer o seguinte: Quando a mola é excessivamente tensionada para aumentar o valor da pressão de abertura, isso pode reduzir o curso da mola (redução nos espaços entre as espiras) para permitir a elevação total do disco. O curso de elevação do disco é equivalente a 25% do diâmetro da garganta do bocal, porém, se a mola não permitir essa elevação, a força de levantamento será absorvida pela haste e outros componentes, podendo causar o empenamento ou até quebra da haste.

Um curso de elevação menor, conseqüentemente causa uma redução na capacidade de vazão da válvula, ou seja, ela fica subdimensionada para aquela capacidade de vazão requerida pelo processo. Essa redução no curso da mola também aumenta o valor da sobrepessão na válvula ou da acumulação no vaso ou na caldeira, alcançada nas condições de alívio, aumenta o valor do diferencial de alívio (blowdown), isto é, a pressão de fechamento da válvula ocorre num valor muito próximo da pressão de operação do vaso e longe de sua pressão de abertura. Essa condição agora pode levar a válvula a causar simmering (trepidação durante o fechamento da válvula de segurança), pois a pressão de fechamento pode colidir com a pressão de operação do processo. Quando a mola tem a pressão de abertura elevada, a capacidade de vazão efetiva não é alterada desde que o curso máximo do disco seja alcançado. Um aperto excessivo na mola, além daquela porcentagem permitida, pode também causar sucessivos e rápidos batimentos, denominados chattering, do disco contra o bocal (contra o sentido de escoamento do fluxo e sempre no mesmo valor de pressão de abertura), pois com o aumento da pressão de um fluido compressível, seu volume é reduzido, com isto o batimento ocorre por que a válvula fica superdimensionada para aquele volume, e este não é suficiente para sustentar a válvula completamente aberta, porém, mesmo assim a capacidade de vazão da válvula não é alcançada, contudo, a segurança do processo fica comprometida. Reduzindo o valor da pressão de abertura, abaixo da faixa definida pelo fabricante, pode fazer com que a válvula fique subdimensionada, pois agora, devido à redução de pressão o volume aumenta, conseqüentemente, a área do bocal fica subdimensionada para aquele novo volume. Toda mola aplicada em válvulas de segurança tem uma faixa de ajuste na qual são os valores (mínimo e máximo) que a válvula pode ser reajustada, sem que seu desempenho operacional seja afetado. Os valores da faixa de ajuste da mola, conforme determinados pelo fabricante, deve ser de conhecimento do usuário e estarem guardados junto com a documentação da válvula.

3.10 – Uso de Tabelas para Posicionamento de Anéis

As tabelas 3.5 até 3.16 abaixo mostram os valores de posicionamento de anéis de acordo com cada fabricante, modelo e tamanho. Os números que aparecem nas colunas “Número de Entalhes”, significa o número de entalhes que devem ser recuados após o contato do anel inferior com a face inferior do suporte do disco. Para utilizar essas tabelas corretamente, o usuário deverá identificar exatamente o fabricante da válvula, o modelo e o tamanho do orifício do bocal.

Observação: Para o anel superior, os números que aparecem nas tabelas é a quantidade de entalhes que devem ser elevados ou abaixados a partir do nível da superfície de vedação do bocal. O sinal – (menos) significa que o anel inferior deve “descer”, isto é, ser afastado da face inferior do suporte do disco. Enquanto que o sinal + significa que o anel superior deve ser elevado a partir da superfície de vedação do bocal.

TABELA 3.5:

AJUSTE DO ANEL DO BOCAL PARA APLICAÇÕES COM AR, GASES e VAPORES – MODELO 2600 - FARRIS									
Orifícios	FAIXAS DE PRESSÕES DE AJUSTE, EM PSIG								
	15-100	101 - 200	201 - 300	301 - 400	401 - 500	501 - 600	601 - 800	801 - 1000	1001 e acima
D1	-3	-4	-6	-7	-7	-9	-9	-9	-10
D1	-2	-2	-3	-4	-14	-5	-5	-6	-7
E1	-5	-9	-12	-15	-15	-18	-18	-19	-20
E1	-2	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-6	-7
F	-2	-3	-4	-5	-5	-7	-8	-9	-10
G	-3	-4	-5	-6	-6	-8	-9	-10	-11
H	-3	-4	-5	-6	-6	-8	-9	-10	-11
J	-3	-5	-5	-6	-6	-8	-9	-10	-11
K	-4	-5	-6	-7	-7	-9	-10	-11	-12
L	-4	-6	-9	-9	-9	-10	-10	-11	-12
M	-4	-6	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12
N	-5	-10	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15
P	-6	-16	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
Q	-6	-16	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-----
R	-4	-16	-20	-20	-----	-----	-----	-----	-----
T	-4	-16	-20	-----	-----	-----	-----	-----	-----
U	-4	-16	-20	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Nota 1: Use a segunda linha somente para válvulas de orifício “D” e “E” adquiridas antes de 1º de julho de 1993.

TABELA 3.6:

Ajuste do Anel do Bocal para Aplicações com Vapor Saturado – Modelo 2600 – Farris									
Orifícios	Faixas de Pressões de Ajuste, em psig								
	15-100	101 - 200	201 - 300	301 - 400	401 - 500	501 - 600	601 - 800	801 - 1000	1001 e acima
D1	-3	-4	-6	-7	-7	-9	-9	-9	-10
D1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
E1	-5	-3	-12	-15	-15	-18	-18	-19	-20
E1	-2	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
F	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-12
G	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-13
H	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-13
J	-3	-6	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-13
K	-4	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-14
L	-4	-7	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-14
M	-4	-7	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-14
N	-4	-7	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-14
P	-4	-7	-7	-8	-11	-10	-11	-12	-14
Q	-4	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-15	-----
R	-4	-8	-9	-10	-----	-----	-----	-----	-----
T	-4	-8	-9	-----	-----	-----	-----	-----	-----
U	-4	-8	-9	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Observação 1: Use a segunda linha somente para válvulas de orifício “D” e “E” adquiridas antes de 1º de julho de 1993.



TABELA 3.7:

APLICAÇÕES EM SERVIÇOS COM LÍQUIDOS (MODELO 2600 L) – FARRIS	
ORIFÍCIO	ENTALHES
D	- 2
E	- 2
F	- 3
G	- 4
H	- 4
J	- 4
K	- 8
L	- 8
M	- 12
N	- 12
P	- 12
Q	- 20
R	- 20
T	- 20
U	- 20

TABELA 3.8:

Válvulas Consolidated Modelo 1811				
Posições dos Anéis de Ajuste (Inferior e Superior)				
Orifício	Anel Superior Nº de Entalhes	Anel Inferior Nº de Entalhes	Anel Superior Ver Nota 1	Anel Inferior Ver Nota 2
F	+ 30	- 26	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 4 a 6 entalhes
G	+ 30	- 30	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 4 a 6 entalhes
H	+ 30	- 24	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 5 a 8 entalhes
J	+ 36	- 30	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 5 a 8 entalhes
K	+ 45	- 32	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 6 a 10 entalhes
L	+ 54	- 40	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 6 a 15 entalhes
M	+ 45	- 36	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 6 a 15 entalhes
N	+ 50	- 40	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 6 a 15 entalhes
P	+ 50	- 42	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 8 a 15 entalhes
Q	+ 60	- 48	Abaixe 2 voltas	Abaixe de 8 a 15 entalhes

Nota 1: Somente após o ajuste final da pressão de ajuste, posicione o anel superior conforme indicado na tabela acima.

Nota 2: Estas recomendações de posicionamento do anel inferior são somente aproximações iniciais. Ajuste este anel até que um “bom” pop seja alcançado no teste de campo. Trave o anel nesta nova posição com seu respectivo parafuso trava, e anote esta posição no relatório de testes.

TABELA 3.9:

Fabricante Consolidated Série 1900 (Convencional) e 1900 – 30/P1 Series (Balanceada)		
Números de entalhes a serem recuados – somente anel inferior		
Orifício	Pressões até 100 psig	Pressões acima de 100 psig
D; E; F e G	- 4	- 7
H e J	- 5	- 9
K	- 6	- 14
L	- 6	- 18
M e N	- 7	- 20
P	- 8	- 24
Q	- 10	- 28
R	- 28	- 36
T	- 30	- 38

TABELA 3.10:

Fabricante Farris – Modelo 2950 para Vapor d’água, Vapores, Ar e Gases (somente anel inferior)					
Pressão de Ajuste em psig	Número de entalhes	Pressão de Ajuste em psig	Número de entalhes	Pressão de Ajuste em psig	Número de entalhes
15 e menos	- 4	225	- 22	1001 a 6000	9% da pressão de ajuste
40	- 6	270	- 27	-----	-----
65	- 8	365	- 32	-----	-----
85	- 10	450	- 42	-----	-----
110	- 12	550	- 52	-----	-----
135	- 14	600	- 62	-----	-----
145	- 16	675	- 72	-----	-----
175	- 18	825	- 82	-----	-----
190	- 20	1000	- 92	-----	-----

TABELA 3.11:

Fabricante Crosby - Modelos HS/HSA; HC/HCA e HSJ		
Orifício	Anel Inferior (do Bocal)	Anel Superior (da Guia)
D	- 5	L
E	- 5	L
F	- 5	L
G	- 7	L
H	- 7	L
J	- 7	L
K	- 9	+ 10
K2	- 9	+ 10
L	- 10	+ 10
M	- 12	+ 10
M2	- 12	+ 10
N	- 12	+ 20
P	- 12	+ 20
Q*	- 9	L
R**	- 10	L
T**	- 10	L

**Observações:**

* Para pressões de ajuste acima de 200 psig (14 kgf/cm²), ajustar o anel inferior: menos 9 entalhes e ajustar o anel superior mais 50 entalhes, a partir da face inferior do suporte do disco.

** Para pressões de ajuste acima de 100 psig (7 kgf/cm²), ajustar o anel inferior menos 12 entalhes e ajustar o anel superior mais 50 entalhes, a partir da face inferior do suporte do disco.

A letra "L" na coluna do anel superior vem da palavra "level" (nível) e significa que este anel deve ser posicionado em nível com a face inferior do suporte do disco.

TABELA 3.12:

Válvulas Crosby – Modelos JOS (Convencional) e JBS – (Balanceada) para Gases e Vapores			
Orifícios "D" até "T"	- 15	-----	-----
Válvulas de Segurança Crosby – Modelos JOS e JBS (Líquidos) – Interno Convencional			
Orifícios "D" até "J"	- 10	-----	-----
Orifícios "K" até "Q"	- 20	-----	-----
Orifícios "R" até "T"	- 30	-----	-----
Válvulas de Segurança Crosby – Modelo JLT (Líquidos) – Interno Específico			
Orifícios "D"; "E"; "F"	- 5	-----	-----
Orifícios "G"; "H"; "J"	- 10	-----	-----
Orifício "K"	- 20	-----	-----
Orifício "L"	- 25	-----	-----
Orifício "M"; "N"	- 35	-----	-----
Orifício "P"	- 40 (- 1,3 volta)	-----	-----
Orifício "Q"	- 50 (- 1,25 volta)	-----	-----
Orifício "R"	- 60 (- 1,5 volta)	-----	-----
Orifício "T"	- 70 (-1,5 volta)	-----	-----
Válvulas de Segurança Crosby – Modelos JQ/JQU (cloro)			
Tamanho 1 ½"	- 4	-----	-----
Tamanho 4"	- 8	-----	-----

TABELA 3.13:

Válvulas de Segurança Spirax Sarco – Modelo SV-80-H para Líquidos	
Orifício	Posição do Anel Inferior
D – E	- 15
F	- 10
G	- 20
H – J	- 20
K – L	- 20
M – N – P	- 30
Q – R – T – T2	- 40
U	- 43
V	- 25
W	- 30

TABELA 3.14:

Fabricante Spirax Sarco – Modelo SV-80-H para Gases e Vapores					
Orifício do Bocal	Área em cm ²	Pressão de Abertura, em kgf/cm ²			
		Até 2,5 KGF/CM ²	2,5 à 10	10,1 à 25	Acima de 25
D	0,709	- 3	- 5	- 10	- 20
E	1,265	- 3	- 5	- 10	- 20
F	1,980	- 2	- 4	- 6	- 15
G	3,245	- 2	- 6	- 15	- 25
H	5,065	- 2	- 6	- 15	- 25
J	8,303	- 2	- 6	- 15	- 25
K	11,86	- 3	- 8	- 20	- 40
L	18,40	- 3	- 8	- 20	- 40
M	23,23	- 6	- 12	- 25	- 50
N	28,00	- 6	- 12	- 25	- 50
P	41,16	- 6	- 12	- 25	- 50
Q	71,30	- 8	- 15	- 30	- 60
R	103,20	- 8	- 15	- 30	- 60
T	167,70	- 8	- 15	- 30	- 60
T2	180,70	- 8	- 15	- 30	- 60
U	209,70	- 9	- 17	- 33	- 65
V	292,55	- 12	- 18	- 35	- 70
W	438,00	- 12	- 18	- 35	- 70

TABELA 3.15:

Válvulas de Segurança Modelo 2800 AERRE e ENGEMASA			
Ajuste do Anel Inferior para Ar, Gases e Vapores de Acordo com a Pressão			
Pressão de Ajuste em kgf/cm ²	Número de Entalhes	Pressão de Ajuste em kgf/cm ²	Número de Entalhes
1 ou MENOS	- 3	25	- 15
3	- 2	30	- 20
5	- 3	38	- 25
7	- 4	42	- 50
10	- 6	47	- 35
12	- 8	58	- 40
14	- 9	70	- 45
15	- 10	71 a 420	70% da pressão de ajuste
19	- 12	-----	-----



TABELA 3.16:

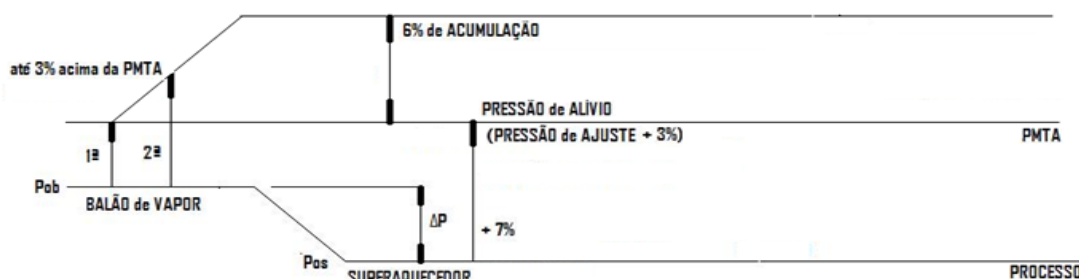
Válvula Modelo 2800 AERRE ou ENGEMASA - para Vapor Saturado – Somente Anel Inferior		
Orifício	Anel Guiado	Anel Convencional
D	1,2	0,3
E	1,2	0,3
F	1,2	0,5
G	1,6	0,5
H	1,6	1,0
J	1,6	1,0
K	2,0	2,0
L	2,0	2,0
M	2,4	2
N	2,4	3
P	2,8	3
Q	2,4	2
R	2,4	2
T	2,4	2

Observação: Na tabela 3.17 acima, o número de entalhes do anel inferior a serem recuados a partir da face inferior do suporte do disco é igual ao valor da pressão de ajuste, em kgf/cm^2 , multiplicado pelo fator que aparece na coluna, e de acordo com o tamanho do orifício e tipo de anel, se guiado ou convencional (anel normal).

Observação: A posição final de fábrica, conforme estas mostradas nas tabelas acima, em muitas aplicações são apenas posições iniciais para os testes finais já na instalação do usuário final. Isto, porque, o fabricante, faz esses testes na vazão máxima da válvula, enquanto no processo do usuário final, e na maioria das aplicações, essa vazão máxima pela válvula não é alcançada.

3.11 – Escalonamentos da Pressão de Abertura para Caldeiras e Vasos de Pressão

3.11.1 – Caldeiras – Conforme Código ASME Seção I:



Pob = pressão de operação no balão de vapor = 55,0 kgf/cm^2

Pos = pressão de operação na saída do superaquecedor = 52,0 kgf/cm^2

ΔP = pressão diferencial entre balão de vapor e superaquecedor = 3 kgf/cm^2

O gráfico acima mostra a queda de pressão normal que ocorre durante o fluxo de vapor por uma caldeira aquatubular provida de superaquecedor. Essa queda de pressão se dá devido à passagem do vapor saturado pelos tubos do superaquecedor, transformando-o em vapor superaquecido (transformação isobárica). Em condições normais de operação, se houver um aumento no volume do vapor produzido pela caldeira haverá também um aumento na queda de pressão, entre o balão de vapor e o superaquecedor. Este aumento na queda de pressão, também ocorre quando há um aumento no consumo (pelo processo) do vapor superaquecido produzido pela caldeira.

A pressão de abertura das válvulas de segurança do balão de vapor e do superaquecedor deverá considerar esta queda de pressão, conforme o Código ASME Seção I - PG. 68.1 (b). No gráfico acima pode-se verificar que a pressão de operação normal no balão de vapor é de 55,0 kgf/cm² (782,26 psig), enquanto na saída do superaquecedor, ou seja, um pouco antes do local onde está instalada a válvula principal de bloqueio, a pressão é de 52,0 kgf/cm² (739,6 psig), portanto, há uma queda de pressão de 3,0 kgf/cm² (42,67 psi). A PMTA desta caldeira é de 62,7 kgf/cm² (891,78 psig).

A primeira válvula de segurança instalada no balão de vapor (que é aquela que possui menor pressão de abertura), irá atuar somente quando for atingida a pressão de alívio da válvula de segurança do superaquecedor, mantendo o fluxo normal de vapor saturado para proteger os tubos deste contra superaquecimento.

É recomendado que seja utilizado um fator de segurança de 20 psi (1,4 kgf/cm²) para garantir que a válvula de segurança do superaquecedor abra antes da primeira válvula de segurança instalada no balão de vapor para garantir o fluxo normal de vapor através dos tubos do superaquecedor. Esta válvula deverá ser sempre a primeira a abrir e a última a fechar. A abertura de todas as válvulas de segurança simultaneamente, além de desperdiçar vapor, ainda pode ser muito prejudicial à caldeira, pois ocorre uma redução muito rápida em sua pressão e temperatura.

Além do mais, a abertura prematura de alguma das válvulas do balão de vapor minimiza o fluxo de vapor saturado para o superaquecedor podendo causar a "queima" de seus tubos devido à falta de refrigeração que somente ocorreria se houvesse a entrada de vapor saturado. A válvula de segurança do superaquecedor é normalmente ajustada num valor abaixo da primeira válvula instalada no balão de vapor, assim, se existe uma condição de aumento de pressão da caldeira acima de sua pressão normal de operação, ela pode atuar antes das válvulas do balão. Essa menor pressão de abertura é devido à inerente queda de pressão através dos tubos do superaquecedor e a localização da válvula de segurança ser na saída deste. A PMTA do superaquecedor deve ser igual a PMTA do balão de vapor.

A regra recomendada para ajustar a válvula de segurança do superaquecedor é como segue:

Pressão de operação do balão de vapor (em psig) – pressão de operação do superaquecedor (em psig) =

ΔP , em psi.

$\Delta P + 20 = X$ psi

PMTA do balão de vapor (em psig) – X (em psi) = pressão de abertura da válvula do superaquecedor, em psig

Substituindo as letras por números, os resultados ficam assim:



PMTA da caldeira: 62,7 kgf/cm² (891,8 psig)

Pressão de operação na saída do balão de vapor: 55 kgf/cm² (782,3 psig)

Pressão de operação na saída do superaquecedor: 52 kgf/cm² (739,6 psig)

Pressão diferencial (ΔP) entre balão e superaquecedor: 3 kgf/cm² (42,7 psig)

$\Delta P + 20 = 42,7 + 20 = 62,7$ psi

PMTA da caldeira = 891,8 psig

891,8 - 62,7 = 829,1 psig (58,3 kgf/cm²)

Esta será a pressão de abertura da válvula de segurança do superaquecedor.

Observação: Com a sequência de aberturas iniciando-se pela válvula do superaquecedor, evita-se que os limites de temperatura dos materiais dos tubos do superaquecedor sejam ultrapassados, pois poderão ser refrigerados pelo vapor saturado vindo do balão de vapor em menor temperatura.

As pressões de ajuste das válvulas instaladas protegendo o corpo da caldeira poderão ter uma diferença máxima de 3% da primeira para a segunda válvula, instaladas no balão, a partir da PMTA. Se houver mais que duas válvulas no balão, a última válvula deverá ter uma diferença máxima de 3% para a primeira válvula.

Na maioria das aplicações este valor é a própria PMTA da caldeira. Sendo que o Código ASME Seção I exige 6% de acumulação e a sobrepressão para cada válvula deve ser de 3%, portanto, a 2^a (ou última) válvula instalada no balão de vapor deverá ser ajustada com 62,7 kgf/cm² + 3%, isto é, 64,6 kgf/cm² (918,8 psig). Com a abertura desta válvula, a soma da capacidade de vazão de todas as válvulas deve permitir o alívio de 100% da capacidade de vaporização da caldeira, impedindo que a pressão desta seja elevada acima de 6% da PMTA. Para as caldeiras de vapor saturado ou para as válvulas de segurança instaladas no balão de vapor, a faixa de ajuste não deve ultrapassar 10% do valor daquela com maior valor de pressão de abertura.

Desta forma o escalonamento da pressão de abertura entre elas será distribuído com os seguintes valores:

Válvula de segurança instalada na saída do superaquecedor = 58,3 kgf/cm² (829,1 psig)

1ª válvula de segurança instalada no balão de vapor = 62,7 kgf/cm² (891,8 psig) = a PMTA da caldeira

2ª válvula de segurança instalada no balão de vapor = 64,6 kgf/cm² (918,5 psig) = 3% acima da PMTA

Nota: De acordo com a descrição da NR 13, "Abertura escalonada de válvulas de segurança - condição diferenciada de ajuste da pressão de abertura de múltiplas válvulas de segurança, prevista no código de projeto do equipamento por elas protegido, onde podem ser estabelecidos valores de abertura acima da PMTA, consideradas as vazões necessárias para o alívio da sobrepressão em cenários distintos."

Se as duas válvulas de segurança instaladas no balão de vapor tiverem orifícios com áreas diferentes, a boa prática (não o ASME) recomenda que aquela que o orifício tiver menor área também deverá ser ajustada para abrir num valor menor. Esta deverá ser a primeira válvula do balão de vapor. O menor orifício deverá ter uma área maior do que 50% da válvula maior (segunda válvula do balão de vapor). Esta regra também é válida sempre que houver duas ou mais válvulas de segurança instaladas no superaquecedor, reaquecedor e economizador da caldeira.

A mesma diferença entre a pressão de operação do superaquecedor e a pressão de abertura da válvula deste, deverá ser adotada para a pressão de abertura da primeira válvula do balão de vapor, considerando-se,

obviamente, a queda de pressão entre ambos, incluindo aquele fator de segurança de 20 psi (1,4 kgf/cm²). A sobrepressão real, alcançada por cada válvula, será maior do que aquela na qual ela foi dimensionada, na qual foi de 3%. Esta sobrepressão real é baseada na severidade da condição de aumento de pressão da caldeira. Dependendo da capacidade de vazão requerida no momento em que a pressão normal da caldeira é elevada, a válvula do superaquecedor abre e alcança seu curso máximo (máxima pressão de alívio). Se a pressão continuar a subir, a primeira válvula do balão irá atuar e alcançará seu curso máximo a 6% de sobrepressão. Se a caldeira atingir sua máxima capacidade de vaporização, a segunda válvula do balão também irá atuar, porém, agora ela irá impedir qualquer aumento de pressão e volume de vapor na caldeira, além de sua pressão de alívio (3% de sobrepressão máxima), mantendo a acumulação máxima de 6% exigidos pelo Código ASME Seção I.

A capacidade de alívio creditada para todas as válvulas de segurança é a soma da capacidade de vazão efetiva a 3% de sobrepressão. O resultado desta soma deve ser igual ou maior do que a máxima capacidade de vaporização da caldeira. Na realidade a sobrepressão alcançada por cada válvula será maior do que 3%, dependendo da pressão final obtida. As válvulas com pressões de abertura mais elevadas alcançam menores valores de sobrepressão. A segunda ou última válvula (se houver mais que duas), instalada no balão de vapor, não consegue (e nem pode) alcançar mais do que 3% de sobrepressão.

No exemplo exposto, para uma condição de máxima vaporização da caldeira, a válvula de segurança do superaquecedor alcançará uma sobrepressão de 12,3%; a 1ª válvula do balão de vapor alcançará 6% e a 2ª válvula do balão 3%.

A queda de pressão só deixa de existir se houver um aumento na pressão de operação entre ambos (balão de vapor e superaquecedor), se a válvula de bloqueio principal na saída da caldeira for inadvertidamente fechada até que a válvula do superaquecedor abra. Esta situação pode ser vista durante um teste real das válvulas de segurança, para inspeção em serviço, onde a pressão em ambos (balão de vapor e superaquecedor) fica equalizada.

A queda de pressão, entre ambos, e os devidos valores de pressão de alívio das válvulas de segurança, são calculados e definidos durante a fase de projeto da caldeira, devendo estes valores serem mantidos durante toda sua vida operacional. Tais valores variam pela capacidade de vaporização da caldeira, faixa de pressão, tamanho do superaquecedor e diferença entre a temperatura de saturação do vapor para sua temperatura de superaquecimento na saída da caldeira.

A diferença em porcentagem acima da pressão de operação, entre balão de vapor e superaquecedor, não deve ser a mesma, pois se a pressão de operação no balão é maior, a pressão diferencial entre ambos também será. Considerando-se que 7% (no mínimo) acima da pressão de operação do superaquecedor será um percentual com valor menor do que 7% acima da pressão de operação do balão de vapor. Assim, a queda de pressão efetiva entre o balão de vapor e o superaquecedor aumenta proporcionalmente ao aumento da pressão de operação, até ser atingida a pressão de abertura da válvula de segurança do superaquecedor. Essa queda de pressão efetiva é medida entre o balão de vapor e a saída da caldeira (antes da válvula de bloqueio principal). Ela ocorre em função das curvas existentes no superaquecedor associadas com o aumento de temperatura, ocasionando mudanças na densidade e aumento no volume do vapor superaquecido em



relação ao volume do vapor saturado.

No mínimo uma válvula deve ter a pressão de ajuste da plaqueta que não seja maior do que a PMTA. Normalmente esta é a primeira válvula de segurança a abrir, instalada no balão de vapor. As válvulas adicionais podem ter a pressão de ajuste da plaqueta até 3% acima da PMTA. Existe uma tolerância permitida entre a pressão de abertura testada real da válvula de segurança (inspeção em serviço) em comparação à pressão de ajuste original de fábrica e marcada na plaqueta da válvula. Desde que a válvula abra dentro desta faixa de tolerância, o valor marcado na plaqueta é confiável.

Desta forma, a Seção I do Código ASME requer que no mínimo uma válvula de segurança seja ajustada na PMTA da caldeira ou abaixo desta, e qualquer válvula subsequente seja ajustada num valor não maior do que 3% acima da PMTA. A válvula cujo valor da plaqueta é o mesmo da PMTA deve atuar dentro da tolerância da norma para aquela faixa de pressão. Por exemplo, se a pressão marcada na plaqueta é de 62,7 kgf/cm² (891,8 psig), ela deverá atuar (abrir) em operação entre 881,8 psig e 901,8 psig, isto é, uma tolerância de + ou - 10 psig (0,703 kgf/cm²), conforme o ASME Seção I no parágrafo PG-72.3.

3.11.2 – Vasos de Pressão – Conforme Código ASME Seção VIII:

O escalonamento da pressão de abertura em processos com múltiplas válvulas instaladas num vaso de pressão, outro do que caldeiras de vapor não submetidas a fogo, conforme a edição 2019 do Código ASME Seção VIII – Divisão 1, no parágrafo UG 153 (a) (1) e (a) (2) da edição 2025, deve ser baseado na seguinte regra: "A soma da capacidade de vazão de múltiplas válvulas conectadas a qualquer vaso ou sistema de vasos para o alívio de líquidos, gases, vapores e ar comprimido, deve ser suficiente para aliviar a máxima capacidade que pode ser gerada ou fornecida ao equipamento anexado sem permitir um aumento na pressão do(s) vaso(s) acima de 16% da PMTA".

Quando o vaso de pressão é protegido por somente uma válvula de segurança e/ou alívio, sua pressão de abertura deve ser limitada na PMTA ou abaixo desta, permitindo uma acumulação máxima de 10% ou 3 psi, o que for maior, acima da PMTA.

Quando o vaso é protegido por duas ou mais válvulas, a acumulação máxima permitida é de 16% ou 4 psi, o que for maior, acima da PMTA, desde que a segunda ou última válvula (se houver mais que duas instaladas) esteja ajustada até 5% acima da PMTA e também dimensionada para uma sobrepressão de 10%. Os efeitos de picos estáticos e contrapressão constante devem ser incluídos no ajuste de pressão para cada válvula.

Quando o vaso de pressão pode ser envolvido por um incêndio, a acumulação máxima permitida é de 21% acima da PMTA. Assim, pelo menos uma válvula é ajustada na PMTA ou abaixo desta para a demanda normal do processo e uma segunda válvula (ou a última) deve ser ajustada em 10% acima da PMTA e com 10% ou 3 psi de sobrepressão (o que for maior). De acordo com o API Std. 520 Parte I, esta válvula também pode ser ajustada na PMTA do vaso e com uma sobrepressão máxima de 21%. Esta válvula também pode ser ajustada em 5% acima da PMTA do vaso com sobrepressão de 16% ou ser ajustada 10% acima da PMTA e com sobrepressão também de 10%. Nesses exemplos, a acumulação alcançada dentro do vaso pela área dimensionada do bocal da válvula será sempre de 21%, independentemente do valor de sobrepressão de cada válvula. Por exemplo, se um vaso de pressão, cuja PMTA é de 150 psig, tem uma capacidade que exige a instalação

de 3 válvulas de segurança e alívio, o escalonamento das pressões de abertura ficará com os seguintes valores:



1ª válvula: 150 psig

2ª válvula: 154,5 psig

3ª válvula: 157,5 psig

Neste exemplo, a 1ª válvula de segurança e alívio está ajustada na PMTA do vaso, portanto, 150 psig; a 3ª válvula está ajustada no valor máximo permitido pelo Código ASME Seção VIII, 157,5 psig, ou seja, 5% acima da PMTA. Como a capacidade do vaso exige a instalação de 3 válvulas de segurança e alívio, teve que ser colocada uma válvula adicional entre estas duas e com pressão de abertura de 154,5 psig, portanto, 3% acima da PMTA. Esta válvula poderia ter

sua pressão ajustada para qualquer valor entre a PMTA e o máximo de 5% acima desta.

Quando duas ou mais válvulas são instaladas numa tubulação, o escalonamento de pressões de ajuste deve ser em sentido oposto ao fluxo pela tubulação. Por exemplo, na figura ao lado o sentido de fluxo é da direita para a esquerda, enquanto a válvula com menor pressão de abertura é a primeira do lado esquerdo devido à queda de pressão pela tubulação.

Numa instalação assim, o fluxo pelas duas primeiras válvulas pode alcançar a capacidade de vazão efetiva de cada uma, enquanto na terceira válvula, a capacidade de vazão poderá ser um pouco menor, dependendo da taxa de fluxo requerida pelo processo em relação à soma da capacidade de vazão de todas as válvulas juntas no momento de sua operação.

Para fluidos de materiais que sejam instáveis, uma pressão de abertura menor possível pode evitar alterações nas composições do fluido e que poderiam ocorrer se a temperatura alcançada fosse alta, pois quanto maior for a pressão de abertura da válvula, maior também será a temperatura de alívio, desde que o fluido seja vapor d'água saturado.

Observação: Se por algum motivo no processo for necessário reduzir a pressão de abertura da (s) válvula (s) de segurança, seja na caldeira ou num vaso de pressão, é sempre recomendado recalcular a nova capacidade de vazão com as novas pressões de abertura para confirmar se as válvulas originalmente instaladas atenderão à essa nova condição, pois com a redução da pressão o volume de um fluido compressível aumenta. As válvulas de segurança originais poderão ficar subdimensionadas para esta nova situação.

3.12 – Teste Real

Esse teste pode ser denominado assim quando a pressão de operação da caldeira ou mesmo de um vaso de pressão é elevada intencionalmente para se verificar as reais condições operacionais que a válvula possa estar sujeita caso ocorra um distúrbio no processo até que sua pressão de abertura seja alcançada. Numa caldeira essa elevação de pressão, durante um teste real, só ocorre dentro do corpo da caldeira, sem



perda de carga (queda de pressão) entre o balão de vapor e o superaquecedor, pois a válvula de bloqueio na saída da caldeira está fechada e isolando-a do restante do processo.

Esse teste deve ser feito com o extremo cuidado utilizando um procedimento detalhado para garantir a segurança do pessoal envolvido e da própria caldeira. Ele é muitas vezes impraticável devido a questões operacionais e de ruído, principalmente as válvulas de segurança e alívio que operam com gases e vapores. A verificação da vedação da válvula após o fechamento é normalmente limitada a uma inspeção visual na pressão normal de operação (e abaixo da pressão de fechamento da válvula) de acordo com o parágrafo PG. 73.5.3 (a) do Código ASME Seção I. Nenhum vazamento de vapor deve ser visível na saída da válvula na máxima pressão de operação da caldeira e abaixo da pressão de fechamento da válvula.

O teste real simula as condições que ocorrerão quando a válvula atuar em operação. Os grampos para travamento das válvulas de segurança de pressões mais baixas devem permitir a estabilização da temperatura na haste por um mínimo de 2 horas a 80% da pressão de operação normal da caldeira antes de serem apertados definitivamente. Um aperto antes desta estabilização térmica pode causar o empenamento da haste e danos às superfícies de vedação do disco e bocal quando a temperatura final for alcançada.

A taxa de queima da caldeira deve ser limitada a valores menores, mas compatível com a válvula a ser testada, para impedir que a capacidade de vaporização efetiva seja alcançada no momento do teste. Esta recomendação é devido ao fato de que o travamento das válvulas que já foram (ou ainda serão) testadas faz com que a válvula a ser testada tenha uma capacidade de vazão insuficiente para permitir a segurança da caldeira.

Esse teste deve ser feito de forma individual, ou seja, cada válvula deve ser testada separadamente, de forma crescente de pressão de abertura: Com isto o aumento de pressão, temperatura, taxa de queima, água de alimentação, etc. podem ser monitorados gradativamente. Para esse teste, a capacidade de vaporização da caldeira deve ser no mínimo igual à capacidade de vazão da válvula de segurança que está sendo testada. Uma capacidade de vaporização menor pode tornar a válvula "superdimensionada" para aquele momento, causando o chattering, além de não permitir a avaliação completa de seu ciclo operacional.

Quando testando a válvula na caldeira é importante que seja permitida uma equalização da temperatura entre cada abertura. Assim, após cada abertura um tempo de dez a quinze minutos deve ser permitido para haver uma estabilidade térmica entre as peças, principalmente na mola. Variações de temperatura através dos componentes da válvula podem causar expansão térmica desigual, além de distorções nas superfícies de vedação. Essas variações térmicas podem causar flutuações na força da mola, causando mudanças no valor da pressão de abertura. As distorções nas superfícies de vedação podem causar vazamentos nas sedes e instabilidade na pressão atuando entre disco e bocal.

Essa prática, que também é conhecida na indústria como "teste real", está sendo substituída, já há algum tempo, por um teste "on-line", no qual um equipamento eletrônico verifica a pressão de abertura da válvula sem a necessidade de elevar a pressão da caldeira ou do vaso.

3.13 – Teste On-line

Esse método de testar válvulas de segurança e alívio, tecnicamente é uma análise do ponto de ajuste nas

condições operacionais normais do processo. Isto permite uma confiabilidade muito maior do que um teste feito numa bancada de oficina de manutenção com fluidos diferentes do processo, tanto em relação à temperatura quanto ao volume, tais como ar comprimido ou nitrogênio.

A função desse teste é verificar (e se necessário ajustar) apenas o valor da pressão de abertura da válvula, sendo que o pouco volume de vapor que sai pelo deslocamento do disco não é suficiente para se verificar sua pressão de fechamento. O curso total do disco e a vazão máxima do fluido não podem ser obtidos com esse teste, portanto, o valor do diferencial de alívio também não pode ser confirmado. É a montagem correta da válvula, posicionamento de seus anéis de ajuste, nível de água do balão de vapor (para as válvulas instaladas neste), alinhamento dos componentes internos e a vedação entre disco e bocal, quem irão determinar sua pressão de fechamento real.

Portanto, esse teste é feito sob condições normais de operação sem que a pressão da caldeira ou do vaso de pressão tenha que ser elevada para que seja verificada a pressão de abertura da válvula. A pressão de operação* deve estar entre 75%** e 95% da pressão de abertura esperada para a válvula atuar.

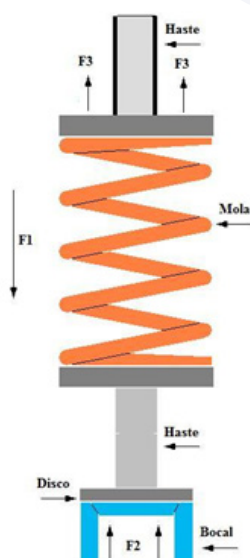
Nota*: Para as válvulas que protegem equipamentos que operam com vapor d'água saturado é recomendado que esse teste seja executado na pressão de operação normal para que a temperatura operacional esteja em seu real ponto de saturação.

Nota:** Não é recomendado que a pressão de operação esteja num valor menor que 75% da pressão de abertura, para não haver possibilidade de danificar as superfícies de vedação devido ao maior diferencial de forças, entre a pressão do processo atuando embaixo do disco e a força sendo exercida pelo equipamento de teste.

Assim, a pressão de abertura da válvula de segurança e/ou alívio é a soma da pressão de operação com a relação entre a força exercida pelo equipamento de teste sobre a haste da válvula, e a área de vedação efetiva entre disco e bocal, conforme mostra a equação 3.1 abaixo:

$$PA=PO+F3/AS$$

Equação 3.1



Onde:

PA: pressão de abertura da válvula, em psig (kgf/cm² ou barg);

PO: pressão de operação do vaso ou caldeira, em psig (kgf/cm² ou barg);

F3: força da mola sobre o disco de vedação e medida através do equipamento de teste online;

AS: área efetiva interna da superfície de vedação entre disco e bocal, em pol² (cm² ou mm²).

Em função de não ser necessário esse aumento na pressão da caldeira, problemas que poderiam ser causados, tais como: fadiga no material dos tubos, devido a um aumento e redução na pressão e temperatura sem necessidade; vazamen-



tos em juntas de flanges ou pelo bocal e disco da válvula no momento da abertura e após o fechamento da válvula de segurança, podem ser evitados com o uso desse tipo de equipamento, além da parada da caldeira para a solução desses problemas.

A figura ao lado mostra o esquema de forças envolvido durante esse teste:

O equipamento do teste on-line mede a quantidade de força requerida, somada à força exercida pela pressão do fluido (na área efetiva da superfície de vedação interna do disco e bocal) no sistema, para causar a abertura da válvula. A força medida pelo equipamento de teste online é convertida em pressão por unidade de área e somada com a pressão de operação existente no sistema, na entrada da válvula, para calcular sua pressão de abertura simulada. Para medir a pressão de abertura de uma válvula, este equipamento eletrônico deve ser capaz de capturar o ponto exato no qual a válvula alcança o início do curso de abertura do disco.

Para válvulas que protegem os equipamentos que atuam com fluidos compressíveis, o início deste curso de elevação do disco torna a determinação da pressão de abertura uma tarefa relativamente fácil. Porém, para as válvulas de alívio ou de segurança e alívio e que operam com líquidos, o ponto de ajuste não é tão facilmente detectado. Sendo que o curso de elevação do disco nas válvulas que operam com líquidos é sempre proporcional à força aplicada, é difícil apontar o momento onde o início daquele curso tenha sido alcançado. Desta forma, o teste on-line é baseado sobre uma análise do equilíbrio de forças numa válvula de segurança. Esta análise é feita sobre três forças: F1, F2 e F3. Onde: F1 é a carga exercida pela mola sobre o disco de vedação na pressão de abertura; F2 é a pressão de operação do processo existente no momento em que a válvula é ajustada. O valor desta força é equivalente à pressão de entrada sob o disco e multiplicada pela área efetiva de vedação da válvula; F3 é a força produzida pelo equipamento de teste para abrir a válvula. Quando o dispositivo de teste é ativado, uma força no sentido ascendente (F3) é exercida sobre a haste da válvula. Quando esta força é somada com a força F2, atuando também no sentido ascendente, isto é, aquela produzida pelo fluido na entrada da válvula de segurança, e se equaliza com a força descendente (F1) exercida pela mola sobre o disco, a válvula abre levemente. O valor das forças combinadas (F2 + F3) e que é requerida para produzir esta leve abertura, e dividido pela área de vedação (interna) efetiva (AS) do disco e bocal, identifica precisamente a pressão de abertura da válvula que está sendo testada. Sendo que pressão é igual a força dividida pela área, portanto, o resultado de F3/AS e somado com a pressão de operação é o valor da pressão de ajuste da válvula.

Por exemplo, se numa caldeira a válvula de segurança do balão de vapor deve abrir com 61 kgf/cm^2 e esta possui um orifício "M" (3,6 pol²), no qual o diâmetro interno de sua superfície de vedação é de 62,6 mm ou 6,26 cm, sendo que estes valores equivalem a uma área de $30,78 \text{ cm}^2$. Se a pressão de operação no balão de vapor no momento do teste for equivalente a 55 kgf/cm^2 , a força resultante será de 1692,8 kgf. Se a pressão de abertura deverá ser de 61 kgf/cm^2 , a força exercida pela mola sobre aquela área de vedação do disco será de 1877,58 kgf, resultando num diferencial de forças de 184,68 kgf, sendo esta a força que deverá ser exercida por aquele equipamento para levantar a haste. Porém, se o diferencial de forças estiver, por exemplo, em 215,42 kgf significa que a força exercida pela mola é maior, isto é, a válvula está com uma pressão de abertura de 62 kgf/cm^2 (1908,36 kgf), portanto, irá necessitar reduzir a carga da mola sobre o disco e assim reduzir o valor da pressão de abertura. Se aquele diferencial de forças estiver menor, por exemplo, 153,88

kgf, significa que a força exercida pela mola é também menor, isto é, a válvula está com uma pressão de abertura também menor, isto é, 60 kgf/cm² (1846,8 kgf), e, portanto, aquela carga da mola sobre o disco de vedação deve ser elevada para que seja conseguido o valor da pressão de abertura desejado.

Observação: As variações necessárias para alterar o valor da pressão de abertura, são feitas através do parafuso de ajuste da mola. Girando-o no sentido horário, aumenta a carga da mola sobre o disco de vedação, aumentando o valor da pressão de abertura. Girando-o no sentido anti-horário, diminui a carga da mola sobre o disco de vedação, portanto, diminuindo o valor da pressão de abertura.

Abaixo é mostrado como os resultados acima foram encontrados:

$$F = P \times A$$

$$P = F/A$$

Onde:

F é a força exercida pela pressão do fluido na área de vedação efetiva entre disco e bocal;

P é a pressão do fluido exercida na área de vedação efetiva entre disco e bocal;

A é a área de vedação efetiva entre disco e bocal.

Força (F1) exercida pela pressão do fluido na pressão de abertura desejada de 61 kgf/cm²:

$$F1 = 60 \text{ kgf/cm}^2 \times 30,78 \text{ cm}^2 = 1846,8 \text{ kgf (pressão de abertura abaixo do valor desejado);}$$

$$F1 = 61 \text{ kgf/cm}^2 \times 30,78 \text{ cm}^2 = 1877,58 \text{ kgf (pressão de abertura no valor desejado);}$$

$$F1 = 62 \text{ kgf/cm}^2 \times 30,78 \text{ cm}^2 = 1908,36 \text{ kgf (pressão de abertura acima do valor desejado).}$$

Força exercida pela pressão do fluido na área de vedação efetiva entre disco e bocal, em operação normal (F2):

$$F2 = 55 \text{ kgf/cm}^2 \times 30,78 \text{ cm}^2 = 1692,9 \text{ kgf}$$

Força (F3) exercida pelo equipamento de teste na pressão de abertura desejada de 61 kgf/cm²:

$$F3 = F1 - F2$$

$$F3 = 1877,58 \text{ kgf} - 1692,9 \text{ kgf} = 184,68 \text{ kgf}$$

$$P = 184,68 \text{ kgf} / 30,78 \text{ cm}^2 = 6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$P = 55 + 6 = 61 \text{ kgf/cm}^2$$



Observação: para a mesma pressão de operação e mesma força exercida pelo equipamento de teste, a pressão de abertura resultante fica menor se o valor da área indicado no teste for maior. Da mesma forma, para a mesma pressão de operação e mesma força exercida pelo equipamento de teste, a pressão de abertura resultante ficará maior se o valor da área indicado for menor. Portanto, se indicarmos um valor menor para a área interna da superfície de vedação, a pressão de abertura resultante será maior. Se aumentarmos o valor da área interna da superfície de vedação, o valor resultante da pressão de abertura será menor. Em ambos os casos, considerando-se os mesmos valores de pressão de operação do vaso ou caldeira, força exercida pelo equipamento de teste sobre a haste da válvula de segurança e/ou alívio e que o valor da área de vedação interna da válvula esteja correto, porém, o valor desta foi indicado errado no momento do teste. O próprio equipamento de teste poderá detectar que algum valor está errado.

Os testes para verificação da pressão de abertura que foram comentados para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras podem ser feitos normalmente em vasos de pressão ou tubulações, em processos industriais. Esse teste é financeiramente bem mais econômico, além de não exigir tanto da caldeira ou da válvula quanto num teste real, sendo permitido tanto pelo ASME e NBBI. Esse teste recebe apoio do Código ASME e pelo NBBI. O ASME é para inspeção em instalações novas (comissionamento), enquanto o NBBI é para inspeção e reparo em equipamentos que já estão em operação (inspeção e reparos em serviço).

A tabela 3.17 abaixo mostra os parágrafos das normas que reconhecem o teste online:

Aceitação do Teste <i>online</i>	
Norma/Ano	Parágrafo
ASME Seção I (2025)	PG-73.5.2.2.2
ASME Seção VII (2025)	103.1.3 (b)
ASME Seção VIII (2019)	UG-136 (d) (4) (b)
ASME Seção XIII (2025)	3.6.3.2 (b) (-b) (-2)
NB 23 – Parte IV (2025)	4.6.3 (a)
ASME PTC 25 (2018)	8.3.2 (C)

O teste on-line só não é recomendado para as válvulas balanceadas com fole em baixas pressões, pois neste tipo de válvula a constante elástica do fole interfere no resultado do teste. Esse teste também não deve ser feito com fluidos que contenham alto teor de sólidos em suspensão ou fluidos viscosos. Ele também não é recomendado para válvulas convencionais que operam sob condições de contrapressão constante, devido à necessidade da retirada do capuz e alavanca para a instalação do equipamento de teste. O teste on-line não substitui a inspeção e manutenção da válvula de segurança e/ou alívio, quanto aos prazos máximos estabelecidos pela NR13, mesmo que sua operação e vedação sejam satisfatórias após esse teste.

3.14 – Leitura da Plaqueta

A plaqueta de uma válvula de segurança e/ou alívio, conforme esta que aparece na figura abaixo, deve mostrar os principais dados da válvula, tais como, nome do fabricante, modelo, número de série, capacidade de

vazão, sobrepessão, pressão de ajuste (desejada para o processo), pressão de ajuste diferencial a frio (CDTP), determinada na bancada de testes e sob condições de temperatura ambiente e contrapessão atmosférica. Se a válvula teve sua capacidade de vazão certificada pelo Código ASME/NBBI, e ela for uma válvula para aplicação em vasos de pressão construídos conforme ASME Seção VIII, deverá constar o designador "UV" e NB. Se ela for aplicada para a proteção de caldeiras, construídas conforme o Código ASME Seção I, o designador será o "V" e NB.

A plaqueta que aparece na figura abaixo é para uma válvula de segurança e alívio aplicada para a proteção de vasos de pressão construídos conforme o Código ASME Seção VIII:

Observação: o código 1D2 – JOS-E-15-J significa que é uma válvula de segurança e alívio com 1" de entrada, orifício "D" (0,110 pol² de área de passagem do bocal), 2" de saída, modelo JOS-E para aplicação somente em vasos de pressão e tubulações. No número 15, o 1 significa que o flange de entrada é classe 150, o número 5 significa que corpo, castelo e mola são construídos em aço carbono. A letra J significa que a válvula possui um capuz rosqueado e sem alavanca. Esse capuz é montado em válvulas que a aplicação não exige a alavanca. A haste tem uma rosca na extremidade superior para fixação da porca de acionamento através da alavanca, se necessário, após a troca do tipo de capuz. O valor de "100" psig é o valor da pressão de abertura da válvula no processo e "91" psig é a pressão de ajuste da válvula na bancada, já descontado o valor da contrapessão de "10" psig. O 1 psi é a correção da temperatura. O "245 SCFM" é a capacidade de vazão para ar comprimido a 60°F (15,56°C). Os "10%" é o valor da sobrepessão para aplicações em vasos de pressão. As letras "NB", "UV" e "ASME" significam que esse projeto de válvula teve sua capacidade de vazão certificada e aprovada nos laboratórios do NBBI.

NB	ASME	ANDERSON GREENWOOD CROSBY					
		SIZE	1D2 JOS-E15J				
UV		STYLE		SET PRESS.	100 PSIG	CDTP	91 PSIG
SER. NO.	12345678	BP	10 PSI	TC	1		
CAP.	245 SCFM @ 60F			OVER PRESS.	10%		

3.15 – Tolerâncias do Código ASME:

As tolerâncias apresentadas a seguir foram extraídas do próprio Código ASME e não devem ser utilizadas como base de projeto para caldeiras e vasos de pressão, ou seja, os projetistas de uma caldeira ou vaso de pressão não devem levar em conta as tolerâncias da pressão de ajuste da válvula de segurança e/ou alívio durante a fase de projeto, enquanto estiverem definindo os valores das PMTA's daqueles equipamentos.



Esses valores são as tolerâncias entre a pressão de ajuste marcada na plaqueta (original de fábrica) e a pressão de abertura real da válvula (no processo).

Assim, a tolerância é quanto a válvula pode abrir fora do valor que foi ela foi ajustada na bancada. Algumas empresas optam por ajustar suas válvulas abaixo da PMTA na mesma porcentagem de tolerância que para que ela abra na máxima PMTA quando abrir acima do valor de bancada, mas ainda dentro da tolerância. É recomendado, nesses casos, verificar qual é a máxima pressão de operação e manter o diferencial de pressão de 10%.

Pressão de Ajuste – ASME Seção I (edição 2025) – Parágrafo PG – 72.3 e ASME Seção VII – parágrafo 103.3.11 (a):

Até 70 psig: + - 2 psi

71 a 300 psig: + - 3%

301 a 1000 psig: + - 10 psi

Acima de 1000 psig: + - 1%

Sobrepessão – ASME Seção I (edição 2025) – parágrafo PG – 69.1.1 (b):

Até 70 psig: + - 2 psi

Acima de 70 psig: + - 3%

Pressão de Ajuste – ASME Seção VIII (Edição 2025), no parágrafo UG-155 (d):

15 a 70 psig: + - 2 psi

Acima de 70 psig: + - 3%

Sobrepessão – ASME Seção VIII (Edição 2025) no parágrafo UG-153 (a):

Para vasos protegidos por uma única válvula:

Acumulação máxima de 10%

Até 30 psig: 3 psi

Acima de 30 psig: 10%

Para vasos protegidos por múltiplas válvulas: ASME Seção VIII (Edição 2025) no parágrafo UG-153 (a) (1):

Acumulação máxima: 16%

Até 25 psig: 4 psi

Acima de 25 psig: 16%

Observação: Para situações de proteção contra exposição ao fogo (incêndio), a tolerância é de - 0 % a + 10% da pressão de ajuste, conforme determina o Código ASME Seção VIII (Edição 2025) no parágrafo UG-155 (e):

4.1 – Instalação de Válvulas de Segurança e/ou Alívio

Aproximadamente 75% dos problemas encontrados na operação de uma válvula de segurança e/ou alívio estão diretamente associados com a instalação incorreta. Sendo que uma válvula de segurança e/ou alívio é extremamente sensível aos efeitos causados em sua operação por uma instalação incorreta, em relação à tubulação de entrada e/ou de saída. Estas tubulações compreendem o trecho de tubo existente entre a saída do equipamento protegido (vaso de pressão, caldeira, etc) e o flange de entrada da válvula. Enquanto a tubulação de descarga compreende o trecho de tubulação entre o flange de saída da válvula e o ponto final de descarga, incluindo a curva (cotovelo) existente para que o fluxo de um fluido compressível, sendo descarregado em sentido horizontal no momento do alívio, possa ser direcionado na vertical, diretamente para a atmosfera e de forma segura às pessoas que trabalhem ou transitem próximos à válvula.

A instalação de uma válvula de segurança e/ou alívio deve ser cuidadosamente projetada para assegurar uma operação segura e confiável às pessoas próximas quando ela precisar atuar, além de prevenir danos ao meio ambiente, devido ao tipo de fluido que poderá ser descarregado. Um fluido sob alta pressão e temperatura contém energia acumulada e que pode chegar a valores extremamente altos, e se o valor desta energia não for limitado, ele poderá causar acidentes com consequências catastróficas. Por exemplo, o vapor d'água saturado ou o superaquecido são fluidos muito comuns de uso nas indústrias, sendo utilizados para transportar esta energia através da pressão e temperatura neles contidas.

Além do projeto da instalação correta, as válvulas de segurança e/ou alívio devem sempre ser armazenadas e transportadas na posição vertical e em local seguro e livre de pó e umidade, quando estiverem aguardando a instalação, e, se possível, dentro de sua embalagem original. O armazenamento de válvulas com sedes resilientes deve ser em ambientes com temperaturas entre - 10°C e 40°C. Quando a válvula possui sedes metálicas, a temperatura ambiente deve estar entre 5°C e 40°C e o local, para ambos os tipos de sedes mencionados acima, deve estar seco e livre de pó e umidade.

O manuseio mais brusco dessas válvulas durante o transporte e instalação poderá ocasionar vazamento, desalinhamento dos internos e abertura prematura da válvula no processo ou caldeira, após pouco tempo em operação. O alinhamento correto dos internos ajuda a garantir a vedação, além da repetibilidade da pressão de abertura da válvula, por um longo período.

Ela deve ser transportada para o local da instalação de preferência momentos antes e os protetores dos flanges retirados somente na hora de montar a válvula no equipamento a ser protegido. Se houver alguma dúvida em relação ao cuidado dispensado durante o armazenamento, manuseio ou transporte da válvula, (ou mesmo para as válvulas que foram cuidadosamente armazenadas por vários meses), é aconselhável um teste na bancada para verificação da pressão de ajuste e vedação da válvula antes de transportá-la até o local de instalação. Quando for exigido um teste de recepção da válvula após sua retirada do processo, um manuseio e transporte na vertical e com cuidado devem ser mantidos até a bancada de teste.

No momento da instalação, nenhum material estranho deve entrar na válvula ou no bocal de saída do vaso de pressão ou da caldeira para a válvula, pois do contrário, a válvula será danificada logo na primeira vez que atuar. A tubulação vinda do equipamento protegido para a conexão de entrada da válvula deverá ser no mínimo do mesmo diâmetro desta conexão.



Quando a válvula é instalada numa tubulação para proteger um vaso de pressão, preferivelmente ela deverá ser instalada na entrada do vaso.

As válvulas de segurança e/ou alívio instaladas em processos industriais, e construídas conforme o Código ASME Seção VIII e Seção XIII, podem proteger vários equipamentos ao mesmo tempo, desde que não existam válvulas de bloqueio entre eles e que a capacidade de alívio da válvula seja compatível com a demanda de fluxo em todos esses equipamentos.

Várias válvulas de segurança e/ou alívio podem proteger um único equipamento, assim como vários equipamentos conectados entre si (desde que não tenham válvulas de bloqueio entre eles) podem ser protegidos por uma única válvula, depende da capacidade de vazão requerida e da PMTA desses equipamentos, em relação à pressão de ajuste da válvula de segurança e/ou alívio.

Deve ser evitada a instalação de válvulas de segurança e/ou alívio em trechos horizontais longos onde não ocorre fluxo. Esta falta de escoamento do fluido nessa região da tubulação pode provocar o acúmulo de resíduos ou até mesmo de condensado que tendem a limitar ou restringir a capacidade de vazão efetiva das válvulas, tornando-as subdimensionadas ou até mesmo inoperantes. Quando não for possível seguir essa recomendação, deverá ser previsto um número maior de intervenções para inspeção e manutenção da válvula.

A tubulação de descarga de toda válvula de segurança operando com vapor d'água ou ar comprimido, e que descarregue diretamente para a atmosfera, deve ser a mais curta e direta possível. Quando a descarga ficar próxima a passarelas, a altura mínima deverá ser de 3 metros acima desta, além de uma distância mínima de 15 metros no sentido horizontal de outras passarelas, principalmente se o fluido for vapor saturado ou superaquecido. Devido a ausência de água e a alta temperatura, o vapor superaquecido é praticamente invisível no ponto de saída da tubulação de descarga, podendo ser visto apenas alguns metros depois, após sua condensação.

No ponto mais baixo dessa tubulação de descarga, e logo após o flange de saída da válvula de segurança e/ou alívio, deverá existir um furo de dreno para escoamento de condensado formado devido à vazamentos de vapor pelas superfícies de vedação da válvula ou devido à água de chuva. No corpo de uma válvula de segurança ou de segurança e alívio, obrigatoriamente já vem um furo para dreno abaixo da superfície de vedação do bocal.

Para as válvulas ajustadas em aproximadamente 30 psig (2,1 kgf/cm²) ou menos, com tubulações de descarga de 5 metros de altura ou mais, o acúmulo do condensado ou da água de chuva, principalmente em válvulas que possuem o castelo e o capuz fechados e vedados, pode produzir uma contrapressão superimposta constante, devido à coluna d'água formada dentro dessa tubulação.

Se para cada 10 metros de altura, essa coluna produz uma pressão de 1 atm (1,033 kgf/cm²) ao nível do mar, esse valor numa válvula ajustada em 30 psig ou menos, causa uma contrapressão de aproximadamente 50% da pressão de ajuste ou mais. Dependendo do valor da PMTA do equipamento a ser protegido, isto se torna uma condição perigosa. A contrapressão será variável de acordo com o volume do líquido dentro do vaso.

Esse dreno além de não permitir o acúmulo de água de chuva ou condensado, não permite também o

acúmulo de sujeira que, junto com o condensado e água de chuva, poderiam corroer e/ou travar as peças internas da válvula, tornando-a inoperante.

Se a válvula for colocada na lateral de um vaso cilíndrico vertical, a conexão entre o vaso e a válvula deve ser feita com um cotovelo de raio longo, para evitar turbulência e permitir a menor resistência ao escoamento do fluxo durante sua operação. Nos vasos contendo líquido, ela deve ficar sempre abaixo do nível deste, conforme exigido pelo Código ASME. Para vasos contendo vapor d'água ou qualquer outro fluido compressível, a válvula de segurança e alívio deve ser instalada no espaço vapor e acima de qualquer conteúdo líquido contido no vaso ou numa tubulação conectada ao espaço vapor do equipamento a ser protegido. Estes requisitos são encontrados na edição 2025 do ASME Seção VIII, no parágrafo UG 156 (c). Esta exigência é para evitar a formação de condensado, que facilita a operação da válvula, pois o vapor tendo densidade menor permite um diferencial de alívio também menor. Atenção especial deve ser dada a esse tipo de instalação, pois se a válvula que foi dimensionada para ser instalada no espaço vapor for colocada no espaço líquido, ela estará superdimensionada para essa posição. Da mesma forma, se ela foi dimensionada para ser instalada no espaço líquido e for colocada no espaço vapor, ela estará agora subdimensionada para essa posição.

4.2 – Tubulação de Entrada

A tubulação de entrada de uma válvula de segurança e/ou alívio deve ser a mais curta e direta possível e impor a mínima queda de pressão entre a conexão de saída do equipamento protegido e a garganta do bocal da válvula de segurança e/ou alívio. Geralmente essa tubulação deve ser de bitola igual ou maior que a bitola de entrada da válvula. Essa conexão com o vaso de pressão ou à caldeira deve ser resistente para suportar as forças de reação da válvula no momento da abertura. A soldagem desta conexão com a saída da caldeira ou ao vaso de pressão deve ter o canto interno inferior arredondado no mínimo em 25% do raio, proporcionando um escoamento livre ao fluxo (o mais laminar e suave possível) e não interferindo com a operação correta da válvula.

As válvulas de alta pressão em que a conexão de entrada com a caldeira ou ao vaso de pressão devem ser soldadas, esta soldagem deve ser feita de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante da válvula.

Um suporte vertical instalado no cotovelo de descarga, elimina o momento fletor que pode ser transmitido à conexão de entrada durante a abertura da válvula, devido à força de reação causada. O momento fletor que é exercido sobre esta tubulação de entrada, devido às forças de reação quando a válvula está aberta e aliviando, pode depender do desenho e da suportaçãõ da tubulação de descarga. O projeto da tubulação de entrada deve permitir que ela resista às forças de reação quando a válvula abre e alcança a máxima capacidade de vazão.

4.2.1 – Queda de Pressão no Tubo de Entrada

Esta é a pressão diferencial existente entre a saída do equipamento protegido e a entrada da válvula de segurança e/ou alívio. Esta pressão diferencial é produzida pelo atrito do fluxo em escoamento com a pa-



rede do tubo. Quanto maior for seu valor, significa que maior será a pressão dentro do vaso e menor será o valor na saída desta pelo bocal da válvula.

Em consequência da queda de pressão no tubo de entrada, a capacidade de vazão da válvula de segurança e alívio também será reduzida a um valor que será inferior àquela estampada em sua plaqueta.

Num vaso de pressão, por exemplo, quando a válvula começa a descarregar, a pressão atuando embaixo do disco é reduzida devido às perdas por atrito na tubulação de entrada (pressão dinâmica). Se estas perdas estiverem acima de 3% da pressão de abertura, a pressão embaixo do disco (na saída do bocal) pode ser reduzida abaixo da pressão de fechamento, causando o efeito chattering.

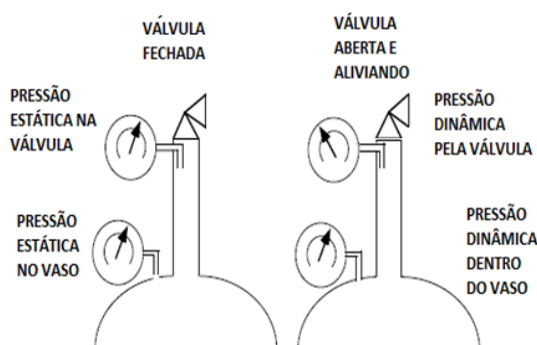
Quando uma tubulação longa puder proporcionar uma queda de pressão superior a 3% da pressão de abertura, entre o vaso e a válvula, o diâmetro desta deve ser maior ou a capacidade de vazão requerida pelo processo deve ser dividida entre duas ou mais válvulas.

A pressão sob o disco pode aumentar até abrir a válvula. Porém, assim que a taxa de fluxo requerida pelo processo é estabelecida, a queda de pressão causada pelo atrito do fluido na conexão de entrada pode ser alta o suficiente para causar o fechamento da válvula. Esta queda de pressão diminui a força ascendente exercida pelo fluido sob o disco, sendo superada pela força descendente exercida pela mola. Com isto um ciclo de abertura e fechamento pode se desenvolver contra o sentido de escoamento do fluido de forma muito rápida, "martelando" as superfícies de vedação do bocal com o disco (efeito chattering). Dependendo da intensidade, o reparo dessas superfícies se torna impossível.

Numericamente vamos exemplificar duas situações: a primeira situação com a válvula de segurança e alívio abrindo com 150 psig e fechando em 139,5 psig, tendo um diferencial de alívio de 7% e perdas de 4,5 psi (3% da pressão de abertura). Somando o valor da pressão de fechamento com as perdas na entrada ($139,5 + 4,5 \text{ psi} = 144 \text{ psig}$), o valor final ainda ficaria abaixo do valor da pressão de abertura da válvula (150 psig). Assim, a válvula permaneceria fechada. Numa segunda situação com a válvula de segurança e alívio abrindo também com 150 psig e fechando com 139,5 psig, porém, com 15 psi de perdas na entrada (10% de queda de pressão na entrada). Assim, com o mesmo raciocínio do primeiro exemplo, somando-se o valor da pressão de fechamento com as perdas na entrada, o resultado final ficaria em $139,5 + 15 = 154,5 \text{ psig}$, ou seja, devido às perdas, a pressão dentro do vaso estaria num valor acima da pressão de abertura da válvula, o que causaria sua abertura logo após seu fechamento. Devido a estas perdas, ocorreria um ciclo de aberturas e fechamentos até a correção da causa do aumento de pressão. Este ciclo é denominado chattering, sendo extremamente prejudicial à válvula.

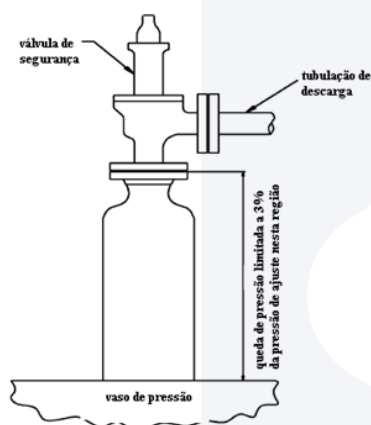
Podemos entender melhor essas duas situações citadas acima, analisando a figura ao lado:

As perdas de pressão causadas pela configuração da tubulação de entrada ou acessórios instalados nesta, além de sua rugosidade interna não vão alterar o valor da pressão de abertura da válvula, pois a queda de pressão só ocorre após a abertura completa da válvula (pressão de alívio) ter sido alcançada. Mas é importante que a porcentagem de queda de pressão na



tubulação de entrada seja inferior à porcentagem de diferencial de alívio da válvula para que o curso de elevação do disco ocorra de forma estável, além de um único ciclo de fechamento.

Um aumento no diâmetro no tubo de entrada ou a aproximação da válvula ao vaso reduz o valor da queda de pressão nessa região. O comprimento deste tubo deve ser limitado a cinco vezes a sua bitola, ou 200 mm, o que for menor. A taxa de fluxo utilizada como referência no cálculo da queda de pressão deve ser a capacidade de vazão nominal estampada na plaqueta da válvula de segurança e alívio. Uma queda de pressão excessiva no tubo de entrada pode ser ainda mais prejudicial para uma válvula balanceada com fole; ou uma válvula com sede resiliente, independentemente de ser convencional ou balanceada.



Observação: A queda de pressão através de uma tubulação é diretamente proporcional ao seu comprimento e ao pico de velocidade de escoamento do fluido, enquanto ela é inversamente proporcional ao diâmetro da tubulação, para uma vazão constante.

A figura ao lado mostra uma válvula de segurança e alívio instalada sobre um longo tubo vindo do vaso:

Em instalações redutoras de pressão deve ser considerado que quando a válvula de segurança e alívio é instalada para proteger o lado de baixa pressão de uma válvula de controle é difícil manter a queda de pressão limitada a 3%. Esta dificuldade se deve ao fato de que na maioria das

aplicações, a válvula de controle é menor que a tubulação à qual ela está acoplada, e, portanto, haverá uma conexão de redução e outra de expansão entre ambas. Uma parte da queda de pressão dinâmica que ocorre entre a saída da válvula de controle e a entrada da válvula de segurança e alívio está associada com aquelas conexões.

Quando a pressão de abertura for inferior a 50 psig, a prática recomenda que essas perdas por atrito no tubo de entrada sejam superiores a 3% da pressão de abertura, porém, limitadas a 5% desta.

O limite de 3% de queda de pressão é um valor recomendado tanto pelo Código ASME Seção VIII no Apêndice M, no parágrafo M6, quanto pelo API Std. 520 parte II, no parágrafo 7.3.4.

Numa caldeira, a queda de pressão entre a conexão de saída da caldeira e a conexão de entrada da válvula de segurança, deve ter o mesmo valor de queda de pressão equivalente ao mesmo comprimento de uma conexão "T" da mesma bitola e classe de pressão (conforme ASME B 16.5) da conexão de entrada da válvula de segurança, conforme citado no Código ASME Seção I, no PG 71.2 e uma espessura de parede que resista à força de reação imposta pela abertura da válvula, além de minimizar a queda de pressão entre a caldeira e ela. Sendo estes também os valores mínimos de diferencial de alívio aceitos pelo ASME I, a queda de pressão não pode ser maior que o diferencial de alívio da válvula. Esta regra também é recomendada para as válvulas de segurança e alívio que protegem vasos de pressão e tubulações.

4.3 – Tubulação de Descarga

A tubulação de descarga de uma válvula de segurança e/ou alívio jamais deve ser rigidamente conectada



a sua conexão de saída, tanto em caldeiras quanto em vasos de pressão. Isto pode provocar tensões indevidas ou peso excessivo sobre o corpo da válvula, seus componentes internos, além de que aquelas tensões podem ser retransmitidas à tubulação de entrada da válvula. Essa tubulação também não pode ser “forçada” para alinhar os furos de seu flange com os furos do flange de saída da válvula. Como consequência, isto pode resultar em desalinhamentos e travamentos dos componentes internos, além de vazamentos após a operação da válvula. A espessura de parede do corpo na região do flange de saída é dimensionada de acordo com a classe de pressão desse flange. Os resultados de uma instalação mal-feita ou mal projetada são ainda piores quanto maior for a pressão de abertura, temperatura do fluido, altura da tubulação de descarga e área do orifício do bocal da válvula.

A tubulação de descarga não deve ser tocada pelo tubo de saída da válvula durante o processo de alívio, devido à força de reação imposta pela descarga da válvula.

Ela deve ser projetada para facilitar a drenagem do fluido ou impedir o acúmulo destes na saída da válvula, podendo causar o travamento de seus componentes internos, devendo seu ponto de descarga ocorrer num local seguro. A área interna desta tubulação deve ser tal que qualquer pressão que possa existir ou se desenvolver (contrapressão desenvolvida) não poderá reduzir o curso de elevação do disco e, consequentemente, a capacidade de vazão da válvula, abaixo daquela requerida pelo processo para seguramente proteger o vaso ou afetar adversamente a operação correta da válvula.

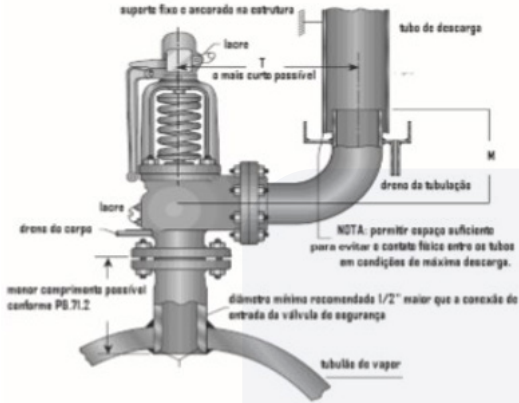
Quando a válvula descarrega diretamente para a atmosfera, não é recomendado que a tubulação de descarga seja “aproveitada” como tubulação de dreno para outros tipos de válvulas, seja de controle automático ou de bloqueio (válvula manual). Um vazamento por aquelas válvulas pode causar o travamento dos movimentos do suporte do disco, tornando a válvula de segurança e/ou alívio inoperante. A abertura acidental daquelas válvulas pode causar contrapressão sobre a válvula de segurança e/ou alívio caso ela tenha que abrir neste momento, podendo até reduzir sua capacidade de vazão. Se for utilizada para a descarga de outras válvulas de segurança e alívio, a área interna desta tubulação deverá ser dimensionada considerando-se que todas as válvulas possam estar completamente abertas e aliviando, ao mesmo tempo, fluidos compressíveis.



A figura ao lado mostra a tubulação de descarga de uma válvula de segurança e alívio sendo “aproveitada” (de forma errada) como dreno para outras válvulas.

Com isto, gerando contrapressão variável numa faixa de valores que dependerá da pressão de abertura e orifício, isto é, da capacidade de vazão de cada válvula de segurança e alívio descarregando.

A redução na pressão causada pela abertura da válvula permite que o volume específico de um fluido compressível seja elevado. Sendo assim, o flange de saída sendo maior reduz tanto o ruído quanto a turbulência do fluxo que sai em alta velocidade pelo bo-



cal, além da força de reação. A velocidade de escoamento de um fluido compressível, como o vapor d'água saturado pode depender da pressão, temperatura e da qualidade do vapor (título).

A figura ao lado mostra a instalação de uma válvula de segurança e sua tubulação de descarga com bandeja de dreno. A tubulação que vem da válvula entra numa tubulação de diâmetro maior, impedindo que o peso dessa (tubulação maior e mais pesada) seja colocado sobre o corpo da válvula.

Essa tubulação também deverá impor a mínima queda de pressão entre a válvula e o ponto de descarga. Quanto maior for o comprimento e quantidade de curvas desta tubulação, maior também

será a queda de pressão que irá impor uma contrapressão desenvolvida sobre os componentes internos da válvula.

As mudanças na direção da tubulação de descarga devem ser minimizadas. Cotovelos de raio longo e transições graduais são recomendados sempre que for necessário. Se a tubulação de descarga tiver que ser longa, o projetista deve utilizar uma bitola maior que aquela do flange de saída da válvula, ou cotovelos de raio longo, juntas de expansão e boa suportaçao quanto ao seu peso, para evitar que vibrações sejam transmitidas ao corpo, componentes internos e tubulação de entrada da válvula quando esta operar. Excessivas vibrações nos componentes móveis podem ocorrer quando as válvulas, sejam convencionais ou balanceadas, estão operando sob condições de alta contrapressão desenvolvida, além de uma tubulação de entrada demasiadamente longa (acima dos valores mínimos recomendados).

A força de alavanca que esta tubulação impõe sobre o corpo da válvula e aquele tubo de entrada é proporcional à sua altura, podendo ter um efeito ainda pior quando esta tubulação não está corretamente suportada numa estrutura independente da válvula devido às forças dos ventos. A força aplicada ao corpo, componentes internos e tubulação de entrada, será determinada pela força de reação resultante da abertura da válvula, além da geometria da tubulação de descarga.

Devem ser evitadas tubulações que seguem verticalmente e depois se projetam num ângulo de aproximadamente 45° e descarregando diretamente para a atmosfera. Esse tipo de instalação causa um esforço ainda maior (devido ao peso e forças de alavanca) sobre o tubo de entrada, quando comparada com uma tubulação apenas direcionada verticalmente para cima, paralela com o tubo de entrada e corretamente suportada.

Uma tubulação de descarga saindo da válvula de segurança ou de segurança e alívio diretamente para a atmosfera num ângulo de 45° também minimiza a força de reação sobre o corpo, componentes internos e tubulação de entrada da válvula, estando ela completamente aberta e aliviando um fluido compressível. Se o ponto de descarga for cortado a 45°, pode reduzir as forças de reação no momento em que a válvula abre, desde que seu sentido de descarga esteja voltado para o mesmo sentido do fluxo na tubulação à qual a entrada da válvula está instalada, por exemplo, quando protegendo uma tubulação de vapor ou gás



não tóxico, (essa tubulação está no sentido horizontal).

Observação: Em válvulas com conexões rosqueadas, deve ser evitada a instalação da tubulação de descarga no sentido horizontal, podendo causar o desrosqueamento da válvula do vaso quando ela tiver que operar com fluidos compressíveis devido à força de reação. Isso pode ser ainda mais provável de ocorrer caso seja instalado um cotovelo no ponto de saída da tubulação de descarga e voltado para o mesmo sentido da rosca que fixa a válvula ao vaso.

4.4 – Válvula de Bloqueio a Montante e a Jusante

O Código ASME Seção VIII - Divisão I (edição 2025), no Apêndice M5 (não mandatário), o ASME Seção XIII (edição 2025) no Apêndice B7 (não mandatário), além da NR13 (Edição 2022), permitem a instalação de válvulas de bloqueio a montante e/ou jusante de válvulas de segurança e/ou alívio (exclusivamente para o propósito de manutenção destas) quando protegem vasos de pressão, desde que sejam seguidas algumas regras recomendadas pelo ASME. Estas regras são definidas a seguir:

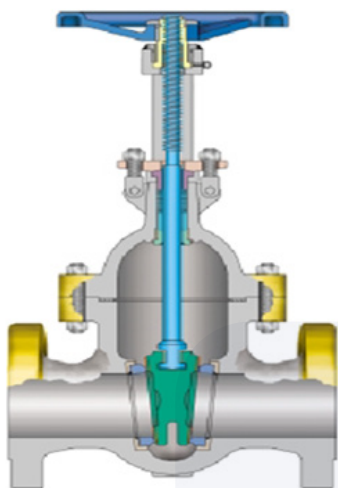
- A válvula é normalmente travada com corrente e cadeado na posição 100% aberta, só podendo ser fechada com a presença do operador por tempo integral e somente para efeitos de teste hidrostático do vaso de pressão;
- Quando isolar o dispositivo de alívio de pressão, do vaso de pressão, a válvula de bloqueio também o isola da fonte de pressão.

O item (a) primeiro indica que não é suficiente usar apenas uma válvula de bloqueio, ao menos que a empresa também tenha detalhado processos e procedimentos de como as válvulas devem ser operadas. O pessoal que pode usar as válvulas de bloqueio deve entender seu propósito e ser treinado no procedimento e como ele se aplica.

O item (b) refere-se ao uso da corrente e cadeado na posição aberta para evitar um fechamento não autorizado da válvula, seja ela uma do tipo gaveta ou do tipo esfera. Este é o que a NR 13 chama de DCBI (Dispositivo Contra Bloqueio Inadvertido).

Sendo que o uso incorreto dessas válvulas de bloqueio pode causar problemas operacionais (alta queda de pressão resultando em chattering quando parcialmente abertas) ou ainda tornar a válvula de segurança e/ou alívio inoperante, tanto o projeto, quanto a instalação e o gerenciamento operacional devem ser cuidadosamente avaliados para garantir que a segurança, tanto do pessoal envolvido quanto do processo, não será comprometida.

Deverão sempre ser utilizadas válvulas de passagem plena (alta recuperação de pressão), dos tipos gaveta (ou esfera), justamente para minimizar a queda de pressão naquelas regiões durante a operação da válvula de segurança e/ou alívio, e travadas com cadeado (ou lacradas) na posição totalmente aberta, para evitar um bloqueio inadvertido. As válvulas que proporcionam alta perda de carga (baixa recuperação de pressão), tipo globo (tradicional), por exemplo, não devem ser utilizadas. Essas não permitem um fluxo contínuo devido às bruscas mudanças deste dentro da válvula, causando chattering, devido à alta queda de pressão produzida entre o obturador e o anel sede. As válvulas de bloqueio mencionadas inicialmente



(dos tipos gaveta e esfera), permitidas pelo ASME, devem ser somente com acionamento manual. Não é permitida a instalação de válvulas de controle automáticas, com a função de bloqueio, entre a saída do vaso de pressão e a entrada da válvula de segurança e/ou alívio.

A figura ao lado mostra uma válvula gaveta de passagem plena com haste ascendente e cunha flexível:

Entre a válvula de segurança e a caldeira ou entre a válvula de segurança e a tubulação de descarga, não é permitido, em hipótese alguma, válvula de bloqueio, disco de ruptura ou qualquer outro acessório que venha a interferir com a capacidade de vazão da válvula de segurança ou isolar

esta da caldeira, conforme determinado pelo Código ASME Seção I (edição 2025) em P.G. 71.2.

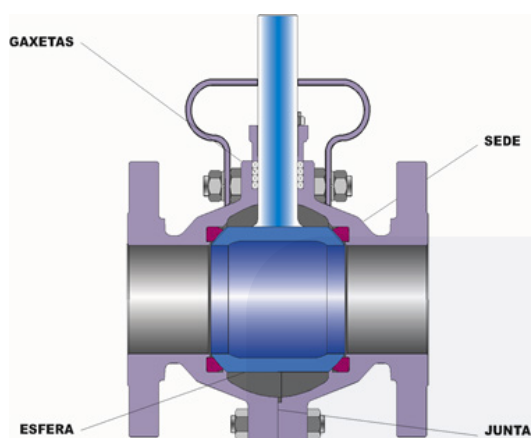
O uso de válvulas gaveta na posição vertical, em linhas horizontais, para bloqueio de válvulas de segurança e/ou alívio, deve ser evitado. O correto, pelo ponto de vista da segurança do equipamento a ser protegido, é que essas válvulas sejam instaladas lateralmente inclinadas com a haste na horizontal. Porém, nesse caso a válvula gaveta deve ser especificada e selecionada especialmente para vedar nesta posição (tenham cunha flexível ou gaveta paralela, por exemplo), quando o equipamento tiver que ser isolado da válvula de segurança. Quando a instalação numa posição horizontal com a tubulação de entrada para a válvula de segurança na vertical não puder ser realizada, a válvula gaveta deve ser instalada com a haste inclinada para baixo, num ângulo de 45°, conforme o API Std. 520 Parte II (edição 2020), parágrafo 8.3.2 (c).

A montagem com a haste na vertical (“em pé”), pode ser uma prática perigosa, pois se por algum motivo (desgaste ou corrosão), a cunha ou gaveta soltar-se da haste, ela irá se auto fechar e isolar a válvula de segurança do equipamento à qual está conectada, dando a falsa impressão de que o equipamento continua protegido, podendo ter consequências catastróficas.

Independentemente da posição que esteja a haste da válvula, e o tipo de cunha ou gaveta especificada, é recomendada a instalação de um manômetro delator e uma válvula de excesso de fluxo, entre a saída da válvula gaveta e a entrada da válvula de segurança, para assegurar que este espaço está pressurizado após a válvula de segurança e/ou alívio ter sido instalada e a válvula gaveta ter sido aberta. Esse manômetro e a válvula de excesso de fluxo, permitem confirmar se há ou não pressão naquele espaço, quando a válvula de bloqueio for fechada para manutenção da válvula de segurança e/ou alívio.

Observação: Na dúvida se a gaveta “veio” junto com a haste no momento da abertura da válvula, basta girar a ponta da haste com uma chave grifo, protegendo aquela ponta com algum material macio para não danificar a rosca. Se a haste girar 360° (uma volta completa), significa que a gaveta ficou presa entre as sedes e precisa ser substituída imediatamente ou retirada para manutenção. Se a haste tiver apenas uma pequena folga no giro, significa que a gaveta “veio” junto com a haste, portanto, a válvula realmente está aberta.

Uma válvula de bloqueio para dreno deve ser instalada entre a válvula de bloqueio na saída do vaso e a



entrada da válvula de segurança e/ou alívio. Uma válvula de bloqueio para dreno também deve ser instalada entre o flange de saída da válvula de segurança e/ou alívio e o coletor de descarga. Ambas as aplicações são para propósitos de manutenção na válvula de segurança e/ou alívio.

A figura ao lado mostra uma válvula do tipo esfera de projeto pendular (haste integral com a esfera) e com passagem plena:

Sempre que num processo com duas válvulas de segurança instaladas para proteger o mesmo vaso, sendo uma sobressalente da outra, a válvula sobressalente deve ser isolada do

vaso por uma válvula de bloqueio de passagem plena, tanto na entrada quanto na saída, esta última somente para os casos onde a válvula descarrega para um coletor. Estando isolada do vaso e do coletor, a válvula sobressalente é poupada* do processo. Esta válvula pode ser poupada também, elevando o valor de sua pressão de abertura bem acima daquele da primeira válvula.

Observação*: Não é recomendado o bloqueio da válvula de segurança e/ou alívio através do travamento de sua haste pelo parafuso trava do capuz, pois pode empenar a haste e danificar as superfícies de vedação do disco e bocal, impedindo a repetibilidade de sua pressão de abertura e sua estanqueidade mesmo na pressão de operação normal do equipamento.



As válvulas de bloqueio na entrada e/ou saída de válvulas de segurança e/ou alívio podem ser dos tipos gaveta (conforme esta que aparece na figura ao lado na saída válvula de segurança e alívio), esfera, esfera três vias ou válvulas change over (mudança rápida), estas duas últimas quando duas válvulas de segurança e/ou alívio protegem um único equipamento e devem ser retiradas para manutenção sem isolar ou parar o equipamento protegido. Nestes casos, cada válvula de segurança e alívio deve ser responsável por 100% da capacidade de vazão requerida pelo equipamento sendo protegido.

As válvulas de bloqueio de entrada e de saída devem

sempre estar travadas, com corrente e cadeado, e na posição completamente abertas, sempre que a válvula sobressalente assumir a posição de proteger o vaso para que a outra válvula (a de segurança e alívio), seja retirada para inspeção e manutenção. Esse tipo de instalação é denominado de "instalação com múltiplas válvulas de segurança" e será visto mais a frente neste texto.

Observação: O manual de operação do processo deverá constar claramente a posição requerida das válvulas de bloqueio e deverá também constar as razões pelas quais elas deverão ser travadas abertas

ou fechadas. Esse manual de operação deverá requerer também, não apenas a verificação periódica das posições aberta ou fechada das válvulas de bloqueio, mas também suas condições operacionais.

Existem instalações onde vários equipamentos são protegidos por uma única válvula, neste caso são vários os casos de sobrepressão, assim nenhuma válvula de bloqueio é permitida entre eles e a válvula de segurança e/ou alívio. Esse tipo de instalação é citado na NR 13, no parágrafo 13.5.1.2 (a), quando ela menciona que a válvula de segurança e/ou alívio está “instalada no vaso ou sistema que o inclui”. O Código ASME Seção VIII Divisão 1 permite que diversos vasos de pressão sejam protegidos por uma única válvula de segurança e/ou alívio, quando eles são interligados. Nesse caso, a válvula de segurança e/ou alívio deve ser ajustada para o valor de menor PMTA entre os vasos, além de ter uma capacidade de vazão que seja igual ou maior que a soma da capacidade requerida por todos os vasos.

Se não existe válvulas de bloqueio entre os vasos (ou existe, mas podem ser travadas totalmente abertas) deve ser levada em consideração a queda de pressão vinda do vaso mais distante da válvula de segurança e/ou alívio, no momento do alívio de pressão. Se houver necessidade de válvulas de bloqueio entre os vasos, porém, o processo exigir que elas sejam fechadas a qualquer momento isolando-o da válvula de segurança e alívio, então cada vaso também deve ter a sua própria válvula de segurança e/ou alívio, corretamente especificada, dimensionada e instalada.

Uma válvula de bloqueio (válvula gaveta ou esfera) instalada na tubulação de descarga de uma válvula de segurança e/ou alívio, mantida parcialmente aberta, pode gerar uma alta contrapressão desenvolvida, devido à queda de pressão causada no momento em que a válvula de segurança e alívio é solicitada pelo processo a aliviar o excesso de pressão. A contrapressão desenvolvida será cada vez maior quanto mais próxima do fechamento total estiver a válvula de bloqueio, ou seja, maior pressão diferencial através desta.

Observação: Se a capacidade de vazão requerida pelo processo for dividida por duas ou mais válvulas de segurança e alívio, nenhuma delas poderá ser retirada para manutenção ou isolada do vaso ou sistema enquanto o equipamento protegido (vaso de pressão ou sistema) estiver em operação normal.

Observação: As válvulas change over não são consideradas válvulas de bloqueio. Possuem uma queda de pressão relativamente alta (15% a 20% da pressão de abertura da válvula da válvula de segurança e alívio), inerente ao seu projeto construtivo quando sua bitola é a mesma da bitola de entrada da válvula de segurança e alívio. É recomendado que a bitola da válvula change over seja uma ou duas bitolas acima da conexão de entrada da válvula de segurança e alívio para minimizar esta queda de pressão. A capacidade de vazão das válvulas change over é menor do lado do eixo onde é fixado o obturador. Também não devem operar parcialmente abertas.

O uso de válvulas de bloqueio na entrada e/ou saída de válvulas de segurança e/ou alívio só é recomendado se forem travadas com corrente e cadeado na posição 100% abertas. O uso de corrente e cadeado permite uma sequência correta e segura para o gerenciamento do isolamento das válvulas de segurança e/ou alívio.



A tabela 4.1 mostra os valores de queda de pressão através desses modelos de válvula estando completamente abertas:

Valores Comparativos de ΔP (em metros)					
Bitola	Gaveta	Globo	Esfera	Macho	Cotovelo 90°
1"	0,33	8,54	0,33	1,16	0,76
2"	0,7	17,7	0,7	2,13	1,55
3"	1,03	25,9	1,03	3,5	2,35
4"	1,3	36,6	1,3	4,5	3
6"	2	52	2	7	4,9
8"	2,75	67	2,75	9,15	6,1

A tabela 4.2 mostra o valor do CV por diversos modelos de válvulas:

Bitola	Gaveta	Globo	Esfera
1"	50	12	100
1 ½"	162	22	215
2"	309	47	338
2 ½"	499	76	530
3"	719	108	820
4"	1278	199	1242
6"	3107	476	3094
8"	5070	877	5240
10"	9015	1370	8160

Nota: o CV (Coeficiente de Vazão), é a quantidade de galões por minuto de água a 60° F (15,56 °C), que passam por uma válvula (bloqueio ou controle), totalmente aberta e com uma queda de pressão de 1 psi através desta.

4.4.1.1 – Queda de Pressão nas Tubulações de Entrada e de Descarga em Relação à Sobrepressão

O projeto da tubulação de descarga pode ser crítico para a seleção e operação correta da válvula de segurança e alívio, devido à contrapressão desenvolvida que pode ser gerada durante o processo de alívio. Portanto, para evitar o efeito chattering durante a operação da válvula de segurança e alívio, além do limite de queda de pressão permissível para a tubulação de entrada, existe também um limite de queda de pressão para a tubulação de descarga. Na tubulação de entrada, o valor limite recomendado (já men-

cionado) é de 3% da pressão de abertura, sendo este valor independentemente do valor da sobrepressão alcançada no momento que a válvula de segurança e alívio está totalmente aberta e descarregando. Portanto, o limite de queda de pressão recomendado pelo API Std. 520 Parte II em 3% da pressão de abertura, é independente dos valores limites de sobrepressão (máximo 10% da pressão de ajuste) determinados pelo Código ASME Seção VIII. Enquanto na tubulação de descarga, o valor limite de queda de pressão recomendado é sempre dependente do valor da sobrepressão.

Somente para uma válvula de segurança e alívio estilo convencional, quando o valor da queda de pressão na tubulação de descarga é igual ou menor que o valor da sobrepressão (alcançado nas condições de alívio), o valor desta anula o valor da queda de pressão, e o efeito chattering não ocorre devido à contrapressão desenvolvida. Então, o valor da contrapressão desenvolvida deve sempre ser igual ou menor do que o valor da sobrepressão na tubulação de descarga, com isto a contrapressão desenvolvida é anulada ou minimizada, não influenciando negativamente na operação correta da válvula.

A contrapressão desenvolvida deve ser limitada a 10% da pressão de abertura ou da sobrepressão permitível, o que for maior, somente para as válvulas de segurança e/ou alívio que possuem castelo e capuz fechados e vedados. Por exemplo, para os casos onde o vaso de pressão é exposto a um incêndio, onde a acumulação permitida é de 21% da PMTA, a contrapressão desenvolvida também poderá ser limitada a este mesmo valor, desde que a válvula esteja ajustada para atuar no mesmo valor da PMTA ou abaixo desta e foi dimensionada com 21% de sobrepressão. Para as válvulas ajustadas para atuarem acima da PMTA, uma porcentagem de contrapressão desenvolvida maior que a porcentagem de acumulação pode causar o efeito chattering.

Observação: Não se devem confundir os limites de contrapressão, por razões de resistência mecânica (contenção de pressão) sobre o lado a jusante da válvula, com os limites de contrapressão para avaliar e dimensionar sua capacidade de vazão nominal.

A limitação em 10% para a contrapressão desenvolvida, somente se aplica quando a válvula de segurança é ajustada para abrir no mesmo valor da PMTA, e o vaso de pressão é protegido por uma única válvula. Quando esta é a válvula de segurança suplementar, para aplicações sujeitas a incêndio, portanto, ajustada para abrir em 10% acima da PMTA do vaso, a contrapressão desenvolvida também deverá ser limitada em 10% da pressão de abertura. Caso a válvula seja ajustada para abrir abaixo do valor da PMTA, a sobrepressão poderá ser alcançada a valores maiores do que 10% e o valor da contrapressão desenvolvida poderá ter o mesmo valor da sobrepressão alcançada nas condições de alívio e sem afetar o correto desempenho operacional da válvula. A máxima acumulação permitida não pode ser ultrapassada de acordo com a quantidade de válvulas instaladas e as causas da sobrepressão. Portanto, só há limites para a acumulação, mas não para a sobrepressão. Porém o Código ASME Seção VIII não aceita valores de sobrepressão maiores do que 10%.

Por exemplo, um valor de sobrepressão de 10% só é alcançado quando a capacidade de vazão requerida



pelo processo se equaliza com a capacidade de vazão efetiva da válvula de segurança e/ou alívio, desde que também tenha sido utilizado 10% de sobrepressão durante os cálculos de dimensionamento da área do bocal. Como a capacidade de vazão requerida pelo processo é geralmente menor que a capacidade de vazão efetiva pela válvula, a sobrepressão resultante também será menor. Enquanto que se a capacidade de vazão requerida pelo processo for maior que a capacidade de vazão efetiva pela válvula (válvula subdimensionada), a sobrepressão resultante também será maior. Este último exemplo é ainda mais crítico quando uma válvula de segurança e/ou alívio é ajustada para abrir no mesmo valor da PMTA do vaso, com isto a acumulação permitida pode ultrapassar o limite determinado pelo código de construção do vaso de pressão, além de aumentar o valor do diferencial de alívio. O subdimensionamento jamais deve ser aceito, pois pode expor o vaso a uma condição operacional perigosa.

Observação: Os limites de queda de pressão de 3% e 10% nas tubulações de entrada e de saída, respectivamente, existem para que a válvula opere de forma estável na posição completamente aberta.

4.5 – Instalação com Múltiplas Válvulas de Segurança e Alívio

Conforme exigido pelo Código ASME Seção VIII, todo vaso de pressão que possa ser submetido a uma pressão de operação de pelo menos 15 psig, deve ter no mínimo uma válvula de segurança e/ou alívio ajustada na PMTA deste ou abaixo, e com uma acumulação admissível de 10% ou 3 psi, o que for maior, para sua proteção. Em muitas aplicações, a instalação de uma única válvula de segurança e/ou alívio não é possível devido à alta pressão e à alta capacidade de vazão requeridas pelo processo, variações na demanda de fluxo, limitações físicas ou considerações econômicas. Um método alternativo é a instalação de múltiplas válvulas de segurança e/ou alívio, sobre o mesmo equipamento a ser protegido.

Deve ser adotada a instalação com múltiplas válvulas de segurança e/ou alívio, sempre que for desejado que a capacidade de vazão combinada de duas ou mais válvulas possam aliviar a sobrepressão de um processo, minimizando o desperdício de fluido a cada abertura da válvula, evitando assim a possibilidade de chattering, caso o fluido seja compressível, e o alívio de pressão fosse feito por uma única válvula de maior capacidade de vazão.

A instalação com múltiplas válvulas de segurança e alívio elimina o efeito chattering, que poderia ocorrer caso fosse instalada uma única válvula superdimensionada, para aliviar diferentes taxas de fluxo a cada atuação. Porém, esse efeito pode ocorrer com as múltiplas válvulas instaladas caso agora a tubulação de entrada esteja mau configurada ou mau projetada, por exemplo, área interna desta tubulação é menor que a área interna do flange de entrada da válvula de segurança e alívio; válvulas de bloqueio instaladas a montante e/ou a jusante parcialmente abertas; ou se a tubulação de descarga for mal projetada e, assim, gerando a contrapressão desenvolvida, e as válvulas de segurança e alívio não possuírem castelo aberto ou não for uma válvula de segurança e alívio balanceada com fole.

Um processo químico pode ter uma ou mais causas de sobrepressão ou até mesmo a combinação delas,

simultaneamente. Cada causa de sobrepressão pode produzir também uma massa ou volume de fluxo em valores diferentes para ser descarregado pela válvula de segurança e alívio, a cada vez que ela tiver que atuar. Por exemplo, descarga bloqueada ou uma reação química gerando calor e pressão (reação exotérmica) para uma taxa de fluxo menor e sob condições normais de operação; ou exposição do vaso a um incêndio para uma taxa de fluxo muito maior. Assim, quando num processo químico grandes variações podem ser encontradas na taxa de fluxo produzida, mesmo em condições normais de operação, o uso de duas ou mais válvulas de segurança e alívio em tamanhos menores (com orifícios também menores) e com pressões de abertura em valores escalonados, é uma alternativa econômica quanto à instalação e manutenção para a aplicação de uma única válvula de segurança e alívio com orifício muito maior. Se elas tiverem orifícios com áreas dos bocais em valores diferentes, aquela válvula que tiver o orifício com a menor área deverá também ser ajustada para abrir na pressão de valor mais baixo, e assim, aumentando gradualmente com as demais. Com isto, o volume de fluido a ser descarregado num possível evento de sobrepressão do processo também será menor, ou seja, menor desperdício de fluido. As demais válvulas de segurança e alívio só irão atuar devido à maior demanda de fluxo produzida pelo processo e à insuficiência na capacidade de vazão das válvulas menores.

Observação: A diferença nos valores das pressões de abertura entre as válvulas deverá ser maior do que a porcentagem de tolerância (conforme o Código ASME Seção VIII (Edição 2025) no parágrafo UG 155 (d)) para aquela faixa de pressão que a válvula está ajustada. Por exemplo, para pressões de abertura entre 15 psig e 70 psig, a tolerância é de + ou - 2 psi, enquanto que para pressões de abertura acima de 70 psig (4,92 kgf/cm²) e até 1000 psig (70,3 kgf/cm²), a tolerância é de + - 3%. Portanto, a diferença de pressões de abertura entre uma válvula e outra, neste último exemplo, deverá ser maior que a porcentagem citada acima. Uma situação na qual também é recomendado o uso de duas válvulas de segurança e alívio, sendo uma menor e outra maior, é justificada sobre o mesmo vaso quando o processo pode ter duas capacidades de vazão requeridas em valores e momentos diferentes. Nesses casos, a válvula que possui menor orifício de vazão se faz necessária, pois uma única válvula com orifício maior quando abre pode causar chattering, quando aliviando pequenas taxas de fluxo quando fluido for algum gás ou vapor (fluidos compressíveis em geral).

Por exemplo, quando a intenção de instalar duas válvulas de segurança é reduzir o desperdício do fluido de processo. Em situações assim, as válvulas de segurança só podem ser retiradas para manutenção numa parada total do vaso ou do processo, pois a soma de suas capacidades de vazão é compatível com a capacidade de produção do vaso. Com esse tipo de instalação, as válvulas de segurança e alívio podem ter tamanhos (áreas dos bocais) iguais ou diferentes e com ajustes escalonados. Se forem de tamanhos diferentes, a válvula com menor orifício de vazão deverá ter sua pressão de abertura limitada ao mesmo valor da PMTA do vaso ou abaixo desta, enquanto a segunda válvula poderá ser ajustada até 5% acima do valor da PMTA do equipamento protegido. Instalações assim devem ser previstas quando o processo



pode liberar diferentes taxas de fluxo, sendo uma em maior frequência, onde uma única válvula de segurança e alívio será suficiente para aliviar o excesso de pressão, e outra em menor frequência, que em conjunto com a primeira válvula, irá aliviar o fluxo máximo produzido pelo processo. Por exemplo, se um evento de sobrepressão (o mais frequente) no processo requer uma capacidade de vazão de 10 ton/h pela válvula e outro evento (menos frequente) requer 30 ton/h, duas válvulas seriam instaladas. Uma válvula dimensionada para atender às 10 ton/h e ajustada para abrir na PMTA do vaso, e outra dimensionada e ajustada até 5% acima da PMTA, para atender uma capacidade mínima de 20 ton/h. Com isto, quando um evento de sobrepressão requerer uma capacidade de vazão de apenas 10 ton/h, somente a primeira válvula irá atuar. Quando o processo exigir uma capacidade de vazão máxima de 30 ton/h, as duas válvulas irão atuar em sequência. Desta forma, com as duas válvulas ajustadas assim, a capacidade de vazão efetiva da segunda válvula será a diferença entre a máxima capacidade de vazão requerida pelo processo menos a capacidade de vazão efetiva da válvula menor e também com menor pressão de abertura. Quando uma instalação possui múltiplas válvulas instaladas com ajustes de pressão em valores escalonados e orifícios dos bocais iguais ou diferentes para proteger um único vaso de pressão, a(s) válvula(s) de ajuste(s) mais alto(s) só atua(m) por insuficiência da(s) anterior(es), de orifícios e/ou pressões de abertura em valores menores. Mesmo que todos os orifícios sejam de valores iguais, mas com pressões de abertura diferentes, a capacidade de vazão por cada orifício e pressão de abertura também terá um valor diferente, isto é, a capacidade de vazão será maior para aquelas que tiverem maiores orifícios e/ou forem ajustadas para abrir em pressões também maiores. Com este arranjo de mesmo orifício e pressão de abertura em valores escalonados, desde que as válvulas sejam do mesmo modelo e mesmo fabricante, o estoque de peças sobressalentes pode ser minimizado, reduzindo os custos com a instalação de uma única válvula para atender a mesma capacidade de vazão efetiva de várias válvulas com orifícios menores e em diferentes momentos operacionais do processo.

Observação: As válvulas que possuem somente maiores valores de pressão de abertura, mas possuem os mesmos orifícios de válvulas com menores valores de pressão de abertura, também terão maiores valores de capacidade de vazão.

Os custos com a instalação e manutenção de uma válvula de segurança e/ou alívio superdimensionada, incluindo o desperdício de fluido, são maiores do que os custos com a instalação de duas ou mais válvulas com menores orifícios e corretamente dimensionadas, especificadas e instaladas.

Nas instalações com múltiplas válvulas de segurança e/ou alívio, aquela(s) que estiver(em) ajustada(s) para abrir acima da PMTA do vaso, terá(ão) o valor da sobrepressão alcançada abaixo da máxima acumulação permitida.

Observação: Quando se deseja instalar duas válvulas de segurança e/ou alívio para que uma seja sobressalente da outra, e, assim, não parar a produção, cada válvula deverá ser responsável por 100% da capacidade de produção do vaso, e estarem(ambas) ajustadas para abrir no mesmo valor da PMTA ou

abaixo desta, além de ter válvulas de bloqueio de passagem plena, em sua conexão de entrada, travadas com corrente e cadeado, sendo uma na posição aberta e outra na posição fechada. Nessa aplicação, uma ou as duas válvulas de segurança e alívio podem operar sob condições de chattering, sempre que o fluido for compressível, se ambas as válvulas de bloqueio estiverem totalmente abertas, ou se uma ou ambas estiverem parcialmente abertas.

A pressão diferencial, entre a pressão de operação e a pressão de abertura, deve ser baseada na válvula com menor pressão de abertura, quando múltiplas válvulas estão instaladas.

Múltiplas válvulas de segurança e/ou alívio podem ser aplicadas também quando o processo exige que a pressão de abertura e a capacidade de vazão não possam ser atendidas pela área selecionada (orifício maior que "T", por exemplo), ou se for necessário que a vedação seja resiliente (macia) e a válvula de segurança e/ou alívio tiver que ser do tipo balanceada com fole, e a área e a pressão de abertura não atenderem para estes tipos de projetos.

5.1 – Fenômenos Operacionais

O Chattering, o Simmering e o Flutting são os fenômenos operacionais mais comuns que ocorrem com as válvulas de segurança na instalação. Abaixo, seguem as definições desses fenômenos, suas causas e as possíveis soluções.

5.1.1 – Chattering

Este é o mais comum encontrado na indústria, sendo um movimento rápido e anormal das partes móveis de uma válvula de segurança ou de segurança e alívio em que o disco tem contato físico com o bocal. Ele causa uma vibração muito forte das peças móveis no momento da abertura da válvula. Este fenômeno normalmente ocorre com fluidos compressíveis, porém, nos líquidos pode ser encontrado quando a tubulação de entrada para a válvula de alívio ou de segurança e alívio é muito longa e induz o líquido a altas velocidades de escoamento.

Ele produz uma rápida ação de "martelamento" do disco sobre o bocal e contra o sentido de escoamento do fluxo e no mesmo valor de pressão de abertura, devendo ser corrigido imediatamente para evitar danos irreparáveis às superfícies de vedação do disco e bocal e superfícies de deslizamento do suporte do disco e guia; região superior da haste e furo do parafuso de ajuste, além de causar quebra e/ou fadiga da mola e/ou do fole.

O chattering é prejudicial à válvula de segurança, pois reduz sua capacidade de vazão efetiva, danifica suas partes móveis e suas superfícies de vedação, se não for corrigido imediatamente. Após o início do chattering, seu término só ocorre quando a pressão do processo é reduzida a um valor abaixo da pressão de fechamento da válvula e a pressão de operação é restabelecida. As vibrações causadas pelo chattering podem ser transmitidas às tubulações e aos equipamentos conectados às válvulas de segurança e



alívio, tanto a montante quanto à jusante.

As principais causas para o chattering são:

a) excessiva queda de pressão no tubo de entrada.

Esta é a causa principal de chattering em mais de 90% das ocorrências, devido a erros nos cálculos do tubo de entrada (diâmetro da área de passagem, configurações, acessórios, taxa de fluxo envolvida, etc). Os erros por superdimensionamento são menos prováveis devido à mínima taxa de fluxo requerida (para não ocorrer este efeito) para a real taxa de fluxo envolvida;

b) válvula superdimensionada;

O chattering por superdimensionamento da área do bocal, ocorre por não haver volume de fluxo suficiente para manter a força de reação dentro da câmara de força no momento da abertura, ocorrendo uma distribuição desigual de forças. Um volume mínimo de 30% da capacidade de vazão efetiva da válvula é necessário quando o fluido é compressível para manter o disco elevado no curso máximo e ainda superar a crescente força da mola atuando em sentido descendente sobre o disco. Nos líquidos o efeito chattering pode ocorrer também quando a capacidade de vazão requerida pelo processo é inferior a 10% da capacidade de vazão efetiva da válvula e pode ter consequências ainda piores do que em gases e vapores devido a este ser um fluido incompressível.

Assim, uma válvula de segurança e/ou alívio jamais deve ser superdimensionada, para não causar chattering. Em situações assim, a seleção e instalação de múltiplas válvulas deve ser utilizada para eliminar essa possibilidade. É recomendado o uso de múltiplas válvulas quando as variações na demanda de fluxo são frequentemente encontradas, mesmo em operação normal do processo, por exemplo, nos seguintes casos:

- a capacidade normal do sistema for menor do que 50% da capacidade de vazão efetiva da válvula selecionada. Utilizando-se duas válvulas, a capacidade de vazão da primeira válvula será baseada na capacidade normal do sistema e a segunda válvula será responsável pela capacidade restante. A soma da capacidade de vazão efetiva das duas válvulas deverá ser igual ou superior à essa capacidade total. Se essas válvulas tiverem tamanhos ou orifícios diferentes, a pressão de abertura de valor mais baixo também deverá ser da válvula que tem o bocal com orifício menor. Esta prática limita as perdas de produto ao mínimo possível, assim as válvulas adicionais só irão atuar quando um aumento de capacidade for requerido. O chattering também pode ocorrer quando uma única válvula tem que aliviar diferentes e pequenas taxas de fluxo;
- a capacidade máxima e/ou a pressão de abertura exigida para o processo requerer uma válvula que tenha a área do orifício do bocal maior que um orifício "Q" (11,05 pol²);
- a instalação de duas ou mais válvulas com orifícios menores, pode se tornar um investimento mais econômico para a instalação do que uma única válvula e com orifício maior;

- c)** anel do bocal (inferior) ou da guia (superior) posicionados muito alto;
- d)** tubulação de descarga mal dimensionada ou mal projetada;
- e)** uma única válvula grande pode ser muito pesada para a estrutura do vaso, principalmente em baixas pressões de abertura e altas capacidades de vazão. Dependendo projeto do fabricante, uma válvula 8"x 10", orifício "T", com castelo fechado, por exemplo, pesa mais de 400 kg.

Possíveis soluções:

(Para a causa a)

O diâmetro do tubo de entrada deve ser no mínimo igual ao diâmetro da conexão de entrada da válvula de segurança e/ou alívio para que exista o mínimo atrito do fluxo com a parede do tubo durante o escoamento do fluido, no momento do alívio de pressão.

O comprimento do tubo de entrada deve ser o mais curto e direto possível, para que a perda de carga causada por atrito do fluxo durante a descarga da válvula seja mantida em no máximo 3% da pressão de abertura, para aquelas instaladas em vasos de pressão ou tubulações. Na pior das hipóteses essa queda de pressão deve ser limitada a 75% do diferencial de alívio real da válvula.

Porém, quando essa orientação não puder ser seguida devido à própria instalação, este comprimento não poderá ser superior a 5 vezes ou 200 mm, (o que for menor), do diâmetro nominal do tubo ou o diâmetro deste tubo deverá ser maior que o diâmetro da conexão de entrada da válvula. Os efeitos causados pela força de reação, durante a abertura da válvula de segurança e alívio, principalmente quando operando com fluidos compressíveis, deverão ser computados no projeto desta tubulação de entrada.

Para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras, este comprimento deve ser igual ou menor que a dimensão face a face de uma conexão "T" para o mesmo diâmetro e classe de pressão do tubo de entrada. O que ocorre nesses casos é que a queda de pressão faz com que o curso de abertura seja reduzido até que a pressão dentro do equipamento se desenvolva novamente e alcance a pressão de abertura da válvula, porém, essa queda e desenvolvimento na pressão são causados de forma muito rápida, danificando as superfícies de vedação do disco e bocal. Além da perda de carga causada em tubos de entrada muito longos, há também o problema do momento fletor causado pela força de reação quando a válvula abre e que tende a "dobrar" essa tubulação de entrada, principalmente se a descarga é feita através de um tubo vertical.

Quando uma válvula de segurança e/ou alívio começa a descarregar, a pressão atuando embaixo do disco é reduzida devido às perdas por atrito na tubulação de entrada (pressão dinâmica). Se estas perdas forem suficientes para reduzir a pressão abaixo da pressão de fechamento, ocorre o efeito chattering.

Ajustando-se a válvula para um diferencial de alívio mais longo que o valor da queda de pressão no tubo de entrada, desde que a pressão de operação assim permita, o chattering pode ser eliminado.

(Para a causa b)

Redimensionar a válvula utilizando uma válvula com orifício do bocal menor, compatível com a real capacidade de vazão requerida para o processo ou dividir sua capacidade de vazão em dois ou mais orifícios



menores. Utilize a seguinte regra: a relação entre o fluxo liberado pelo processo e a capacidade de vazão real pela válvula de segurança e alívio operando com gases e vapores deve ser igual ou maior do que 0,30. O que ocorre é que numa válvula superdimensionada o disco se afasta do bocal, a pressão é rapidamente aliviada, o disco fecha e o excesso de pressão se acumula embaixo da válvula. Este batimento pode ser muito rápido com altos níveis de energia que rapidamente causam desgaste no disco, bocal e guias, além de poder causar fadiga da mola. Ainda pior que os danos que podem ocorrer com a válvula, é a falta de capacidade de vazão que permitirá que a pressão dentro do equipamento seja elevada. Quando apropriado, as válvulas piloto operadas de ação modulante podem eliminar este problema.

(Para a causa c)

Verifique o ajuste desses anéis com o manual do fabricante da válvula;

(Para causa d)

Uma tubulação de descarga mal dimensionada pode produzir uma contrapressão desenvolvida numa válvula de segurança e alívio com suporte do disco de projeto convencional, cujo valor desta contrapressão pode ser superior à sobrepressão da válvula, dependendo de quanto a capacidade de vazão requerida pelo processo for menor que a capacidade de vazão efetiva através do bocal da válvula. Por isso, a tubulação de descarga deve ser a mais curta e direta possível.

Tubulações de descarga muito longas e com muitas curvas reduzem a velocidade de escoamento do fluido (quando a velocidade é baixa a pressão é alta e vice-versa) e ainda esta contrapressão irá atuar no topo do suporte do disco, se a válvula for convencional, gerando uma força adicional à força da mola, principalmente, se a válvula tiver o castelo e o capuz fechados e vedados.

Quando a tubulação de descarga for muito longa, esta deverá ter o seu diâmetro maior que o flange de saída da válvula.

(Para a causa e)

A estrutura de um vaso pode não suportar o peso da válvula que se for do orifício T, por exemplo, é maior que 400 kg. A distribuição do peso de várias válvulas menores é uma opção melhor.

5.1.2 – Simmering

Este é um vazamento audível ou visível que ocorre numa válvula de segurança e alívio quando operando com fluidos compressíveis. Normalmente este ocorre quando a pressão de operação do processo se aproxima e se estabiliza em aproximadamente 98% da pressão de abertura da válvula. O principal dano é o desgaste das superfícies de vedação devido à erosão causada pelo fluido escoando nesse momento, principalmente se for vapor d'água saturado.

Ele é o estágio que antecede a abertura da válvula de segurança (2º estágio do ciclo). É um vazamento de fluido compressível audível ou visível. A válvula apenas "sopra", mas sem haver abertura. Está situado na zona de pressão que fica entre a pressão de ajuste e a pressão de "popping" (ação pop). Podendo ser um

aviso aos operadores do processo que a válvula irá atuar em poucos instantes. Ocorre, principalmente, nas válvulas que possuem sedes metálicas e operando com fluidos compressíveis. Pode ocorrer também quando o anel do bocal está muito afastado da face do suporte do disco (não ocorre a “ação pop”) ou quando a pressão de fechamento colide com a pressão de operação, neste último, mesmo naquelas que possuem sedes resilientes, porém, que, devido a erros no posicionamento do anel de ajuste e/ou fadiga da mola, possuem um diferencial de alívio mais longo.

Nas válvulas que protegem vasos de pressão e que tenham como fluido algum gás, o simmering pode causar a formação de gelo dentro da garganta do bocal e dentro da câmara de força, após a abertura da válvula, podendo reduzir sua capacidade de vazão. Outros danos podem ser: fadiga da mola e desgaste nas superfícies de guia. Essa guia tem a função de manter o perpendicularismo e o alinhamento do movimento das partes móveis com a superfície de vedação do bocal que é fixa. Um excessivo desgaste naquelas superfícies de guia pode contribuir com o vazamento após o fechamento da válvula ou sua abertura num valor abaixo daquele requerido pelo processo e que foi ajustado na bancada. Esse aumento no desgaste das superfícies de guia causa proporcionalmente um aumento nas vibrações horizontais dos componentes móveis e que tendem a reduzir as forças descendentes exercidas pela mola, aumento na taxa de vazamento, e conseqüentemente, redução e/ou falta de repetibilidade no valor da pressão de abertura.

Quando o anel do bocal ou o anel da guia (anel superior) estão posicionados muito abaixo, estes perdem parte de suas devidas funções, aumentando o valor do diferencial de alívio, a pressão de fechamento alcança o valor da pressão de operação e a válvula trepida para fechar. Nesta situação há um conflito entre a pressão de fechamento (força descendente exercida pela mola) e a pressão de operação (força ascendente exercida pela pressão do fluido sob a área interna de vedação do disco e bocal). A pressão de abertura e a sobrepressão do processo são elevadas para que a válvula possa alcançar sua máxima capacidade de descarga.

Outra causa para o simmering ocorre em válvulas com castelo fechado e que operam com vapor d’água em alta temperatura. Quando a válvula é ajustada em bancada de testes e sob temperatura ambiente, deve ser feita uma correção na pressão de ajuste em relação à temperatura de processo. Durante o ciclo de abertura e fechamento da válvula no processo, parte do vapor que está sendo descarregado vai para dentro do castelo onde está alojada a mola. Devido a este aumento de temperatura no material da mola, parte de sua força é reduzida, e com isto, a pressão de abertura pode se aproximar da pressão de operação, podendo ocorrer o simmering, principalmente se houver variações na pressão de operação causadas por variações no consumo de vapor. Esse fenômeno é causado por um desequilíbrio entre a força exercida pela mola e a força exercida pela pressão do fluido dentro da garganta do bocal (na área interna de vedação do disco e bocal), após o fechamento da válvula.

O simmering também pode ocorrer quando as superfícies de vedação do bocal e disco são mais largas que o mínimo necessário, com isto, parte da força da mola também é reduzida quando a válvula trabalha



com pressões abaixo de 50 psig (3,5 kgf/cm²), podendo reduzir sua pressão de abertura, aproximando-a da pressão de operação.

A pressão de operação normal do equipamento protegido deve ser limitada em 10% abaixo da pressão de abertura da válvula, lembrando sempre que para equipamentos protegidos por uma única válvula a pressão de abertura deve ser limitada ao mesmo valor da PMTA desse equipamento ou abaixo desta. Como regra prática deve ser mantido um diferencial mínimo de 3% entre a pressão de fechamento e a pressão de operação para garantir o ciclo operacional completo da válvula, independente da válvula ser instalada na caldeira ou num vaso de pressão.

Em relação à posição do anel do bocal; ajuste-o conforme determinado pelo manual do fabricante da válvula.

5.1.3 – Flutting

Este fenômeno operacional através das válvulas de segurança ou de segurança e alívio operando com fluidos compressíveis, é definido como a flutuação que ocorre no curso de elevação do disco enquanto a válvula está aberta e aliviando e, conseqüentemente, na taxa de fluxo liberada, devido às oscilações que ocorrem na pressão de operação e na força resultante embaixo da face do suporte do disco, ainda na fase de sobrepessão (acima da pressão de abertura).

Ele é um fenômeno semelhante ao chattering, porém, com menor intensidade, pois as causas que o provocaram também são menores, não ocorrendo o contato físico entre disco e bocal. Portanto, as superfícies de vedação destas peças não são danificadas por este motivo, mas podem ser danificadas devido às alterações na velocidade de escoamento do fluido, em função dos movimentos verticais dos componentes móveis. Ele pode induzir ao desgaste e agarramento do sistema de guia, além de restringir a capacidade de vazão da válvula e ainda causar fadiga e/ou quebra da mola e/ou do fole. O curso de abertura e, conseqüentemente, a taxa de fluxo através do bocal da válvula, ficam “flutuando”. É devido a essa flutuação que a velocidade de escoamento do fluido na saída do bocal, e na abertura deste com o disco (área da cortina), tem valores variados ocasionando desgastes nas superfícies de vedação e superfícies de guia. As ações corretivas também são semelhantes àquelas do chattering.

Um ajuste incorreto dos anéis também pode contribuir para a ocorrência do flutting, devido a pouca vazão através destes anéis, em relação à área de passagem do bocal. Ocorre principalmente nas válvulas instaladas no superaquecedor. Este ajuste incorreto destes anéis acaba tendo como consequência, um maior diferencial de alívio devido à área do orifício secundário que fica disponibilizada para o escoamento da real taxa de fluxo fornecida à válvula em função de algum distúrbio real momentâneo.

O flutting ou uma ciclagem curta de uma válvula de segurança ou de segurança e alívio, não são considerados um risco para destruição irreparável dos componentes móveis e demais internos da válvula, pois ocorrem em frequências inferiores a 1 Hertz (Hz).

6.1 – Principais Normas de Construção e Inspeção de Válvulas de Segurança e/ou Alívio

ASME B 16.5 – Flanges para Tubulações e Conexões Flangeadas em Bitolas de ½” a 24”, nas classes 150 a 2500

ASME B16.34 – Válvulas de Aço Flangeadas e com Conexões para Solda de Topo

MSS- SP 6 – Acabamentos (ranhuras) para Superfície de Contato dos Flanges

API Std. 520 – Dimensionamento, Seleção e Instalação de Dispositivos de Alívio de Pressão em Refinarias.

Parte I – Dimensionamento e Seleção. **Parte II** – Instalação.

API Std. 526 – Fornece as dimensões das áreas dos orifícios, dimensões de centro a face, limites de pressão de ajuste e contrapressão, tanto para as válvulas convencionais quanto balanceadas e piloto operadas, todas flangeadas e construídas em aço para serem aplicadas na proteção de vasos de pressão e tubulações.

API Std. 527 – Procedimentos e tolerâncias de vazamento para testes de vedação de válvulas de segurança e/ou alívio.

API RP 576 – Prática Recomendada para Inspeção em Dispositivos de Alívio de Pressão.

NBBI – Documento NBIC 23 – Parte 4 – Inspeção em Dispositivos de Alívio de Pressão

ASME Seção I – Vasos de Pressão submetidos a fogo (Caldeiras). Parágrafos PG. 67 a PG. 73.5 (Válvulas de Segurança).

ASME Seção VIII Divisão 1 – Vasos de Pressão não submetidos a fogo. Parágrafos UG. 150 ao UG. 156

ASME Seção XIII – Regras para Proteção de Sobrepressão - (Válvulas de Segurança e/ou Alívio, incluindo outros dispositivos de alívio de pressão).

NR 13 – Norma Regulamentadora número 13 do Ministério do Trabalho (Caldeiras, Vasos de Pressão, Tanques e Tubulações)

ABNT NB 284 – Válvulas de Segurança e/ou Alívio de Pressão – Aquisição, Instalação e Utilização.

N 2368 – Inspeção, Manutenção, Calibração e Teste de Dispositivos de Alívio de Pressão – Petrobrás

GUIA 10 – IBPG – Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás – Inspeção de Válvulas de Segurança e Alívio

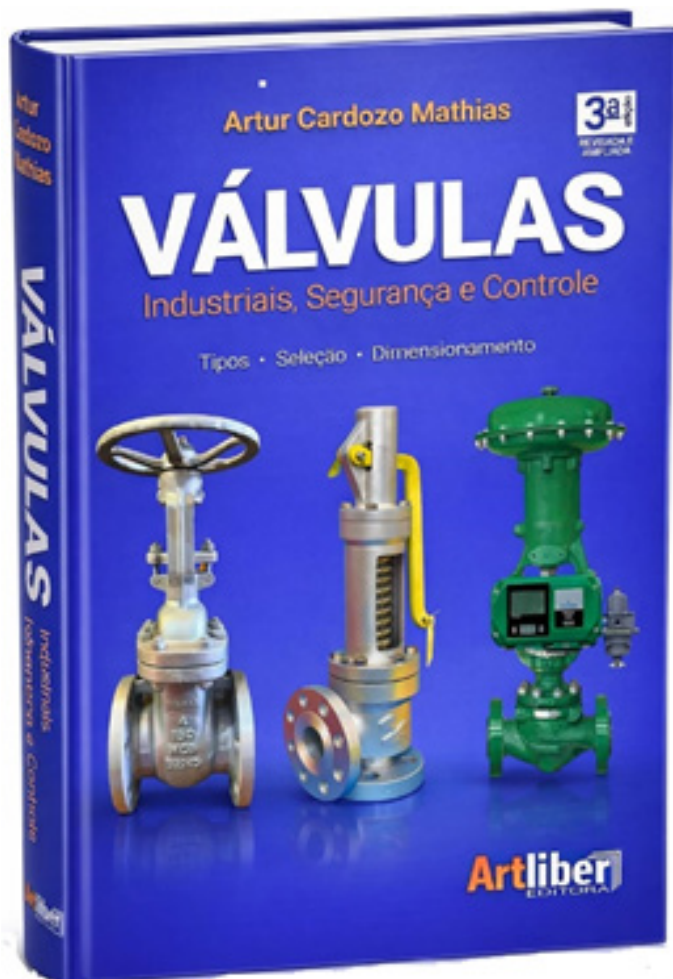
Referências Bibliográficas:

LIVRO- Válvulas: Industriais, Segurança e Controle, Mathias, Artur Cardozo, Artliber Editora – 2026 – 3ª edição – 632 páginas.

Normas e Padrões: NR 13 (Edição 2022), ASME B16.34, ASME Seção I, ASME Seção VIII (Divisão 1), ASME Seção XIII, API Std. 520 Parte I, API Std. 520 Parte II, API Std. 527 e API RP 576.

Manuais de manutenção da Crosby,
Dresser (Baker Hughes),
Farris e Spirax Sarco

Imagens: INTERNET



Maiores detalhes quanto aos tipos de válvulas de segurança e/ou alívio abordadas neste treinamento, além de outros tipos de válvulas (incluindo as válvulas de controle automáticas) utilizados dentro de um processo industrial, o funcionamento, os materiais de construção, as características construtivas, inspeção, testes, instalação, a segurança na operação de válvulas de acionamento manual, sua seleção e especificação, cálculos para o dimensionamento do tamanho correto de acordo com a aplicação, além das principais normas e padrões aplicáveis, podem ser vistos no livro *Válvulas: Industriais, Segurança e Controle* (3ª edição), de Artur Cardozo Mathias, Artliber Editora. Sendo este o livro mais completo sobre o assunto já publicado na América Latina.

Sobre o autor: Artur Cardozo Mathias é Técnico Mecânico Industrial, Técnico em Química e membro da ISA – Seção SP, atuando desde 1985 na área de manutenção, especificação, dimensionamento e consultoria em válvulas, tendo ministrado cursos e palestras sobre o tema, em Empresas (incluindo fabricantes de válvulas), Universidades e Escolas técnicas.

Dúvidas e comentários podem ser enviados ao e-mail do autor: acmvalvulas@gmail.com



**FLUID
CONTROLS**
DO BRASIL



VISITE NOSSO SITE:
www.fluidcontrols.com.br
(27) **3398-4777**