Requisitos para fornecimento de parafusos, estojos, barras roscadas, porcas e arruelas de ligações aparafusadas de uniões flangeadas

1. Objetivo

Este procedimento estabelece os requisitos técnicos para fornecimento de fixadores de aparafusamento de ligações flangeadas em tubulações e equipamentos pressurizados.
Entendem-se por fixadores de aparafusamento os elementos: parafuso, parafuso-estojo, barra roscada, porca e arruela.
Os fabricantes destes elementos devem acatar os requisitos deste procedimento.

2. Normas a serem aplicadas na última edição e adenda

2.1. Parafusos, estojos, barras e porcas

A matéria prima de fabricação deve atender às seguintes normas:

- ASTM A370 – Testing
- ASTM A193 - Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications
- ASTM A194 - Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both
- ASTM A 320 - Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for Low-Temperature Service
- ASTM A453 - High-Temperature Bolting, with Expansion Coefficients Comparable to Austenitic Stainless Steels
- ASTM B166 - Nickel-Chromium-Iron Alloys (UNS N06600, N06601, N06603, N06690, N06693, N06025, N06045, and N06696), Nickel-Chromium-Cobalt-Molybdenum Alloy (UNS N06617), and Nickel-Iron-Chromium-Tungsten Alloy (UNS N06674) Rod, Bar, and Wire
- ASTM F 436 - Standard Specification for Hardened Steel Washers Inch and Metric Dimensions
- ASTM F 788 - Standard Specification for Surface Discontinuities of Bolts, Screws, and Studs, Inch and Metric Series
- ASTM A962 / A962M - Standard Specification for Common Requirements for Bolting Intended for Use at Any Temperature from Cryogenic to the Creep Range

- ASME B1.1 - Unified inch screw threads;
- ASME B18.2.1 - Square and hex bolts and screws;
- ASME B18.2.2 - Square and hex nuts;
- ASME B16.5 - Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS 1⁄2 Through NPS 24 inch Standard
- ASME B16.47- Large Diameter Steel Flanges NPS 26 Through NPS 60 Inch Standard

2.2. Arruelas

- ASME PCC 1 Appendix M – Washer usage guidance and purchase specification for though-hardened washers.
- ASME B18.21.1 – Washers: Helical Spring-Lock, Tooth Lock, and Plain Washers (Inch Series)

3. Padronização dos fixadores de aparafusamento

As dimensões devem ser como a tabela a seguir.

Produto	Aço Carbono	Aço Liga
Estojos	ASME B18.2.1	ASME B18.2.1
Parafusos < ¾”	ASME B18.2.1 cabeça quadrada ou hexagonal pesada	ASME B18.2.1 cabeça hexagonal pesada
Parafusos ≥ ¾”	ASME B18.2.1 cabeça quadrada ou hexagonal pesada	ASME B18.2.1 cabeça hexagonal pesada
Porcas < ¾”	ASME B18.2.2 hexagonal pesada	ASME B18.2.2 hexagonal pesada

Porcas ≥ ¾”	ASME B18.2.2 hexagonal pesada	ASME B18.2.2 hexagonal pesada
Roscas externas	ASME B1.1 Cl 2A série grossa	ASME B1.1 Cl 2A série grossa até 1”; 8 fios por pol para diâmetros maiores
Roscas internas	ASME B1.1 Cl 2B série grossa	ASME B1.1 Cl 2B série grossa até 1”; 8 fios por pol para diâmetros maiores

4. Especificações técnicas dos fixadores de aparafusamento

4.1. Especificação de parafuso, estojo e barra roscada para uso em ligações flangeadas de equipamentos e tubulações, conforme norma ASTM A193

Parafuso, parafuso estojo e barra roscada conforme ASME B18.2.1
Diâmetros de ½” a 1”
roscas: conforme ASME B1.1 - UNC classe 2A.
Diâmetro maior ou igual a 1 1/8”
roscas ASME B1.1 - 8UN, 8 fios por polegada, classe 2A.
Comprimento a ser definido a cada caso;
Tratamento térmico e dureza: conforme ASTM A193;
Sem revestimento a não ser quando especificado o contrário.
Material conforme Tabela 2 do Anexo deste documento.

4.2. Especificação de parafuso, estojo e barra roscada para uso em ligações flangeadas de equipamentos e tubulações, conforme norma ASTM A320

Parafuso, parafuso estojo e barra roscada conforme ASME B18.2.1
Diâmetros de ½” a 1”
Roscas: conforme ASME B1.1 - UNC classe 2A.
Diâmetro maior ou igual a 1 1/8”
Roscas ASME B1.1 - 8UN 8 fios por polegada, classe 2A.
Comprimento a ser definido a cada caso;
Tratamento térmico e dureza: conforme ASTM A 320;
Sem revestimento a não ser quando especificado o contrário.
Material conforme Tabela 2 do Anexo deste documento.

4.3. Especificação de parafuso, estojo e barra roscada para uso em ligações flangeadas de equipamentos e tubulações, conforme norma ASTM A453

Parafuso, parafuso estojo e barra roscada conforme ASME B18.2.1
Diâmetros de ½” a 1”
Roscas: conforme ASME B1.1 - UNC classe 2A.
Diâmetro maior ou igual a 1 1/8”
Roscas ASME B1.1 - 8UN, 8 fios por polegada, classe 2A.
Comprimento a ser definido a cada caso;
Tratamento térmico e dureza: conforme ASTM A 453;
Sem revestimento a não ser quando especificado o contrário.
Material conforme Tabela 2 do Anexo deste documento.

4.4. Especificação de parafuso, estojo e barra roscada para uso em ligações flangeadas de equipamentos e tubulações, conforme norma ASTM B166

Parafuso, parafuso estojo e barra roscada conforme ASME B18.2.1
Diâmetros de ½” a 1”
Roscas: conforme ASME B1.1 - UNC classe 2A.
Diâmetro maior ou igual a 1 1/8”
Roscas ASME B1.1 - 8UN, 8 fios por polegada, classe 2A.
Comprimento a ser definido a cada caso;
Tratamento térmico e dureza: conforme ASTM B 166;
Sem revestimento a não ser quando especificado o contrário.
Material conforme Tabela 2 do Anexo deste documento.

4.5. Especificação de porca conforme norma ASTM A194, aplicável às normas para parafuso, estojo e barra roscada ASTM A193, ASTM A320, ASTM A453 e ASTM A166
Porca sextavada série pesada de especificação ASME B18.2.2 e acabamento liso;
Diâmetros de ½" a 1" : roscas ASME B1.1 - UNC classe 2B;
Diâmetro maior ou igual a 1 1/8" : roscas ASME B1.1 - 8UN, 8 fios por polegada, classe 2B;
Tratamento térmico e dureza: conforme ASTM A194;
Sem revestimento a não ser quando especificado o contrário.
Material conforme Tabela 2 do Anexo deste documento.

4.6. Especificação de arruela
a- Arruela para uso em ligações flangeadas de equipamentos:
Especificação: Arruela plana, lisa e endurecida ("flat of through hardened washers").
Diâmetros ½" a 3" dimensões conforme norma ASME B18.21.1 e ASME PCC 1 Apêndice M.
Material conforme Tabela 3 do Anexo deste documento.
b- Arruelas para uso com fixadores de materiais ferríticos devem ser conforme especificação ASTM F436.
c- Arruelas para uso com fixadores de materiais austeníticos devem ser fabricadas de material austenítico de mesma especificação.
.

5. Requisitos de fabricação dos fixadores de aparafusamento
5.1. Facilidades nas instalações do Fabricante
O fabricante de fixadores deve dispor no mínimo das seguintes facilidades:

- Esquema de fabricação, contendo as fases de preparação, rosqueamento, tratamentos térmicos, controle de tolerâncias, decapagem, limpeza, estoque e expedição;
- Normas citadas no item 2, deste procedimento;
- Plano de Fabricação com todas as etapas dos ciclos de fabricação;
- Plano de Inspeção e Testes;
- Procedimento de calibração e aferição de instrumentos e máquina de medição de dureza
- Inspeção de Recebimento da Matéria Prima;
- Inspeção de Controle Visual e Dimensional;
- Instrumentos de Medição Adequados para a Medição dos Parafusos, Estojos, Porcas e Arruelas;
- Durômetro Brinnel e/ou Rockwell C;
- Procedimento para Controle da Carta Gráfica do Tratamento Térmico e Tratamento de Desidrogenação;
- Calibradores certificados pela Rede Brasileira de Calibração (RBC).

5.2. Rastreabilidade
O fabricante de fixadores deve apresentar um procedimento, evidenciando a sua sistemática de identificação dos fixadores, e deve garantir o controle da rastreabilidade por lote em todo ciclo de fabricação, até a liberação final e entrega.
Todos os lotes de fixadores devem ser identificados com a gravação do logotipo do fabricante e grau do material, que deve ser realizada (quando aplicável) na face de maior comprimento da rosca para o caso de prisioneiros, e para os demais tipos de fixadores conforme ASTM A 962.
Todos os fixadores com diâmetro igual ou superior a ¾ de polegada devem ser tipados com a identificação do lote de fabricação.

5.3. Fabricação de parafusos e estojos
Os tratamentos térmicos devem ser os especificados pela norma de fabricação ASTM ou ASME correspondente.
Para os parafusos, estojos e prisioneiros em que a fabricação da rosca por laminação (rolagem) é feita após o tratamento térmico do material, deve ser realizado um processo de alívio de tensão em temperatura de 55°C abaixo da temperatura de revenimento.
Detalhes do tratamento térmico como ciclos de tempo e temperatura devem estar integralmente registrados em gráficos e planos de operação do fabricante de fixadores (inclusive o patamar).
A disposição das peças entre si não deve afetar a qualidade de encharque na temperatura e no tempo e não é aceitável a disposição das peças por empilhamento.

Os fornos de tratamento térmico devem ter pelo menos aferição anual e os instrumentos de registro e controle de temperatura devem ser calibrados a cada 3 meses.
O revenimento não pode ser executado após a aplicação do revestimento metálico anticorrosivo, pois há o risco de fragilização por metal líquido "*solid/liquid metal embrittlement*".
Não é aceitável a descarbonetação do material durante o tratamento térmico.

5.4. Fabricação de roscas

Os parafusos e estojos devem ser fabricados a partir de barras roscadas pelo processo de rolagem.
Não são admitidas roscas fabricadas por usinagem/corte dos filetes da rosca.

5.5. Revestimento dos fixadores

Os fixadores devem ser fabricados sem revestimento, a não ser se requisitado especificamente o revestimento de galvanização.
Quando o revestimento for requisitado, os parafusos, estojos, porcas e arruelas devem ser revestidos e submetidos aos tratamentos térmicos, como a seguir, para eliminação de Hidrogênio proveniente do processo eletrolítico de galvanização.

- **Parafusos, estojos e barras roscadas**

Revestimento Zinco-Níquel (ZN-Ni) ASTM B841, Classe 1, Tipo B, Grau 8, com os tratamentos térmicos para alívio de tensões e desidrogenação, conforme normas ASTM B849 e ASTM B850, respectivamente.

- **Porcas**

Revestimento Zinco ASTM B633, Espessura Fe/Zn 25, acabamento superficial Tipo II, com os tratamentos térmicos para alívio de tensões e desidrogenação, conforme ASTM B849 e ASTM B850, respectivamente.

A utilização destes revestimentos implica em controle eficaz da fabricação dos estojos, parafusos e porcas, com evidência e registro e gráfico dos tratamentos térmicos requeridos.
Outro alerta para uso deste revestimento é o baixo ponto de fusão do Zn, que determina não utilizar revestimento em serviços de temperaturas acima de 200ºC, devido ao problema de falha por fragilização de metal líquido.

- **Normas de referência**

a- ASTM B841 – Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Zinc Nickel Alloy Deposits
b- ASTM B633 – Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Zinc on Iron and Steel
c- ASTM B849 – Standard Specification for Pre-Treatments of Iron or Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement
Adotar Tratamento Térmico Classe SR-6 para material com limite de resistência ("tensile strength") inferior a 1000 MPa.

TABLE 1 Classes of Stress Relief Requirements for High-Strength Steels (See Sections 4 through 6 for Details on the Use of Table 1)

Class	Stress-Relief Heat-Treatment Classes for High-Strength Steels		
	Steels of Tensile Strength (R_m), MPa	Temperature, °C	Time, h
SR-0	not applicable		
SR-1	over 1800	200–230	min 24
SR-2[A]	over 1800	190–220	min 24
SR-3	1401 to 1800	200–230	min 18
SR-4[A]	1450 to 1800	190–220	min 18
SR-5[A]	1034 or greater	177–205	min 3
SR-6	1000 to 1400	200–230	min 3
SR-7[A]	1050 to 1450	190–220	min 1
SR-8	surface-hardened parts ≤ 1400	130–160	min 8

[A] Classes SR-2, SR-4, SR-5, and SR-7 are traditional treatments used in Federal Standard QQ-C-320. They do not apply to any other standard.

d- ASTM B850 – Standard Guide for Post-Coating Treatments of Steel for Reducing the Risk of Hydrogen Embrittlement

Adotar Tratamento Térmico Classe ER-9 para material com limite de resistência ("tensile strength") inferior a 1000 MPa.

TABLE 1 Classes of Embrittlement-Relief Heat Treatment (See Sections 4-6 for details on the Use of Table 1)

Hydrogen Embrittlement-Relief Treatment Classes for High-Strength Steels			
Class	Steels of Tensile Strength (R_m), MPa	Temperature, °C	Time, h
ER-0	not applicable		
ER-1	1701 to 1800	190–220	min 22
ER-2	1601 to 1700	190–220	min 20
ER-3	1501 to 1600	190–220	min 18
ER-4	1401 to 1500	190–220	min 16
ER-5	1301 to 1400	190–220	min 14
ER-6	1201 to 1300	190–220	min 12
ER-7[A]	1525 or greater	177–205	min 12
ER-8	1101 to 1200	190–220	min 10
ER-9	1000 to 1100	190–220	min 8
ER-10[A]	1250 to 1525	177–205	min 8
ER-11[A]	1450 to 1800	190–220	min 6
ER-12[A]	1000 to 1500	177–205	min 4
ER-13	1000 to 1800 unpeened items and for engineering chromium plated items	440–480	min 1
ER-14[A]	surface-hardened parts <1401	130–160	min 8
ER-15[A]	surface-hardened parts 1401 to 1800 plated with cadmium, tin, zinc, or their alloys	130–160	min 8
ER-16	surface-hardened parts <1401 plated with cadmium, tin, zinc, or their alloys	130–160	min 16

[A]Classes ER-7, ER-10, ER-11, ER-12, ER-14, and ER-15 are traditional treatments used in Federal Standard QQ-C-320. They do not apply to any other standard.

6. Recebimento de parafusos, estojos, barras roscadas e porcas

Para o recebimento dos fixadores, o Fabricante deve providenciar em cada fornecimento:

6.1. Identificação com marcação individual dos parafusos, estojos e porcas através de "tipagem" nas extremidades de forma legível: diâmetro, material, tipo de rosca, processo de fabricação e marca do fabricante.

6.2. Identificação com marcação individual das barras roscadas, nas extremidades, com etiquetas adesivas, contendo diâmetro, material, tipo de rosca, processo de fabricação, marca do fabricante, lote e pedido de compra.

6.3. Em cada lote de fornecimento, deve ser executada a seguinte inspeção por amostragem:

- Avaliação dimensional: comprimento, diâmetro, altura da porca, tipo e passo da rosca;
- Altura e distância entre faces e arestas da porca;
- Análise de certificados de matéria prima (composição química, propriedades mecânicas, dureza, tratamentos térmicos);
- Análise do certificado da liga usada no revestimento, quando aplicável;
- Espessura do revestimento aplicado;
- Estado geral quanto a amassamentos, trincas, corrosão e acabamento superficial.
- Grau de identificação da especificação do material estampado no parafuso e na porca;
- Proteção do material na embalagem protegidos contra a corrosão, utilizando graxa anticorrosiva.

6.4. Relatório de conformidade com:

- Descrição do produto, especificação ASTM, grau, quantidade e data da fabricação;
- Certificados de qualidade do material;
- Material base da fabricação (AISI, SAE, etc), análise química de panela ("heat analysis"), tratamentos térmicos, propriedades mecânicas e dureza;
- Tipo e especificação técnica de revestimento, quando aplicável;
- Resultados do exame dimensional;
- Avaliação de descontinuidades superficiais, conforme ASTM F-788;

- Nº do lote, pedido de compra e data de expedição.

7. Critérios para a aceitação de cada lote fornecido

A critério da Inspeção do Cliente se deve realizar inspeções visual e dimensional em amostras de parafuso, estojo, barra, porca e arruela, do lote fabricado, determinadas conforme o critério da norma ABNT NBR 5426 - Nível de Inspeção Geral I para Plano de amostragem simples – Normal.

O critério de aceitação é de nenhuma rejeição na amostra, atendendo ao Nível de Inspeção II e Nível de Qualidade Aceitável NQA 0,040.

Nota: A norma ABNT NBR 5426 - Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos é aplicável para controle de produção seriada de fábrica.

7.1. Inspeção visual e dimensional

Todas as superfícies dos componentes devem estar livres de dobras, costuras, protuberâncias, trincas e outros defeitos superficiais.

As superfícies de assentamento das porcas nos flanges devem ser paralelas e usinadas, com acabamento de rugosidade média máxima de 0,003 mm (0,000125 in).

A inspeção dimensional deverá ser realizada conforme documentos ASME B18.2.

As roscas devem ser verificadas através de calibradores certificados pela Rede Brasileira de Calibração (RBC).

7.2. Testes de produção

Após as inspeções e se todas as amostras foram aprovadas, devem ser executados testes de produção em cada amostra de cada lote de fornecimento.

Os ensaios requeridos são: teste de tração, medição de dureza e teste de impacto, executados conforme norma ASTM A370 – Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.

7.2.1. Teste de tração

O teste de carga de tração, executado na temperatura ambiente, verifica se as seguintes propriedades mecânicas, limite de resistência, limite de escoamento, alongamento e estricção, atendem aos valores estabelecidos nas normas a seguir:

- Parafuso, parafuso estojo; barra roscada
  - ASTM A193 Table 2 Mechanical requirements
  - ASTM A 320 Table 1 Mechanical Requirements
  - ASTM A 453 Table 5 Mechanical Property Requirements
  - ASTM B166 Table 2 Mechanical Properties of Rods and Bars
- Porca
  - ASTM A194 Proof Load Table 3 até diâmetro de 1 ½”
  - ASTM A194 Proof Load Table 10 até diâmetro de 2 ½”.

7.2.2. Medição de dureza

A medição de dureza deve ser realizada e os valores devem atender às normas listadas no item 2, deste procedimento.

7.2.3. Teste de impacto apenas para os itens conforme ASTM A 320

De acordo com a norma ASTM A320 os materiais L7 e L7M devem absorver a energia mínima de impacto de 20 ft. lbf (27J), nas seguintes temperaturas de ensaio: L 7 a -101ºC e L7M a -73ºC.

7.3. Critério de rejeição

Qualquer rejeição de qualquer fixador durante a inspeção do Cliente resulta na rejeição de todo o lote a que este fixador pertença.

O Lote de fixadores rejeitado deve ser registrado pelo Inspetor do Cliente no documento RRM – Relatório de Rejeição de Material de qualquer requisito não conforme.

O lote de fixadores que sofrer rejeição deve ser adequadamente identificado de forma a ser reconhecido como impróprio para utilização e ser destruído.

Caso nenhum fixador seja rejeitado na amostragem escolhida pelo Inspetor do Cliente, o lote é considerado aceito e deve ser emitido o RLM – Relatório de Liberação de Material.

8. Embalagem

As embalagens devem proteger os fixadores de danos de transporte e corrosão.
Os parafusos, estojos, barras roscadas e porcas, sem revestimento, devem ser protegidos contra a corrosão, utilizando graxa ou óleo anticorrosivo e devidamente embalados e identificados para entrega.
Os fixadores devem ser acondicionados em caixas de madeira e protegidos de modo a evitar o contato entre os mesmos durante o transporte.
As caixas devem ser construídas com resistência suficiente para acondicionar os fixadores durante o período de transporte e armazenamento no almoxarifado do Cliente.
As caixas só podem conter fixadores de um mesmo lote de fabricação e devem ser identificadas adequadamente, com plaquetas fixadas à tampa, contendo no mínimo os seguintes dados:

- Nome e logotipo do fabricante;
- Número do Pedido de Compras;
- Número do item do Pedido de Compras;
- Número da nota fiscal;
- Nome do fabricante;
- Número do lote de fabricação;
- Data de fabricação;
- Especificação do material;
- Especificação do revestimento (se houver);
- Dimensões dos fixadores;
- Quantidade;
- Peso total.

ANEXOS

Tabela 1: Fixadores não sujeitos a este procedimento

Tipo de aparafusamento	Material	Temperatura limite de uso contínuo
Aço Carbono estrutural	Aço carbono ASTM A-307 Gr.B Para chumbadores e estruturas metálicas de pequeno porte.	**25ºC a 150ºC**
Aço Carbono estrutural de alta resistência	Aço carbono alta resistência ASTM A-325 Para estruturas metálicas de médio e grande porte.	**25ºC a 100ºC**

Tabela 2: Fixadores sujeitos a este procedimento - Materiais para barras roscadas, parafusos, estojos e porcas

Tipo de aparafusamento	Material	Temperatura limite de uso contínuo
Gr. B5	Aço baixa liga ferrítico 5% Cr (AISI 501) ASTM A193 Gr B5 parafusos e estojos ASTM A 194 Gr 3 porcas	**-29ºC a 650ºC**
Gr. B6	Aço inoxidável ferrítico 12% Cr (AISI 410) ASTM A193 Gr B6 parafusos e estojos ASTM A194 Gr 6 porcas	**-29ºC a 500ºC**
Gr. L7	Aço baixa liga ferrítico temperado e revenido Cr-Mo (AISI 4140) Este material é próprio para “low temperature service” ASTM A320 Gr L7 parafusos e estojos ASTM A194 Gr 7 ou Gr 4 porcas	**-100ºC a 250ºC**
Gr. L7M	Aço baixa liga ferrítico temperado e revenido Cr-Mo (AISI 4140) Este material é próprio para “low temperature service” ASTM A320 Gr L7M parafusos e estojos ASTM A194 Gr. 7M para porcas	**-70ºC a 250ºC**

Gr. B7M	Aço baixa liga ferrítico Cr-Mo (AISI 4140) quenching and tempering heat treatment tempering shall be done at 620ºC minimum ASTM A193 Gr B7M parafusos e estojos ASTM A194 Gr 2HM porcas	**- 48ºC a 350 ºC**
Gr. B7	Aço baixa liga ferrítico Cr-Mo (AISI 4130 ou 4140) quenching and tempering heat treatment ASTM A193 Gr B7 parafusos e estojos ASTM A194 Gr 2 H porcas	**Até Ø 2 ½"** **-48ºC a 540 ºC** **Acima Ø2 ½"** **-40ºC a 540 ºC**
Gr. B8	Aço inoxidável austenítico 18 Cr – 8 Ni (AISI304) ASTM A193 Gr B8 Cl 1 (carbide solution treated) parafusos e estojos ASTM A194 GR 8 - porcas	**-150ºC a 815 ºC**
	Aço inoxidável austenítico 18 Cr – 8 Ni (AISI304) ASTM A193 Gr. B8 Cl 2 (carbide solution treated an strain hardened) parafusos e estojos ASTM A 194 Gr 8 - porcas	**-150ºC a 540 ºC**
Gr. B16	Aço baixa liga ferrítico: Cr-Mo-V heated to 1700ºF to 1750ºF, oil quenching and tempering heat treatment ASTM A 193 Gr B16 parafusos e estojos ASTM A 194 Gr 4 ou ASTM A 194 Gr. 7 porcas	**-29ºC a 595ºC**
Gr. B8M	Aço inoxidável austenítico 18Cr -10Ni -2Mo (AISI 316) ASTM A 193 Gr B8M Cl 1 (Carbide solution treated) parafusos e estojos ASTM A 194 Gr 8M porcas	**-150ºC a 815ºC**
	Aço inoxidável austenítico 18Cr -10Ni -2Mo (AISI 316) ASTM A 193 Gr B8M Cl 2 (Carbide solution treated and strains hardened) parafusos e estojos ASTM A 194 Gr 8M porcas	**-150ºC a 540ºC**
Alloy 600	Alloy 600 Ni-Cr-Fe ASTM B166 Gr600 (cold worked) parafusos, estojos e porcas até diâmetro nominal de 2 3/8" (60 mm) Dimensões conforme ASTM A193 e ASTM A194	**0ºC a 260ºC**
	Alloy 600 Ni-Cr-Fe ASTM B166 Gr600 (cold worked and annealed) parafusos, estojos e porcas para todos os diâmetros Dimensões conforme ASTM A193 e ASTM A194 Nota: O material Alloy 600 condição de "cold worked and annealed" têm menor resistência mecânica.	**0ºC a 650ºC**
Alloy 660	Ni Alloy (25Ni-15Cr-2Ti) ASTM A 453 Gr 660 Cl C parafusos e estojos ASTM A 453 Gr 660 Cl C porcas Dimensões conforme ASTM A193 e ASTM A194	**0ºC a 540ºC**

Tabela 3- Materiais e limites de temperatura de utilização de arruelas endurecidas

Tipo de arruela conforme ASME PCC 1 Apêndice M	Material	Temperatura limite de uso	Temperatura limite para re-uso
1	Aço Carbono	425ºC	205ºC
4	Aço baixa liga	540ºC	400ºC
5	Aço inoxidável martensítico	650ºC	425ºC
6	Aço inoxidável "precipitation hardening"	815ºC	550ºC

Notas:

1- A temperatura limite de uso requer a substituição da arruela sempre que a temperatura limite de re-uso for ultrapassada.

2- A temperatura de "re-uso" corresponde à perda da dureza do material.

3- Tipos 1 e 4 são para serem usados com as porcas SA194 Gr. 2H, 4 ou 7.
4- Tipos 5 e 6 são para serem utilizadas com porcas SA194 Gr.8.
5- Para a junta flangeada não isolada, a temperatura dos estojos, porcas e arruelas é inferior à temperatura do fluido de operação, e conforme a norma ASME B31.3 (Process Piping) considerar 80% da temperatura do fluido.
6- As arruelas devem ter dureza na faixa de 38HRC a 45 HRC, exceto as arruelas Tipo 6, que devem estar na faixa de 33 HRC a 42 HRC.

Tabela 4: Especificações ASTM aplicáveis conforme norma ASME B16.5

Table 1B List of Bolting Specifications
Applicable ASTM Specifications

Bolting Materials [Note (1)]											
High Strength [Note (2)]			Intermediate Strength [Note (3)]			Low Strength [Note (4)]			Nickel and Special Alloy [Note (5)]		
Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes
A 193	B7	...	A 193	B5	...	A 193	B8 Cl.1	(6)	B164	...	(7)–(9)
A 193	B16	...	A 193	B6	...	A 193	B8C Cl.1	(6)	...	...	...
A 193	B16	...	A 193	B6X	...	A 193	B8M Cl.1	(6)	B166	...	(7)–(9)
A 320	L7	(10)	A 193	B7M	...	A 193	B8T Cl.1	(6)	...	...	...
A 320	L7A	(10)									
A 320	L7B	(10)	A 193	B8 Cl.2	(11)	A 193	B8A	(6)	B335	N10665	(7)
										N10675	(7)
			A 193	B8 Cl.2B	(11)						
A 320	L7C	(10)	A 193	B8C Cl.2	(11)	A 193	B8CA	...			
A 320	L43	(10)	A 193	B8M Cl.2	(11)	A 193	B8MA	...	B408	...	(7)–(9)
			A 193	B8M Cl.2B	(11)						
			A 193	B8T Cl.2	(11)	A 193	B8TA	(6)			
A 354	BC	...							B473	...	(7)
A 354	BD	...	A 320	B8 Cl.2	(11)	A 307	B	(12)			
			A 320	B8C Cl.2	(11)				B574	...	(7)
A 540	B21	...	A 320	B8F Cl.2	(11)	A 320	B8 Cl.1	(6)			
A 540	B22	...	A 320	B8M Cl.2	(11)	A 320	B8C Cl.1	(6)			
A 540	B23	...	A 320	B8T Cl.2	(11)	A 320	B8M Cl.1	(6)			
A 540	B24	...				A 320	B8T Cl.1	(6)			
			A 449		(13)						
			A 453	651	(14)						
			A 453	660	(14)						

NOTES:
(1) Repair welding of bolting material is prohibited.
(2) These bolting materials may be used with all listed materials and gaskets.
(3) These bolting materials may be used with all listed materials and gaskets, provided it has been verified that a sealed joint can be maintained under rated working pressure and temperature.
(4) These bolting materials may be used with all listed materials but are limited to Class 150 and Class 300 joints.
(5) These materials may be used as bolting with comparable nickel and special alloy parts.
(6) This austenitic stainless material has been carbide solution treated but not strain hardened. Use A 194 nuts of corresponding material.
(7) Nuts may be machined from the same material or of a compatible grade of ASTM A 194.
(8) Maximum operating temperature is arbitrarily set at 260°C (500°F), unless the material has been annealed, solution annealed, or hot finished, because hard temper adversely affects design stress in the creep rupture range.
(9) Forging quality is not permitted unless the producer last heating or working these parts tests them as required for other permitted conditions in the same specification and certifies their final tensile, yield, and elongation properties to equal or exceed the requirements for one of the other permitted conditions.
(10) This ferritic material is intended for low temperature service. Use A 194 Gr. 4 or Gr. 7 nuts.
(11) This austenitic stainless material has been carbide solution treated and strain hardened. Use A 194 nuts of corresponding material.
(12) This carbon steel fastener shall not be used above 200°C (400°F) or below −29°C (−20°F) [see also Note (4)]. Bolts with drilled or undersized heads shall not be used.
(13) Acceptable nuts for use with quenched and tempered bolts are A 194 Gr. 2 or Gr. 2H. Mechanical property requirements for studs shall be the same as those for bolts.
(14) This special alloy is intended for high-temperature service with austenitic stainless steel.

Tabela 5 Temperatura mínima de utilização dos materiais de estojos
Conforme ASME Sec VIII Div1 Fig. UCS-66

FIG. UCS-66 IMPACT TEST EXEMPTION CURVES (CONT'D)

GENERAL NOTES (CONT'D):

(c) For bolting and nuts, the following impact test exemption temperatures shall apply:

Bolting

Spec. No.	Grade	Diameter, in. (mm)	Impact Test Exemption Temperature, °F (°C)
SA-193	B5	Up to 4 (100), incl.	−20 (−30)
	B7	Up to 2½ in. (64), incl.	−55 (−48)
	. . .	Over 2½ (64) to 7 (175), incl.	−40 (−40)
	B7M	Up to 2½ (64), incl.	−55 (−48)
	B16	Up to 7 (175), incl.	−20 (−30)
SA-307	B	All	−20 (−30)
SA-320	L7, L7A, L7M	Up to 2½ (64), incl.	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
	L43	Up to 1 (25), incl.	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
SA-325	1	½ (13) to 1½ (38)	−20 (−30)
SA-354	BC	Up to 4 (100), incl.	0 (−18)
SA-354	BD	Up to 4 (100), incl.	+20 (−7)
SA-437	B4B, B4C	All diameters	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
SA-449	. . .	Up to 3 (75), incl.	−20 (−30)
SA-540	B21 Cl. All	All	Impact test required
SA-540	B22 Cl. 3	Up to 4 (100), incl.	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 1, 2	All	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 3, 4	Up to 6 (150), incl.	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
SA-540	B23 Cl. 3, 4	Over 6 (150) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 5	Up to 8 (200), incl.	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
SA-540	B23 Cl. 5	Over 8 (200) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 1	Up to 6 (150), incl.	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 1	Over 6 (150) to 8 (200), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 2	Up to 7 (175), incl.	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 2	Over 7 (175) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 3, 4	Up to 8 (200), incl.	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 3, 4	Over 8 (200) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 5	Up to 9½ (240), incl.	See General Note (c) of Fig. UG-84.1
SA-540	B24V Cl. 3	All	See General Note (c) of Fig. UG-84.1

Nuts

Spec. No.	Grade	Impact Test Exemption Temperature, °F (°C)
SA-194	2, 2H, 2HM, 3, 4, 7, 7M, and 16	−55 (−48)
SA-540	B21/B22/B23/B24/B24V	−55 (−48)

(d) When no class or grade is shown, all classes or grades are included.

(e) The following shall apply to all material assignment notes:

(1) Cooling rates faster than those obtained by cooling in air, followed by tempering, as permitted by the material specification, are considered to be equivalent to normalizing or normalizing and tempering heat treatments.

(2) Fine grain practice is defined as the procedure necessary to obtain a fine austenitic grain size as described in SA-2o.

(3) Normalized rolling condition is not considered as being equivalent to normalizing.

(f) Castings not listed in Notes (1) and (2) below shall be impact tested.

Tabela 6 "Proof Load Test" de porcas

Conforme ASTM A194/A194M para "Heavy Hex".

Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both

TABLE 3 Proof Load Using Threaded Mandrel — Inch Series

NOTE 1—Proof loads are not design loads.

Nominal Size, in.	Threads per Inch	Stress Area in.^{2}	Proof Load, lbf[A]					
			Grade 1		Grades 2, 2HM, 6, 6F, 7M		Grades 2H, 3, 4, 7, 16	
			Heavy Hex[B]	Hex[C]	Heavy Hex[D]	Hex[E]	Heavy Hex[F]	Hex[G]
¼	20	0.0316	4 130	3 820	4 770	4 300	5 570	4 770
5/16	18	0.0524	6 810	6 290	7 860	7 070	9 170	7 860
⅜	16	0.0774	10 080	9 300	11 620	10 460	13 560	11 620
7/16	14	0.1063	13 820	12 760	15 940	14 350	18 600	15 940
½	13	0.1419	18 450	17 030	21 280	19 160	24 830	21 280
9/16	12	0.182	23 660	21 840	27 300	24 570	31 850	27 300
⅝	11	0.226	29 380	27 120	33 900	30 510	39 550	33 900
¾	10	0.334	43 420	40 080	50 100	45 090	58 450	50 100
⅞	9	0.462	60 060	55 440	69 300	62 370	80 850	69 300
1	8	0.606	78 780	72 720	90 900	81 810	106 000	90 900
1⅛	8	0.790	102 700	94 800	118 500	106 700	138 200	118 500
1¼	8	1.000	130 000	120 000	150 000	135 000	175 000	150 000
1⅜	8	1.233	160 200	148 000	185 000	166 500	215 800	185 000
1½	8	1.492	194 000	170 040	223 800	201 400	261 100	223 800

			All Types of Grade 8, Grades 9C and 9CA	
			Heavy Hex[H]	Hex[I]
¼	20	0.0316	2 540	2 380
5/16	18	0.0524	4 190	3 930
⅜	16	0.0774	6 200	5 810
7/16	14	0.1063	8 500	7 970
½	13	0.1419	11 350	10 640
9/16	12	0.182	14 560	13 650
⅝	11	0.226	18 080	16 950
¾	10	0.334	26 720	25 050
⅞	9	0.462	36 960	34 650
1	8	0.606	48 480	45 450
1⅛	8	0.790	63 200	59 250
1¼	8	1.000	80 000	75 000
1⅜	8	1.233	98 640	92 450
1½	8	1.492	119 360	111 900

[A] See limit for proof load test in 8.2.2.1. The proof load for jam nuts shall be 46 % of the tabulated load.
[B] Based on proof stress of 130 000 psi.
[C] Based on proof stress of 120 000 psi.
[D] Based on proof stress of 150 000 psi.
[E] Based on proof stress of 135 000 psi.
[F] Based on proof stress of 175 000 psi.
[G] Based on proof stress of 150 000 psi.
[H] Based on proof stress of 80 000 psi.
[I] Based on proof stress of 75 000 psi.

ASTM A194

Scope - This specification covers carbon, alloy and stainless steel nuts intended for use in high-pressure and/or high-temperature service. Unless otherwise specified, heavy hex nuts (ANSI B 18.2.2) shall be used. Nuts up to and including 1-inch nominal size shall be UNC Series Class 2B fit. Nuts over 1-inch nominal size shall be either UNC Series Class 2B fit or 8 UN Series Class 2B fit.

Grades	2	Medium Carbon Steel
	2H	Medium Carbon Steel Quenched & Tempered
	2HM	Medium Carbon Steel Quenched & Tempered
	4	Carbon Molybdenum Quenched & Tempered
	7	Alloy Steel Quenched & Tempered
	7M	Alloy Steel Quenched & Tempered
	8	AISI 304 Stainless Steel
	8M	AISI 316 Stainless Steel

	Specification	Marking	Nom. Size, In.	Tempering Temp. °F	Proof Load Stress, ksi	Hardness	
						Min	Max
Mechanical Properties	A194 Grd 2	2	1/4 - 4	1000	150	B159	B352
	A194 Grd 2H	2H	1/4 - 4	1000	175	C24	C38
	A194 Grd 2HM	2HM	1/4 - 4	1000	150	B159	B237
	A194 Grd 4	4	1/4 - 4	1100	175	C24	C38
	A194 Grd 7	7	1/4 - 4	1100	175	C24	C38
	A194 Grd 7M	7M	1/4 - 4	1100	150	B159	B237
	A194 Grd 8	8	1/4 - 4	-	80	B126	B300
	A194 Grd 8M	8M	1/4 - 4	-	80	B126	B300

	Element	2, 2H, 2HM	4	7, 7M (4140)	8 (304)	8M (316)
Chemical Properties	Carbon	0.40 min	0.40 - 0.50	0.37 - 0.49	0.08 max	0.08 max
	Manganese	1.00 max	0.70 - 0.90	0.65 - 1.10	2.00 max	2.00 max
	Phosphorus, max	0.04	0	0.035	0.045	0.045
	Sulfur, max	0.05	0	0.04	0.03	0.03
	Silicon	0.40 max	0.15 - 0.35	0.15 - 0.35	1.00 max	1.00 max
	Chromium			0.75 - 1.20	18.0 - 20.0	16.0 - 18.0
	Nickel				8.0 - 11.0	10.0 - 14.0
	Molybdenum		0.20 - 0.30	0.15 - 0.25		2.00 - 3.00

	Bolt Grade	Nuts Spec/Grade	Washers Spec/Grade
Recommended Mating Materials	B7	A194 Grade 2H	F436
	B8 Class 1	A194 Grade 8	SS304
	B8M Class 1	A194 Grade 8M	SS316
	B8 Class 2	A194 Grade 8	SS304
	B8M Class 2	A194 Grade 8M	SS316

Fonte: *Southern Fasteners and Supply, Inc.*