

SOLDAGEM
MIG/MAG

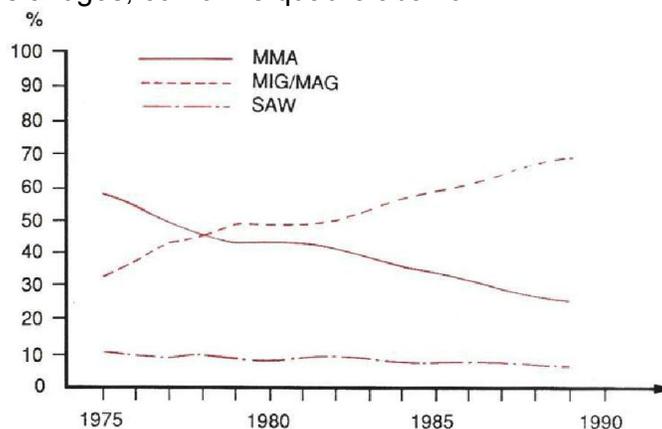
PROCESSO MIG/MAG (METAL INERT GAS/METAL ACTIVE GAS)

MIG é um processo por fusão a arco elétrico que utiliza um arame eletrodo consumível continuamente alimentado à poça de fusão e um gás inerte para proteção da região de soldagem. MAG é um processo de soldagem semelhante ao MIG, porém utilizando um gás ativo (CO_2) para proteção da região de soldagem. Em ambos os processos geralmente o metal de adição possui a mesma composição química do metal base. O processo MIG baseou-se no processo TIG, iniciando com a soldagem do Alumínio e posteriormente estendeu-se à soldagem dos aços inoxidáveis, ao se notar que uma pequena adição de O_2 ao gás inerte facilitava a abertura do arco.

Posteriormente ao processo MIG, desenvolveu-se o MAG para baratear custos e concorrer com os eletrodos revestidos na maioria das aplicações, utilizando-se CO_2 e mistura de gases como gás de proteção; o primeiro desenvolvimento para o MAG ficou conhecido como subprocesso MACRO-ARAME.

Pelo fato das dificuldades deste subprocesso trabalhar com pequenas espessuras e soldar em todas as posições, desenvolveu-se a seguir o subprocesso MICRO-ARAME (para diâmetros até 1,2 mm); na seqüência do desenvolvimento e visando a minimização dos respingos e melhoria do formato do cordão, desenvolveu-se o subprocesso ARAME-TUBULAR (até diâmetro de 4 mm).

Todas estas melhorias permitiram um aumento na velocidade de soldagem do processo MIG/MAG em relação a outros processos, e isso vem refletindo-se na evolução da utilização do mesmo, comparativamente aos processos mais antigos, conforme quadro abaixo:

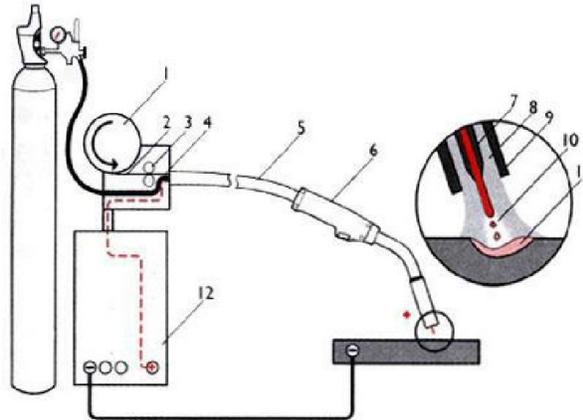


PRINCÍPIO DO PROCESSO MIG/MAG

O calor gerado para fundir o metal de enchimento é suficiente para fundir também as superfícies do metal base.

A transferência do material do arco é bastante melhorada comparando-se ao processo TIG devido ao aumento da eficiência do ganho de calor causado pela presença no arco das partículas de material superaquecido. As partículas funcionam como elementos importantes no processo de

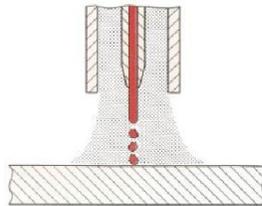
transferência de calor, sendo que a transferência de material se processa a uma taxa de várias centenas de gotículas por segundo.



Princípio do processo MIG/MAG: 1. Carretel ou tambor 2. Eletrodo 3. Roletes de tração 4. Guia do arame 5. Conjunto de mangueiras 6. Pistola de soldagem 7. Bico de Contato 8. Gás de proteção 9. Bocal do Gás de proteção 10. Arco elétrico 11. Poça de fusão 12. Fonte de energia.

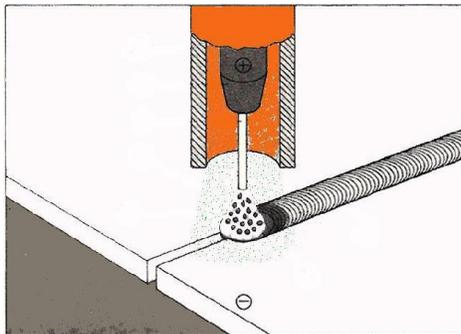
Existem basicamente quatro tipos de transferência de material na soldagem MIG/MAG:

- a) GLOBULAR (MAG = Macro Arame/ Arame Tubular)
- Gotas de grandes dimensões a baixas velocidades
 - Utiliza altas correntes e arcos longos (75 a 900 A)



Transferência Globular

- b) JATO OU SPRAY (MIG)
- Gotas finas e altas velocidades
 - Utiliza altas correntes e altas voltagens (50 a 600 A)

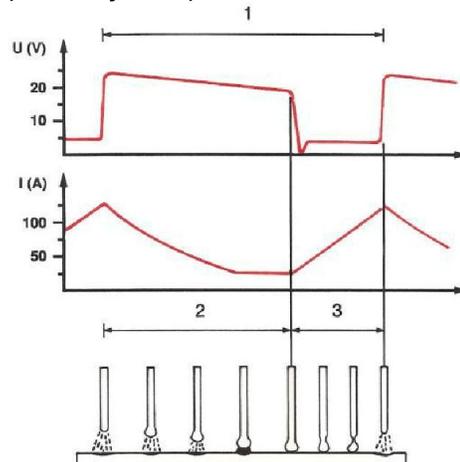


Representação esquemática da transferência Jato ou Spray

c) CURTO CIRCUITO (Micro Arame)

- Transferências sucessivas por curto circuitos
- Utiliza baixa corrente e arcos curtos (25 a 200 A)

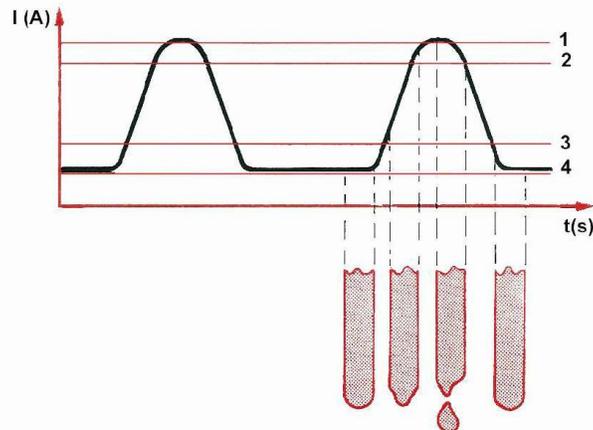
Representação do processo de transferência por Curto-Circuito



Uma gota de metal fundido é formada no fim do eletrodo. Quando ela se torna suficientemente grande para entrar em contato com a poça de fusão, o arco sofre um curto circuito. Isto eleva a corrente de soldagem e a corrente é liberada, permitindo que o arco seja ignitado novamente. O aumento da corrente causado pelo curto circuito gera respingos. 1.Ciclo do curto circuito. 2.Período do arco. 3.Período do curto circuito.

d) ARCO PULSANTE (Em Operações Automatizadas)

- Arco mantido por uma corrente baixa principal com sobreposição de pulsos de alta corrente e transferência por spray durante os pulsos.



Princípio do arco pulsante. 1.Pico da corrente de pulso. 2.Corrente de transição. 3.Corrente média de soldagem. 4.Corrente de base.

A soldagem MIG pode ser usada em ampla faixa de espessuras, em materiais ferrosos e não ferrosos como Alumínio, Cobre, Magnésio, Níquel e suas ligas. O processo MAG é utilizado apenas na soldagem de materiais ferrosos, tendo como gás de proteção o CO_2 ou misturas ricas nesse gás.

De um modo geral pode-se dizer que as principais vantagens da soldagem MIG/MAG são: alta taxa de deposição, alto fator de trabalho do soldador, grande versatilidade de espessuras aplicáveis, inexistência de fluxos de soldagem, ausência de remoção de escória e exigência de menor habilidade do soldador, quando comparado com eletrodos revestidos.

A principal limitação da soldagem MIG/MAG é sua maior sensibilidade à variação dos parâmetros elétricos de operação de soldagem, que influenciam diretamente na qualidade do cordão de solda depositado. Além disso deve ser ressaltado o alto custo do equipamento, a grande emissão de radiação ultra violeta, maior necessidade de manutenção em comparação com os equipamentos para soldagem de eletrodos revestidos e menor variedade de consumíveis.

CONSUMÍVEIS DO PROCESSO

GASES

Os gases de proteção utilizados nos processos de soldagem a arco elétrico podem ser Inertes ou Reativos. Os gases de proteção inertes são os considerados que não reagem com o metal líquido da poça de fusão. Os gases inertes mais utilizados na soldagem são Argônio e Hélio.

Os gases de proteção reativos são os considerados que reagem com o metal líquido da poça de fusão, podendo alterar as propriedades metalúrgicas e mecânicas do metal de solda. Estes gases podem ser ativos ou redutores. Os gases ativos utilizados na soldagem são o CO₂ - Dióxido de Carbono e Oxigênio. O gás redutor que pode ser utilizado na soldagem é o Hidrogênio - H₂.

A especificação AWS A 5.32 se aplica aos gases de proteção utilizados nos processos de soldagem **MIG/MAG**, **TIG**, **ARAME TUBULAR** e **PLASMA**. Os gases de proteção podem ser de um único tipo de gás (puro) ou de mistura de gases.

A AWS A 5.32 identifica os componentes individuais dos gases como: **A** – Argônio ; **C** – CO₂ - Dióxido de Carbono ; **He** – Hélio ; **H** – Hidrogênio ; **N** – Nitrogênio ; **O** – Oxigênio.

Classificação AWS	Mistura Típica de Gás (%)	Gases de Proteção
SG-AC-25	75/25	Argônio + CO ₂
SG-AO-2	98/2	Argônio + Oxigênio
SG-AHe-10	90/10	Argônio + Hélio
SG-AH-5	95/5	Argônio + Hidrogênio
SG-HeA-25	75/25	Hélio + Argônio
SG-HeAC-7.5/2.5	90/7.5/2.5	Hélio + Argônio + CO ₂
SG-ACO-8/2	90/8/2	Argônio + CO ₂ + Oxigênio
SG-A-G	Especial	Argônio + Mistura

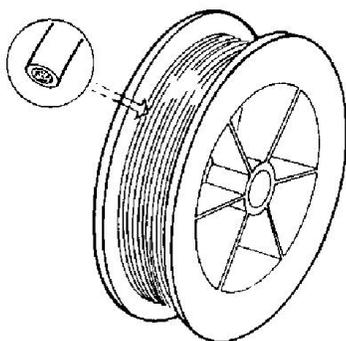
Tolerância de +/- 10% para o gás de menor valor.

Classificação AWS A 5.32 para os Gases de Soldagem MIG/MAG

METAIS DE ADIÇÃO

Para MIG/MAG, os eletrodos consumíveis consistem de um arame contínuo em diâmetros que variam de 0,6 a 2,4 mm (arame tubular até 4 mm), usualmente em rolos de 12 a 15 kg, existindo no mercado rolos de até 200 kg. Os arames são normalmente revestidos com uma fina camada de Cobre para melhor contato elétrico com o tubo de contato da pistola e para prevenir a ocorrência de corrosão na estocagem.

Há arames de adição sólidos ou tubulares sendo que estes últimos são recheados de fluxos que possuem as mesmas características e funções dos revestimentos dos eletrodos revestidos. Esses arames tubulares podem ser utilizados com proteção gasosa ou ser do tipo autoprotégido, sem o uso de gases. Neste caso o fluxo contido dentro do arame gera o gás de proteção da poça de fusão, a formação de escória, a desoxidação da poça e a estabilização do arco.



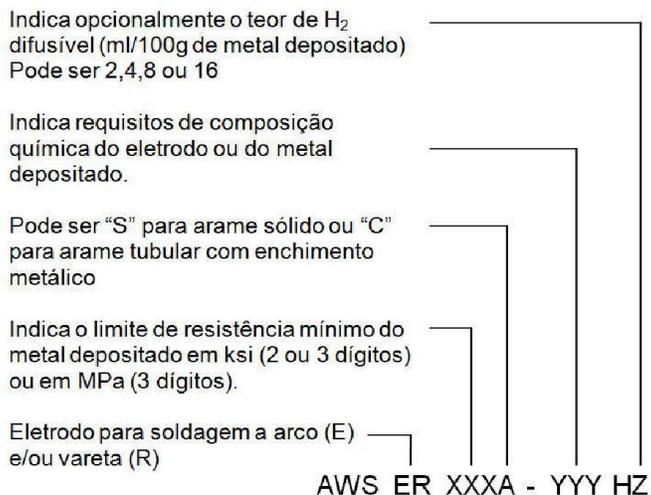
Rolo de arame tubular (observar detalhe)

A tabela abaixo relaciona as especificações AWS de arames para soldagem MIG/MAG de diferentes materiais.

Material	Nº da especificação
Arames de Cobre e suas ligas	A 5.7
Arames de Aços inoxidáveis	A 5.9
Arames de Alumínio e suas ligas	A 5.10
Arames de Níquel e suas ligas	A 5.14
Arames para soldagem de Ferro fundido	A 5.15
Arames de Titânio e suas ligas	A 5.16
Arames e arames tubulares de Aço carbono com pó interno	A 5.18
Arames de Magnésio e suas ligas	A 5.19
Arames tubulares de Aço carbono com fluxo interno	A 5.20
Arames para Revestimento	A 5.21
Arames tubulares para soldagem de Aços inoxidáveis	A 5.22
Arames para soldagem de Zircônio	A 5.24
Arames de Aços de baixa liga	A 5.28

A principal especificação para os arames-eletrodos é a AWS A 5.18 que prescreve os requerimentos para a classificação de eletrodos sólidos ou

compostos (arame tubular com núcleo metálico – metal cored) e varetas para os processos MIG/MAG (GMAW), TIG (GTAW) e PLASMA (PAW) na soldagem de aço carbono. A classificação dos arames para soldagem de aços pelas especificações AWS A 5.18 e A 5.28, que engloba os arames sólidos e os arames com enchimento metálico, tem o formato abaixo.



Resistência Mecânica do metal de solda

Classificação	Gás de Proteção	Limite de Resistência		Limite de Escoamento		Alongamento % mínimo
		psi	MPa	psi	MPa	
ER 70S-2 a7	CO ₂	70.000	480	58.000	400	22
ER 70S-B2L ER70C-B2L	Ar/1-5%O ₂	75.000	515	58.000	400	19
ER 80S e 80C		80.000	550	68.000	470	19
ER 90S e 90C		90.000	620	78.000	540	17
ER 100S		100.000	690	88.000	610	16
ER 110S ou 110C		110.000	760	95.000	660	15
ER 120S ou 120C		120.000	830	105.000	730	14

Requisitos de composição química para o arame ou metal de solda (%peso)

Classificação	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
ER 70S-2	0,07	0,9-1,4	0,40-0,70	0,025	0,035	0,15	0,25-0,55	0,25-0,55	0,03	0,50
ER 70S-3	0,06-1,15	0,9-1,4	0,45-0,75							
ER 70S-4	0,06	1,0-1,15	0,65-0,85							
ER 70S-6	0,06	1,4-1,8	0,80-1,15							
ER 70S-7	0,06	1,5-2,0	0,50-0,80							
ER 70S-G	Não especificado									
ER 80S-B2	0,07-0,12	0,4-0,70	0,4-0,70	0,025	0,025	0,20	1,2-1,15	0,40-0,65	-	0,35
ER 80S-B6	0,10	0,4-0,70	0,4-0,70			0,60	4,5-6,0	0,40-0,65	-	0,35
ER 90S-B9	0,07-0,13	1,25	0,15-0,30	0,010	0,010	1,0	8,0-9,5	0,80-1,10	0,15-0,25	0,20

ER 100S-1	0,08	1,2-1,8	0,2-0,55		1,4-2,1	0,30	0,25-0,55	0,5	0,25
-----------	------	---------	----------	--	---------	------	-----------	-----	------

SOLDAGEM DOS METAIS

ER 110S-1	0,09	1,4-1,8	0,20-0,55			1,9-2,6	0,50	0,25-0,55	0,4	
ER 120S-1	0,10	1,4-1,8	0,25-0,60			2,0-2,8	0,60	0,30-0,65	0,3	
ER 70C-3X	0,12	1,75	0,90	0,030	0,030	0,50	0,20	0,30	0,08	0,50
ER 80C-B2	0,05-0,12	0,4-1,0	0,25-0,60	0,025	0,030	0,20	1,0-1,5	0,40-0,65	-	0,35
ER 80C-B3L	0,05	0,4-1,0	0,25-0,60	0,025	0,030	0,20	2,0-2,5	0,90-1,20	-	0,35
ER 90C-B3	0,05-0,12	0,4-1,0	0,25-0,60	0,025	0,030	0,20	2,0-2,5	0,90-1,20	0,15-0,25	0,35

GENERALIDADES:

Ao contrário da soldagem TIG, a maior parte dos casos de soldagem MIG/MAG utiliza a CCPI, ficando a utilização da CCPD apenas para os casos de deposição superficial do material de adição e aplicações onde a penetração não é importante.

Corrente	RESULTADOS				
	Tamanho de Gota	Penetração	Velocidade de Transferência	Quantidade de Respingos	Dispersão dos Óxidos
CCPI	Pequena	Alta	Alta	Pouca	Ocorre
CCPD	Grande	Baixa	Baixa	Grande	Não ocorre

EQUIPAMENTOS

Os principais componentes do sistema são:

- A máquina de soldar (Fonte de energia)
- A unidade de alimentação de arame com seus controles (Cabeçote)
- A pistola de soldagem com seus cabos
- O gás protetor e seu sistema de alimentação
- O arame eletrodo

Fontes de corrente contínua e de tensão constante são empregadas na maioria dos casos de soldagem MIG/MAG. Essa característica contrasta com as fontes de corrente constante utilizadas na soldagem TIG e com eletrodos revestidos. Uma fonte MIG/MAG proporciona uma tensão do arco relativamente constante durante a soldagem. Essa tensão determina o comprimento do arco. Quando ocorre uma variação brusca da velocidade de alimentação do arame, ou uma mudança momentânea da tensão do arco, a fonte aumenta ou diminui abruptamente a corrente (e, portanto, a taxa de fusão do arame) dependendo da mudança no comprimento do arco. A taxa de fusão do arame muda automaticamente para restaurar o comprimento original do arco. Como resultado, alterações permanentes no comprimento do arco são efetuadas ajustando-se a tensão de saída da fonte. A velocidade de alimentação do arame que o operador seleciona antes da soldagem determina a corrente de soldagem. Esse parâmetro pode ser alterado sobre uma faixa considerável antes que o comprimento do arco mude o suficiente para fazer o arame tocar na peça ou queimar o bico de contato. A fonte de soldagem também pode ter

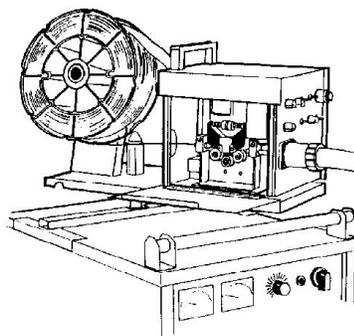
um ou dois ajustes adicionais para uso com outras aplicações de soldagem (por exemplo, controle de indutância).



Exemplo de uma fonte de potência para solda (Máquina de soldar)

O motor de alimentação de arame e o controle de soldagem são freqüentemente fornecidos em um único módulo — o alimentador de arame. Sua principal função é puxar o arame do carretel e alimentá-lo ao arco. O controle mantém a velocidade predeterminada do arame a um valor adequado à aplicação. O controle não apenas mantém a velocidade de ajuste independente do peso, mas também regula o início e fim da alimentação do arame a partir do sinal enviado pelo gatilho da tocha.

O gás de proteção, a água e a fonte de soldagem são normalmente enviados à tocha pela caixa de controle. Pelo uso de válvulas solenóides os fluxos de gás e de água são coordenados com o fluxo da corrente de soldagem. O controle determina a seqüência de fluxo de gás e energização do contator da fonte. Ele também permite o pré e pós-fluxo de gás. Muitas vezes o alimentador trabalha distante da fonte elétrica, permitindo ao soldador o controle local das variáveis do processo.



Exemplo de uma unidade de alimentação de arame