

A.3 Ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfeto para aço. Exceto como identificado a seguir, o ensaio deve ser conduzido de acordo com o método A - norma NACE Standard Tensile Test, como descrito na norma NACE TM.0177-96.

O ensaio deve ser executado em pelo menos três corpos-de-prova de tração com "gauge" de diâmetro 3,81mm (0,150"), usinados da parede de um cilindro ou liner acabado.

Os corpos-de-prova devem ser colocados sob uma carga de tensão constante igual a 60% da tensão mínima de escoamento especificada do aço, imersa em solução de água destilada com 0,5% (fração de massa) de acetato tri-hidratado de sódio e ajustada para um pH inicial de 4,0, usando ácido acético. A solução deve ser continuamente saturada a temperatura ambiente e pressurizada com 0,414kPa (0,06 Psia) de sulfeto de hidrogênio (balanceado no nitrogênio). Os corpos-de-prova testados não devem falhar dentro de um período de teste de 144 horas.

A.4 Ensaio de corrosão para ligas de alumínio

O ensaio de corrosão para ligas de alumínio deve ser desenvolvido de acordo com o anexo A da norma ISO 7866:1999, atendendo os requisitos nela exigidos.

A.5 Ensaio de fratura por carregamento contínuo (Sustained Load Cracking - SLC) para alumínio

O ensaio para determinação da resistência à SLC para ligas de alumínio deve ser desenvolvido de acordo com o anexo B da norma ISO 7866:1999, atendendo os requisitos nela exigidos.

A.6 Ensaio de determinação de escoamento antes do colapso (VAC)

Três cilindros acabados devem ser ensaiados com ciclos de pressão entre 2,0 e 30 MPa, cuja taxa não pode exceder a 10 ciclos por minuto, de acordo com A.13.

Todos cilindros devem falhar por vazamento ou exceder 45.000 ciclos de pressão.

A.7 Ciclagem de pressão a temperatura extrema

Cilindros acabados com cobertura de composto e livre de qualquer revestimento protetivo, deve ser submetido a ensaio cíclico, como segue:

a) condicionar por 48 horas na pressão zero, temperatura de 65°C ou maior, e 95% ou maior de umidade relativa. O objetivo deste requisito será alcançado através da pulverização de uma névoa fina de água em uma câmara mantida a 65°C;

b) pressurizar hidrostaticamente por 500 ciclos, multiplicado pelo tempo de serviço especificado, em anos, e usando pressões entre 2,0 e 26 MPa ou maior, com uma umidade relativa de 95% ou maior e temperatura de 65°C ou superior;

c) condicionar o cilindro e fluido a temperatura de - 40°C ou menor, sendo monitorada a temperatura sob a superfície do cilindro e o fluido no interior deste;

d) pressurizar na faixa de 2,0 a 20 MPa por 500 ciclos, multiplicado pelo tempo de serviço em anos para temperatura de - 40°C ou menor. Instrumentos adequados de medição devem ser fornecidos para assegurar a temperatura mínima do fluido durante o ciclo de baixa temperatura.

A taxa do ciclo de pressurização de b) não pode exceder a 10 ciclos por minuto. A taxa do ciclo de pressurização de d) não pode exceder a 3 ciclos por minuto, a menos que um transdutor de pressão seja instalado diretamente dentro do cilindro.

Durante esse ensaio cíclico, o cilindro não deve mostrar sinais de ruptura, escoamento ou desenrolamento da fibra.

Segundo o ensaio de pressão a temperaturas extremas, os cilindros devem ser pressurizados hidrostaticamente para falhar de acordo com a A.12, e alcançar a pressão mínima de rompimento de 85% do mínimo especificado em projeto. Para o projeto GNV-4, antes do ensaio de ruptura hidrostática, o cilindro deve ser testado quanto a escoamento, conforme A.10.

A.8 Ensaio de dureza Brinell

O ensaio de dureza Brinell deve ser realizado sob a parede paralela (sentido longitudinal) de todo o cilindro ou liner, segundo o especificado na norma ISO 6506-1, na razão de um ensaio por metro de comprimento da parede paralela. O ensaio deve ser realizado após o tratamento térmico final e os valores de dureza determinados devem estar na faixa especificada no projeto.

A.9 Ensaio da proteção externa

A proteção externa deve ser avaliada usando os seguintes métodos de ensaio:

a) ensaio de adesão, segundo a norma ISO 4664, usar método A ou B como aplicável. A proteção externa deve exibir valores de adesão compatíveis com classe 4A ou 4B, como aplicável;

b) flexibilidade, segundo a norma ASTM D522-93, usar o método B com mandril de Ø=12,7mm (0,5 polegadas) para a temperatura de -20°C, na espessura especificada. Amostras para ensaio de flexibilidade devem ser preparadas de acordo com a norma ASTM D522-93. Não devem ocorrer trincas visualmente aparentes;

c) resistência ao impacto, segundo a norma ASTM D2794-93. A proteção externa na temperatura ambiente deve ser aprovada quando o valor de ensaio de impacto for 18 J (13,3 ft.lbs);

d) resistência química, segundo a norma ASTM D1308-87, exceto quando for determinado uma norma específica. O ensaio deve ser conduzido usando o método de ponto aberto e exposição de 100 horas à solução de 30% de ácido sulfúrico (ácido de bateria com uma densidade específica 1,219) e exposição por 24 horas à glicol polialcalino (equivalente a fluido de freio). Não deve ser evidenciado levantamento, empenamento ou amolecimento da proteção externa. A adesão deve alcançar a classe 3A ou 3B, quando o ensaio for realizado segundo a norma ISO 4624.

e) exposição mínima de 1.000 horas, segundo as especificações da norma ASTM G 53-93. Não deve ser evidenciado empenamento e a adesão deve se enquadrar na classe 3A ou 3B, quando ensaiado segundo a norma ASTM G 3359. O máximo de brilho perdido permitido deve ser de 20%;

f) mínimo de 500 horas de exposição, segundo as especificações da norma ISO 9227. A profundidade da marca de risco não deve exceder a profundidade de 2 mm, não deve ser evidenciada ocorrência do tipo empenamento e a adesão deve se enquadrar na classe 3A ou 3B, quando o ensaio for realizado de acordo com a norma ISO 4624;

g) resistência ao arrancamento na temperatura ambiente, segundo as especificações contidas na norma ASTM D3170-87. A proteção externa deve ser da classe 7A ou superior e não pode expor o substrato.

A.10 Ensaio de escoamento

O tipo GNV-4 deve ser ensaiado para determinação de escoamento segundo as etapas de procedimento a seguir:

a) cilindros totalmente secos;

b) pressurizar os cilindros à pressão de serviço com ar seco ou nitrogênio contendo gás detetor como o gás hélio.

Qualquer escoamento detectado deve ser motivo para rejeição.

Nota: Escoamento é o alívio de gás através de uma trinca, poro, falta de união ou defeito similar. Permeabilidade através da parede em conformidade com A.21 não é considerada como escoamento.

A.11 Ensaio hidráulico

Qualquer pressão aplicada ao cilindro após a autointerferência e antes do ensaio hidrostático não deve exceder 90% da pressão do ensaio hidrostático.

Uma das seguintes opções a seguir deve ser aplicada:

Opção 1 - Ensaio de expansão volumétrica

a) O cilindro deve ser hidrostaticamente ensaiado com uma pressão de pelo menos 1,5 vez a pressão de trabalho. Em nenhum caso a pressão de ensaio deve exceder a pressão de autointerferência.

b) A pressão deve ser mantida durante 30 segundos, suficientes para garantir a completa expansão. Qualquer pressão interna aplicada após autointerferência, antes do ensaio hidrostático não deve exceder 90% da pressão de ensaio hidrostático. Se a pressão de ensaio não puder ser mantida devido à falha no aparato de ensaio, é permitido repetir o ensaio com aumento de pressão de 0,7 MPa. Não são permitidos mais do que dois ensaios.

c) Qualquer cilindro que não alcançar o limite de rejeição especificado deve ser rejeitado e classificado como desqualificado para o uso.

Opção 2 - Ensaio de comprovação de pressão

A pressão hidrostática dentro do cilindro deve ser aumentada de forma gradual e regular, pelo menos até atingir 1,5 vezes a pressão de trabalho. A pressão de ensaio deve ser mantida por pelo menos 30 s para se certificar de que não existe escoamento.

A.12 Ensaio de pressão hidrostática de rompimento

A taxa de pressurização não deve exceder 1,4 MPa por segundo. Se nas pressões acima de 80% da pressão de ruptura de projeto, exceder 0,35 MPa por segundo, então o cilindro deve ser esquematicamente colocado entre a pressão fonte e o medidor de pressão, ou deve permanecer 5 segundos na pressão mínima de rompimento.

A pressão mínima de rompimento exigida (calculada) deve ser pelo menos de 45 MPa e, em nenhum caso, menor do que o valor apropriado para os requisitos da razão de tensão.

A pressão de rompimento deve ser registrada. A ruptura pode ocorrer na região cilíndrica ou na cúpula do cilindro.

A.13 Ciclagem com pressão na temperatura ambiente

A ciclagem deve ser desenvolvida de acordo com o procedimento a seguir:

a) encher o cilindro com fluido não corrosivo, tal como óleo, água com inibidor ou glicol;

b) o ciclo de pressão no cilindro deve ser entre 20 bar e 260 bar, não excedendo 10 ciclos por minuto.

O número de ciclos até a falha deve ser registrado, assim como a descrição e a localização da região de fratura e o ponto de iniciação dela.

A.14 Ensaio em ambiente ácido

Sobre um cilindro acabado deve ser executado o seguinte procedimento:

a) expor uma área de 150 mm de diâmetro da superfície do cilindro durante 100 horas em solução de ácido sulfúrico a 30% (ácido de bateria com densidade específica de 1,219), manter o cilindro pressurizado hidrostaticamente a pressão de 26 MPa;

b) pressurizar o cilindro para rompimento, segundo o procedimento definido no item A.12.

A pressão de rompimento deve exceder 85% do valor mínimo da pressão de explosão definida em projeto.

A.15 Ensaio de resistência ao fogo

A.15.1 Geral

O ensaio de resistência ao fogo foi desenvolvido para demonstrar que cilindros acabados, completos com sistema de proteção ao fogo (válvula do cilindro, dispositivo de alívio de pressão e/ou isolamento térmico integral) especificado em projeto, evitará a ruptura do cilindro quando ensaiado sob condições específicas de fogo.

Devem ser tomadas precauções, durante o ensaio com fogo, quanto a possibilidade de ruptura do cilindro.

A.15.2 Ajuste do cilindro

O cilindro deve ser colocado horizontalmente com aproximadamente 100 mm do fundo acima da fonte de fogo.

Uma blindagem metálica deve ser usada para evitar chamas diretas sobre as válvulas do cilindro, montagem, e/ou dispositivo de alívio de pressão. A blindagem metálica não deve estar em contato direto com o sistema específico de proteção do cilindro (dispositivo de alívio de pressão ou a válvula do cilindro).

Qualquer falha durante o ensaio de uma válvula, montagem ou tubo, que não seja parte do sistema de proteção especificado no projeto, deve invalidar o ensaio.

A.15.3 Fonte de fogo

A fonte de fogo deve ter um comprimento uniforme de 1,65 m e deve fornecer uma chama que deve colidir sobre toda a superfície do cilindro, por todo o seu diâmetro.

Qualquer combustível pode ser usado para fornecer uma chama ao ensaio, desde que possua calor uniforme suficiente para manter o ensaio na temperatura específica, até o cilindro estar vazio. A seleção do combustível deve levar em consideração a poluição do ar no ambiente de ensaio. A disposição da chama deve ser registrada em detalhes suficientes para assegurar que a taxa de calor transferida ao cilindro possa ser reproduzida.

Qualquer falha ou inconsistência na fonte de calor durante o ensaio, deve invalidar o resultado.

A.15.4 Medição de temperatura e pressão

As temperaturas devem ser monitoradas utilizando-se pelo menos três termopares, dispostos ao longo da parede cilíndrica e espaçados não mais do que 0,75 m.

Uma blindagem deve ser usada para evitar o contato da chama diretamente sobre os termopares. Uma alternativa pode ser a inserção de termopares em blocos de metal medindo não mais do que 25 mm quadrados.

A temperatura e a pressão do cilindro devem ser registradas em intervalos de 30 segundos ou menos durante o ensaio.

A.15.5 Exigências gerais de ensaio

O cilindro deve ser pressurizado a pressão de serviço com GNV ou ar comprimido e ensaiado na posição horizontal na pressão de trabalho e, a 25% da pressão de trabalho se a atividade térmica DAP não for usada.

Imediatamente após a ignição, deve ser produzida uma chama que deve colidir com a superfície do cilindro ao longo de um comprimento de 1,65 m e através do diâmetro do cilindro.

Dentro do intervalo de 5 minutos pelo menos um termopar deve indicar a temperatura $\geq 590^{\circ}\text{C}$. Esta temperatura mínima deve ser mantida para o resto do ensaio.

Para cilindros com comprimento de 1,65 m ou menor, o centro do cilindro deve ser posicionado sobre centro da fonte de fogo.

Para cilindros com comprimento maior do que 1,65 m, o cilindro deve ser posicionado como se segue:

a) se o cilindro estiver montado com dispositivo de alívio de pressão em uma das extremidades, a fonte de fogo deve iniciar na extremidade oposta ao dispositivo.

b) se o cilindro estiver montado com dispositivo de alívio de pressão em ambas as extremidades, ou em mais de uma localização ao longo do comprimento do cilindro, o centro da fonte de calor deve ser centrado no meio entre os dispositivos de alívio de pressão que são separados pela maior distância horizontal.

c) se o cilindro estiver adicionalmente protegido por uma camada de isolante térmico, então dois ensaios de fogo na pressão de trabalho devem ser desenvolvidos, um com fogo centrado no meio do comprimento do cilindro e o outro com o fogo iniciando na extremidade de um segundo cilindro.

A.15.6 Resultados aceitáveis

O cilindro deve ser aliviado através do dispositivo de alívio de pressão.

A.16 Ensaio de penetração

Um cilindro pressurizado com GNV a 20 MPa $\pm$ 1,0 MPa deve ser penetrado com uma bala perfurante de blindagem com diâmetro de 7,62 mm ou maior. A bala deve atravessar completamente pelo menos uma das paredes do cilindro. Para os projetos GNV-2, GNV-3 e GNV-4, o projétil deve colidir com o lado da parede em um ângulo de aproximadamente 45°. O cilindro não deve romper.

A.17 Ensaio de tolerância para imperfeição no composto

Somente para os projetos GNV-2, GNV-3 e GNV-4, um cilindro acabado, com revestimento protetivo completo, deve ter imperfeições de corte no composto na direção longitudinal. As falhas devem ser maiores do que os limites estabelecidos pelo fabricante para inspeção visual. Com um mínimo, uma falha deve ser de 25 mm de comprimento e 1,25 mm de profundidade, e uma outra falha deve ser de 200 mm de comprimento com uma profundidade de 0,75 mm, cortado na direção longitudinal à parede do cilindro.

O cilindro ensaiado deve ser então ciclado entre 2,0 MPa a 26 MPa na temperatura ambiente, inicialmente por 3.000 ciclos, seguido por processo adicional de 12.000 ciclos.

O cilindro não pode vaziar ou romper dentro dos primeiros 3.000 ciclos, mas pode falhar por escoamento durante 12.000 ciclos posteriores. Todos os cilindros que completarem o ensaio devem ser destruídos.

A.18 Ensaio de fluência a alta temperatura

Este ensaio deve ser exigido para todos os tipos GNV-4, e todos os tipos GNV-2 E GNV-3 em que a temperatura de transição vítrea da matriz (resina) não exceda 102°C. Um cilindro acabado deve ser ensaiado como descrito abaixo:

