

- ensaio especificado em 7.5.2.12 (ensaio de ruptura por solicitação acelerada) em um cilindro;

- ensaio especificado em 7.5.2.13 (ensaio de pressão cíclica em temperatura extrema) em um cilindro;

- ensaio especificado em 7.5.2.14 (ensaio de tensão de cisalhamento da resina) em uma amostra representativa da camada envoltória de resina.

7.5.2.2 Ensaio de materiais para liner de aço

Os ensaios de material devem ser executados em liner de aço, como segue:

a) Ensaio de tração

As propriedades do aço num liner acabado devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender aos requisitos lá especificados.

b) Ensaio de impacto

As propriedades de impacto do aço num liner de aço acabado devem ser determinadas em conformidade com A.2 e atender aos requisitos lá especificados.

c) Ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfeto

Se o limite superior da solicitação de tração especificada para o aço exceder 950 MPa, o aço de um cilindro acabado deve ser submetido a um ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfeto em conformidade com A.3 e atender aos requisitos lá especificados.

7.5.2.3 Ensaio de materiais para liner de ligas de alumínio

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

a) ensaio de tração

As propriedades dos materiais das ligas de alumínio num cilindro acabado devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender aos requisitos lá especificados.

b) ensaio de corrosão

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

c) ensaios "Sustained-load-cracking Resistance"

Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios "Sustained-load-cracking Resistance" em conformidade com A.5.

Ensaio de pressão hidrostática de ruptura

a) um liner deve ser hidrostaticamente pressurizado até o colapso, em conformidade com A.12. A pressão de ruptura deve exceder a mínima pressão de ruptura especificada no projeto do revestimento;

b) três cilindros devem ser hidrostaticamente pressurizados até o colapso, em conformidade com A.12. A pressão de ruptura do cilindro deve exceder a mínima pressão de ruptura calculada pela análise de tensões do projeto, em conformidade com a tabela 4 e em nenhum caso deve ser menor que os valores apropriados para atender os requisitos da razão de tensões de 7.3.2.

7.5.2.5 Ensaio de pressão cíclica à temperatura ambiente

Dois cilindros devem ser pressurizados ciclicamente à temperatura ambiente de acordo com A.13 até falhar, ou até o mínimo de 45.000 ciclos. Os cilindros não podem falhar antes de atingirem o período de vida, em anos, multiplicado por 1.000 ciclos. Cilindros que excederem o período de vida, em anos, multiplicado por 1.000 ciclos devem vaziar, e não romper. Cilindros que não falharem quando atingir 45.000 ciclos devem ser destruídos, seja por continuar sendo ciclados até que a falha ocorra, seja por pressurização hidrostática até sua ruptura. Cilindros que excederem 45.000 ciclos podem romper. O número de ciclos até a falha e o local que a mesma se iniciou devem ser registrados.

7.5.2.6 Ensaio de escoamento-antes-do-colapso (VAC)

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

7.5.2.7 Ensaio de resistência ao fogo

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

7.5.2.8 Ensaio de penetração

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

7.5.2.9 Ensaio em ambiente ácido

Um cilindro deve cumprir os requisitos descritos em A.14 ou ensaiado conforme descrito no Apêndice F.

7.5.2.10 Ensaio de tolerância a imperfeição

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.17 e deve atender aos requisitos lá especificados.

7.5.2.11 Ensaio de fluência a alta temperatura

Em projetos em que a temperatura de transição do vidro na resina não exceda os 102°C, um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.18 e deve atender aos requisitos lá especificados.

7.5.2.12 Ensaio de ruptura por tensão acelerada

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.19 e deve atender aos requisitos lá especificados.

7.5.2.13 Ensaio de pressão cíclica em temperatura extrema

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.7 e deve atender aos requisitos lá especificados.

7.5.2.14 Ensaio de tensão de cisalhamento da resina

As resinas devem ser ensaiadas em conformidade com A.26 e deve atender aos requisitos lá especificados.

7.5.3 Modificações de projeto

Uma modificação de projeto é toda mudança na seleção de materiais estruturais ou modificação de dimensionamento não atribuídas às tolerâncias normais de fabricação. Modificações menores de projeto podem ser permitidas para qualificação através de um programa reduzido de ensaios. Modificações de projeto especificadas na tabela 5 necessitam somente dos ensaios de protótipo, como indicado na tabela 5.

Tabela 5 - Modificações de projeto para os cilindros tipo GNV-2

Mudanças de Projeto	Tipo de Ensaio							
	Ruptura Hidrostática	Cíclico a pressão a temperatura ambiente	Fogueira	Penetração	Am bien tal	Tolerância a defeitos	Fluência a alta temperatura	Tensão de Ruptura
	Item							
	A.12	A.13	A.15	A.16	A.14	A.17	A.18	A.19
Fabricação da fibra	X	X	-	-	-	-	X	X
Material metálico do liner	X	X	X	X	X	X	X	X
Material da fibra	X	X	X	X	X	X	X	X
Material da resina	-	-	-	X	X	X	X	X
Mudanças de diâmetro ≤ 20%	X	X	-	-	-	-	-	-
Mudanças de diâmetro >20%	X	X	X	X	-	X	-	-
Mudanças de comprimento ≤ 50%	X	-	X ^(a)	-	-	-	-	-
Mudanças de comprimento >50%	X	X	X ^(a)	-	-	-	-	-
Mudanças de pressão de serviço ≤ 20% ^(b)	X	X	-	-	-	-	-	-
Forma da calota	X	X	-	-	-	-	-	-
Tamanho do furo	X	X	-	-	-	-	-	-
Mudanças de revestimento	-	-	-	-	X	-	-	-
Mudanças 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.

7.6 Ensaios de lote

7.6.1 Requisitos gerais

Ensaios de lote devem ser realizados em cilindros acabados, representativos da produção normal e que estejam com as devidas marcações. Os cilindros e liner 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. Quando forem detectados defeitos no revestimento antes de qualquer autointerferência ou ensaio de pressão hidrostática, o revestimento deve ser totalmente removido e, em seguida, reposto.

7.6.2 Ensaios requeridos

7.6.2.1 Em cada lote de cilindros devem, no mínimo, ser realizados os seguintes ensaios:

a) em um cilindro:

- 1- um ensaio de ruptura hidráulica, em conformidade com A.12.
- 2- se a pressão de ruptura for menor que a mínima calculada, deve ser seguido o procedimento de 7.9.

b) em um cilindro complementar, ou liner, 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 os liner 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 ao revestimento 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 replicada. O ensaio de lote da proteção externa do cilindro deve então ser repetido.

Todos os cilindros ou liner representados por um ensaio de lote que falharem em atender os requisitos especificados devem seguir os procedimentos especificados em 7.9.

7.6.2.2 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 sequenciais de uma família de projeto (materiais e processos similares, segundo definição de modificações menores de projeto, como definido em 7.5.3), nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vaziar antes de 1.500 ciclos vezes a vida útil, em anos, (no mínimo 22.500 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro em 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 vaziar antes de 2.000 ciclos vezes a vida útil, em anos, (no mínimo 30.000 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro em cada dez 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) e 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 dez 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 vezes a 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 7.9. O ensaio de pressão cíclica deve ser então repetido em três cilindros daquele lote. Se qualquer dos três cilindros adicionais não atender aos requisitos da pressão cíclica de 1.000 ciclos vezes a vida útil de serviço, em anos, especificada, então todo o lote deve ser rejeitado.

7.7 Ensaios em cada cilindro

A verificação da produção e dos ensaios deve ser realizada 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 liner, de acordo com o Apêndice B, para verificar que o tamanho máximo de defeito não exceda o tamanho especificado no projeto, como determinado em 7.3.4. O método de END deve ser capaz de detectar o tamanho máximo permitido;

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

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

d) verificação da marcação;

e) por ensaios de dureza em liners, de acordo com A.8, realizadas após o tratamento térmico. 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, 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 5% da expansão volumétrica medida durante o ensaio de pressão.

7.8 Certificado de aceitação de lote

Se os resultados dos ensaios de lote, de acordo com 7.6 e 7.7 forem satisfatórios, o fabricante e o inspetor devem assinar um certificado de aceitação. Um exemplo de certificado de aceitação referido como "Relatório de Fabricação e Certificado de Conformidade" é apresentado no Apêndice E.

7.9 Falha em alcançar os requisitos

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

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 de responsabilidade do tratamento térmico, o fabricante deve sujeitar todos os cilindros envolvidos em 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 representativos deste ensaio 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 reensaados.

- Sempre que o liner sofrerem novo tratamento térmico, a espessura mínima de parede deve ser garantida.

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

2. Se a falha for considerada não decorrente do tratamento térmico, todos os cilindros defeituosos devem ser rejeitados ou reparados. Deve ser providenciado que todos os cilindros reparados passem pelos ensaios requeridos para o reparo e então podem ser reutilizados como parte do lote original.

