ASTM A694 F65 – Aço forjado de alto escoamento

Aço carbono forjado para flanges e conexões de dutos de alta pressão

AÇO CARBONO **Escoamento mínimo: 450 MPa (65 ksi)** Aço carbono (ou baixa liga) forjado especificado pela ASTM A694/A694M, grau F65, com escoamento mínimo de 450 MPa (65 ksi). É o material de flanges, conexões e peças forjadas que ligam tubos API 5L X65 em dutos de transmissão de óleo e gás de alta pressão, onde o A105 (escoamento de 250 MPa) não acompanha a resistência do tubo.

DESIGNAÇÕES

Comercial	A694 F65, F65
Outras	Tubo correspondente: API 5L X65 (L450); flanges de duto MSS SP-44 F65; conexões MSS SP-75 WPHY 65

NORMAS POR FORMA

Forjado (flanges, conexões, válvulas e peças)	ASTM A694/A694M F65
Requisitos comuns	ASTM A961/A961M; ASTM A788/A788M
Dimensional de flanges	MSS SP-44 / ASME B16.5 / ASME B16.47
Conexões soldáveis	MSS SP-75 WPHY 65
Tubo de linha correspondente	API 5L X65 (L450)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%) ASTM A694/A694M (análise de corrida)

C	Mn	P	S	Si	Cu, Ni, Cr, Mo, V, Nb, B	Fe
≤ 0,30*	≤ 1,60*	≤ 0,025	≤ 0,025	0,15 – 0,35	informar no certificado*	balanço

PROPRIEDADES MECÂNICAS Tratado termicamente (normalizado, normalizado e revenido ou temperado e revenido), à temperatura ambiente – ASTM A694

Limite de escoamento (0,2%)	≥ 450 MPa (65 ksi)
Resistência à tração	≥ 530 MPa (77 ksi)
Alongamento (50 mm)	≥ 20%
Charpy V	só quando especificado no pedido (requisito suplementar ou norma do cliente)
Dureza máx. para serviço com H2S	≤ 22 HRC (NACE MR0175 / ISO 15156-2)

PROPRIEDADES FÍSICAS típicas

Densidade	7,85 g/cm³ (típico)
Módulo de elasticidade	≈ 205 GPa (típico)
Condutividade térmica (20 °C)	≈ 45 W/m·K (típico)*
Expansão térmica (20–100 °C)	≈ 11,7 µm/m·K (típico)*

PROCESSAMENTO E USO

Temperatura de serviço	Projetado para dutos de transmissão em temperatura ambiente. A norma não exige impacto: para serviço em baixa temperatura, pedir Charpy na temperatura mínima de projeto ou usar um material de baixa temperatura (A350 LF2, A707*).
Tratamento térmico	Obrigatório: normalização, normalização e revenimento, ou têmpera e revenimento (revenido ≥ 540 °C). Em seções grossas, a têmpera e revenido é o caminho para atingir 450 MPa com boa tenacidade. O tratamento térmico pós-soldagem deve ficar abaixo da temperatura de revenido.
Soldagem	Soldável com procedimento qualificado (API 1104 / ASME IX) e consumível de resistência igual ou maior que a do tubo X65. O carbono equivalente é mais alto que o do A105 e pede pré-aquecimento em espessuras grossas*. Pedir no contrato o limite de CE e de microligantes quando o forjado será soldado no tubo.
Usinagem	Boa, próxima à do A105 normalizado; no estado temperado e revenido a usinagem é mais lenta.

APLICAÇÕES

- Flanges de pescoço (WN) e cegos para dutos (MSS SP-44)
- Tês, reduções e conexões forjadas de dutos de alta pressão
- Corpos de válvulas de bloqueio de dutos
- Peças de transição entre tubo API 5L X65 e equipamentos
- Estações de compressão e de medição de gás

Alternativas: A105 quando o tubo é de grau baixo (B, X42) e a espessura do flange compensa a resistência menor; A350 LF2 para baixa temperatura (Charpy a –46 °C), com escoamento de 250 MPa; A694 F60 ou F70 para casar com tubos X60 ou X70.

Fornecimento Dustre: barras, chapas, forjados sob desenho e peças usinadas, com certificado de matéria-prima EN 10204 3.1. Serviços próprios de corte, forjamento, usinagem, tratamento térmico e ensaios (tração, dureza, impacto).

NCM (Brasil): barra forjada 7214.10.10. Classe fiscal: aço carbono não ligado; confirme com seu despachante.

Valores mínimos conforme a norma citada; propriedades físicas são típicas e não constituem garantia. O certificado do lote prevalece. * Valor a conferir na edição vigente da norma.