

Manual de Instalação de Dispositivos de Segurança em Vasos de Pressão

Parte 2: Discos de ruptura *rupture disk devices* e pinos de ruptura *pin devices*

Nota:

Para informações complementares, consultar o *post* Manual de Instalação de Dispositivos de Segurança em Vasos de Pressão Parte 1 – Informações técnicas gerais sobre dispositivos de alívio de pressão

1. Aplicação dos dispositivos de fechamento não automático do tipo disco de ruptura e pino de ruptura

Para a proteção de equipamentos e sistemas de tubulações de unidades industriais, com refinarias de petróleo, petroquímicas, siderúrgicas e fábricas de produtos químicos e alimentícios são utilizados dispositivos de segurança e alívio de pressão, que eliminam o excesso de pressão interna ou vácuo.

Os dispositivos de alívio de pressão e segurança mais utilizados são as válvulas de alívio de pressão e os discos de ruptura, que, com características de construção e de funcionamento diferentes, conseguem alcançar o mesmo objetivo: impedir a elevação da pressão interna além do valor de projeto ou da PMTA-Pressão Máxima de Trabalho Admissível do equipamento ou tubulação.

A válvula de alívio de pressão, operada diretamente por mola e acionada pela pressão interna, é de fechamento automático, isto é, após a abertura para o alívio da sobrepressão interna torna a fechar, hermeticamente, sem parar a operação do equipamento ou sistema pressurizado.

Já os discos de ruptura não tornam a fechar, após a abertura para o alívio do excesso da pressão, sendo necessário parar o equipamento ou a instalação, para reposição.

1.1. Proteção de Vasos de Pressão

As válvulas de alívio de pressão e os discos de ruptura são usados para a proteção de vasos de pressão e sistemas de tubulações, projetados e construídos conforme o Código ASME Section VIII Division 1 - *Rules for Construction of Pressure Vessels Code*.

O Código ASME VIII-1 permite também o uso de dispositivos, que não são de fechamento automático ("*non-reclosing devices*"), tais como disco de ruptura (em que um disco metálico mantém o dispositivo fechado) e pino de ruptura (em que um pino metálico tensionado mantém o dispositivo fechado).

Um dispositivo de alívio de pressão do tipo de fechamento não automático é projetado para permanecer aberto após a abertura, portanto, a substituição ou reposição de um novo disco ou pino requer que o equipamento ou sistema pressurizado seja retirado de operação.

Aplicações possíveis dos dispositivos de disco ruptura e pino de ruptura, de acordo com as regras do Código ASME VIII-1, são as seguintes:

- Use como dispositivo único de alívio de pressão;
- Use como proteção adicional ou secundária ou reserva em equipamentos e sistemas críticos;
- Use combinado com uma válvula de alívio de pressão, instalado à montante ou à jusante da válvula de alívio de pressão.

Portanto, válvulas de de alívio de pressão, discos de ruptura e pinos de ruptura podem ser utilizados separadamente ou em conjunto, para a proteção de equipamento tipo vaso de pressão e sistema de tubulação pressurizados.

Esta combinação de disco ou pino de ruptura e válvula de alívio de pressão é cada vez mais comum em aplicações de óleo&gás, refinarias de petróleo e petroquímicas.

1.2. Proteção de Caldeiras de Vapor

O Código ASME Section I - *Rules for Construction of Power Boilers Code*, para projeto e construção de Caldeiras de Vapor requer somente o uso de válvulas de alívio de pressão, para a proteção da Caldeira.

Cada caldeira deve ter pelo menos uma válvula de alívio de pressão ou até duas ou mais válvulas de alívio, dependendo da área ou superfície de aquecimento de água de tubo nu da parede d'água, instaladas à entrada do Tubulão de Vapor.. .

A capacidade de alívio mínima exigida das válvulas de alívio de pressão, para todos os tipos de Caldeiras, não deve ser inferior à capacidade máxima de vapor gerado na PMTA-Pressão Máxima de Trabalho Admissível da Caldeira, conforme determinado pelo Fabricante

Os componentes da Caldeira de Vapor como o Economizador, o Superaquecedor e o Reaquecedor devem ser fornecidos com válvulas de alívio de pressão individuais de proteção contra sobrepressão, de acordo com os requisitos da Seção VIII, Divisão 1, UG-125 a UG-140, conforme determinado pelo Fabricante.

Nota:

Não devem ser utilizados os dispositivos de fechamento não automático, como discos e pinos de ruptura em sistemas pressurizados de Caldeiras de Vapor..

Somente em Vaporizadores de Fluido Orgânico, o Código ASME Section I permite o uso de um disco de ruptura instalado entre a válvula de alívio de pressão e o Vaporizador, para minimizar a perda por vazamento de material através da válvula de alívio de pressão.

1.3. Aplicações dos discos e pinos de ruptura

Tanto os pinos de ruptura quanto os discos de ruptura oferecem vantagens sobre as válvulas de alívio de pressão, em aplicações onde há a possibilidade de uma rápida acumulação de pressão e o alívio instantâneo é requerido, por ex. em:

- Processos com reações endotérmicas ou exotérmicas presentes no equipamento;
- Reações de combustão com deflagração ou com detonação, no interior do equipamento;
- Em equipamentos e tubulações sujeitos a golpe de ariete;
- No caso de rompimento de tubos em feixes tubulares de permutadores de calor.

Pinos de ruptura e discos de ruptura sobressaem nessas aplicações, tendo em vista permitem abertura total em tempos de resposta de milissegundos.

A pressão de abertura da válvula de alívio de pressão ou de ruptura do disco ou pino é denominada pressão de ajuste ou *set pressure*, que é a pressão interna em que a válvula de alívio é marcada para abrir e o disco ou pino de ruptura é calibrado para romper, quando ocorrer o aumento da pressão do equipamento ou sistema protegido. Essa pressão que leva à ruptura é função da temperatura de projeto do disco ou pino de ruptura

Os tipos de dispositivos de alívio de pressão que não fecham automaticamente após abertos são mostrados na figura a seguir.

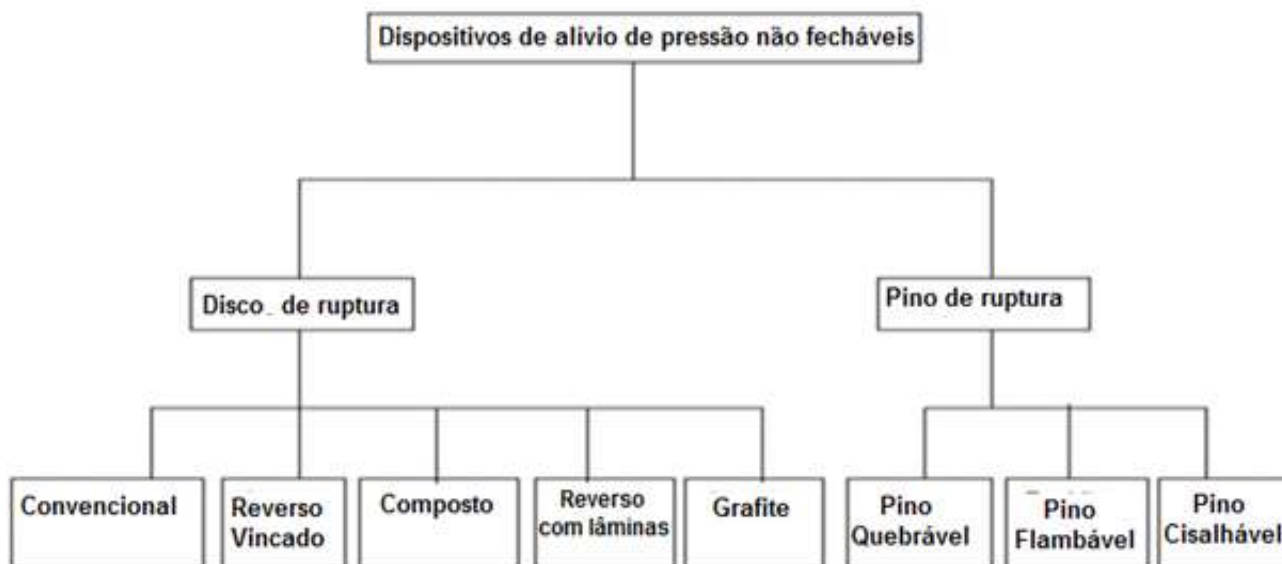


Figura: Tipos de dispositivos de alívio de pressão do tipo de não fechamento automático

No entanto, o dispositivo tipo disco de ruptura, pela sua facilidade de construção, são mais utilizados que os de pino de ruptura

2. Esquemas do disco de ruptura e do pino de ruptura

Existem dois dispositivos básicos de fechamento não automático, para alívio de pressão, descritos na Section VIII Division 1 do Código ASME: o pino de ruptura e o disco de ruptura.

Os dispositivos de proteção contra excesso de pressão, que não fecham automaticamente após a abertura (“*non-reclosing devices*”), tipo disco de ruptura e pino de ruptura, podem ser utilizados em vasos de pressão, conforme código ASME VIII-1, e em sistemas de tubulação, conforme Norma

ASME B31.3, porém não são aceitáveis para uso em caldeiras de vapor, conforme código ASME Section I.

A principal ressalva sobre o uso destes dispositivos de alívio é que, uma vez rompidos permanecem abertos, o que obriga a parada da instalação industrial, para a reposição de um novo disco ou novo pino. E a planta industrial só pode partir, novamente, após a montagem e testes do novo disco ou pino de ruptura.

O Código para vasos de pressão ASME VIII-1 estabelece as diretrizes para o uso de disco ou pino de ruptura em série com válvulas de alívio de pressão.

Os discos de ruptura podem ser utilizados tanto à entrada como à saída da válvula de alívio de pressão, porém os pinos de ruptura só podem ser instalados na entrada e nunca na saída.

Na realidade, o emprego de discos de ruptura ainda não está tão disseminado na indústria de óleo&gás e o de pinos de ruptura menos ainda.

Porém, há grande potencial de crescimento quanto mais as indústrias sejam pressionadas pela legislação ambiental, particularmente a utilização dos discos de ruptura reversos em combinação com as válvulas de alívio de pressão.


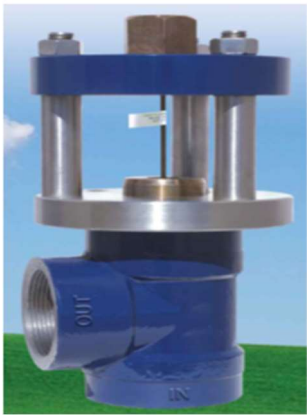

Normalmente, os fabricantes de válvulas de alívio de pressão fornecem os discos de ruptura e algumas também fornecem os pinos de ruptura, para proteção adicional ou secundária ou reserva *backup* em equipamentos e sistemas críticos,

No disco de ruptura, é o disco o elemento que falha estruturalmente ao ser submetido a uma pressão elevada, acima da sua pressão de ruptura, na temperatura correspondente.

No caso do dispositivo com pino de ruptura, é o pino que flamba ou se deforma ou quebra, aliviando a pressão, também na temperatura correspondente.

Ambos devem ter a certificação da capacidade da vazão de alívio conforme estabelecido no código ASME Section VIII Division 1 e marcados com a Marca de Certificação ASME UD.

A seguir são apresentados, um dispositivo de disco de ruptura e um dispositivo de pino de ruptura.

Dispositivo disco de ruptura	Dispositivo pino de ruptura	Marca de Certificação Oficial do ASME UD
		 <p data-bbox="1230 1469 1278 1503">UD</p> <p data-bbox="1062 1514 1442 1570">Para dispositivos de alívio de pressão sem religamento</p>

Os parágrafos do Código ASME Sec VIII Div 1 aplicáveis aos dispositivos, discos de ruptura e pinos de ruptura, respectivamente são os seguintes:

UG-127 Nonreclosing Pressure Relief Devices

UG-137 Minimum Requirements For Rupture Disk Devices.

UG-138 Minimum Requirements For Pin Devices

3. Informações do pino de ruptura

3.1. Introdução

A tecnologia do Pino de Ruptura *Rupture Pin* foi desenvolvida em 1986, na Europa, para resolver problemas em discos de ruptura.

Nos Estados Unidos, a tecnologia de pino de ruptura foi introduzida em 1990.

Em maio de 1990, o código ASME aprovou o uso do pino de ruptura, permitindo a utilização de dispositivos de pinos de ruptura projetados, construídos e certificados conforme o Código ASME Section VIII.

O dispositivo tipo pino de ruptura é um dispositivo de alívio de pressão, sem religamento, ou seja, que não fecha após a abertura, acionado pela pressão estática na entrada e projetado para funcionar pela ativação da seção de um pino, de forma circular ou não, que suporta pressão de um equipamento ou sistema pressurizado.

É acionado pela pressão estática interna do equipamento ou sistema pressurizado e projetado para funcionar pela deformação ou rompimento da seção transversal de um pino, de forma circular ou não, que suporta e contém a pressão interna do vaso de pressão.

Os dispositivos de pino de ruptura são frequentemente utilizados em aplicações em que os discos de ruptura devem ser substituídos por falhas frequentes.

A substituição de disco de ruptura por dispositivo com pino de ruptura permite que a pressão de abertura funcione ligeiramente mais próxima da pressão de operação, o que pode significar um aumento de capacidade do equipamento.

O envólucro ou corpo do dispositivo de pino é a estrutura que envolve os membros e fixa o pino nas extremidades. O pistão do pino de ruptura é o componente que se apóia e veda a sede e transmite a força de pressão a ser auportada pelo pino.

A temperatura especificada, fornecida pelo fabricante do dispositivo, deve ser a temperatura do pino em que ele é ativado, isto é, se deforma.

Quando projetado e construído de acordo com o código ASME Section VIII, todo dispositivo tipo pino de ruptura deve ser gravado com a marca de certificação UD do ASME Section VIII Division 1, após testado e aprovado nos testes que garantem e certificam a pressão de rompimento calculada e a capacidade ou vazão de fluxo requerida, na temperatura especificada.

Os requisitos para a utilização dos dispositivos pino de ruptura estão contidos nas prescrições do Código ASME VIII-1 parágrafo: *UG-127 Nonreclosing Pressure Relief Devices*:

a. Um dispositivo de pino de ruptura pode ser usado como único dispositivo de alívio de pressão em um vaso de pressão ou sistema pressurizado.

b. Cada dispositivo de pino de ruptura deve ter uma pressão de ajuste marcada, estabelecida pelas regras do Código ASME VIII-1, em uma temperatura especificada para a falha do pino.

c. A tolerância de pressão de ajuste não deve exceder ± 2 psi (± 15 kPa) para pressões de ajuste marcadas até e incluindo 40 psi (300 kPa) e $\pm 5\%$ para pressões de ajuste marcadas acima de 40 psi (300 kPa).

d. Para os dispositivos de pinos de ruptura, a capacidade de descarga certificada, usando o método de coeficiente de descarga KD deve ser determinada de acordo com o parágrafo *UG-131 Certification of Capacity of Pressure Relief Devices*

e. Um dispositivo de pino pode ser instalado entre uma válvula de alívio de pressão e o vaso, desde que a capacidade combinada da válvula de alívio de pressão com o dispositivo de pino atenda aos requisitos do parágrafo *UG-132 Certification of Capacity of Pressure Relief Valves in Combination with Nonreclosing Pressure Relief Devices* do Código ASME VIII-1.

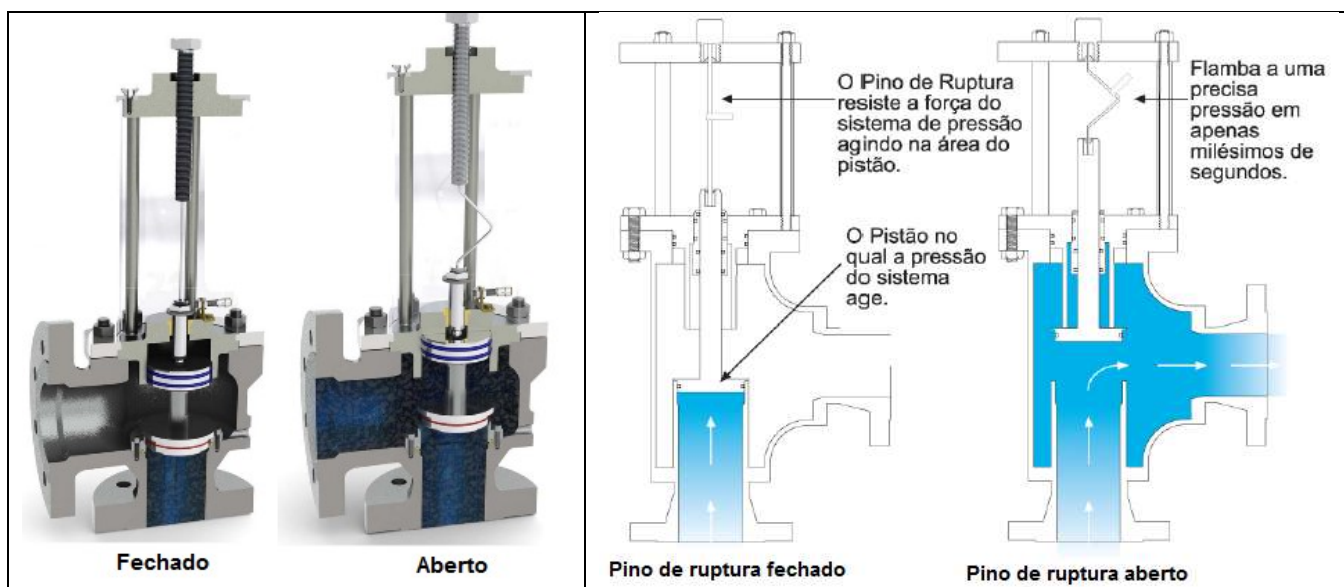
f. O espaço entre um dispositivo de pino e uma válvula de alívio de pressão deve ser dotado de um manômetro, uma válvula de teste, respiro livre ou indicador sentinela adequado.

g. A área da abertura proporcionada através do dispositivo pino, após o acionamento, é suficiente para permitir vazão igual à capacidade da válvula de alívio de pressão, não havendo possibilidade de interferência no bom funcionamento da válvula; mas em nenhum caso esta área pode ser menor que a área da entrada da válvula..

h. A pressão de ajuste do dispositivo de pino é igual ou superior a 90% da pressão de ajuste da válvula de alívio de pressão.

i. O dispositivo de pino de ruptura não deve ser instalado no lado de saída de uma válvula de alívio de pressão que é aberta pela ação direta da pressão no vaso.

j. Uma válvula de alívio de pressão acionada por mola e operada por piloto em combinação com pino de ruptura pode ser usada, desde que os requisitos dos parágrafos UG-125 a UG-138, do Código ASME VIII-1, que se referem às válvulas de alívio de pressão operadas por piloto sejam atendidos, e o conjunto seja testado e certificado conforme os requisitos do parágrafo *UG-132 Certification of Capacity of Pressure Relief Valves in Combination with Nonreclosing Pressure Relief Devices* do Código ASME VIII-1.



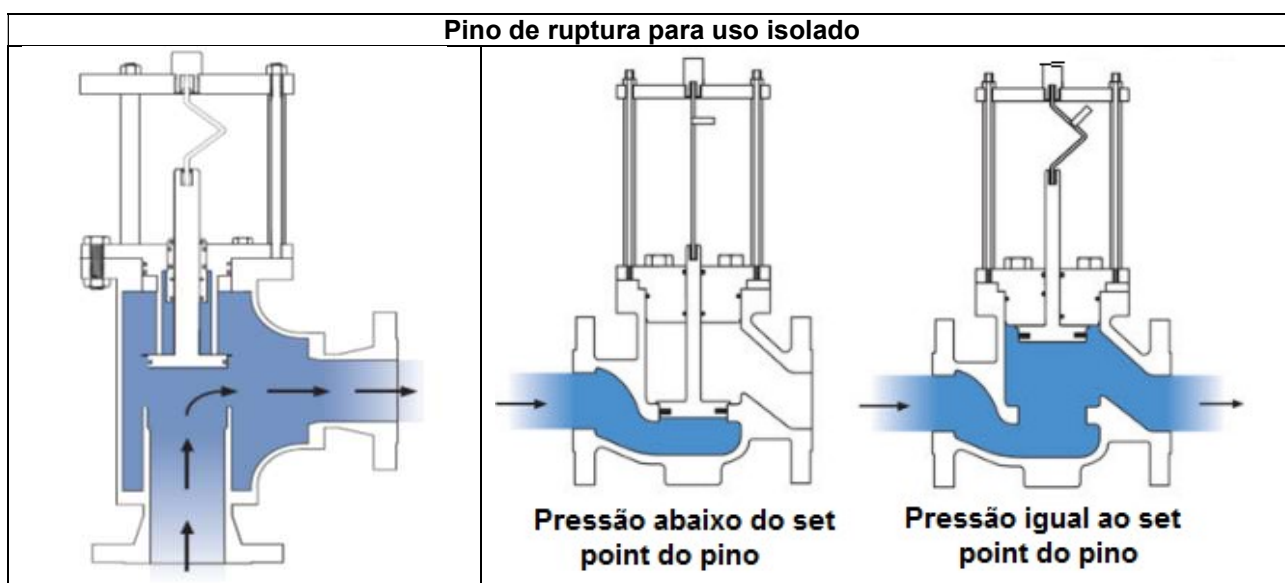
Dispositivo tipo pino de ruptura – posições de trabalho

3.2. Dispositivo pino de ruptura por flambagem

Há vários tipos de dispositivos tipo pino de ruptura disponíveis no mercado, mas o tipo mais comumente utilizado é o pino de ruptura por flambagem *buckling pin*.

O dispositivo de pino de ruptura por flambagem é atuado por pressão interna estática à entrada e é projetado para funcionar, pela flambagem da seção reta de um pino conectado a um pistão que suporta a pressão. Um anel de vedação *O-ring* no pistão é usado para fazer a vedação estanque. As principais vantagens dos pinos de ruptura são:

- Não são submetidos a falhas prematuras devido à fadiga;
- Eles são adequados para operar mais próximos do ponto de ajuste;
- Eles são adequados para operar tão baixo quanto 0.1 psig;
- O dispositivo pode ter uma pressão ajustada de 0,1 a 35,000 psig;
- Quando instalado à montante de uma válvula de alívio de pressão, o pino de ruptura pode ser substituído sem necessidade de remover a válvula de alívio de pressão.



O princípio de funcionamento do dispositivo de pino de ruptura geralmente consiste em um pistão assentado sobre uma sede, impedido de se movimentar para a posição aberta por um pino redondo delgado.

Quando uma carga externa, devido à ação da pressão sobre a área do pistão, é aplicada ao pino cilíndrico linear, ele fica submetido à sua carga limite de flambagem.

O pino cede e flete por flambagem quando a força axial de compressão, causada pela pressão do sistema, que atuando na área do pistão, atinge o ponto de ajuste.
O ponto de flambagem do pino é determinado pelo comprimento reto do pino, pelo diâmetro do pino e pelo módulo de elasticidade do material do pino.

O dimensionamento do pino é baseado na Lei de Euler de coluna em compressão, assim ao se determinar o diâmetro, o comprimento e o material do pino, o ponto de ajuste ou flambagem é previsto com precisão.

O módulo de elasticidade do material do pino é a única variável devido à temperatura.

O uso de materiais que têm uma mudança mínima do módulo de elasticidade, na faixa de temperaturas do fluido de alívio, garante a precisão do *set pressure* do pino de ruptura.

As dimensões dos pinos devem ser precisas; com tolerância de no mínimo 5 casas decimais no diâmetro e 4 casas decimais no comprimento, para se garantir o controle de qualidade necessário e a repetibilidade do ponto de ajuste.

Como o pino está em compressão, a pulsação não é um fator de falha do pino por fadiga.

Uma vez que o pino é externo ao sistema, a corrosão do pino não é uma preocupação.

Um ambiente corrosivo externo também não é problema, pois o pino é feito de um material resistente à corrosão.

As principais vantagens dos dispositivos de pinos de flambagem são:

- A pressão de ajuste não é afetada pela ciclagem da pressão ou pulsação;
- Eles podem ser usados até 100% da pressão de ajuste.

4. Informações do disco de ruptura

4.1. Aplicação

O disco de ruptura, também conhecido como disco de segurança de pressão, disco de explosão ou diafragma de explosão, é um dispositivo de alívio de pressão que não é religado, isto é, não fecha após a abertura.

Comparativamente ao pino de ruptura, o disco de ruptura é mais utilizado.

Pode ser usado como único dispositivo de alívio da pressão, em paralelo, como uma proteção adicional ou de *backup*, ou em série, bem como em combinação com uma válvula alívio de pressão.

Estes dispositivos protegem equipamentos como vasos de pressão, tubulações e outros sistemas pressurizados contra pressão excessiva e/ou vácuo.

É projetado para funcionar pelo rompimento de um disco de material metálico ou não metálico, acionado pela pressão estática interna à entrada, porém ele não fecha após romper-se, ou seja, não há o religamento ou fechamento automático do dispositivo

O disco do dispositivo é o componente de ativação que é sensível e resiste à pressão.

Os discos de ruptura podem ser projetados em várias configurações de rompimento, como flambagem plana ("*flat*"), ou em domo ou abaulado ("*prebulged*") ou de ação reversa ("*reverse acting*"), e pode ser feito de material dúctil ou frágil.

O corpo ou envólucro do dispositivo é a estrutura que envolve os membros que resistem à pressão e fixa o disco de ruptura na posição da instalação.

O disco de ruptura revela-se especialmente adequado ou até mesmo indispensável para pressões muito baixas ou muito altas, ou na presença de fluidos tóxicos ou custosos, visto que não permite a perda por vazamento em operação, sendo confiável e sem problemas de manutenção.

Os discos de ruptura são também utilizados onde é necessária a abertura instantânea e completa do dispositivo de alívio de pressão.

4.2. Instalação

O disco de ruptura pode ser instalado como o único dispositivo de alívio de pressão do vaso ou também pode ser instalado entre uma válvula de alívio de pressão e o vaso, sendo esta uma aplicação cada vez mais comum em serviços de óleo&gás, fábricas químicas e petroquímicas.

O Código para vasos de pressão ASME VIII 1 estabelece as diretrizes para o uso de discos de ruptura em série com válvulas de alívio de pressão.

O uso combinado com válvula de alívio de pressão é comum no caso de fluidos corrosivos, pois promove a proteção da válvula, isolando-a do contato com o fluido e das condições normais de processo, assegurando excelentes níveis de estanqueidade, baixo custo de manutenção da válvula, e permitindo utilizar os internos da válvula de material de menor custo.

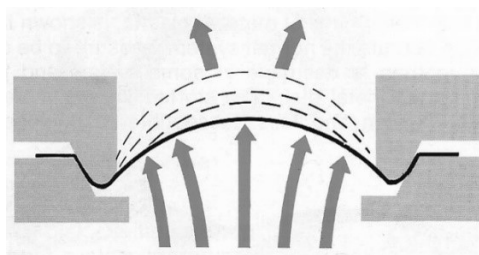
A capacidade e o funcionamento da combinação de dispositivo de disco de ruptura com válvula de alívio de pressão devem ser estabelecidos e certificados por teste, de acordo com as regras do parágrafo UG-132 *Certification of Capacity of Pressure Relief Valves in Combination with Nonreclosing Pressure Relief Devices*. do Código ASME VIII-1.

O uso de discos de ruptura à montante da válvula de alívio de pressão é indicado para:

- serviço com fluidos corrosivos (previne a corrosão dos internos da válvula) e/ou tóxicos;
- fluidos com risco de polimerização;
- possibilita que a válvula de alívio de pressão seja fornecida com os internos convencionais;
- válvula com histórico de passagem, para permitir a manutenção preventiva;
- garante a estanqueidade total da válvula.

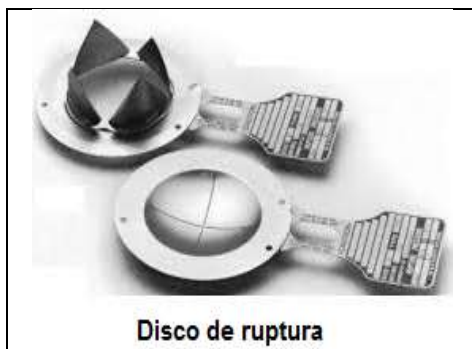
Diferentemente das válvulas de alívio de pressão, que devem preferencialmente ser instaladas na posição vertical, os discos de ruptura podem ser instalados na posição vertical ou inclinada ou horizontal, conforme estabelecido na Norma API Std 520 *Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries Part II-Installation*

O disco de ruptura é projetado para se romper em pressão e temperatura predeterminadas. A temperatura de rompimento do disco de ruptura, a ser especificada pelo fabricante, deve ser a temperatura em que o disco deve explodir, ao ser submetido à pressão de projeto.



A área de fluxo mínimo é a área líquida que resulta após o rompimento completo do disco, com folga adequada para quaisquer membros estruturais, que possam reduzir a área através do disco de ruptura rompido. A área de fluxo para dimensionamento não deve exceder a área nominal do tubo onde está instalado o disco de ruptura.

Quando projetado e construído de acordo com o código ASME Section VIII, todo dispositivo tipo disco de ruptura deve ser gravado com a marca de certificação UD do ASME Section VIII Division 1, após testado e aprovado nos testes que garantem e certificam a pressão de rompimento calculada e a capacidade ou vazão de fluxo requerida, na temperatura especificada.



Disco de ruptura

O uso de dispositivos de alívio de pressão sem religamento é recomendável a ser instalado em recipientes que contenham substâncias que possam tornar uma válvula de alívio de pressão inoperante (por ex. fluido incrustante ou polimerizante); ou onde a perda de material valioso por vazamento deva ser evitada ou onde há risco de contaminação da atmosfera por vazamento de substâncias nocivas.

O uso de dispositivos de disco de ruptura também é aconselhável quando taxas muito rápidas de aumento de pressão podem acontecer.

4.3. Requisitos do Código ASME VIII-1

Código ASME VIII 1 no parágrafo UG-127 *Nonreclosing Pressure Relief Devices* prescreve os principais requisitos para o uso de dispositivos de alívio de pressão tipo disco de ruptura.

a. Um dispositivo de disco de ruptura pode ser usado como o único dispositivo de alívio de pressão em um vaso ou sistema pressurizado.

b. Os dispositivos de alívio de pressão tipo disco de ruptura podem ser certificados, usando o método de coeficiente de descarga KD, a ser determinado de acordo com o parágrafo UG-131 *Certification of Capacity of Pressure Relief Devices* do Código ASME VIII-1.

c. Cada disco de ruptura deve ter marcados no corpo: o range de tolerância de pressão, em que o disco deve romper, a temperatura do disco ao se romper o disco e o número do lote de fabricação.

Nota:

Um lote de fabricação de discos de ruptura comporta os discos fabricados de um mesmo material, do mesmo tamanho, espessura, tipo, processo de fabricação, incluindo tratamento térmico.

d. Cada disco de ruptura deve ter uma pressão de ruptura a uma temperatura especificada e o fabricante deve garantir que a ruptura, na temperatura especificada, não deve exceder ± 2 psi (± 15 kPa) para pressão de ruptura marcada até e incluindo 40 psi (300 kPa) e $\pm 5\%$ para pressão de ruptura marcada acima de 40 psi (300 kPa).

Nota:

Quando dispositivos de disco de ruptura são usados, recomendam-se que a pressão de projeto do vaso esteja suficientemente acima da pressão operacional pretendida, para fornecer margem suficiente entre a pressão operacional e a pressão de ruptura do disco de ruptura, para evitar falha prematura do disco de ruptura devido à fadiga ou fluência *creeping ou choque dinâmico*.

e. A aplicação de dispositivos de disco de ruptura para serviços com líquidos, deve ser cuidadosamente avaliada para garantir que o projeto do dispositivo de disco de ruptura e a energia dinâmica do sistema, no qual ele está instalado, resultem em abertura suficiente do disco de ruptura.

f. Um dispositivo de disco de ruptura pode ser instalado entre uma válvula de alívio de pressão e o vaso de pressão, desde que:

- A combinação, da válvula de alívio de pressão com o dispositivo de disco de ruptura, tenha capacidade ampla para atender aos requisitos de projeto do equipamento;

- A capacidade marcada de uma válvula de alívio de pressão (tipo com bocal), quando instalada com um dispositivo de disco de ruptura, entre a entrada da válvula e o vaso, deve ser multiplicada por um fator de 0,90.

Ou alternativamente, a capacidade de tal combinação é estabelecida de acordo com o parágrafo UG-132 *Certification of Capacity of Pressure Relief Valves in Combination with Nonreclosing Pressure Relief Devices* do Código ASME VIII-1.

g. Uma válvula de alívio de pressão acionada por mola e operada por piloto em combinação com disco de ruptura pode ser usada, desde que os requisitos dos parágrafos UG-125 a UG-138, do Código ASME VIII-1, que se referem às válvulas de alívio de pressão operadas por piloto sejam atendidos, e o conjunto seja testado e certificado conforme os requisitos do parágrafo UG-132 *Certification of Capacity of Pressure Relief Valves in Combination with Nonreclosing Pressure Relief Devices* do Código ASME VIII-1.

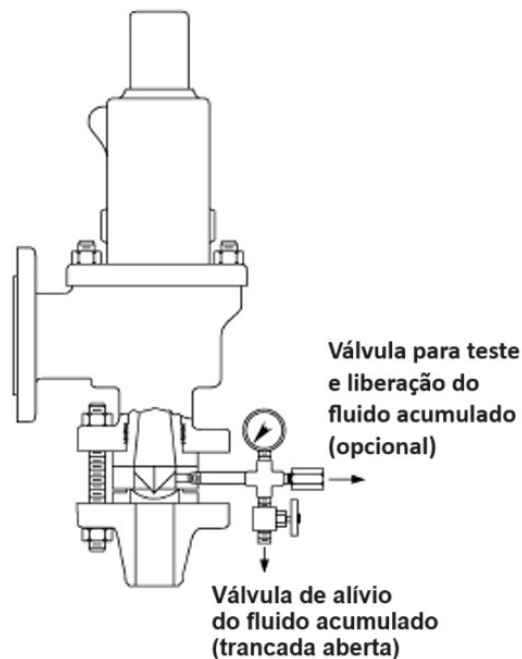
h. O disco de ruptura não rompe na pressão projetada se houver uma contrapressão no espaço entre o disco de ruptura e a válvula de alívio de pressão, caso se desenvolva um vazamento no disco de ruptura, devido à corrosão ou outra causa.

Por isso, quando instalado combinado com uma válvula de alívio de pressão, no trecho de tubo entre o disco de ruptura e a válvula de alívio de pressão, deve haver um indicador de pressão (manômetro) ou um respiro *vent* aberto para a atmosfera e uma válvula de dreno para teste.

Este arranjo permite a detecção de ruptura ou vazamento do disco.

Ref.: API 576 *Inspection of Pressure-Relieving devices*.

Isto é necessário porque se o disco está dando passagem, o trecho entre o disco e a válvula fica pressurizado, e o disco não rompe mais na pressão de projeto ou na PMTA Pressão Máxima de Trabalho Admissível do vaso de pressão, colocando em risco o equipamento e o sistema pressurizados.



i. A abertura fornecida através do disco de ruptura, após o rompimento, deve ser suficiente para permitir um fluxo igual à capacidade da válvula e não há chance de interferência no funcionamento adequado da válvula de alívio, mas em nenhum caso esta área deve ser menor que a área da entrada da válvula.

j. Apesar de pouco comum, um dispositivo de disco de ruptura também pode ser instalado no lado de saída de uma válvula de alívio de pressão, que é aberta pela ação direta da pressão no vaso, desde que:

- A válvula de alívio de pressão não deve ser impedida de abrir na sua pressão de ajuste, Independentemente, de qualquer contrapressão, que possa haver entre a sede da válvula de alívio de pressão e o disco de ruptura.

- O espaço entre a válvula de alívio de pressão e o disco de ruptura deve ser ventilado ou drenado, para evitar o acúmulo de pressão.

- O dispositivo disco de ruptura se destina a proteger a válvula de fluidos corrosivos existentes no sistema de descarte, ou para prevenir vazamentos de fluidos tóxicos ou inflamáveis para a atmosfera.

- A capacidade combinada da válvula de alívio de pressão em série com o disco de ruptura deve ser certificada pelo Fabricante conforme as prescrições do parágrafo UG-132 *Certification of Capacity of Pressure Relief Valves in Combination with Nonreclosing Pressure Relief Devices* do Código ASME VIII-1.

k. A pressão de ruptura marcada no corpo do disco de ruptura, na temperatura especificada do disco, mais qualquer pressão na tubulação de saída, não deve exceder a pressão de projeto da de saída da válvula de alívio de pressão, incluindo possíveis efeitos de contrapressão com perda de capacidade da válvula de alívio.

l. A abertura fornecida através do dispositivo de disco de ruptura após a ruptura deve ser suficiente para permitir um fluxo igual à capacidade nominal da válvula de alívio de pressão, sem exceder a sobrepresão permitida.

m. Qualquer tubulação do próprio disco de ruptura e da válvula de alívio de pressão não podem ser obstruídos por fragmentos resultantes do rompimento do disco de ruptura.

n. O sistema é projetado considerando os efeitos adversos de qualquer vazamento através da válvula de alívio de pressão ou através do dispositivo de disco de ruptura, para garantir o desempenho e a confiabilidade do sistema.

4.4. Materiais de fabricação de discos de ruptura

O material de disco de ruptura não é obrigatório ser conforme uma das especificações do Código ASME Section II *Materials*, porém o material do corpo do disco de ruptura deve estar listado no ASME Sec. II.

Os discos de ruptura podem ser classificados ou subdivididos nos grupos:

a. Metálicos

- Convencionais

Os discos metálicos convencionais apresentam uma superfície côncava, submetida à ação da pressão. A ruptura acontece quando a pressão interna vence a resistência mecânica do material, depois de ter progressivamente aumentado a curvatura do disco.

- **Inversos ou convexos**

Os discos metálicos inversos apresentam uma superfície convexa, submetida à ação da pressão. Neles, a forma geométrica do disco não se altera com o aumento da pressão e rompe quando a curvatura do disco se inverte, ao atingir o ponto de ruptura.

b. Não metálicos de Grafite

Os discos de Grafite são indicados para fluidos agressivos e às altas temperaturas, sendo o uso normalmente limitado a pressões baixas.

4.5. Seleção do tipo de disco de ruptura

Até a década de 1930, o uso de discos de ruptura era limitado e consistiam em membranas metálicas: uma folha plana de metal, geralmente de Cobre, presa entre um par de flanges de tubulação.

No entanto, a pressão de operação causava abaulamento e alongamento do metal, que resultavam em falhas prematuras de até 50% da pressão classificada como de ruptura do disco.

Na década de 1950, foram desenvolvidos os discos abaulados ou em forma de domo, feitos das ligas Monel, Inconel e de Aço Inoxidável, que rompem, em média, a 80% da pressão nominal de ruptura, mas apresentam o inconveniente de se fragmentar no rompimento.

Os discos de ruptura vincados ou com incisão foram introduzidos na década de 1960 e são projetados para não fragmentar, permitindo a operação até 90% da pressão nominal.

Na década de 1970, os discos de ruptura de ação reversa foram introduzidos.

Atualmente, discos de ruptura de ação reversa com lâminas em faca podem ser usados em até 95% da pressão nominal de ruptura.

A escolha do tipo adequado depende das condições de operação (tipo de fluido de processo, pressão e temperatura) a que o equipamento e a tubulação a serem protegidos são submetidos.

Há uma variedade de tipos discos de ruptura disponíveis, sendo classificados nas seguintes categorias:

- Discos de ruptura convencionais;
- Discos de ruptura de material composto;
- Discos de ruptura de Grafite;
- Discos de ruptura reverso ou de ação reversa:
- Discos de ruptura reverso com vincos ou vincado;
- Discos de ruptura reverso com lâminas em faca.

O disco de ruptura é projetado para se romper a uma pressão e temperatura predeterminadas, a serem informados pelo Fabricante do disco de ruptura.

As pressões de ruptura mínimas e máximas alcançáveis são função de: modelo/tipo, espessura e material do disco.

E a temperatura de operação mínima e máxima são função do material do disco, indicado, como referência, na seguinte tabela:

Material do disco de ruptura	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Aço Inoxidável AISI 304	280°C	-196°C
Aço Inoxidável AISI 304L	280°C	-196°C
Aço Inoxidável AISI 316	315°C	-196°C
Aço Inoxidável AISI 316L	315°C	-196°C
Aço Inoxidável AISI 321	315°C	-196°C
Níquel 200	400°C	-196°C
Monel 400	427°C	-196°C
Inconel 600	427°C	-196°C
Hastelloy C276	480°C	-196°C
Titânio	300°C	- 60°C

Cobre	200°C	- 10°C
Grafite	200°C	- 100°C

4.6. Disco de ruptura convencional ou simplesmente disco de ruptura

Um disco de ruptura convencional ou simplesmente disco de ruptura é um disco de metal sólido, fabricado em forma de abóbada ou domo, projetado para explodir quando sobrepressurizado no lado côncavo, porém, após o rompimento, o disco se fragmenta.

O disco de ruptura convencional é o disco de ruptura ainda escolhido em muitas aplicações.

O disco de ruptura convencional deve ser instalado com o fluido do processo agindo sobre o lado côncavo do disco.

À medida que a pressão do fluido de processo aumenta, além da pressão operacional permitida *set pressure*, o disco de ruptura é submetido a forças de tração e começa a se deformar, aumentando a curvatura. Essa deformação continua, enquanto a pressão aumenta, até que o limite de resistência à tração do material seja atingido e a ruptura ou explosão ocorra ("*burst or rupture pressure*").

Os discos convencionais regulam a pressão de ruptura através da resistência à tração do material, na temperatura em que são especificados.

O princípio de funcionamento do disco de ruptura convencional é que ele não tem partes móveis, sendo um dispositivo simples, confiável, de abertura total e de ação mais rápida do que outros dispositivos de alívio de pressão, mas com o inconveniente de se fragmentar ao romper.

O conjunto do disco de ruptura convencional é composto por duas partes:

- O disco, que é o diafragma metálico fino, abaulado a uma forma esférica, para proporcionar uma pressão de ruptura consistente, a determinada temperatura, dentro de uma tolerância previsível, e uma vida útil prolongada, e
- Um corpo ou suporte de disco de ruptura, que é um cilindro flangeado projetado para manter o disco de ruptura em posição.

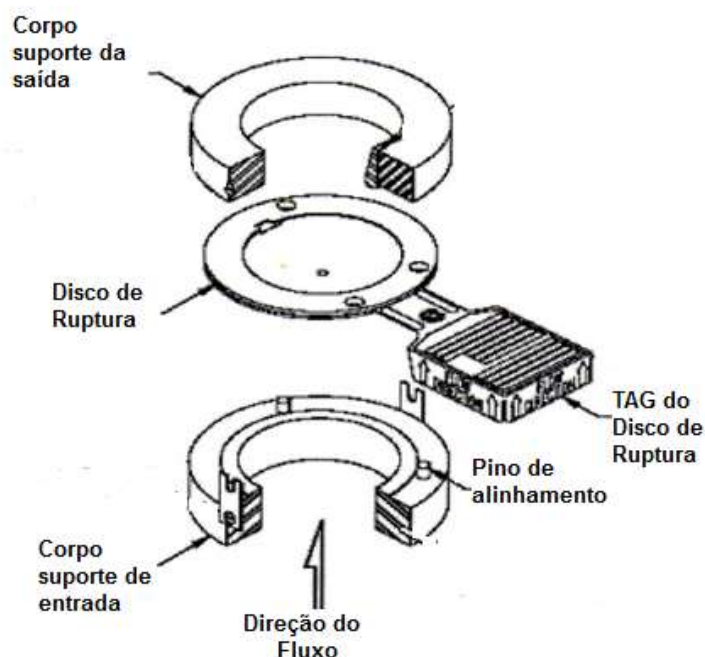
O disco pode ter um assento plano ou um assento angular de até 30°.

Este tipo de disco proporciona um serviço satisfatório se a pressão de operação for 80% ou menos da pressão de ruptura nominal e quando não houver ciclos severos de variação de pressão e/ou de temperatura.

As principais vantagens deste tipo de discos de ruptura convencionias são:

- Existe uma ampla gama de aplicações para gases e líquidos.
- Estão disponíveis em vários tamanhos, pressões de ruptura, temperaturas e materiais.

O inconveniente é a fragmentação durante o rompimento o que pode resultar em emperramento da válvula de alívio de pressão associada, por redução ou entupimento da área livre da sede da válvula..



4.7. Discos de ruptura de materiais compostos

Um disco de ruptura de material composto é um disco de construção em forma de abóbada, com multifolhas de materiais metálicos ou não metálicos e é projetado para explodir quando sobrepresurizado no lado côncavo.

As principais vantagens dos discos de ruptura compostos são:

- Os discos permitem o uso de materiais resistentes à corrosão em um serviço de pressão mais baixa.
- Eles são de tamanho menor que os discos metálicos sólidos.
- Geralmente, eles têm vantagens semelhantes às dos discos de ruptura convencionais.

O inconveniente é a fragmentação durante o rompimento.



4.8. Discos de ruptura de ação inversa ou reversos

O disco de ruptura de ação inversa ou reverso é um disco de metal sólido em forma de cúpula ou domo, tem a pressão do meio agindo no lado convexo do disco, colocando-o em compressão, e com a tendência de reverter, quando sobrepresurizado.

Ao contrário do disco convencional, o rompimento não se dá pelo tensionamento que leva à deformação até a ruptura. O disco reverso não afina quando a pressão se aproxima do ponto de rompimento. À medida que a pressão de ruptura é alcançada, o carregamento de compressão no disco de ruptura reverso faz com que ele reverta a geometria, atingindo a posição neutra e fazendo com que ele seja rompido seguindo um padrão de vincos ou incisões pré-determinado ou ao contato com lâminas em forma de faca.

Os discos produzidos para não fragmentar, quando de sua ruptura, são os discos de ruptura reversos recomendados para uso combinado com válvulas de alívio de pressão, isolando-as do fluido e das condições normais de processo, assegurando altos níveis de estanqueidade, baixo custo de manutenção da válvula, e permitindo utilizar os internos da válvula de material de menor custo.

Os tipos de construção dos discos reversos são:

- Vincado com um padrão pré-determinado;
- Contato com lâminas em faca.

As principais vantagens dos discos de ruptura de ação reversa são:

- Os discos podem ser operados a 95% da pressão de ruptura estampada;
- Não ocorre a fragmentação no rompimento;
- Eles têm uma vida útil mais longa em condições cíclicas ou pulsantes;
- Eles são construídos usando materiais mais espessos, proporcionando maior resistência à corrosão;
- Estão disponíveis em uma grande variedade de diâmetros, materiais, pressões e temperaturas.



O inconveniente é que os discos reversos não são adequados para uso em sistemas que trabalham com fluidos líquidos, porque como os líquidos são incompressíveis, a reversão do disco não vai ser suficientemente rápida, para o alívio imediato da pressão.

4.9. Disco de ruptura reverso com vincos ou vincado

Os discos reversos vincados são discos em forma de domo que, propositalmente, são fabricados menos resistentes através de vincos (sulcos ou incisões) feitos na superfície, de acordo com um padrão definido.

Os discos de ruptura vincados têm a pressão do meio agindo no lado convexo do disco.

O mecanismo de atuação deste dispositivo consiste na tendência do disco em reverter sua geometria, situação em que os sulcos não conseguem suportar a ação combinada da compressão e da força de reversão, e o disco se rompe ao longo das linhas vincadas.

São aplicáveis em baixas pressões de ruptura, pois, rompem com mais facilidade e rapidez, assim que a pressão de ruptura é atingida. A ruptura é controlada pela espessura do metal na linha dos sulcos e a reversão é definida pela geometria do domo.

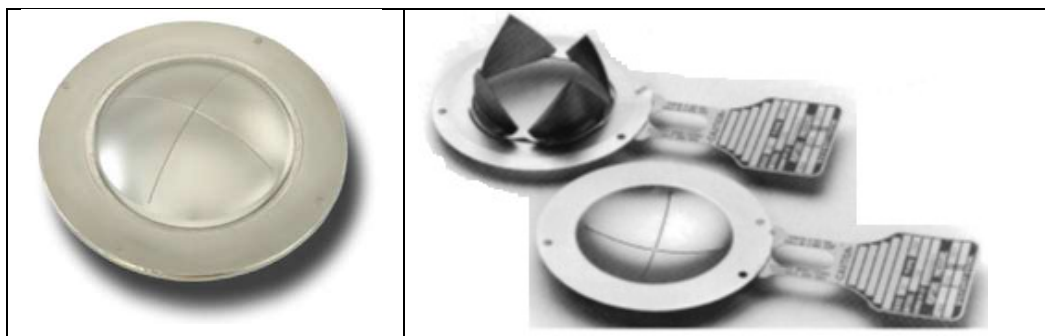
Estes discos oferecem benefícios como dispensar o uso de suportes para vácuo e a possibilidade de operar até 90 % da pressão de ruptura.

Da mesma maneira que outros discos reversos, estes também não são adequados para uso em sistemas que trabalham com líquidos.

A possibilidade de fragmentação é eliminada, permitindo o uso na proteção de válvulas de alívio de pressão.

As principais vantagens dos discos de ruptura vincados são:

- Eles não são fragmentados;
- O suporte a vácuo não é necessário;
- Existe uma ampla gama de aplicações;
- Estão disponíveis em vários diâmetros, pressões de ruptura, temperaturas e materiais.



4.10. Disco de ruptura reverso com lâminas em faca

Os discos de ruptura reversos com lâminas representam o que há de melhor em tecnologia atual de discos de ruptura.

Os discos de ruptura reversos com lâminas têm a pressão do meio agindo no lado convexo do disco, colocando-o em compressão e com tendência de reverter a sua geometria.

O disco rompe sem deformar-se, pois o rompimento ocorre quando o disco ao reverter entra em contato com as lâminas em faca.

Quando a pressão de ruptura do disco é alcançada, uma carga de compressão no disco de ruptura faz com que haja a inversão da geometria do disco, na direção de menor pressão.

Quando isto acontece, as facas que estão à jusante penetram e cortam o disco em três ou mais pétalas, em uma abertura completa sem fragmentação.

O disco de ruptura reverso com lâminas, quando pressurizado, é capaz de resistir a pressões de operação de até 95% a 100% da pressão nominal de ruptura, mesmo quando expostos à pressões cíclicas ou condições pulsantes.

A pressão de abertura do disco reverso com lâminas em facas não depende da espessura do material e é quase exclusivamente função da geometria do domo e das características das facas. Desse modo, o disco reverso pode ser feito com espessura suficiente para não necessitar de suportes contra vácuo, e pode ser usado para pressões de operação elevadas.

Como estes discos não fragmentam, são regularmente usados na proteção de válvulas de segurança e alívio .



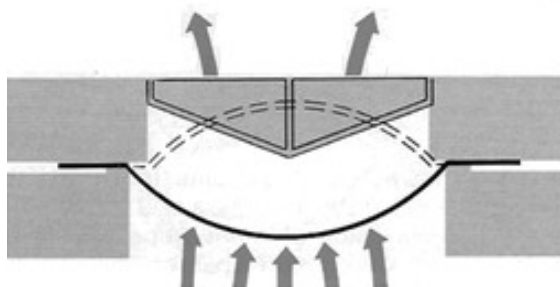
Os discos reversos com lâminas tipo facas são fabricados nos materiais normalmente utilizados em discos convencionais, atendendo a temperaturas de até 560°C. E podem ser fornecidos também com pintura ou revestimento para melhorar o desempenho em serviço corrosivo.

É importante evitar danos nas facas (corrosão, perda de corte por reutilização etc.) que vão resultar em mau funcionamento do disco, e também que não sejam instalados ao contrário, isto é, com a pressão agindo sobre o lado côncavo, porque o disco só vai romper a uma pressão 3 a 4 vezes acima do especificado.

As principais vantagens dos discos de ruptura com lâminas são:

- Eles não são fragmentados;
- O suporte a vácuo não é necessário;
- Existe uma ampla gama de aplicações;
- Estão disponíveis em vários tamanhos, pressões de ruptura, temperaturas e materiais.

Discos reversos de lâminas não podem ser usados em sistemas contendo líquido, porque como os líquidos são incompressíveis, a reversão do disco não vai ser rápida; assim, o disco vai assentar sobre as facas, sem romper ou mesmo furar, e a pressão necessária para empurrar o disco contra as facas será muito alta, cerca de 3 a 4 vezes a pressão especificada para o rompimento.



4.11. Discos de ruptura de Grafite

O disco de ruptura de Grafite é fabricado a partir de um bloco puro e sólido de Grafite impregnado com material aglutinante.

Ele é projetado para estourar por flexão ou cisalhamento.

Os discos de ruptura de Grafite são resistentes à maioria dos ácidos, álcalis e solventes orgânicos, sendo um produto que pode suportar praticamente qualquer ataque químico agressivo.

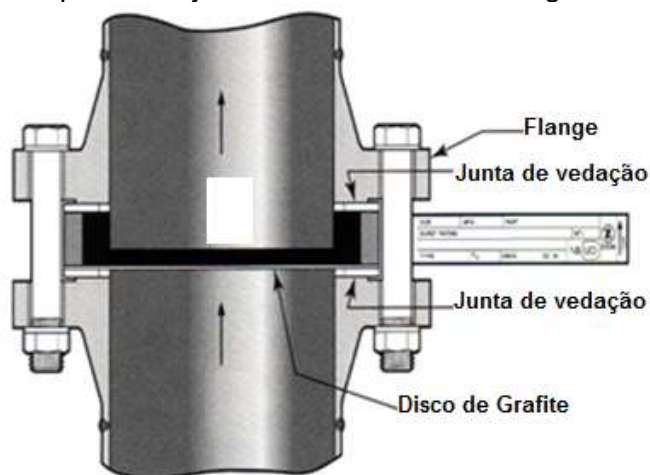
Discos de Grafite são especialmente recomendados para aplicações de baixa pressão.

Os discos de ruptura de Grafite são classificados como disco monobloco, duplex, invertido e de dois sentidos.

Discos tipo monobloco atendem à grande parte das aplicações, onde o disco de grafite é requerido.

Características do disco ruptura de Grafite tipo monobloco:

- Suporte para vácuo é requerido para discos com pressões de ruptura baixas;
- Faixa de temperatura de -73°C a 205°C (-100°F a 400°F).;
- Blindagem é recomendada para todos os discos de grafite para aumento da segurança, facilidade na instalação e eliminação do risco de quebra durante a instalação;
- A blindagem reduz a possibilidade de ruptura prematura causada por aperto insuficiente ou por aperto excessivo dos estojos dos flanges de processo;
- Os discos são guiados pelos estojos de fechamento dos flanges;



- Disco de peça única com juntas de vedação que simplificam a instalação e reduzem o tempo de parada.
- Temperatura de uso de até 205°C (400°F).

As principais vantagens dos discos de ruptura de Grafite são:

- Eles oferecem configurações de pressão ultra-baixas (0.017 a 70 bar);
- Eles podem ser usados para fluidos altamente corrosivos;
- Eles são fáceis de instalar e manter.

5. Requisitos para uso de dispositivos de alívio de pressão que não fecham, após a abertura, conforme parágrafo UG-127 *Nonreclosing Pressure Relief Devices* do Código ASME VIII-1, como os discos de ruptura ou pinos de ruptura, para proteção de equipamentos e sistemas pressurizados

Os dispositivos de proteção contra excesso de pressão, que não fecham automaticamente após a abertura (*“non-reclosing devices”*), tipo disco de ruptura e pino de ruptura, podem ser utilizados em vasos de pressão, conforme Código ASME VIII-1, e em sistemas de tubulação, conforme Norma ASME B31.3.

O disco ou o pino de ruptura constitui um dispositivo de segurança que pode ser utilizado sozinho, em série combinado com uma válvula de pressão, ou em paralelo com uma válvula de alívio, como proteção adicional, para as situações de emergências de pressão.

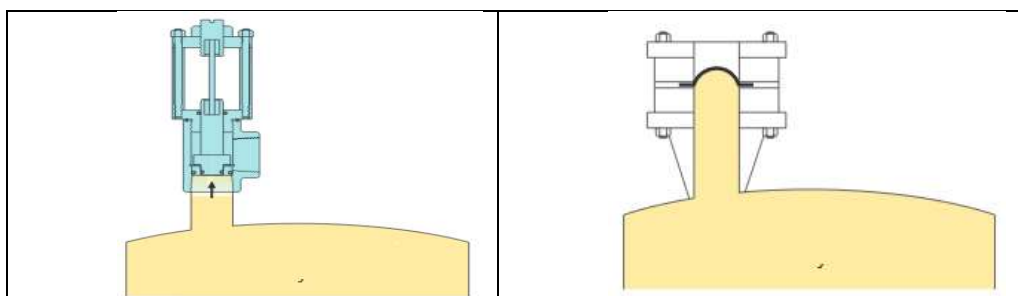
A aplicação de dispositivos de disco ou pino de ruptura para serviços com líquidos deve ser cuidadosamente avaliada para garantir que o projeto do dispositivo de disco de ruptura e a energia dinâmica do sistema em que ele está instalado resultem em abertura suficiente do disco de ruptura.

5.1. Uso como dispositivo único de alívio de pressão

O uso de dispositivos de disco ou pino de ruptura, como dispositivo único de alívio de pressão, é recomendável quando podem ocorrer taxas muito rápidas de aumento de pressão.

Uma vez que o disco ou pino de ruptura rompe, o fluxo do fluido contido, no equipamento ou sistema, continuará com a perda de produto, até que a pressão atinja a pressão ambiente.

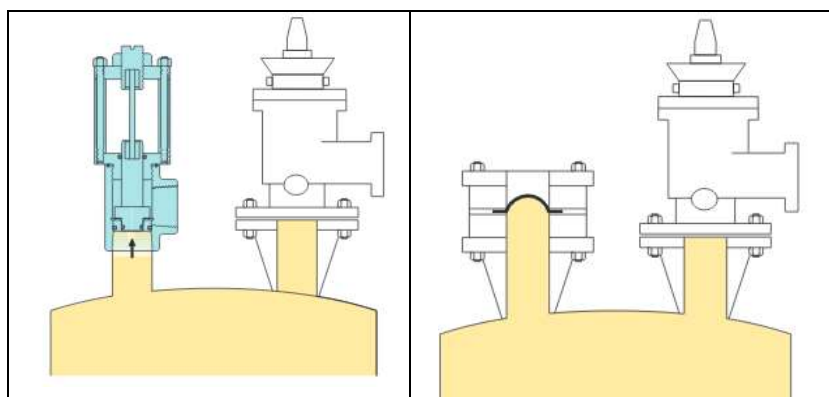
Quando os dispositivos de disco ou pino de ruptura são usados, recomendam-se que a pressão de projeto do vaso seja suficientemente acima da pressão de operação, para prever margem suficiente entre a pressão de operação e a pressão de ruptura do disco/pino, e assim evitar falhas prematuras do disco ou pino de ruptura, devido à fadiga ou fluência ou flambagem.



Pino de ruptura e disco de ruptura usados como único dispositivo de alívio de pressão

5.2. Uso como proteção adicional ou reserva em equipamentos e sistemas críticos

A válvula de alívio de pressão da proteção principal ou primária é concebida para proteger o equipamento e/ou sistema pressurizado da sobrepção nas pequenas excursões de pressão. Já o dispositivo secundário pino ou disco de ruptura visa proteger o equipamento ou o sistema contra eventos improváveis, mas expressivos, que causam emergências operacionais e requerem maior capacidade e rapidez de alívio.



Pino de ruptura e disco de ruptura usados para alívio de pressão adicional ou reserva *backup*

5.3. Uso como proteção em combinação de válvula de alívio de pressão com dispositivo tipo disco ou pino de ruptura

A solução de instalar a combinação, de válvula de alívio de pressão com o dispositivo de disco ou pino de ruptura, permite juntar os lados positivos de ambos: a aderência hermética do disco ou pino de ruptura e o fechamento automático da válvula de alívio de pressão.

Além disso, o disco ou o pino de ruptura protege a válvula, isolando-a de produtos corrosivos e incrustantes e reduz a necessidade de manutenção da válvula, que é mais onerosa e delicada.

A combinação de válvulas de alívio de pressão com o disco ou pino de ruptura oferece o potencial para minimizar a descarga do fluido, em caso de excesso de pressão, pois, a válvula de alívio pode fechar, interrompendo a descarga, quando a pressão do recipiente retorna ao normal.

Nestas aplicações um pino de ruptura ou um disco de ruptura é instalado em série, entre o equipamento ou sistema a ser protegido e a entrada de uma válvula de alívio de pressão. Isso protege a válvula de alívio de estar constantemente exposta ao fluido de processo, eliminando a possibilidade de obstrução e/ou de corrosão e prevenindo potencial vazamento através da válvula de alívio.

O disco ou pino de ruptura adiciona uma resistência (perda de pressão) ao fluxo de alívio do fluido pressurizado, por isso, um dispositivo de disco ou pino de ruptura somente pode ser instalado entre uma válvula de alívio de pressão e o equipamento ou sistema a ser protegido, se a combinação da válvula de alívio de pressão e o dispositivo garantir ampla capacidade de vazão de alívio, para atender aos requisitos da proteção.

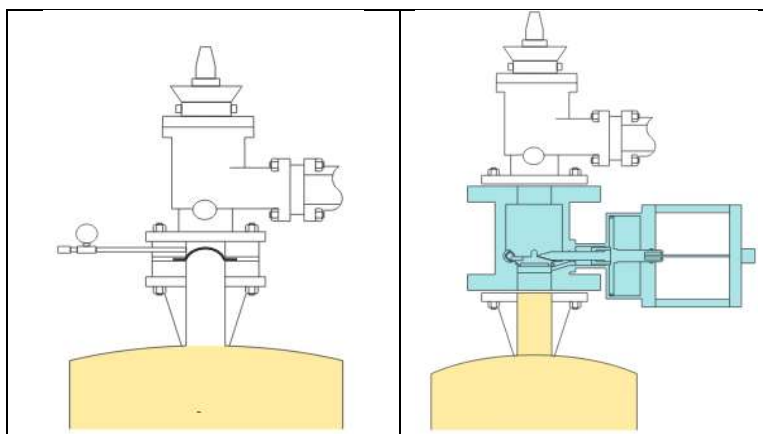
O código ASME VIII-1 parágrafo UG-132 *Certification of capacity of pressure relief valves in combination with non reclosing pressure relief devices* contém os requisitos para os testes de certificação da capacidade de alívio da combinação válvula de alívio de pressão e disco ou pino de ruptura.

Esta combinação de disco ou pino de ruptura e válvula de alívio de pressão é cada vez mais comum em aplicações de óleo&gás, químicas e petroquímicas.

A utilização de um disco ou pino de ruptura antes de uma válvula de alívio de pressão traz os benefícios de garantir vazamento zero durante a operação normal, bem como isolar a válvula de alívio de efeitos potencialmente corrosivos do fluido do processo:

Porém, há problemas potenciais como a possibilidade de acumulação de vapor entre a sede da válvula e o disco ou pino de ruptura, aumentando assim a pressão de ruptura efetiva do disco ou pino, e também a possibilidade de fragmentos do disco de ruptura ficarem alojados no interior da válvula de alívio, restringindo o fluxo e/ou impedindo o fechamento da válvula, após a abertura.

Os discos e pinos de ruptura podem ser utilizados tanto à entrada como à saída da válvula de alívio de pressão, porém os pinos de ruptura só podem ser instalados na entrada e nunca na saída. Enquanto a instalação do disco ou pino de ruptura à montante da válvula de alívio de pressão é a disposição comum para a combinação de disco ou pino de ruptura com válvula de alívio de pressão, somente o disco de ruptura é permitido à jusante da válvula de alívio de pressão.



Disco de ruptura e pino de ruptura à montante da válvula de alívio de pressão

O disco de ruptura é geralmente fabricado de metal, mas praticamente qualquer material (ou diferentes materiais em camadas) pode ser empregado para se adequar a uma aplicação em particular.

Já o pino de ruptura deve ser de material metálico, normalmente de aço inoxidável ou de alta liga, que deve ter uma mudança mínima do módulo de elasticidade, na faixa de temperaturas do fluido de alívio, para garantir a precisão do *set pressure* do pino de ruptura.

As combinações de válvulas de alívio de pressão e disco de ruptura ou pino de ruptura devem ser identificadas, no local de instalação, conforme os requisitos do Código ASME VIII-1 parágrafo U-119 *Nameplates*, podendo ser colocada em uma placa na válvula de alívio de pressão ou no dispositivo de disco ou pino de ruptura com as seguintes informações:

- (1) Nome do fabricante da válvula de alívio de pressão;
- (2) Modelo ou tipo da válvula de alívio de pressão;
- (3) Nome do Fabricante do disco de ruptura;

- (4) Modelo ou tipo do disco de ruptura;
- (5) Capacidade ou fator de capacidade combinado;
- (6) Diâmetro da válvula de alívio de pressão e do dispositivo de disco ou pino de ruptura;
- (7) Nome da organização responsável por esta marcação: usuário do vaso, ou fabricante do vaso de pressão, ou fabricante do disco de ruptura ou fabricante da válvula de alívio de pressão.

6. Critérios para instalação de disco de ruptura à jusante de válvula de alívio de pressão

6.1. Finalidades

Os motivos para instalar um disco de ruptura à jusante de uma válvula de alívio de pressão podem incluir:

- a. Proteger os internos da válvula de alívio contra corrosão, contaminação, incrustação, obstrução ou aderência que podem ser causados pelos fluidos corrosivos presentes em um *header* ou coletor de alívio comum.
- b. Permitir o uso de uma válvula de alívio de pressão do tipo convencional, em instalações em que ela possa estar exposta a uma contrapressão variável significativa, oriunda de um coletor de alívio comum, ao invés de o uso de válvula de alívio de pressão do tipo balanceada com fole.
- c. Detectar possíveis vazamentos de válvula de alívio que podem ser uma indicação de transtorno do processo.

6.2. Recomendações

Com normas ambientais cada vez mais restritivas, o que obriga que as descargas das válvulas de alívio de pressão, ao invés de descarregarem para a atmosfera, sejam interligadas a *manifolds* ou coletores de retorno, torna-se importante isolar a saída da válvula de alívio de pressão, com um disco de ruptura.

Este uso de um dispositivo de disco de ruptura após a válvula alívio de pressão é permitido para minimizar a perda por vazamento através da válvula de materiais valiosos ou nocivos ou de outra forma perigosos, e onde o disco de ruptura sozinho ou o disco localizado no lado de entrada da válvula é impraticável, ou para evitar que gases corrosivos de um coletor de descarga comum atinjam os componentes internos da válvula.

Neste tipo arranjo não é permitido o uso de pino de ruptura, somente o uso de disco de ruptura é admitido..

Um dispositivo de disco de ruptura pode ser instalado no lado de saída de uma válvula de alívio de pressão que é aberta pela ação direta da pressão no vaso de pressão, desde que:

- (1) O disco de ruptura pode ser instalado no lado da saída de uma válvula de alívio de pressão, para isso, é fundamental selecionar um disco de ruptura de baixa pressão, de até 15 psig, e ruptura na mesma pressão em ambos os sentidos.
- (2) O disco de ruptura a ser instalado à saída de válvula de alívio de pressão deve atender aos requisitos do ASME VIII-1, parágrafo UG-127 *Nonreclosing Pressure Relief Devices*.
- (3) A válvula de alívio de pressão não deixe de abrir em sua pressão de ajuste adequada, independentemente, de qualquer contrapressão que possa se acumular entre a válvula de alívio de pressão e o disco de ruptura. O espaço entre a válvula de alívio de pressão e o disco de ruptura deve ser ventilado ou drenado, para evitar a acumulação de pressão.
- (4) A combinação da válvula de alívio de pressão com o disco de ruptura deve ter ampla capacidade para atender ao alívio da sobrepressão que acontecer no equipamenro ou sistema pressurizado, devendo ser certificada conforme Código ASME VIII-1 prágrafo UG-132 *Certification of Capacity of Pressure Relief Valves in Combination With Nonreclosing Pressure Relief Devices*.
- (5) A pressão de ruptura marcada do disco de ruptura, na temperatura especificada do disco, mais qualquer pressão no coletor de saída, não deve exceder a pressão de projeto da tubulação entre a válvula de alívio e o dispositivo disco de ruptura.

No entanto, em nenhum caso a pressão de ruptura marcada do disco de ruptura, na temperatura especificada do disco, mais qualquer pressão no coletor de saída, pode exceder a PMTA-Pressão Máxima de Trabalho Admissível do vaso de pressão ou a pressão de ajuste da válvula de alívio de pressão.

(6) A pressão de ruptura do disco deve ser ajustada o mais baixo possível e o espaço entre a saída da válvula de alívio de pressão e o disco deve ser ventilado, drenado e monitorizado, para evitar o acúmulo de pressão que possa afetar a operação da válvula de alívio de pressão.

(7) A área da abertura proporcionada pela ruptura do dispositivo de disco de ruptura deve ser suficiente para permitir um fluxo igual à capacidade nominal da válvula de alívio de pressão conectada sem exceder a pressão de ajuste.

(8) Qualquer trecho de tubulação após o disco de ruptura não pode ser obstruído por fragmentos do

próprio disco de ruptura.

(8) O sistema é projetado para considerar possíveis efeitos adversos de qualquer vazamento através da válvula de alívio de pressão ou através do dispositivo de disco de ruptura, para garantir o desempenho e a confiabilidade da instalação.

(9) O castelo de uma válvula de alívio de pressão do tipo fole de balanceamento deve ser ventilado para evitar o acúmulo de pressão no castelo.

7. Critérios para instalação de disco ou pino de ruptura à montante de válvula de alívio de pressão

7.1. Finalidades

Recomendam-se o uso de um disco ou pino de ruptura à montante da válvula de alívio nas seguintes situações:

- O fluido contido no vaso de pressão é muito corrosivo e uma válvula de alívio de pressão de material resistente pode não estar disponível, ou pode ser extremamente dispendiosa. O disco ou pino de ruptura atua como uma barreira de proteção entre o material corrosivo e a válvula de alívio.
- O fluido contido no vaso de pressão contém sólidos que podem entupir os internos da válvula de alívio de pressão, resultando na falha de abertura da válvula de alívio, quando necessário.
- O fluido contido no vaso é propenso a formar polímeros pela reação química de vapores ou de líquido condensado a partir dos vapores.
- As regulamentações ambientais podem exigir monitoramento de emissões fugitivas na saída da válvula de alívio de pressão. Nesse caso um disco ou pino de ruptura à montante da válvula de alívio pode eliminar a necessidade do monitoramento das emissões fugitivas.



Monitoramento do espaço entre a válvula de alívio de pressão e o disco de ruptura à montante

7.2. Resumo das vantagens

Esta combinação disco ou pino de ruptura e válvula de segurança, a princípio, pode ser considerado como um fator de aumento de custo. Entretanto, esse arranjo é bem aceito, pois acarreta economia pelos motivos a seguir:

- Proteção da sede contra o ataque por fluido corrosivo;
- Proteção contra o entupimento da sede por polimerização ou incrustação do fluido;
- Evitar o vazamento pela válvula de alívio de pressão;
- Permitir a manutenção da válvula de alívio de pressão, com histórico de passagem/vazamento recorrente.

- Vantagem 1: Vazamento Zero do processo para a atmosfera

Um dos motivos mais importante para se isolar válvulas de alívio de pressão, com disco ou pino de ruptura, é a prevenção de vazamentos do fluido de processo para a atmosfera.

Nas válvulas de alívio de pressão convencionais, de sede metálica, a Norma API Std 527 *Seat Tightness of Pressure Relief Valves* admite vazamento, daí o disco ou pino de ruptura usado na entrada da válvula de alívio atua como uma barreira sólida e estanque entre o processo e válvula. Isto evita a poluição do ar e o prejuízo com a perda de produto.

Assim, ao se utilizar a combinação do disco ou pino de ruptura à montante da válvula de alívio de pressão, cessam os vazamentos, a poluição ambiental e o desperdício de produtos caros.

- Vantagem 2: Intervalos mais longos entre paradas para manutenção

Devido aos internos da válvula não estarem expostos às contaminações do processo eles são preservados, não se deteriorando, permitindo intervalos mais longos entre manutenções.

- Vantagem 3: Materiais mais econômicos podem ser utilizados na válvula

O alto custo inicial de uma válvula de alívio de pressão pode ser reduzido ao se especificar válvulas fabricadas com materiais mais econômicos e as isolando com disco ou pino de ruptura.

Por exemplo, se uma válvula em material nobre como o Hastelloy⁽¹⁾ é requerida, é possível utilizar uma válvula em aço Carbono com internos em Hastelloy, gerando uma alta economia, mais que o suficiente para pagar o custo do disco ou pino de ruptura.

⁽¹⁾ Hastelloy é o nome de marca registrada da Haynes International, Inc.

- Vantagem 4: Aumento da vida útil da válvula de alívio de pressão

O aumento da vida útil da válvula é uma grande vantagem do uso combinado de disco ou pino de ruptura com válvula de alívio de pressão.

O disco ou pino de ruptura atua como uma barreira estanque entre a válvula e o fluido do processo. Dessa forma, o disco ou pino de ruptura evita que o fluido de processo se acumule e agregue nos componentes internos mecânicos da válvula, evitando que o desempenho da atuação da válvula seja afetado e preservando a segurança do processo.

Uma vez que o fluido de processo não terá contato com os internos da válvula, esta se mantém intacta até que seja solicitada para o alívio de pressão, ou seja, a vida útil da válvula de alívio de pressão pode ser estendida ao se isolar os internos da válvula do contato com fluidos corrosivos.

7.3. Recomendações

a. O disco ou pino de ruptura deve ter os mesmos cuidados de controle de uma válvula de alívio de pressão, ou seja, “TAG” específico (alinhado com o “TAG” do equipamento protegido) e relacionado no prontuário dos dispositivos de alívio e segurança.

b. O disco ou pino de ruptura em série com uma válvula de alívio de pressão é normalmente calibrado para abrir a uma pressão levemente superior à da válvula, em vasos de pressão ou sistemas de tubulação.

c. O uso de um dispositivo de disco ou pino de ruptura, em combinação com uma válvula de alívio de pressão, deve ser cuidadosamente avaliado para garantir que o fluido de processo, sendo manipulado, e as características operacionais da válvula de alívio resultam em ação de abertura instantânea *pop* da válvula, coincidente com o rompimento do disco ou pino de ruptura.

d. A área da abertura fornecida através do dispositivo disco ou pino de ruptura, após o rompimento, deve ser suficiente para permitir um fluxo igual à capacidade da válvula e não existir possibilidade de interferência com o bom funcionamento da válvula; mas em nenhum caso essa área deve ser menor do que a área do tubo de entrada da válvula de alívio.

e. Quando instalados em conjunto, a área de passagem da válvula de alívio de pressão tem que ser no mínimo 10% maior que a do disco ou pino de ruptura, o acúmulo de pressão entre o disco ou o pino e a válvula deve ser evitado e o espaço entre os dois dispositivos deve ser controlado e drenável.

A área líquida mínima de fluxo do disco ou pino de ruptura deve ser igual ou maior que a área de saída da válvula de alívio de pressão; o fabricante do disco ou pino de ruptura deve ser consultado sobre o diâmetro nominal do disco ou pino a ser instalado.

Com esse arranjo, disco ou pino de ruptura e válvula de alívio de pressão, o Código ASME VIII-1 exige que haja um método para monitorar a pressão no espaço entre os dois dispositivos. Assim, estabelece que no espaço entre o disco ou pino de ruptura e a válvula de alívio de pressão deve existir uma tomada para um manômetro ou outro dispositivo de alerta adequado, para a indicação de abertura do disco ou pino de ruptura, e válvula de bloqueio para drenar o fluido acumulado. Este arranjo permite a detecção de ruptura ou vazamento do disco ou pino.

f. A capacidade e o funcionamento de cada combinação específica de dispositivo de disco ou pino de ruptura com válvula de alívio de pressão devem ser estabelecidos e certificados por teste, de acordo com as regras do código ASME VIII-1 parágrafo UG-132 *Certification of Capacity of Pressure Relief Valves in Combination With Nonreclosing Pressure Relief Devices* ..

g. Não usar o disco de ruptura convencional pois fragmenta e obstrui a sede da válvula de alívio de pressão, especificar os discos de ruptura do tipo reverso com vincos ou lâminas de faca.

h. O disco de ruptura tem um erro de abertura superior ao da válvula de alívio de pressão, que deve ser analisado para a segurança da instalação.

- i. Na ocorrência de golpe de aríete o disco ou pino de ruptura se rompe, não mais exercendo sua finalidade.
- j. Em serviços de muita flutuação de pressão e/ou temperatura, que levam à fadiga do disco, ou nos casos de pressão de ajuste muito próxima da pressão de operação, o disco de ruptura pode romper durante a operação normal, isto é, sem aumento significativo de pressão, ou até mesmo no início da operação.
- k. A linha de saída da válvula de alívio de pressão deve ser projetada para que a queda de pressão através do disco ou pino de ruptura e acessórios não afete negativamente o desempenho da válvula de alívio de pressão. O fabricante do disco ou pino de ruptura deve ser consultado quanto ao valor certificado de resistência ao fluxo do disco ou pino a ser instalado.
- l. O tipo de disco ou pino de ruptura selecionado deve ser capaz de suportar a contrapressão variável no *header* ou coletor do descarte da válvula de alívio de pressão.
- m. A abertura fornecida através do dispositivo de disco ou pino de ruptura após o rompimento deve ser suficiente para permitir um fluxo igual à capacidade nominal da válvula de alívio de pressão, sem exceder a pressão ajustada; e qualquer trecho de tubulação após o disco de ruptura não pode ser obstruído por fragmentos da ruptura do disco.
- n. Os usuários são avisados de que um disco ou pino de ruptura não vai romper em sua pressão de projeto, se houver contrapressão acumulada no espaço entre o disco ou pino e a válvula de alívio de pressão, devido a um vazamento, ocasionado por corrosão ou a outro dano do disco ou pistão do pino de ruptura.
- Da mesma forma, uma válvula de alívio de pressão não vai abrir na sua pressão de ajuste, se a contrapressão se acumular no espaço entre a válvula e o disco ou pino de ruptura.
- o. Se não for projetado corretamente, essa combinação, disco de ruptura e válvula de alívio de pressão, pode resultar em acidente.

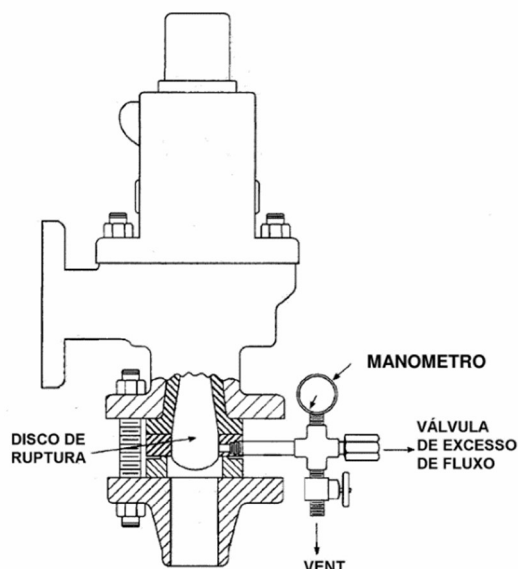
Considere o que acontece se houver um pequeno vazamento por trinca, fissura ou furo no disco de ruptura ou pistão do pino de ruptura. O pequeno vazamento provoca um aumento de pressão no tubo entre a válvula de alívio e o disco ou pino de ruptura.

A pressão ali aumenta até que seja igual à pressão do equipamento ou sistema. Esta pressão permanece na tubulação entre o disco ou pino de ruptura e a válvula de alívio porque a pressão ajustada da válvula de alívio não foi excedida, de modo que a válvula de alívio não se abre.

Da mesma forma, o disco ou pino de ruptura, que é um dispositivo de pressão diferencial, só vai romper quando a diferença de pressão entre o lado à montante (isto é, a pressão do equipamento ou sistema) e o lado à jusante (isto é, no tubo entre a válvula de alívio e o disco ou pino de ruptura) exceder a pressão de ruptura especificada. Assim, no pior dos casos, a pressão no equipamento ou sistema aumenta para quase o dobro da pressão de ajuste original, antes do sistema de segurança ser ativado.

Existem duas maneiras de lidar com esse problema:

- Prover um pequeno orifício, ventilado para um local seguro à pressão atmosférica, no tubo entre o disco ou pino de ruptura e a válvula de alívio, para evitar a acumulação de pressão.
- Monitorar a pressão no tubo entre o disco ou pino de ruptura e a válvula de alívio, com um manômetro periodicamente verificado ou com um sensor de pressão com um alarme de pressão alta.



Ambas as alternativas são reconhecidas como opções aceitáveis pela Norma API STD 520 e pelo código de vaso de pressão ASME Section VIII e exigem um sistema de gerenciamento, para garantir que as características de proteção não sejam comprometidas por falha de instrumento ou alarme. Também é essencial que as pessoas envolvidas na operação e na manutenção conheçam e compreendam o motivo desse esquema de proteção, para pronta atuação em caso de alarme ou observação de pressão alta, entre o disco ou pino de ruptura e a válvula de alívio de pressão, e para que essa proteção não seja removida ou alterada.

p. O castelo de uma válvula de alívio de pressão do tipo fole de balanceamento deve ser ventilado para evitar o acúmulo de pressão no castelo.

Para melhor entender as vantagens do uso de disco de ruptura combinado com válvula de alívio de pressão, segue comparação das vantagens e desvantagens de cada um.

Proteção somente com válvula de alívio de pressão	Proteção somente com disco ou pino de ruptura	Proteção com a combinação disco de ruptura e válvula de segurança
<p>Válvulas com sede metálica vazam para a atmosfera, desperdiçando produto e poluindo o meio ambiente.</p> <p>Necessidade de manutenção frequente, pois uma vez que o fluido do processo tem contato com os internos da válvula, esta deve ser verificada, periodicamente, para assegurar seu correto funcionamento. Para isso o processo deve ser paralisado.</p> <p>Pressão de abertura ajustável.</p> <p>Torna a fechar após ter aliviado a pressão excedente, permitindo o reuso.</p>	<p>Estanque, sem vazamento.</p> <p>Mínima manutenção.</p> <p>Pressão de rompimento ou abertura fixa.</p> <p>Não fecha após a abertura, logo não é reutilizável.</p> <p>Descartável, deve ser substituído após cada atuação.</p> <p>Requer a parada da planta para troca do dispositivo disco ou pino de ruptura.</p>	<p>Estanque, sem vazamento.</p> <p>Requer manutenção pouco frequente.</p> <p>Pressão de abertura ajustável.</p> <p>Torna a se fechar após ter aliviado a pressão excedente, assim a válvula é reutilizável mas o disco de ruptura não.</p> <p>Requer a parada da planta para troca do dispositivo disco de ruptura após rompimento.</p>