

- ensaio especificado em 8.5.2.12 (ensaio de ruptura por solicitação acelerada) em um cilindro;
 - ensaio especificado em 8.5.2.13 (ensaio de pressão cíclica em temperatura extrema) em um cilindro;
 - ensaio especificado em 8.5.2.14 (ensaio de tensão de cisalhamento da resina) uma amostra representativa da camada envoltória de resina;
 - ensaio especificado em 8.5.2.15 (ensaio de impacto) em pelo menos um cilindro;

8.5.2.2 Ensaios de materiais para liner de aço
 Os ensaios de material devem ser executados em revestimentos de aço, como segue:

a) Ensaio de tração
 As propriedades do aço num cilindro acabado ou liner 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 cilindro acabado ou liner devem ser determinadas em conformidade com A.2 e atender aos requisitos lá especificados.

c) Ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfetos
 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 sulfetos em conformidade com A.3 e atender aos requisitos lá especificados.

8.5.2.3 Ensaio de materiais para liner de ligas de alumínio
 Os ensaios de material devem ser executados em revestimentos 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 os requisitos especificados no anexo A.1.

b) Ensaio de corrosão
 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 fendas por carga contínua em conformidade com A.5.

8.5.2.4 Ensaio de pressão hidrostática de ruptura
 Três cilindros devem ser pressurizados ciclicamente à temperatura ambiente de acordo com A.12. A pressão de colapso do cilindro deve exceder a mínima pressão de ruptura estabelecida pelo estudo de análise de tensões do projeto, de acordo com a tabela 7 e, em nenhuma hipótese, deve ser inferior ao valor necessário para atender às especificações de razão de tensões de 8.3.2.

8.5.2.5 Ensaio de pressão cíclica à temperatura ambiente
 Dois cilindros devem ser pressurizados ciclicamente à temperatura ambiente de acordo com A.13 até o colapso ou até um mínimo de 45.000 ciclos. Os cilindros não devem entrar em colapso antes de alcançarem o equivalente à vida útil em serviço especificada em anos, multiplicada por 1.000 ciclos. Os que excederem este valor podem falhar por vazamento e não por ruptura. Cilindros que não falharem até os 45.000 ciclos devem ser destruídos pela continuação dos ciclos de ensaio até o colapso; ou pressurizando-os hidrostaticamente até que isto ocorra. Cilindros que excederem 45.000 ciclos podem romper. O número de ciclos em que ocorrer o colapso e o local do início da falha devem ser registrados.

8.5.2.6 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.

8.5.2.7 Ensaio de fogueira
 Um ou dois cilindros, como apropriado, devem ser ensaiados em conformidade com A.15 e devem atender aos requisitos lá especificados.

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

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

8.5.2.10 Ensaio de tolerância a falhas
 Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.17 e deve atender aos requisitos lá especificados.

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

8.5.2.12 Ensaio de ruptura por solicitação acelerada
 Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.19 e deve atender aos requisitos lá especificados.

8.5.2.13 Ensaio de pressão cíclica em temperatura extrema
 Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.7 e deve atender aos requisitos lá especificados.

8.5.2.14 Ensaio de tensão de cisalhamento da resina
 Resinas devem ser ensaiadas em conformidade com A.26 e deve atender aos requisitos lá especificados.

8.5.2.15 Ensaio de impacto por queda
 Um (ou mais) cilindro acabado deve(m) passar pelo ensaio de impacto, em conformidade com A.20 e deve(m) atender seus requisitos.

8.5.3 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 8 necessitam somente dos ensaios de protótipo, como especificado na tabela 8.

Tabela 8 – Modificações de projeto para os cilindros Tipo - GNV-3

Fabricação da fibra	X	X	-	-	-	-	X	X	X
Material metálico do revestimento	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material da fibra	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material da resina	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Mudança de diâmetro ≤ 20%	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Mudança de diâmetro >20%	X	X	X	X	-	X	-	-	X
Mudança de comprimento ≤ 50%	X	-	X ^{a)}	-	-	-	-	-	-
Mudança de comprimento >50%	X	X	X ^{a)}	-	-	-	-	-	X
Mudança de pressão de serviço ≤ 20% ^{b)}	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Forma da calota	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Tamanho do furo	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Mudança de revestimento	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Mudança de 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.

8.6 Ensaios de lote

8.6.1 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.

8.6.2 Ensaios requeridos

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

a) Em um cilindro:

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

Se a pressão de ruptura for menor que a mínima calculada, deve ser seguido o procedimento de 8.9.

b) Em um cilindro complementar, ou revestimento, 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 reaplicada. 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 8.9.

8.6.2.2 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 10 lotes de produção sequenciais de uma família de projeto (materiais e processos similares, segundo definição de modificações menores de projeto, como definido em 8.5.3), nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vazarem 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 a cada 5 lotes de produção;

c) se em 10 lotes de produção sequenciais de uma família de projeto, nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a), romper ou vazarem 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 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 frequência reduzida de ensaios de lotes de b) ou c).

e) se qualquer cilindro ensaiado à pressão cíclica na frequência reduzida, em b) ou c), 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 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 8.9. O ensaio de pressão cíclica deve ser então repetido em três cilindros de cada lote. Se qualquer dos três cilindros adicionais não atender aos requisitos da pressão cíclica de 1.000 ciclos vezes a vida útil em serviço, em anos, especificada, então todo o lote deve ser rejeitado.

8.7 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 8.3.4. 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 superfícies curvas no pescoço ou colo fechamento das extremidades e 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.

8.8 Certificado de aceitação de lote

Se os resultados dos ensaios de lote, de acordo com 8.6 e 8.7, forem satisfatórios, o fabricante e o OAC 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.

8.9 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 pode 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; 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 revestimentos sofrerem novo tratamento térmico, a mínima espessura 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 de não responsabilidade do tratamento térmico aplicado, todos os cilindros defeituosos devem ser rejeitados ou reparados por método aprovado. Desde que todos os cilindros reparados passem pelos ensaios requeridos para o reparo, então podem ser reintegrados como parte do lote original.

9. Requisitos para cilindros integralmente de material composto tipo GNV- 4

9.1 Generalidades

