

Processo de Soldagem por Arame Tubular

Engº Roberto Joaquim

INTRODUÇÃO

Data da década de 30 o início da utilização de proteção gasosa nas operações de soldagem, para resolver problemas da contaminação atmosférica nas soldas de materiais reativos (i.e. alumínio, titânio e ligas de magnésio), tendo dado origem ao processo TIG (Tungsten Inert Gas).

Utilizando o mesmo princípio de funcionamento do TIG, ou seja um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo e a peça, envolto por uma atmosfera protetora de gás inerte, surge em 1948 o processo MIG, o qual difere do anterior por utilizar um eletrodo consumível de alimentação contínua.

Inicialmente utilizado para ligas altamente reativas, pois a utilização de gases inertes tornava seu custo elevado para utilização em aços carbono e baixa liga. Quando da introdução do CO₂ como gás de proteção revelou-se um processo bem aceito para soldagem de aço carbono e baixa liga, uma vez que barateou o custo do processo.

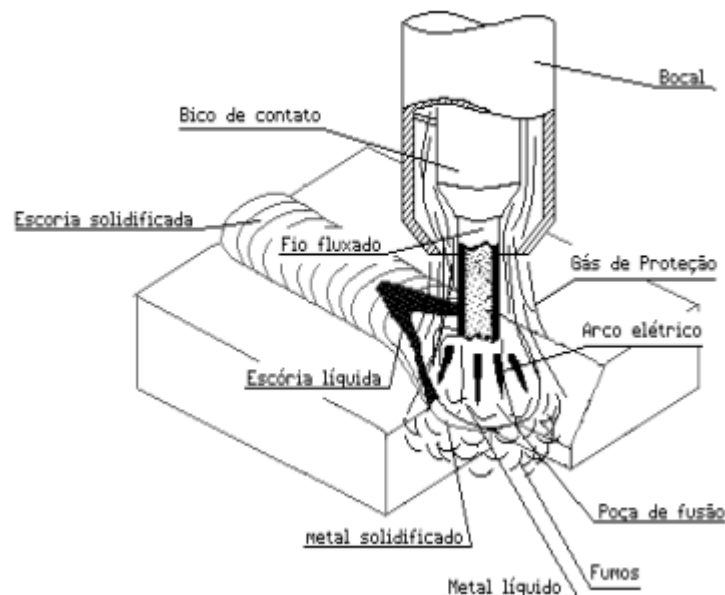


Figura 01

No início apenas arame sólido era utilizado e por volta dos anos 50 foi introduzido o uso de Arame Tubular com proteção gasosa.

Na década de 60 o Arame autoprotegido foi introduzido por pesquisadores e engenheiros da Lincoln Electric [Miskoe 1983].

A utilização de Arame Tubular deu uma alta qualidade ao metal de solda depositado, excelente aparência ao cordão de solda, boas características de arco, além de diminuir o número de respingos e possibilidade de solda em todas as posições, tendo ganho popularidade para soldagem de aços carbono e baixa liga, em chapas de espessura grossa e fina.

Muitas vezes sendo utilizado em fortes espessuras onde a geometria de junta e posição de soldagem não permitia a aplicação de outros processos de alto rendimento tal como arco submerso ou eletroescória.

O processo de soldagem por Arame Tubular tem duas variantes, podendo ser protegido por gás inerte, por gás ativo ou mistura destes ("dualshield") ou autoprotegido, sem a utilização de gases de proteção ("innershield").

Atualmente a utilização de Arames Tubular autoprotegido tem tido grande interesse em consequência da sua versatilidade e possibilidade de aplicação em ambientes sujeitos a intempéries como, na fabricação de plataformas de prospeção de petróleo, estaleiros navais, locais de difícil acesso e condições de trabalho, onde até então era absoluto o domínio do processo de soldagem por eletrodos revestidos, assim como vem aumentando sua utilização em estações de trabalho automatizadas e ou robotizadas.

DEFINIÇÃO

O processo de soldagem por Arame Tubular é definido como sendo um processo de soldagem por fusão, onde o calor necessário a ligação das partes é fornecido por um arco elétrico estabelecido entre a peça e um Arame alimentado continuamente.

É um processo semelhante ao processo MIG/MAG, diferindo deste pelo fato de possuir um Arame no formato tubular, que possui no seu interior um fluxo composto por materiais inorgânicos e metálicos que possuem várias funções, entre as quais a melhoria das características do arco elétrico, a transferência do metal de solda a proteção do banho de fusão e em alguns casos a adição de elementos de liga, além de atuar como formador de escória. Este processo possui basicamente duas variantes:

EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados para soldagem com arames Tubular autoprotegidos e com proteção gasosa são similares. A diferença básica reside no fato de o equipamento para soldagem com proteção gasosa possuir um sistema de envio e controle dos gases ao ponto de trabalho.

A figura abaixo mostra o esquema básico de um equipamento para soldagem com arames Tubular*.

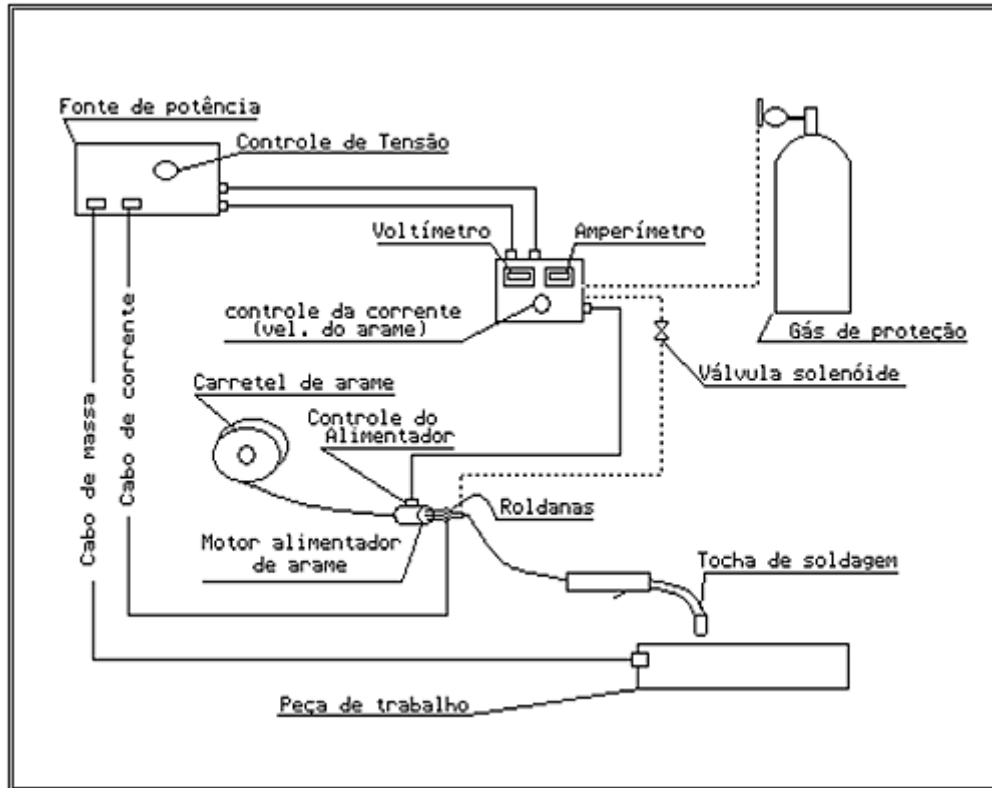


Figura 02- Equipamento básico para soldagem com arames Tubular [AWS, 1991]

Uma outra variante do processo a qual acaba sendo uma grande vantagem é a possibilidade de automatização, possibilitando aumento da velocidade de soldagem, e conseqüentemente aumento da produtividade, bem como assegurando uma menor variação das condições operacionais, assegurando uma maior conatância e repetitividade. A figura 02 mostra uma estação de trabalho automatizada com a utilização de Arame Tubular.

A corrente de soldagem é contínua e a fonte de potência normalmente possui característica de tensão constante, capaz de ajustes da ordem de 1 volt.

Equipamentos com característica de intensidade constante podem também ser usados desde que possuam sistemas de controles adequados a garantir os ajustes paramétricos e alimentação constante do arame.

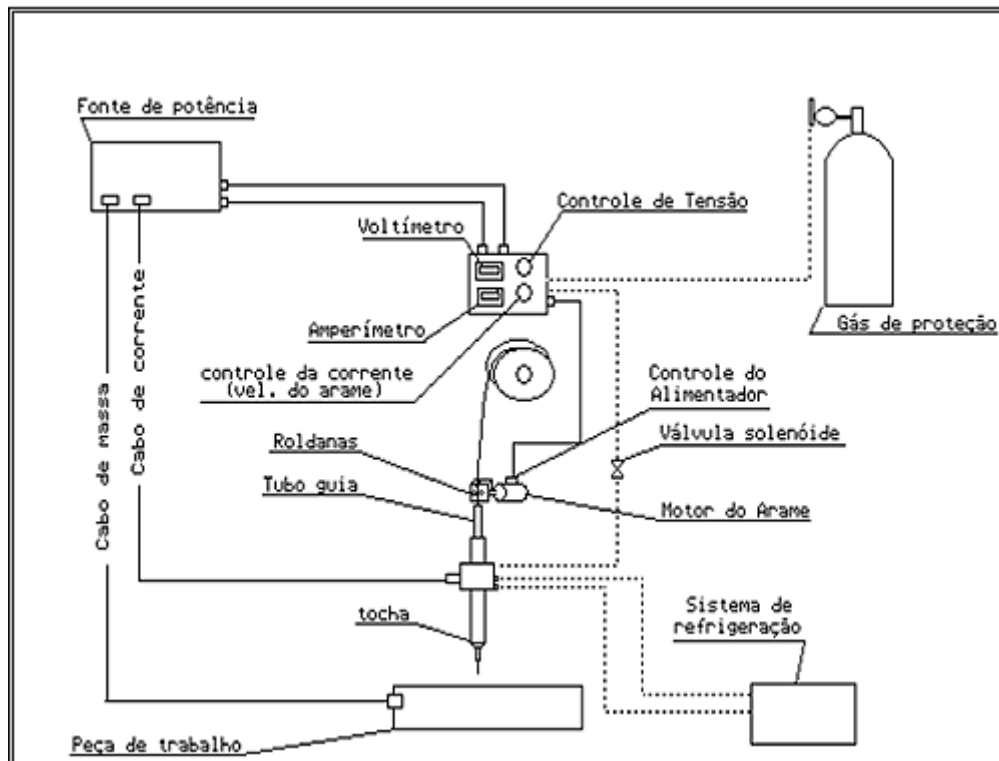


Figura 03- Esquema básico de uma estação automatizada para soldagem com arames Tubular [AWS, 1971]

As tochas de soldagem mostrada na figura abaixo podem ter diversas formas e características de acordo com o uso para qual foram projetadas, em soldagem semi automática ou em linhas automatizadas e ou robotizadas.

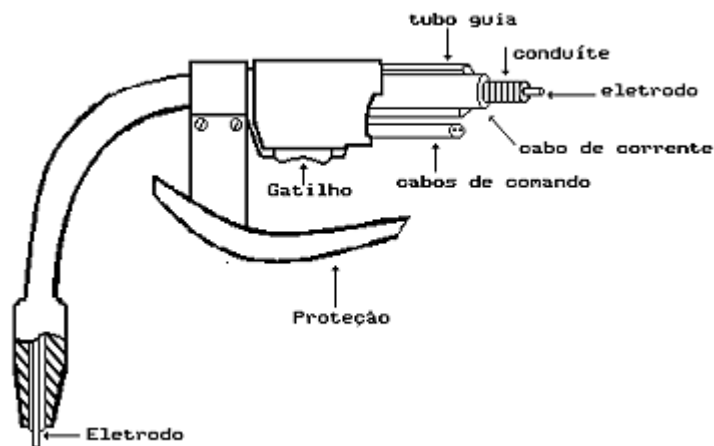


Figura 04 - Tocha para soldagem semi automática

As Figuras abaixo mostram alguns tipos de tochas utilizadas para soldagem com arames Tubular.

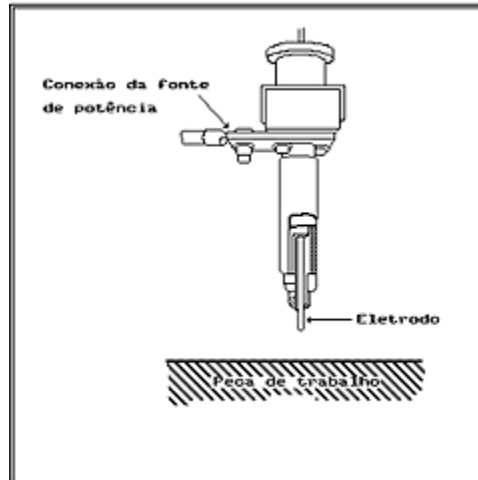


Figura 05 - Tocha para soldagem automática sem proteção gasosa

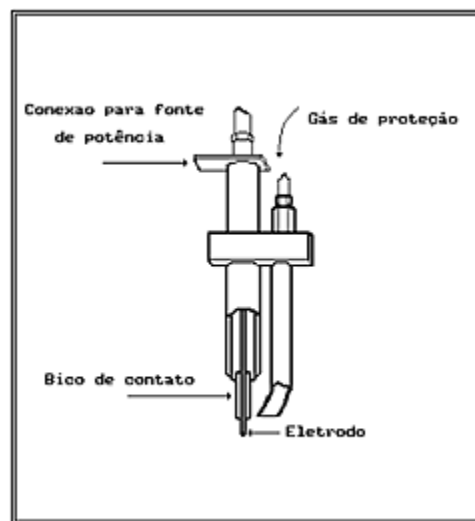


Figura 06 - Tocha para soldagem automática com proteção gasosa

* O equipamento esquematizado na figura 02 pode ser utilizado para soldagem com e sem proteção gasosa.

CONSUMÍVEIS

ARAME TUBULAR COM PROTEÇÃO GASOSA

Na soldagem por arame Tubular com proteção gasosa a queima e vaporização do revestimento proporciona a estabilização do arco elétrico, bem como a melhoria das características do metal depositado.

No entanto, sendo pouca a quantidade de revestimento, a sua queima não permite obter o volume necessário de gases para proteção global do banho de fusão, sendo necessário utilizar uma proteção adicional de gás.

Este gás pode ser inerte (argônio, hélio), ativo (dióxido de carbono) ou mesmo a mistura destes.

ARAME TUBULAR AUTOPROTEGIDO

O arame Tubular autoprotégido possui no seu interior uma quantidade maior de fluxo, o que proporciona durante a sua queima uma produção de gases e fumos suficiente para atuar tanto nas características de fusão já mencionadas, quanto na proteção global da poça de fusão durante a soldagem.

CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÃO DOS ARAME TUBULAR

SECÇÃO TRANSVERSAL E FLUXOS

Os arame Tubular apresentam várias configurações de secção transversal, podendo ser simplesmente um tubo ou configurações mais complexas.

A figura abaixo mostra os tipos de configuração para secções transversais disponíveis atualmente no mercado.

O fluxo encontrado no interior do tubo metálico atua de maneira semelhante ao revestimento nos eletrodos revestidos.

O fluxo pode ser composto tanto por óxidos inorgânicos com funções desoxidantes, degaseificantes, geradores de gases para proteção, desnitrificantes, formadores de escória, estabilizadores do arco elétrico, como também por elementos e ligas metálicas com funções de adição de elementos de liga, melhoria de propriedades químicas, mecânicas e elétricas do material depositado, estabilizadores do carbono e da matriz ferrítica.

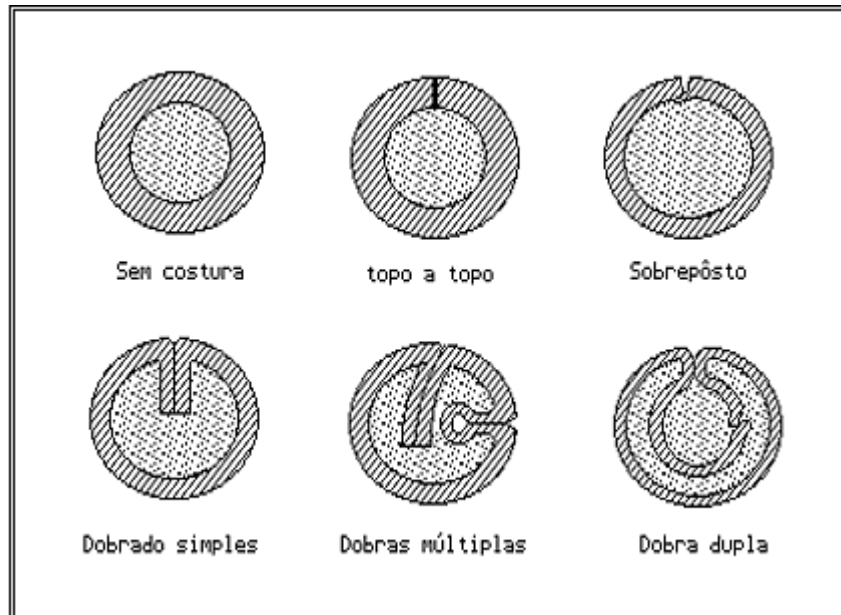


Figura 07 - Seções disponíveis para arame Tubular [Foote, 1983]

CLASSIFICAÇÃO DOS ARAME TUBULAR

As especificações AWS para arame Tubular são as mais comumente adotadas pelos fabricantes de consumíveis e por este motivo resolveu-se utiliza-la no presente trabalho.

Os diferentes tipos de arame Tubular são classificados quanto as propriedades mecânicas, tipo de revestimento e características de soldagem tais como utilização de gás de proteção, soldagem de passe único ou multipasse, tipo de corrente, posição de soldagem e propriedades mecânicas do metal soldado dividindo-se em três categorias:

- Arame Tubular para aços não ligados
- Arame Tubular para aços ligados
- Arame Tubular para aços inoxidáveis

ARAME TUBULAR PARA AÇOS NÃO LIGADOS - AWS A5.20 – 79

E X1X2T-X3

Onde:

E - Significa eletrodo

X1 - Indica o mínimo valor da tensão de ruptura, multiplicado por 10 em Kpsi, podendo ser dois dígitos.

X2 - Indica a posição de soldagem

T - Indica que o arame é tubular, possuindo fluxo ou pó de ferro no seu interior.

X3 - Indica o tipo de fluxo, composição química do metal depositado, tipo de proteção do banho e poça de fusão e outras características.

A seguir são dadas, resumidamente, as características principais de alguns arame com terminação igual para o último dígito.

T - 1 Arame para soldagem multipasse com proteção gasosa, solda em corrente contínua eletrodo positivo (CCEP) em todas as posições, possui escória tipo rutilica. Apresenta arco elétrico estável e poucos respingos.

T - 2 Arame para soldagem em um único passe com proteção gasosa, solda em CCEP nas posições plana e horizontal, possui escória tipo rutilica. Apresenta arco elétrico estável e poucos respingos durante a soldagem.

T - 3 Arame autoprotetidos para soldagem em um único passe, solda em CCEP nas posições plana, vertical descendente (com declive até 20°) e horizontal a altas velocidades, pode ser usado para chapas finas até 5 mm de espessura.

T - 4 Arame autoprotetidos para soldagem multipasse, solda em CCEP em todas as posições, transferência globular, altas taxas de deposição e baixa penetração, possui elementos desulfurizantes conferindo ao metal depositado boa resistência a trinca a quente.

T - 5 Arame para soldagem multipasse com proteção gasosa, solda nas posições plana e horizontal, transferência tipo globular com cordões convexos. Possui fluxo básico, o que lhe confere boa resistência mecânica ao impacto e a trinca a frio

T - 6 Arame autoprotetidos para soldagem multipasse, solda em CCEP nas posições plana e horizontal, transferência tipo "spray", apresentando altas taxas de deposição penetração profunda e escória de fácil remoção. Possui fluxo básico, o que confere ao metal depositado boa resistência mecânica ao impacto a baixas temperaturas.

T - 7 Arame autoprotetidos para soldagem multipasse, solda em corrente contínua eletrodo negativo (CCEN) nas posições plana e horizontal, caracterizando-se por apresentar altas taxas de deposição e boa resistência mecânica a trinca a quente por possuir elementos desulfurizantes e desfosforizantes.

T - 8 Arame autoprotetidos para soldagem multipasse, solda em CCEN em todas as posições. O metal depositado apresenta excelente resistência mecânica ao impacto a baixas temperaturas e boa resistência a trinca por possuir elementos desulfurizantes e desfosforizantes no fluxo.

T - 10 Arame autoprotetido para soldagem em um único passe, solda em CCEN nas posições plana, horizontal e vertical descendente (declive de até 200). Caracteriza-se por apresentar altas velocidades de soldagem.

T - G e T - GS São arame utilizados para soldagem multipasse e passe único, distinguindo-se por não estarem incluídos em quaisquer das classes citadas anteriormente.

Para esses arame não são requeridos o controle da composição química, teste de impacto e dobramento, sendo apenas requerido o teste de resistência mecânica a tração.

ARAME TUBULAR PARA AÇOS DE BAIXA E MÉDIA LIGA - AWS A5.20 – 80

E X1X2TX3-X4

Onde:

As letras E e T, os dígitos X1,X2 e X3 indicam as mesmas características que na AWS A5.20 - 79.

E o dígito X4 indica o principal elemento de liga com o seu respectivo teor i.e. Cr1 indica que o principal elemento de liga é o Cromo contribuindo com 1% na composição da liga.

ARAME TUBULAR PARA AÇOS INOXIDÁVEIS - AWS A5.22 – 80

E X1X2X3 T - X4

Onde:

E - significa eletrodo

X1;X2;X3 - Indicam o tipo de aço inoxidável de acordo com a classificação AISI.

T - Significa que o arame é tubular, possuindo fluxo ou pó de ferro no seu interior.

X4 - Indica o tipo de proteção do banho e poça de fusão.

GASES DE PROTEÇÃO

Os gases utilizados para soldagem com arame Tubular são basicamente os mesmos utilizados na soldagem MIG/MAG com arame sólido, sendo os mais utilizados o dióxido de carbono como gás ativo e argônio e ou hélio como gases inertes, podendo também utilizar-se a mistura destes, de acordo com as especificações do fabricante de consumível.

VARIÁVEIS

FONTES DE POTÊNCIA E POLARIDADE

Os equipamentos utilizados para soldagem com arames Tubular utilizam curvas de característica plana, ou seja de tensão constante e princípio de autoregulação para manutenção dos valores de tensão e velocidade de alimentação de arame inicialmente selecionados.

A corrente de soldagem é contínua podendo a polaridade ser direta ou inversa, consoante ao tipo de arame utilizado. A figura abaixo mostra uma curva característica para uma máquina de tensão constante, tipicamente usada para soldagem com arames Tubular.

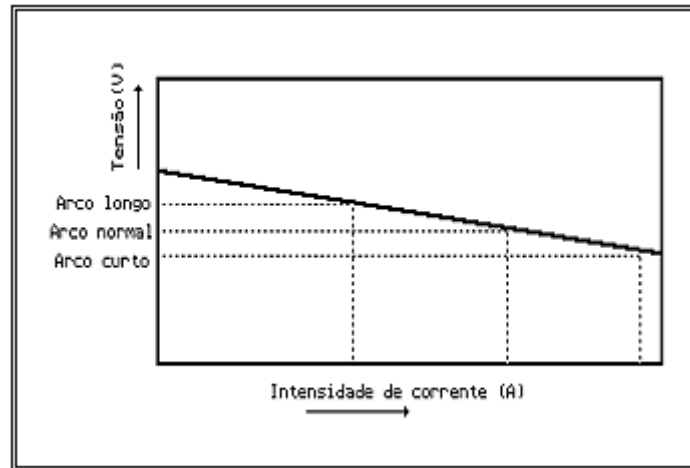


Figura 08 - Curva característica típica de um equipamento de solda de tensão constante

CORRENTE DE SOLDAGEM E TENSÃO DO ARCO ELÉTRICO

A corrente de soldagem tem grandes efeitos no processo [AWS 1978], sendo que a taxa de deposição e penetração do processo são diretamente proporcionais ao aumento da corrente de soldagem.

A Figura abaixo mostram a influência da intensidade de corrente para alguns tipos de arame Tubular.

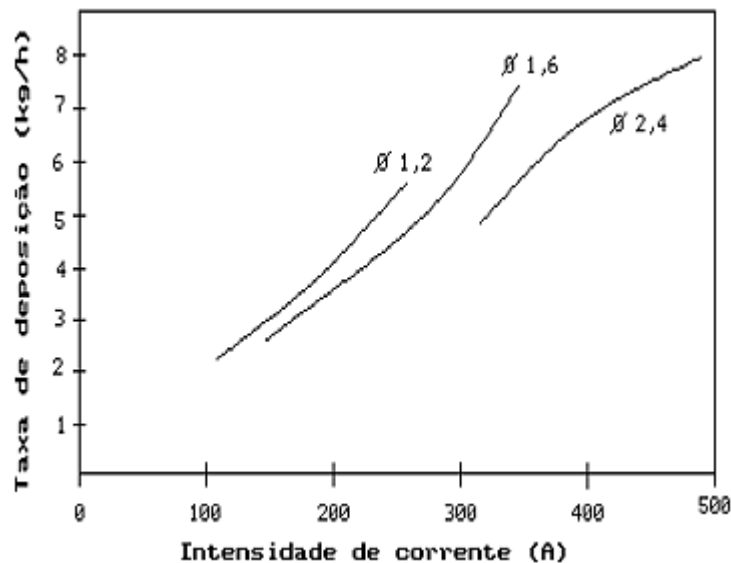


Figura 09 - Taxa de deposição - Arame Tubular tipo T-1 [Jones, 1982]

Com o uso de correntes excessivamente altas o cordão torna-se convexo e de morfologia deteriorada, enquanto que baixas intensidade de corrente tem como consequência uma transferência globular com gotas grandes e excessivos respingos.

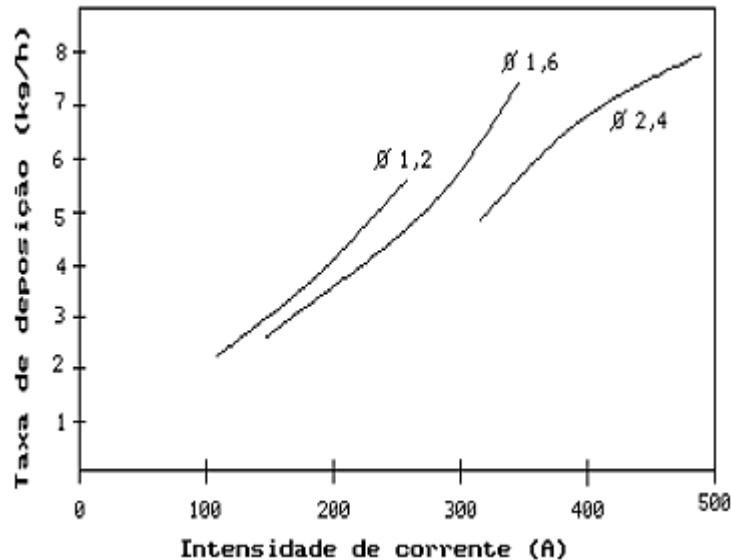


Figura 10 - Taxa de deposição - Arame Tubular tipo T-5 [Jones, 1982]

A tensão de arco está diretamente relacionada com o comprimento do mesmo. Grandes comprimentos de arco causam muitos respingos e irregularidade na morfologia do cordão, além da introdução de nitrogênio no banho (para arames autoprotetidos), enquanto que para pequenos comprimentos de arco há uma diminuição na tensão superficial do banho, originando cordões convexos de pouca penetração.

EXTENSÃO LIVRE DE ARAME ("STICK OUT")

Uma boa proteção do banho de fusão é obtida quando o fluxo é convenientemente aquecido antes da fusão, pela ação do arco elétrico.

O pré aquecimento do fluxo dá-se por efeito Joule, quando da passagem da corrente elétrica pela extensão livre de arame.

A temperatura atingida por esse pré-aquecimento é função do "Stick Out". Se o "stick out" é pequeno, o pré-aquecimento do fluxo é insuficiente e a produção de gases não é adequada a proteção do banho de fusão [Foote, 1983].

Para grandes valores de "stick out" podem ocorrer dissociações prematuras do CO₂.

Essas dissociações causadas pelo aquecimento do arame e atmosfera que o circunda podem originar respingos excessivos, deterioração da morfologia do cordão, além de elevar a temperatura do arame para próximo da temperatura de fusão provocando o amolecimento do mesmo antes de atingir a poça de fusão, o que pode originar desvios na linha de solda.

ÂNGULO DE ATAQUE E SENTIDO DE SOLDAGEM

O ângulo de ataque do arame, ou seja o ângulo formado entre o eixo de simetria do arame em relação a superfície a ser soldada, e o ângulo de arraste que é o ângulo formado entre a tocha de solda e o sentido de deslocamento da linha de solda, são duas importantes variáveis, as quais são citadas em vários Handbooks (AWS e Lincoln).

O que se tenta evitar, controlando estas variáveis, é que o banho de fusão e a escória líquida ultrapassem a frente do arco elétrico, de forma a evitar inclusões de escória, porosidades, diminuição da penetração e morfologia do cordão irregular.

VELOCIDADE DE SOLDAGEM

A velocidade de soldagem segundo Lincoln [Procedure Handbook 1978] é inversamente proporcional a penetração, quando mantidas as outras variáveis constantes.

Velocidades de soldagem muito lentas causam deterioração da morfologia do cordão de solda e podem causar inclusões de escória enquanto que para altas velocidades podem ocorrer mordeduras e faltas de fusão.

TÉCNICAS

SOLDA DE FILETES

O processo é utilizado para solda de filetes em estruturas e equipamentos. Em função da sua grande faixa de utilização, diversas dimensões para os cordões de solda podem ser obtidas com um mesmo diâmetro de arame.

As dimensões desejadas para os filetes podem ser obtidas através de um ou mais passes, variando de acordo com os diâmetros dos arames, propriedades desejadas da junta e posição de soldagem.

A figura abaixo mostra algumas configurações usuais de juntas de filetes.

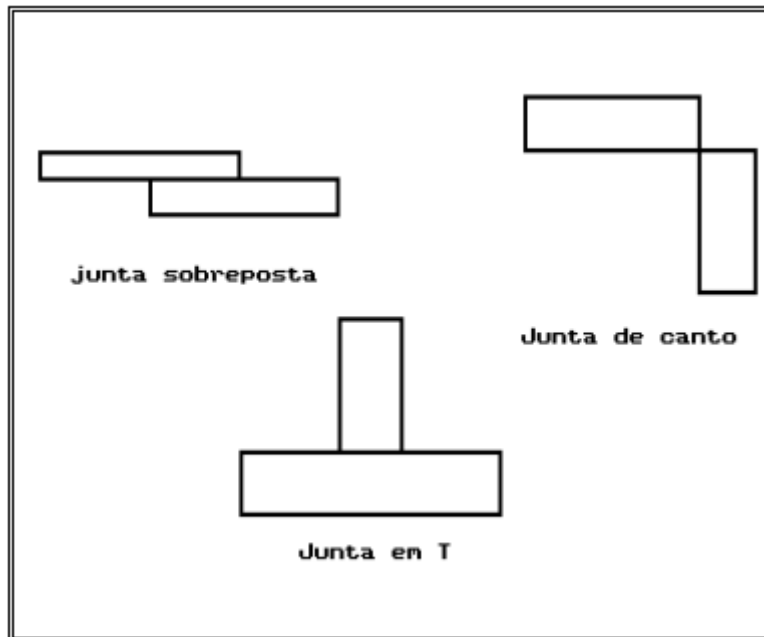


Figura 11- Juntas típicas de filetes Típicas

SOLDA COM PENETRAÇÃO TOTAL

Nesta técnica, o processo de soldagem por Arame Tubular ganhou grande popularidade e credibilidade, pelas suas características de apresentar uma boa penetração e excelente controle da poça de fusão, permitindo a execução de uma junta soldada desde o passe de raiz até ao acabamento em pequenas e grandes espessuras, a possibilidade de soldagem em locais de difícil acesso e em todas as posições com uma alta taxa de deposição, a excelente qualidade do material depositado e um grande fator de utilização.

Este último, é responsável pela grande utilização deste processo em estruturas "Off Shore", onde se exigem altas taxas de deposição com excelente qualidade da junta soldada [Keeler 1981].

A soldagem de penetração total pode ser obtida por apenas um lado com ou sem abertura da raiz, por meio de passe único ou multipasse, consoante as espessuras envolvidas. A soldagem pode também ser executada por ambos os lados da junta caso haja acesso e seja economicamente viável.

A Figura Juntas típicas para solda de penetração total mostra alguns tipos de junta de penetração total mais comumente utilizadas.

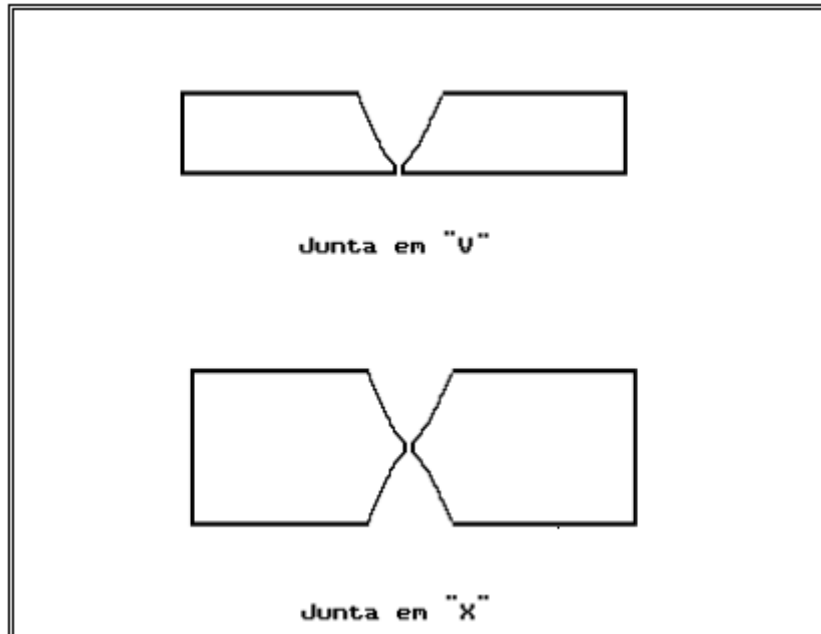


Figura 12 - Juntas típicas para solda de penetração total

CARACTERÍSTICAS

CARACTERÍSTICAS DE FUSÃO

A principal característica de fusão dos Arame Tubular reside no fato de suportarem elevadas densidades de corrente comparativamente a outros processos, mesmo em relação ao arame sólido de igual diâmetro e conseqüentemente apresentar altas taxas de fusão e portanto uma elevada taxa de deposição.

O calor necessário a fusão do arame é originado basicamente por dois fenômenos, sendo um o efeito Joule que aparece quando da passagem da corrente de solda por uma extensão do arame e outro o calor gerado pelo arco elétrico [Medeiros 1989].

Pode então concluir-se que as variáveis que apresentam grande influência na taxa de fusão do arame são a intensidade de corrente, a tensão e o extensão livre do arame (Stick out).

Devido ao fato do arame ser composto por dois materiais diferentes sendo o invólucro metálico e o fluxo um agregado de materiais inorgânicos, este não apresenta uma taxa de fusão constante o que vem a alterar a forma de transferência do metal de solda;

Por vezes ocorre a fusão do arame preferencialmente ao fluxo inorgânico, dificultando sua utilização em condições de transferência controlada (MIG Sinérgico).

O processo FCAW caracteriza-se também por apresentar escória como subproduto. Tanto no "innershield" quanto no "dualshield" existe a formação de escória a partir do fluxo fundido durante o processo, proporcionando proteção ao metal de solda depositado durante e após solidificação até o resfriamento.

A escória formada pode ser de fácil ou difícil remoção, ácida ou básica, consoante ao tipo de fluxo utilizado.

Uma outra característica a tomar em consideração é a penetração obtida com o processo por Arame Tubular.

Esta penetração está associada ao tipo de fluxo, parâmetros de soldagem, gás de proteção (se presente).

Em geral, Arame Tubular com proteção gasosa apresentam características de maior penetração que os Arame Tubular autoprotetidos.

TRANSFERÊNCIA DO METAL DE SOLDA

Um dos principais objetos de estudo na atualidade em relação aos processos utilizados para soldagem dos materiais visa as características de transferência do metal de solda, principalmente em relação a processos semi-automáticos, onde as variações inerentes ao processo tais como o comprimento de arco elétrico e a velocidade de alimentação do arame (responsáveis pela instabilidade do processo), influem na taxa de fusão e no modo de transferência do metal.

Com o surgimento os Arame Tubular esta instabilidade do processo não foi totalmente eliminada.

Contudo, a presença do fluxo atuando durante a soldagem tanto nas características do arco elétrico como no comportamento físico do banho de fusão e metal depositado, veio corrigir alguns defeitos do processo MIG principalmente as colagens, as quais foram responsáveis pela impopularidade deste processo para usos em construções de grande responsabilidade.

A transferência do metal por Arame Tubular varia com o tipo de arame utilizado, proteção gasosa ou ausência desta, polaridade de soldagem e intensidades envolvidas.

Ushio M. e outros [1984] verificaram os tipos de transferência de Arame Tubular com proteção adicional de CO₂ e autoprotégidos sob condições de Corrente contínua polaridade direta (CCPD) e Corrente contínua polaridade inversa (CCPI).

Notaram que para soldagem sob CCPI em condições ideais de intensidade de corrente a transferência do metal dá-se na forma de pulverização axial onde as gotas são formadas a partir da ponta do arame com tamanhos e frequência de destacamento uniformes, conforme esquematizado na Figura Transferência por pulverização axial.

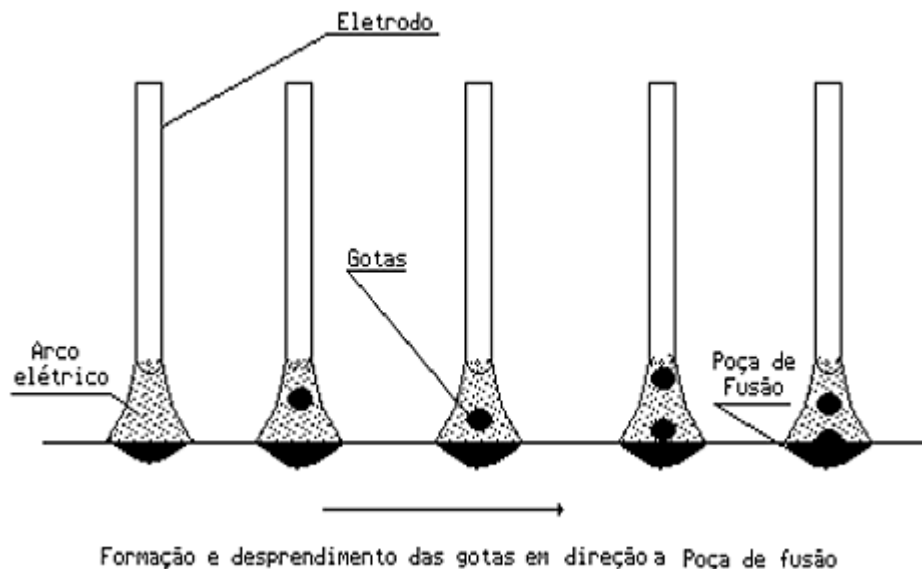


Figura 13 - Transferência por pulverização axial

Entretanto para altas intensidades de corrente a taxa de fusão do arame é maior que a taxa de fusão da escória, provocando a formação de gotas grandes nas partes laterais do arame, que caracterizam a transferência globular onde a formação de gotas grossas não axiais comprometem a coluna de arco e a estabilidade do processo. A transferência globular pode ser observada na figura abaixo.

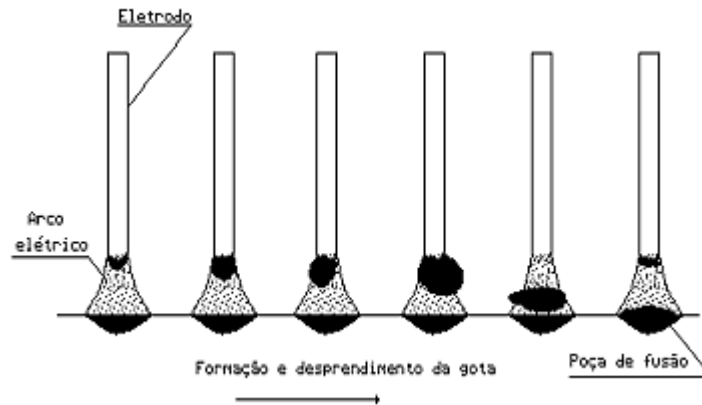


Figura 14 - Transferência globular

Para altas intensidades foi notado também a existência de pequenas explosões, atribuídas a formação de gases, provenientes do fluxo fundido no interior da gota de metal durante a transferência.

Nas condições de CCPD a fusão da alma metálica é muito mais rápida que a do fluxo, as gotas tornam-se grandes, formando-se ao lado da ponta do arame.

A transferência é globular e bastante irregular.

As gotas de fluxo fundido são produzidas dentro da coluna de arco e transferidas independentemente das gotas de metal sendo a reação entre a escória e o metal fundido pequena neste estágio.

A transferência do metal pode dar-se também na forma "spray" ou seja o metal transfere-se a poça de fusão sob forma de gotas de pequenos diâmetros, conforme pode ser observado na Figura - Transferência "spray"

Esta transferência ocorre apenas sob determinadas condições, quando é atingida a intensidade crítica mínima, que é função do diâmetro e tipo de arame.

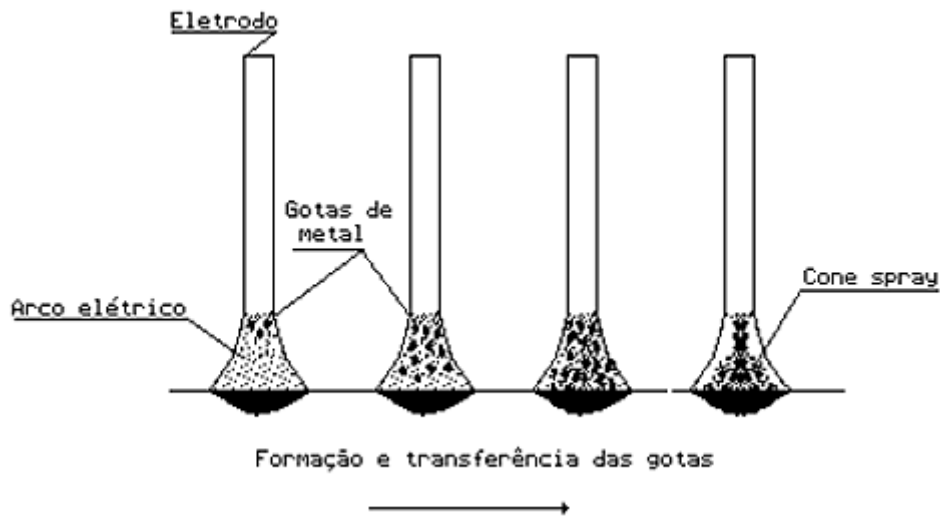


Figura 15 - Transferência "spray"

O tipo de gás de proteção, quando presente, pode diminuir ou aumentar esta intensidade crítica mínima.

O dióxido de carbono aumenta a intensidade crítica, enquanto que o argônio a diminui.

Quando utilizadas baixas intensidades de corrente podemos ter a transferência do metal por curto circuito. Neste tipo de transferência é formada uma gota na ponta do arame, e o destacamento ocorre quando se fecha o circuito elétrico entre a poça de fusão e o arame através da gota formada na ponta do arame.

É um tipo de transferência bastante instável e origina uma série de defeitos tais como respingos excessivos, colagens, podendo também originar inclusões de escória.

A Figura Transferência por curto circuito, mostra o tipo de transferência por curto circuito.

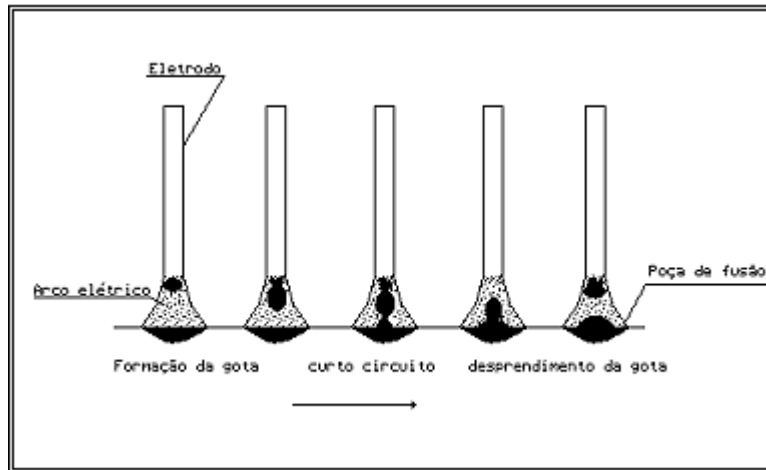


Figura 16 - Transferência por curto circuito

OUTROS INFORMAÇÕES

COMPARAÇÃO COM OUTROS PROCESSOS

Uma das maiores vantagens da utilização do processo FCAW ("Flux Cored Arc Welding") são as altas taxas de deposição atingidas em comparação com as obtidas no processo MIG/MAG utilizando arame sólido e particularmente com o processo de soldagem por eletrodos revestidos, para níveis idênticos de qualidade.

As Figuras abaixo mostram a comparação entre os diferentes processos de soldagem.

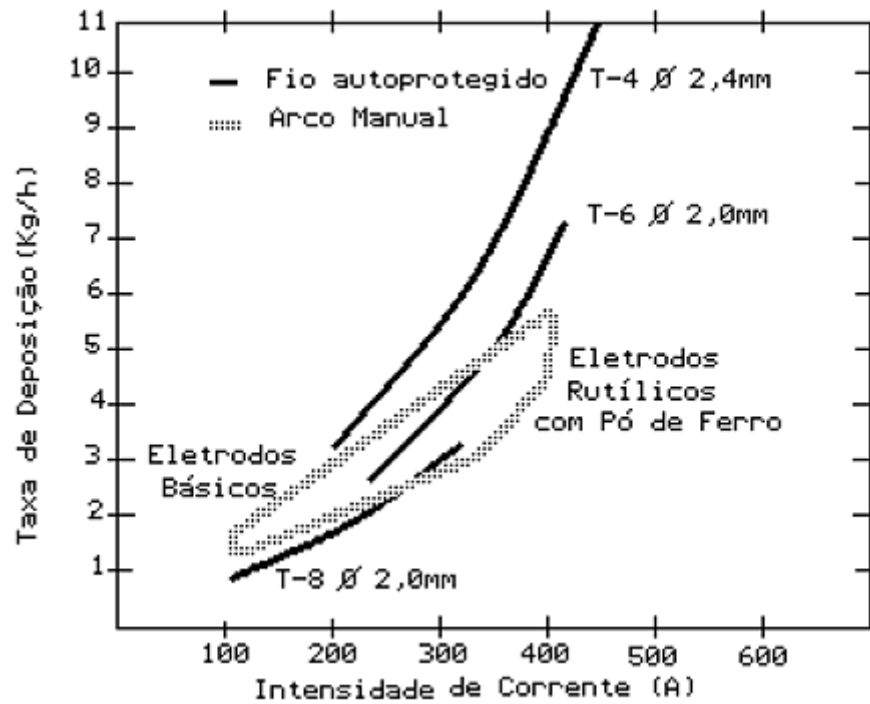


Figura 1- Comparação entre os processos de soldagem por Arame Tubular e eletrodo revestidos [Jones, 1982].

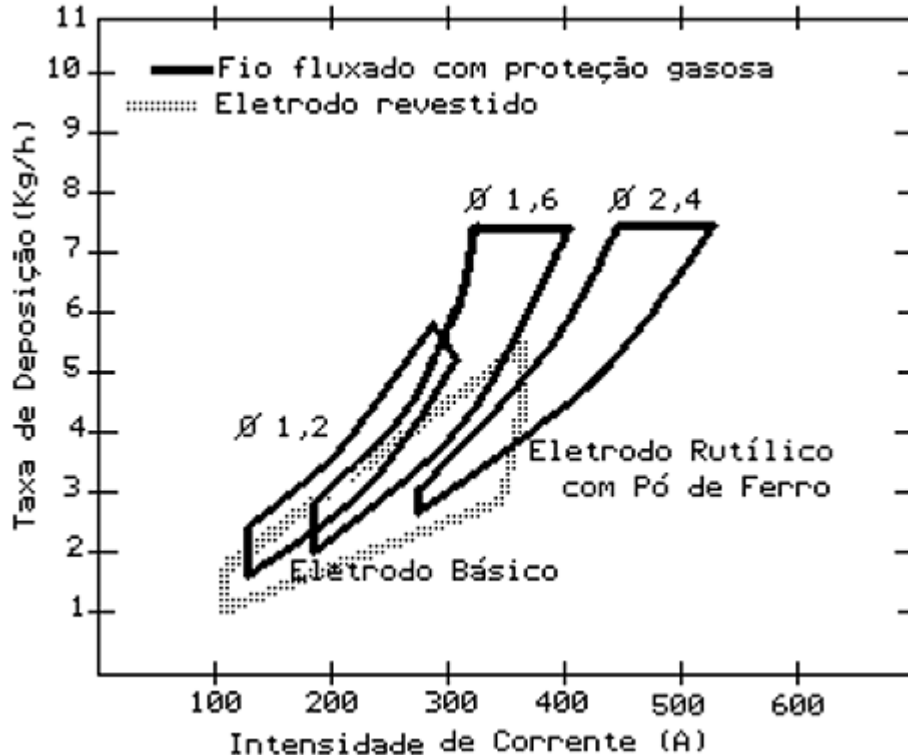


Figura 2 - Comparação entre o processo de soldagem por Arame Tubular e eletrodo revestido [Jones, 1982]

Comparado ao arco manual, taxas de deposição muito mais elevadas são atingidas devido a capacidade de utilização de altas intensidades de corrente. Tipicamente um acréscimo na taxa de deposição de 50% pode ser obtido com um arame T?1 tipo rutílico diâmetro 2.4 comparativamente a obtida com eletrodo revestido, rutílico de 5mm de diâmetro com pó de ferro no revestimento [Jones, 1982].

A taxa de deposição obtida com Arame autoprotetidos varia de acordo com o tipo de fluxo. Outro fator a ter em consideração na análise comparativa do processo em relação a produtividade, é o fator de utilização ou seja o "Duty Cycle" do processo, que devido a alimentação contínua evita as constantes paradas para troca de eletrodos, girando em torno dos 70% para soldagens semi-automáticas, podendo atingir até 100% em estações automatizadas.

Altas taxas de deposição podem também ser obtidas com a utilização de arame sólido quando utilizado o processo MIG/MAG (figura 2.5), porém o comportamento do arame sólido sob altas densidades de corrente encontra-se normalmente associado a um certo número de problemas, incluindo o excesso de perdas por respingos, aumento da suscetibilidade do processo a porosidades além de provocar a deterioração da morfologia do cordão de solda.

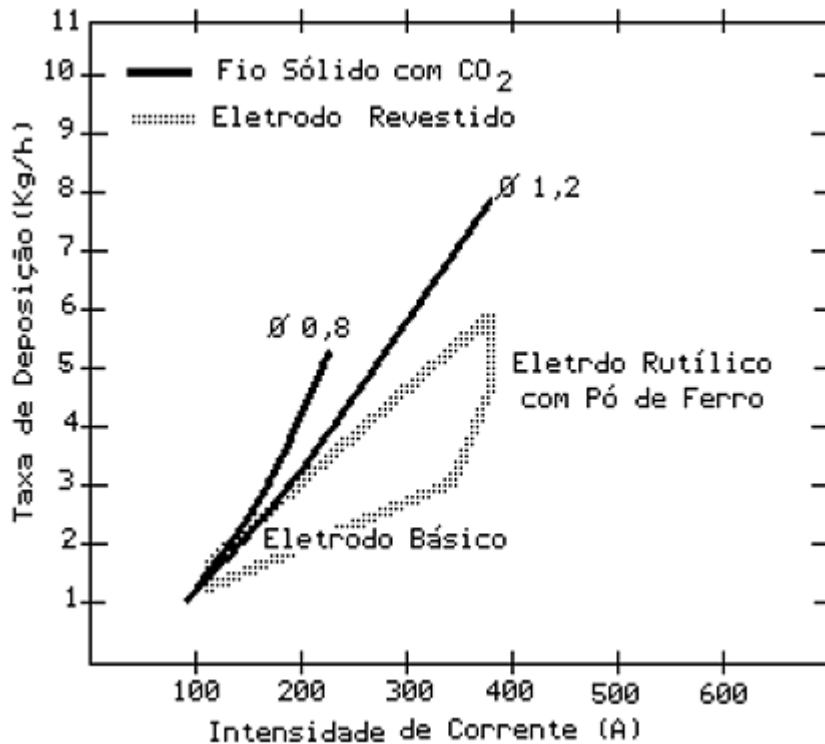


Figura 3 - Gráfico comparativo entre os processos MAG e Eletrodos revestidos [Jones, 1982]

Nestes aspectos a soldagem por Arame Tubular, principalmente com a utilização de proteção gasosa apresenta características operatórias superiores devido a presença do fluxo que torna os consumíveis mais tolerantes as variações inerentes as condições de operação, tais como a velocidade de alimentação do arame e a tensão do arco elétrico, minimizando seus efeitos qualidade da junta soldada.

No entanto, os Arame autoprotégidos operam com faixas de tolerância menor para essas variáveis, porém esta característica não chega a ser necessariamente uma desvantagem, fato que é corrigido com a utilização de equipamentos de soldagem mais sofisticados onde é garantido uma menor variação nos parâmetros de soldagem inicialmente selecionados. Outra grande vantagem do arame autoprotégido reside na ausência de gás auxiliar de proteção, que o torna mais apropriado para utilização em ambientes externos onde a instalação e manutenção de condutos e cilindros gasosos seja dificultada (i.e. Estaleiros Navais, Montagens de campo, montagens em alto mar).

Comparado a outros processos de elevada taxa de deposição tais como arco submerso, eletroescória e eletrogás os Arame Tubular apresentam ainda uma grande vantagem, uma vez que não apresentam limitação quanto a posição de soldagem, espessura mínima a ser soldada apresentando ainda juntas soldadas com menores dimensões da zona termicamente afetada.