

ÍNDICE

- 1.0 INTRODUÇÃO**
- 2.0 ABREVIATURAS**
- 3.0 GOIVAGEM - CORTE - PERFURAÇÃO**
- 4.0 PRÉ-AQUECIMENTO E TEMPERATURA ENTRE-PASSES**
- 5.0 CONTROLE DA DILUIÇÃO DO METAL DE ADIÇÃO**
- 6.0 USO DE CAMADAS DE AMANTEIGAMENTO E CAMADAS DE REVESTIMENTO DURO**
- 7.0 SOLDAGEM DE FERRO FUNDIDO**
- 8.0 SOLDAGEM DE AÇOS DE DIFÍCIL SOLDABILIDADE**
- 9.0 SOLDAGEM DE AÇOS DISSIMILARES**
- 10.0 SOLDAGEM DE AÇOS AO MANGANÊS**
- 11.0 SOLDAGEM DE AÇOS FERRAMENTA E AÇOS PARA APLICAÇÕES À ALTA TEMPERATURA**
- 12.0 BIBLIOGRAFIA**

1.0 INTRODUÇÃO

Diariamente, os soldadores deparam-se com as iniciais OK nos consumíveis que eles utilizam. **OK** de **Oscar Kjellberg**, o fundador da ESAB. Primeiro, Oscar Kjellberg inventou uma nova técnica de soldagem e em seguida o eletrodo revestido. Estas invenções constituem as origens da ESAB.

Oscar Kjellberg formou-se em Engenharia e trabalhou durante muitos anos em navios a vapor suecos. Foi durante esse período ao final do século XIX que ele se deparou com um problema para o qual não havia nenhuma solução efetiva naquela época. As juntas rebitadas nas caldeiras a vapor vazavam freqüentemente. Várias tentativas foram feitas para se reparar as juntas com vazamento, através de cravos que eram forjados para se produzir pequenas cunhas, as quais eram então empurradas para dentro das juntas. A solda elétrica simples já estava sendo utilizada, mas Oscar Kjellberg via constantemente reparos nessas soldas e os resultados eram ruins, já que apresentavam muitas trincas e poros.

Ele percebeu, no entanto, que esse processo era utilizado pelos principais estaleiros e que poderia ser melhorado. Oscar Kjellberg preparou, então, uma pequena oficina experimental no porto de Gotemburgo.

Nos estaleiros de Gotemburgo, o processo atraiu rapidamente uma grande quantidade de interessados. Era óbvio que ele poderia trazer benefícios enormes na soldagem e reparos de navios. Desde então, essa técnica de reparos foi continuamente desenvolvida e implementada em outros segmentos.

Hoje, a ESAB oferece consumíveis não somente para reparos e manutenção para a maioria dos materiais e processos de soldagem, mas também outros consumíveis aplicáveis a aços inoxidáveis, para a soldagem de materiais dissimilares e ferro fundido.

2.0 ABREVIATURAS

- LR = Limite de Resistência à Tração
- LE = Limite de Escoamento
- A = Alongamento
- HRC = Dureza HRC
- HB = Dureza Brinell
- HV = Dureza Vickers
- a w = como soldado
- w h = encruado
- SMAW = *Shielded Metal Arc Welding* (Soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido)
- FCAW = *Flux Cored Arc Welding* (Soldagem ao arco elétrico com arame tubular de alma não-metálica)
- GMAW = *Gas Metal Arc Welding* (Soldagem ao arco elétrico com gás de proteção)
- SAW = *Submerged Arc Welding* (Soldagem ao arco submerso)
- CC+ = Corrente contínua – polaridade reversa
- CC- = Corrente contínua – polaridade direta
- CA = Corrente alternada
- OCV = Tensão de circuito aberto

3.0 GOIVAGEM – CORTE – PERFURAÇÃO

3.1 Geral

O OK 21.03 é um eletrodo especialmente desenvolvido para goivagem, corte e perfuração em aços, aços inoxidáveis, aços ao manganês, ferro fundido e todos os outros metais, exceto cobre puro.

O revestimento desenvolve um jato forte de gás, o qual sopra e expulsa o material derretido.

Nenhum gás, ar comprimido ou porta eletrodo especial são necessários, de modo que equipamentos comuns de soldagem podem ser utilizados. Os chanfros gerados são lisos e planos, de forma que a soldagem pode continuar sem nenhuma preparação especial. A preparação no caso dos aços inoxidáveis e aços ao manganês requer, no entanto, um pequeno esmerilhamento.

Nota: Esse eletrodo não foi desenvolvido para depositar metal de solda.

O eletrodo está disponível nos diâmetros de \varnothing 3,25, 4,00 e 5,00 mm.

3.2 Aplicações

O OK 21.03 é adequado para a goivagem em soldas no campo e quando a presença de equipamentos para soldagem com eletrodo de grafite é impraticável.

Ele é excelente para a preparação de reparos em ferro fundido, pois seca e queima as impurezas/grafite na superfície da peça e dessa forma reduz o risco de porosidade e trincas quando a soldagem for feita.

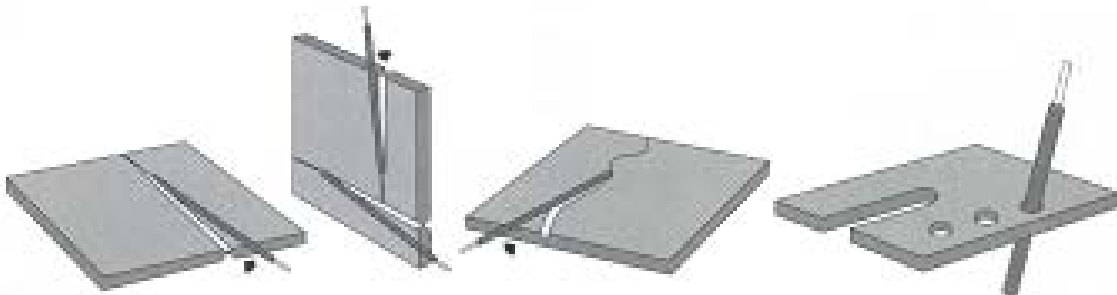
A goivagem de aços ao manganês é outra aplicação adequada para esse eletrodo.

3.3 Procedimento

Utilize principalmente CC- ou CA. Para corte e perfuração, recomendamos o uso de CC+.

Abra o arco segurando o eletrodo perpendicularmente à peça, onde o eletrodo deve estar apontando na direção apropriada, inclinado em torno de 5° a 10° da peça e sendo empurrado para frente. Mantenha o eletrodo em contato com a peça e mova-o como se fosse uma serra. Se for necessário um corte mais profundo, repita o procedimento até que a profundidade desejada seja atingida.

Fazer furos é bem fácil. Segure o eletrodo na posição vertical, abra o arco e empurre o eletrodo para baixo até que ele penetre no material. Manipule o eletrodo com um movimento de corte para aumentar o furo.



4.0 PRÉ-AQUECIMENTO E TEMPERATURA ENTRE-PASSES

Para obter um metal de solda livre de trincas, a temperatura de pré-aquecimento é o mais importante, assim como a temperatura entre-passes.

O pré-aquecimento reduz:

- o risco de trincas por hidrogênio
- as tensões de contração
- a dureza na zona termicamente afetada (ZTA)

A necessidade do pré-aquecimento aumenta com os seguintes fatores:

- o teor de carbono do material de base
- o teor de ligas do material de base
- o tamanho da peça
- a temperatura inicial
- a velocidade de soldagem
- o diâmetro do consumível

4.1 Como determinar a temperatura de pré-aquecimento

A composição do material de base deve ser conhecida para se escolher a temperatura de pré-aquecimento correta, pois ela é controlada por dois principais fatores:

- o teor de carbono do material de base
- o teor de ligas do material de base

Basicamente, quanto maior for o teor de carbono do material de base, maior será a temperatura de pré-aquecimento requerida. Esse raciocínio se aplica também ao teor de ligas, mas em um grau levemente menor.

Uma maneira de se determinar a temperatura de pré-aquecimento é calcular o Carbono Equivalente, C_{eq} , baseado na composição química do material de base.

$$C_{eq} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{\%(Ni + Cu)}{15}$$

Quanto maior for o C_{eq} , maior será a temperatura de pré-aquecimento requerida.

Outro fator importante para se determinar a temperatura de pré-aquecimento é a espessura e tamanho do componente. A temperatura de pré-aquecimento aumenta com o tamanho e espessura do componente.

Quando a temperatura de pré-aquecimento correta for determinada, é essencial que esta temperatura seja medida e mantida durante a operação de soldagem.

Quando pré-aquecendo, o tempo de patamar é importante para levar o componente inteiro à temperatura requerida. Normalmente, todas aplicações que requerem pré-aquecimento requerem também um resfriamento lento.

A tabela da página seguinte mostra a temperatura de pré-aquecimento recomendada para diversos materiais diferentes.

TEMPERATURAS DE PRÉ-AQUECIMENTO RECOMENDADAS

Material de Base	Espessura da peça mm	Aço	Baixa Liga	Aço Ferramenta	Aço ao Cromo	Aço ao Cromo	Aço inoxidável	Aço ao Manganês
		C _{eq} <0,3 < 180 HB °C	C _{eq} 0,3-0,6 200-300 HB °C	C _{eq} 0,6-0,8 300-400 HB °C	5-12% Cr 300-500 HB °C	>12% Cr 200-300 HB °C	18/8 Cr/Ni ~200 HB °C	14% Mn 250-500 HB °C
Baixa Liga 200-300 HB	≤ 20	-	100	150	150	100	-	-
	> 20 ≤ 60	-	150	200	250	200	-	-
	> 60	100	180	250	300	200	-	-
Aço Ferramenta 300-450 HB	≤ 20	-	100	180	200	100	-	-
	> 20 ≤ 60	-	125	250	250	200	-	O
	> 60	125	180	300	350	250	-	O
Aço com 12 % Cr 300-500 HB	≤ 20	-	150	200	200	150	-	X
	> 20 ≤ 60	100	200	275	300	200	150	X
	> 60	200	250	350	375	250	200	X
Aço Inoxidável 18/8 25/12 200 HB	≤ 20	-	-	-	-	-	-	-
	> 20 ≤ 60	-	100	125	150	200	-	-
	> 60	-	150	200	250	200	100	-
Aço ao Manganês 200 HB	≤ 20	-	-	-	X	X	-	-
	> 20 ≤ 60	-	-	•100	X	X	-	-
	> 60	-	-	•100	X	X	-	-
Aço ao Cobalto Tipo 6 40 HRC	≤ 20	100	200	250	200	200	100	X
	> 20 ≤ 60	300	400	•450	400	350	400	X
	> 60	400	400	•500	•500	400	400	X
Aço endurecível por precipitação ⁽¹⁾ 55 HRC	≤ 20	-	O-	O-	O-	O-	O-	O-
	> 20 ≤ 60	-	100	200	•200	•200	O-	O-
	> 60	O-	200	250	•200	•200	O-	O-

⁽¹⁾ No máximo duas camadas de metal de adição.

Trincas de alívio de tensões são normais.

- Nenhum pré-aquecimento ou pré-aquecimento <100°C

x Usado muito raramente ou não usado.

O Pré-aquecimento quando são revestidas grandes superfícies

• Para evitar trincas, aplique uma camada de amateigamento de metal de solda de aço inoxidável de grande tenacidade.

6.0 O USO DE CAMADAS DE AMANTEIGAMENTO E CAMADAS DE REVESTIMENTO DURO

6.1 Camadas de Amanteigamento

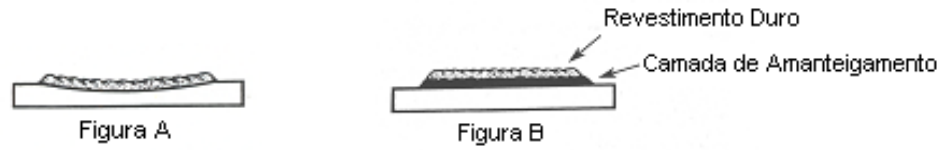
Camadas de amanteigamento são utilizadas como depósitos intermediários entre o material de base e o metal de adição de revestimento duro para:

- garantir uma boa união com o material de base
- evitar trincas induzidas pelo hidrogênio sob o revestimento até mesmo em peças pré-aquecidas
- minimizar as conseqüências das tensões
- limitar o efeito da diluição
- evitar a propagação de trincas em camadas duras subseqüentes
- evitar possíveis trincas na camada de revestimento duro que se dilui com o material de base

Consumíveis austeníticos são largamente utilizados como camadas dúcteis de amanteigamento em revestimentos duros. A escolha do consumível depende do material de base e do tipo de revestimento. Veja a tabela abaixo:

Consumíveis para camadas de amanteigamento		
Material de Base	Aplicação	SMAW
14% Aço ao Manganês	Superfícies gastas	OK 67.45
	Reparo de trincas	OK 68.82
Baixa Liga	1 camada de revestimento duro, nenhum desgaste por impacto	Nenhuma camada de amanteigamento
	2 camadas de revestimento duro, desgaste por impacto	OK 67.45
	2 camadas em ligas de Co e Ni	OK 67.45 ou OK 68.82
Aços Endurecíveis	1 camada de revestimento duro, nenhum desgaste por impacto	Nenhuma camada de amanteigamento
	2 camadas de revestimento duro, desgaste por impacto	OK 67.45
	1-2 camadas em ligas de Co e Ni	OK 67.45 ou OK 68.82
Aços ao Cromo 5-12% Cr	Ligas de Co e Ni, para revestimento	OK 67.45
Aços ao Cromo 12-17% Cr	<i>Matching Surfacing Alloys</i>	Nenhuma camada de amanteigamento. Pré-aquecimento, ver tabela 6
	1-2 camadas de revestimento duro	OK 67.45 ou OK 68.82

Quando materiais mais duros de revestimento são utilizados em um material de base mais macio como aço carbono, há uma tendência para a camada de revestimento ceder sob condições de carga pesada, como é visto na Figura A. Isto pode resultar em um destacamento do material de revestimento duro. Para evitar isto, um material resistente e tenaz é depositado na parte anterior ao revestimento, Figura B.



O OK 83.28 é um material próprio para revestimento / amanteigamento. Dependendo do material de base, outros tipos de camada de amanteigamento podem ser recomendados.

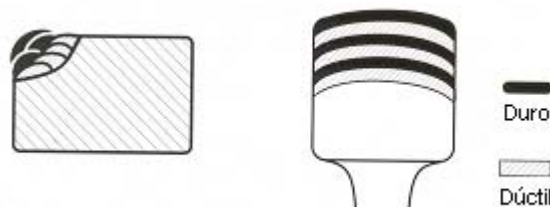
Ao se fazer o revestimento duro de ligas mais frágeis, estas contendo carbonetos de cromo e ligas à base de Cobalto, é recomendado primeiro se fazer o amanteigamento com uma ou duas camadas de consumível austenítico. Isto induzirá tensões de compressão nas camadas subseqüentes durante o resfriamento e dessa forma irá reduzir o risco de surgimento de trincas no metal de revestimento duro depositado.

Muitos depósitos de revestimento duro contêm “trincas de alívio”. Elas não são prejudiciais ao revestimento duro, mas há o perigo de que, sob alto impacto ou flexão, as trincas se propagem até o material de base, como mostra a Figura C. Esta tendência é mais evidente quando o material de base é um aço de alta resistência. O uso de uma camada de amanteigamento tenaz vai evitar essa propagação de trincas, como visto na Figura D. Consumíveis indicados são OK 67.45 ou OK 68.81, Figura B.



6.2 Camadas de Revestimento Duro

Se uma peça está bastante gasta, um método possível é reconstruí-la até adquirir novamente sua antiga forma antes de fazer o revestimento duro, usando o mesmo tipo de liga que a do material de base. Outro método seria o de alternar depósitos duros e dúcteis, como mostra a figura abaixo.



Consumíveis para revestimento duro	
Tipo de Liga	SMAW
Baixo Carbono / Baixa Liga	OK 83.28
	OK 83.29

Ligas para revestimento duro têm boa resistência ao desgaste por impacto mas, naturalmente, resistência moderada ao desgaste abrasivo.

Dependendo do material de base, outros tipos podem ser recomendados.

Aplicações típicas são:

- martelos
- moinhos
- dentes de escavadeiras
- ferramentas para corte a frio

7.0 SOLDAGEM DE FERRO FUNDIDO

7.1 Geral

Ferros fundidos incluem ligas de ferro com um teor de Carbono de 2-5%, um teor de Silício de 1-3% e até 1% de Manganês.

Ferro fundido apresenta baixa ductilidade, baixa dureza e baixa resistência e é geralmente um material muito frágil. Para melhorar estas propriedades, o ferro fundido é muito freqüentemente ligado ou tratado termicamente.

Os tipos de ferro fundido os quais são mais utilizados hoje em dia são:

- ferro fundido cinzento
- ferro fundido nodular
- ferro fundido maleável
- ferro fundido branco
- ferro fundido grafita compacta
- ferro fundido ligado

O alto teor de carbono afeta consideravelmente a soldabilidade. A soldabilidade dos ferros fundidos varia de acordo com suas propriedades. Alguns tipos são soldados apenas eventualmente, outros não são soldáveis. Todos os graus de ferro fundido listados abaixo podem ser soldados com sucesso, com exceção do ferro fundido branco por causa da sua extrema fragilidade.

Consumíveis para ferro fundido	
Tipo	SMAW
Níquel Puro	OK 92.18
Níquel-Ferro	OK 92.58

Tipo Níquel Puro (OK 92.18)

Geralmente, o ferro fundido é soldado com eletrodos de níquel puro. O Níquel tem a capacidade de absorver mais Carbono sem que suas propriedades sejam alteradas. Os coeficientes de dilatação do Níquel e do ferro fundido são similares. O Níquel é mais dúctil que outros materiais de adição para soldagem de ferro fundido e é de fácil usinagem. Ele é usado para preencher cavidades e reparos em geral, onde é requerida uma dureza de aproximadamente 150 HB. Não é recomendado para ferros fundidos com um alto teor de enxofre e fósforo.

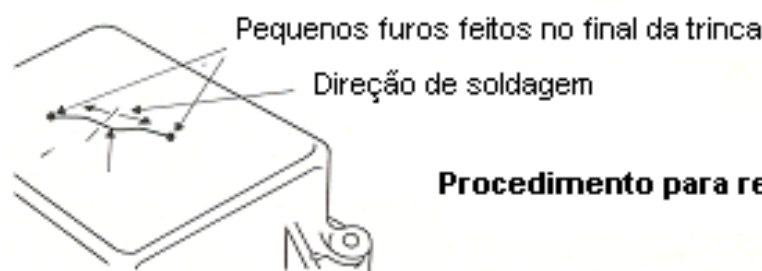
Tipo Níquel-Ferro (OK 92.58)

Para obter uma resistência ainda maior, eletrodos de níquel-ferro podem ser utilizados para unir ferros fundidos entre si e ferro fundido com aço. Devido ao teor de ferro do metal de adição, há um pequeno aumento na dureza do metal de solda, comparado com um metal de adição de níquel puro. O metal de solda é usinável.

O tipo níquel-ferro é mais tolerante à diluição com enxofre e fósforo do que o tipo níquel puro.

7.2 Preparação da Junta para Soldagem de Ferro Fundido

- os ângulos da junta devem ser maiores do que os para aço carbono
- todas as bordas com cantos vivos devem ser arredondadas
- geralmente, chanfros em U são os mais indicados
- o processo de remoção da trinca deve abranger também, um adoçamento da região vizinha à trinca, para permitir o acesso do consumível na região do reparo
- para o reparo de trincas, faça um pequeno furo em cada extremidade da trinca, para evitar a propagação da mesma. Veja a figura abaixo.



Procedimento para reparo de uma trinca

Uma vez que o ferro fundido tem uma estrutura metalúrgica porosa, ele absorve óleo e líquido, os quais afetam a soldabilidade e devem dessa forma ser removidos antes da soldagem. Para eliminar esses líquidos, é requerido um pré-aquecimento. No entanto, na maioria dos casos, isto é impossível, devido à forma e tamanho do objeto ou por causa da urgência de um reparo.

Uma maneira de contornar esse problema é utilizar o eletrodo para goivagem OK 21.03. Ele é excelente para a preparação de reparos em ferro fundido pois seca e queima as impurezas / grafite na superfície e reduz assim o risco de trincas e porosidade na soldagem. Se for utilizado um esmerilhamento

normal, a grafita e as impurezas no ferro fundido serão espalhados ao longo do chanfro e poderão causar problemas durante a soldagem.

Em algumas soldas, é melhor utilizar a técnica do amanteigamento. Isto significa que uma ou ambas superfícies a serem soldadas são revestidas antes da união. Figuras 1 e 2.

A técnica é utilizada para se evitar a formação de fases frágeis. As tensões de contração provenientes do resfriamento do metal de adição em cordões subseqüentes terão mais efeito na camada dúctil de amanteigamento do que na frágil ZTA do material de base.



Figura 1

Técnica de Amanteigamento



Figura 2

Camadas múltiplas com a técnica de amanteigamento

7.3 Soldagem a Frio do Ferro Fundido

A maioria dos reparos em ferros fundidos é feita utilizando-se eletrodos revestidos e, hoje em dia, a técnica de soldagem a frio é a mais utilizada, com o seguinte procedimento:

- solde com pequenos cordões filetados (20-30 mm) dependendo da espessura
- utilize eletrodos de pequenos diâmetros e solde com corrente baixa
- a temperatura entre-passes deve ser de, no máximo, 100°C
- martele a superfície soldada com uma ferramenta de ponta arredondada imediatamente após a soldagem.

8.0 SOLDAGEM DE AÇOS DE DIFÍCIL SOLDABILIDADE

Existem muitos aços no campo de reparos e manutenção os quais podem ser considerados como de difícil soldabilidade devido à sua alta temperabilidade.

Estes aços incluem:

- aços de alto carbono
- aços de alta resistência
- aços ferramenta
- aços mola
- aços tratados termicamente
- aços resistentes à abrasão

- aços de composição desconhecida

Aços de composição desconhecida devem ser tratados como tendo soldabilidade limitada para que se evite falhas na soldagem.

A princípio, todos esses aços podem ser soldados com consumíveis ferríticos compatíveis com a ajuda do pré-aquecimento e tratamento térmico pós-soldagem para evitar a geração de trincas por hidrogênio na ZTA.

No entanto, no caso da soldas de reparo, freqüentemente não é possível pré-aquecer ou fazer um tratamento térmico pós-soldagem.

Então, neste caso, um dos melhores métodos é a soldagem com consumíveis de aços inoxidáveis austeníticos ou de ligas à base de níquel. O risco de formação de trincas é reduzido devido a uma solubilidade mais alta do hidrogênio e a uma maior ductilidade do metal de adição.

Os tipos mais comuns são:	
Tipo	SMAW
29Cr 9Ni	OK 68.81
18Cr 9Ni 6Mn	OK 67.42, OK 67.45

OK 68.81

Tem uma grande capacidade de diluição e é indicado quando é necessária uma alta resistência. O nível de ferrita em metais de adição não diluídos é de, na maioria das vezes, > 40%, o que pode promover uma fragilização quando utilizado em aplicações a elevadas temperaturas.

Este tipo é a melhor opção quando o material a ser soldado possui uma composição desconhecida.

OK 67.42 / OK 67.45

Depositam um metal de adição totalmente austenítico de comparativamente menor resistência mas com uma resistência muito boa às trincas geradas na solidificação. Este metal de adição relativamente macio reduz as tensões na martensita que eventualmente possa estar presente e, dessa forma, reduz o risco de aparecimento de trincas por hidrogênio. Esse tipo de metal de adição pode então ser uma melhor escolha quando uma resistência mais baixa for aceitável.

9.0 SOLDAGEM DE AÇOS DISSIMILARES

9.1 União de aços inoxidáveis com aços não ligados ou aços baixa liga

Unir aços inoxidáveis a aços C/Mn ou baixa liga é, sem dúvida, o exemplo mais comum e mais importante de soldagem de aços dissimilares. Em particular, a união de aços não ligados ou baixa liga com aços inoxidáveis austeníticos (freqüentemente referida como juntas de materiais dissimilares) é uma aplicação comum para ligações ou transições.

A soldagem do aço inoxidável ao aço não ligado e baixa liga deve normalmente ser feita com consumíveis de alta liga, por exemplo mais ligados do que o material de base.

Dois métodos diferentes podem ser utilizados. Toda a junta pode ser soldada com o aço inoxidável de alta liga ou um consumível à base de Ni. Alternativamente, a superfície do chanfro do baixa liga ou não ligado pode ser amanteigada com metal de adição de aço inoxidável de alta liga, após o qual o chanfro é preenchido com um consumível compatível com o material de base inoxidável.

A soldagem pode ser feita geralmente sem pré-aquecimento. No entanto, siga as recomendações às quais se aplicam aos aços específicos a serem utilizados.

Para consumíveis para a soldagem de materiais dissimilares, veja a tabela 2.

Os tipos mais comuns são:	
Tipo	SMAW
29Cr 9Ni	OK 68.81
18Cr 9Ni 6Mn	OK 67.42, OK 67.45

OK 68.81

Tem grande capacidade de diluição e é indicado quando é necessária uma alta resistência. O nível de ferrita no metal de adição não diluído é de geralmente > 40%, o qual pode levar a uma fragilização quando utilizado em aplicações a elevadas temperaturas.

Este consumível é a melhor escolha quando o material a ser soldado possui uma composição química desconhecida.

OK 67.42 / OK 67.45

Depositam um metal de adição totalmente austenítico de comparativamente menor resistência mas com uma resistência muito boa a trincas geradas na solidificação. Este metal de adição relativamente macio reduz a tensão em qualquer martensita a qual pode estar presente e dessa forma reduz o risco de aparecimento de trincas por hidrogênio. Esse tipo de metal de adição pode então ser uma melhor escolha quando uma resistência mais baixa for aceitável.

10.0 SOLDAGEM DE AÇOS AO MANGANÊS

O aço ao manganês, algumas vezes chamado de aço austenítico ao manganês, aço 14% manganês ou aço Hadfield, contém tipicamente 11-14% de manganês e 1-1,4% de carbono. Certos graus podem conter também outros elementos de liga em menor proporção. Esse aço tem uma capacidade excepcional para endurecer durante o trabalho a frio, por exemplo, alto impacto e/ou alta pressão na superfície. Isto faz desse aço o ideal para condições severas nas indústrias de trituração e mineração, nas partes de grande desgaste dos martelos trituradores e dentes de escavadeiras, por exemplo.

Aços ao manganês duram bastante tempo, mas eventualmente ficam gastos. A restauração normalmente é na forma de reparos de trincas ou de fraturas, recuperando o metal gasto e depositando camadas de revestimento duro para aumentar a vida útil da peça.

A soldabilidade do aço ao manganês é restrita à sua tendência a se tornar frágil sob reaquecimento e resfriamento lento. Uma regra a ser observada é que a temperatura entre-passes não deve ultrapassar 200°C. Por essa razão, é essencial um controle cuidadoso do aquecimento durante a soldagem. Estes aços devem então ser soldados:

- com o menor aporte de calor (*heat input*) possível, utilizando-se baixa corrente de soldagem
- com cordões filetados ao invés de cordões trançados
- quando praticável, trabalhar com vários componentes ao mesmo tempo
- componente pode ser resfriado em água

A soldagem do aço ao manganês pode envolver:

- união do aço ao manganês com aços não ligados ou de baixa liga
- união do aço ao manganês com aço ao manganês
- recuperação de superfícies gastas
- revestimento duro para garantir dureza inicial da superfície

10.1 União

Para unir aços ao manganês entre si e aços ao manganês com outros aços, devem ser utilizados consumíveis inoxidáveis austeníticos para se produzir uma junta bastante resistente.

Consumíveis para união	
Tipo de liga	SMAW
18/8/6	OK 67.42
	OK 67.45
29/9	OK 68.81

Para maiores informações sobre os produtos, ver tabela 2.

10.2 Revestimento

Após o revestimento de peças muito desgastadas, é aconselhável fazer o amanteigamento com o consumível austenítico OK 67.45. O revestimento é então realizado com o eletrodo revestido do tipo 13% Mn OK 86.08, que corresponde aos aços austeníticos ao manganês mais comumente encontrados. Para maiores detalhes sobre os produtos, veja a tabela 3.

10.3 Alta dureza inicial

Para aumentar a dureza inicial do metal de adição ao manganês e para melhorar a resistência inicial à abrasão, pode ser utilizado o revestimento duro com consumíveis à base de ligas de cromo. Isto pode ser feito também em partes novas para propósito de prevenção.

Consumíveis para aumentar a dureza inicial	
HRC	SMAW
55-60	OK 84.58
Em condições de abrasão intensa, consumíveis com depósito do tipo ferro com alto cromo ou carbonetos complexos podem ser utilizados em uma seqüência intercalada ou na forma xadrez	
HRC	SMAW
60-63	OK 84.78
~62*	OK 84.84
* 1 camada	

Para maiores detalhes sobre os produtos consulte a tabela 5.

11.0 SOLDAGEM DE AÇOS FERRAMENTA E AÇOS PARA APLICAÇÕES A ALTA TEMPERATURA

Em comparação com aços estruturais, aços ferramenta têm um teor de carbono muito mais alto. Eles são freqüentemente ligados com cromo, níquel e molibdênio e são tratados termicamente para obter propriedades específicas, tais como dureza, tenacidade e estabilidade dimensional.

A soldagem de reparo de aços ferramenta sem mudar suas propriedades inerentes pode ser bastante difícil. Para isto, são necessários um tratamento térmico a altas temperaturas e a utilização de consumíveis que produzam um metal de adição com composição química e propriedades compatíveis. Em termos práticos, isto é muito complicado por causa dos problemas de formação de carepa a altas temperaturas e mudança dimensional, além de requerer um longo tempo.

11.1 Soldagem simplificada

A soldagem de reparo de ferramentas pode ser realizada pré-aquecendo-se a 200-500°C (dependendo do tipo de aço) e soldando a essa temperatura, seguida por uma equalização de tensões. Este procedimento não vai resultar em estrutura e dureza completamente regulares ao longo da solda, mas pode ser adequado para economizar o gasto de se fazer uma nova ferramenta.

As temperaturas de pré-aquecimento e pós-aquecimento a serem utilizadas podem ser encontradas em diferentes padrões, por exemplo SAE/AISI, ou estão disponíveis através dos fabricantes dos aços ferramenta.

11.2 Eletrodos para aços ferramenta

Estes eletrodos são desenvolvidos para a fabricação de ferramentas compostas e para soldas de reparo.

Principais tipos	
OK 84.52	Martensítico 13 Cr
OK 85.58	Martensítico+ carbonetos refinados
OK 85.65	Aços rápidos

Um aspecto importante do metal de adição para aço ferramenta é sua dureza a elevadas temperaturas, já que ferramentas são freqüentemente usadas em altas temperaturas ou o calor é gerado durante o corte ou operação de formação. A dureza do metal de adição baixa liga cai rapidamente a altas temperaturas acima de 400°C, enquanto que aços rápidos podem manter sua dureza a temperaturas de até 600°C.

Ligas à base de cobalto são utilizadas antes de tudo para resistir à abrasão a elevadas temperaturas, onde uma dureza à alta temperatura é necessária juntamente com boa resistência à oxidação, corrosão e à formação de carepa a altas temperaturas. Exemplos típicos são sedes de válvulas, guias de extrusão, válvulas de motores e daí em diante.

Ligas à base de cobalto podem ser aplicadas a materiais principais tais como carbono, baixa liga e aços fundidos ou aços inoxidáveis.

Freqüentemente, é necessário um pré-aquecimento para se obter um depósito livre de trincas quando se soldam mais de duas camadas.

Para temperaturas abaixo de 600°C, o eletrodo para aços rápidos OK 85.65 poderá trazer excelente resistência à abrasão e boa tenacidade.

11.3 Preparação, orientação prática

Para assegurar temperaturas corretas e regulares, o pré-aquecimento deve ser realizado em um forno. No entanto, ele pode também ser feito com uma tocha acetilênica. É essencial que a temperatura seja aumentada vagarosamente, especialmente em ferramentas com um design complicado. É importante também reduzir o aporte de calor (*heat input*) a um mínimo quando estiver soldando e usar uma seqüência de soldagem intercalada.

As juntas podem ser preparadas com uma lixadeira. Deve-se evitar a formação de faces pontiagudas e é necessário o arredondamento dos cantos vivos com um raio suficientemente suave.

Para os tipos de aços ferramenta de difícil soldabilidade, recomendamos a aplicação de um ou dois passes de uma camada de amateigamento, utilizando-se o OK 67.45 ou OK 68.81, por exemplo.

Outras peças críticas e aços ferramenta de baixa liga podem ser recuperadas depositando-se o OK 83.28 antes do revestimento duro.

Todas as faces cortantes ou de trabalho da ferramenta, assim como as superfícies, requerem pelo menos dois passes de solda com o eletrodo de aço ferramenta.

Conseqüentemente, um depósito de espessura suficiente deve ser feito para permitir uma usinagem posterior e uma redução ao tamanho correto.

A têmpera é realizada a aproximadamente à mesma temperatura do pré-aquecimento. No entanto, nem a têmpera nem o pré-aquecimento devem ultrapassar a temperatura de recozimento.

Seleção de eletrodos para diferentes ferramentas		
Tipo de ferramenta	Propriedades desejadas	Consumível
Matrizes para trabalho a frio Ferramentas de trabalho a frio	Alta tenacidade Resistência ao impacto Resistência à abrasão	OK 84.52
Matrizes para plástico Matrizes para conformação a quente Prensas quentes Matrizes para extrusão	Alta resistência em altas temperaturas Resistência à abrasão e impacto em elevadas temperaturas	OK 85.58
Matrizes para corte a quente Matrizes para perfuração a quente Lâminas de corte quente Ferramentas de plaina Facas de corte	Manutenção do corte na face de corte a altas temperaturas Alta tenacidade	OK 85.65

Para maiores detalhes sobre os produtos veja a tabela 4.

Guia para classificação dos consumíveis para revestimento duro

De acordo com a norma DIN 8555 T1 (1983)

DIN 8555 **E** **8** **UM** **200** **KP**

Processo de soldagem	
G	Soldagem oxí-acetilênica
E	Soldagem manual ao arco elétrico com eletrodo revestido
MF	Soldagem ao arco elétrico utilizando-se arames tubulares
TIG	Soldagem ao arco elétrico com eletrodo não consumível de tungstênio
MSG	Soldagem ao arco elétrico com proteção gasosa
UP	Soldagem ao arco submerso

Método de produção	
GW	laminado
GO	fundido
GZ	extrudado
GS	sinterizado
GF	tubular
UM	revestido

Nível de Dureza	Faixa de Dureza
150	125 ≤ HB ≤ 175
200	175 ≤ HB ≤ 225
250	225 ≤ HB ≤ 275
300	275 ≤ HB ≤ 325
350	325 ≤ HB ≤ 375
400	375 ≤ HB ≤ 450
40	37 ≤ HRC ≤ 42
45	42 ≤ HRC ≤ 47
50	47 ≤ HRC ≤ 52
55	52 ≤ HRC ≤ 57
60	57 ≤ HRC ≤ 62
65	62 ≤ HRC ≤ 67
70	HRC > 67

Grupo da Liga	Tipo de metal de adição
1	Não-Ligado até 0,4% C ou baixa liga até 0,4% C e até um máximo de 5% dos elementos de liga Cr, Mn, Mo, Ni no total.
2	Não-ligados com até ou mais de 0,4%C ou baixa liga com mais de 0,4%C e até um máximo de 5% dos elementos de liga Cr, Mn, Mo, Ni no total.
3	Ligado, com as propriedades dos aços de trabalho à quente.
4	Ligado, com as propriedades dos aços rápidos.
5	Ligados com mais de 5%Cr, com um baixo teor de C (até mais ou menos 0,2%)
6	Ligado com mais de 5%Cr, com um teor maior de C (mais ou menos 0,2% a 2,0%)
7	Austeníticos Mn com 11 a 18% Mn, mais de 0,5%C e até 3%Ni.
8	Austeníticos Cr-Ni-Mn
9	Aços Cr-Ni (resistentes à ferrugem, ácidos e calor)
10	Com um alto teor de C e alto teor de Cr e sem agentes adicionais formadores de carbonetos.
20	À base de Co, Ligado a Cr-W, com ou sem Ni e Mo
21	À base de carbonetos (sinterizado, fundido ou tubular)
22	À base de Ni, ligado ao Cr, ligado ao Cr-B
23	À base de Ni, ligado ao Mo, com ou sem Cr
30	À base de Cu, ligado ao Sn
31	À base de Cu, ligado ao Al
32	À base de Cu, ligado ao Ni

Propriedades do metal de adição

C = resistente à corrosão
 G = resistente ao desgaste abrasivo
 K = capaz de endurecer em trabalho
 N = não magnetizável
 P = resistente ao impacto
 R = resistente à formação de carepa
 S = habilidade de corte (aços rápidos, etc)
 T = tão resistente a altas temperaturas quanto os aços ferramenta para trabalho a quente
 Z = resistente ao calor (não formadores de carepa), por exemplo, para temperaturas acima de 600°C

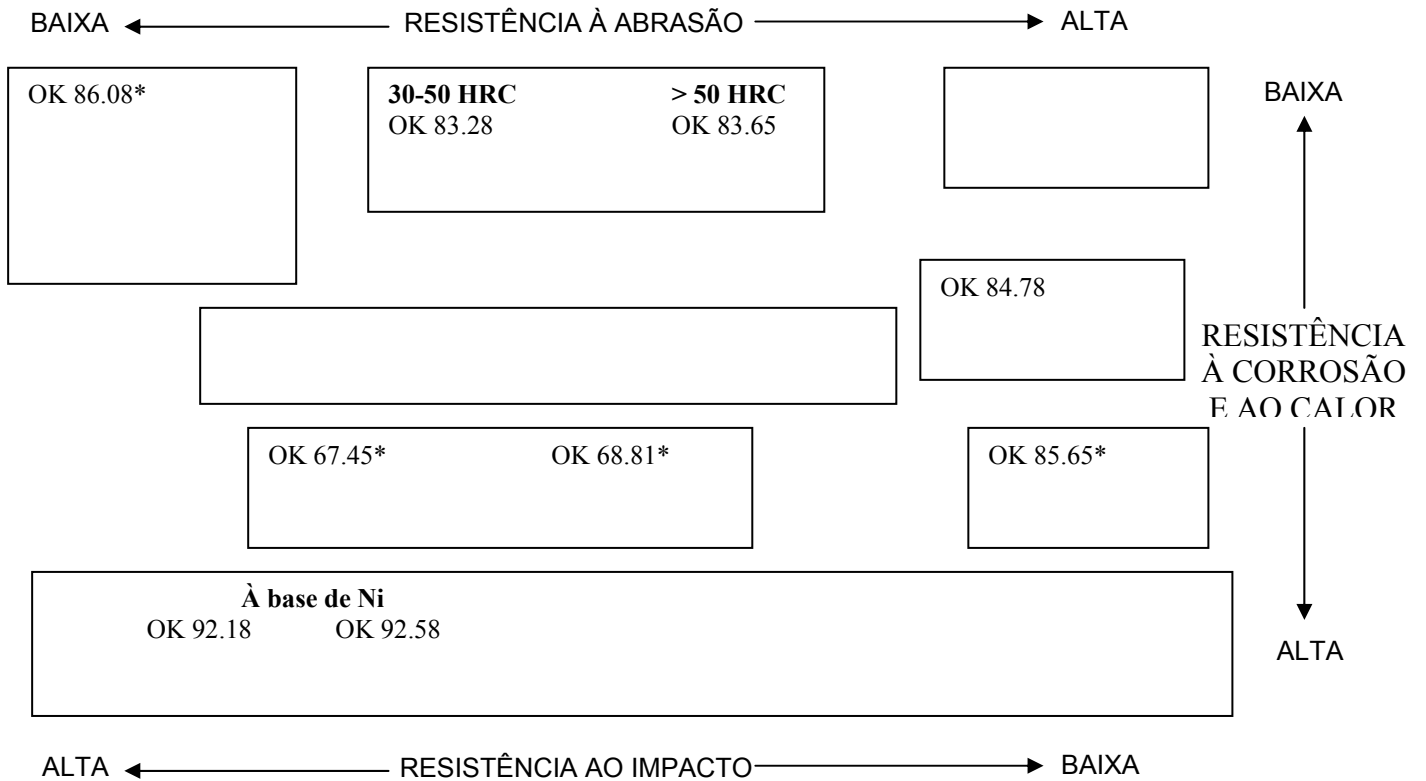
Produtos ESAB para Revestimentos Duros

Os materiais estão divididos em grupos de acordo com suas características e sua aplicação para cada tipo específico de desgaste.

Tipo de Desgaste	Tipo de Liga	Produto	DIN 8555
Metal com metal	Baixa liga, baixo carbono, liga de enchimento	OK 83.28	E1-UM-300
Corrosão metal com metal	13% Cromo	OK 84.56	E6-UM-55-R
	Martensítico	OK 84.60	E6-UM-55-R
Impacto	14% Manganês	OK 86.08	E7-UM-200-KP
Abrasão + Pressão	Carbonetos complexos		
Abrasão por partículas finas	Carbonetos de cromo	OK 84.78	E10-UM-60GZ
Abrasão + Impacto	Baixa liga, alto carbono, martensítico		
	10% Cromo alto carbono martensítico		
Calor, oxidação, corrosão	Aço Ferramenta	OK 85.65	E4-UM-60-ST
	Ligas de cobalto		

*= disponível como um produto para soldagem a arco submerso

Guia Rápido para a seleção de consumíveis



* = Resistência à abrasão aumentada quando trabalhado a frio.

TABELA 1. CONSUMÍVEIS PARA FERRO FUNDIDO

Produto SMAW	Classificação	Aplicações	Composição química típica do metal depositado %	Propriedades típicas do metal depositado	Ø mm
OK 92.18 Básico CC+, CC- CA ≥ 40V	AWS A5.15 E Ni-CI DIN 8573 E Ni-BG11	Alma de níquel puro; soldagem de ferro fundido a frio ou com moderado pré-aquecimento; quando o metal depositado necessita de usinagem posterior; também usado para enchimento de falhas de fundição e união de ferro fundido ao aço. Para reparos de partes de ferro fundido tais como trincas em blocos de motores, caixas de marchas, estruturas, etc.	C 0,32 Si 0,20 Mn 0,20 Ni 98,0	Dureza a w 130 – 170 HB L.R. = 380 Mpa A 6% Ch V (+20°C) 30 J Usinabilidade Boa	2,5 3,25 4,0
OK 92.58 Básico CC+, CA ≥ 50V	AWS A5.15 E NiFe-CI DIN 8573 ENiFe-1-BG11	Alma de níquel-ferro, soldagem de ferro fundido cinzento, maleável e nodular, a frio ou com moderado pré-aquecimento, quando o metal depositado necessita usinagem posterior; também usado para enchimento de falhas de fundição; o depósito apresenta a mesma coloração da peça fundida. Reparos de corpos de bombas, partes de máquinas pesadas, dentes de engrenagem, flanges e polias.	C 1,14 Si 0,85 Mn 0,80 Ni 60,0	Dureza a w 160-200 HB L.R. = 450 Mpa A 12% Usinabilidade Boa	2,5 3,25 4,0

TABELA 2. CONSUMÍVEIS PARA CAMADAS DE AMANTEIGAMENTO, AÇOS DE DIFÍCIL SOLDABILIDADE E METAIS DISSIMILARES

Produto SMAW	Classificação	Aplicações	Tipo/Propriedades	Ø mm
OK 67.45 Básico CC+	DIN 8555 E 8-200-CKZ AWS 5.4 (E307-15)	Deposita aço inox, tipo 19/9 Mn; soldagem de aços de soldabilidade limitada, por exemplo aços ao manganês Hadfield, aços ligados sujeitos a tratamento térmico também na produção e manutenção de equipamentos de terraplenagem e mineração, no revestimento de ferramentas para trabalho a quente, válvulas e peças em carbono resistentes ao desgaste; indicado para restauração de turbinas sujeitas à cavitação. Ideal para camadas de amanteigamento antes do revestimento duro. Extremamente tenaz e capaz de absorver tensões.	C = 0,07 Mn = 6,95 Cr = 18,10 Ni = 9,45 a w 200 HB w h 400 HB L.R. = 620 Mpa A = 40%	3,25 4,0 5,0
OK 68.81 Rútilico CC+, CA	DIN 8555 E 9-200-CTZ AWS E 312-17	Eletrodo de alta resistência que deposita aço inox, tipo 29/9; especialmente indicado na soldagem de aços de composição desconhecida, de escassa soldabilidade ou dissimilares; empregado também em aços inoxidáveis, aços ao manganês, aços para molas, aços de alto carbono, aços ferramenta, etc; ideal para camada de amanteigamento antes do revestimento duro.	C = 0,07 Si = 0,70 Mn = 1,40 Cr = 29,30 Ni = 9,45 a w 230 HB w h 450 HB L.R. 790 Mpa A = 25%	2,5 3,25 4,0

TABELA 3. PRODUTOS SMAW, AÇOS AO MANGANÊS – aplicações contra desgaste por impacto

Produto	Classificação	Aplicações	Composição química típica do metal depositado %	Propriedades típicas do metal depositado	Ø mm
SMAW					
OK 86.08 Básico CC+, CA ≥ 70V	DIN 8555 E 7-200-K	Revestimento em aço ao manganês ou partes de aços ao carbono que requerem resistência ao desgaste quando trabalhando a frio, como por ex.: dentes de carregadeiras e escavadeiras, mandíbulas de britadores para minério e pedra, martelos de moinho, etc. Revestimento e enchimento de partes de aço ao manganês expostas a um alto impacto ou batidas como pinças, martelos e cones. Temperatura entre-passes <200°C.	C = 0,80 Si = 0,10 Mn = 13,00 Mo = 1,10	Dureza a w 180-200 HB w h 44-48 HRC Usabilidade Lixamento Resistência ao Impacto Excelente	4,0 5,0
OK 86.18 Básico CC+, CA ≥ 70V	DIN 8555 E 8-200-K	Revestimento em aço ao manganês ou partes de aços ao carbono requerendo resistência ao desgaste em trabalho a frio, como por ex.: dentes de escavadeiras, cones e placas de britadores, trilhos, sapatas de freio, desembobinadeiras, também usado para soldagem de aço ao manganês entre si ou com aço ao carbono.	C = 0,60 Si = 0,40 Mn = 12,00 Ni = 3,80	Endurecível por trabalho a frio. Dureza após trabalho a frio ≈ 45 HRC	4,0 5,0

TABELA 4. CONSUMÍVEIS PARA AÇOS FERRAMENTA E AÇOS PARA APLICAÇÕES À ALTA TEMPERATURA

Produto	Classificação	Aplicações	Composição química típica do metal depositado %	Propriedades típicas do metal depositado	Ø mm
SMAW					
OK 85.65 Básico CC+, CA ≥ 70V	E 4-60-S	Revestimento em ferramentas para trabalhos a frio; corte, plaina e fresa; ferramentas similares para usinagem, estampagem e perfuração; recuperação de ferramentas de aço rápido.	C = 0,90 Si = 1,60 Mn = 1,60 Cr = 4,50 Mo = 7,10 V = 1,40 W = 1,80	Dureza a w 56-62 HRC Usabilidade Apenas lixamento Resistência à abrasão Muito boa Resistência ao desgaste a alta temperatura Muito boa	

TABELA 5. PRODUTOS SMAW, REVESTIMENTO DURO E ENCHIMENTO					
Produto	Classificação	Aplicações	Composição química típica do metal depositado %	Propriedades típicas do metal depositado	Ø mm
OK 83.28 Básico CC+, CA ≥ 70V	DIN 8555 E 1-300	Recuperação de material ferroviário: sapatas de freio, trilhos, agulhas e cruzamentos, piso e friso de rodas; material rodante de máquinas; roletes, rodas de guia, pinos, elos; peças gastas em aço de baixa liga ou aços fundidos; eixos, cilindros, ferramentas de forja, grandes engrenagens, etc.	C = 0,14 Si = 0,25 Mn = 0,60 Cr = 3,60	Dureza a w ≈ 30 HRC Usinagem Boa Resistência ao Impacto Muito boa Resistência ao desgaste metal com metal Muito boa	3,25 4,0 5,0 6,0
OK 83.65 Básico CC+, CA ≥ 70V	E 2-60-G	Revestimento tipo xadrez em caçambas de pá carregadeira e dentes de escavadeiras, recuperação de peças várias para britadores e moinhos, viradores de vagões, rodas de ventiladores, braços e pás de misturadores, sem-fim de alimentadores, chapas de desgaste, etc.	C = 0,70 Si = 3,70 Mn = 0,40 Cr = 2,65	Dureza a w 58-63 HRC Usinabilidade Apenas lixamento Resistência à abrasão Muito boa	3,25 4,0 5,0 6,0
OK 84.56 Básico CC+, CA ≥ 70V OK 84.60 Rutilíco CC+, CC-, CA ≥ 50V	E 6-55-R	Recuperação de peças de máquinas em geral: eixos, engrenagens de baixa liga, sede de válvulas em aço fundido, braços e pás de misturadores, sem-fim de alimentadores, facas, caçambas de pá carregadeira, rodas motrizes, pinos e elos, etc. Revestimento de peças sujeitas a desgaste abrasivo severo por solo, pedra, minérios e carvão; aplicável em máquinas/equipamentos agrícolas e de terraplenagem; este produto pode ser usado facilmente em qualquer máquina de solda, inclusive pequenos transformadores com baixa tensão em vazio.	C = 0,30 Si = 0,20 Mn = 0,40 Cr = 15,00 C = 0,55 Si = 0,80 Mn = 0,60 Cr = 9,00	Dureza a w 50 – 56 HRC Usinabilidade Apenas lixamento Desgaste metal com metal Bom Resistência ao desgaste a altas temperaturas Muito boa Resistência à corrosão Muito boa	2,5 3,25 4,0 5,0 2,5 3,25 4,0
OK 84.78 Rutilíco Alto Rendimento CC+, CA ≥ 60V	E 10-60-GZ	Revestimento rico em carburetos de cromo altamente resistente ao desgaste abrasivo de metais e minérios, especialmente desenvolvido para revestimento de partes móveis na indústria de mineração; aplicável em transportadores helicoidais, facas trituradoras, partes de escavadoras, britadores e moinhos, misturadores, perfuratrizes, etc.	C = 4,00 Si = 2,40 Mn = 0,40 Cr = 25,00	Dureza a w 59 – 63 HRC Usinabilidade Apenas lixamento Resistência à abrasão Excelente Resistência ao desgaste a altas temperaturas Boa Resistência à corrosão Excelente	3,25 4,4 5,0

TABELA 5. CONTINUAÇÃO. PRODUTOS SAW, REVESTIMENTO DURO E ENCHIMENTO

Produto	Aplicações	Composição química típica do metal depositado %	Propriedades típicas do metal depositado	Ø mm
OK Tubrodur 35 + OK Flux 10.61B	Arame tubular tipo "metal cored" que deposita um revestimento duro para reconstrução e proteção anti-desgaste em peças submetidas à pressão e abrasão. A combinação OK Tubrodur 35 + OK Flux 10.61B é designada para recuperação de peças rodantes e tratores de esteiras como elos, rolos e rodas guias. Pode também ser usado para reconstrução e enchimento de pás, pistas de rolamento como rolos e cilindros pelo processo de soldagem a arco submerso. O depósito é usinável.	C = 0,10 Si = 0,80 Mn = 2,00 Cr = 2,50 Ni = 0,20 Mo = 0,60	Dureza Típica: 2 camadas: 27-32 HRc a.w. 3 ou mais camadas: 32 - 37 HRC a.w.	2,40 3,20
OK Tubrodur 40 + OK Flux 10.61B	Arame tubular tipo "metal cored" que deposita um revestimento duro para reconstrução, proteção anti-desgaste em peças submetidas à pressão, abrasão e ao desgaste por fricção metal – metal. A combinação OK Tubrodur 40 + OK Flux 10.61B é designada para recuperação de esteiras de tratores, rolos de mineração e recuperação de peças e partes de maquinários de construção.	C = 0,12 Si = 0,40 Mn = 2,90 Cr = 3,00 Mo = 0,80	Dureza Típica: 3 ou mais camadas: 42 HRc a.w.	2,40 3,20

TABELA 6. TEMPERATURAS RECOMENDADAS DE PRÉ-AQUECIMENTO

Metal de Adição	Material de Base	Espessura da peça mm	Aço	Baixa Liga	Aço Ferramenta	Aço ao Cromo	Aço ao Cromo	Aço inoxidável	Aço ao Manganês
			$C_{eq} < 0,3$ < 180 HB °C	$C_{eq} 0,3-0,6$ 200-300 HB °C	$C_{eq} 0,6-0,8$ 300-400 HB °C	5-12% Cr 300-500 HB °C	>12% Cr 200-300 HB °C	18/8 Cr/Ni ~200 HB °C	14% Mn 250-500 HB °C
Baixa Liga 200-300 HB		≤ 20	-	100	150	150	100	-	-
		> 20 ≤ 60	-	150	200	250	200	-	-
		> 60	100	180	250	300	200	-	-
Aço Ferramenta 300-450 HB		≤ 20	-	100	180	200	100	-	-
		> 20 ≤ 60	-	125	250	250	200	-	O
		> 60	125	180	300	350	250	-	O
Aço com 12 % Cr 300-500 HB		≤ 20	-	150	200	200	150	-	X
		> 20 ≤ 60	100	200	275	300	200	150	X
		> 60	200	250	350	375	250	200	X
Aço Inoxidável 18/8 25/12 200 HB		≤ 20	-	-	-	-	-	-	-
		> 20 ≤ 60	-	100	125	150	200	-	-
		> 60	-	150	200	250	200	100	-
Aço ao Manganês 200 HB		≤ 20	-	-	-	X	X	-	-
		> 20 ≤ 60	-	-	•100	X	X	-	-
		> 60	-	-	•100	X	X	-	-
Aço ao Cobalto Tipo 6 40 HRC		≤ 20	100	200	250	200	200	100	X
		> 20 ≤ 60	300	400	•450	400	350	400	X
		> 60	400	400	•500	•500	400	400	X
Aço endurecível por precipitação(1) 55 HRC		≤ 20	-	O-	O-	O-	O-	O-	O-
		> 20 ≤ 60	-	100	200	•200	•200	O-	O-
		> 60	O-	200	250	•200	•200	O-	O-

(1) No máximo duas camadas de metal de adição.

Trincas de alívio de tensões são normais.

- Nenhum pré-aquecimento ou pré-aquecimento <100°C

x Usado muito raramente ou não usado.

O Pré-aquecimento quando são revestidas grandes superfícies

• Para evitar trincas, aplique uma camada de amantecimento de metal de solda de aço inoxidável de grande tenacidade.

TABELA 7. COMPARATIVO DE ESCALAS DE DUREZA

Vickers HV	Brinell HB	Rockwell HRB HRC	Vickers HV	Brinell HB	Rockwell HRB HRC
80	76,0		360	342	36,6
85	80,7	41,0	370	352	37,7
90	85,5	48,0	380	361	38,8
95	90,2	52,0	390	371	39,9
100	95,0	56,2	400	380	40,8
105	99,8		410	390	41,8
110	105	62,3	420	399	42,7
115	109		430	409	43,6
120	114	66,7	440	418	44,5
125	119		450	428	45,3
130	124	71,2	460	437	46,1
135	128		470	447	46,9
140	133	75,0	480	(456)	47,7
145	138		490	(466)	48,4
150	143	78,7	500	(475)	49,1
155	147		510	(485)	49,8
160	152	81,7	520	(494)	50,5
165	156		530	(504)	51,1
170	162	85,0	540	(513)	51,7
175	166		550	(523)	52,3
180	171	87,1	560	(532)	53,0
185	176		570	(542)	53,6
190	181	89,5	580	(551)	54,1
195	185		590	(561)	54,7
200	190	91,5	600	(570)	55,2
205	195	92,5	610	(580)	55,7
210	199	93,5	620	(589)	56,3
215	204	94,0	630	(599)	56,8
220	209	95,0	640	(608)	57,3
225	214	96,0	650	(618)	57,8
230	219	96,7	660		58,3
235	223		670		58,8
240	228	98,1	680		59,2
245	233		690		59,7
250	238	99,5	700		60,1
255	242		720		61,0
260	247	(101)	740		61,8
265	252		760		62,5
270	257	(102)	780		63,3
275	261		800		64,0
280	266	(104)	820		64,7
285	271		840		65,3
290	276	(105)	860		65,9
295	280		880		66,4
300	285		900		67,0
310	295		920		67,5
320	304	31,0	940		68,0
330	314	32,2			
340	323	33,3			
350	333	34,4			
		35,5			

A informação dada nesta tabela deve ser usada apenas como uma orientação.

TABELA 8. GUIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE METAIS

Magnético	Lixamento	Coloração da Superfície	Fagulha de Lixamento	Tipo de Metal	Comentários
Magnético	Macio	Cinza escura	Linhas amarelas longas	Aço baixo carbono* Aço fundido	--
	Duro	Cinza escura	Linhas brancas- amareladas mais estrelas	Aço alto carbono Aço baixa liga	Pré-aqueça materiais pesados a 150°C
	Macio	Cinza fosco, cor de ferro fundido	Linhas vermelhas em forma de pena	Ferro fundido	- Pode ser pré- aquecido. - O martelamento é benéfico. - Resfriamento lento
	Duro	Cinza brilhante	Linhas grosseiras vermelho-amareladas	Aço 13% Cr	Pode ser pré- aquecido
Não- magnético	Duro	Cinza fosco, cor de ferro fundido	Linhas e faíscas branco- amareladas	Aço 14% Cr	Temperatura entre-passes baixa
	Macio	Cinza-prata brilhante	Linhas grosseiras vermelho-amareladas	Aço inoxidável austenítico	Temperatura entre-passes baixa
	Macio	Amarelo-avermelhado brilhante	Nenhuma faísca visível	Ligas de Cobre	Pré-aqueça materiais com estrutura bruta até 200 – 300°C
	Macio	Brilhante, muito claro	Nenhuma faísca visível	Ligas de Alumínio	Pré-aqueça materiais com estrutura bruta até 150 – 200°C

*OBS: O ferro fundido é um material de alto carbono susceptível à formação de trincas, enquanto o aço fundido tem características similares às dos aços comuns.

12.0 BIBLIOGRAFIA

- Repair and Maintenance Welding Handbook – ESAB Publication