

c) proteção impermeável e resistente à solução química mencionada em A.14. Qualquer proteção aplicada aos cilindros deve ser tal que seu processo de aplicação não prejudique as propriedades mecânicas do cilindro. A proteção deve ser projetada para facilitar a subsequente inspeção em serviço e o fabricante deve fornecer instruções referentes a aplicação da proteção durante essas inspeções para assegurar a integridade do cilindro.

O ensaio de desempenho ambiental que avalia a capacidade da proteção externa deve ser conduzido conforme apresentado no Apêndice F.

6.5 Procedimento de ensaios de protótipos

6.5.1 Requisitos gerais

Ensaios de protótipos devem ser realizados em cada novo projeto em cilindros acabados que sejam representativos de produção normal e com as devidas marcações. O OAC deve selecionar os cilindros e testemunhar os ensaios realizados de acordo com o item 6.5.2. Se forem testadas mais unidades do que as requeridas por este regulamento técnico, todos os resultados devem ser documentados.

6.5.2 Ensaios de protótipos

6.5.2.1 Ensaios requeridos

No processo de aprovação dos tipos, o OAC deve selecionar os cilindros apropriados e testemunhar os seguintes ensaios:

- ensaios especificados em 6.5.2.2 ou 6.5.2.3 (ensaio de materiais) em um cilindro;

- ensaios especificados em 6.5.2.4 (ensaio de pressão hidrostática de ruptura) três cilindros;

- ensaios especificados em 6.5.2.5 (ensaio de pressão cíclica à temperatura ambiente) em dois cilindros;

- ensaio especificado em 6.5.2.6 (ensaio de VAC) em três cilindros;

- ensaio especificado em 6.5.2.7 (ensaio de resistência ao fogo) em um ou dois cilindros, como apropriado;

- ensaio especificado em 6.5.2.8 (ensaio de penetração) em um cilindro.

6.5.2.2 Ensaio de materiais para cilindros de aço

Os ensaios de material devem ser executados em cilindros de aço acabado, segundo segue:

a) ensaio de tração

As propriedades mecânicas do aço, no cilindro acabado, devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender os requisitos lá especificados.

b) ensaio de impacto

As propriedades de impacto do aço, no cilindro acabado, devem ser determinadas em conformidade com A.2 e atender aos requisitos lá especificados.

c) ensaio de resistência a corrosão sob tensão induzida por sulfetos

Se o limite superior da solicitação de resistência a tração especificada para o aço exceder 950 MPa, o aço de um cilindro acabado deve ser submetido a um ensaio de resistência a corrosão sob tensão induzida por sulfetos em conformidade com requisitos especificados no A.3.

6.5.2.3 Ensaio de materiais para cilindros de liga de alumínio

Os ensaios de material devem ser executados em cilindros de ligas de alumínio, segundo segue:

a) ensaio de tração

As propriedades das ligas de alumínio no cilindro acabado devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender aos requisitos lá especificados.

b) ensaio de corrosão.

As Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios de corrosão em conformidade com A.4.

c) ensaios de resistência a trincas por cargas sustentadas.

Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios de trincas por carga sustentada em conformidade com A.5.

6.5.2.4 Ensaio de pressão hidrostática de ruptura

Três cilindros devem ser hidrostaticamente pressurizados até o colapso, de acordo com A.12. A pressão de ruptura deve exceder a mínima pressão de ruptura calculada pela análise de tensão definida no projeto e deve ser de pelo menos 45 MPa.

6.5.2.5 Ensaio de pressurização cíclica à temperatura ambiente

Dois cilindros devem ser pressurizados ciclicamente à temperatura ambiente de acordo com A.13 até falharem, ou até o mínimo de 45.000 ciclos. Os cilindros não podem falhar antes de atingirem uma quantidade de ciclos igual a vida útil, multiplicado por 1.000 ciclos por ano. Os Cilindros que excederem esta quantidade de ciclos em caso de apresentarem falhas, estas serão permitidas somente por perdas e não por ruptura. Os cilindros que não falharem quando atingirem 45.000 ciclos devem ser destruídos; seja por continuar sendo ciclados até que a falha ocorra, seja por pressurização hidrostática até sua ruptura. O número de ciclos até a falha e o local que a falha se iniciou devem ser registrados.

6.5.2.6 Ensaio de vazamento antes do colapso (VAC)

O ensaio de VAC deve ser realizado em conformidade com A.6 e deve atender aos requisitos lá especificados.

6.5.2.7 Ensaio de resistência ao fogo (Fogueira)

Um ou dois cilindros, como apropriado, deve(m) ser ensaiado(s) em conformidade com A.15 e deve(m) atender aos requisitos lá especificados.

6.5.2.8 Ensaio de penetração

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.16 e deve atender aos requisitos lá especificados.

6.5.3 Modificações de projeto

Uma modificação de projeto é qualquer mudança na seleção de materiais estruturais ou modificação de dimensionamento não atribuídas às tolerâncias normais de fabricação.

Modificações especificadas no projeto conforme a tabela 2 necessitam somente dos ensaios de protótipo, como indicado na mesma.

Tabela 2 - Modificações de projeto para os cilindros tipo GNV-1

Modificação do Projeto	Tipo de ensaio				
	Ruptura	Ciclagem à temperatura ambiente	VAC	Fogueira	Penetração
	Seção				
	A.12	A.13	A.6	A.15	A.16
Material de cilindro metálico	X	X	X	X	X
Mudanças de diâmetro < 20%	X	X	-	-	-
Mudanças de diâmetro > 20%	X	X	X	X	X
Mudança de comprimento < 50%	X	-	-	X(a)	-
Mudança de comprimento > 50%	X	X	-	X(a)	-
Mudança da pressão de serviço < 20% (b)	X	X	-	-	-
Forma da calota	X	X	-	-	-
Tamanho da abertura	X	X	-	-	-
Mudança no processo de fabricação	X	X	-	-	-
Dispositivo de alívio de pressão	-	-	-	X	-

a) Ensaio somente apropriado quando do aumento do comprimento.

b) Somente quando a mudança de espessura for proporcional ao diâmetro e/ou à mudança de pressão.

6.6 Ensaios de lote

6.6.1 Requisitos gerais

Ensaios de lote devem ser realizados em cilindros acabados, representativos da produção e que estejam com as devidas marcações. Os cilindros requisitados para ensaios devem ser escolhidos aleatoriamente em cada lote de produção. Se mais cilindros que os requisitados por este Regulamento Técnico forem submetidos aos ensaios, todos os resultados devem ficar registrados. A amostra testemunha de tratamento térmico, representativa de cilindros acabados, também pode ser utilizada.

Cilindros qualificados em conformidade com ISO 9809-1, ISO 9809-2, ISO 9809-3 ou ISO 7866 não precisam ser submetidos ao ensaio de pressão cíclica periódica, sempre que durante o seu ensaio de aprovação de tipo os cilindros que suportarem, sem falhar, a pressão cíclica de não mais que 2 MPa e não menos que 30 MPa (em conformidade com o procedimento de ensaios de A.6), por no mínimo de 15.000 ciclos; ou por um mínimo de 30.000 ciclos de pressão de não mais que 2 MPa e não menos que 26 MPa (de acordo com o procedimento A.13).

6.6.2 Programa de ensaios

6.6.2.1 Em cada lote de cilindros devem ser realizados os seguintes ensaios:

a) em um cilindro:

- Um ensaio de ruptura hidráulica, em conformidade com A.12.

b) em um cilindro complementar, ou amostra testemunha tratada termicamente, representativa de um cilindro acabado:

1) verificação das dimensões críticas em relação ao projeto (ver 5.2.4.1);

2) um ensaio de tração em conformidade com A.1. Os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos do projeto (ver 5.2.4.1);

3) para cilindros de aço, três ensaios de impacto de acordo com A.2. Os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos especificados em A.2.

4) quando uma proteção externa do cilindro for parte do projeto, um ensaio de lote da proteção externa deve ser realizado de acordo com A.24. Quando a proteção externa não atender os requisitos de A.24, o lote deve ser inspecionado em 100% das unidades para que sejam retirados cilindros com defeitos de proteções externas similares. A proteção externa em todos esses cilindros defeituosos deve ser retirada e a proteção externa reaplicada. O ensaio de lote da proteção externa do cilindro deve então ser repetido.

Todos os cilindros representados por um ensaio de lote que falhou em atender os requisitos especificados devem seguir os procedimentos especificados em 6.9.

6.6.2.2 Também deve ser realizado um ensaio de pressão cíclica periódico em cilindros acabados, de acordo com A.13 numa frequência de ensaio como definido a seguir:

a) inicialmente, um cilindro de cada lote deve ser pressurizado ciclicamente por um total de 1.000 vezes a vida útil. Para os cilindros cuja a vida útil for inferior a 15 anos, a quantidade de ciclos deverá ser no mínimo de 15.000.

b) se em dez lotes de produção sequencial de uma família de projeto (materiais e processos similares, segundo definição de modificações menores de projeto, como definido em 6.5.3), nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vazarem antes de 1.500 ciclos multiplicado pela vida útil, em anos, (no mínimo 22.500 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro de cada 5 lotes de produção;

c) se em dez lotes de produção sequenciais de uma família de projeto, nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vazarem antes de 2.000 ciclos multiplicado pela vida útil, em anos, (no mínimo 30.000 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro de cada 10 lotes de produção;

d) se mais de três meses se passaram desde o último ensaio de pressão cíclica, então um cilindro do próximo lote de produção deve ser ensaiado à pressão cíclica, a fim de manter a reduzida frequência de ensaios de lotes de b) ou c) acima.

e) se qualquer cilindro ensaiado à pressão cíclica, em frequência reduzida, em b) ou c) acima, não alcançar o requerido número de ciclos de pressão (mínimo de 22.500 ou 30.000, respectivamente), então é apropriado repetir a frequência de ensaios de pressão cíclica em a) para um mínimo de 10 lotes de produção para restabelecer a reduzida frequência de ensaios de pressão cíclica em b) ou c) acima.

Se qualquer cilindro, em a), b) ou c) acima, não atender os requisitos do número mínimo de ciclos de vida de 1.000 ciclos multiplicado pela vida útil de serviço, em anos, especificada (mínimo 15.000 ciclos), então a causa da falha deve ser determinada e corrigida seguindo os procedimentos de 6.9. O ensaio de pressão cíclica deve ser então repetido em três cilindros de cada lote. Se qualquer dos três cilindros adicionais não atender os requisitos da pressão cíclica de 1.000 ciclos vezes a vida útil de serviço, em anos, especificada então todo o lote deve ser rejeitado.

6.7 Ensaios em cada cilindro

A Verificação de produção e ensaios devem ser realizados em todos os cilindros de um lote. Cada cilindro deve ser examinado durante a fabricação e após sua complementação, como segue:

a) por END, de acordo com Apêndice B, demonstrado para verificar o tamanho máximo de defeito especificado no projeto, como determinado em 6.3.4. O método de END deve ser capaz de detectar o tamanho máximo admitido;

b) verificação das dimensões críticas e massa do cilindro completo, para que estejam dentro das tolerâncias do projeto;

c) verificação da conformidade com o acabamento superficial especificado no projeto, com atenção especial às dobras no pescoço ou ombro das extremidades ou aberturas, forjadas ou moldadas;

d) verificação da marcação;

e) por ensaios de dureza de cilindros tratados termicamente, de acordo com A.8. Os valores então determinados devem estar em conformidade com a faixa especificada no projeto;

f) por ensaios hidráulicos em cilindros acabados, em conformidade com A.11. Se for escolhida a opção 1, o fabricante deve estabelecer o adequado limite de expansão volumétrica permanente para a pressão de ensaio utilizada, mas em nenhum caso, esta deve exceder os 10% da expansão volumétrica total medida durante o ensaio de pressão.

6.8 Certificado de aceitação de lote

Se os resultados dos ensaios de lote, de acordo com 6.6 e 6.7, forem satisfatórios, o fabricante e o OAC devem assinar um certificado de aceitação. Um modelo de certificado de aceitação (denominado "Relatório de fabricação e certificado de conformidade") é apresentado no Apêndice E.

6.9 Falha em alcançar os requisitos de ensaios

Se os requisitos não forem atendidos, devem ser feitos novos ensaios ou tratamentos térmicos, e subsequentes ensaios, para a concordância do OAC, como segue:

a) Se houver evidência de falhas na realização do ensaio, ou erros de medição, outro ensaio deve ser realizado. Se o resultado for satisfatório, o primeiro deve ser ignorado;

b) Caso o ensaio tenha sido realizado de maneira satisfatória, a causa da falha deve ser identificada.

1) Se a falha for considerada decorrente do tratamento térmico, o fabricante pode sujeitar todos os cilindros envolvidos a outro tratamento térmico, ou seja, se a falha for num ensaio que represente o protótipo ou cilindros de lote, a falha do ensaio demandará o novo tratamento térmico de todos os cilindros anteriores ao novo ensaio; todavia, se a falha ocorrer esporadicamente num ensaio aplicado em cada cilindro, então somente os cilindros que falharem no ensaio devem ser novamente tratados termicamente e reensaíados.

- A espessura mínima de parede deve sempre ser garantida após o retratamento térmico.

- Somente protótipos relevantes ou ensaios de lote que precisarem provar a aceitabilidade do novo lote devem ser reensaíados. Se um ou mais ensaios demonstrarem, mesmo parcialmente, que não são satisfatórios, todos os cilindros do lote devem ser rejeitados.

