

A Bumax é a marca registada da Bufab conhecida como a marca do parafuso em aço inox mais resistente do mundo.

A marca Bumax é fabricada nas instalações da própria Bufab na Suécia e cumpre os requisitos dos clientes mais exigentes em relação à qualidade, resistência à corrosão, alta resistência, rastreabilidade e resistência ao calor. Produzimos e disponibilizamos segurança e fiabilidade.

Alguns dos produtos da Família Bumax são únicos e não estão presentes em qualquer outro mercado. Todos os produtos possuem total rastreabilidade (3.1 certificados disponíveis para cada artigo) e apenas podem ser obtidos dos melhores fabricantes Europeus de aço inox segundo especificações extremamente exigentes.

INTRODUÇÃO ao Bumax 88 e Bumax 109

O Bumax 88 e o Bumax 109 são produtos e fixação A4 de gama superior da família Bumax. São reconhecidos como um produto extremamente consistente que oferece uma tensão limite de rutura superior, uma quantidade inferior de inclusões e tolerâncias mais rígidas na composição química quando comparado com os parafusos A4 padrão. Consequentemente, o Bumax 88 e o Bumax 109 oferecem propriedades mecânicas e resistência à fadiga superiores na maioria dos ambientes e uma permeabilidade magnética extremamente baixa. Para os nossos clientes,

isto significa uma fiabilidade e uma vida útil inigualáveis nos ambientes mais severos. Os Bumax 88 e Bumax 109 são fabricados do mesmo material mas devido a um processo de fabrico especial, o Bumax 109 oferece uma resistência superior e é o parafuso A4 mais resistente no mercado. Os parafusos da classe Bumax 88 possuem propriedades de resistência que correspondem aos parafusos em aço carbono 8.8 e ao Bumax 109 em aço carbono 10.9.

APLICAÇÕES

Os Bumax 88/109 são utilizados em aplicações exigentes nas indústrias como a do petróleo e gás, celulose e papel, marítima, petroquímica, energia e diversas outras em que os parafusos A4 padrão não são suficientes. Os nossos produtos são utilizados em jatos de água, aceleradores de partículas, equipamentos subaquáticos, bombas, válvulas, turbinas eólicas, equipamento de alta pressão, centrais nucleares, submarinos e muitas mais.



COMPOSIÇÃO QUÍMICA e normas

O padrão A4, conforme definido pela norma ISO 3506, possui um intervalo de tolerância amplo e requisitos superficiais no que respeita ao teor de oligoelementos. Existe um número elevado de padrões de aço que recaem na definição A4 e cada norma possui a sua própria característica. Os padrões mais comuns são apresentados no quadro 1. Os parafusos, as porcas e as anilhas A4 são produtos indiferenciados comuns que podem ser adquiridos sem qualquer encomenda específica na maioria das lojas de ferramentas. As classes A4 são produzidas no mundo inteiro em elevadas quantidades e sob uma forte pressão exercida sobre os preços. A maioria dos fabricantes de elementos de fixação utilizam consequentemente o aço mais económico desde que este cumpra a definição de A4 em termos de norma ISO 3506. Consequentemente, é utilizado aço que contém a quantidade mais baixa de elementos expansivos como o Molibdénio (Mo), o Níquel (Ni) e o Crómio (Cr) e também um processo metalúrgico mais económico que confere um elevado teor de oligoele-

mentos e uma elevada densidade de inclusão/escória. No entanto, o padrão A4 é suficientemente adequado para um vasto leque de aplicações não-críticas.

Para aplicações de elevada exigência em que o custo do ciclo de vida baixo é essencial e em que uma falha pode originar perdas importantes ou mesmo lesões, é essencial utilizar elementos de fixação superiores. Pode não notar a diferença entre um material superior e um A4 comum apenas mediante uma inspeção visual ou um teste de tração. No entanto, é muito diferente quando os produtos são comparados em condições reais ou mediante testes de corrosão e fadiga em laboratório. Os Bumax 88/109 são fabricados em aço superior grau 316L com elevado teor de Molibdénio e com exigências muito superiores no que respeita à composição química. A diferença entre os fixadores padrão A4 e os Bumax 88/109 consiste essencialmente no facto das propriedades do Bumax começarem onde os fixadores padrão terminam ou já terminaram há

Tabela 1 - Designações de classes de aços inoxidáveis

Classes	EN ISO 3506	EN	ASTM
Standard A4	A4	1.4401, 1.4404	316
Bumax 88/109	A4	1.4432, 1.4436, 1.4435	316L high Mo

muito. Isto significa que um fixador Bumax é sempre melhor, mais forte e mais resistente à corrosão que os fixadores padrão A4.

As características especiais da composição dos Bumax 88/109 consistem no seu baixo teor em carbono, teor superior em molibdénio e na sua tolerância mais rígida em relação ao oligoelemento e outros elementos não desejados tais como as escórias e as inclusões. A diferença química na composição entre os Bumax 88/109 e o A4 padrão é apresentada na tabela 2. O Carbono (C) deve ser o mais baixo possível já que reduz o risco de precipitações de carboneto de cromo e a corrosão intergranular. Um teor elevado de carbono também possui um efeito negativo na ductilidade. O Bumax 88 possui um teor de carbono máximo de 0.03% e pode assim

ser designado de 316L. O Fósforo (P) e o Enxofre (S) são elementos que reduzem a ductilidade e a resistência à corrosão e devem ser mantidos ao mais baixo nível possível. O Molibdénio (Mo) é o elemento de liga que possui o efeito positivo mais forte na resistência à corrosão. O elevado teor de molibdénio do Bumax 88 é o motivo principal para a sua resistência superior à corrosão quando comparado com um A4 padrão. O Cobre (Cu) é um elemento de liga que melhora a produção de recalque axial a frio mas possui principalmente um efeito negativo nas propriedades do fixador. O cobre reduz a resistência e as propriedades de trabalho a quente que podem afetar as propriedades de superfície e causar o risco de fases ricas do cobre que reduzem a resistência e a ductilidade.

Tabela 2 - Diferença de composição química entre standard A4 e Bumax 88/109

Classe de Aço	Composição química, Peso %							
	C	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
Standard A4	max 0.08	max 1	max 0.045	max 0.03	16-18.5	2 - 3	10 - 15	max 4
Bumax 88/109	max 0.03	max 0.8	max 0.04	max 0.015	min 16.5	min 2.5	min 11	max 0-6

RESISTÊNCIA À CORROSÃO

Os BUMAX 88/109 oferecem uma resistência superior à do A4 padrão devido ao superior teor de molibdénio, baixo teor de carbono, propriedades de superfície macia e controlo rígido dos oligoelementos e das inclusões. O valor de Resistência Equivalente por Pite (PRE) baseia-se numa fórmula amplamente conhecida e fornece uma indicação adequada da resistência à corrosão com fendas e por pite enquanto função do teor de liga. Quanto mais elevado o número de PRE, maior resistência apresenta o aço contra a corrosão por pite na água do mar e a corrosão induzida por cloro. Conforme pode ser constatado na tabela 3, existe uma diferença no valor PRE dos dois graus devido ao facto dos Bumax 88/109 garantirem um valor de

Tabela 3 - Resistência equivalente

Classe de Aço	ASTM	Cr (%)	Mo (%)	N (%)	PRE
Standard A4	316	17	2.1	0.04	25
Bumax 88/109	316L Hig Mo	17	2.7	0.04	27

molibdénio entre 2.5 e 3.0% e o A4 padrão apenas garantir um teor mínimo de 2.0%. Este PRE superior combinado com os parâmetros acima referidos concedem uma maior resistência à corrosão que já foi comprovada por numerosos testes de laboratório e acima de tudo experiências de casos reais. Um teste de campo particularmente interessante foi desenvolvido pela empresa de aço inox Outokumpu juntamente com

o Swedish Corrosion Institut [Instituto Sueco de corrosão] na empresa Swerea KIMAB e pode ser analisado no Outokumpu Corrosion Handbook [Manual de Corrosão da Outokumpu]. O provete foi exposto às condições presentes ao longo de estradas e pontes na Suécia por um período de cinco anos. O pronto preto na tabela 4 indica a corrosão por pite após cinco anos de exposição.

Tabela 4 - Teste de corrosão Outokumpu. Ponto negro indica existência de corrosão após 5 anos de exposição

Classe de Aço	EN	ISO 3506	Classe Bumax	Borås	Gothenburg	Öresund, bridge road	Öresund under bridge	Öland	Höga kusten	Svartora
304L	1.4307	A2		●	●	●	●	●	●	
316L	1.4404	A4		●	●		●	●	●	
316L high Mo	1.4432	A4	Bumax 88/109				●			

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Os fixadores da classe Bumax 88 possuem propriedades de resistência que correspondem aos elementos de fixação em aço carbono 8.8 e ao Bumax 109 com 10.9 de aço carbono. Conforme indicado na tabela 5, apenas o método de medição e a indicação do alongamento diferem. A diferença consiste principalmente em que todos os testes sobre o aço inox devem ser realizados em produtos acabados conforme a norma ISO 3506, enquanto os testes em aço carbono, que é frequentemente endurecido, são normalmente executados em amostras, conforme a norma ISO 898. Estes factos concedem aos Bumax 88 e Bumax 109 a possibilidade única de substituir aço carbono 8.8 e 10.9.

Exigências de alongamento superiores para cumprir os requisitos PED (Equipamentos sob Pressão)

É necessária uma pré-carga para manter as partes articuladas juntas por longos períodos de tempo resistindo a cargas estáticas e dinâmicas. As tensões combinadas na articulação não devem normalmente exceder a tensão de rutura do fixador. A orientação consiste em utilizar uma pré-carga que seja de 65% da carga de tensão, no entanto, na prática pode variar entre 50 e 80%.

É necessário o binário de aperto para alcançar a pré-carga necessária. O binário de aperto recomendado é calculado segundo a fórmula conhe

cida Kellerman/Klein e depende dos parâmetros tais como a fricção, a pré-carga, o diâmetro da rosca, o tipo de parafuso e o procedimento de aperto. As recomendações para os Bumax baseiam-se numa pré-carga alvo de cerca de 65-70% da carga de rutura e um coeficiente de fricção de 0.14-0.16, que apenas pode ser obtido por uma superfície livre de rebarbas e utilizando um lubrificante de elevada qualidade. A pré-carga recomendada e as informações do binário de aperto podem ser consultadas em www.bumax.se

Os testes empíricos demonstram que o Bumax 88 possui uma fricção inferior e é mais estável contra o desgaste por fricção do que os fixadores A4 padrão. A imagem I apresenta o diagrama em que a carga real

de fixação foi medida em relação ao aperto nos parafusos M6 ISO 4017 e nas porcas ISO 4032. As porcas Bumax 88/109 são sempre encerradas com a nossa cera personalizada adequada aos produtos Bumax, com um coeficiente de fricção de cerca de 0.08. Por comparação, os parafusos e as porcas A4 padrão foram testados, tanto com os fixadores encerrados como com as porcas encerradas. O resultado demonstra que é necessário um aperto consideravelmente inferior no Bumax 88 para obter a carga de aperto necessária. Também é visível que os valores de carga são mais estáveis quanto menos se espalha a cera, o que resulta de uma excelente cera que opera com uma rosca lisa laminada e tolerâncias mais rígidas.

Tabela 5 - Rutura mínima e alongamento

Produto	Dimensão, mm	Resistência à tração Rm, Min		limite de elasticidade Rp02, min		Alongamento, min mm	Standard de teste
		Mpa	psi	Mpa	psi		
Bumax 109	M3 -M20	1000	145000	900	130500	0.2 d	ISO 3506
Bumax 88	M3-M36	800	116000	640	92800	0.3 d	ISO 3506
Bumax 88 (PED)	M6-M30	800	116000	640	98200	0.4 d	ISO 3506
A4-80		800	116000	600	87000	0.3 d	ISO 3506
A4-70		700	101500	450	65200	0.4 d	ISO 3506
Aço Carbono 8.8		800	116000	640	92800	12%	ISO 898
Aço Carbono 10.9		1000	145000	900	13500	9%	ISO 898

RESISTÊNCIA À FADIGA

A fratura por fadiga ocorre quando um fixador é sujeito a uma carga cíclica repetida. Mesmo as tensões máximas abaixo do ponto de rutura dos materiais podem originar a formação de fissuras microscópicas que podem eventualmente causar uma falha. O ponto inicial de fratura por fadiga é frequentemente a concentração de tensão em inclusões, escórias ou defeitos da superfície. O material Bumax 88 possui uma resistência à fadiga superior quando comparado com fixadores comuns. A matéria-prima de elevada qualidade juntamente com os melhores processos metalúrgicos, propriedades de superfície adequadas e uma elevada resistência garantem uma excelente resistência à fadiga. Foram executados testes à fadiga ao Bumax 88 e ao material concorrente A4-80 num laboratório externo até 10 milhões de ciclos. A Tabela 6 apresenta o resultado da carga de fadiga longitudinal sobre os parafusos M6x50 150 4017. A curva de Wöhler (curva S-N) pode ser recebida mediante pedido. Os parafusos foram pré-esforçados a 400 MPa, que consiste na resistência obtida na pré-carga típica dos parafusos M6 da classe 80. As principais razões para a excelente resistência à fadiga do Bumax 88 são

a maior resistência à rutura, o baixo teor de inclusão e melhores propriedades de superfície quando comparados com os A4 padrão.

Tabela 6 - Números de ciclos antes de rotura. Testes pararam aos 10 milhões de ciclos.

Stress, Mpa	Ciclos antes de rotura	
	Bumax 88	A4-80
400±50	10 Milhões	10 Milhões
400±50	10 Milhões	1.4 Milhões
400±55	10 Milhões	0.4 Milhões
400±55	10 Milhões	0.4 Milhões
400±60	4.2 Milhões	0.5 Milhões
400±60	5.6 Milhões	0.3 Milhões

PERMEABILIDADE MAGNÉTICA

A permeabilidade magnética relativa refere-se à capacidade do material em atrair e conduzir linhas de fluxos. Quanto melhor condutor é um material em relação aos campos magnéticos, mais elevada é a sua permeabilidade. A austenita consiste numa fase não magnética e o aço inoxidável de austenita tem normalmente uma permeabilidade magnética muito baixa. Os Bumax 88 e Bumax 109 possuem um controlo mais rígido em relação aos elementos químicos, à ferrite delta e às inclusões quando comparados com os fixadores A4 típicos, o que significa menos variação de lote para lote e na maioria dos casos também uma permeabilidade magnética inferior. Os fixadores Bumax 88 e 109 são

utilizados em aplicações avançadas que requerem uma permeabilidade magnética muito baixa tais como reatores nucleares, reatores por fusão ou aceleradores de partículas.

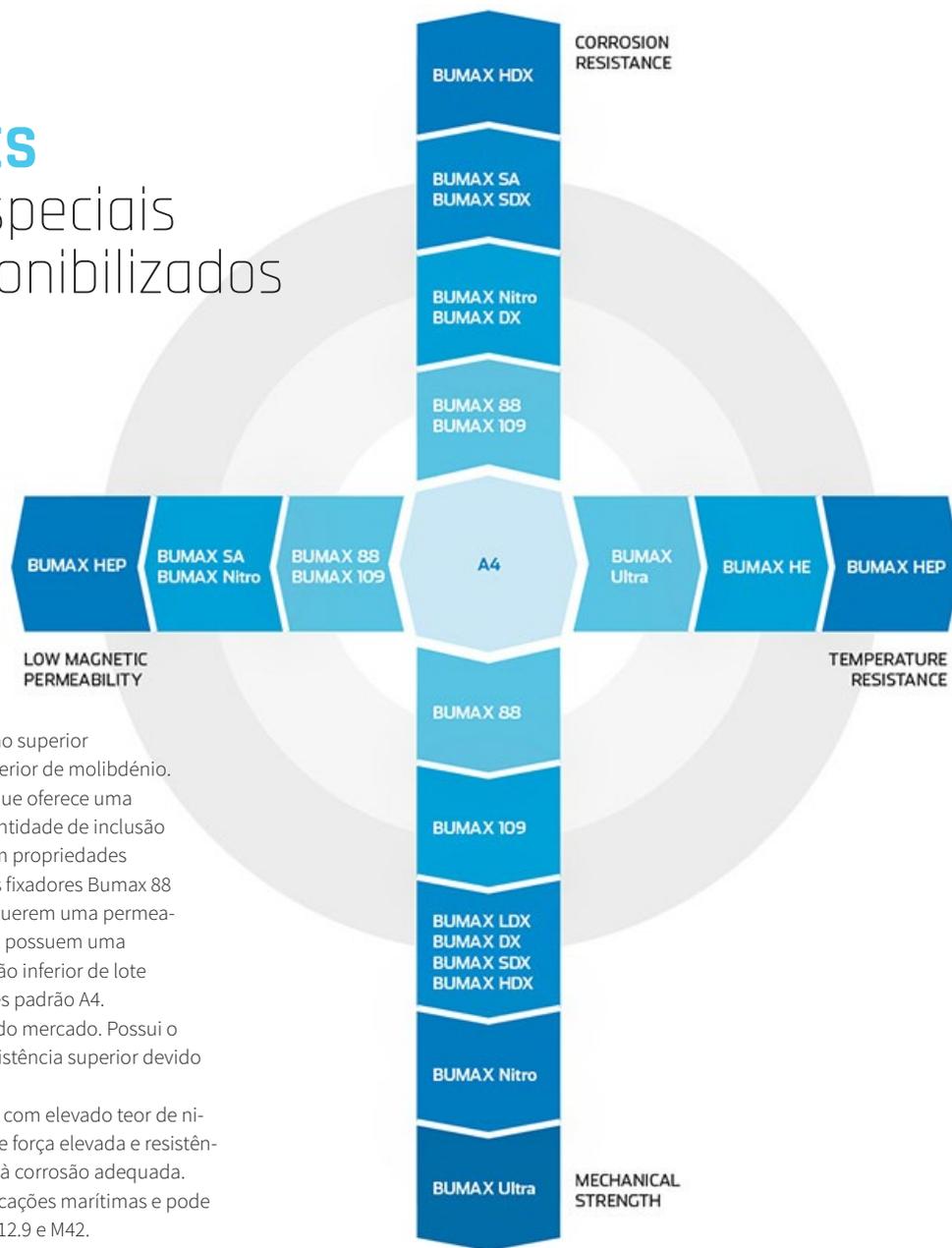
Os valores apresentados na tabela são os da permeabilidade magnética relativa normal a 20°C com base em medições em parafusos M5 analisados com magnetómetro de vibração de amostra LakeShore no departamento de I&D da Sandvik. As informações devem ser utilizadas somente como ponto de orientação. A permeabilidade magnética é difícil de medir e pode variar dependendo da qualidade dos instrumentos de medição e da dimensão, forma de entrega e grau do trabalho a frio.

Tabela 7 - Permeabilidade magnética típica baseado em testes em parafusos M5

Classe	Permeabilidade Magnética relativa a 20°C
Bumax 88	1.006
Bumax 109	1.007

BUMAX® GRADES

Outros graus especiais podem ser disponibilizados sob pedido



O **BUMAX 88** oferece uma resistência à corrosão superior à dos elementos A4 padrão devido ao teor superior de molibdénio.

O Bumax 88 é um material muito consistente que oferece uma resistência à rutura superior e uma menor quantidade de inclusão do que os fixadores A4 padrão que resultam em propriedades mecânicas e resistência à fadiga superiores. Os fixadores Bumax 88 são utilizados em inúmeras aplicações que requerem uma permeabilidade magnética extremamente baixa. Estes possuem uma permeabilidade magnética baixa e uma variação inferior de lote para lote quando comparados com os fixadores padrão A4.

O **BUMAX 109** é o parafuso A4 mais resistente do mercado. Possui o mesmo material que o Bumax 88 mas uma resistência superior devido ao processo de fabrico especial.

O **BUMAX Nitro**, em aço inoxidável austenítico com elevado teor de nitrogénio é caracterizado por uma resistência de força elevada e resistência à fadiga, combinadas com uma resistência à corrosão adequada. Este consiste num excelente material para aplicações marítimas e pode ser fornecido com classes de resistência entre 12.9 e M42.

O **BUMAX Super Austenite (SA)** consiste num aço inoxidável austenítico de alta liga para água do mar e outros meios agressivos com cloreto. Possui uma excelente resistência à corrosão geral, por fissuras, por pite e à corrosão por tensão.

O **BUMAX Lean Duplex (LDX)** oferece uma solução económica para fixadores de elevada resistência em meios com corrosão média.

O **BUMAX Duplex (DX)** caracteriza-se por uma excelente resistência, ductilidade e resistência à fadiga combinadas com propriedades adequadas de resistência à corrosão geral, por fissuras, por pite e contra a corrosão por tensão.

O **BUMAX Super Duplex (SDX)** caracteriza-se por possuir excelentes propriedades mecânicas e excelente resistência à corrosão. Resistência à corrosão geral, por fissuras, por pite e corrosão sob tensão em meios com cloro.

O **BUMAX Hyper Duplex (HDX)** consiste numa liga pioneira utilizada nas aplicações mais exigentes. É adequada a ambientes intensamente cor-

rosivos tais como água do mar clorada quente e a meios com cloreto ácido nas indústrias química, petróleo/gás, marítima e petroquímica.

O **BUMAX Ultra** consiste num aço inoxidável endurecível com precipitação única que pode ser entregue com níveis extremamente elevados de tensão. É o fixador em aço inoxidável mais resistente do mercado.

Possui uma resistência adequada à corrosão em ambientes com cloro.

O **BUMAX Heat (HE)** consiste num material resistente à temperatura para aplicações que requerem elevada resistência e resistência adequada à oxidação a temperaturas até aos 700°C. Pode ser endurecido por precipitação.

O **BUMAX Heat Plus (HEP)** consiste num material resistente a temperaturas altas e endurecível por precipitação com uma excelente resistência à oxidação e elevadas propriedades de tensão e de fluência a temperaturas até aos 815°C.

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO BUMAX EM PORTUGAL



INTEC – Sociedade Técnica de Equipamentos Industriais, S.A.

Estrada Nacional 10 – Km 134,7 - Lugar da Patameira
2625-125 Póvoa de Santa Iria

Telefone: +351 218 537 283 - Fax: +351 218 537 314

Email: parafusos@intec.pt

www.intec.pt