

Trabalho Prático N°:

Técnica Operatória da Soldagem GMAW

1. Objetivos:

- Familiarizar-se com o arranjo e a operação do equipamento utilizado na soldagem semi-automática GMAW.
- Familiarizar-se com os consumíveis utilizados e os parâmetros importantes.
- Familiarizar-se com a técnica operatória.

2. Revisão:

A soldagem GMAW ou MIG/MAG realiza a união de materiais metálicos pelo seu aquecimento e fusão localizados através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico não revestido e maciço na forma de fio a peça (figura 1).

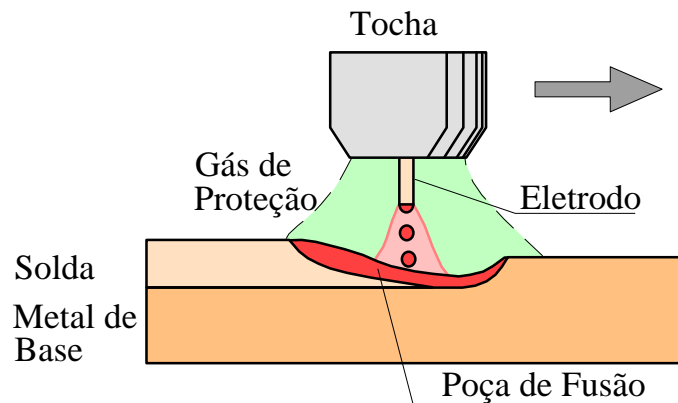


Figura 1 – Região do arco na soldagem GMAW.

A proteção do arco e da região da poça é feita por um gás, ou mistura de gases, inerte ou capaz de reagir com o material sendo soldado. Os gases mais usados são o argônio e o CO_2 e, menos comumente, o hélio. Misturas de Ar-He, Ar- CO_2 , Ar- O_2 , Ar- CO_2 - O_2 e outras, em diferentes proporções, são usadas comercialmente. Gases ou misturas de proteção completamente inertes tem, em geral, uso restrito para metais e ligas não ferrosas. Aços, particularmente aço carbono e de baixa liga são soldados com misturas contendo proporções diversas de O_2 e de CO_2 .

O processo é utilizado principalmente no modo semi-automático, embora, mais recentemente, o seu uso no modo automático, através de robôs industriais tenha crescido muito. O seu equipamento básico inclui fonte de energia, cabos, tocha de soldagem, alimentador de arame e seu sistema de controle, bobina de arame (eletrodo), fonte de gás de proteção com regulador de vazão, ferramentas e material de segurança (figura 2).

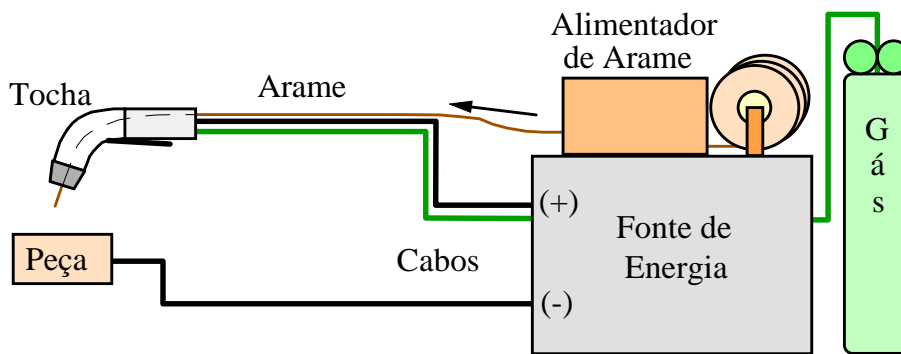


Figura 2 – Equipamento para a soldagem GMAW

A fonte de energia mais usada é do tipo tensão constante regulável (figura 3) com alimentação de arame a velocidade constante. Este tipo de sistema permite o controle automático do controle do arco diretamente através de variações da corrente de soldagem. Sistemas alternativos, com fontes com saída de corrente constante, necessitam de sistemas especiais para controlar o comprimento do arco.

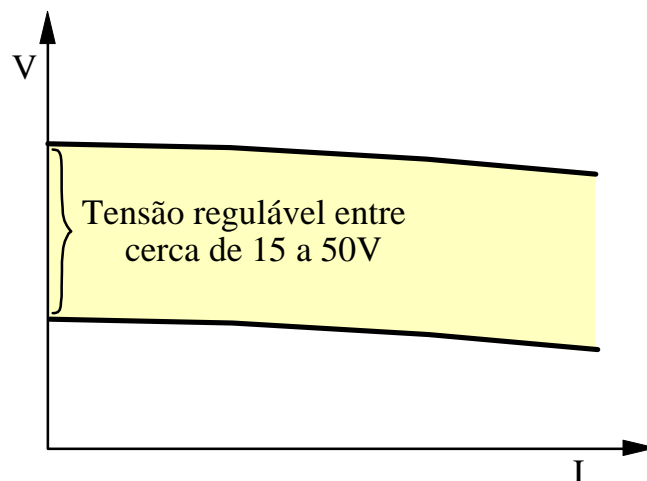


Figura 3 - Curva de saída tensão (V) x corrente (I) típica de uma fonte para soldagem GMAW.

A tocha para soldagem GMAW possui um contato elétrico deslizante (bico de contato) para transmitir a corrente ao arame, orifícios para a passagem de gás de proteção e bocal para dirigir o fluxo de gás à região do arco e da poça de fusão (figura 4). Para a soldagem semi-automática, ela ainda possui um interruptor para o acionamento da corrente de soldagem, da alimentação de arame e do fluxo de gás de proteção.

O sistema de alimentação é composto de um motor, um sistema de controle de sua velocidade e um conjunto de roletes responsável pela impulsão do arame.



Figura 4 – Tocha para a soldagem GMAW semi-automática.

Em comparação com a soldagem com eletrodos revestidos, a soldagem GMAW é relativamente mais simples quanto à sua técnica de execução pois a alimentação de metal de adição é feita pelo equipamento e a quantidade de escória gerada é mínima. Por outro lado, este processo é mais complicado em termos da seleção e ajuste de seus parâmetros devido ao seu maior número de variáveis e a forte inter-relação entre elas. São variáveis importantes do processo:

- Diâmetro e composição do arame,
- Tipo do gás de proteção,
- Velocidade de alimentação do arame,
- Vazão do gás de proteção,
- Comprimento do eletrodo e distância da tocha à peça (figura 5),
- Posicionamento da tocha em relação à peça,
- Corrente de soldagem,
- Tensão de soldagem,
- Velocidade de soldagem,
- Indutância (características dinâmicas) da fonte,
- Técnica de manipulação.

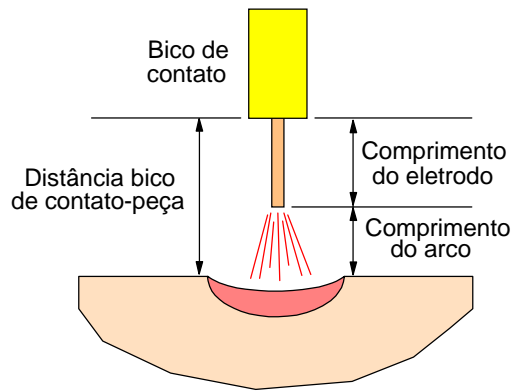


Figura 5

A seleção incorreta destes parâmetros resulta em soldas insatisfatórias devido a problemas metalúrgicos e/ou operacionais como, por exemplo, instabilidade do arco, respingos, falta de fusão ou de penetração, porosidade, etc. Em particular, neste processo, o modo de transferência de metal é muito importante pois determina várias de suas características operacionais (figura 6).

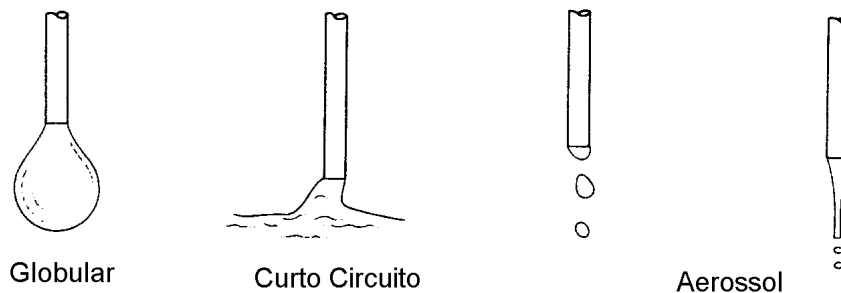


Figura 6 – Modos de transferência na soldagem GMAW

A composição do arame depende do tipo de metal de base, das propriedades desejadas para a solda e, em menor grau, do tipo de gás de proteção. O tipo de arame é, em geral, indicado com base em classificações dadas por normas de especificação como, por exemplo, as da American Welding Society (AWS). O diâmetro do arame é escolhido principalmente em função da espessura do metal de base, da posição de soldagem e de outros fatores que limitem o tamanho da poça de fusão ou o aporte de calor na solda. Para cada diâmetro e composição de arame, existe uma faixa de corrente adequada à sua utilização, isto é, para a qual a estabilidade do processo e as condições de formação do cordão de solda são satisfatórias (tabela 1).

Tabela 1 – Faixa de corrente (A) de soldagem para arames de aço carbono.

Referência	Diâmetro do arame (mm)						Gás de Proteção
	0,8	0,9	1,0	1,2	1,6	2,0	
(1)	50-130	--	70-180	100-240	150-400	200-550	CO ₂
(2)	40-220	100-260	--	140-310	280-450	--	--

A corrente de soldagem controla fortemente a velocidade de fusão do arame (figura 7). Além disso, a penetração, o reforço e a largura do cordão tendem a aumentar com a corrente quando as demais variáveis são mantidas constantes.

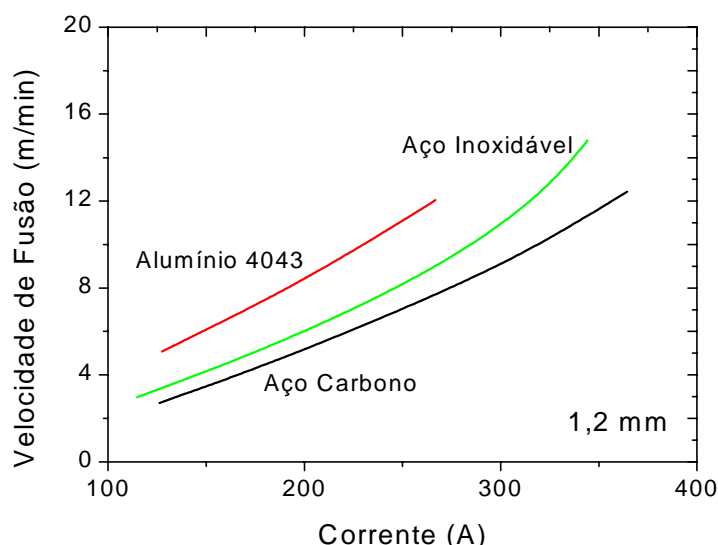


Figura 7 – Relação entre a corrente e a velocidade de fusão do arame (diâmetro: 1,2mm).

A corrente de soldagem também afeta o modo de transferência do metal de adição, particularmente na soldagem com argônio ou com misturas Ar-CO₂ (CO₂ < 25%) e Ar-O₂. De fato, neste caso, existe um valor de corrente acima do qual a transferência muda de globular para aerossol (corrente de transição). Este valor depende de fatores como:

- Composição química do arame: Por exemplo, a corrente de transição de arames de aço é maior do que a de alumínio;
- Diâmetro do eletrodo: A corrente de transição aumenta com o diâmetro do eletrodo;
- Polaridade: Na soldagem de aço com Ar-O₂, existe uma corrente de transição quando o eletrodo é positivo (polaridade inversa), contudo, com eletrodo negativo (polaridade direta), a transferência aerossol não é observada.
- Composição do gás de proteção: A transferência aerossol é observada na soldagem com misturas de proteção ricas em argônio.
- Comprimento do eletrodo: Quando este aumenta, a corrente de transição tende a ser reduzida.

A tabela 2 mostra valores da corrente de transição para arames de aço e Ar-2%O₂.

Tabela 2 - Corrente de transição globular-aerossol para arames de aço e Ar-2%O₂.

Diâmetro do eletrodo (mm)	0,76	0,90	1,14	1,8
Corrente de transição (A)	150	160	220	275

A soldagem GMAW é feita quase que exclusivamente com corrente contínua e polaridade inversa. Nestas condições, o processo apresenta um arco mais estável e uma maior

penetração. A soldagem com polaridade direta pode ser utilizada em processos de recobrimento (devida à sua baixa penetração) e a corrente alternada não é utilizada.

A tensão de soldagem afeta o modo de transferência de metal de adição e a aparência do cordão. Uma maior tensão aumenta a largura do cordão e diminui a sua convexidade, mas valores excessivamente altos causam porosidade, respingos e mordeduras. Valores muito baixos também podem causar porosidade (por perda de proteção devido à turbulência causada pela instabilidade do processo), convexidade excessiva e dobras na margem do cordão. O valor adequado da tensão para uma dada aplicação depende de muitos fatores como, por exemplo, a espessura e tipo da junta, a posição de soldagem, o diâmetro e composição do arame e a composição do gás de proteção. A tabela 3 mostra alguns valores ilustrativos da tensão de soldagem para diferentes materiais.

Tabela 3 – Valores de tensão do arco para a soldagem GMAW (variação de $\pm 10\%$, com os menores valores usados para as menores correntes)⁽³⁾.

Material	Transferência globular Arame de 1,6mm			Transferência por curto circuito Arame de 0,9mm		
	Argônio	Ar-O ₂ (1-5% O ₂)	CO ₂	Argônio	Ar-O ₂ (1-5% O ₂)	CO ₂
Alumínio	25	--	--	19	--	--
Aço comum	--	28	30	17	19	20
Aço inoxidável	24	26	--	18	21	--
Cobre	30	--	--	24	--	--

A figura 8 ilustra de forma esquemática a influência do diâmetro do eletrodo, corrente, tensão e velocidade de soldagem na geometria do cordão de solda.

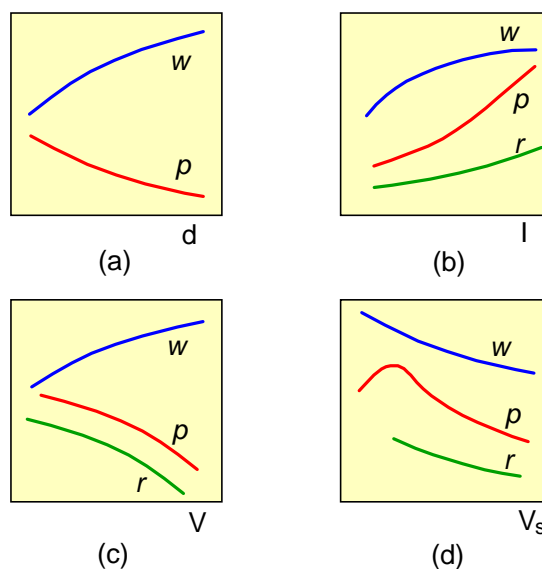


Figura 8 – Influência de alguns parâmetros de soldagem no formato do cordão:
w – largura do cordão, *p* – penetração, *r* – reforço, *d* – diâmetro do eletrodo
I – corrente de soldagem, *V* – tensão do arco, *v_s* – velocidade de soldagem.

O eletrodo conduz a corrente de soldagem entre o bico de contato e o arco, sendo aquecido por esta pelo efeito Joule (aquecimento resistivo). Como a resistência do eletrodo é proporcional ao seu comprimento, a intensidade do aquecimento do eletrodo será proporcional à este comprimento. Assim, um aumento deste (causado, por exemplo, por um maior afastamento da tocha em relação à peça), para uma velocidade constante de alimentação de arame, reduz a corrente necessária para fundir o arame. Como resultado, a quantidade de calor cedido à peça e a penetração do cordão são, também, reduzidos. Em soldagem semi-automática, trabalha-se com um comprimento de eletrodo entre cerca de 6 e 25mm.

O controle conhecido como “indutância” permite o ajuste das características dinâmicas da fonte, em particular, da velocidade de variação da corrente de soldagem como resultado de variações no comprimento do arco ou da ocorrência de um curto circuito entre o eletrodo e a peça. Este controle é particularmente importante quando se trabalha com transferência por curto circuito, controlando a variação da corrente quando o arame toca a peça e impedindo que esta aumente de forma explosiva (baixa indutância), o que aumentaria a instabilidade de processo, ou de forma muito lenta (indutância elevada), o que poderia levar à solidificação da poça de fusão e o agarramento nesta do eletrodo.

O tipo de gás de proteção afeta as características do arco, o modo de transferência de metal de adição, o formato do cordão depositado e, no caso de gases ativos, as suas características metalúrgicas. Para a seleção do gás de proteção deve-se considerar o tipo de metal a ser soldado, sua espessura, a posição de soldagem, exigências de qualidade, características do processo (por exemplo, uso de corrente pulsada) e custo. A tabela 4 mostra os principais gases e misturas de proteção e suas aplicações.

Tabela 4 – Aplicações recomendadas de alguns gases de proteção⁽⁴⁾.

Gás de proteção	Características do processo	Diâmetro do eletrodo (mm)	Metais soldáveis	Espessura (mm)	Posições de soldagem
Argônio	Glob.	1,0-4,0	Metais não ferrosos. (Al, Mg, Cu, Ni,...)	3-10	Plana
	Spray	0,8-1,6		3-40	Todas, princ. plana
	CP	0,8-2,0		1,5-40	Todas
CO ₂ , CO ₂ -O ₂	Curto	0,5-1,4	Aço carbono	0,5-5	Todas
	Glob.	1,6-4,0		4-10	Plana
Ar-(1-5)%O ₂	Spray	0,7-1,2	Aços carbono, baixa, média e alta liga, inoxidáveis.	1-50	Todas
		1,6-4,0		5-50	Plana
	CP	0,7-2,0		1-50	Todas
Ar-(20-25)%CO ₂	Curto	0,5-1,4	Aços carbono, baixa, média e alta liga, inoxidáveis.	0,8-50	Todas
	Glob.	1,6-4,0		3-50	Plana
	Spray	0,8-4,6		2-50	Plana
	CP	0,8-1,6		1-50	Todas

Obs: CP – Corrente pulsada.

A soldagem GMAW semi-automática pode ser realizada com a tocha apontando para a frente ou para trás em relação à direção de soldagem com uma inclinação de até 25° (figura 9). No primeiro caso, o cordão tende a ser mais largo e raso e, no segundo caso, a penetração é maior. Como na soldagem com eletrodos revestidos, o posicionamento da tocha em relação à junta e a sua correta manipulação são importantes. Este posicionamento e manipulação depende de vários fatores como o tipo do material de base, a espessura da junta, o tipo de chanfro usado, parâmetros e posição de soldagem. As figuras 9 a 12 mostram alguns exemplos.

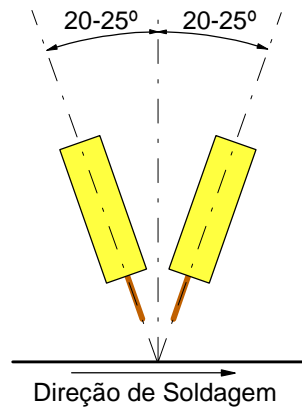


Figura 9 – Posicionamento do eletrodo na soldagem na posição plana

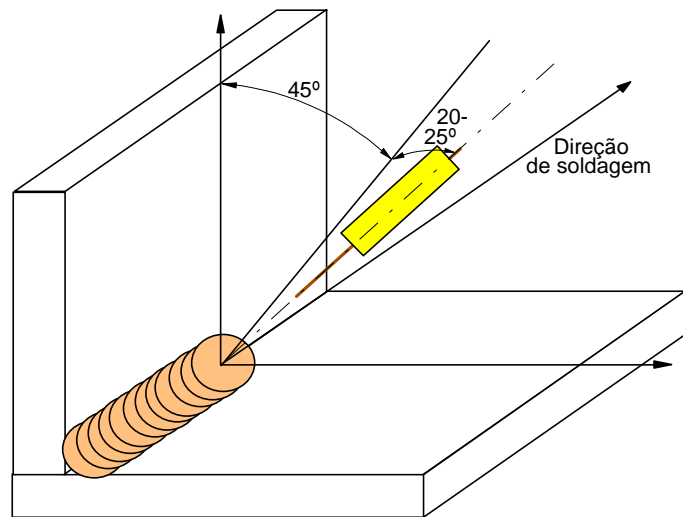


Figura 10 – Posicionamento recomendado para a execução de uma solda de filete.

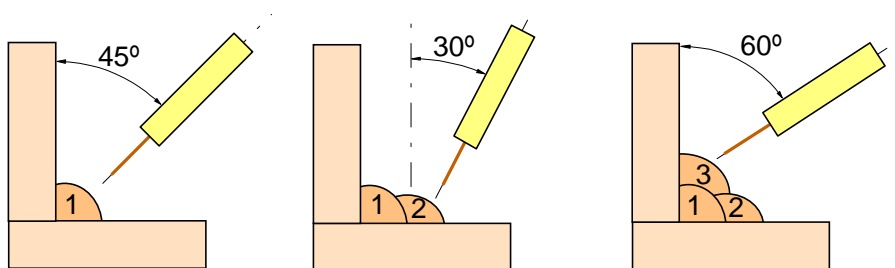


Figura 11 – Sequência de deposição de passes em uma solda de filete.

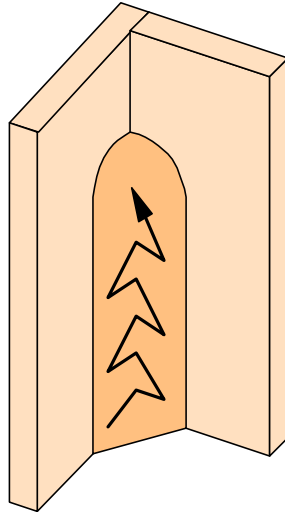


Figura 12 – Movimento de tecimento na soldagem vertical ascendente.

3. Procedimento:

- Inicialmente, os alunos e o instrutor discutem os objetivos, a parte teórica e a metodologia do trabalho. O instrutor mostra o equipamento a ser usado e demonstra o seu funcionamento. As regras de segurança são lembradas.
- Os alunos ajustam o equipamento e treinam a realização de cordões de solda na posição plana, com e sem tecimento.
- Os alunos treinam a realização de cordões em outras posições.
- Os alunos variam os parâmetros de soldagem (principalmente a velocidade de alimentação, a velocidade de alimentação, a tensão do arco e a indutância) e observam a sua influência na soldagem.
- Ao final do trabalho, os alunos e o instrutor discutem os resultados.

4. Resultados e Discussão:

Forma de Transferência	Corrente (A)	Tensão (V)	Observações
1. Curto Circuito			
2. Globular			
3. Aerossol			

Analise os parâmetros de soldagem correspondentes às diferentes formas de transferência e as características destas baseando-se nas discussões sobre o assunto ocorridas nas aulas teóricas e no material do curso.

Referências:

1. GETMANETS, S.M., KORINETS, J.F. **Gas-Shielded Welding (Instructions for Laboratory Work)** Kiev (Ucrânia), Naukova Dumka, 1983.
2. AWS COMMITTEE ON ARC WELDING AND ARC CUTTING, **Recommended Practices for Gas Metal Arc Welding**, AWS C5-6-79, American Welding Society, 1978.
3. AWS, **Welding Handbook**, vol.2,
4. POTAPIEVSKY, A.G. **Gas-Shielded Welding**, Kiev (Ucrânia), Naukova., 1983.