

VÁLVULAS de SEGURANÇA

1.1 Introdução

As válvulas de segurança e/ou alívio são dispositivos automáticos de alívio de pressão sendo obrigatórios em vasos de pressão ou caldeiras, cuja pressão interna seja superior à pressão atmosférica, evitando as conseqüências da exposição às condições perigosas de sobrepressão. Desta forma, em todo vaso de pressão sujeito a pressão positiva superior a 15 psig é obrigatória a instalação de pelo menos uma válvula de segurança e/ou alívio ajustada na PMTA do vaso ou abaixo desta e cuja capacidade de vazão seja igual ou superior ao volume do fluido fornecido a este.

A função de toda válvula de segurança 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 conseqüências de sua falha podem ser: a perda de vidas e/ou do capital investido.

As válvulas de segurança 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 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). As válvulas de segurança e alívio são projetadas para aplicações com ambos os tipos de fluidos, tanto gasoso ou líquido.

Portanto, as válvulas de segurança de um modo geral oferecem uma medida de proteção devido aos potenciais níveis perigosos de temperaturas elevadas e as 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. 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, 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 é eliminar o aumento dessa energia que está armazenada no vapor e reduzir a pressão para 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 conseqüências que podem chegar a ser 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, desde que estejam corretamente especificadas, dimensionadas, instaladas e mantidas. Dependendo da aplicação existem

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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 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.

O objetivo de se instalar uma válvula de segurança é a proteção de vidas e propriedades. 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.

1.2 – 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 conseqüentes 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.

1.3 – Especificação de Válvulas de Segurança

Toda válvula (incluindo as válvulas de segurança e/ou alívio) 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, pH, pressão, temperatura, volume requerido, etc.

A aplicação da válvula envolve o modelo, pois aplicações diferentes nem sempre permitem modelos de válvulas semelhantes. O número de válvulas instaladas numa planta química deve ser o mínimo possível, para não influenciar no rendimento do processo.

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 juntas de vedação. As limitações quanto à máxima pressão e temperatura são feitas pelas normas de construção específicas a cada tipo de válvula de acordo com os materiais empregados em sua construção, além do

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



tipo de castelo (se aberto ou fechado). 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 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.

1.4 – Classes de Pressão

Este é um número orientativo e adimensional que define os limites de pressão mínimo e máximo ao qual a válvula pode operar de acordo com certa temperatura e material de construção (**Rating***). 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 a qual a válvula pode operar.

Para as válvulas que têm sua construção de acordo com a norma ASME B 16.34 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. Esses números determinam uma faixa de trabalho em que a válvula pode operar e de acordo com a temperatura do fluido.

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.

Pela norma ASME B 16.34 os valores de pressão são dados em psi e os valores de temperatura são dados em °F e são baseados para aplicações em vapor d'água. Na norma DIN (alemã) os valores 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.

Nota*: **Rating** é uma denominação americana para designar que este é a relação direta entre pressão, temperatura e material de construção, indicando o quanto de pressão uma válvula pode operar e num valor de temperatura coincidente e de acordo com o material de construção do corpo e castelo.

Para as válvulas de segurança e/ou alívio a classe de pressão do flange de entrada é quem limita sua pressão de ajuste. A classe de pressão do flange de saída limita a contrapressão se a válvula for

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



convencional. Para as válvulas balanceadas com fole, o material deste é quem limita o valor da contrapressão, conforme determinado pelo API Std. 526.

1.5 – 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, exceto o obturador ou cunha quando são revestidos nas superfícies de vedação, podendo acompanhar o mesmo material do corpo.

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. C5, 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 (C5, WC6 ou WC9) para altas temperaturas e aços específicos para baixas temperaturas (LCB, LC1, LC2 ou LC3); ferro fundido (cinzento ou nodular) ou bronze para fluidos não corrosivos e temperatura ambiente em baixas pressões ou em aço inox CF8 ou CF8M para fluidos moderadamente corrosivos; outros materiais como CG8M, Monel®, Hastelloy® e Titânio para aplicações de corrosão elevada.

Os internos podem ser construídos em aço inox 410, 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) para altas pressões e temperaturas.

A seleção dos materiais de construção do corpo, castelo e componentes internos é baseada em sua resistência (limites de pressão e temperatura), resistência a corrosão e erosão de um determinado fluido de processo. Os fluoropolímeros e os termoplásticos em sistemas de baixa pressão e temperatura onde a corrosão é a preocupação principal. Bronze e latão são muito econômicos e satisfatoriamente resistentes à corrosão. O ferro fundido também é barato e pode ser aplicado em alguns fluidos corrosivos. O aço carbono é selecionado quando resistência mecânica é necessária. O aço inoxidável também possui excelente resistência mecânica e resistência à corrosão.

As válvulas da classe 150 e acima devem sempre utilizar prisioneiros e porcas na união entre corpo e castelo, e na conexão entre os flanges da válvula com os flanges da tubulação. Nesse caso o material dos prisioneiros (estojos) deve ser em ASTM A 193 Gr. B7 e as porcas em ASTM A 194 Gr. 2H. Esta diferença de materiais impede o travamento entre essas peças mesmo sob altas temperaturas.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



1.6 – Corpo

O corpo de uma válvula, independente do tipo, é sempre a parte inferior onde fica situada a sede fixa (bocal), as conexões para acoplar a válvula à tubulação, além de permitir o acesso aos componentes internos, através da retirada do castelo.

A bitola de uma válvula é sempre determinada através do corpo; sua espessura de parede* determina a classe de pressão, enquanto seu material de construção determina os limites de pressão, temperatura e resistência à abrasividade e corrosividade do fluido de processo, somente quando as sedes não forem construídas em elastômeros ou termoplásticos.

Nota*: apesar de que numa válvula de segurança a espessura de parede do corpo é determinada pela classe de pressão do flange de saída, sendo que a região do flange de entrada é reforçada para anular os efeitos da força de reação no momento da abertura da válvula.

1.7 – Conexões

As conexões das válvulas à tubulação podem ser: flangeada, rosqueadas e solda de topo. As conexões rosqueadas podem ser dos tipos BSP (paralelas) ou NPT (cônicas). As conexões flangeadas podem ser encontradas com diferentes tipos de faceamentos para vedação com os flanges da tubulação. Os flanges de ferro fundido (Classe 125) normalmente têm a face totalmente plana (sem ressalto); os flanges de aço carbono, aço liga ou aço inox têm a face ressaltada e ranhurada em toda a superfície do ressalto, nas classes 150 até 2500. Na prática essas ranhuras podem ter de 0,15mm a 0,2 mm de profundidade e com espaçamento de 0,8mm a 1,0 mm no raio (distância entre as ranhuras). Os flanges nas classes 600 e acima podem ser encontrados também com canal RTJ para aplicações em altas pressões e altas temperaturas. As conexões para solda de topo podem ser encontradas em todas as classes de pressão a partir da classe 150 em válvulas construídas em aço carbono, aço liga e aço inoxidável, e em praticamente todas as bitolas. A conexão roscada é encontrada em bitolas até 2 ½". Os flanges da norma DIN também possuem ressaltos na face, porém, sem ranhuras e com rugosidade máxima de 125RMS.

As considerações quanto à manutenção é o método preferido de seleção. As conexões rosqueadas são muito utilizadas em válvulas para alívio térmico ou quando protegem vasos de pequeno volume. Esse tipo de conexão tem um baixo custo inicial, mas estão mais sujeitas a vazamentos e desgastes. Esse tipo de conexão deve ser selecionado quando a retirada da válvula do processo não é uma tarefa freqüente. As conexões soldadas oferecem rigidez e estanqueidade. Essas podem até ter baixo custo inicial, porém, têm alto custo com manutenção quando necessitam ser cortadas para manutenção ou substituição. As conexões flangeadas podem ter alto custo inicial, dependendo da bitola e classe de pressão, porém, são preferidas para instalação ou remoção.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



1.8 – Vazamentos

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. 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, uma redução na temperatura causa um aumento no tempo necessário, reduzindo a produção.

A instalação da válvula deve ser feita após uma limpeza correta na tubulação, evitando que restos de materiais metálicos, principalmente, passem pelas sedes das válvulas em altas velocidades ou que fiquem presos entre elas no momento do fechamento. Suas conseqüências são ainda piores nas válvulas de segurança e/ou alívio.

1.9 – 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 de caldeiras.

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, conseqüentemente, 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 5 membros do ASME 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 28 volumes com mais de 16000 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.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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.

1.9.1 – 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, as válvulas de segurança e/ou alívio são abordadas nos parágrafos UG-125 a UG-137, além dos discos de ruptura e dispositivos de pino para rompimento.

Os requerimentos descritos nesses parágrafos, tanto na Seção I quanto na Seção VIII 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 34, mas, somente os Apêndices 11 e o 25 são obrigatoriamente aplicados às válvulas de segurança. O Apêndice 11 trata sobre conversão de capacidade de vazão para válvulas de segurança e/ou alívio de acordo com os diferentes tipos de fluidos, enquanto no Apêndice 25 é tratado sobre “Aceitação de Laboratórios de Testes e Observadores Autorizados para a Certificação de Capacidade de Válvulas de Segurança e/ou Alívio”.

Os Apêndices Alfabéticos são divididos em 20 anexos e vão desde o “A” até o “JJ”, mas somente o Apêndice M se aplica às válvulas de segurança e/ou alívio.

No código ASME Seção I os apêndices são mandatórios, porém, nenhum deles envolve válvulas de segurança.

1.10 – Possíveis Causas para o Aumento de Pressão

- Falhas em equipamentos elétricos ou mecânicos
- Falha no sistema de utilidades
- Falha de válvula de controle automática (reduzora)
- Abertura de válvula de admissão de alta pressão para um processo de baixa pressão (falha operacional)
- Falha no fechamento de válvula de retenção
- Fechamento de válvula de bloqueio na saída de um vaso de pressão (falha operacional)
- Reações químicas entre fluidos

Obs: a válvula só irá fechar quando houver uma correção na causa do aumento de pressão.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



1.11 – Válvulas de Segurança para Caldeiras

Conforme determinado no parágrafo P.G.67.1 do código ASME Seção I, toda caldeira em que a superfície de aquecimento for superior a 500 pés² (46,5m²), deverá ter no mínimo duas válvulas de segurança instaladas no balão superior (balão de vapor), da mesma forma em caldeiras elétricas com mais de 1100 KW/hr de potência ou 4000 lbs/hr de capacidade de vaporização.

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. Seu valor é obtido através do produto do diâmetro do tubo pelo seu comprimento. 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.

No caso das caldeiras aquatubulares providas de superaquecedor, a válvula de segurança deste deverá ser responsável por 15% a 25% da capacidade total de geração de vapor da caldeira. 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. As válvulas instaladas no balão superior devem ser responsáveis pela quantidade restante de vaporização da caldeira.



A figura ao lado mostra uma válvula de segurança comumente utilizada em superaquecedor de caldeiras:

Todas as válvulas de segurança que protegem o corpo da caldeira (balão e superaquecedor) devem ser capazes de aliviar o excesso de pressão desta, de tal forma que a pressão máxima de acúmulo não ultrapasse 6% da PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) 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 sobrepessão da caldeira, com isso haverá sempre um fluxo contínuo 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 através dos tubos do superaquecedor, que tanto a NR13 quanto o ASME Seção I no Parágrafo P.G. 70.3.1, não permitem 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

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



devido ao excesso de temperatura causada pela falta de circulação do vapor. A pressão dentro da caldeira (balão de vapor e superaquecedor) fica equalizada.

Para caldeiras podem ser encontradas em bitolas desde 1" x 2" até 8" x 10", construídas conforme a norma ASME Seção I com conexões roscadas, flangeadas ou soldadas.

Para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras cujas pressões de ajuste sejam inferiores a 285 psig (20,04 kgf/cm²), deve a alavanca ser mensalmente acionada para a verificação do funcionamento de suas partes internas, conforme determina a NR13 no parágrafo 13.5.4.

1.12 – Válvulas de Segurança e/ou 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.

Dentro de um processo industrial existem diversos tipos de válvulas e que são utilizadas para atenderem aplicações específicas, pois não existe válvula capaz de satisfazer todas as exigências encontradas nos diversos segmentos. As válvulas de segurança e/ou alívio também têm uma aplicação específica seja para proteger um vaso ou uma tubulação de qualquer excesso de pressão que possa ser desenvolvida a valores superiores à pressão atmosférica, limitando esses valores à pressão de projeto do vaso ou a sua PMTA. A função primária de uma válvula de segurança e/ou alívio é impedir, portanto, que a pressão desenvolvida dentro de um vaso de pressão possa ultrapassar o valor determinado em seu projeto, alcançando níveis perigosos e que possam comprometer sua resistência.

A máxima quantidade de fluido que possa ser produzida ou fornecida ao vaso de pressão deve ser aliviada através de uma válvula de segurança e/ou alívio com uma capacidade de vazão equivalente ou superior. Desta forma um vaso de pressão ou qualquer outro tipo de equipamento só pode ser considerado protegido quando ele possui válvula(s) de segurança e/ou alívio corretamente especificada(s), dimensionada(s), instalada(s) e mantida(s). Essa capacidade de vazão é garantida através de um correto dimensionamento da área de passagem do bocal e um correto projeto de engenharia, tanto da válvula quanto da instalação, além de ser comprovada através de testes em laboratórios apropriados ou em condições reais de operação.

Em vasos de pressão a mais utilizada é a válvula de segurança e/ou alívio do tipo mola sob carga, podendo ser encontrada nos estilos convencional ou balanceada, 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

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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® nº6), 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 temperaturas operacionais podem ser encontradas em valores desde - 268°C até 538°C.

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.

As válvulas piloto operadas também é um outro tipo de válvula de segurança e alívio e que tem algumas desvantagens em relação às válvulas de segurança e/ou alívio tipo mola. Essas têm sua aplicação limitada pela temperatura suportada pelos elastômeros utilizados tanto na válvula principal quanto na válvula piloto. Elas não têm a mesma versatilidade de projeto e aplicação em vasos de pressão do que as válvulas de segurança e/ou alívio para a maioria das aplicações e com os diversos tipos de fluidos encontrados, apesar de possuírem outras vantagens e que serão vistas mais a frente.

Portanto, a válvula de segurança e/ou alívio, 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 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. Esse tipo de válvula é projetado para diversas aplicações, tornando seu campo de aplicação mais amplo.

1.12.1 – Válvulas de Segurança e Alívio

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 ½" x ¾" roscadas até a bitola de 2 ½", soldadas ou flangeadas desde 1" x 2" até 8" x 10" para processos industriais em tubulações ou vasos de pressão construídos conforme a norma ASME Seção VIII Divisão I. 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. Os limites de temperatura ficam entre -268°C até 538°C. Esses valores são dependentes do material do corpo, castelo, componentes internos e mola, além do castelo ser aberto ou fechado. As válvulas de segurança e alívio podem ser dos tipos mola sob carga (convencional ou balanceada) e piloto operadas.

1.12.1.1 – Válvulas Convencionais

A válvula convencional é aquela utilizada em vasos de pressão ou tubulações e que podem descarregar diretamente para a atmosfera (conforme esta que aparece na figura ao lado), dependendo do tipo de fluido. Sua pressão de ajuste pode ser alterada 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 é projetado de acordo com os requerimentos do código ASME Seção VIII 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 fabricante. O *plug* do castelo de uma válvula convencional pode ser retirado, (se houver) quando a

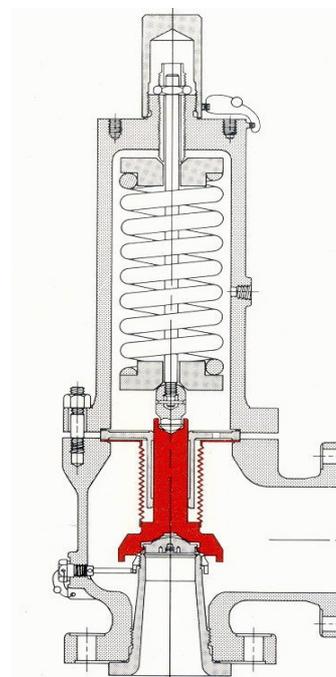
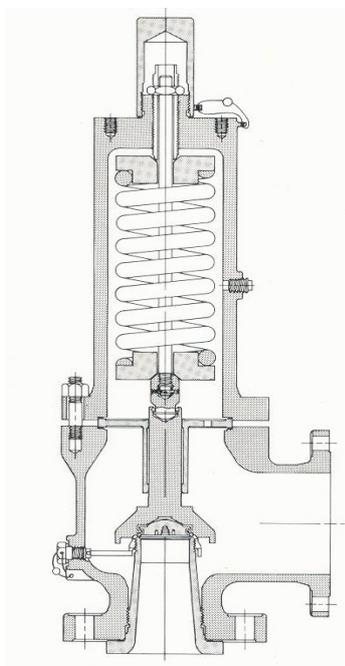
descarga é feita diretamente para a atmosfera, com exceção das válvulas que possuem a alavanca aberta.

1.12.1.2 – Válvulas Balanceadas

A válvula balanceada, (conforme esta que é mostrada na figura ao lado) possui um fole que cobre a parte superior do suporte do disco e a guia da válvula. A área do disco é igual à área do fole, e é essa equalização de áreas que anula as forças que atuam no sentido axial do suporte do disco, com isto a pressão de ajuste não é afetada pela contrapressão.

Essa válvula pode ser utilizada em condições de contrapressão variável limitada a 50% da pressão de ajuste ou também para isolar o suporte do disco, guia e toda a parte superior da válvula do fluido de processo ou do fluido da própria contrapressão, podendo ser ele corrosivo ou altamente viscoso. Um fluido muito viscoso atuando no sistema de guia de uma válvula de segurança convencional pode atrasar seu ciclo operacional, aumentando seu diferencial de alívio (*Blowdown*) e, conseqüentemente, aumentando as perdas do produto durante a descarga.

O fole 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



Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



capacidade de alívio é reduzida. 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, além de Inconel® para altas temperaturas.

A região interna do castelo de uma válvula de segurança 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. Existem também as válvulas de segurança com fole não-balanceado que são utilizadas apenas para isolar a parte superior do castelo de fluidos viscosos ou corrosivos, não anulando os efeitos da contrapressão.

Além das válvulas balanceadas com fole, existem também aquelas balanceadas com pistão, utilizadas para condições mais severas. Nessas, a área do pistão é igual a área de vedação do disco, causando assim a neutralização das forças produzidas pela contrapressão. Devido à folga existente entre o diâmetro externo do pistão e o diâmetro interno da guia, um pequeno vazamento pode ser esperado. Existem válvulas que são balanceadas por fole e pistão, nessas o pistão só é exigido após a quebra do fole.

1.12.2 – Alavanca de Acionamento



A válvula de segurança 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. 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 através da atuação manual da alavanca de acionamento para que a válvula possa descarregar uma pequena quantidade de fluido.

A alavanca de acionamento (conforme esta que aparece na figura ao lado) é um item obrigatório para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras. Quando operando em vasos de pressão elas deverão ter alavanca de acionamento manual sempre que o fluido for compressível (gases e vapores) ou no caso de água quente acima de 140°F (60°C). Essa alavanca tem a função de abrir a válvula manualmente quando a pressão do processo estiver abaixo de sua pressão de ajuste; em casos de emergência, se a válvula de segurança não abrir na pressão de ajuste especificada; quando os prazos entre inspeção e manutenção são longos e através do acionamento dela confirmar o livre movimento de seus componentes internos ou até mesmo para expulsar algum material estranho que tenha ficado preso entre as sedes no momento do fechamento da válvula.

O acionamento dessa alavanca só deve ser efetuado quando a pressão mínima do processo for de 75% da pressão de ajuste da válvula de segurança. Se isto não for obedecido e a alavanca for

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias

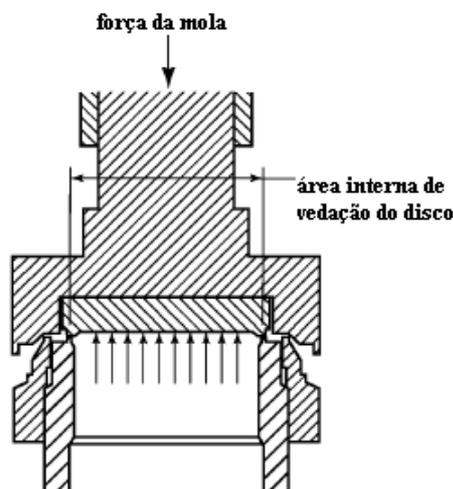


intencionalmente acionada, e com uma pressão menor atuando sob o disco, a vedação da válvula poderá ser danificada em função do diferencial de forças existente neste momento, entre a força da mola e a força gerada pela pressão do processo (atuando na área interna de vedação do bocal), não ser suficiente para amortecer a força da mola. No caso de líquidos que possam cristalizar em volta da superfície de vedação do bocal, 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.

Na a instalação da válvula de segurança 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.

1.13 – Operação

O princípio básico de operação das válvulas de segurança e/ou alívio é que nenhuma força externa é necessária; elas são auto-atuadas, 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 a pressão de ajuste é alcançada 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 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 ajuste é alcançada e ligeiramente excedida, (conforme aparece na próxima figura), 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 70% do curso máximo, os 30% restantes são alcançados pela sobrepressão do processo.

Válvulas de Segurança e Alívio

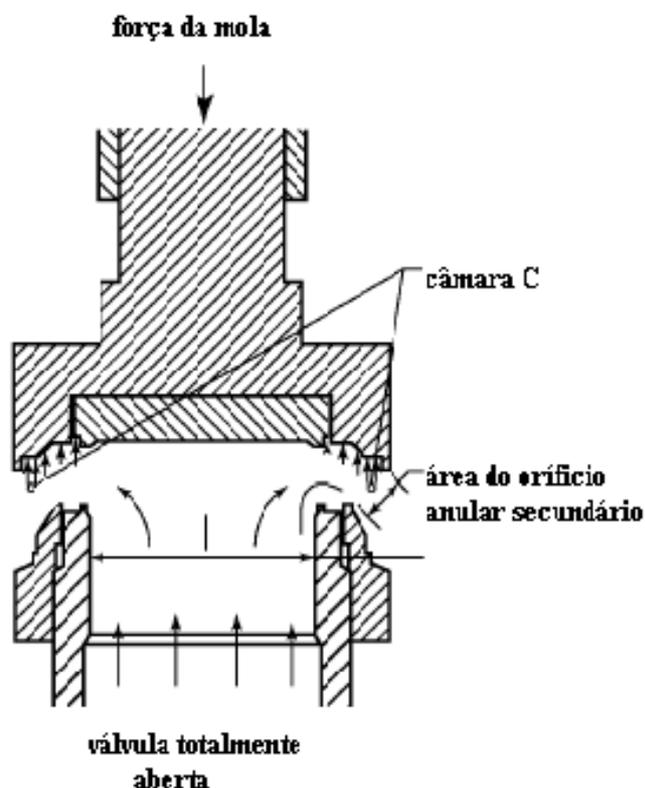
Artur Cardozo Mathias



Desta forma, o término da primeira etapa ocorre antes da máxima capacidade de vazão ser alcançada. 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. Numa caldeira esse valor é de 3%, enquanto nos vasos de pressão ele pode ser de 10%, 16% ou 21%.

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 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. A máxima abertura é mostrada na figura ao lado:

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, conforme é mostrado na figura ao lado. 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, 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, (conforme aparece na figura ao lado), 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 for a mesma produzida por aquela pressão no momento do fechamento. 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

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



da mola seja alcançada nesta área, a pressão do processo deverá ser menor. Esta diferença de pressão é denominada de diferencial de alívio. Este diferencial de pressão impede que a válvula abra novamente logo após a pressão de fechamento ter sido alcançada.

Quando 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.

A força de abertura numa válvula de segurança é causada pelo diferencial de pressão entre a montante e a jusante, aplicado contra a área da sede. A carga da mola é igual a força de abertura na pressão de ajuste. Durante o processo de alívio pela válvula de segurança a queda de pressão causada é convertida em velocidade de escoamento na saída do bocal. Essa queda de pressão ocorre pelo escoamento do fluxo entre o disco e o bocal gerando uma força ascendente e que atua contra a força descendente da mola. A área da câmara de força é projetada para permitir um rápido curso de elevação do disco (ação pop) e um diferencial de alívio que seja o menor possível. Com um valor de sobrepressão e um diferencial de alívio que estejam dentro dos valores requeridos pelas normas de projeto, o desperdício de fluido durante a descarga fica minimizado.

Quando operando com líquido as válvulas de alívio abrem de forma proporcional ao aumento de pressão do processo, 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.



1.14 – Castelo

O castelo nas válvulas de segurança e/ou alívio é a parte superior onde fica alojada a mola, a haste, o parafuso de ajuste e a alavanca de acionamento. Nas válvulas de segurança ele pode ser aberto ou fechado, depende da aplicação, enquanto nas válvulas de alívio ele é sempre fechado. O castelo aberto, (conforme este que aparece na figura ao lado), aumenta a 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 do superaquecedor, sempre que a temperatura de alívio for superior a 450°F (232°C), conforme exige o código

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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; ou 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.

1.15 – Principais Componentes

Os principais componentes de uma válvula de segurança e/ou alívio são: disco, bocal, anéis de ajuste, mola, guia e alavanca de acionamento.

1.15.1 – Disco

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, 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. 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 comumente utilizado em válvulas de segurança e alívio de processos industriais:

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.

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.

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 discos de vedação das válvulas de segurança operando em caldeiras ou algumas em processos industriais possuem um defletor integral que tem as seguintes funções:

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



- 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 conseqüente rotação do disco e suporte do disco que causariam desgaste nas superfícies de vedação e nas superfícies de guia, entre o suporte do disco e a guia deste.

As válvulas de segurança quando operam sob pressões elevadas, (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 ajuste, aumentando o rendimento da caldeira ou processo ao qual ela está instalada.

As superfícies de vedação desse tipo de disco possuem certa flexibilidade, causada pela pressão e temperatura do fluido de processo. 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 em que a pressão do processo atua contra essa força. As distorções térmicas na superfície de vedação também são eliminadas nesse projeto.

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.

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 ajuste 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 gases ou ar comprimido;
- 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;

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



- Casos em que pode ocorrer a formação de gelo 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.

1.15.2 – Bocal

O bocal nas válvulas de segurança e/ou alívio, da mesma forma que o disco, são as peças que estão 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. 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. A entrada é um tanto quanto arredondada (geralmente 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, quando operando principalmente com fluidos compressíveis.

Na figura ao lado aparece um bocal reativo integral utilizado em válvulas de segurança e alívio:

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 de fluido de processo além de entrar em contato constante com o disco e bocal quando a válvula está fechada, também entra em contato com parte do corpo da válvula.

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.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



O tamanho correto do orifício do bocal para um determinado volume de fluido e numa pressão de ajuste e sobrepressão preestabelecida impede que a pressão dentro do equipamento protegido seja elevada a níveis perigosos.

A pressão e o volume do fluido no equipamento podem aumentar até que exista um equilíbrio entre a taxa de fluxo sendo gerada no processo e a capacidade de vazão efetiva da válvula no momento em que a pressão de alívio é alcançada.

1.15.3 – Anel Inferior

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.

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 a pressão. Ajustes no anel inferior 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.

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, 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 são maiores que a área do anel do bocal, a pressão da caldeira ou do processo 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.

Seu posicionamento altera o volume e a pressão do fluido atuando dentro da câmara de força, 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”, 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 ajuste é alcançada.

Quando no processo este anel é posicionado muito próximo da face do suporte do disco, o volume da câmara de força fica menor aumentando a restrição ao escoamento do fluxo e com isto a sobrepressão é alcançada num valor também menor, porém, o valor do diferencial de alívio fica mais próximo da pressão de ajuste. Este posicionamento é prejudicial à válvula e à instalação, pois aumenta a força de reação, além de ocasionar *chattering* (batimento). Por outro lado quando esse posicionamento é mais afastado da face do suporte do disco, a sobrepressão é alcançada num valor mais alto e o diferencial

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



de alívio fica mais longo. Isto causa trepidação no momento do fechamento, pois a pressão de fechamento pode coincidir com a pressão de operação, ocasionando *simmering* (vibração). O que ocorre agora é que a câmara de força apresenta um volume maior, e com menor restrição, portanto, uma pressão maior é necessária para compensar a menor força ascendente produzida na face inferior do suporte do disco.

Um incorreto travamento do anel inferior ao término da manutenção por seu respectivo parafuso trava ou até mesmo a quebra deste durante a operação da válvula, pode causar um excessivo vazamento pelo disco e bocal após a abertura e momento do fechamento. Isto ocorre devido ao fluxo de vapor movimentar esse anel para cima, ficando acima da superfície de vedação do bocal após a pressão de fechamento ter sido alcançada. O que ocorre é que no momento do fechamento a face inferior do suporte do disco se apóia sobre este anel, impedindo o correto contato entre disco e bocal.

1.15.4 – Anel Superior

O anel superior praticamente só é utilizado em válvulas de segurança de caldeiras e sua função é variar a força exercida 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 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 aquela força reativa da mola, mencionada há pouco. Como já foi dito, 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 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 ou condição de processo. Se for feito algum ajuste adicional com a válvula instalada para melhorar seu desempenho é esse ajuste que deverá ser registrado e guardado. Nas futuras manutenções da válvula é esse “novo” ajuste que deverá ser feito nos anéis.

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.

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. A função do anel superior nesse caso é elevar (caso seja

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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.

O controle para o correto desempenho operacional de uma válvula de segurança com dois anéis é principalmente necessário em aplicações que vapor d'água saturado e vapor d'água superaquecido, como por exemplo em caldeiras, onde o ASME e outras normas requerem que a operação da válvula quanto à pressão de ajuste, sobrepressão e diferencial de alívio ocorra dentro de limites estreitos. O ajuste de cada anel de forma independente ou conjunta pode possibilitar uma operação correta.

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 no valor determinado pelas normas de construção ou no valor para o qual ela foi fabricada. 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 ajuste), 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 ajuste), pois **aumenta** a área do orifício secundário.

Anel Inferior:

- **Abaixando:** 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;
- **Subindo:** 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.

1.15.4.1– Diferencial de Alívio

Este é a diferença existente entre a pressão de ajuste e a pressão de fechamento da válvula, expressada em porcentagem da própria pressão de ajuste ou em unidades de pressão. 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 aberturas da válvula até que o aumento de pressão seja corrigido ou seja reduzido àquelas aberturas.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



A pressão de fechamento correta é alcançada em função da construção da válvula, posicionamento dos anéis de ajuste e volume do fluido sendo descarregado.

Quanto maior é a temperatura do vapor superaquecido em relação ao vapor saturado para a mesma pressão, maior também será seu volume específico. No cálculo de dimensionamento é utilizado um fator de correção (Ksh) que adéqua esse aumento de volume à área de passagem do bocal da válvula de segurança. Ele é a relação entre o volume específico do vapor superaquecido para o volume específico do vapor saturado estando ambos na mesma pressão. Para vapor superaquecido o valor de Ksh é sempre menor que 1 e seu valor está relacionado diretamente com a pressão e temperatura; para vapor saturado, esse valor será sempre 1, independente da pressão e temperatura. Os valores de Ksh são encontrados nos catálogos dos fabricantes.

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. As válvulas que operam com líquidos tem um diferencial de alívio sempre maior do que aquelas que operam com vapor ou outro tipo de fluido compressível. Geralmente em torno de 15% abaixo da pressão de ajuste, 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 VIII não faz qualquer exigência de valores para o diferencial de alívio.

Um longo diferencial de alívio deve sempre ser evitado, pois pode manter a válvula aberta o bastante para permitir danos à sede ou impactar na operação do processo.

Obs: o posicionamento do (s) anel (éis) de ajuste é um detalhe de projeto construtivo exclusivo para cada fabricante, portanto, nem mesmo diferentes modelos de um mesmo fabricante podem ter o mesmo ajuste.

1.15.5 – Mola

Estas são responsáveis por uma 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 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 por erro na especificação do material (quando operando em temperaturas elevadas) ou excesso de ciclos operacionais, quando a pressão de operação se estabiliza muito próxima da pressão de ajuste.

Toda mola para uso nesse tipo de dispositivo tem uma faixa definida de trabalho também chamada de faixa de ajuste da mola, cujo valor mínimo e máximo é definido pelo próprio fabricante da válvula. As características mecânicas da mola permanecem inalteradas dentro da faixa de ajuste, de acordo

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



com a temperatura do fluido e do material selecionado. Portanto, a pressão de ajuste da válvula deve sempre estar dentro dos limites mínimo e máximo especificados pelo fabricante.

Quando não se tem os valores dessa faixa de trabalho é permitida uma variação de 5% para mais ou para menos tanto para caldeiras quanto para vasos de pressão, a partir da pressão de ajuste original marcada na plaqueta da válvula. Quando a pressão de ajuste tiver que ser alterada para um valor além desses, um novo conjunto de mola com seus devidos suportes deverão ser adquiridos 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.



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

A tensão necessária para ser atingida a pressão de ajuste normalmente é baixa, em média 15 a 30% do curso total da mola. A faixa de ajuste da mola se mantém dentro deste percentual, principalmente nas válvulas de baixa pressão. Conforme o valor da pressão de ajuste e da área do orifício do bocal vão aumentando, aquele percentual máximo de 30% sobre o curso vai sendo reduzido. Estes valores podem variar um pouco dependendo do projeto de cada fabricante. Desta forma, quanto maior for o orifício do bocal e menor for a pressão de ajuste, maior será a variação no torque do parafuso.

A compressão restante é causada pelo curso de abertura do disco e conseguida através da sobrepressão do sistema. Além da compressão necessária para que seja atingida a pressão de ajuste, a mola ainda tem uma compressão adicional após o início do curso de abertura do disco. Para válvulas 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, têm o mesmo valor, e com isso, quem limita a vazão da válvula é a área da garganta do bocal.

Após ser atingida a pressão de ajuste, para que possa ocorrer esse curso máximo do disco, a pressão que antes atuava apenas na área de vedação do disco e bocal, agora começa a atuar numa área maior, também conhecida por “câmara de força”. Essa diferença de área existe para que possa compensar o crescente aumento de força da mola durante o curso de abertura. 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 ajuste (sobrepressão).

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



No caso de fluidos compressíveis, pode ocorrer *chattering*, pois com o aumento da pressão, o volume específico diminui e a válvula fica superdimensionada para essa nova condição de processo. Se por outro lado, houver uma redução excessiva na pressão de ajuste, a válvula agora ficará subdimensionada, pois com a redução de pressão o volume específico aumenta, reduzindo a capacidade de vazão e aumentando também o diferencial de alívio. Essa condição pode levar a válvula a causar um outro fenômeno denominado *simmering*, que vem a ser a abertura antecipada da válvula de segurança.

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, maior também será o curso para ajuste da mola. A faixa de ajuste e o código da mola são dados importantes a serem guardados junto com o histórico de manutenção da válvula de segurança e/ou alívio.

Os materiais mais utilizados para molas são: o aço carbono para temperaturas até 450°F (232°C) para as válvulas com castelo fechado e 650°F (343°C) para as válvulas com castelo aberto; molas em aços liga (aço tungstênio H12, Inconel® X-750, e outros) para temperaturas maiores e os aço inoxidáveis (AISI 302, 304, 316, 17.7PH), etc, para fluidos moderadamente corrosivos. Para fluidos extremamente corrosivos, outros materiais como Monel® ou Hastelloy® C também são disponíveis. As molas cujo material permite tratamento térmico têm maior estabilidade e repetibilidade no valor da pressão de ajuste, além de menor possibilidade de fadiga.

Aquele valor de 80% é exigido pelo ASME tanto na Seção I quanto na Seção VIII e impede que a mola atue numa condição de carga sólida quando o curso máximo do disco, devido a sobrepressão do processo, é alcançado nas condições de alívio. Os fabricantes normalmente projetam suas molas com uma reserva de carga abaixo dos 80% exigidos pelas normas.

Trocando-se a mola, a capacidade de vazão e a pressão de ajuste podem ser alteradas, desde que o material do corpo, castelo, componentes internos e a classe de pressão do flange de entrada atendam à nova aplicação.

1.15.6 – Guia

Esta é a peça que tem a função de alinhar o suporte do disco, e conseqüentemente, a superfície de vedação do disco com a superfície de vedação do bocal da válvula antes da abertura e após o fechamento. Assim, ela permite 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 suporte do disco contra o flange de saída.

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 fique pressurizado após ocorrer o ciclo operacional da válvula. Para aplicações que permitem o uso de castelo 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.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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 impede que fluidos com tendência a contaminar, cristalizar ou corroer esta superfície venham a dificultar ou impedir a abertura e todo o ciclo operacional da válvula.

1.16 – 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 ajuste 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 afetados.

Assim, a contrapressão (P2) 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. 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, proveniente de um sistema de descarga fechado, (coletor, etc). Ela aumenta a pressão de ajuste da válvula proporcionalmente ao seu valor somado ao valor da pressão atmosférica.

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

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 esse furo de alívio, a pressão de ajuste é reduzida de forma proporcional à contrapressão. Porém, um vazamento contínuo por esse furo de alívio devido a 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 fechado e com o fluido de descarga sendo levado a um local seguro.

A contrapressão superimposta constante altera a capacidade de descarga de uma válvula de segurança e alívio, somente quando o valor dessa contrapressão excede a pressão crítica do fluido, apenas quando esse for compressível.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



Por exemplo, se diversos vasos tiverem sua pressão de operação elevada ao mesmo tempo, até que as pressões de ajuste das válvulas sejam alcançadas, e estas válvulas estiverem conectadas para descarregar em um coletor comum, a pressão dentro deste será elevada simultaneamente, reduzindo a capacidade de vazão das válvulas.

Para contrapressões superiores a 50% e até 90% da pressão de ajuste se utilizam válvulas de segurança e alívio piloto-operadas.

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 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% é recomendado o uso de válvulas de segurança e/ou alívio balanceadas com fole.

A contrapressão superimposta variável altera todas as características operacionais da válvula, como pressão de abertura, pressão de fechamento, curso do disco e capacidade de descarga. 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. 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, devido ao fluxo na tubulação de descarga. O valor desse tipo de contrapressão é recomendado pelos fabricantes para ser 10% para uma sobrepressão também de 10%. Se o seu valor for maior que o valor da sobrepressão poderá ocorrer um fenômeno operacional denominado *chattering*, principalmente numa válvula de segurança e/ou alívio convencional.

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 altera as características do diferencial de alívio, capacidade de vazão e o valor de sua pressão de fechamento. Essas alterações podem ser minimizadas através da escolha de uma válvula balanceada.

A contrapressão desenvolvida é diferente para todas as válvulas de segurança e alívio e em todas as situações de sobrepressão, por ser dependente da taxa de alívio de fluxo requerida pelo processo naquele momento, além da densidade do fluido e configuração da instalação da tubulação de descarga. Portanto, este tipo de contrapressão é único para cada instalação em particular.

Para reduzir a pressão de forma mais rápida e ainda manter essa contrapressão desenvolvida a um valor mínimo é que tanto o flange de descarga quanto a tubulação de saída, são sempre maiores que o flange de entrada e a área de descarga do bocal. Isso é uma característica comum em todas as válvulas de segurança ou de segurança e alívio, pois são projetadas para operar com fluidos compressíveis e quando aliviam a pressão desse fluido, seu volume específico e sua velocidade de escoamento são elevadas, devido a redução que ocorre em sua densidade, e conseqüentemente, sua pressão é reduzida de forma mais

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



rápida. Essa maior área também minimiza a turbulência gerada pelo fluxo de um fluido compressível nos internos da válvula.

As válvulas de alívio como são projetadas para operar com líquido, não necessitam ter essa característica construtiva, pois o líquido não aumenta seu volume ao ter sua pressão reduzida. Ao menos que esta pressão seja reduzida abaixo de sua pressão de vapor, torando-se um fluido bifásico (líquido e vapor). Portanto, a tubulação de descarga de toda válvula de segurança ou de segurança e alívio quando descarrega para a atmosfera deve sempre ser a mais curta e direta possível, apenas para direcionar o fluxo e não produzir uma contrapressão desenvolvida e que poderia interferir no seu ciclo operacional. É recomendado que a área da tubulação de descarga seja calculada para a velocidade sônica, porém, seja selecionada a próxima bitola maior. A velocidade de escoamento de um fluido compressível no ponto de descarga desta tubulação deve, no máximo, ser equivalente a Mach 0,7, isto é, 70% da velocidade sônica.

1.18 – Válvulas de Alívio



As válvulas de alívio internamente são muito semelhantes às de segurança e somente são utilizadas em aplicações com fluidos incompressíveis (líquidos) cujo curso de abertura é proporcional ao aumento de pressão do processo. 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. Essa válvula tendo a função de alívio térmico evita a adição de calor latente ao líquido, sendo este a causa principal do aumento de pressão.

A figura ao lado mostra uma válvula de alívio flangeada e normalmente utilizada em aplicações com líquidos:

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. Normalmente são utilizadas pequenas válvulas rosqueadas, como $\frac{3}{4}$ " por exemplo, pois como o líquido praticamente não altera seu volume quando submetido à pressão (apenas à temperatura), uma pequena vazão da válvula causa uma grande queda na pressão do sistema. Nos casos em que a tubulação for muito longa e o volume do líquido for considerável, uma avaliação completa do sistema e um cálculo da área de passagem da válvula poderão ser necessários. Nestes casos uma válvula de $\frac{3}{4}$ " pode ser pequena e a aplicação pode necessitar de uma válvula flangeada.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



Quando a válvula alivia água quente, se na pressão de ajuste sua temperatura estiver em 100 °C, ocorrerá sua vaporização parcial se o alívio for feito na pressão atmosférica (fluxo bifásico).

Existem válvulas de 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.

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 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.

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 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.

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



Uma válvula de alívio que foi testada na bancada com ar comprimido ou N², quando instalada no processo pode alcançar a pressão de ajuste num valor mais alto. 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 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

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



d'água saturado de má qualidade (alto teor de umidade), fazendo com que a válvula abra acima do valor que foi estabelecido em bancada.

Alívio e vácuo – quando a pressão dentro do vaso for igual ou superior a 15 psig (1,054 kgf/cm²) utiliza-se válvula de segurança e/ou alívio. Quando essa pressão for inferior a 15 psig, utiliza-se válvula de alívio para vácuo, (conforme esta que aparece na figura ao lado). 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 e uma pressão superior a atmosférica, obrigatoriamente deve haver uma válvula para alívio de pressão e vácuo. O API-Std. 2000 define as práticas recomendadas para a instalação de válvulas de alívio de pressão em tanques sujeitos a vácuo.



1.19.2 – 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. O valor da PMTA é a base para se determinar a pressão de ajuste da (s) válvula (s) de segurança e/ou alívio.

A pressão de operação de um vaso só pode exceder o valor da PMTA quando a válvula de segurança está aberta e aliviando, jamais em condições normais de operação e com a válvula fechada. 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). Uma válvula de segurança 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.

Quando as válvulas de segurança e/ou alívio estão ajustadas em série (atuam sequencialmente) deve-se considerar como pressão de ajuste aquela de valor mais baixo, caso ela esteja ajustada na própria PMTA ou abaixo desta. A pressão de ajuste das demais válvulas deve seguir as prescrições do código de projeto do vaso em relação à quantidade de válvulas instaladas para protegê-lo e as possíveis causas da sobrepressão. Assim, se o vaso possui somente uma válvula dimensionada para a máxima taxa de fluxo requerida pelo processo ou se essa taxa é dividida por duas válvulas ou mais, o início do alívio de pressão será sempre no mesmo valor, isto é, na PMTA do vaso ou abaixo desta.

A máxima pressão de operação não pode ser igual a PMTA. A PMTA é o limite mecânico de projeto do vaso e pode ser igual ou superior à própria pressão de projeto deste. Essa pressão de projeto é um termo de projeto do processo ou sistema, no qual especifica a pressão mínima na qual o vaso deve ser

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



projetado, enquanto a PMTA é um termo de projeto mecânico. A PMTA segue com o vaso, sendo que ela é a pressão na plaqueta do vaso, permanecendo com ele, não importando onde ele seja utilizado.

O valor da PMTA e da própria pressão de ajuste da válvula de segurança e/ou alívio não necessitam ser reduzidos quando o vaso de pressão é projetado com sobre espessura para corrosão, desde que essa espessura adicional não tenha sido eliminada pelo processo corrosivo. Quando não há espessura adicional para corrosão ou havia e foi eliminada pelo processo corrosivo, o valor da PMTA deve ser recalculado, contudo, a pressão de ajuste da válvula deverá ter seu valor reduzido para acompanhar aquele novo valor. Quando o processo possui diversos vasos de pressão interligados e com diversos valores de PMTA's, protegidos por somente uma válvula de segurança e/ou alívio, a pressão de ajuste desta deve ser limitada ao menor valor de PMTA daqueles vasos. O valor que é determinado na fase de projeto do equipamento é um referencial para a acumulação permitida de acordo com o código de construção da caldeira ou vaso de pressão.

Caso a válvula de segurança e/ou alívio proteja mais de um vaso, deve ser utilizado como valor para a pressão de ajuste o vaso de pressão que tenha o menor valor de PMTA, enquanto que para determinar o prazo máximo para a inspeção da válvula deve-se utilizar como referência o vaso que tenha o prazo mais curto entre inspeções. Numa caldeira o valor da PMTA deve ser o mesmo, tanto para o balão de vapor quanto para ao superaquecedor.

A PMTA de um vaso de pressão jamais pode ser adotada como sua pressão de operação normal.

1.19.3 – Acumulação

Esta é a pressão máxima alcançada pela válvula nas condições de alívio num valor acima da PMTA do equipamento. Seu valor é um referencial para a quantidade mínima de válvulas de segurança que devem ser instaladas num vaso de pressão. Quando o vaso possui apenas uma válvula de segurança o valor da acumulação é 10% ou 3 psi; 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. Situações de incêndio ou explosão podem ser encontradas em equipamentos com vazamento ou transbordo de produtos inflamáveis em plantas químicas. Para caldeiras esse valor é sempre 6%, independente da quantidade de válvulas instaladas.

A pressão máxima de acúmulo ou acumulação é definida como sendo um aumento de pressão acima da PMTA permitido dentro da caldeira (ou vaso de pressão) com as válvulas de segurança abertas e aliviando. É o mesmo que sobrepressão quando a válvula está ajustada acima da PMTA.

1.19.4 – 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 está ajustada num valor igual ou abaixo da PMTA do vaso de pressão ou caldeira. O valor da sobrepressão

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



depende do código de construção do equipamento a ser protegido. Por exemplo, caldeiras que são construídas conforme o código ASME Seção I esse valor é de 3% ou 2 psi, o que for maior, enquanto para os vasos de pressão que são construídos conforme o código ASME Seção VIII esse valor é de 10% ou 3 psi, o que for maior, acima da pressão de ajuste. Em condições de fogo externo ao vaso este valor é 21%.

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 ajuste, 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.

As válvulas de segurança instaladas no corpo da caldeira têm a sobrepressão em 3%, tanto no balão superior quanto no superaquecedor. A sobrepressão para as válvulas de segurança e alívio instaladas em vasos de pressão é determinada pelo código ASME Seção VIII, como sendo 10% para gases, vapores e líquidos. Esse valor de sobrepressão admissível é dado de acordo com o tipo de equipamento protegido pela válvula de segurança e das possíveis condições que possam causá-la.

1.19.5 – Pressão de Ajuste

Esta é a pressão na qual a válvula abre em bancada de teste em temperatura ambiente e sem contrapressão.

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. Se houver mais que duas válvulas no balão, a última válvula deverá ter uma diferença máxima de 3% para a primeira válvula. Para as caldeiras de vapor saturado, a faixa de ajuste das válvulas instaladas no balão de vapor não deve ultrapassar 10% do valor daquela com pressão de ajuste maior.

Numa eventual sobrepressão da caldeira, onde pode ser exigida a abertura de todas as válvulas de segurança, deverá haver uma seqüência exata de abertura entre elas, com isso deverá ser considerada a perda de carga localizada entre o balão superior e o superaquecedor. Quanto maior for o consumo do vapor produzido pela caldeira, maior será essa perda de carga.

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. 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, sobrepressão, diferencial de alívio, contrapressão e pressão de operação.

A precisão e a repetibilidade da pressão de ajuste, além de outros fatores, são dependentes 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. Quando a válvula é ajustada na PMTA o valor da pressão de ajuste não tem tolerância da pressão real com a pressão da plaqueta. Essa tolerância não deve ser considerada quando a válvula é ajustada 3% acima da PMTA (no caso de

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



caldeiras) ou 5% ou 10% acima da PMTA (no caso de vasos de pressão), tanto para condições normais ou condições de incêndio, respectivamente.

Nas válvulas de alívio protegendo tanques que operam sob vácuo, a pressão de ajuste da válvula deve ser de 10% acima da pressão de operação, isto é, a válvula deverá atuar se o vácuo for elevado 10% acima do vácuo considerado normal para o tanque.

1.19.6 – Pressão de Operação

Esta é a pressão na qual um vaso de pressão ou caldeira opera normalmente sem nenhuma variação considerável. Se o ASME determina que o diferencial de alívio deve ser de no máximo 10%, a pressão de operação não pode ficar acima de 90% da pressão de ajuste.

Em condição normal de operação, um diferencial mínimo de pressão de 10% para processos e 7% para caldeiras deve ser mantido. Para as válvulas operando com pressões de ajuste de 50 psig e abaixo, esse diferencial deverá ser de 5 psi sempre. Para as válvulas protegendo a saída de bombas e compressores esse diferencial poderá ser um pouco maior, para compensar eventuais oscilações que podem ser produzidas na pressão de operação.

A pressão máxima de operação é aquela na qual o vaso “deveria” operar normalmente. Esta é comumente ajustada baseada em alguma porcentagem da própria PMTA ou da pressão de ajuste para evitar uma abertura acidental desta ou constantes aberturas, além de permitir as flutuações normais de pressão do processo devido às variações de consumo, etc. 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. Esse valor de 90% ou 5 psig (o que for maior) é recomendado pelo código ASME Seção VIII, Divisão 1, no Apêndice M11.

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 M11(c) (não mandatário) recomenda como mínima pressão diferencial entre a pressão de operação e a pressão de ajuste 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 até 1000 psig;
- 7% para pressões de ajuste acima de 1000 psig.

Para vasos de pressão operando com líquidos, um diferencial de pressão de 15% a 20%, no mínimo, deve ser mantido.

1.19.7 – Capacidade de Vazão

A capacidade de vazão é determinada pelo tamanho da área do orifício de passagem do bocal de acordo com a pressão, estado físico do fluido, temperatura, densidade, volume e coeficiente de descarga da válvula. Ela é a relação entre a área de passagem e a pressão na qual a válvula é ajustada para abrir.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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 0,110pol² a 26pol², respectivamente, determinadas pelo API Std. 526 e que são distribuídos entre as bitolas das válvulas. Existem válvulas menores e maiores que essas, mas que não são padronizadas pelo API Std. 526. O coeficiente de descarga é determinado através da taxa de fluxo máxima da válvula e dentro da sobrepressão permitida pelos códigos de construção do equipamento.

O valor da capacidade de vazão das válvulas de segurança e/ou alívio pode ser dado em lbs/hr ou kg/hr (unidades de massa) ou em unidades volumétricas tais como: Nm³/hr, SCFM, SCFH para fluidos compressíveis como gases e vapores. Para líquidos a capacidade de vazão pode ser dada em GPM, lts/hr, lts/min ou também em M³/hr.

A capacidade de vazão marcada na plaqueta da válvula (corrigida para o fluido nas condições de escoamento com 3%, 10%, 16% ou 21% de sobrepressão) depende da aplicação e da quantidade de válvulas instaladas, sendo utilizada para determinar a queda de pressão na entrada e saída da válvula. Por exemplo, para uma válvula utilizada em vasos de pressão conforme ASME Seção VIII, a 10% de sobrepressão, 3% de queda de pressão no tubo de entrada ou 10% de queda de pressão no tubo de descarga são valores máximos recomendados. Em aplicações que envolvem contrapressão superimposta constante ou desenvolvida ou quando há certa distância entre a saída do equipamento protegido e a entrada da válvula de segurança. Quando o valor da queda de pressão no tubo de descarga excede o valor da sobrepressão, isto pode causar o fechamento da válvula contra o fluxo de vapor, ocasionando *chattering*.

O dimensionamento da válvula deve ser baseado na pior situação para ocorrer a sobrepressão. Uma possível condição de fogo externo ao vaso pode ser a pior condição esperada, devido ao volume alcançado pelo líquido vaporizado. Assim, a condição na qual pode ocorrer a sobrepressão de um vaso determina o tamanho da área do orifício do bocal. Nas condições de fogo externo ao vaso o calor das chamas aquece o líquido contido até o estado de saturação, tendo início a vaporização e o aumento de volume e pressão dentro do vaso. O vapor nestas condições está na temperatura correspondente à pressão de vapor produzida, na qual pode ser a pressão de alívio da válvula de segurança. O dimensionamento da válvula de segurança deve ser verificado quando houver alguma alteração no processo, podendo alterar também o valor da taxa de alívio requerida e, conseqüentemente, sua capacidade de vazão efetiva. Por exemplo, se a composição do fluido muda, se a área da superfície de aquecimento é alterada, etc., uma diferente carga de alívio existe e deve ser determinada. Essa carga de alívio é o quanto de massa ou volume de fluido deve passar pela área do bocal da válvula.

As válvulas instaladas no balão de vapor deverão ter uma capacidade de vazão juntas de no mínimo 75% da capacidade de vaporização da caldeira, para isso a área do orifício do bocal dessas válvulas poderão ser iguais ou diferentes; quando forem diferentes, a área de passagem da válvula menor deverá ser superior a 50% da válvula maior.

Quanto maior for a diferença de áreas dos orifícios das válvulas instaladas no balão de vapor, pode causar uma elevação no nível de água e resultar num diferencial de alívio mais longo quando a válvula for solicitada para atuar. Na válvula do superaquecedor um superdimensionamento também deve

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



ser evitado para não causar também uma elevação no nível de água do balão de vapor em função da súbita redução de pressão e volume por aquela válvula.

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 deve ser a soma da capacidade de todos os vasos juntos.

O fato de uma válvula de segurança abrir no valor marcado em sua plaqueta não garante o curso total do disco e a capacidade máxima de vazão. Ambos dependem da quantidade de fluido sendo descarregado naquele momento, além do correto posicionamento do anel inferior. Os cálculos necessários para o dimensionamento são encontrados no API-RP-520-Parte I para as válvulas de segurança e/ou alívio projetadas conforme ASME Seção VIII. Nesse padrão também podem ser encontrados cálculos para condições de fogo, onde é exigida uma acumulação de 21%, no caso de um vaso ser acidentalmente submetido a um fogo externo. Para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras (balão de vapor e superaquecedor) a área do orifício do bocal e a capacidade de vazão efetiva podem ser encontradas através das equações apresentadas no código ASME Seção I.

O resultado desses cálculos é de 90% da capacidade de vazão real obtida pela média de teste em nove válvulas do mesmo projeto, sendo três orifícios diferentes e com nove pressões de ajuste diferentes, rendendo nove capacidades de vazão efetivas diferentes, conforme determinado pelo código ASME Seção I e Seção VIII.

Portanto, de acordo com o código ASME o teste para certificação da capacidade de vazão das válvulas de segurança e/ou alívio deve ser executado numa combinação de projeto, dimensões e pressão de ajuste, num conjunto de três válvulas, com três bitolas e pressões de ajuste diferentes, totalizando nove válvulas. O limite de capacidade de vazão marcado na plaqueta para cada combinação de bitola não deve ser maior do que 90% da capacidade média das nove válvulas testadas. A capacidade de cada válvula testada não pode variar mais do que 5% para mais ou para menos em relação à capacidade média daquele conjunto. Com esse teste é encontrado também o fator de correção K_d^* de cada válvula e que multiplicado por 0,9 resulta no fator de correção “K” devendo ser utilizado nas equações de dimensionamento publicadas pelo ASME.

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

A capacidade de vazão é uma das principais características de uma válvula de segurança e/ou alívio para a correta proteção de vidas e equipamentos.

Nota*: o fator de correção K_d é um valor adimensional utilizado nos cálculos de dimensionamento da área de passagem do bocal de uma válvula de segurança e/ou alívio. Ele é a relação entre a vazão real e a vazão teórica de uma válvula de segurança e/ou alívio. Seu valor é de 0,975 para fluidos compressíveis e 0,62 para líquidos.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



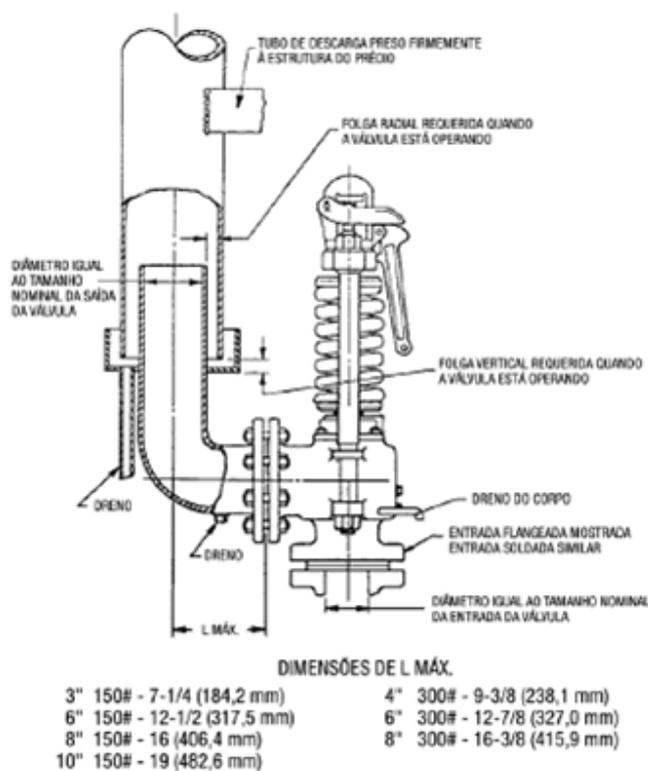
1.20 – Instalação

As válvulas de segurança e/ou alívio devem ser armazenadas num local seguro 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 ajuste 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 para aferição 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.

Toda válvula de segurança deve ser transportada e armazenada sempre na posição vertical e se possível dentro de sua embalagem original. No momento da instalação nenhum material estranho deve entrar na válvula, pois do contrário, a válvula será danificada na primeira vez que atuar.

A figura ao lado mostra um típico desenho de válvulas de segurança em caldeiras:



de fluxo em todos esses equipamentos.

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.

As válvulas de segurança instaladas em processos industriais, conforme o Código ASME Seção VIII, podem proteger vários equipamentos ao mesmo tempo, desde que não existam válvulas de bloqueio entre eles e que a capacidade de alívio da válvula de segurança seja compatível com a demanda

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



Várias válvulas de segurança podem proteger um único equipamento, assim como vários equipamentos conectados entre si podem ser protegidos por uma única válvula de segurança, depende da capacidade de alívio requerida.

Deve ser evitada a instalação de válvulas de segurança em trechos horizontais longos onde não ocorre fluxo. Esta falta de escoamento do fluido nessa região da tubulação pode provocar o acúmulo de

resíduos que tendem a limitar ou restringir a capacidade de vazão efetiva das válvulas de segurança tornando-as subdimensionadas ou até mesmo inoperantes. Quando não for possível seguir essa recomendação, deverá ser previsto um número maior de intervenções para 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, 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 ou água de chuva.

Para as válvulas ajustadas em aproximadamente 30 psig 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 vedados, pode produzir uma contrapressão superimposta constante, devido à coluna d'água formada dentro dessa tubulação.

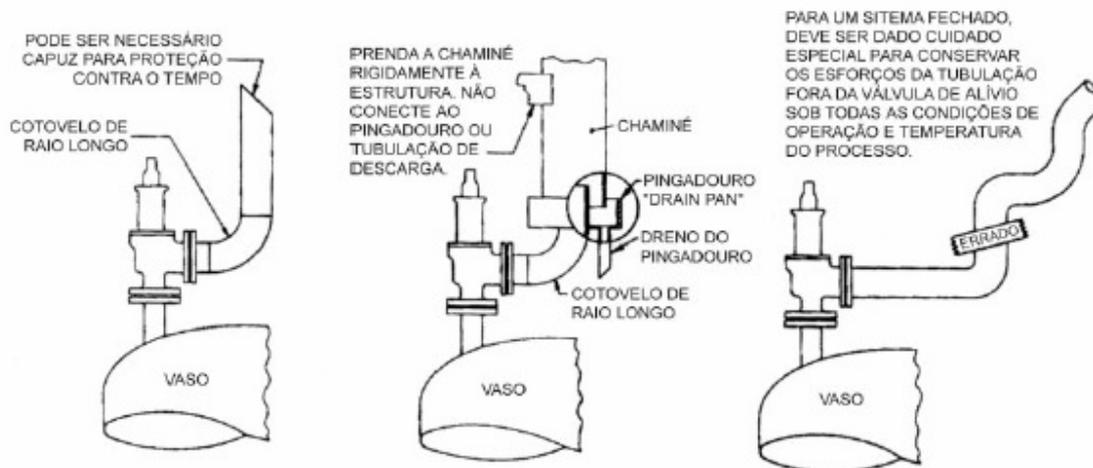
Se para cada 10 metros de altura, essa coluna produz uma pressão de 1 atm (1,033 kgf/cm²) ao nível do mar, esse valor numa válvula ajustada em 30 psig ou menos, causa uma contrapressão de aproximadamente 50% da pressão de ajuste. Dependendo do valor da PMTA do equipamento a ser protegido, isto se torna uma condição perigosa.

Esse dreno além de não permitir o acúmulo de água de chuva ou condensado, não permite também o acúmulo de sujeira que poderiam travar ou corroer as peças internas da válvula.

Na próxima figura são mostrados alguns desenhos típicos de instalação de válvulas de segurança e/ou alívio em vasos de pressão:

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



1.20.1 – Múltiplas Válvulas

Conforme exigido pelo código ASME Seção VIII, todo vaso de pressão que possa ser submetido a uma pressão de pelo menos 15 psig, deve ter no mínimo uma válvula de segurança ajustada na PMTA deste e com uma acumulação admissível de 10%. Em muitas aplicações a instalação de uma única válvula de segurança não é possível devido a alta capacidade de vazão requerida pelo processo, limitações físicas ou considerações econômicas. Um método alternativo é a instalação de múltiplas válvulas de segurança sobre o mesmo equipamento a ser protegido.

Quando for utilizada mais de uma válvula, a acumulação máxima permitida será 16%. Assim, se ajustarmos a primeira válvula para abrir na PMTA do equipamento, a segunda ou última válvula (se houver mais que duas) deverá ser ajustada no máximo 5% acima da PMTA. Nos casos em que o vaso contém múltiplas válvulas aliviando, a acumulação pode ser maior, pois a tensão sob a parede do vaso de pressão é menor. Nesse tipo de instalação se houver duas válvulas instaladas, a segunda válvula só atua em função da insuficiência da primeira válvula.

Quando for necessário o uso de uma válvula de segurança com pressão de ajuste e vazão, altas, será melhor optar por várias válvulas menores com ajustes escalonados e que no final tenham a mesma capacidade de vazão necessária ou o uso de uma válvula de segurança e alívio piloto-operada de ação modulante, desde que a pressão, temperatura e viscosidade do fluido de processo permita a aplicação desta última. A utilização de múltiplas válvulas com ajustes escalonados é recomendada quando o processo pode estar sujeito a diferentes taxas de fluxo, principalmente quando na mínima taxa de fluxo requerida pelo processo esta for inferior a 25% da máxima.

Nos vasos de pressão que são protegidos por múltiplas válvulas, aquelas que têm o ponto de ajuste mais elevado, terão um diferencial de pressão maior, assim estarão menos sujeitas a vazamentos do que aquelas em que a pressão de ajuste está mais próxima da pressão de operação. Para estas, se o tipo de

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



fluido, a pressão e a temperatura permitirem, a válvula com menor pressão de ajuste poderá ser construída com sede resiliente.

Uma instalação com múltiplas válvulas é recomendada também quando a área selecionada não atende quanto a pressão de ajuste e capacidade de vazão, principalmente quando a aplicação exige que a vedação seja resiliente.

Em vasos de pressão sujeitos a fogo externo (incêndio) também possuem mais de uma válvula de segurança instalada. Uma válvula é dimensionada e ajustada para ser destinada a controlar as sobrepressões relativas ao processo normal (geralmente de menor tamanho e com sobrepressão da ordem de 10% ou 16%, depende da quantidade de válvulas instaladas), além de válvulas suplementares e com maior capacidade de vazão. Esta válvula suplementar é dimensionada e ajustada para ser destinada a proteger o vaso no caso de incêndio, evitando que este venha a explodir, agravando a situação. Esta (s) válvula (s) suplementar (es) deve (m) ser ajustada (s) no máximo 10% acima da PMTA e só atua (m) se o vaso for exposto às chamas de um incêndio. Para vasos que contêm gases ou fluidos inflamáveis, a abertura da (s) válvula (s) durante um incêndio pode agravar ainda mais as conseqüências e dificultar a extinção do fogo. Desta forma, para as válvulas que visam aliviar a pressão apenas em caso de incêndio (e não as de processo) adota-se uma pressão de ajuste num valor mais alto, porém, respeitando-se o limite de acumulação de 21%.

As válvulas adicionais instaladas para proteger um vaso de pressão envolvido por um incêndio, devem ter a área do bocal dimensionada considerando-se o volume do líquido que foi vaporizado. Portanto, esta válvula deverá ter uma área de passagem maior que a área do bocal daquelas instaladas para a demanda normal do processo.

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).

Quando as válvulas de segurança e/ou alívio trabalham em série (abre uma e depois a outra) deve-se considerar como pressão de abertura, a pressão de ajuste daquela que abre na pressão mais baixa. As pressões de abertura da segunda, terceira ou outras válvulas devem seguir as prescrições do código de projeto do vaso.

As tensões máximas admissíveis dos materiais de construção dos vasos têm seus valores reduzidos com o aumento da temperatura, devido à redução no limite de escoamento. Se submetidos a temperaturas negativas os valores das tensões admissíveis também são reduzidos, mas agora devido à fragilização.

Quanto ao fluido contido num vaso sujeito a incêndio, com o aumento da temperatura, ele tem tendência a vaporizar, porém, simultaneamente há um aumento de pressão (pressão vezes o volume, e divididos pela temperatura, é constante), e dificultando sua vaporização. O que ocorre é que quando a válvula atua, com o vaso exposto a um incêndio, há uma vaporização intensa do fluido antes que a pressão seja reduzida (esta ocorrência é um fenômeno conhecido por “BLEVE”). Este fenômeno pode causar a explosão do vaso.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



1.20.2 – Válvula de Bloqueio a Montante

O código ASME Seção VIII Divisão I permite a instalação de válvulas de bloqueio a montante e/ou jusante de válvulas de segurança quando protegem vasos de pressão ou tubulações em processos industriais, desde que sejam seguidas algumas regras recomendadas por ele e que estão descritas no Apêndice M, nos parágrafos M5 e M6. Estas regras são definidas a seguir:

De acordo com o código ASME Seção VIII é permitida a instalação de válvula de bloqueio a montante de válvulas de segurança sob as seguintes condições:

- A válvula normalmente é travada com cadeado na posição 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.

Deverão sempre ser utilizadas válvulas de passagem plena (alta recuperação de pressão), tipo gaveta (ou esfera) e travada com cadeado (ou lacrada) 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. Essa válvula de bloqueio, permitida pelo ASME, deve ser somente com acionamento manual. Não é permitida a instalação de válvulas de controle automáticas entre a saída do vaso de pressão e a entrada da válvula de segurança.

Quando forem utilizadas duas válvulas de bloqueio instaladas a montante de duas válvulas de segurança com 100% da capacidade de vazão requerida cada; uma válvula de bloqueio deve ser travada completamente aberta, enquanto a outra é travada fechada. Neste caso a pressão de ajuste de ambas as válvulas de segurança deve ser a mesma e limitada no valor da PMTA do vaso ou abaixo desta. Se ambas as válvulas de bloqueio estiverem travadas na posição aberta isto pode causar *chattering* quando a pressão de ajuste de ambas as válvulas de segurança for alcançada. Essas válvulas de bloqueio também não podem operar em posições parciais de abertura, pois a queda de pressão causada também ocasiona o *chattering*. Esse tipo de instalação tem a vantagem de permitir a programação da manutenção preventiva de cada válvula de segurança e/ou alívio sem interferir com a produção do processo ou com a segurança do equipamento protegido. Assim, a utilização de válvula de bloqueio a montante de uma válvula de segurança e/ou alívio dispensa a drenagem do equipamento protegido para a substituição ou manutenção da válvula de segurança.

Se a capacidade de vazão de ambas as válvulas de segurança for equivalente a 50% da capacidade efetiva do equipamento protegido, e se houver válvulas de bloqueio instaladas, estas devem ser travadas na posição totalmente aberta, porém, nestas aplicações não é permitido que uma das válvulas de segurança seja retirada para manutenção com o vaso de pressão em operação. A pressão de ajuste de ambas deve ser escalonada conforme determina o código ASME seção VIII e API Std. 521.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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 ou isolar esta da caldeira, conforme determinado pelo Código ASME Seção I em P.G. 71.2.

O uso de válvulas gaveta na posição vertical em linhas horizontais, para bloqueio de válvulas de segurança, 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 preparada 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 recomenda o API-RP-520 parte 2, parágrafo 4.3 (d).

A montagem com a haste na vertical pode ser uma prática perigosa, pois se por algum motivo a cunha ou gaveta soltar-se da haste, ela irá isolar a válvula de segurança do equipamento à qual está conectada, dando a falsa impressão de que o equipamento continua protegido, podendo ter conseqüências catastróficas.

Independente da posição que esteja a haste da válvula é recomendada a instalação de um manômetro entre a 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.

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. 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 deve ser ajustada para o valor de menor PMTA entre 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 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, então cada vaso também deve ter a sua própria válvula de segurança.

1.20.3 – 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. 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 inferior arredondado no mínimo em 25% do raio, proporcionando um escoamento livre ao fluxo e não interferindo com a operação da válvula.

Um suporte vertical instalado no cotovelo de descarga elimina o momento fletor que pode ser transmitido à conexão de entrada no momento da abertura 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.

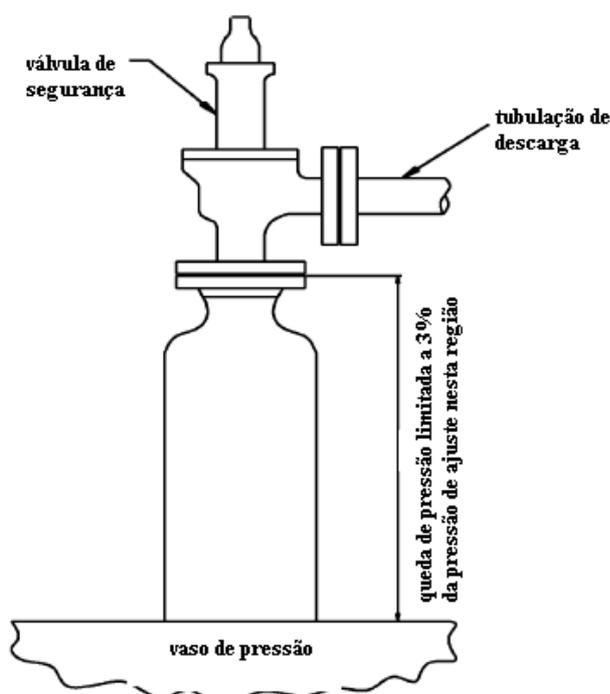
Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



1.20.4 – Queda de Pressão no Tubo de Entrada

Esta é a pressão diferencial existente entre a saída do equipamento protegido e a conexão de entrada da válvula de segurança e/ou alívio. Esta pressão diferencial é produzida pelo atrito do fluxo em escoamento com a parede do tubo. Quanto maior for seu valor, significa que maior será a pressão dentro do vaso e menor será o valor na saída do bocal da válvula.



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 ajuste, 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, proporcionar uma queda de pressão superior a 3% 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.

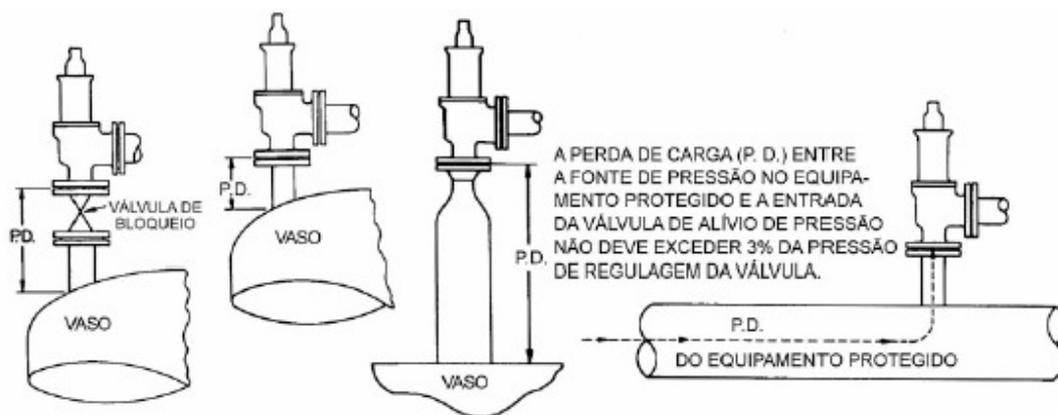
A figura ao lado mostra em que local a queda de pressão deve ser limitada a 3% da pressão de ajuste:

A pressão sob o disco pode aumentar até abrir a válvula de segurança. 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.

Na figura abaixo são mostrados alguns detalhes de típicas instalações de válvulas de segurança e/ou alívio em vasos de pressão ou tubulações:

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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 no cálculo da queda de pressão deve ser a capacidade de vazão efetiva estampada na plaqueta da válvula de segurança. 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, independente de ser convencional ou balanceada.

A pressão estática é aquela indicada nos manômetros (pressão manométrica ou relativa), sendo esta a que faz a válvula abrir. Porém, assim que a válvula abre e começa a aliviar, existe outra forma de energia que tem a função de manter a válvula aberta; esta é a velocidade de escoamento do fluido na saída do bocal. A soma da pressão estática com a velocidade de escoamento do fluido é a pressão dinâmica. Teoricamente a pressão dinâmica não se altera, pois a pressão estática e a velocidade de escoamento do fluido são reversíveis. Assim, quando essa velocidade é reduzida após a saída pelo bocal, a pressão dinâmica não é perdida, pois é convertida em pressão estática. Porém, na prática há perdas por atrito entre o vaso de pressão e a saída do bocal da válvula, sendo essas perdas que devem ser consideradas nos cálculos de dimensionamento.

Assim que a pressão de ajuste é alcançada o fluxo tem início e a pressão na saída do bocal da válvula é menor que a pressão dentro do vaso devido à queda de pressão que ocorre entre estes dois pontos. Quando uma única válvula protege vários equipamentos, a queda de pressão limitada a 3% da pressão de ajuste deve ser verificada entre o último equipamento e a válvula. Esse valor limite é dado para evitar que uma perda de pressão maior no tubo de entrada provoque o fechamento da válvula ocasionando *chattering*. Uma capacidade de vazão menor que a efetiva exige também uma queda de pressão menor. Esse valor não é obrigatório, porém, é considerada uma boa prática de engenharia. Quanto maior for o valor dessa perda, maior deverá ser o valor do diferencial de alívio, ou seja, a queda de pressão no tubo de entrada jamais pode ser superior a 75% do máximo diferencial de alívio esperado. Com isto o ciclo operacional completo da válvula não é afetado.

Qualquer diferença na pressão estática entre o vaso de pressão e a válvula deve ser considerada na determinação da pressão de ajuste. Por exemplo, se a válvula está localizada no topo de um vaso de pressão e este tem uma PMTA de 200 psig e existe uma diferença de 20 psig (10% de queda de pressão

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



entre ambos) a pressão de ajuste da válvula não pode ser maior do que 180 psig. Deve ser considerado que essa pressão tanto no vaso quanto na tubulação de entrada da válvula é praticamente a mesma enquanto a válvula estiver fechada, portanto, a pressão de operação normal do vaso deve ser limitada a 162 psig.

Em instalações redutoras de pressão deve ser considerado que quando a válvula de segurança 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 a 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 está associada com aquelas conexões.

Quando a pressão de ajuste for inferior a 50 psig a prática recomenda que essas perdas por atrito no tubo de entrada sejam superiores a 3% da pressão de ajuste, 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 M7, quanto pelo API RP 520 parte II.

1.20.6 – Tubulação de Saída

A tubulação de descarga de uma válvula de segurança jamais deve ser rigidamente conectada a sua conexão de saída. Isto pode provocar tensões indevidas ou peso excessivo sobre o corpo da válvula.

Como conseqüência 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. As conseqüências de uma instalação mal feita ou mal projetada são ainda piores quanto maior for a pressão de ajuste, temperatura do fluido, altura da tubulação e área do orifício do bocal.

A tubulação de descarga não deve ser tocada pelo tubo de saída da válvula de segurança 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 não poderá reduzir a capacidade de vazão da válvula, abaixo daquela requerida pelo processo para seguramente proteger o vaso ou afetar adversamente a operação correta da válvula.

A redução na pressão causada pela abertura da válvula de segurança permite que o volume específico de um fluido compressível seja elevado. Sendo assim o flange de saída sendo maior reduz a turbulência do fluxo que sai em alta velocidade pelo bocal. A velocidade de escoamento de um fluido compressível, como o vapor d'água saturado pode depender da temperatura e da qualidade do vapor.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



1.20.7 – Força de reação

Esta é a força exercida pela descarga de um fluido compressível no momento da abertura da válvula. Essa força atua diretamente na conexão de entrada entre a saída do vaso e a conexão de entrada da válvula e que tende sempre a empurrar o corpo desta para traz, isto é, em direção oposta ao sentido de escoamento do fluxo.

A maior força de reação atingida por uma válvula de segurança ocorre quando esta alcança sua capacidade máxima de vazão e através de uma tubulação de descarga horizontal, descarregando diretamente para a atmosfera. A contrapressão desenvolvida tem menos influência sobre a força de reação do que a contrapressão superimposta, seja ela constante ou variável. Essa contrapressão constante reduz a força de reação da válvula de segurança no momento de sua abertura de forma inversamente proporcional ao valor dessa contrapressão, ou seja, quanto maior é o valor da contrapressão, menor será o valor dessa força de reação. Vale lembrar que a força de reação praticamente só ocorre com fluidos compressíveis. Para fluidos incompressíveis, a força de reação causada pela abertura de uma válvula de alívio é desprezível, pois não há "ação pop". Se o ponto de saída da tubulação de descarga da válvula de segurança, quando descarrega direto para a atmosfera, for duplo e paralelo ao sentido de escoamento do fluido, a força de reação na conexão de entrada da válvula pode ser minimizada.

1.21 – Inspeção

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.

Retirar para manutenção, num prazo predeterminado (depende da categoria do vaso ou caldeira determinado pela NR13) e fazer teste de recepção para verificar “como a válvula foi encontrada”. Com esse teste pode ser determinado, devido às próprias condições operacionais da válvula, se o prazo de inspeção deve ser alterado. Esse teste é a única forma de saber se a válvula estava operante e de forma confiável de acordo com as necessidades do processo. A válvula deve ser reprovada nesse teste se sua abertura não ocorrer até 10% acima da pressão de ajuste se o fluido for compressível (gases e vapores) ou 20% se este for líquido. A vantagem desse teste é verificar qual seria o desempenho operacional da válvula no processo (abertura, alinhamento dos internos, fechamento e vedação).

O teste de recepção quando for apenas para verificar ou confirmar a estanqueidade da válvula deve ser feito somente na máxima pressão de operação do equipamento, antes que a real pressão de abertura seja verificada. 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.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



Quando a válvula é reprovada no teste de recepção, 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, além das espiras da mola quanto à corrosão, etc. 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.

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.

A frequência de inspeção recomendada de acordo com o fluido também está no parágrafo RB-8410 do NBIC (*National Board Inspection Code*) sendo: 1 ano para vapor d'água; 3 anos para ar comprimido, gases secos e limpos; 5 anos para válvulas combinadas com discos de ruptura e pelo histórico de inspeção da válvula para outros fluidos. Uma frequência de inspeção semelhante a esta também pode ser encontrada no "Guia 10 do IBPG", parágrafo 5.2.1. Portanto, pelo ASME/NBBI e mesmo pelo Guia 10 do IBPG, os prazos entre inspeções dependem somente do tipo de fluido, enquanto pela NR13 esses prazos dependem da categoria do vaso.

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 12 meses. No caso das caldeiras de força 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 aferição 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 mínimo 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 ajuste. 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. Através desse teste é possível se estabelecer um histórico de manutenção e inspeção. 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.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



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.

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 a contrapressão superimposta constante ou variável, devem ter as juntas de vedação entre bocal, corpo, guia, castelo e capuz, testadas no valor da máxima contrapressão esperada para garantir sua estanqueidade.

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 30 psig (2,1 Kgf/cm²) quando o fole for utilizado somente para selagem do sistema de guia e região interna do castelo ou a máxima contrapressão esperada (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.

1.21.1 – Inspeção Após a Revisão

A inspeção após a revisão normalmente é feita numa bancada de testes com Nitrogênio (N²) ou ar comprimido, onde é calibrada 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 possível fazer um teste de vedação de juntas.

Qualquer grau de vedação que possa ser obtido entre disco e bocal numa bancada de testes, com pressão atmosférica e temperatura ambiente não deve ser considerado constante. O manuseio durante o transporte, instalação, os cuidados durante o armazenamento, 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 (éis), baixa ou nenhuma flutuação na pressão de operação do equipamento, além da compatibilidade da pressão, temperatura, e tipo de fluido com os elastômeros (quando utilizados) e materiais do disco, bocal e guia.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



O vazamento nas superfícies de vedação de uma válvula de segurança, principalmente quando operando com vapor d'água, além de ter um efeito erosivo sobre essas superfícies, pode também causar travamento do disco com o suporte do disco, e deste com a guia, tornando a válvula inoperante devido ao diferencial de temperatura causado por esse vazamento.

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.

O valor de pressão do teste deverá ser conduzido a 10% ou 5 psi (o que for maior) abaixo da pressão de ajuste, tanto para as válvulas com sedes metálicas quanto para as válvulas com sede macia.

Alguns dos testes normalmente executados são descritos a seguir:

- **Teste através de dispositivo contador de bolhas:**

Este método é padronizado pelo API Std. 527 no qual um dispositivo é montado na conexão de saída da válvula seja ela roscada ou flangeada, e verificada a quantidade de bolhas que são desprendidas da superfície da água, após a pressão de teste ter sido estabilizada.



A figura ao lado mostra esse dispositivo montado na conexão de saída de uma válvula de segurança:

A tolerância de vazamento é de 40 bolhas por minuto para os orifícios D, E e F; 20 bolhas por minuto para os orifícios de G até T, tanto para as válvulas convencionais quanto para as válvulas balanceadas, ambas com sedes metálicas. Para aquelas com sede resiliente não é permitido vazamentos na pressão de teste. Essa pressão de teste tanto para as válvulas convencionais quanto para as balanceadas com sedes metálicas ou resiliente é de 90% da pressão de ajuste ou 5 psi abaixo desta, o que for maior.

O tempo de teste depende da bitola de entrada da válvula. Um tempo mínimo de 1 minuto para conexão de entrada de 2" ou menor; 2 minutos para as válvulas de 2 1/2", 3" e 4" e 5 minutos para válvulas com conexão de entrada de 6" e acima, são estabelecidos pelo API Std. 527.

O fluido de teste deve ser ar comprimido ou nitrogênio (N²). Essas tolerâncias são válidas para pressões até 1000 psig (70,3 Kgf/cm²), para as pressões de ajuste maiores, multiplica-se o valor da pressão de ajuste pelo número de bolhas correspondentes àquele orifício e divide-se por 1000, o resultado será a tolerância para aquele orifício e naquela pressão.

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



O método através do dispositivo contador de bolhas permite padronizar o tamanho e o espaço entre as bolhas. A válvula de segurança e/ou alívio deve ser somente do tipo com castelo, capuz e alavanca, fechados e vedados. Se houver furo de dreno no corpo, este também deverá estar fechado, portanto, para este teste não pode haver nenhum ponto de escape para algum fluido que venha a vaziar pelas superfícies de vedação do disco e bocal.

- **Teste com água represada no flange de saída e 1/2" acima da superfície de vedação do bocal:**

Esse teste é muito utilizado em válvulas de segurança com conexões flangeadas e castelo aberto ou mesmo fechado, porém, com alavanca aberta, os mesmos utilizados em aplicações com vapor d'água ou ar comprimido. Nesse teste é verificada a quantidade de bolhas desprendidas na superfície da água, não podendo ultrapassar 50% da tolerância permitida pelo API Std. 527 para o sistema através de dispositivo contador de bolhas, independente se a válvula é convencional ou balanceada.

Esse teste é muito preciso e o resultado é imediato. A segurança do inspetor pode ser mantida com a utilização de um espelho para observação.

- **Teste com água em temperatura ambiente:**

A pressão de ajuste da válvula deve ser determinada e demonstrada antes de se verificar a estanqueidade. Com a conexão de saída da válvula cheia de água a pressão na entrada deve ser elevada até a pressão de teste; não podendo ser observado qualquer vazamento pelo tempo de 1 minuto. O vazamento máximo permitido é de 10cm³/hr/pol de bitola nominal de entrada, para sedes metálicas.

Para todos esses métodos apresentados até aqui, somente para as válvulas com sedes resilientes, não são permitidos vazamentos pelo tempo de 1 minuto.

- **Teste no campo com fundo negro no ponto de saída da tubulação de descarga:**

Este método é utilizado para válvulas que operam com vapor d'água e sua vedação pode ser verificada através da colocação de um papel negro na saída da tubulação de descarga. A válvula será considerada estanque se não houver visualização de vapor pelo fundo negro.

O código ASME, na Seção I e na Seção VIII, exige que testes de vedação sejam feitos na própria instalação e com o fluido de processo, numa pressão de operação inferior a pressão de fechamento esperada para a válvula. Isto é, de acordo com o código ASME Seção I no parágrafo 73.4.3, a máxima pressão de operação é a pressão para teste de vedação, mas essa pressão de teste não deve exceder a pressão de fechamento da válvula. As válvulas para vasos de pressão conforme ASME Seção VIII podem ser testadas com ar comprimido ou nitrogênio (N²) de acordo com os padrões industriais (API Std. 527, por exemplo).

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



Outros métodos:

- **Mantendo a pressão de 90% dentro do bocal da válvula:**

A pressão no manômetro não pode ser reduzida dentro de um prazo mínimo de três minutos, considerando-se que todas as conexões da bancada estejam sem vazamentos. Este método evita a oxidação dos componentes internos e do corpo da válvula, além de segurança ao inspetor, quando comparado com o método que utiliza água represada. Este pode ser utilizado tanto para as válvulas de castelo aberto quanto para aquelas de castelo fechado, com sedes metálicas ou resiliente.

- **Teste através de uma fina película de bolha de sabão formada na superfície do flange de saída:**

Esse teste é feito principalmente em válvulas com conexões flangeadas até 1 ½" na saída nas quais é difícil ou impraticável fazer o teste com água represada descrito anteriormente. Para esse método de teste as válvulas também devem ter o castelo, o capuz e a alavanca, fechados e vedados. A válvula será considerada aprovada se a bolha de sabão não estourar no período de 1 minuto. Outros inspetores utilizam papel no lugar da bolha, sendo que este não pode estufar por um período mínimo de 1 minuto.

1.25.1 – 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. Esses valores é a tolerância entre a pressão marcada na plaqueta e a pressão de abertura real da válvula.

Pressão de Ajuste – ASME Seção I

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

Até 70 psig + - 2 psi
Acima de 70 psig + - 3%

Pressão de Ajuste – ASME Seção VIII

5 a 70 psig = -1 a + 2 psi
71 a 300 psig = -1,5 a + 3%
301 a 1000 psig = -5 a + 10 psi

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



Sobrepessão – ASME Seção VIII

Para vasos protegidos por uma única válvula:

Até 30 psig + 3 psi
Acima de 30 psig + 10%

Para vasos protegidos por múltiplas válvulas:

Acumulação máxima = 16%
Até 25 psig = 4 psi
Acima de 25 psig = 16%

OBS: Para situações de proteção contra exposição ao fogo (incêndio) a tolerância é de – 0 % a + 10% da pressão de ajuste, conforme o código ASME Seção VIII, no parágrafo UG – 134 (2).

Válvulas de Segurança e Alívio

Artur Cardozo Mathias



2.1 – Principais Normas de Construção e Inspeção de Válvulas

ASME B 16.5 – Flanges para Tubulações e Conexões Flangeadas em Bitolas de ½” a 24”

ASME B16.11 – Conexões de Aço Forjadas, Roscadas e Encaixe para Solda

ASME B 16.25 – Dimensões das Conexões para Solda de Topo

ASME B16.34 – Válvulas de Aço Flangeadas e com Conexões para Solda de Topo

MSS- SP 6 – Acabamentos para Superfície de Contato dos Flanges

API RP 520 – Dimensionamento, Seleção e Instalação de Dispositivos de Alívio de Pressão em Refinarias.

Parte 1 – Dimensionamento e Seleção. **Parte 2** – 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.

API Std. 527 – Procedimentos para testes de vedação de válvulas de segurança e/ou alívio.

API Std. 2000 – Padrão para Instalação de Válvulas para Alívio de Vácuo em Vasos e Tanques

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. 125 a UG. 137 (Válvulas de Segurança e/ou Alívio, incluindo outros dispositivos de alívio de pressão).

NR 13 – Norma Regulamentadora número 13 do Ministério do Trabalho (Caldeiras e Vasos de Pressão)

Válvulas de Segurança e Alívio

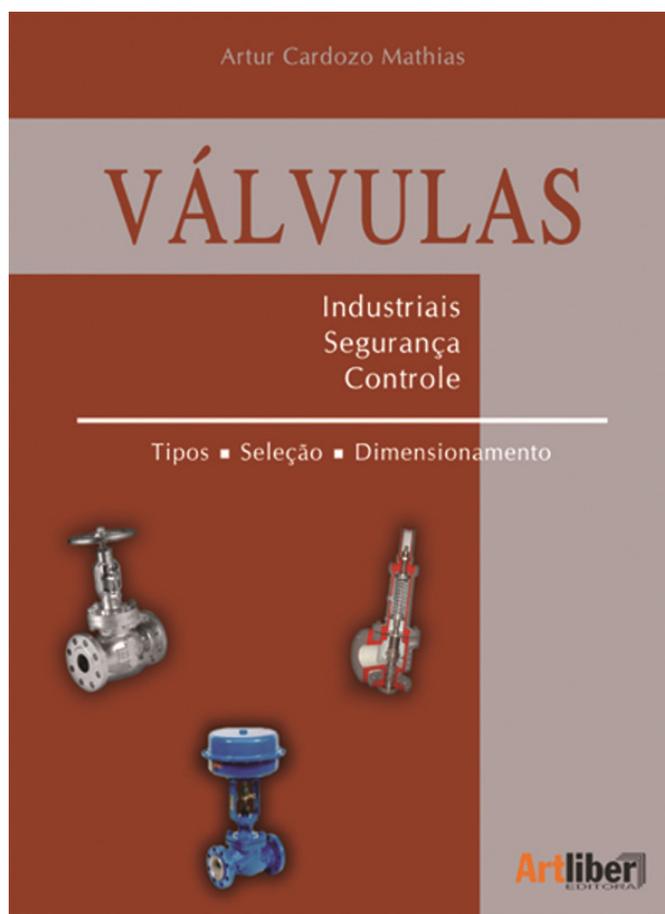
Artur Cardozo Mathias



Referências Bibliográficas

Livro – *Válvulas: Industriais, Segurança e Controle*, Mathias, Artur Cardozo, Artliber Editora – 2008 – 1ª edição – 464 páginas.

Catálogos: AZ –Armaturen, Crosby, Dresser, Durcon-Vice, Engeval, Fluid Controls, Neles, RTS, Velan, Vogt, W. Burger, ASME B16.34, ASME Seção I, ASME Seção VIII (Divisão 1), API RP 520 parte I, API RP 520 parte II, API Std. 527 e API Std. 598.



Maiores detalhes quanto aos principais tipos de válvulas utilizados dentro de um processo industrial, o funcionamento, os materiais de construção, as características construtivas, sua seleção e especificação, cálculos para o dimensionamento do tamanho correto de acordo com a aplicação, além das principais normas e padrões de construção, podem ser vistos no livro *Válvulas: Industriais, Segurança e Controle*, de Artur Cardozo Mathias, Artliber Editora. Sendo este o livro mais completo sobre o assunto já publicado no país.

Sobre o autor: Artur Cardozo Mathias é técnico mecânico industrial e atua a 25 anos na área de manutenção, especificação, dimensionamento e consultoria em válvulas, tendo ministrado cursos e palestras sobre o tema em Empresas, Universidades e Escolas técnicas.

Dúvidas e comentários podem ser enviados ao e-mail do autor: dinizmathias@uol.com.br