

Liga INCOLOY® DS

A liga INCOLOY® DS (W. Nr. 1.4862), desenvolvida pela primeira vez para cintas transportadoras de forno de arame tecido, é agora amplamente utilizada para uma gama de aplicações de tratamento térmico onde sua resistência e resistência à corrosão a altas temperaturas permitem seu uso em seções leves.

As ligas para uso em processos de alta temperatura devem ser capazes de suportar a exposição a gases de combustão quentes e atmosferas de funcionamento por um período considerável de tempo sem a perda de seção eficaz que pode ser causada pela corrosão.

A liga INCOLOY DS, em comum com outras ligas resistentes ao calor da Special Metals Corporation, desenvolve um filme de óxido fortemente aderente que protege sua superfície contra processos de corrosão. É também resistente à “podredura verde” que pode ocorrer em ligas de níquel-cromo quando as atmosferas variam entre redução e oxidação, e em alguns casos onde a atmosfera redutora é de natureza carburante. Nestas condições, o cromo pode se formar ao longo das fronteiras do grão e prefere-

segue-se a oxidação da matriz de cromo empobrecido, uma forma distinta da oxidação ordinária que produz um filme de óxido passivo.

A liga INCOLOY DS também é resistente à fase “sigma”, um composto intermetálico duro, frágil e complexo, basicamente ferro-cromo, que precipita na faixa de 600-900 ° C a partir de estruturas que são ferríticas, ferrita e austenita mista ou marginalmente austeníticas. O níquel, um formador de austenita, suprime a tendência à formação de fase “sigma” e a liga INCOLOY DS, com um teor nominal de níquel de 37%, pode ser aquecida indefinidamente na faixa de 600-900 ° C sem medo de fragilidade da fase “sigma”.

Assim, a resistência à corrosão e a resistência da liga INCOLOY DS explicam seu uso em uma ampla variedade de equipamentos de processo de alta temperatura, que vão desde retortas de forno e jigs de tratamento térmico até componentes usados em electrodomésticos.

Tabela 1 - Composição, % (máximo, salvo indicação)

O Ni + Co	C	Mn	Fé	Si	Cr	Cu	Ti	S
34.5-41.0	0.10	0.8-1.5	Equilíbrio*	1.9-2.6	17.0-19.0	0.50	0.20	0.03

Para B.S. 3073: NA17

* A referência ao “equilíbrio” da composição de uma liga não garante que este é exclusivamente do elemento mencionado, mas que ele predomina e outros estão presentes apenas em quantidades mínimas.

**Tabela 2 -
Densidade**

g/cm	
	7.86
	0.284

Tabela 3 - Intervalo de fusão

°	
	1330-1400

Os dados contidos nesta publicação são apenas para fins informativos e podem ser revisados a qualquer momento sem aviso prévio. Acredita-se que os dados sejam precisos e confiáveis, mas a Special Metals não faz nenhuma representação ou garantia de qualquer tipo (expressa ou implícita) e não assume nenhuma responsabilidade com relação à exatidão ou integridade das informações aqui contidas. Embora os dados sejam considerados representativos do produto, as características reais ou desempenho do produto podem variar do que é mostrado nesta publicação. Nada contido nesta publicação deve ser interpretado como garantia do produto para um uso ou aplicação específica.

Número de publicação SMC-097

Copyright © Special Metals Corporation, 2004 (04 de setembro)

INCOLOY, INCONEL e INCO-WELD são marcas comerciais do grupo de empresas Special Metals Corporation.

Liga INCOLOY® DS

Tabela 4 - Coeficiente médio de expansão térmica linear

° C	10-6/°C
20-100	15.0
20-200	15.5
20-300	15.9
20-400	16.2
20-500	16.5
20-600	17.0
20-700	17.5
20-800	17.8
20-900	18.2
20-1000	18.7

Média de 5 casts. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura. Tratado térmico 11 min/1020°C/AC

Tabela 5 - Calor específico

° C	J/kg °C
20	452
100	473
200	502
300	528
400	557
500	582
600	611
700	636
800	662
900	691
1000	716

Tabela 6 - Resistividade Elétrica

° C	resistência relativa
20	1.000
100	1.029
200	1.061
300	1.094
400	1.123
500	1.141
600	1.160
700	1.176
800	1.191
900	1.206
1000	1.220

Resistividade elétrica a 20°C = 108 microhm cm.

Média de 5 casts. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura. Tratado térmico 11 min/1020°C/AC

Tabela 7 - Propriedades magnéticas

Força de campo (H, oersted)	Permeabilidade (μ)
200	1.038
300	1.031
500	1.024
1000	1.017
1500	1.014
2000	1.014
3000	1.013

Sustentabilidade em massa a 1000 oersted = $1,72 \times 10^{-4}$ cm³/g. Sustentabilidade em volume a 1000 oersted = $1,36 \times 10^{-3}$

Placa laminada a quente. Tratado térmico 10 min/1020°C/AC

Tabela 8 - Módulo de Young Dinâmico

° C	Placa laminada a quente (GPa)	Folha (GPa)
20	194	197
100	191	193
200	184	188
300	178	181
400	171	174
500	164	168
600	157	159
700	149	151
800	142	144
900	132	134
1000	118	119

Média de 5 casts. Placa laminada a quente, de 11 mm de espessura. Tratado térmico 11 min/1020°C/AC

Média de 4 casts. Folha 0,7-2,0 mm de espessura. Tratado térmico 6 min/1020°C/AC

Tabela 9 - Módulo Torsional Dinâmico

° C	GPa
20	51.7
100	51.7
200	49.6
300	47.6
400	45.5
500	43.4
600	40.7
700	37.9
800	35.9
900	33.8
1000	29.6

Média de 4 casts. Folha 0,7-2,0 mm de espessura. Tratado térmico 6 min/1020°C/AC

Tabela 10 - Propriedades de tração (folha, laminada a frio, tratada termicamente)

° C	0,1% prova de tensão (MPa)	0,2% prova de tensão (MPa)	Resistência à tração (MPa)	Elongação em 50 mm %
20	327	363	687	37.1
100	310	329	629	36.3
200	284	303	616	32.7
300	292	304	607	36.7
400	286	297	602	35.2
500	269	283	578	35.4
600	239	253	482	40.1
700	195	208	335	48.8
800	107	116	181	75.7
900	63	66	105	79.9
1000	31	36	65	74.6

Média de 5 casts. Folha laminada a frio de 0,7-2,0 mm de espessura. Tratado térmico 6 min/1020°C/AC

Liga INCOLOY® DS

Tabela 11 - Propriedades de tração (placa, laminada a quente, tratada termicamente 10 min/1020°C/AC)

° C	0,1% prova de tensão (MPa)	0,2% prova de tensão (MPa)	Resistência à tração (MPa)	Elongação em 5,65 □ So %	Redução de área %
-196	473	485	914	54.5	68.1
20	298	301	670	47.6	71.5
100	263	269	618	44.1	69.0
200	242	247	581	41.1	64.0
300	219	222	593	41.5	62.1
400	213	219	593	46.7	60.8
500	196	202	568	43.6	57.3
600	196	201	490	45.3	45.0
700	179	185	351	56.7	44.9
800	136	142	208	74.0	60.7
900	63	71	119	90.9	75.1
1000	37	42	73	111.3	82.2

Média de 5 casts. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura.

Tabela 12 - Propriedades de tração (placa, laminada a quente, tratada termicamente 1h/1150°C/AC)

° C	0,1% prova de tensão (MPa)	0,2% prova de tensão (MPa)	Resistência à tração (MPa)	Elongação em 5,65 □ So %	Redução de área %
-196	391	406	798	61.1	75.5
20	210	219	602	61.1	77.0
100	188	196	551	55.0	70.9
200	164	168	528	55.6	71.4
300	133	136	505	55.6	68.0
400	133	136	511	62.2	64.3
500	119	124	493	64.4	67.8
600	113	116	440	55.5	44.6
700	117	124	334	31.1	37.3
800	137	145	232	35.6	32.0
900	66	74	122	86.7	61.9
1000	37	42	73	97.8	66.3

Dados de um cast. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura.

Tabela 13 - Propriedades de tração (placa, laminada a quente, tratada termicamente e soldada)

° C	0,1% prova de tensão (MPa)	0,2% prova de tensão (MPa)	Resistência à tração (MPa)	Elongação em 5,65 $\square$ So %	Redução de área %
-196	558	579	951	31.1	41.6
20	360	380	672	38.9	71.1
100	290	314	468	13.3	22.3
200	303	317	595	33.3	66.7
300	300	306	588	38.9	58.6
400	280	297	582	37.8	63.9
500	276	300	562	36.7	48.0
600	252	266	513	36.7	56.5
700	221	233	408	32.2	47.8
800	159	171	235	35.6	65.9
900	82	88	124	52.2	81.2
1000	46	48	76	42.2	88.7

Dados de um cast. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura. Tratado térmico 10 min / 1020 ° C / AC antes da soldagem. Arco de metal soldado em 4 ciclos usando eletrodo INCO-WELD® 'A'.

Tabela 14 - Propriedades de Impacto Charpy (placa, laminada a quente, tratada termicamente 10 min/1020°C/AC)

° C	J
-196	141
-100	156
20	180
100	199
200	197
300	201
400	178
500	171
600	174
700	156
800	148
900	156
1000	203

Média de 5 casts. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura. O espécime de ensaio Charpy tem uma seção transversal quadrada de 10 mm, área de ensaio de 80 mm², ângulo incluído de 45 ° em V.

Tabela 15 - Propriedades de Impacto Charpy (placa, laminada a quente, tratada termicamente 1h/1150°C/AC)

° C	J
-196	217
-100	247
20	270
100	288
200	285
300	290
400	260
500	266
600	260
700	236
800	157
900	184
1000	184

Dados de um cast. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura. O espécime de ensaio Charpy tem uma seção transversal quadrada de 10 mm, área de ensaio de 80 mm², ângulo incluído de 45 ° em V.

Liga INCOLOY® DS

Tabela 16 - Propriedades de Impacto Charpy, J, a Temperatura Ambiental

Tempo de mergulho , h	Temperatura de mergulho, °C				
	800	850	900	950	1000
30	137	153	142	171	216
100	142	136	156	151	134
300	136	136	156	170	298
1000	163	142	176	155	292
3000	140	151	176	279	266
10 000	123	174	199	243	89

Dados de um cast. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura. Tratado térmico 10 min/1020°C/AC

O espécime de ensaio Charpy tem uma seção transversal quadrada de 10 mm, área de ensaio de 80 mm², ângulo incluído de 45 ° em V.

Tabela 17 - Propriedades de Impacto Charpy, J, em Altas Temperaturas

Tempo de mergulho , h	Temperatura de mergulho e ensaio, °C				
	800	850	900	950	1000
30	190	176	180	209	216
100	152	189	231	170	201
300	203	136	155	178	202
1000	144	—	168	168	208
3000	160	155	161	194	208
10 000	153	186	161	217	71

Dados de um cast. Placa laminada a quente de 11 mm de espessura. Tratado térmico 10 min/1020°C/AC

O espécime de ensaio Charpy tem uma seção transversal quadrada de 10 mm, área de ensaio de 80 mm², ângulo incluído de 45 ° em V.

Tabela 18 - Propriedades de ruptura de arrastamento, MPa, (placa, laminada a quente)

° C	Tratado térmico 15 min/1020°C/AC			Tratado térmico 1 h/1150°C/AC		
	100 h	1000 h	10 000 h	100 h	1000 h	10 000 h
750	67.3	44.5	29.5	72.3	48.8	32.9
850	34.9	20.4	11.9	45.6	26.3	15.2
950	18.1	9.4	4.9	29.2	15.4	8.1
1050	—	—	—	11.4	6.7	3.9

Dados de um cast. Placa laminada a quente de 3,2 mm de espessura.

Tabela 19 - Resistência à oxidação cíclica

° C	Hora de fugir (h)	Taxa de espalhamento (mg/cm²/h)	Alteração de peso em 1000 h (mg/cm²)
890	>1000	—	2.08
910	>1000	—	3.19
990	400	0.112	-50.4
1010	375	0.174	-87.8
1090	50	0.5	-541
1110	50	0.5	-487

Instruções de trabalho

A liga INCOLOY DS é facilmente fabricada quente e fria e pode ser unida por processos de soldagem padrão.

Trabalho quente e frio

O intervalo habitual de trabalho a quente é de 900-1200°C com trabalho pesado sendo realizado entre 1000 e 1200°C. As operações normais de forja são geralmente iniciadas a partir de 1200 ° C e a forja leve é possível até 900 ° C.

A taxa de resfriamento não afeta a dureza da liga e o resfriamento ao ar ou a extinção são satisfatórios. Forjas de extinção devem ser evitadas quando a variação na área de secção transversal da forja é alta.

Os procedimentos de trabalho a frio são semelhantes aos do carbono e dos aços inoxidáveis. A taxa de endurecimento de trabalho da liga é maior do que a do aço de baixo carbono, mas menor do que a do aço inoxidável 18/8.

usinagem

A liga INCOLOY DS é melhor usinada na condição recozida, com material laminado a quente, como laminado e forjado a quente mostrando os próximos melhores resultados.

É melhor usinado em equipamentos pesados usando ferramentas grandes e pesadas o suficiente para suportar as cargas e dissipar o calor rapidamente.

recozimento

A liga deve ser recozida na faixa de 1000-1150 ° C, a temperatura e o tempo de retenção dependendo da espessura do material e da aplicação proposta. A taxa de resfriamento não afeta a dureza.

O combustível do forno deve ser preferivelmente livre de enxofre. Gás da cidade, gás natural, combustíveis destilados e eletricidade são adequados. Para a maioria dos tratamentos térmicos e processos de aquecimento, a atmosfera deve ser ajustada para manter condições oxidantes leves.

O recozimento brilhante pode ser realizado em hidrogênio seco ou amônia rachada.

Produtos e especificações disponíveis

A liga INCOLOY DS está disponível em tubo, tubo, folha, tira, placa, barra redonda, estoque forjado, hexágono e fio. A liga é designada Werkstoff Número 1.4862.

Pickling

Uma mistura de soda cáustica fundida é um pré-tratamento adequado para ser seguido por um enxague em água fria antes do decapamento ácido (HNO₃ / FeCl₃) a 65 ° C por 5-20 minutos, e um enxague final em água fria.

Participação

A liga INCOLOY DS é facilmente unida a si mesma ou a outros metais por processos padrão. É importante que o material a ser soldado esteja na condição recozida. A remoção dos resíduos de escoria de solda é essencial para evitar a corrosão subsequente em serviço.

Os materiais de solda a serem usados são:

Para blindados

arco metálico ... Eléctrodo "A" INCO-WELD®

Para gás inerte

arco protegido ... NC 80/20 metal de enchimento

Tubo sem costura: BS
3074 Fio: BS 3075
Bar: BS 3076

