Ligas de níquel – visão comparativa

Guia de seleção das 13 ligas de níquel do portfólio Dustre

LIGA DE NÍQUEL **PREN (Cr + 3,3(Mo + 0,5W), indicativo): 825 ≈ 31 · 625 ≈ 51 · C-4 ≈ 67 · C-22 ≈ 70 · C-276 ≈ 74** As ligas de níquel se dividem por função. Níquel puro e Ni-Cu (200, 400, K500) servem para álcalis, HF e água do mar. Ni-Cr-Fe e Fe-Ni-Cr (600, 601, 800HT) servem para oxidação e fluência em alta temperatura. Ni-Fe-Cr-Mo-Cu, Ni-Cr-Mo e Ni-Mo (825, 625, C4, C22, C276, B2) servem para corrosão aquosa por ácidos e cloretos. A superliga 718 é escolhida por resistência mecânica. As tabelas abaixo resumem a composição base e os mínimos de norma de cada liga; os valores completos estão na ficha de cada material.

DESIGNAÇÕES

UNS	N02200, N04400, N05500, N06600, N06601, N06625, N07718, N08811, N08825, N06455, N06022, N10276, N10665
W.Nr./EN	2.4066, 2.4360, 2.4375, 2.4816, 2.4851, 2.4856, 2.4668, 1.4959, 2.4858, 2.4610, 2.4602, 2.4819, 2.4617
Comercial	Inconel, Incoloy e Monel (Special Metals); Hastelloy (Haynes); Nicrofer/Nimofer/Nicorros (VDM)
Outras	Nomes comerciais são marcas registradas; compre pela UNS e pela norma ASTM

NORMAS POR FORMA

Barra	ASTM B160 (200), B164 (400), B865 (K500), B166 (600/601), B446 (625), B637 (718), B408 (800HT), B425 (825), B574 (C4/C22/C276), B335 (B2)
Forjado	ASTM B564 (200, 400, 600, 625, 800HT, 825, C22, C276, B2); 718: B637/AMS 5663/API 6A718; K500: B865
Chapa	ASTM B162, B127, B168, B443, B670, B409, B424, B575, B333
Tubo	ASTM B161, B165, B167, B444, B407, B423, B622, B163 (trocador)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)

Composição base resumida (elementos principais, % em massa; faixas completas na ficha de cada liga)

Níquel 200	Monel 400	Monel K500	Inconel 600	Inconel 601	Incoloy 800HT	Incoloy 825
Ni ≥ 99,0	Ni ≥ 63 · Cu 28 – 34	Ni ≥ 63 · Cu 27 – 33 · Al 2,3 – 3,15 · Ti 0,35 – 0,85	Ni ≥ 72 · Cr 14 – 17 · Fe 6 – 10	Ni 58 – 63 · Cr 21 – 25 · Al 1,0 – 1,7 · Fe restante	Fe ≥ 39,5 · Ni 30 – 35 · Cr 19 – 23 · Al+Ti 0,85 – 1,20	Ni 38 – 46 · Fe ≥ 22 · Cr 19,5 – 23,5 · Mo 2,5 – 3,5 · Cu 1,5 – 3,0

Inconel 625	Inconel 718	Hastelloy C-4	Hastelloy C-22	Hastelloy C-276	Hastelloy B-2	
Ni ≥ 58 · Cr 20 – 23 · Mo 8 – 10 · Nb 3,15 – 4,15	Ni 50 – 55 · Cr 17 – 21 · Fe restante · Nb 4,75 – 5,5 · Mo 2,8 – 3,3	Ni restante · Cr 14 – 18 · Mo 14 – 17 · Ti ≤ 0,7	Ni restante · Cr 20 – 22,5 · Mo 12,5 – 14,5 · W 2,5 – 3,5	Ni restante · Mo 15 – 17 · Cr 14,5 – 16,5 · W 3 – 4,5 · Fe 4 – 7	Ni restante · Mo 26 – 30 · Cr ≤ 1	

PROPRIEDADES MECÂNICAS Mínimos de norma (LE 0,2% / LR / alongamento). Condição recozida ou solubilizada, exceto 718 e K500 (envelhecidos)

Níquel 200 (B564)	≥ 105 / ≥ 380 MPa / ≥ 40%
Monel 400 (B564)	≥ 172 / ≥ 483 MPa / ≥ 35%
Monel K500 envelhecido (B865)	≥ 690 / ≥ 965 MPa / ≥ 20%
Inconel 600 (B564)	≥ 241 / ≥ 552 MPa / ≥ 30%
Inconel 601 (B166)	≥ 205 / ≥ 550 MPa / ≥ 30%
Incoloy 800HT (B564)	≥ 172 / ≥ 448 MPa / ≥ 30%
Incoloy 825 (B564)	≥ 241 / ≥ 586 MPa / ≥ 30%
Inconel 625 Gr.1 ≤ 102 mm (B564)	≥ 414 / ≥ 827 MPa / ≥ 30%
Inconel 718 envelhecido (AMS 5663)	≥ 1.034 / ≥ 1.276 MPa / ≥ 12%
Hastelloy C-4 (B574)	≥ 276 / ≥ 690 MPa / ≥ 40%
Hastelloy C-22 (B564)	≥ 310 / ≥ 690 MPa / ≥ 45%
Hastelloy C-276 (B564)	≥ 283 / ≥ 690 MPa / ≥ 40%
Hastelloy B-2 (B564)	≥ 350 / ≥ 760 MPa / ≥ 40%

PROPRIEDADES FÍSICAS típicas

Densidade	7,94 (800HT) a 9,22 g/cm³ (B-2)
Faixa de fusão	≈ 1.260 (718) a 1.446 °C (Ni 200)
Módulo de elasticidade	≈ 179 (Monel) a 217 GPa (B-2)
Condutividade térmica (20 °C)	≈ 10 W/m·K (Ni-Cr-Mo) a 70 W/m·K (Ni 200)
Expansão térmica (20–100 °C)	≈ 10,8 (C-4, B-2) a 14,4 µm/m·K (800HT)

PROCESSAMENTO E USO

Temperatura de serviço	Alta temperatura: 601 (oxidação até ~1.200 °C), 600 (~1.100 °C), 800HT (fluência de 600 a 1.000 °C), 718 (resistência mecânica até ~650 °C). Corrosão aquosa: 825, 625, C4, C22, C276, B2, 400 e 200. O Ni 200 fica limitado a ~315 °C e a B2 deve evitar 540 – 870 °C.
Tratamento térmico	A maioria é fornecida recozida ou solubilizada e não endurece por tratamento térmico. Apenas 718 e K500 são endurecíveis por precipitação (envelhecimento após solubilização). O 800HT exige solubilização ≥ 1.149 °C para obter grão grosso.
Soldagem	Consumíveis AWS A5.14/A5.11 por liga: Ni 200 ERNi-1; 400/K500 ERNiCu-7; 600/601/800HT ERNiCr-3; 625/825 ERNiCrMo-3; 718 ERNiFeCr-2; C-4 ERNiCrMo-7; C-22 ERNiCrMo-10; C-276 ERNiCrMo-4; B-2 ERNiMo-7.
Usinagem	Todas encruam rapidamente e conduzem pouco calor: usar metal duro, baixa velocidade, avanço constante e refrigeração abundante. 718 e K500 envelhecidos são os mais difíceis.

APLICAÇÕES

- Álcalis e soda cáustica: Níquel 200
- Água do mar e ácido fluorídrico: Monel 400 e K500
- Fornos e tratamento térmico: 600, 601 e 800HT
- Poços de óleo e gás ácidos: 825, 625, C276 e 718
- Ácidos com cloretos, FGD, papel e celulose: C-276, C-22 e C-4
- Ácido clorídrico puro (redutor): Hastelloy B-2
- Turbinas e fixadores de alta resistência: 718

Alternativas: Para escolher a liga: identifique primeiro o meio (alcalino, água do mar, oxidante a quente, ácido redutor, ácido com cloretos), depois a temperatura e só então a resistência mecânica exigida. Em corrosão aquosa, inox superaustenítico (904L, 6Mo) e duplex/superduplex são alternativas de menor custo quando o PREN exigido for ≤ 45.

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 7505.12.10 · chapa 7506.20.00. Classe fiscal: liga de níquel; confirme com seu despachante.

Valores mínimos conforme a norma citada; propriedades físicas são típicas e não constituem garantia. O certificado do lote prevalece.