

Soldabilidade de Metais

Soldagem II

Soldagem de Ligas Metálicas

A American Welding Society (AWS) define soldabilidade como “a capacidade de um material ser soldado nas condições de fabricação impostas por uma estrutura projetada de forma adequada e de se comportar adequadamente em serviço”.

A maioria das ligas metálicas é soldável

Algumas são muito mais difíceis de ser soldadas por um dado processo que outras.

Na soldabilidade de um certo material é fundamental determinar o processo, procedimento de soldagem e sua aplicação.

Para melhor determinar a soldabilidade:

1 – O metal base é adequado para a aplicação desejada, isto é, ele possui as propriedades adequadas e necessárias para resistir aos requerimentos da aplicação;

2 – O projeto da estrutura soldada e de suas soldas é adequado para o uso pretendido.

É necessário então avaliar a própria junta, Idealmente a junta deveria apresentar resistência mecânica, ductilidade, tenacidade, resistência à fadiga e a corrosão uniforme ao longo da solda e as propriedades similares dos materiais.

Na maioria dos casos, a produção de uma solda envolve o uso de calor e/ou deformação plástica, resultando em uma estrutura metalúrgica diferente da do metal base. Soldas também podem apresentar descontinuidades como vazios, trincas, material incluso, etc.

Três tipos de problemas inter-relacionados devem ser considerados:

- a) Problemas na zona fundida ou na zona termicamente afetada que ocorrem durante ou imediatamente após a operação de soldagem, como poros, trincas de solidificação, trincas induzidas pelo hidrogênio, perda de resistência mecânica, etc.
- b) Problemas na solda ou no material adjacente que ocorrem nas etapas de um processo de fabricação posterior a soldagem. Incluem a quebra de componentes na região da solda durante processos de conformação mecânica.
- c) Problemas na solda ou no material adjacente que ocorrem em um certo momento durante o serviço da estrutura soldada. Estes podem ser, por exemplo, aparecimento e propagação de trincas por diversos fatores, problemas de corrosão, fluência, etc.

Soldagem de Aços

Soldagem de Aços Carbono e de Baixa Liga

O maior problema destes aços é a formação de trincas induzidas pelo hidrogênio, principalmente na zona termicamente afetada, podem ainda ocorrer problemas de porosidade, mordeduras, falta de fusão, corrosão, etc.

Aços de Baixo Carbono e Aços Doces

Aços de baixo carbono incluem as series AISI C-1008 e C1025

Para soldagem com eletrodo revestidos, eletrodos da classe AWS E60XX e E70XX fornecem resistência mecânica suficiente para soldagem destes aços.

Eletrodos E60XX devem ser usados para aços com limite de escoamento inferior a 350 MPa.

Eletrodos E70XX devem ser usados com aços com limite de escoamento de até 420 MPa.

Aços de Médio Carbono

Estes aços incluem as series AISI entre C-1030 e C-1050

Um pré-aquecimento entre 150 e 260° C pode ser necessário.

Pós-aquecimento é recomendado algumas vezes para aliviar tensões residuais e reduzir a dureza que pode ser causada por resfriamento rápido após a soldagem.

Esses aços podem ser soldados pelos mesmos processos usados para soldagem de aços de baixo carbono.

Aços de Alto Carbono

Estes aços incluem as series AISI C-1050 e C-1095

A soldagem destes aços necessita de cuidados especiais.

Eletrodos/processos de baixo hidrogênio precisam ser usados com um pré-aquecimento entre 200 e 320° C, especialmente para peças mais pesadas.

Um tratamento térmico após a soldagem (alívio de tensões ou mesmo recozimento) é usualmente especificado.

Os mesmos processos de soldagem podem ser usados para estes aços.

Aços de Baixa Liga

Estes aços são soldados, no processo eletrodo revestido, com eletrodos das classes E80XX, E90XX e E100XX na norma AWS A5.5.

Para a seleção do metal de adição para estes aços. Além das propriedades mecânicas, é necessário considerar detalhes da sua composição química.

Aços de Baixa Liga ao Níquel

De ate 260° C 200

Incluem aços das series AISI 2315, 2515 e 2517.

Pré-aquecimento não é necessário para %C < 0,15, exceto para juntas de grande espessura.

Para maiores teores de carbono, um pré-aquecimento de ate 260° C deve ser usado, embora para juntas de cerca de 7mm, este possa ser dispensado.

Eletrodos de baixo hidrogênio com sufixo C1 ou C2 devem ser usados dependendo do teor de níquel do metal de base.

Aços Baixa Liga ao Manganês

Pré-aquecimento não é necessário para teores menores de carbono manganês.

Para C > 0,25%, um pré-aquecimento entre 120 e 150° C é necessário.

Para maiores teores de carbono e manganês e para juntas de grande espessura, a temperatura de pré-aquecimento pode atingir 300° C, sendo recomendado o uso de alívio de tensões.

Eletrodos E80XX e E90XX com sufixos A1, D1 e D2 devem ser usados.

Aços de Baixa Liga ao Cromo

Este grupo inclui os aços dos tipos AISI 5015, 5160, 50100, 51100 e 52100.

Aços com teor de carbono próximos do seu limite inferior podem ser soldados sem nenhum cuidado especial.

Para maiores teores de carbono (e de cromo), a temperabilidade é aumentada de forma pronunciada e pré-aquecimentos de ate 400° C podem ser necessários, particularmente para juntas de grande espessura.

Eletrodos revestidos com sufixo B devem ser usados.

Aços Resistentes ao Tempo (Aços Patináveis)

São aços de baixa liga que podem ser expostos ao ambiente sem serem pintados, sendo protegidos por uma densa camada de oxido que se forma naturalmente.

Estes aços estão cobertos pela especificação ASTM A242.

Formulas de carbono equivalente (CE), são comumente usadas para estimar a necessidade de cuidados especiais na soldagem de um aço, seguindo a seguinte expressão:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cu}{15} + \frac{\%P}{3}$$

O CE deve ser calculado pela composição real do aço, quando não for possível devem ser usados os teores máximos na faixa da especificação do aço.

- Para $C < 0,40$, o aço é considerado facilmente soldável.
- Quando $CE > 0,60$, deve-se usar pré-aquecimento para juntas acima de 20mm.
- Quando $CE > 0,90$, um pré-aquecimento a uma temperatura elevada é absolutamente necessário para todos os casos, exceto para juntas de espessura muito pequena.

Na soldagem com arco submerso, a composição do depósito da solda deve ser similar ao do metal de base, um fluxo não ativo (que não coloca e não retira elementos de liga) deve ser usado, preferencialmente para aços baixa liga.

Em geral, a necessidade de um pré-aquecimento, é reduzida na soldagem ao arco submerso devido aos maiores aportes de calor.

Para garantir um baixo nível de hidrogênio, é importante utilizar um fluxo corretamente seco e limpar adequadamente o metal de base na região da solda.

Tabela 4 – Temperaturas típicas de pré-aquecimento para diferentes tipos de aço e para ferro fundido¹.

Tipo de aço	Temperatura (°C)
Baixo carbono ($\%C < 0,30$)	90-150
Médio carbono ($0,30 < \%C < 0,55$)	150-260
Alto carbono ($0,50 < \%C < 0,83$)	260-430
Aços C-Mo ($0,10 < \%C < 0,30$)	150-320
Aços C-Mo ($0,30 < \%C < 0,35$)	260-430
Aços Ni ($< 3,5\%Ni$)	90-370
Aços Cr	150-260
Aços Cr-Ni	90-590
Ferro fundido	370-480

Na soldagem com MIG/MAG de aços baixa liga, a composição do eletrodo deve ser adequada para o metal de base e o gás de proteção deve ser de forma a minimizar a queima (oxidação) do metal de solda.

O nível de pré-aquecimento é similar ao usado com eletrodo revestido.

Na soldagem de aços com níveis diferentes de resistência mecânica, o metal de adição deve ser selecionado de forma a fornecer um depósito compatível com o aço de menor resistência.

O procedimento de soldagem (pré-aquecimento, aporte térmico, etc.), contudo, deve ser especificado de acordo com o aço de maior resistência.

Soldagem de Aços Ligados

Aços Estruturais Temperados e Revenidos

Estes aços são cobertos pelas especificações ASTM A514/A517 e outras. Para soldagem de aços da classe ASTM A514/A517, um baixo aporte térmico é utilizado para se conseguir uma resistência mecânica adequada na junta. Três fatores devem ser considerados:

- 1) o uso do metal de adição adequado;
- 2) o uso do correto aporte térmico;
- 3) a estrita obediência ao procedimento de soldagem recomendado.

Processos comumente usados na soldagem destes aços são eletrodo revestido, arco submerso e arame tubular, dependendo da disponibilidade de consumíveis. O processo TIG também é utilizado, mas é restrito a juntas de menor espessura. Qualquer que seja o processo de soldagem é essencial garantir que o nível de hidrogênio na solda seja mínimo devido ao risco de formação de trincas. Isto significa a utilização de consumíveis de baixo hidrogênio, uma secagem adequada e a preparação de uma junta limpa.

Na soldagem com eletrodo revestido, eletrodos de baixo hidrogênio da classe E11018 ou E 12018 devem ser utilizados para garantir uma resistência mecânica mínima na junta.

No processo MIG/MAG uma mistura de proteção Ar-2% O₂ é comumente usado, arames de composição química especial devem ser usados, a composição química do arame deve ser similar ao metal de base.

Na soldagem a arco submerso, um fluxo não ativo deve ser usado com um arame de composição similar ao metal de base.

Juntas de pequenas espessuras (25 mm) podem ser soldadas a temperaturas próximas a ambiente. Maiores espessuras precisam de um pré-aquecimento em torno de 100° C e temperaturas maiores podem ser utilizadas para juntas com pequena liberdade de movimento (alta restrição) devido às elevadas tensões residuais que podem desenvolver.

A tabela abaixo mostra limites superiores de aporte térmico, sugeridos para aços da classe ASTM A514/A517.

Tabela 5 - Limites superiores sugeridos para o aporte térmico (kJ/mm).

Espessura da Junta (mm)	Pré-aquecimento (°C)			
	Ambiente	95	150	205
5,0	0,7	0,6	0,5	0,4
6,4	0,9	0,8	0,6	0,5
12,7	1,9	1,5	1,3	1,0
19,0	3,5	2,8	2,2	1,6
25,4	--	4,3	3,4	2,6
31,8	--	6,1	4,7	3,7

Aços Cromo-Molibidênio

Os processos mais comumente usados para soldagem de aços Cr-Mo, eletrodo revestido, TIG e MIG/MAG, embora arco submerso e arame tubular também possam ser usados, para qualquer processo é importante selecionar um metal de adição similar ao metal de base.

No processo de eletrodo revestido, eletrodos com sufixo B são utilizados variando de B1 a B4, para maiores teores de liga eletrodos especiais são usados.

O procedimento de soldagem deve incluir pré-aquecimento (com temperaturas de até 370° C) e, muitas vezes pós-aquecimento em função da temperabilidade destes aços. Temperaturas de tratamentos térmicos variam de 620 a 705° C, as menores temperaturas são usadas para menores espessuras.

No caso de interrupção da soldagem antes do seu termino, a junta deve ser resfriada lentamente e tratada termicamente antes do reinício da soldagem.

Soldagem de Aços Inoxidáveis

Os três processos mais utilizados para soldagem de aços inoxidáveis são eletrodo revestido, TIG e MIG/MAG, embora vários outros sejam também usados. O processo de eletrodo revestido é utilizado em serviços em geral, particularmente no campo e em diferentes posições. O processo TIG é amplamente utilizado na soldagem de peças de aço inoxidável de menor espessura. O processo MIG/MAG é utilizado para juntas mais espessas, sendo um processo de maior produtividade. As diferenças de propriedades físicas entre aços comuns e os inoxidáveis implicam em diferenças nos procedimentos de soldagem. As principais diferenças são:

- 1- Menor temperatura de fusão.
- 2- Menor condutividade térmica.
- 3- Maior coeficiente de expansão térmica.
- 4- Maior resistência elétrica.

Soldagem de Ferros Fundidos

Os ferros fundidos apresentam varias características que dificultam a sua soldagem, destacando-se:

- . Alto teor de carbono e, em geral, de fósforos e de enxofre.
- . Tendência à formação de cementsita na região da solda devido às velocidades de resfriamento relativamente elevadas associadas com a soldagem.
- . Baixa ductilidade do metal de base e de sua zona termicamente afetada.
- . Estrutura porosa dos ferros fundidos cinzento, maleável e nodular favorece a absorção de graxas e outras sujeiras durante o seu uso.

Ferros fundidos brancos são considerados, em geral não soldáveis devido a sua extrema fragilidade. A soldagem é utilizada em ferros fundidos cinzentos, principalmente para eliminar defeitos de fundição e para reparar peças trincadas ou mesmo fraturas.

A soldagem de ferros fundidos pode ser dividida em duas:

- Procedimentos que fornecem um metal depositado de composição similar ao metal de base (ferro fundido).
- Procedimentos que fornecem um metal depositado de aço ou ligas com um elevado teor de metais não ferrosos (cobre/níquel).

O primeiro método é usado para reparar defeitos em peças fundidas e utiliza um pré-aquecimento de 300 a 700° C e, em geral, um tratamento térmico após a soldagem. Durante a soldagem, forma-se uma grande poça de fusão, favorecendo a remoção de gases e inclusões não metálicas na zona fundida. O resfriamento da solda é mantido bem lento (não mais do que 50 a 100° C/h) dificultando a formação de ledeburita e de martensita na Zona Fundida e na Zona Termicamente Afetada.

Os principais processos de soldagem usados neste tipo de procedimento são oxigás, eletrodo revestido e arame tubular.

No segundo método, a soldagem é, feita sem pré-aquecimento ou com um pré-aquecimento mínimo com a deposição de passes curtos e espaçados e com baixa energia de soldagem de modo a minimizar a extensão das regiões afetadas pela soldagem.

Eletrodos podem ser de metais não ferrosos (ligas de níquel ou de cobre) ou de aço.

No primeiro caso, o material não dissolve o carbono nem forma carbonetos, mantendo a Z.F. dúctil e macia.

Eletrodos de aço podem ser de aço inoxidável austenístico ou de aços especiais com elevado teor de elementos formadores de carboneto, neste caso o depósito tende a ter uma dureza mais elevada, não sendo, em geral usinável, normalmente realizado com eletrodo revestido.

Soldagem de Metais Não Ferrosos

Alumínio e suas ligas

O alumínio apresenta diferenças de propriedades físicas e químicas que levam a diferenças de sua soldagem em comparação com a dos aços:

- Elevada afinidade pelo oxigênio.
- Elevada condutividade térmica.
- Elevado coeficiente de expansão térmica.
- Baixo ponto de fusão (660° C)

Tabela 6 – Designação para grupos de ligas de alumínio

Elementos de liga principais	Designação
Alumínio comercialmente. puro (>99,0%Al)	1XXX
Cobre	2XXX
Manganês	3XXX
Silício	4XXX
Magnésio	5XXX
Magnésio/Silício	6XXX
Zinco	7XXX
Outros elementos	8XXX

Na soldagem de alumínio, o uso de pré-aquecimento e de um maior aporte térmico é comum na soldagem de juntas de maior espessura para garantir a formação da poça de fusão e evitar problemas de falta de fusão, O pré-aquecimento na soldagem do alumínio não deve ser superior a 205° C.

Os principais problemas metalúrgicos de soldabilidade do alumínio e suas ligas são a formação de porosidade pelo H₂, a formação de trincas de solidificação e a perda de resistência mecânica (para metal de base encruado ou endurecível por precipitação).

Os processos mais usados são MIG/MAG e TIG. Em ambos os processos, a seleção do consumível é baseada na composição química e em aspectos mecânicos e metalúrgicos. A especificação de consumíveis para os processos MIG/MAG e TIG é coberta pelas normas AWS A5.3 A5.10.

A soldagem TIG é usada principalmente para juntas de menor espessura.

Os gases de proteção usuais são argônio, Hélio ou misturas de ambos. Maiores teores de Hélio permitem uma melhor fusão do metal de base nas causam redução da estabilidade do processo e da remoção de óxido da superfície da junta.

O processo MIG/MAG é mais usado para juntas de maior espessuras, apresentando velocidade de soldagem muito superior ao processo TIG.

Outros processos usados na soldagem do alumínio são a soldagem com eletrodo revestido, o plasma, soldagem a gás e os processos de soldagem por resistência.

Cobre e suas ligas

As propriedades que requerem uma atenção especial na soldagem do cobre são:

- Elevada condutividade térmica.
- Elevado coeficiente de expansão térmica.
- Tendência a se tornar frágil a altas temperaturas.
- Ponto de fusão relativamente baixo.
- Baixa viscosidade do metal fundido.
- Elevada condutividade elétrica.
- Resistência mecânica, para varias ligas, baseada principalmente no encruamento.

O cobre necessita de um pré-aquecimento maior do que o alumínio, para controle da fusão na sua soldagem, por exemplo, para a soldagem de uma junta de 12mm de espessura, recomenda-se um pré-aquecimento de cerca de 400° C para soldagem TIG com argônio.

O cobre apresenta grande potencial para problemas de distorção.

Ligas de cobre e zinco não devem ser soldadas a arco, pois a elevada temperatura deste pode levar a vaporização de parte do zinco na poça de fusão.

Os processos mais usados para soldagem do cobre e suas ligas são TIG e MIG/MAG. A soldagem TIG é feita normalmente com corrente contínua e eletrodo negativo e proteção de argônio, hélio ou misturas de ambos destes dois gases. Para ligas de cobre e alumínio, pode ser necessário o uso de corrente alternada para limpeza superficial. O processo MIG/MAG é usado para soldagem de peças de maior espessura.

APENDICE 1a – DESIGNAÇÃO NUMÉRICA AISI-SAE PARA AÇOS

Designação numérica AISI-SAE para aços.

Designação da Série	Tipos e Classes
10xx	Aço carbono não resulfurado
11xx	Aço carbono resulfurado
13xx	Manganês 1,75%
23xx	Níquel 3,50%
25xx	Níquel 5,00%
31xx	Níquel 1,25% - cromo 0,65 ou 0,80%
33xx	Níquel 3,50% - cromo 1,55%
40xx	Molibdênio 0,25%
41xx	Cromo 0,50-0,95% - molibdênio 0,12 ou 0,20%
43xx	Níquel 1,80% - cromo 0,50 ou 0,80% - molibdênio 0,25%
46xx	Níquel 1,55 ou 1,80% - molibdênio 0,20 ou 0,25%
47xx	Níquel 1,05% - cromo 0,450% - molibdênio 0,25%
48xx	Níquel 3,50% - molibdênio 0,25%
50xx	Cromo 0,28 ou 0,40%
51xx	Cromo 0,80, 0,90, 0,95, 1,00 ou 1,05%
5xxx	Carbono 1,00% - cromo 0,50, 1,00 ou 1,45%
61xx	Cromo 0,80 ou 0,95% - Vanádio 0,10 ou 0,15 min.
86xx	Níquel 0,55% - cromo 0,50 ou 0,65% - molibdênio 0,20%
87xx	Níquel 0,55% - cromo 0,50% - molibdênio 0,25%
92xx	Manganês 1,00% - silício 2,00%
93xx	Níquel 3,25% - cromo 1,20% - molibdênio 0,12%
94xx	Manganês 1,00% - Níquel 0,45% - cromo 0,40% - molibdênio 0,12%
97xx	Níquel 0,55% - cromo 0,17% - molibdênio 0,20%
98xx	Níquel 1,00% - cromo 0,80% - molibdênio 0,25%

APENDICE 1B

Exemplos de designações de aços pelo sistema AISI-SAE.

Aços carbono

Nº SAE	C	Mn	P (max)	S (max)	Nº AISI
1006	0,08 max.	0,25-0,40	0,040	0,050	C1006
1010	0,08-0,13.	0,30-0,60	0,040	0,050	C1010
1015	0,13-0,18.	0,30-0,60	0,040	0,050	C1015
1016	0,13-0,18.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1016
1020	0,18-0,23.	0,30-0,60	0,040	0,050	C1020
1022	0,18-0,23.	0,70-1,00	0,040	0,050	C1022
1025	0,22-0,28.	0,30-0,60	0,040	0,050	C1025
1030	0,28-0,34.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1030
1040	0,37-0,44.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1040
1045	0,43-0,50.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1045
1050	0,48-0,55.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1050
1055	0,50-0,60.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1055
1060	0,55-0,65.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1060
1065	0,60-0,70.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1065
1070	0,65-0,75.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1070
1074	0,70-0,80.	0,50-0,80	0,040	0,050	C1074

Aço liga

Nº SAE	C	Mn	P (max)	S (max)	Si	Ni	Cr	Outros	Nº AISI
1320	0,18-0,23	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	–	–	--	1320
1340	0,38-0,43	1,60-1,90	0,040	0,040	0,20-0,35	–	–	--	1340
2317	0,13-0,20	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	–	--	2317
2340	0,33-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	–	--	2340
2512	0,09-0,14	0,45-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	4,75-5,25	–	--	E2512
3115	0,13-0,18	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	--	3115
3140	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	--	3140
3150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	1,10-1,40	0,55-0,75	--	3150
3315	0,08-0,13	0,45-0,60	0,025	0,025	0,20-0,35	3,25-3,75	1,40-1,75	--	E3315
Mo									
4017	0,15-0,20	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	–	–	0,20-0,30	4017
4042	0,40-0,45	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	–	–	0,20-0,30	4045
4068	0,63-0,70	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	–	–	0,20-0,30	4068
4130	0,28-0,33	0,40-0,60	0,040	0,040	0,20-0,35	–	0,80-1,10	0,15-0,25	4130
4140	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	–	0,80-1,10	0,18-0,25	4140
4320	0,17-0,22	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,40-0,60	0,20-0,30	4320
4340	0,38-0,43	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30	4340
4615	0,13-0,18	0,45-0,65	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	–	0,20-0,30	4615
4640	0,38-0,43	0,60-0,80	0,040	0,040	0,20-0,35	1,65-2,00	–	0,20-0,30	4640
4820	0,18-0,23	0,50-0,70	0,040	0,040	0,20-0,35	3,25-3,75	–	0,20-0,30	4820
5045	0,43-0,48	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	–	0,55-0,75	--	5045
5130	0,28-0,33	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	–	0,80-1,10	--	5130
50100	0,95-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,20-0,35	–	0,40-0,60	--	E50100
52100	0,95-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,20-0,35	–	1,30-1,60	--	E52100
V									
6150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	–	0,80-1,10	0,15 min.	6150
Mo									
8615	0,13-0,18	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,50-0,60	0,15-0,25	8615
8740	0,38-0,43	0,75-1,00	0,040	0,040	0,20-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	8740
9260	0,53-0,65	0,70-1,00	0,040	0,040	1,80-2,20	–	–	--	9260
9440	0,38-0,43	0,90-1,20	0,040	0,040	0,20-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,08-0,15	9440
9840	0,38-0,43	0,70-0,90	0,040	0,040	0,20-0,35	0,85-1,15	0,70-0,90	0,20-0,30	9840

Prefixo: E – Aço fabricado em forno elétrico

APANDICE 2

Código de composição química do metal depositado por eletrodos revestidos segundo a norma AWS A5.5.

Designação	Características
Exxxx-A1	Eletrodos de aço C-Mo com 0,40 a 0,65%Mo.
Exxxx-B1	Eletrodos de aço Cr-Mo com 0,40 a 0,65% de Cr e Mo.
Exxxx-B2	Eletrodos de aço Cr-Mo com 1,00 a 1,50%Cr e 0,40 a 0,65%Mo.
Exxxx-B2L	Eletrodos de aço Cr-Mo com 1,00 a 1,50%Cr e 0,40 a 0,65%Mo e baixo teor de carbono (<0,05%)..
Exxxx-B3	Eletrodos de aço Cr-Mo com 2,00 a 2,50%Cr e 0,90 a 1,20%Mo.
Exxxx-B4L	Eletrodos de aço Cr-Mo com 1,75 a 2,25%Cr e 0,40 a 0,65%Mo e baixo teor de carbono (<0,05%).
Exxxx-B5	Eletrodos de aço Cr-Mo com 0,40 a 0,60%Cr e 1,00 a 1,25%Mo e <0,05%V.
Exxxx-C1	Eletrodos de aço Ni com 2,00 a 2,75%Ni.
Exxxx-C2	Eletrodos de aço Ni com 3,00 a 3,75%Ni.
Exxxx-C3	Eletrodos de aço Ni com 0,80 a 1,10%Ni, <0,15%Cr, <0,35%Mo e <0,05%V.
Exxxx-D1	Eletrodos de aço Mn-Mo com 1,25 a 1,75%Mn e 0,25-0,45%Mo.
Exxxx-D2	Eletrodos de aço Mn-Mo com 1,65 a 2,00%Mn e 0,25-0,45%Mo.
Exxxx-G	Todos os outros eletrodos de aço baixa liga com >1,00%Mn mais diferentes teores de Ni, Cr, Mo e V.
Exxxx-M	Classes especiais ligadas a especificações militares.