



Centro de Formação Profissional “Aloysio Ribeiro de Almeida”

SOLDAGEM TIG

FIEMG

CIEMG

SESI

SENAI

IEL

Sistema FIEMG



Presidente da FIEMG

Robson Braga de Andrade

Gestor do SENAI

Petrônio Machado Zica

Diretor Regional do SENAI e

Superintendente de Conhecimento e Tecnologia

Alexandre Magno Leão dos Santos

Gerente de Educação e Tecnologia

Edmar Fernando de Alcântara

Elaboração

Ademir Soares da Fonseca

Unidade Operacional

Centro de Formação Profissional “Aloysio Ribeiro de Almeida”

Varginha – MG

2004

FIEMG

CIEMG

SESI

SENAI

IEL



Sumário

Presidente da FIEMG	2
Apresentação	5
1 - Fundamentos do Processo.....	6
2 - O Processo TIG.....	7
3 - Gases de Proteção.....	9
4 - Fontes de Soldagem no Processo TIG.....	11
5 - Corrente Elétrica no Processo TIG.....	12
6 - Eletrodos Para o Processo TIG.....	14
7 - Metais de Adição.....	18
8 - Variáveis do Processo e Suas Influências.....	19
9 - Defeitos de Soldagem e Suas Possíveis Causas.....	22
10 - Técnicas de Soldagem.....	25
11 - Características do Processo.....	27
12 - Segurança.....	28
Referências Bibliográficas	29

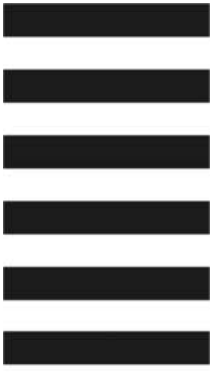
FIEMG

CIEMG

SESI

SENAI

IEL



FIEMG
CIEMG
SESI
SENAI
IEL

Sistema FIEMG

Apresentação

**“Muda a forma de trabalhar, agir, sentir, pensar na chamada sociedade do conhecimento. “
Peter Drucker**

O ingresso na sociedade da informação exige mudanças profundas em todos os perfis profissionais, especialmente naqueles diretamente envolvidos na produção, coleta, disseminação e uso da informação.

O **SENAI**, maior rede privada de educação profissional do país, sabe disso, e, consciente do seu papel formativo, educa o trabalhador sob a égide do conceito da competência:” *formar o profissional com responsabilidade no processo produtivo, com iniciativa na resolução de problemas, com conhecimentos técnicos aprofundados, flexibilidade e criatividade, empreendedorismo e consciência da necessidade de educação continuada.*”

Vivemos numa sociedade da informação. O conhecimento, na sua área tecnológica, amplia-se e se multiplica a cada dia. Uma constante atualização se faz necessária. Para o **SENAI**, cuidar do seu acervo bibliográfico, da sua infraestrutura, da conexão de suas escolas à rede mundial de informações – internet – é tão importante quanto zelar pela produção de material didático.

Isto porque, nos embates diários, instrutores e alunos, nas diversas oficinas e laboratórios do **SENAI**, fazem com que as informações, contidas nos materiais didáticos, tomem sentido e se concretizem em múltiplos conhecimentos.

O **SENAI** deseja, por meio dos diversos materiais didáticos, aguçar a sua curiosidade, responder às suas demandas de informações e construir *links* entre os diversos conhecimentos, tão importantes para sua formação continuada!

Gerência de Educação e Tecnologia

1 - Fundamentos do Processo

O processo de soldagem a arco sob proteção gasosa consiste em um aquecimento localizado da região a se unir, até que esta atinja o ponto de fusão, formando - se então a poça de metal líquido, que receberá o metal de adição também na forma fundida.

A energia necessária para fundir tanto o metal base quanto o metal de adição, é fornecida pelo arco elétrico.

No arco elétrico temos cargas elétricas fluindo entre dois eletrodos através de uma coluna de gás ionizado como mostra a figura nº 1.

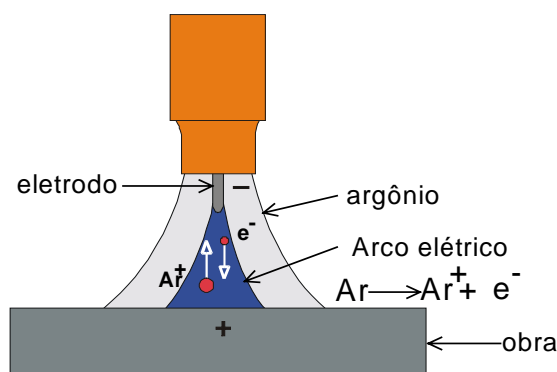


Figura nº 1: Arco elétrico utilizando o argônio como gás de ionização.

Para isolar a região de soldagem dos contaminantes atmosféricos (nitrogênio, oxigênio e umidade), que prejudicam as propriedades mecânicas da junta, são utilizados gases de proteção com características químico-físicas específicas que também ajudam a formar e manter o arco elétrico estável.

A altura do arco elétrico é controlada pela diferença de potencial (voltagem) aplicada entre os eletrodos, no caso do processo MIG/MAG, ou pela distância eletrodo peça no caso do processo TIG, e sua intensidade pela corrente elétrica (amperagem) que se faz fluir através da coluna de gás ionizado (plasma).

2 - O Processo TIG

O processo TIG na maior parte de sua aplicação, é um processo essencialmente manual de soldagem. Aplicado principalmente na soldagem de chapas finas (0,2 a 3,0 mm) de aços ao carbono, aços inoxidáveis, alumínio e suas ligas, cobre e suas ligas, titânio etc..., e onde os requisitos de propriedades mecânicas ou acabamento exigem este tipo de processo de soldagem.

O calor necessário para a realização da operação de soldagem é fornecido pelo arco elétrico que é estabelecido a partir de um eletrodo não consumível de tungstênio puro ou ligado. Para evitar a oxidação deste eletrodo por gases ativos como o CO e o oxigênio, são utilizados neste processo gases inertes puros, combinados ou não. A escolha da proteção ideal depende da espessura e tipo de metal base a ser soldado.

Durante a operação de soldagem manual, após a determinação da corrente de soldagem e vazão de gás, o soldador deve controlar a altura do arco elétrico, a velocidade de soldagem e a alimentação do metal de adição através de varetas.

A figura nº 2 ilustra o processo e a nº 3 os equipamentos utilizados.

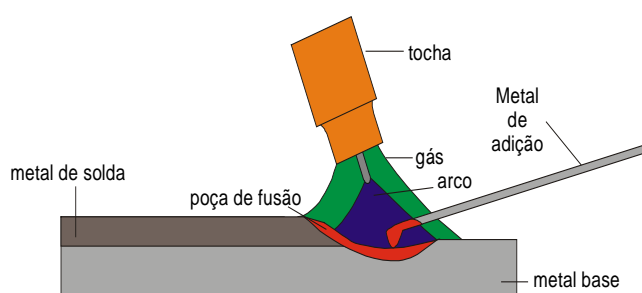


Figura nº 2: Esquema do processo TIG

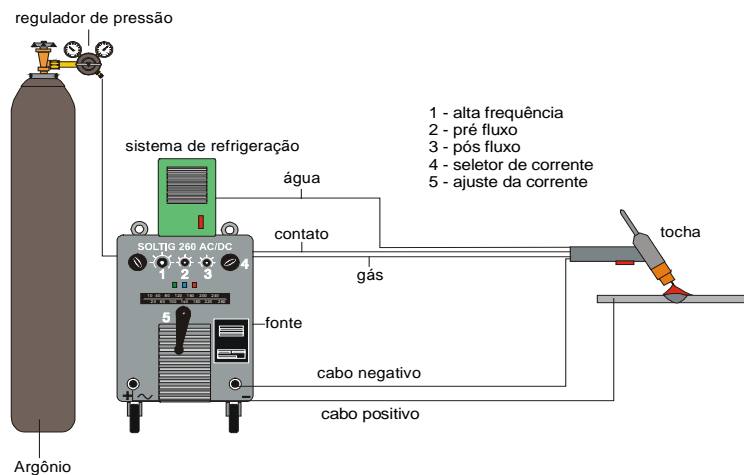


Figura nº 3: Equipamentos utilizados no processo TIG

A fonte de soldagem fornece corrente (amperagem) constante podendo ser contínua ou alternada. Com corrente contínua deve-se utilizar a polaridade direta, isto é, o eletrodo conectado no polo negativo e a peça no polo positivo. O valor e tipo da corrente dependem da espessura e tipo de metal base a ser soldado.

Na fonte, além do controle do valor da corrente de soldagem, temos o pré - fluxo de gás que determina o intervalo de tempo entre o início da vazão e a ignição do arco elétrico (protegendo o eletrodo na abertura do arco elétrico), o pós fluxo que determina o intervalo de tempo entre a extinção do arco e o fim da vazão de gás (protegendo a poça de fusão e o eletrodo, ainda quentes, da oxidação no final da operação de soldagem) e a intensidade da corrente de alta frequência (utilizada para ignitar o arco elétrico e estabilizar o arco com corrente alternada).

3 - Gases de Proteção

Os gases de proteção utilizados no processo TIG tem a função de formar e estabilizar o arco elétrico, proteger a poça de fusão dos contaminantes atmosféricos e o eletrodo de tungstênio da oxidação (o eletrodo se oxidado perde a sua propriedade de alta emissividade eletrônica desestabilizando o arco elétrico).

Os gases utilizados neste processo devem ser inertes, daí a denominação TIG (Tungstênio Inerte Gás). Os mais utilizados são o argônio, hélio, misturas de argônio e hélio, e misturas de argônio e hidrogênio.

O argônio é o gás comumente utilizado neste processo devido as seguintes características:

- baixo custo.
- alta densidade relativa (1,38) conferindo boa proteção do eletrodo, do arco elétrico e da poça de fusão.
- ótima estabilidade de arco.
- penetração de solda satisfatória na maior parte das aplicações.

Quando é necessário maior aporte térmico, como no caso da soldagem do alumínio e suas ligas, cobre e suas ligas de grandes espessuras, além do pré - aquecimento é recomendado o uso do gás hélio ou misturas de hélio com argônio.

O gás hélio possui alta condutividade térmica, bem superior ao argônio, fornecendo mais calor à poça de fusão proporcionando soldas com boa penetração e molhabilidade. A figura nº 4 mostra o perfil de penetração da solda com hélio e argônio.

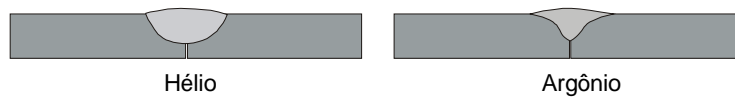


Figura nº 4: Perfil da penetração de solda com os gases hélio e argônio.

A utilização do hélio puro possui os seguintes pontos desfavoráveis:

- alto custo.
- baixa densidade relativa (0,14) sendo necessário altas vazões para a mesma eficiência de proteção do argônio.
- alta tensão do arco para o mesmo nível de corrente com o argônio.
- difícil ignição do arco.

Portanto, as misturas de argônio e hélio que apresentam características intermediárias entre os dois gases, são muitas vezes a melhor alternativa na escolha do gás de proteção ideal para determinada aplicação.

O hidrogênio, apesar de ser um gás ativo, tem característica redutora podendo ser adicionado ao argônio em pequenas quantidades (menor que 5%) afim de aumentar a penetração de solda e a velocidade na soldagem automatizada de aços inoxidáveis.

4 - Fontes de Soldagem no Processo TIG

As fontes para o processo TIG são do tipo corrente constante podendo fornecer corrente contínua, alternada com onda senoidal ou quadrada, e correntes pulsadas (as fontes utilizadas no processo eletrodo revestido podem ser facilmente adaptadas ao processo TIG).

Os valores de corrente fornecidos pelas fontes TIG geralmente variam de 5 a 500 amperes abrangendo uma grande gama de espessuras a partir de 0,2 mm. A tensão em circuito aberto não ultrapassa 80 Volts para a segurança do operador.

5 - Corrente Elétrica no Processo TIG

O tipo de corrente elétrica utilizada neste processo influencia a penetração de solda, a limpeza superficial dos óxidos da superfície do metal base e o desgaste do eletrodo de tungstênio.

A figura abaixo mostra o efeito do tipo de corrente na penetração de solda e na concentração de calor no eletrodo e na peça.

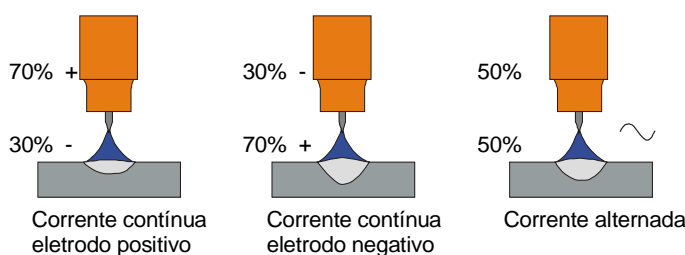


Figura nº 5: Influência da do tipo de corrente elétrica na penetração e na concentração de calor.

Com corrente contínua a polaridade direta (eletrodo negativo) é a recomendada apesar de não proporcionar ação de limpeza. Com este tipo de corrente a penetração é profunda e o desgaste do eletrodo é minimizado.

Aplica-se a soldagem da maioria dos metais, todos os tipos de aços, cobre e suas ligas, titânio ou seja, metais onde não é necessária a limpeza dos óxidos superficiais.

Na corrente reversa (eletrodo positivo) a ação de limpeza é eficiente mas o desgaste excessivo do eletrodo inviabiliza a aplicação deste tipo de corrente.

Na corrente alternada temos características intermediárias as anteriores. Este tipo de corrente por promover média penetração e ação de limpeza satisfatória é a indicada para a soldagem do alumínio e suas ligas e o magnésio e suas ligas, metais onde a limpeza dos óxidos superficiais é fundamental na realização da

operação de soldagem. Sempre que é utilizado este tipo de corrente, o ignitor de alta frequência permanece acionado durante toda a operação de soldagem para estabilizar o arco elétrico.

6 - Eletrodos para o Processo TIG

Os eletrodos para o processo TIG são varetas sinterizadas de tungstênio puro ou ligado ao tório ou zircônio, ambos na forma de óxidos.

O tungstênio possui alto ponto de fusão (3,392 °C) e evaporação (5,906 °C) e ótimas características de emissividade eletrônica. Estes eletrodos seguem a classificação AWS conforme tabela abaixo:

Tabela A

Classificação AWS	Composição Química (% em peso)				
	Tungstênio	Tória	Zircônia	Outros	Cor de identificação
EWP	99,5	--	--	0,5	Verde
EWTh-1	98,5	0,8 a 1,2	--	0,5	Amarelo
EWTh-2	97,5	1,7 a 2,2	--	0,5	Vermelho
EWZr	99,2	--	0,15 a 0,40	0,5	Marrom

Tabela A: Classificação dos eletrodos segundo a AWS.

A adição destes elementos tem a finalidade de aumentar a emissividade eletrônica, estabilidade de arco e durabilidade do eletrodo.

A tabela B mostra os valores de corrente elétrica em função do tipo e diâmetro do eletrodo e tipo de corrente elétrica utilizada, onde pode - se notar o baixo nível de corrente suportado pelo eletrodo pelo desgaste do mesmo com corrente contínua polaridade reversa (eletrodo positivo).

Tabela B

Diâmetro do eletrodo (mm)	Corrente contínua (amper)		Corrente alternada (amper)	
	Direta	Reversa	EWP	EWZr
0,26	até 15	--	até 15	até 15
0,51	5 - 20	--	5 - 15	5 - 20
1,02	15 - 80	--	10 - 60	15 - 80
1,59	70 - 150	10 - 20	50 - 100	70 - 150
2,38	150 - 250	15 - 30	100 - 160	140 - 235
3,18	250 - 400	24 - 40	150 - 210	225 - 325
3,97	400 - 500	40 - 55	200 - 275	300 - 400
4,76	500 - 750	55 - 80	250 - 350	400 - 500
6,35	750 - 1000	80 - 125	325 - 450	500 - 630

Tabela B: Valores de corrente em função do diâmetro do eletrodo e tipo de corrente elétrica.

O eletrodo de tungstênio puro é utilizado na soldagem com corrente alternada, sendo que o ligado ao zircônio suporta maior nível de corrente como mostrado na tabela. Com corrente contínua é recomendado a utilização do eletrodo ligado ao tório.

Perfil da Ponta do Eletrodo

Na utilização de corrente contínua a ponta do eletrodo deve ser afiada conforme figura abaixo.

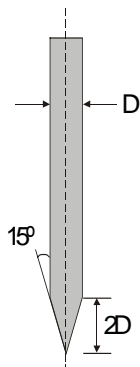


Figura nº 6: Perfil da ponta do eletrodo.

É importante que a afiação seja no sentido longitudinal ao eixo do eletrodo e bem uniforme para proporcionar um arco estável.

Alterando - se o ângulo da ponta do eletrodo obtém - se variação no perfil da penetração. Ângulos agudos concentram mais o arco aumentando a penetração e ângulos maiores diminuem a penetração aumentando a largura do cordão conforme mostrado na figura nº 7.

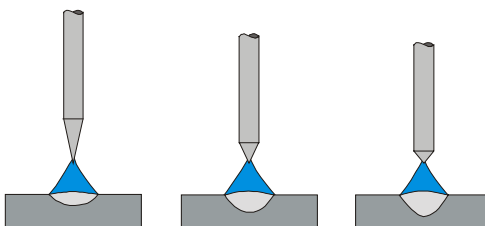


Figura nº 7: Influência do ângulo da ponta do eletrodo na penetração.

Na utilização de corrente alternada, a ponta do eletrodo deve tomar a forma de uma esfera. Quando a amperagem usada é adequada ao diâmetro do eletrodo,

esta configuração é alcançada pela fusão da ponta do eletrodo abrindo - se o arco por alguns instantes.

7 - Metais de Adição

Os metais de adição para o processo TIG são fornecidas, para a soldagem manual, na forma de varetas com um metro de comprimento e em vários diâmetros sendo os de 1,6 a 6,4 mm os mais comumente utilizados.

Para a soldagem automatizada o metal de adição são fornecidos em bobinas de arames que são alimentados por sistemas semelhantes aos do processo MI - MAG.

Existe uma grande variedade de metais de adição para o processo TIG tornando este aplicável a soldagem de praticamente todos os metais industrialmente utilizados (aços ao carbono, inoxidáveis, alumínio e suas ligas, cobre e suas ligas, magnésio e suas ligas, níquel, titânio, ferro fundido etc...).

Estes metais seguem a classificação AWS (Sociedade Americana de Soldagem) e são especificados pela composição química ou como no exemplo abaixo, onde é mostrada a especificação de varetas sólidas para a soldagem de aços carbono.

Exemplo: arame ER 70 S 3 , onde,

ER = indica que o arame pode ser usado como eletrodo e vareta.

70 = indica o limite de resistência a tração em 1.000 psi que neste caso seria de 70.000 psi ou 49,2 kgf/mm.

S = indica arame sólido.

3 = dígito relativo a composição química.

8 - Variáveis do Processo e Suas Influências

Corrente Elétrica (amperagem)

A principal influência desta variável está no controle da penetração do cordão de solda. A figura n-º 8 mostra o aumento da penetração com o aumento da corrente para uma mesma velocidade de soldagem.

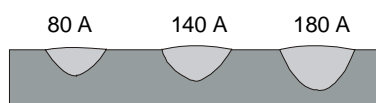


Figura nº 8: Penetração de solda em função da corrente de soldagem.

Distância do Eletrodo à Peça

Esta variável controla a altura do arco elétrico. Quanto maior a distância do eletrodo à peça maior o altura e largura do arco elétrico. Com isto, maior área do metal base é aquecida resultando num cordão mais largo. A figura abaixo ilustra este fato.

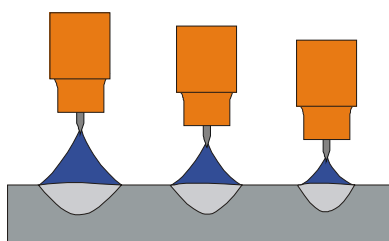


Figura nº 9: Influência da distância eletrodo - peça no perfil do cordão de solda.

Velocidade de Avanço (Velocidade de Soldagem)

Esta variável também influencia a penetração de solda. Para uma velocidade muito alta de soldagem, o arco não permanece tempo suficiente na região de solda para proporcionar uma boa fusão e penetração do cordão. Já para uma velocidade baixa, a penetração aumenta mas, para uma velocidade excessivamente baixa de soldagem, o próprio metal fundido na poça funciona como isolante térmico para a transferência de calor do arco para o metal base, prejudicando também a penetração de solda. A figura abaixo mostra esta influência.

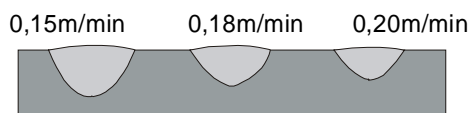


Figura nº 10: Influência da velocidade de soldagem na penetração de solda.

Inclinação na Tocha

Esta é outra variável que tem influência sobre a penetração de solda.

De acordo com a figura a seguir, soldando-se com inclinação positiva (puxando a solda), o arco elétrico atua diretamente sobre a poça de fusão, aumentando a penetração. Já, no sentido negativo (empurrando a solda), o arco elétrico permanece sobre o metal de base frio, reduzindo a penetração da solda.

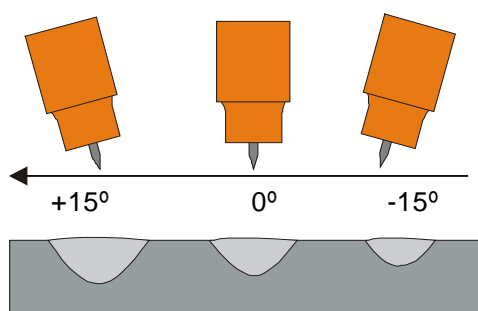


Figura n-º 11: Influência da inclinação da tocha na penetração de solda.

Observação: Na soldagem do alumínio e suas ligas deve-se trabalhar com inclinação negativa (empurrando).

Vazão de Gás

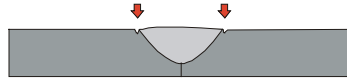
A vazão do gás é responsável pela proteção adequada do eletrodo e da poça de fusão garantindo soldas isentas de oxidação e porosidade.

Seu valor ideal depende do tipo de metal a ser soldado, condições de ventilação do ambiente e nível de amperagem utilizado.

Logicamente, em função destes fatores, quanto menor o seu valor maior a economia de gás no processo de soldagem.

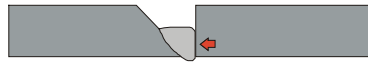
9 - Defeitos de Soldagem e Suas Possíveis Causas

Mordedura



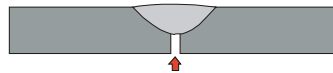
- alta velocidade de soldagem.
- alta amperagem.
- alta distância da tocha à peça.
- manuseio inadequado da tocha.

Falta de Fusão



- baixa amperagem.
- junta inadequada.
- manuseio inadequado da tocha.

Falta de Penetração

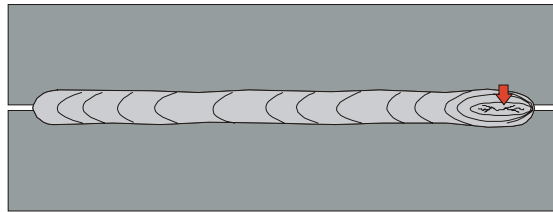


- baixa amperagem
- alta velocidade de soldagem.
- junta inadequada.

Porosidade



- vazão inadequada (muito alta ou baixa).
- superfície com impurezas (tinta, óleo, graxa, umidade, oxidação ...).
- distância tocha - peça muito alta.



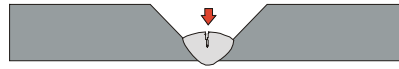
Na cratera

Inclusão de Tungstênio



- contato do eletrodo na poça de fusão.

Trincas de Solidificação



No centro do cordão

- alta restrição principalmente no passe de raiz em juntas de grande espessura.
- metal de adição inadequado.
- preenchimento incompleto da cratera.
- alta amperagem.

10 - Técnicas de Soldagem

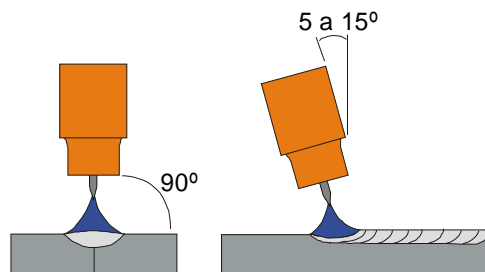
Limpeza

A preparação de junta a ser soldada é fundamental para a obtenção de soldas de alta qualidade. O processo TIG por não ser eficiente na desoxidação e limpeza da poça de fusão exige limpeza rigorosa da junta, retirando - se resíduos de óleo, graxa, fuligem etc. As bordas devem estar ao metal brilhante e quando necessário é feita a proteção com um gás inerte, geralmente o próprio argônio, na contra solda em passes de raiz, como na soldagem de tubulações de aços inoxidáveis.

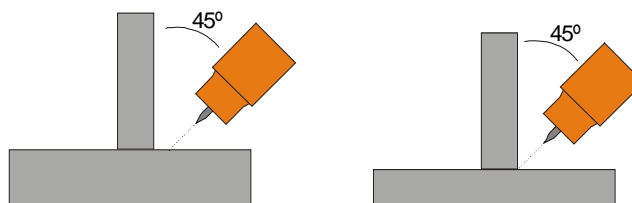
Posicionamento da Tocha

As figuras a seguir mostram posições da tocha recomendadas para a execução de soldas de boa qualidade.

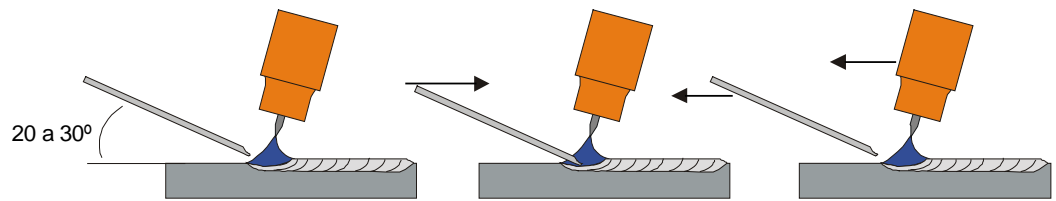
- para juntas de topo.



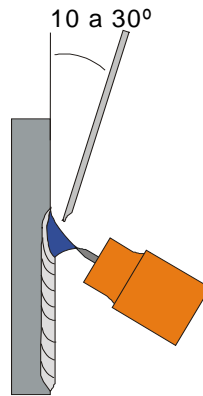
- em ângulo.



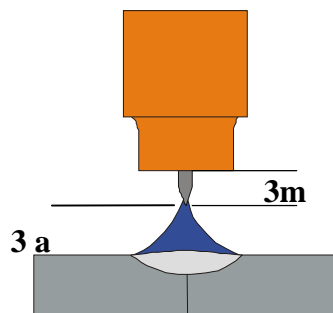
- alimentação do metal de adição.



- posição vertical.



- posição do eletrodo.

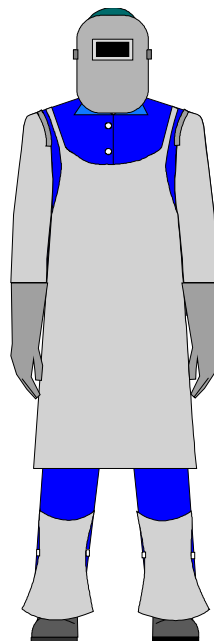


11 – Características do Processo

- Processo de baixa taxa de deposição em soldagem manual : 1,3 kg / hora.
- Solda em todas as posições.
- Solda praticamente todos os metais industrialmente utilizados.
- Pouca geração de fumos.
- Solda espessuras a partir de 0,2 mm.
- Requer soldadores altamente qualificados.
- Pode ser aplicado em juntas onde não é necessário a utilização de metal de adição-solda autógena.
- Muito empregado em passes de raiz.
- Produz soldas com ótimas propriedades mecânicas.
- Ótimo acabamento.
- O processo pode ser automatizado.

12 - Segurança

Devido o soldador estar sujeito a itens agressivos como radiações ultra violeta e infra vermelha, fumos em ambientes fechados, queimaduras por peças quentes e choques elétricos, para sua proteção é indispensável a utilização de EPI completo indicado para o processo, ou seja: máscara com lente apropriada (em função da amperagem utilizada de acordo com a tabela abaixo), luvas, perneiras, avental, mangotes, sapato e óculos de segurança como mostra a figura seguinte.



Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 14724**. Informação e documentação, trabalhos acadêmicos, apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

Telecurso 2000 – Curso Profissionalizante – Mecânica - **Processos de Fabricação** - Volume 1 - Fundação Roberto Marinho - Editora Globo - São Paulo S. P.

ALCAN. **Manual de Soldagem**, 1993.

MARQUES, Paulo V. **Tecnologia da Soldagem**. Belo Horizonte, ESAB, 1991.

SANTOS, J. F. e QUINTINO, L. **Processos de Soldadura**. Lisboa (Portugal), Edições Técnicas do Instituto de Soldadura e Qualidade, 1993.