

VÁLVULAS DE SEGURANÇA PARA CALDEIRAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS

Autor: Artur Cardozo Mathias

ÍNDICE

<i>INTRODUÇÃO</i>	2
<i>VÁLVULAS DE SEGURANÇA PARA CALDEIRAS</i>	3
<i>VÁLVULAS DE SEGURANÇA PARA VASOS DE PRESSÃO</i>	7
<i>VÁLVULAS SEGURANÇA PILOTO-OPERADAS</i>	13
<i>A MOLA NAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA</i>	14
<i>BOCAL E DISCO</i>	17
<i>VEDAÇÃO DAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA</i>	18
<i>PROTEGENDO O LADO DE BAIXA PRESSÃO DE VÁLVULAS REDUTORAS</i>	19
<i>FENÔMENOS OPERACIONAIS DAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA</i>	20
<i>TOLERÂNCIA DO CÓDIGO ASME PARA CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO</i>	23
<i>CUIDADOS NECESSÁRIOS NO ARMAZENAMENTO, TRANSPORTE E INSTALAÇÃO DE VÁLVULAS DE ALÍVIO E SEGURANÇA</i>	24
<i>FLUXO CRÍTICO</i>	25
<i>FÓRMULAS DE DIMENSIONAMENTO</i>	26
<i>NOMENCLATURA</i>	27
<i>CONCLUSÃO</i>	28

INTRODUÇÃO

A função de toda válvula de segurança instalada em caldeiras ou 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.

Os termos "segurança", "alívio" e "alívio e segurança" se aplicam às válvulas que têm a finalidade de aliviar a pressão de um sistema. Nas indústrias de processo químico em geral, costuma-se chamar todas estas de válvulas de segurança, porém, existem diferenças, principalmente no tipo de fluido e conseqüentemente no projeto construtivo de cada uma.

A válvula de segurança é aplicada em serviços com fluidos compressíveis, como gases e vapores, aliviando o excesso de pressão de forma rápida e instantânea (ação pop).

A válvula de alívio abre gradualmente em proporção ao aumento de pressão do sistema ao qual ela está instalada e após ser atingida a pressão de ajuste. Aplica-se normalmente em serviços com líquidos. Nessas válvulas, o curso de abertura é sempre proporcional à sobrepressão do sistema.

A válvula de alívio e segurança pode operar tanto com gases e vapores ou líquidos, depende da aplicação.

Em muitas indústrias essas válvulas são chamadas de PSV (Pressure Safety Valve) no caso das válvulas de segurança ou PRV (Pressure Relief Valve) para as válvulas de alívio.

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.

Válvula de segurança é um dispositivo de alívio de pressão que existe desde 1682, quando foi inventada pelo físico francês 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.

Em 1848 o inglês Charles Ritchie foi o primeiro a introduzir um meio de aproveitar as forças expansivas do fluido para aumentar o curso de abertura do disco da válvula. Este nada mais era do que um lábio em volta da área de vedação do bocal, porém, era fixo. Hoje no lugar desse lábio existe o anel do bocal, uma peça rosqueada usada para variar a força de abertura da válvula.

Em 1863 Willian Naylor introduziu mais uma melhoria para aumentar o curso de abertura da válvula, aumentando a força reativa. Esta melhoria agora era um segundo lábio em volta do disco, e que hoje em dia é uma "saia" na face inferior do suporte do disco ou um anel superior rosqueado.

As válvulas modernas utilizam os princípios de projeto de ambos para aproveitar as forças reativas e expansivas do fluido de processo para alcançarem o curso máximo e conseqüentemente a vazão máxima.

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 não permite que sejam instaladas válvulas de contrapeso em caldeiras.

Somente a partir de 1869 é que foi inventada a válvula de segurança tipo mola a partir do projeto de dois americanos, George Richardson e Edward H. Ashcroft.

O ASME (American Society of Mechanical Engineers) foi organizado em 1880 como uma Sociedade Técnica e Educacional de Engenheiros Mecânicos.

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.

Em função disto o ASME foi chamado para elaborar um código de projeto. 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).

Esta seção do código tornou-se uma exigência obrigatória em todos os estados dos EUA que reconheceram a necessidade por um regulamento. Foi publicada então em 1914 e formalmente adotada na primavera de 1915.

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

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 no tubulão superior (balão de vapor), da mesma forma em caldeiras elétricas com mais de 1100 KW/hr de potência.

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 tubulão superior. Pelo menos uma válvula de segurança instalada no superaquecedor é obrigatória, independente daquele valor.

Assim, as válvulas instaladas no tubulão superior devem ser responsáveis pela quantidade restante de vaporização da caldeira.

Todas as válvulas de segurança que protegem o corpo da caldeira (tubulão 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 PMTP (Pressão Máxima de Trabalho Permissível) 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 pressão máxima de acúmulo ou acumulação é definida como sendo um aumento de pressão acima da PMTP permitido dentro da caldeira (ou vaso de pressão) com as válvulas de segurança abertas e descarregando. É o mesmo que sobrepressão quando a válvula está ajustada abaixo da PMTP. O valor da PMTP é um referencial para a acumulação permitida de acordo com o código de construção da caldeira ou vaso de pressão.

A sobrepressão é um aumento de pressão acima da pressão de ajuste da válvula, 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 tubulão superior como no superaquecedor.

As válvulas instaladas no tubulão 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.

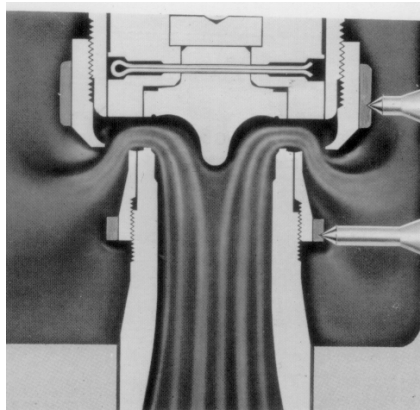
As pressões de ajuste dessas válvulas poderão ter uma diferença máxima de 3% da primeira para a segunda válvula, instaladas no tubulão. Se houver mais que duas válvulas no tubulão, a última válvula deverá ter uma diferença máxima de 3% para a primeira válvula. Para as caldeiras de vapor saturado, a faixa de ajuste dessas válvulas 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 tubulão 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.

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. A montagem destes anéis é mostrada na figura abaixo junto com o bocal, disco e suporte do disco.



O anel inferior (anel do bocal) é usado em praticamente todas as válvulas que operam com fluidos compressíveis, como gases e vapores, tanto em caldeiras, como em processos. O anel superior praticamente só é usado 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.

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, como 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.

Quando a válvula é testada numa bancada em que normalmente o volume desta é bem inferior à 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. Existem projetos que não possuem esses anéis.

O anel superior 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° 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.

O código ASME Seção I exige 4% ou 4 PSI, o que for maior, para o diferencial de alívio das válvulas de segurança instaladas em caldeiras.

O diferencial de alívio de uma válvula de segurança (Blowdown) é a relação entre a pressão de abertura e a pressão de fechamento da válvula, expressado sempre em porcentagem da pressão de ajuste ou em unidades de pressão.

As válvulas de segurança operando no tubulão superior da caldeira têm como fluido o vapor saturado. Este vapor tem a particularidade de que para cada pressão haverá sempre uma temperatura definida (transformação isovolumétrica). Estando no estado superaquecido, esses valores dependerão da temperatura de superaquecimento em relação à temperatura de saturação para aquela pressão. A descarga de vapor saturado por uma válvula de segurança é sempre acumulativa, pois esse vapor oferece uma grande resistência ao escoamento devido à formação de condensado, o que não ocorre com a descarga do vapor superaquecido. Sendo assim, são esperadas algumas variações na posição desses anéis de acordo com a pressão e temperatura.

Nas válvulas de segurança operando em caldeiras em que o diferencial de alívio exigido deve ser de 4% da pressão de ajuste da válvula, esse recurso é muito útil principalmente para as válvulas instaladas no tubulão de vapor, pois qualquer variação no nível de água deste, causa uma conseqüente variação na densidade do vapor e que altera a performance operacional da válvula. Nesse caso, quanto maior for a densidade do vapor, maior também será o diferencial de alívio, pois com o aumento da densidade a velocidade de escoamento é reduzida.

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 sua performance 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, além de aumentar o diferencial de alívio da válvula, pode também aumentar a sobrepressão da caldeira para que o disco de vedação alcance seu curso máximo. 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 usado para esse ajuste é sempre a face inferior do suporte do disco, tanto para o anel superior como o anel inferior. É a partir desta face que é alterada a área de escoamento do vapor por esses anéis e conseqüentemente toda a performance 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 "aumentar" (se necessário) o diferencial de alívio através da redução da área disponível ao escoamento do vapor, formada pelo anel superior e anel do bocal.

Quanto maior for o diferencial de alívio de uma válvula de segurança, tanto na caldeira como no processo, maiores serão as perdas de produto. Por um outro lado, um diferencial de alívio curto demais também pode causar o chattering, principalmente em valores abaixo de 2% da pressão de ajuste.

O volume específico e a temperatura do vapor superaquecido são maiores que a do vapor saturado para a mesma pressão (transformação isobárica).

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 usa-se um fator de correção (Ksh) que adequa esse aumento de volume à

área de passagem do bocal da válvula de segurança. Para vapor superaquecido o valor de K_{sh} 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 K_{sh} são encontrados nos catálogos dos fabricantes.

A válvula de segurança instalada no superaquecedor deverá sempre ser a primeira a atuar no caso de uma sobrepressão da caldeira, com isso haverá sempre um fluxo contínuo 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 como o ASME Seção I 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 devido ao excesso de temperatura causada pela falta de circulação do vapor.

Esse teste deve ser feito de forma individual, ou seja, cada válvula deve ser testada separadamente, de forma decrescente de pressão de ajuste. Para esse teste, a capacidade de vaporização da caldeira deve ser no mínimo 30% superior à capacidade de vazão da válvula de segurança que está sendo testada. Uma capacidade de vaporização menor pode tornar a válvula "superdimensionada" para aquele momento, causando o chattering, além de não permitir a avaliação completa de seu ciclo operacional.

Essa prática que também é conhecida na indústria como "teste real", está sendo substituída, já há algum tempo, por um teste "on-line", no qual um equipamento eletrônico verifica a pressão de ajuste da válvula sem a necessidade de elevar a pressão da caldeira.

Em função de não ser necessário esse aumento na pressão da caldeira, problemas que poderiam ser causados, tais como: fadiga no material dos tubos, devido a um aumento na pressão e temperatura sem necessidade; vazamentos em juntas de flanges ou pelo bocal e disco da válvula no momento da abertura, podem ser evitados com o uso desse tipo de equipamento, além da parada da caldeira para a solução desses problemas.

A função desse teste é aferir apenas a pressão de ajuste da válvula, sendo que o pouco volume de vapor que sai pelo deslocamento do disco não é suficiente para se verificar sua pressão de fechamento. É a montagem correta da válvula, posicionamento de seus anéis de ajuste, nível de água do tubulão de vapor (para as válvulas instaladas neste), alinhamento dos internos e a vedação entre disco e bocal, quem irão determinar sua pressão de fechamento real.

Esse teste é financeiramente bem mais econômico, além de não exigir tanto da caldeira ou da válvula como num teste real, sendo permitido pela NR13.

Para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras cujas pressões de ajuste sejam inferiores a 400 PSIG (28,12kgf/cm²), devem ser mensalmente acionadas manualmente para a verificação do funcionamento de suas partes internas.

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 ASME Seção I, Parágrafo P.G. 68.6.

O castelo aberto 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.

O castelo fechado é usado para proteger a mola contra intempéries ou um ambiente corrosivo; ou quando a válvula opera com pressão no lado da descarga, (contrapressão), mas esta condição não é aceita para válvulas de segurança operando em caldeiras, onde a descarga é feita de forma curta e direta para a atmosfera. O único tipo de contrapressão que até pode ser encontrado em válvulas de segurança operando em caldeiras é a contrapressão

desenvolvida, que ocorre devido a uma tubulação de descarga mal-projetada ou mal-dimensionada.

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.

Para vasos de pressão, o Código ASME Seção VIII permite desde que sejam obedecidas as regras por ele estabelecidas.

O período máximo de inspeções das válvulas de segurança operando em caldeiras dependerá da função da caldeira. As caldeiras de recuperação de álcalis são no máximo 12 meses. No caso das caldeiras de força, 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.



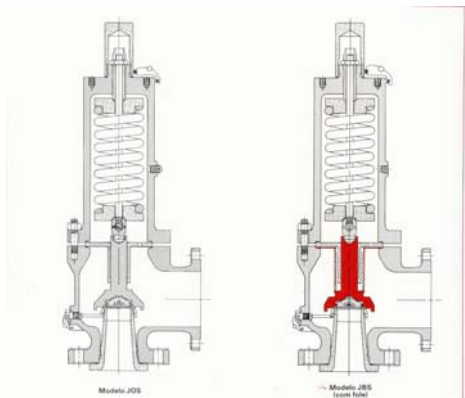
A figura ao lado mostra uma válvula de segurança comumente utilizada em caldeiras e que atende a todas as exigências do código ASME.

Série 2700 (CONSOLIDATED)

VÁLVULAS DE SEGURANÇA PARA VASOS DE PRESSÃO

A diferença básica das válvulas de segurança de caldeiras para as válvulas de segurança instaladas em vasos de pressão está em sua construção.

Uma válvula de segurança quando protege um vaso de pressão dentro de um processo industrial, pode ser tanto convencional ou balanceada, conforme a figura abaixo, depende da aplicação. A principal diferença entre uma válvula convencional para uma válvula balanceada está em seu projeto construtivo.



A figura ao lado mostra uma válvula convencional modelo JOS e uma válvula balanceada com folha (direita) modelo JBS, ambas fabricadas pela CROSBY.

A válvula balanceada 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. 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.

A contrapressão é a pressão que atua no lado da descarga de uma válvula de segurança. Essa contrapressão pode ser superimposta (constante ou variável) ou desenvolvida.

A contrapressão superimposta é aquela que existe na saída da válvula de segurança antes de sua abertura. Ela aumenta a pressão de ajuste da válvula proporcionalmente ao seu valor. A contrapressão superimposta sendo constante, o seu valor deve ser descontado do valor da pressão de ajuste da válvula. Com isto a válvula deverá ser ajustada em bancada num valor que será a pressão de ajuste desejada 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 a 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 altera todas as características operacionais da válvula, como pressão de abertura, pressão de fechamento, curso do disco e capacidade de descarga. Esta contrapressão ocorre antes mesmo que a força gerada na área do bocal (pelo fluido de processo), mais a soma do valor da contrapressão, se equalize com a força da mola. A contrapressão superimposta constante altera a capacidade de descarga de uma válvula de alívio e segurança, somente quando o valor dessa contrapressão excede a pressão crítica do fluido, apenas quando esse for compressível. Esse assunto será abordado mais adiante num texto à parte.

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.

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 atingido 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.

A contrapressão desenvolvida pode ocorrer com mais facilidade nas válvulas de segurança de diâmetros maiores, se estas atingirem a capacidade máxima de descarga, pois a relação entre a área de descarga da tubulação de saída para a área de passagem do bocal é menor nos diâmetros maiores e maior nos diâmetros menores. Quanto maior for essa relação de áreas, menor será a força de reação causada em função da abertura da válvula de segurança.

Por exemplo, uma válvula de segurança tamanho 1"x2", orifício D (0,110 pol²) terá para essa relação um valor de 28,5 , enquanto uma válvula 8"x10", orifício T (26 pol²) terá um valor de 3,02.

Isto significa que a área na tubulação de descarga de uma válvula 8"x10" será de 3,02 vezes maior que a área de passagem do bocal, enquanto uma válvula 1"x2" terá uma área de tubulação de descarga de 28,5 vezes maior que a área de passagem do bocal.

Portanto, o projeto e o dimensionamento da tubulação de descarga se tornam mais críticos, quanto maior for o tamanho da válvula e sua pressão de ajuste.

Para manter essa contrapressão desenvolvida a um valor mínimo é que o flange de descarga e 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 alívio e segurança, pois são projetadas para operar com fluídos compressíveis e quando aliviam a pressão desse fluído, seu volume específico e sua velocidade de escoamento aumentam, reduzindo sua densidade e conseqüentemente sua pressão é reduzida de forma mais rápida. 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. Portanto, a tubulação de descarga de toda válvula de alívio e/ou segurança quando descarrega para a atmosfera deve sempre ser a mais curta e direta possível, apenas para direcionar o fluxo e não criar uma contrapressão que poderia interferir no seu ciclo operacional.

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 variável ou constante. 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 fluídos compressíveis. Para fluídos incompressíveis, a força de reação causada pela abertura de uma válvula de alívio é desprezível , pois não há "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 fluído, a força de reação no flange de entrada da válvula pode ser minimizada.

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 piloto-operada de ação modulante.

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 balanceadas com fole.

A válvula balanceada com fole pode ser usada 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 fluído de processo ou do fluído da própria contrapressão, podendo ser ele corrosivo ou altamente viscoso. Um fluído muito viscoso atuando no sistema de guia de uma válvula de segurança atrasa 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 capacidade de alívio é reduzida.

O castelo de uma válvula de segurança balanceada com fole deve atuar na pressão atmosférica para que o fole se retraia e se estenda livremente durante o ciclo operacional desta. 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) ou a máxima contrapressão esperada (o que for maior), para que seja garantida a integridade do fole. Um possível vazamento poderá ser verificado através do furo de alívio do castelo com o uso de espuma de sabão.

A contrapressão variável atuando numa válvula balanceada com fole quando aberta e aliviando faz com que as forças que mantêm a válvula aberta sejam reduzidas proporcionalmente ao valor da contrapressão. Existem também as válvulas de segurança com fole não-balanceado que são usadas apenas para isolar a parte superior do castelo da válvula, não anulando os efeitos da contrapressão. Se este tipo de válvula for usado sob contrapressão (constante apenas), o valor desta irá reduzir a pressão de ajuste da válvula de segurança de forma proporcional, sendo assim a pressão de ajuste deverá ser compensada, só que agora esta deverá ser aumentada em bancada num valor acima daquele esperado para a válvula abrir, na mesma proporção da contrapressão.

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.

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 um transtorno 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.

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

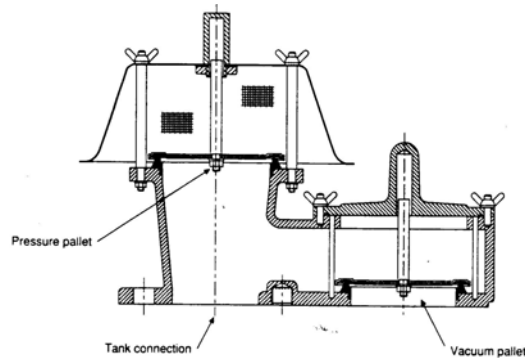
O uso de válvulas de segurança com dois anéis, (o mesmo modelo usado em caldeiras) em processo com pressões elevadas, fazem com que as perdas de fluido durante a descarga sejam reduzidas e o ciclo operacional da válvula seja mais rápido.

Conforme exigido pelo código ASME Seção VIII, todo vaso de pressão que possa ser submetido a uma pressão de pelo menos 15PSIG, deve ter no mínimo uma válvula de segurança ajustada na PMTP do equipamento, com uma acumulação permissível de 10%. Quando for usada mais de uma válvula, a acumulação máxima permitida será 16%. Assim, se ajustarmos a primeira válvula para abrir na PMTP do equipamento, a segunda ou última válvula (se houver mais que duas) deverá ser ajustada no máximo 5% acima da PMTP.

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.

Quando a pressão dentro do vaso for igual ou superior a 15 PSIG utiliza-se válvula de segurança. Quando essa pressão for inferior a 15 PSIG, utiliza-se válvula de alívio para vácuo. No caso de um tanque que possa operar sujeito a vácuo, a função da válvula de alívio 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 ou uma pressão superior a atmosférica, obrigatoriamente deve haver uma válvula para alívio de pressão e vácuo, conforme a figura abaixo. O API-RP-2000 define as práticas recomendadas para a instalação de válvulas de alívio em tanques sujeitos a vácuo.



Válvulas de segurança quando protegem vasos de pressão ou tubulações em processos industriais é permitido pelo Código ASME Seção VIII o uso de válvula de bloqueio na entrada ou saída destas, porém, nesses casos é recomendado o uso de válvula gaveta travada na posição totalmente aberta com cadeado, para evitar um bloqueio inadvertido. As válvulas tipo globo não permitem um fluxo contínuo devido às bruscas mudanças deste dentro da válvula (duas vezes por 90°), causando chattering, devido à alta queda de pressão causada pelo contorno do fluxo, dentro desse tipo de válvula.

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, 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 é recomendada a instalação da válvula gaveta com a haste inclinada para baixo, num ângulo de 45° , conforme 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 se soltar da haste, esta irá isolar a válvula de segurança do equipamento à qual ela está conectada, podendo ter conseqüências catastróficas.

A sobrepresão para as válvulas de alívio e segurança instaladas em vasos de pressão é determinada pelo código ASME Seção VIII, como sendo 10% para gases, vapores e líquidos. Esse valor de sobrepresão permissível é dado de acordo com o tipo de equipamento protegido pela válvula de segurança e das possíveis condições que possam causá-la.

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 sobrepresão necessária para que o curso máximo do disco seja alcançado. Nesse projeto a vazão máxima é conseguida com apenas 10% de sobrepresão, comparando-se com os projetos convencionais. Esse projeto reduz os efeitos erosivos do fluido em escoamento.

Nos modelos em que o suporte do disco é convencional, a sobrepresão é de 25%. Para que essa sobrepresão 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% da vazão total.

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 PMTP. 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.

Um 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 muita 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 blowdown, devido a este anel poder alterar a área formada em conjunto com aquele perfil.

As válvulas de alívio com 25% de sobrepressão para líquidos não são certificadas por este código.

Uma sobrepressão maior resulta numa válvula menor, por isso estas são muito usadas 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 usadas 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. A figura a seguir mostra uma válvula de alívio muito utilizada para baixas vazões ou alívio térmico. 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.



Série 900 da CROSBY

As válvulas de segurança operando em vasos de pressão deverão ter alavanca de acionamento sempre que o fluido for compressível 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 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 acionada, a vedação da válvula poderá ser danificada em função do diferencial de força existente neste momento, entre a força da mola e a força gerada pela pressão do processo (atuando na área 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.

A capacidade de vazão de uma válvula de segurança é a relação entre a área de passagem e a pressão a qual a válvula é ajustada para abrir. Essa área de passagem que é a menor área efetiva existente no bocal é padronizada pelo API-RP-526 e designada por 14 letras que vão desde "D" até "T" (0,110 pol² até 26 pol²), comercialmente disponíveis em tamanhos 1"x2" até 8"x10", respectivamente. Existem válvulas menores e maiores que essas, mas que não são padronizadas por este órgão.

A capacidade de vazão é dada em kg/hr ou Lbs/hr para vapor d'água; SCFM ou m³/hr para gases ou ar comprimido e GPM para líquidos. Essas unidades de vazão são as mais utilizadas, mas existem outras que não foram mencionadas aqui.

Os cálculos necessários para o dimensionamento são encontrados no API-RP-520-Parte 1. 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.

O resultado desses cálculos é de 90% da capacidade de vazão real das válvulas, conforme determinado pelo código ASME Seção I e Seção VIII.

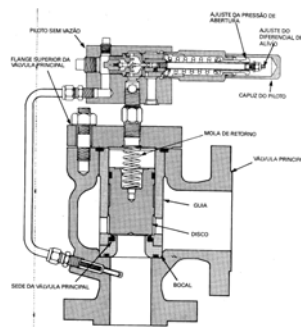
Os testes para aferição da pressão de ajuste que foram comentados para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras, podem ser feitos normalmente em vasos de pressão ou tubulações em processos industriais. O teste on-line só não é recomendado para as válvulas balanceadas com fole em baixas pressões, pois nesta a constante elástica do fole interfere no resultado do teste. Esse teste também não deve ser feito com fluidos que contenham alto teor de sólidos em suspensão ou fluidos viscosos.

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

VÁLVULAS SEGURANÇA PILOTO-OPERADAS

A válvula de segurança piloto-operada é aquela em que a válvula principal é combinada e controlada por uma pequena válvula de alívio auxiliar.

Essas válvulas podem ser de ação rápida ou ação modulante. O piloto pode ser com ou sem escoamento. A figura abaixo mostra uma válvula piloto-operada em que o piloto é do tipo sem escoamento.



Modelo JPV da CROSBY

No piloto sem escoamento, após ser atingida a pressão de ajuste deste, o fluxo pelo piloto é interrompido, fluindo apenas pela válvula principal.

Nas válvulas de ação modulante, o curso de abertura é proporcional à sobrepressão do sistema, mesmo que o fluido seja compressível, diminuindo as perdas durante a descarga. Esse tipo de válvula é recomendado nos casos em que normalmente se usariam múltiplas válvulas do tipo mola numa instalação, para reduzir a pressão do processo de forma proporcional e econômica.

Ambos os tipos são de alta capacidade de alívio e utilizadas onde se necessita de válvulas que ocupem pouco espaço, altas pressões, baixos diferenciais de pressão e altas contrapressões. A válvula piloto-operada de ação pop não precisa atingir a sobrepressão para alcançar a capacidade máxima de vazão, o curso máximo é conseguido na pressão de ajuste.

Nas válvulas de segurança piloto-operadas, quanto mais a pressão de operação se aproxima da pressão de ajuste, mais a força de vedação sobre o disco da válvula aumenta. Isso é uma característica que só ocorre nesse tipo de válvula de segurança, pois áreas diferentes no pistão, (usando a mesma pressão do processo) têm forças resultantes diferentes e que mantêm a válvula de segurança fechada, ou seja, a área superior do pistão gera uma força de fechamento maior que a força de abertura na entrada com a mesma pressão. Sendo assim, no momento da abertura, a pressão sobre o pistão deve ser reduzida até 70% da pressão de ajuste para que as forças atuando sobre o pistão se anulem e a válvula principal possa iniciar sua abertura. Como o volume na parte superior do pistão é pequeno, a pressão é reduzida de forma instantânea.

É esta diferença de área que mantém a válvula principal fechada até o momento exato da abertura. Quando a pressão na parte superior do pistão é aliviada pelo piloto, a válvula abre. Quando a pressão do processo é reduzida, o piloto fecha e novamente pressuriza a área superior do pistão e assim a válvula principal fecha.

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

Todas essas válvulas possuem uma pequena mola na parte superior do pistão e que tem a função de mantê-la fechada, se por algum motivo houver vácuo a montante desta ou durante o início de pressurização do processo.

Numa válvula de segurança acionada com mola, quanto mais a pressão de operação se aproxima da pressão de ajuste, menor é a força da mola sobre o disco da válvula, conseqüentemente um vazamento maior pode ser esperado nesse tipo de válvula, comparando-a com uma válvula piloto-operada.

Devido ao curto blowdown das válvulas de segurança piloto-operadas (aproximadamente 2% da pressão de ajuste) e a vedação resiliente da sede, elas são muito usadas onde a pressão de operação se aproxima muito da pressão de ajuste.

Essas válvulas não têm sua pressão de ajuste afetada pela contrapressão, pois o tubo de alimentação do piloto não entra em contato com o fluido que atua no flange de saída da válvula.

A capacidade de vazão desse tipo de válvula pode ser alterada trocando-se apenas o bocal, mantendo o mesmo corpo e as outras peças internas.

A pressão de ajuste da válvula piloto pode ser alterada no campo, sem que ocorra a abertura da válvula principal.

A MOLA NAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA

Estas são responsáveis por uma parte da performance correta das válvulas de segurança. Toda mola para uso nesse tipo de dispositivo tem uma faixa definida de trabalho.

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, uma variação de 10% para mais ou para menos é aceitável pelas normas de projeto, para pressões de ajuste até 250 PSIG (17,577 kgf/cm²) e 5% para pressões de ajuste maiores, tanto para caldeiras ou 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 deverá ser adquirido do fabricante da válvula. Dependendo do valor da nova pressão que se deseja, a válvula deverá ser redimensionada para confirmar a nova capacidade de vazão ou até mesmo ser substituída.

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.

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, inonel e outros) para temperaturas maiores e os aço inoxidáveis (302, 304, 316), para fluidos corrosivos e temperaturas criogênicas.

Para fluidos extremamente corrosivos, materiais como Monel ou Hastelloy C também são disponíveis.

A mola anula a força resultante formada na área do bocal devido à pressão do fluido e mantém a válvula fechada. A mola "perde" essa força após o início da abertura da válvula. Sua força nunca excede a força do fluido atuando na face inferior do suporte do disco quando a válvula está totalmente aberta. Em função dessa área embaixo do suporte do disco ser maior que a área do bocal, a válvula só irá fechar quando a pressão atuando embaixo do suporte do disco reduzir a um ponto onde a força gerada nesta área for igual àquela da área do bocal no momento da abertura, ou seja, como essa área do suporte do disco é maior, para gerar a mesma força do momento da abertura a pressão deverá ser menor. Em outras palavras, quando a pressão do processo atuando na área de vedação do bocal gerar uma força que se equalize com a força da mola, a válvula abre. E quando essa pressão do processo que está atuando na face inferior do suporte do disco se equalizar com a força da mola, a válvula fecha. Esse comportamento operacional é válido tanto para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras, como em vasos de pressão, em processos industriais.

As figuras abaixo mostram um esquema das forças envolvidas no ciclo operacional de uma válvula de alívio e/ou segurança, sendo ela convencional ou balanceada (por fole ou por pistão).

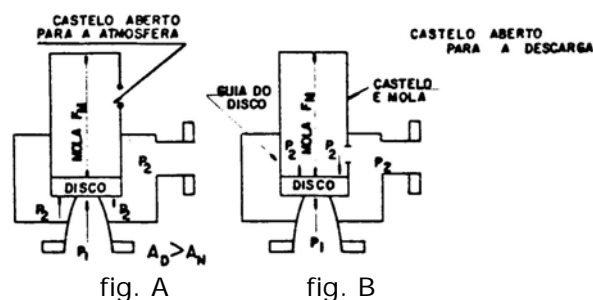


Fig. A) $P_1 \cdot A_N = F_M - P_2 (A_D - A_N)$

Fig. B) $P_1 \cdot A_N = F_M + P_2 \cdot A_N$

Na figura a), como o castelo é aberto para a atmosfera a contrapressão diminui a pressão de abertura da válvula.

Na figura b), o castelo é aberto para a descarga, nesse a pressão de abertura é aumentada pela contrapressão.

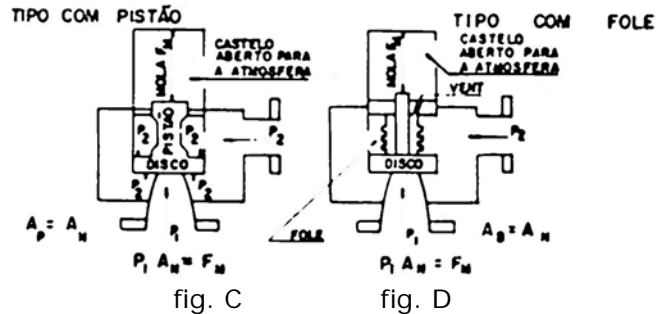


Fig. C) $A_P = A_N$

$$P_1 \cdot A_N = F_M$$

Fig. D) $A_B = A_N$

$$P_1 \cdot A_N = F_M$$

Nas figuras c) e d), como os castelos são abertos para a atmosfera e tanto a área do pistão (figura c), como a área do fole (figura d), são iguais a área do bocal, a contrapressão tem muito pouco efeito na pressão de ajuste.

P1 = pressão de entrada

AN = área do bocal

FM = força da mola

P2 = contrapressão

AD = área do disco

AP = área do pistão

AB = área do fole

Um aperto excessivo na mola com a intenção de aumentar a pressão de ajuste da válvula, pode diminuir o curso de abertura do disco e reduzir sua capacidade de alívio com um conseqüente aumento do diferencial de alívio desta. Quando esta situação ocorre no processo, muitas vezes a pressão de operação deve ser reduzida até um ponto no qual a válvula possa fechar sozinha.

No caso de fluidos compressíveis, pode ocorrer um fenômeno denominado **chattering**, pois com o aumento da pressão, o volume específico diminui e a válvula fica superdimensionada para essa nova condição de processo. Se por um 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 alívio 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. Esses dois fenômenos serão explicados mais à frente e com mais detalhes.

A mola deve sempre trabalhar com uma deflexão máxima de 80% do curso total. (O curso total de uma mola é a diferença entre a altura livre menos a altura sólida). Assim, a mola deve atender a abertura total da válvula sem que a compressão ultrapasse 80% de seu curso. A carga da mola deve ser distribuída de forma concêntrica ao disco e da mesma forma, a força gerada pela pressão do processo na área do bocal, deve ser transmitida à mola. Essa distribuição concêntrica de forças ajuda a garantir a repetibilidade da pressão de ajuste da válvula.

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, como aquela formada pelo curso de abertura do disco tem o mesmo valor e com isso, quem limita a vazão da válvula é a 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 que é a área formada pelo anel do bocal e a face inferior do suporte do disco, também conhecida por orifício anular secundário (a área da garganta do bocal é orifício anular primário). Essa diferença de área existe para que possa compensar o crescente aumento de força da mola durante o período 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 (sobrepessão).

Numa válvula superdimensionada o chattering ocorre, pois não há fluxo suficiente para manter a válvula completamente aberta.

Como o fluido é compressível o disco alcança o curso máximo e sem sustentação a mola fecha a válvula novamente, danificando a vedação. A ocorrência do chattering nesse caso é a falta de sobrepessão no processo que não se torna possível devido ao superdimensionamento da válvula.

Os fabricantes normalmente projetam suas molas com uma reserva de carga abaixo dos 80% exigidos pelas normas. A tensão necessária para ser atingida a pressão de ajuste normalmente é baixa, em média 20 a 25% do curso total da mola. A compressão restante é causada pelo curso de abertura do disco e conseguida através da sobrepessão do sistema.

BOCAL E DISCO

O bocal nas válvulas de segurança, 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 usados em válvulas de alívio e/ou segurança. 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. A entrada é um tanto quanto arredondada onde permite ao fluxo um escoamento laminar e direcionado, ajudando a reduzir a pressão de forma mais rápida.

A área de passagem do bocal tem que ser grande o suficiente apenas para permitir que uma determinada quantidade de fluxo seja aliviada para ocorrer a redução de pressão do processo. 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.

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 bocal o fluido de processo além de entrar em contato 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. Quando a superfície do bocal for revestida com Stellite, este deverá ser laminado para evitar contaminação e possíveis trincas ou poros na solda do revestimento.

Muitas vezes essas peças são feitas do mesmo material, mas podem também ser feitos em materiais diferentes, neste caso o material do disco deve ser mais duro, devido a este ficar totalmente exposto ao fluido em escoamento.

A velocidade de escoamento do fluido na superfície de vedação do bocal praticamente não varia, comparando-se com a velocidade na face de vedação do disco, devido a este se movimentar durante a abertura e fechamento da válvula. Quanto mais próximo da superfície de vedação do bocal estiver o disco, maior será a velocidade de escoamento do fluido.

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:

- ✓ 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 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 como em processos), podem também utilizar um projeto especial de disco. 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 uma 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.

VEDAÇÃO DAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA

A vedação pode ser metal-metal ou resiliente. A metal-metal é a mais usada 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 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 usada 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 à vibrações excessivas;
- ✓ Fluidos com particulados em suspensão;
- ✓ 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 da tubulação de descarga e que possam induzir a válvula ao desalinhamento.

As válvulas com vedação metal-metal têm as superfícies de contato lapidadas para se obter o maior grau de estanqueidade com pouco diferencial de força, atuando entre a área do bocal e a força exercida pela mola.

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

A pressão máxima de operação do processo pode ser usada na bancada para testar a vedação da válvula, porém, esse valor nunca deve ser superior à sua pressão de fechamento.

Para as válvulas de segurança de caldeiras, esse valor deverá ser de 7% abaixo da pressão de ajuste, após um mínimo de 3 disparos (pop's) para a verificação desta.

Para as válvulas de processos, o valor do teste deverá ser conduzido a 10% ou 5 PSI abaixo (o que for maior) para as válvulas com sedes de metal e 5% ou 5 PSI (o que for maior) para as válvulas com sede macia.

O tempo mínimo é dado de acordo com o tamanho do orifício da válvula. Nas válvulas orifícios D, E e F a tolerância de vazamento é de 40 bolhas por minuto; para os outros orifícios (G até T), essa tolerância é de 20 bolhas por minuto, conforme determina o API-RP-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.

Qualquer grau de vedação que possa ser obtido 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 como, alinhamento dos internos, projeto da instalação, posição do(s) anel (is), baixa ou nenhuma flutuação na pressão de operação do equipamento.

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 ao vazamento do que aquelas em que a pressão de ajuste está mais próxima da pressão de operação.

PROTEGENDO O LADO DE BAIXA PRESSÃO DE VÁLVULAS REDUTORAS

Dentro de uma unidade de processo, existem situações em que a Pressão Máxima de Trabalho Permissível (PMTP) de alguns equipamentos são inferiores àquela produzida pela Caldeira, Compressor, etc.

Para reduzir a pressão a um valor compatível com a operação daqueles equipamentos são utilizadas Válvulas Redutoras de Pressão ou Válvulas de Controle com a função de reduzir a pressão.

No lado de baixa pressão dessas válvulas, deverá sempre existir uma válvula de segurança, principalmente se a PMTP do equipamento que está consumindo o fluido for menor que a pressão de entrada da válvula redutora.

A localização da válvula de segurança deverá ser numa região onde não ocorra turbulência devido a redução de pressão. O melhor local será num trecho reto de tubo à uma distância de 8 a 10 diâmetros da saída da válvula redutora de pressão.

Assim como nos outros equipamentos, a seleção e dimensionamento de uma válvula de segurança para essa situação são baseadas na pior condição esperada para o processo, sendo assim, a pior condição é a falha totalmente aberta da válvula redutora.

Desta forma, o volume da entrada e a pressão reduzida na saída da válvula redutora são os parâmetros para se determinar a pressão de ajuste e o tamanho do orifício do bocal, necessários para manter a segurança do processo.

A pressão de ajuste da válvula de segurança deve ser limitada na PMTP do equipamento ou abaixo desta.

Quando houver válvula de bloqueio na entrada da válvula redutora, esta deverá ser aberta lentamente, para que não ocorra a abertura total desta e conseqüentemente da válvula de segurança.

O uso de válvulas redutoras de pressão fazem com que o investimento de capital da instalação sejam menores devido a menor pressão envolvida, porém, para isso a válvula de segurança deve estar instalada e atender aos requisitos de pressão e capacidade de vazão exigidas pelo processo.

FENÔMENOS OPERACIONAIS DAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA

O Chattering, o Simmering e o Flutting são os fenômenos operacionais mais comuns que ocorrem com as válvulas de alívio e/ou segurança. Abaixo, seguem as definições desses fenômenos, suas causas e as soluções:

CHATTERING: é o mais comum encontrado na indústria, este é o movimento rápido e anormal das partes móveis de uma válvula de alívio e segurança em que o disco contacta o bocal. É uma vibração muito forte que ocorre com essas peças no momento da abertura da válvula. Este fenômeno normalmente ocorre com fluidos compressíveis, porém, nos líquidos pode ser encontrado quando a tubulação de entrada para a válvula de alívio é muito longa e induz o líquido a altas velocidades de escoamento.

O chattering é prejudicial à válvula de segurança, pois reduz sua capacidade de alívio, danifica suas partes móveis e suas superfícies de vedação. Após o início do chattering, seu término só ocorre quando a pressão do processo é reduzida a um valor abaixo da pressão de fechamento da válvula e a pressão de operação é restabelecida. As vibrações causadas pelo chattering podem ser transmitidas às tubulações e aos equipamentos conectados às válvulas de segurança.

As principais causas para o chattering são:

- a) válvula superdimensionada;
 - ✓ Uma válvula de segurança nunca deve ser superdimensionada, para não causar chattering. Em situações assim, a seleção de múltiplas válvulas deve ser usada para eliminar essa possibilidade. É recomendado o uso de múltiplas válvulas quando as variações na demanda de fluxo são freqüentemente encontradas, mesmo em operação normal do processo;
 - ✓ a capacidade normal do sistema for menor do que 50% de uma válvula grande. Usando-se duas válvulas, a capacidade de vazão da primeira válvula será baseada na capacidade normal do sistema e a segunda válvula será responsável pela capacidade restante. A soma total das duas válvulas deverá ser igual ou superior à essa capacidade total. Se essas válvulas tiverem tamanhos ou orifícios diferentes, a pressão de ajuste de valor mais baixo também deverá ser da válvula que tem o tamanho ou orifício menor. Esta

- prática limita as perdas de produto ao mínimo possível, assim as válvulas adicionais só irão atuar quando um aumento de capacidade for requerido;
- ✓ a capacidade máxima exigida para o processo requerer uma válvula com a área do orifício maior que "P" (6,38 pol²);
 - ✓ a instalação de duas ou mais válvulas menores, pode se tornar um investimento mais econômico para a instalação do que uma única válvula grande;
- b) anel do bocal muito alto;
 - c) tubulação de descarga mal-dimensionada ou mal-projetada;
 - d) perda de carga muito alta no tubo de entrada.

SOLUÇÕES

(Para causa a)

Redimensionar a válvula utilizando uma válvula com orifício do bocal menor, compatível com a real capacidade de vazão requerida para o processo;

(Para a causa b)

Verifique o ajuste do anel do bocal com o manual do fabricante da válvula;

(Para causa c)

Uma tubulação de descarga mal-dimensionada pode criar uma contrapressão desenvolvida. Por isso, a tubulação de descarga deve ser a mais curta e direta possível.

Tubulações de descarga muito longas e com muitas curvas reduzem a velocidade de escoamento do fluido (quando a velocidade é baixa a pressão é alta e vice-versa) e ainda esta contrapressão que é criada irá atuar no topo do suporte do disco, gerando uma força adicional à força da mola, (se a válvula não for balanceada).

Quando a tubulação de descarga for muito longa, esta deverá ter o seu diâmetro maior que o flange de saída da válvula;

(Para causa d)

O comprimento do tubo de entrada deve ser o mais curto e direto possível, para que a perda de carga causada durante a descarga da válvula seja mantida em no máximo 3% da pressão de ajuste. Porém, quando essa orientação não puder ser seguida devido a própria instalação, este comprimento não poderá ser superior a 5 vezes o diâmetro nominal do tubo.

Os efeitos causados pela força de reação, durante a abertura da válvula de segurança, deverão ser computados no projeto desta tubulação de entrada.

Para as válvulas de segurança instaladas em caldeiras, este comprimento deve ser igual ou menor que a dimensão face a face de uma conexão "T" para o mesmo diâmetro e classe de pressão do tubo de entrada. A perda de carga deve ser limitada a 2% da pressão de ajuste da válvula.

O que ocorre nesses casos é que a queda de pressão faz com que o curso de abertura seja reduzido até que a pressão dentro do equipamento se desenvolva novamente e alcance a pressão de ajuste da válvula, porém, essa queda e desenvolvimento na pressão são causados de forma muito rápida, danificando as superfícies de vedação do disco e bocal. Além da perda de carga causada em tubos de entrada muito longos, há também o problema do momento fletor causado pela força de reação quando a válvula abre e que tende a "dobrar" essa tubulação de entrada, principalmente se a descarga é feita através de um tubo vertical.

SIMMERING: é um vazamento audível ou visível que ocorre numa válvula de segurança operando com fluidos compressíveis. Normalmente este ocorre a 98% da pressão de ajuste da válvula. O principal dano é o desgaste das superfícies de vedação devido à erosão causada pela alta velocidade do fluido escoando nesse momento, além de fadiga da mola e desgaste nas superfícies de guia.

Quando o anel do bocal está muito baixo, este perde parte de sua função e a válvula trepida para fechar e a pressão de abertura e a sobrepressão do processo são elevadas para que a válvula possa alcançar sua máxima capacidade de descarga.

Uma outra causa para o Simmering ocorre em válvulas com castelo fechado e que operam com vapor em alta temperatura. Quando a válvula é ajustada em bancada de testes com temperatura ambiente deve ser feita uma correção na pressão de ajuste em relação à temperatura de processo.

Durante o ciclo de abertura e fechamento da válvula no processo, parte do vapor que está sendo descarregado vai para dentro do castelo onde está alojada a mola. Devido a este aumento de temperatura no material da mola, parte de sua força é reduzida e com isto a pressão de ajuste se aproxima da pressão de operação, podendo ocorrer o simmering. Os fabricantes possuem tabelas para as quais existem valores em porcentagem em relação à temperatura de operação da válvula, para que seja feito um ajuste em bancada de teste, numa pressão um pouco maior que a requerida para o processo, para compensar o relaxamento da força da mola. Este procedimento não é necessário para as válvulas com castelo aberto.

Quando as superfícies de vedação do bocal e disco são mais largas que o mínimo necessário, parte da força da mola é reduzida quando a válvula trabalha com pressões abaixo de 50 PSIG, podendo reduzir sua pressão de ajuste.

Foi mencionado há pouco que a constante elástica da mola pode mudar dependendo de seu material e sua temperatura de alívio quando o castelo é fechado, não ocorrendo a troca térmica da mola com o ambiente externo. Porém, quando a válvula possui castelo fechado, além do relaxamento da força da mola, pode também ocorrer a expansão do corpo e castelo reduzindo também o aperto do parafuso de ajuste, devido a constantes aberturas da válvula com conseqüente aquecimento dessas peças.

Outras medidas corretivas que podem ser tomadas são:

Limite a pressão de operação normal do equipamento protegido em 10% abaixo da pressão de ajuste da válvula, lembrando sempre que para equipamentos protegidos por uma única válvula a pressão de ajuste deve ser limitada na PMTP desse equipamento ou abaixo desta.

Em relação à posição do anel do bocal, ajuste este conforme determinado pelo manual do fabricante da válvula.

FLUTTING: este é um fenômeno parecido com o chattering, porém, não ocorre o contato físico entre disco e bocal. Portanto as superfícies de vedação dessas peças não são danificadas, mas as superfícies de guia podem ser.

O curso de abertura e conseqüentemente a vazão da válvula ficam "flutuando". Por ser um fenômeno semelhante ao chattering, porém, com menor intensidade, as causas e as ações corretivas são semelhantes.

Um ajuste incorreto dos anéis também pode contribuir para a ocorrência do flutting, devido a pouca vazão através destes anéis, em relação à área de passagem do bocal. Ocorre principalmente nas válvulas instaladas no superaquecedor. Este ajuste incorreto acaba tendo como conseqüência, um maior diferencial de alívio.

TOLERÂNCIA DO CÓDIGO ASME PARA CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO

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

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%

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

De acordo com o código ASME Seção VIII (Vasos de Pressão não-submetidos a fogo), um diferencial de alívio de 7% é requerido apenas para certificação da capacidade de descarga da válvula. Porém, para as válvulas instaladas, o Apêndice M-11b (não-obrigatório), desta mesma norma, diz que esse diferencial de alívio deverá ser de 7%. Os fabricantes produzem suas válvulas para que o diferencial de alívio fique dentro deste valor, independente da obrigatoriedade ou não da norma. Sendo assim, para fluídos compressíveis como gases, vapores, ar comprimido ou vapor d'água, esse valor é conseguido facilmente dentro de um processo industrial.

Para as válvulas instaladas de acordo com o código ASME Seção I (Caldeiras), parágrafo P.G. 72.1, as válvulas de segurança ajustadas abaixo de 100 PSIG, o valor do blowdown pode ficar entre 2 e 4 PSI. Para as válvulas ajustadas em 100 PSIG e maiores, a válvula deve fechar numa pressão não menor do que 96% da pressão de ajuste. O blowdown mínimo deve ser 2% abaixo dessa pressão de ajuste.

Nas instalações com múltiplas válvulas, (como nas caldeiras acima de 500 pés²), todas as válvulas devem reassentar, antes que a válvula de menor pressão de ajuste feche com 4% de blowdown.

CUIDADOS NECESSÁRIOS NO ARMAZENAMENTO, TRANSPORTE E INSTALAÇÃO DE VÁLVULAS DE ALÍVIO E SEGURANÇA

As válvulas de alívio e/ou segurança devem ser guardadas 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 repetibilidade da pressão de ajuste da válvula.

A válvula de alívio e/ou segurança 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.

Toda válvula de segurança deve ser transportada e armazenada em pé e com muito cuidado 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.

Os parafusos devem ser apertados igualmente e de forma cruzada, para garantir o alinhamento correto dos flanges da válvula com os flanges do equipamento protegido e da tubulação de descarga, sem haver deformação do corpo da válvula ou do flange do equipamento em que ela está sendo montada.

Verifique antes da instalação, se o material da junta a ser usada é compatível com o fluido de processo. O material dos estojos e porcas também merece uma atenção especial, pois muitas vezes o material destes poderá ser compatível com o fluido de processo, porém, normalmente eles não entram em contato com essas peças (ou pelo menos não deveriam), ao menos que ocorresse um vazamento pela junta. Mas muitas vezes o ambiente, devido à umidade atmosférica, pode ser que seja corrosivo e nesse caso o material dos estojos e porcas deverão ser compatíveis com o ambiente ao qual a válvula de alívio e/ou segurança está instalada.

A tubulação vinda do equipamento protegido para a conexão de entrada da válvula deverá ser no mínimo do mesmo diâmetro desta conexão.

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 de fluxo em todos esses equipamentos.

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 vazão 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 há 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, 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 criar uma contrapressão, devido a coluna d'água formada dentro dessa tubulação.

Se para cada 10 metros de altura, essa coluna cria 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 PMTP do equipamento a ser protegido, pode se tornar 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.

FLUXO CRÍTICO

As válvulas de segurança convencionais quando operam com fluídos compressíveis, sob contrapressão superimposta constante, têm sua capacidade de alívio reduzida quando o valor dessa contrapressão é superior a aproximadamente 54% da pressão de alívio absoluta, dependendo do fluído. Qualquer valor de contrapressão abaixo dos 54% faz com que a capacidade de alívio seja limitada pela área da garganta do bocal, ou seja, qualquer redução no valor da contrapressão não causará adicionais aumentos na vazão através da válvula.

De acordo com o coeficiente de expansão isentrópico (valor k) do gás, esse valor de contrapressão pode variar.

Por exemplo, o valor de K do acetileno é igual 1,28 e terá um valor de pressão de fluxo crítico (pfc) de 52,88% da pressão de alívio absoluta, mas um outro gás como o Hélio que tem um valor de K= 1,658, terá um valor de pressão de fluxo crítico = 48,83%.

Na prática, costuma-se dizer que a pressão de fluxo crítico só ocorre quando o valor da contrapressão é igual ou inferior a 50% da pressão de alívio absoluta, porém, para cada gás, teoricamente esse comportamento durante o escoamento pode variar.

Quando o valor da contrapressão excede esses valores, ocorre uma redução na capacidade de alívio da válvula. Para esses casos um fator de correção (fator Kb) é utilizado para adequar o tamanho do orifício de passagem do bocal a essa condição de escoamento, que no final resulta numa área de passagem maior.

Em outras palavras, o fluxo crítico (ou pressão crítica) é o mesmo que dizer que o fluxo está atingindo a velocidade sônica na saída do bocal da válvula. E quando a contrapressão excede 54% da pressão de alívio absoluta o fluxo é denominado subcrítico, ou seja, a vazão e a velocidade de escoamento são influenciadas proporcionalmente pela contrapressão e seus valores na saída do bocal são menores que a velocidade sônica.

A mudança de Fluxo Crítico para Fluxo Subcrítico ocorre quando a pressão na saída do bocal da válvula é de aproximadamente 54% da pressão absoluta na entrada do bocal.

Fluxo crítico ou pressão crítica, na literatura americana, é chamado de **Choked Flow** (vazão bloqueada).

A fórmula a seguir é usada para verificar se o fluxo é crítico ou subcrítico,

$$P2 = P1 \times \left(\frac{2}{K + 1} \right)^{\frac{K}{K-1}}$$

Por exemplo, de acordo com a fórmula dada, para um gás como o acetileno em que o valor **k** é igual a 1,28, se a pressão de alívio absoluta na entrada do bocal de uma válvula de segurança for de 250psia, a vazão dessa válvula será materialmente reduzida se o valor da contrapressão for superior a 137,34 psig, ou seja, acima de 54,93% da pressão de alívio absoluta na entrada do bocal.

O valor de **k** de um gás é obtido através da relação Cp/Cv; onde Cp é a razão dos calores específicos de um gás a uma pressão constante e Cv é a razão dos calores específicos desse gás a um volume constante.

FÓRMULAS DE DIMENSIONAMENTO

A seleção, especificação e o dimensionamento de válvulas de segurança só devem ser feitos por pessoas comprovadamente qualificadas nesse tipo de equipamento. As fórmulas abaixo são apenas uma amostra daquelas que são usadas para se chegar a um determinado modelo (de acordo com o código de fabricação) e tamanho da válvula a ser instalada.

As fórmulas a seguir são utilizadas para se encontrar a capacidade de vazão das válvulas de segurança e que normalmente são encontradas nos catálogos dos fabricantes.

Estas são apenas um exemplo, mas existem dezenas de fórmulas para se encontrar a área de passagem do bocal de acordo com a capacidade de vazão requerida ou a capacidade de vazão efetiva das válvulas de segurança de acordo com a área de passagem do bocal, sua pressão de ajuste e o tipo de fluido.

Geralmente os fabricantes têm suas próprias fórmulas desenvolvidas para suas válvulas e que são aceitas pelas normas. A partir do resultado desse cálculo, deve ser utilizada uma válvula cuja área efetiva do bocal seja imediatamente superior ao resultado encontrado.

Vapor D'água

$$W = 51,5 \times A \times P \times Kd \times Kb \times Kn \times Ksh$$

Caldeiras

$$W = (51,45 \times A \times P \times Kd \times Kn) \times 0,9 \times Ksh$$

Gases e Vapores

$$SCFM = \frac{1,175 \times A \times P \times C \times Kd \times Kb}{\sqrt{GTZ}}$$

Líquidos

$$GPM = \frac{38 \times A \times Kd \times Kw \times Kv \times \sqrt{P1 - P2}}{\sqrt{G}}$$

Obs: Os fabricantes de válvulas de segurança não são obrigados a produzir suas válvulas com a mesma área efetiva publicada no padrão API-RP-526, mas a obrigação desses é produzir uma válvula em que a capacidade de descarga seja igual ou superior à capacidade de descarga determinada através das fórmulas encontradas no API-RP-520 parte 1.

O API é um padrão adotado pelo código ASME Seção VIII quanto a dimensões de centro a face, instalação e manutenção, fórmulas de dimensionamento e área de descarga do bocal.

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 alívio e/ou segurança de acordo com as regras estabelecidas por este.

NOMENCLATURA

W=capacidade de vapor d'água requerida, em LBS/HR.

A= área de passagem do orifício requerido, em pol², conforme tabela abaixo.

P=pressão de alívio absoluta em PSIA, (pressão de ajuste + sobrepressão + pressão atmosférica).

P1= pressão de alívio manométrica para líquidos, em PSIG, (pressão de ajuste + sobrepressão).

P2= contrapressão, em PSIG.

Kd= coeficiente de descarga =0,975 (obtido através da relação entre a vazão real pela vazão teórica).O valor acima é determinado pelo API-RP-520 parte 1, porém, cada fabricante tem o seu próprio valor, pois este é em função da geometria do bocal e dos internos da válvula.

Ksh= fator de correção para vapor d'água superaquecido de acordo com a pressão e temperatura de superaquecimento em relação à pressão e temperatura do vapor saturado.

SCFM= capacidade requerida do ar ou gás, em pés cúbicos por minuto padrão.

GPM= capacidade requerida do líquido, em galões por minuto (americanos).

G= densidade do gás (ar=1) ou (água=1) na temperatura de alívio. Se o valor usado para essa densidade estiver numa temperatura de alívio menor, o resultado final será mais seguro.

T=temperatura absoluta de entrada, °F+460.

Z=fator de compressibilidade para o desvio de um gás real para um gás perfeito, correspondente à temperatura e pressão na entrada da válvula, (se este valor não for disponível, use um valor de 1,0 para um resultado conservador).

C= constante de escoamento do gás ou vapor (tabelado de acordo com o fluido).

k= razão dos calores específicos, Cp/Cv. Este valor é constante para um gás ideal. Se esta razão não for conhecida um valor de k = 1,001 e C = 315 resultam num cálculo mais seguro da área do orifício da válvula.

Kb= fator de correção de escoamento do fluido para contrapressões acima da pressão de fluxo crítico.

Kw= fator de correção de escoamento para gases e vapores, para contrapressões variáveis. Aplica-se somente para válvulas balanceadas.

Kn= fator de correção Napier, aplicado em cálculos para vapor d'água com pressões de ajuste entre 1500 e 3200 PSIG.

Kv= fator de correção da viscosidade para líquidos.

Obs: a inclusão do valor da pressão atmosférica, 14,696 psi (1,033kgf/cm²) no cálculo de dimensionamento de válvulas para fluidos compressíveis, tem por objetivo anular os efeitos desta no momento da abertura real da válvula de segurança.

Abaixo segue as áreas efetivas e os respectivos diâmetros de passagem dos bocais de acordo com o tamanho das válvulas de segurança, conforme determinado pelo padrão API-RP-526.

Tamanho da Válvula	Orifício	Área Efetiva	Diâmetro
1" x 2"	D	0,110 pol ²	9,5 mm
1" x 2"	E	0,196 pol ²	12,7 mm
1.1/2" x 2"	F	0,307 pol ²	15,9 mm
1.1/2" x 2.1/2"	G	0,503 pol ²	20,3 mm
1.1/2" x 3"	H	0,785 pol ²	25,4 mm
2" x 3"	J	1,287 pol ²	32,5 mm
3" x 4"	K	1,838 pol ²	38,8 mm
3" x 4"	L	2,853 pol ²	48,4 mm
4" x 6"	M	3,6 pol ²	54,4 mm
4" x 6"	N	4,34 pol ²	59,7 mm
4" x 6"	P	6,38 pol ²	72,4 mm
6" x 8"	Q	11,05 pol ²	95,3 mm
6" x 8"	R	16 pol ²	114,65 mm
8" x 10"	T	26 pol ²	146,1 mm

CONCLUSÃO

Toda indústria que possui vasos de pressão ou caldeiras, obrigatoriamente têm em sua planta, válvulas de alívio e/ou segurança para a proteção dos equipamentos.

Essas válvulas previnem indesejáveis aumentos de pressão além dos limites considerados perigosos.

Portanto, são dispositivos auto-operados e auto-suficientes que têm que operar de forma confiável e precisa a partir do momento em que outros instrumentos usados para controlar a pressão desses equipamentos falharem. Por isso a válvula de segurança e/ou alívio apesar de sua simplicidade de construção é considerada o "último recurso" para a proteção contra a sobrepressão de um sistema. Ela tem um papel essencial dentro de uma unidade de processo.

A palavra "segurança" impõe respeito em qualquer segmento que ela seja usada. Quando uma válvula de segurança dentro de um processo industrial ou caldeira é acionada, devido a um aumento de pressão, isto é um "aviso" de que alguma coisa fora do normal está acontecendo.

Portanto, o objetivo principal de uma válvula de alívio e/ou segurança numa indústria que possui equipamentos sob pressão é a prevenção de danos a esses equipamentos, evitar ferimentos ao pessoal envolvido e proteger o capital investido, além de uma proteção à comunidade e ao meio ambiente.

Dúvidas e comentários poderão ser enviados ao e-mail do autor:

dinizmathias@uol.com.br