

Soldagem de manutenção

© Departamentos Regionais do SENAI-SP, 2003.

Trabalho elaborado pela Escola SENAI “Frederico Jacob”,
Gerência Regional 1 do Departamento Regional do SENAI-SP.

Coordenação geral Norton Pereira

Equipe responsável

Coordenação Eduardo Macedo Ferraz e Souza
 José Soares de Andrade

Adaptação do Benjamim Bueno de Andrade
Conteúdo técnico Cláudio Batista da Silva
Para o SENAI

Capa Agnaldo Miranda dos Santos
 Evandro Campara

SENAI Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
 Departamento Regional de São Paulo
 Av. Paulista, 1313 - Cerqueira César
 São Paulo – SP
Telefone (011) 3146-7000
E-mail senai@sesisenaisp.org.br

Escola SENAI Frederico Jacob
Rua São Jorge, 634 - Tatuapé
São Paulo /SP

Telefone: 0(011) 6191-8566
E-mail senaimanutencao@sp.senai.br

Sumário

PRINCÍPIOS DA TECNOLOGIA DE SOLDAGEM	
• Introdução	5
• Histórico do desenvolvimento da Soldagem	5
• Conceito de Soldagem	7
• Classificação dos processos segundo a natureza da união	10
• Vantagens e desvantagens	11
CAMPO DE APLICAÇÃO	
• Produção	12
• Manutenção	12
PROCESSO DE SOLDAGEM	
Processo de Soldagem “Eletrodo Revestido”	
• Soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido	14
• Ignição do arco elétrico	17
• Acessórios para soldagem ao arco elétrico	18
• Máquinas para soldagem ao arco elétrico	19
• Abrir e manter arco elétrico	27
• Movimentos dos eletrodos	29
• Eletrodo	39
• Classificação de eletrodos revestidos	40
• Tipos de Revestimento	47
• Aplicações e procedimentos	49
• Cuidados especiais com eletrodo revestido	51
Processo de Soldagem “MIG / MAG”	
• Tecnologia do processo Mig / Mag	56
• Equipamentos para soldagem MIG / MAG	58
• Consumíveis e suas aplicações	60
• Transferência de Metal	61
• Posições de Soldagem	64
• Consumíveis	66
Processo de Soldagem “TIG”	
• Equipamento básico	74
• Consumíveis	75
• Etapas do processo de soldagem TIG manual	76
• Problemas operacionais e defeitos nas soldas	77
Processo de Soldagem “Oxi-Acetilênica”	
• Fundamentos	79
• Equipamentos de soldagem	79
• Acessórios	80
• Consumíveis	86

• Normas de segurança	89
Processo de Soldagem “Resistência”	
• Introdução	97
• Equipamento de Soldagem	97
• Tecnologia de Processo	98
• Processos mais comuns	99
• Aplicação, Vantagens e Desvantagens.	101
SOLDABILIDADE DOS MATERIAIS	
• Introdução	102
• Metalurgia da soldagem	105
• Exemplos de ligas	105
• Tipos de ligações	105
AÇO CARBONO	
• Fusão dos aços	106
• Temperabilidade dos aços	110
• Surgimento de trincas	112
• Superaquecimento nos aços	113
INOXIDÁVEIS	
• Tipos de corrosão nos aços inoxidáveis	122
FERRO FUNDIDO	
• Ferro fundido	130
• Classificação dos ferros fundidos	131
• Soldabilidade dos ferros fundidos	132
ALUMÍNIO	
• Alumínio	137
• Soldabilidade do alumínio	138
COBRE E LIGAS	
• Cobre	139
• Soldabilidade do cobre e suas ligas	140
• Processo de soldagem dos latões	141
• Soldagem dos bronzes em geral	143
Defeitos da soldagem	145
Higiene e Segurança	152
Bibliografia	169

Princípios da Tecnologia de Soldagem

Introdução:

No mundo mecânico, umas das atividades desenvolvidas pelos profissionais especializados que nele atuam reside em cortar, aquecer e ou unir peças, barras e chapas metálicas com o uso de um equipamento de soldagem.

O objetivo desta unidade de instrução é capacitar os participantes de conhecimentos básicos da tecnologia de soldagem de manutenção no processo a arco elétrico e soldagem a gás orientando-os a utilizar corretamente os equipamentos e seus acessórios além de aplicar medidas de segurança e higiene no trabalho que possa minimizar acidentes.

Contudo, pois nem sempre haverá a presença do especialista para resolver os problemas de soldagem.

Histórico do desenvolvimento da Soldagem.

A mais antiga notícia que se tem sobre a soldagem remontam á soldagem por forjamento da “espada de damasco” (1300 a.c.) e o uso de uma espécie de maçarico soprado pela boca, usando o álcool ou óleo de combustível, que os egípcios usavam para fundir e soldar bronze, técnica legadas a gregos e romanos.

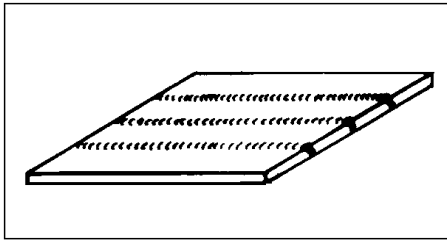
A arqueologia tem revelado obras metálicas soldadas, de difícil explicação operacional, tendo em vista as poucas disponibilidades técnicas daqueles tempos: é o caso dos pilares de ferro de 20metros de alturas e 40 cm de diâmetro descobertos na cidade de Delhi, com trabalhos em soldagem por forjamento, contemporâneo de cristo.

A fase propriamente histórica da soldagem começa no século XIX. Algumas datas ligadas a essa história.

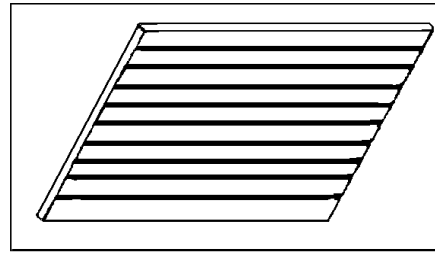
- 1801 Sir Humphrey cria o arco elétrico entre terminais de um circuito;
- 1836 Davy descobre o acetileno, que em 1832 Wohler ligava ao carbureto de cálcio como meio de obtenção do acetileno;
- 1837 Rchemont estuda a chama aero-hídrica (ar + hidrogênio);
- 1847 Hare funde 1Kg de platina com um maçarico oxi-hídrico (oxigênio + Hidrogênio)

- 1850 Saint-Claire-Deville estuda a chama oxi-hídrica;
- 1856 Joule, acidentalmente realiza uma soldagem por resistência de fios de aço;
- 1877 Thomson sistematiza e estuda a soldagem por resistência elétrica com auxílio de pressão mecânica. É considerado o pai da soldagem por resistência (Primeira patente em março de 1886 seguidas de 150 outras).
- 1880 Moissan estuda o arco elétrico para fornos: em 92 fabricas o carbureto de cálcio no forno elétrico;
- 1885 Bernardos usa o eletrodo de carvão para fusão localizada do aço. Como curiosidade é interessante lembrar que a tensão do arco varia de 100 a 300Volts e a corrente de 600 a 1000 Amperes, iniciava-se a passagem da corrente em curto circuito e em seguida o operador estabelece um arco de 5 a 10 cm de diâmetro de eletrodo de quase 50cm de comprimento. Bernados realiza também a primeira soldagem a ponto por resistência também com eletrodos de carvão;
- 1887 Fletcher realiza os primeiros ensaios de perfuração de aço sob jato de oxigênio;
- 1891 Slavianof realiza a primeira soldagem de chapas de aço com eletrodo metálico nu;
- 1895 Le Chatelier estuda a chama oxiacetilênica e prevê as suas aplicações industriais;
- 1898 Linde produz o oxigênio industrialmente;
- 1901Fouche e Picard apresentam o primeiro maçarico oxiacetilênico industrial;
- 1902 Musener (firma) patenteiam a chama de aquecimento e jato de oxigênio combinado;
- 1902 Claude aperfeiçoa a unidade de produção de oxigênio;
- 1904 Picard apresenta o maçarico de oxicorte;
- 1907 Kjellberg aplica um revestimento ao eletrodo de soldagem a arco;
- 1924 Langmuir propõe a soldagem ao hidrogênio atômico;
- 1935 TIG;
- 1936 Soldagem sob fluxo;
- 1938 Soldagem dos materiais plásticos.

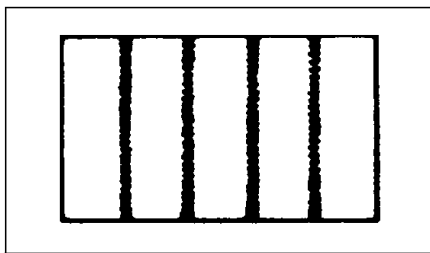
Tais princípios envolvem operações como as ilustradas a seguir:



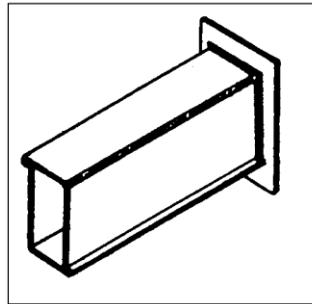
Solda executada na posição plana



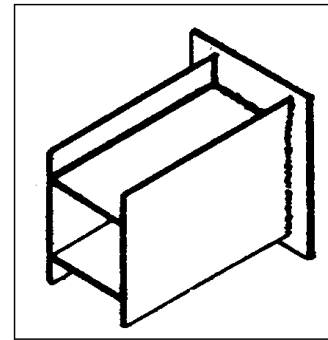
Solda executada na posição horizontal



Solda executada na posição vertical



Ponteamto



Conjunto soldado

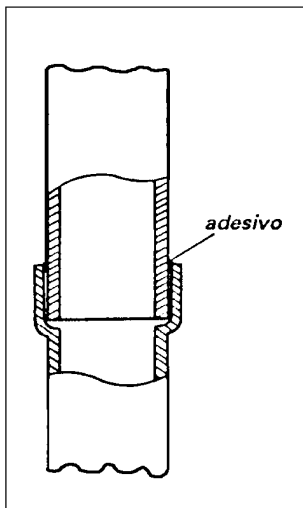
Conceito de soldagem

A soldagem é um processo manual ou mecânico por meio do qual podem-se unir, refazer ou revestir materiais, alterando ou não suas propriedades e características originais. O calor e a pressão são duas variáveis que normalmente aparecem nos processos de soldagem. Essas duas variáveis via de regra elas contribuem de forma isolada ou combinadas para a formação da solda.

Porém, há casos particulares de soldagem que não utilizam nem calor e nem pressão para formar a solda.

Veja os exemplos a seguir para compreender claramente o conceito de soldagem.

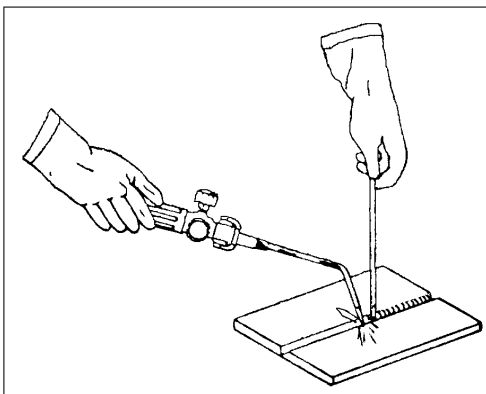
Conforme a ilustração a seguir, dois tubos de PVC estão sendo unidos com um adesivo apropriado. É um caso de soldagem por adesivo.



Nesse processo, não há fornecimento de calor externo e nem geração de calor nas regiões dos tubos a serem unidas.

Não há nem pressão entre as paredes dos tubos, pois o de menor diâmetro encontra-se apoiado na reentrância do de maior diâmetro. O adesivo está sendo colocado e formará uma solda após o endurecimento. Durante o endurecimento, o adesivo combina-se quimicamente com as moléculas de PVC que estiverem em contato com ele.

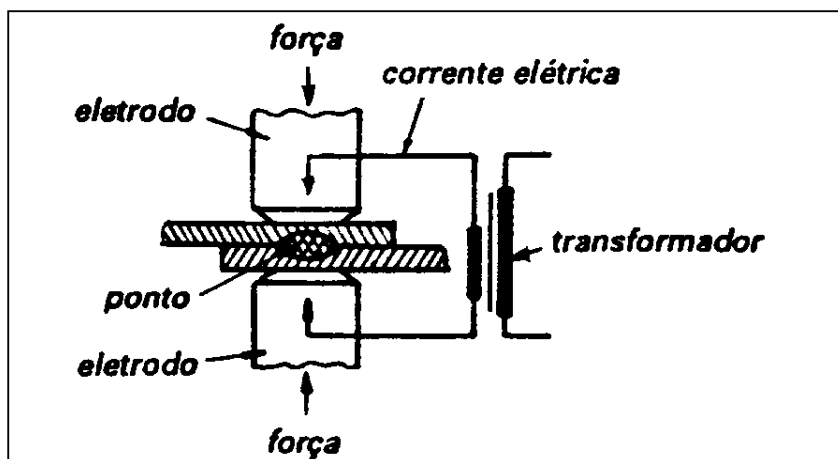
Conforme a ilustração a seguir, vemos duas chapas metálicas sendo unidas. Não há pressão. Há apenas calor externo sendo fornecido por uma chama. A solda é obtida pela fusão de um material que é adicionado na região das partes a serem unidas.



Durante o processo, a região das chapas que recebem aquecimento, via de regra, sofre alterações estruturais.

Após a fusão, o material fundido se solidifica e a união promovida.

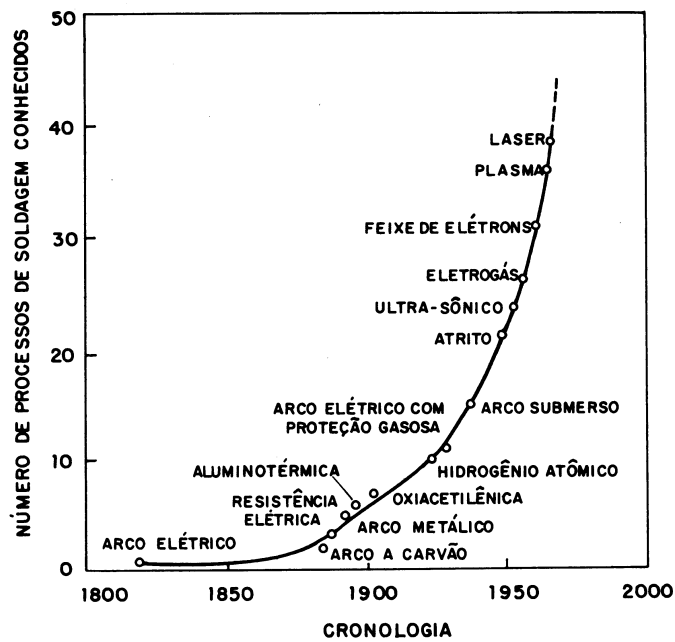
Conforme a ilustração a seguir temos uma soldagem a ponto. Não há calor externo sendo fornecido às chapas a serem unidas. Há pressão, isto é, aplicação de uma força distribuída por uma área.



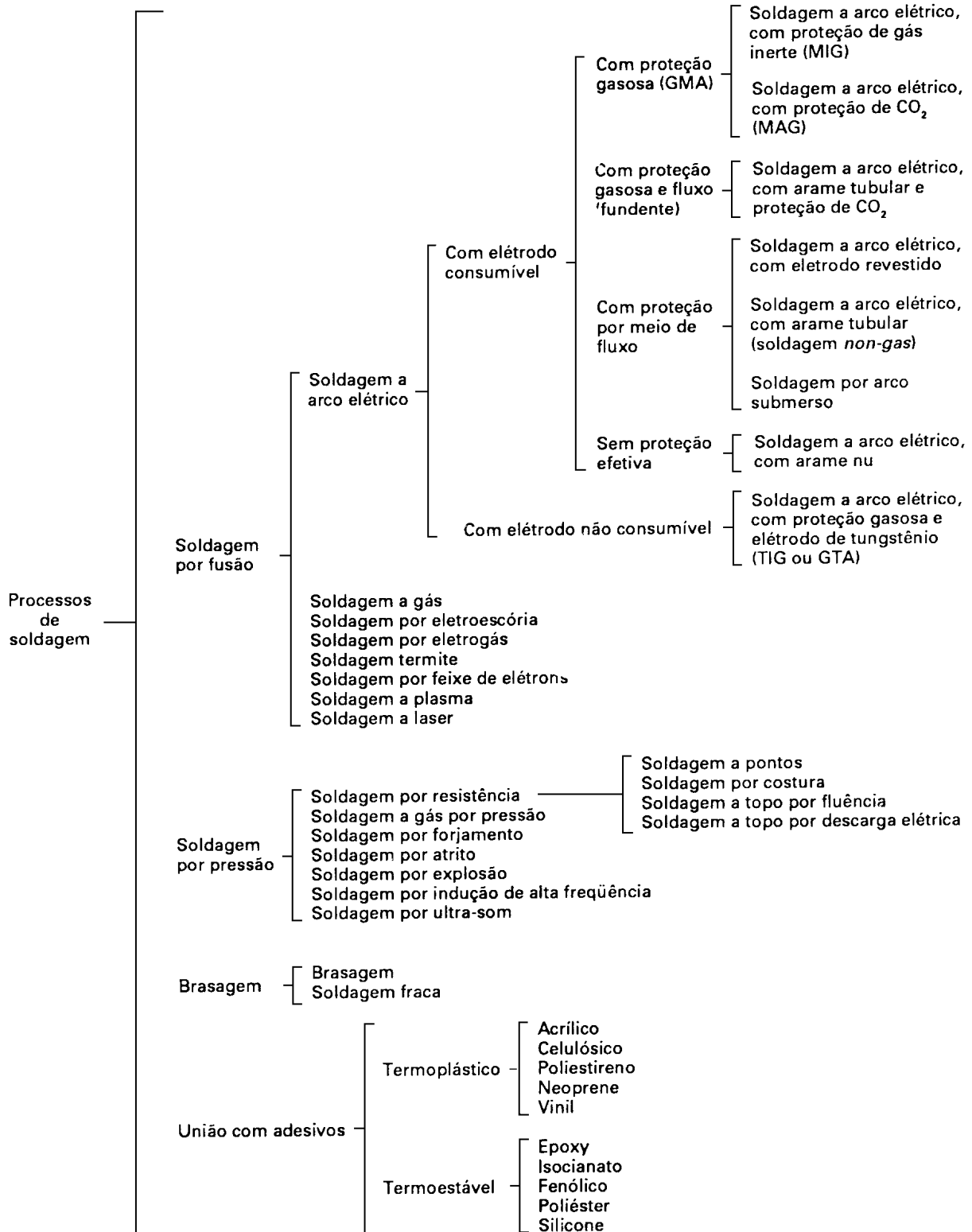
O ponto de solda surge devido ao calor interno que é obtido pela transformação de energia elétrica em calorífica. De fato, a energia elétrica faz os átomos da região do ponto de solda vibrarem cada vez mais. O aumento das vibrações acarreta um aumento da temperatura. Após um certo tempo, chega-se a uma temperatura tal que ocorre a fusão na região do ponto. Esfriada, a região se solidifica e a união ou soldagem das chapas é obtida. A soldagem é realizada pelo homem desde os tempos pré-históricos e vem evoluindo desde então. Hoje, quando se fala em soldagem, recai-se nos chamados processos de soldagem.

Veja a seguir alguns processos de soldagem utilizados no mundo moderno.

Evolução dos processos ao longo do tempo:



Classificação dos processos segundo a natureza da união.



Os tipos de energia empregadas nos processos de soldagem são:
Mecânica, química, elétrica e radiante.

Energia mecânica

- O calor é gerado por atrito ou por ondas de choque, ou por deformação plástica do material.

Ex: Processo de soldagem por atrito, por forjamento, ultra-som.

Energia química

- O calor é gerado por reações químicas exotérmicas como, por exemplo, a queima de um combustível (chama) ou a reação de oxidação do alumínio.

- Ex: processo de soldagem oxiacetilênico e aluminotérmico.

Energia elétrica

- O calor é gerado ou pela passagem de corrente elétrica, gerando aquecimento ou com a formação de um arco elétrico. No primeiro caso, o aquecimento é realizado por efeito Joule, enquanto no segundo é através do potencial de ionização, corrente e outros parâmetros de soldagem.

Ex: Efeito Joule- processo de solda a ponto, solda por costura, solda por projeção, centelhamento.

Arco elétrico – Soldagem com eletrodo revestido, MIG, MAG, TIG, Arco submerso.

Energia radiante

- O calor é gerado por radiação eletromagnética (laser) ou por um feixe de elétrons acelerados através de um potencial.

Vantagens

- Redução de peso;
- Economia em tempo de execução;
- Melhor fluxo de força, quando solicitado;
- Suporta elevados esforços mecânicos, tanto quanto, ou mais que a peça;
- Usado em revestimento aumenta significativamente a vida útil do material;

Desvantagens

- Não podem ser desmontáveis;
- Ocorrência de trincas e deformações;
- Exige, dependendo da utilização, acabamento posterior;
- Em trabalhos de responsabilidade, exige mão de obra especializada, além de ensaios mecânicos dos cordões, o que encarece a operação.

Campo de Aplicação

1- Produção

Este é o campo de maior difusão e projeção da solda, não só pelo maior volume de suas aplicações como pela sua maior espetaculosidade.

Onde quer que se empreguem metais, a solda logo após a matéria-prima, é o elemento de maior necessidade e portanto, de uso indispensável.

Nos dias atuais, qualquer que seja a modalidade da indústria de construção ou de fabricação, sem o emprego da solda não poderá existir.

Seria possível apresentar uma lista imensa de aplicações mas não é necessário, uma vez que é bastante repetir o que acima foi dito: ***onde se emprega metal de qualquer tipo a solda é um segmento obrigatório.***

Para facilitar e regulamentar o seu emprego foram estabelecidas as especificações técnicas indispensáveis.

Nomenclaturas e símbolos próprios, tipos de juntas, posições, processos de execução, fórmulas para cálculos, tolerâncias, tratamentos térmicos, testes de inspeção, tudo foi preparado, discutido e determinado por Associações técnicas especializadas.

Os materiais a serem soldados e os materiais de solda foram objeto de cuidadosa classificação.

Com tudo isso, hoje o soldador de produção é um elemento que necessita apenas possuir a necessária habilidade manual ou os conhecimentos mecânicos necessários, quando se tratar de uma soldagem automática, para executar um serviço já definido em projeto pelos técnicos.

Nestas condições, a solda de produção segue uma orientação técnica segura e garantida, que permite um número cada vez maior de aplicação.

2- Manutenção

Já no campo da solda de manutenção, principalmente em nosso país, o aspecto é bastante diferente.

Sem possuir a espetaculosidade do outro campo de aplicações, a solda de manutenção tem um papel de igual importância enfrentando, porém dificuldades muito maiores.

A ela compete entre outras funções, a de manter em funcionamento as linhas de produção. A recuperação rápida e econômica de toda a maquinaria, cuja substituição, sempre é onerosa e muitas vezes impossível.

Assemelha-se a sua ação, ao papel representado pela infantaria em uma guerra; não tem o efeito e o impacto de uma aviação ou de uma divisão blindada, mas sem ela, sem que avançando entre todas as dificuldades, ocupe o terreno conquistado e estabeleça as bases de operação e manutenção, não haverá novo avanço, não haverá linhas de suprimento, enfim não se ganhará a guerra.

Governando a sua aplicação não existem normas ou especificações técnicas. Para orientar a sua execução, a escolha do material de adição, os processos a ser seguido, o tratamento térmico que porventura for necessário, não existem regras ou determinações técnicas definidas.

Terá que utilizar os seus próprios recursos para determinar qual a composição do material base: terá que soldar muitas vezes, em posições difíceis e mesmo perigosa. Terá enfim, o soldador ou técnico de manutenção de se constituir sozinho em projetista, calculista, engenheiro e soldador para resolver satisfatoriamente os mil e um problemas que se apresentem.

Para tanto, só poderá contar com os seus conhecimentos técnicos, sua determinação e flexibilidade para obter resultados com qualidade.

A solda de manutenção deixa então, de ser uma aventura para se constituir em uma aplicação segura e eficiente, capaz de assegurar um alto rendimento econômico.

Em um país como o Brasil, em que o desconhecimento das reais possibilidades da solda de manutenção não permitiu que a mesma tivesse a divulgação já alcançada em outros países, as perspectivas de grandes aplicações são as mais promissoras possíveis.

Para atingi-las, para transformá-las em meios de satisfação geral, é que são necessários todos os requisitos a que já nos referimos.

Processo Eletrodo Revestido

Introdução:

A soldagem ao arco elétrico é um processo de soldagem por fusão originada pela ação direta de calor de um arco voltaico.

Atualmente, é o processo mais utilizado em soldagem nas indústrias de construção naval, ferroviária, automobilística, civil metálica, metalúrgica, elétrica e mecânica.

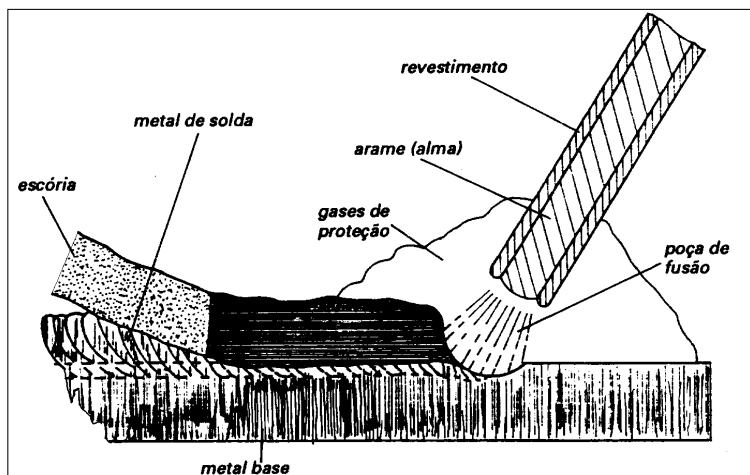
Como você pode perceber, o campo de aplicação da soldagem elétrica é vasto, principalmente em razão de ser este um processo rápido, econômico e que não provoca demasiado aquecimento na peça, permitindo assim que ela seja trabalhada com maior facilidade.

Princípios do processo

A soldagem manual ao arco elétrico com eletrodos revestidos é um processo no qual um arco elétrico é estabelecido entre duas partes metálicas (a peça de trabalho ou metal-base e o eletrodo consumível). O calor gerado pelo arco é suficiente para fundir ambos os metais e o material do eletrodo consumível é parcialmente depositado na peça de trabalho por gravidade e ou pela força do arco.

O arco elétrico é formado pela passagem da corrente elétrica de um pólo a outro em um circuito elétrico, mantido entre eles um determinado espaço de ar. Esse espaço é chamado de comprimento do arco.

Os elétrons livres que formam a corrente elétrica percorrem o espaço de ar entre a peça e o eletrodo a uma velocidade tal que acontece um choque violento entre os elétrons e íons; este choque ioniza o ar, isto é, carrega-o de eletricidade, e produz o arco elétrico ou arco voltaico.

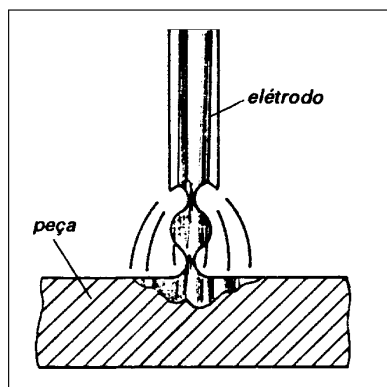


Como a velocidade dos elétrons que saem do pólo negativo da fonte geradora é muito grande, produz-se uma temperatura elevada que chega até a 4000°C quando os elétrons atingem o pólo positivo.

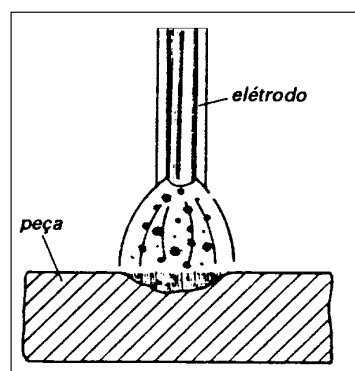
Esta temperatura elevada funde o metal da peça e o eletrodo de modo que após o resfriamento, a peça estará soldada.

O eletrodo que se funde é transformado em gotas que são transferidas sob essa forma para a poça de fusão.

Essas gotas podem ser pequenas, quase uma névoa, no caso de soldagem com correntes de alta intensidade; ou grande, no caso de soldar com baixa intensidade de corrente.



Gotejamento grosso



Gotejamento fino

De modo geral, podemos dizer que as gotas menores têm menor poder de penetração mas promovem melhor transferência e, portanto, melhores uniões soldadas. Por outro lado, as gotas maiores apresentam maior penetração, mas podem ocasionar perigo de curto-circuito. O modo de transferência, com gotas pequenas ou grandes, é

determinado pela corrente de soldagem, pela composição do revestimento e pelo ponto de fusão do eletrodo, entre outros motivos.

O revestimento do eletrodo, após a fusão, transforma-se em escória, que recobre e protege a poça de fusão da contaminação do ar. O revestimento também pode dar origem a gases que envolvem a poça de fusão para evitar o ingresso de oxigênio e nitrogênio da atmosfera na poça de fusão.

O revestimento é formado pela mistura de certos componentes combinados em determinadas proporções. Cada componente tem uma ou mais funções como: estabilizador do arco, formador de escória, gerador de gases redutores, desoxidantes, fornecedor de elementos de liga, oxidante e, finalmente, fixador do revestimento.

Quando o arco elétrico é alimentado por corrente contínua, cada choque de íons ou elétrons dá lugar à formação de novos íons. Deste modo, o arco elétrico se mantém continuamente, pois os elétrons que se chocam contra o pólo positivo (o lugar da soldagem) são atraídos pelo pólo negativo (eletrodo). A energia destes elétrons aquece a ponta do eletrodo e este aquecimento é suficiente para dirigir a corrente elétrica até o ponto de soldagem e conservá-la.

No caso de arco elétrico de corrente alternada, vemos que não existe um pólo determinado, pois o eletrodo e a peça de trabalho trocam sua polaridade cinqüenta ou sessenta vezes por segundo, de acordo com a freqüência ou número de períodos; isto quer dizer que temos alternadamente pólo positivo e pólo negativo. A conservação do arco de corrente alternada é mais difícil porque, além da troca de pólos, há as interrupções do arco, devido aos breves intervalos da corrente ao alcançar o valor zero; essas interrupções são originadas pelo movimento das gotas metálicas que se desprendem do eletrodo.

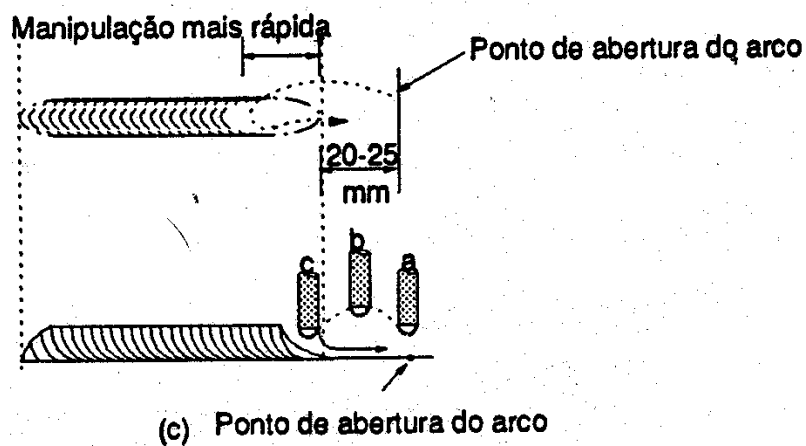
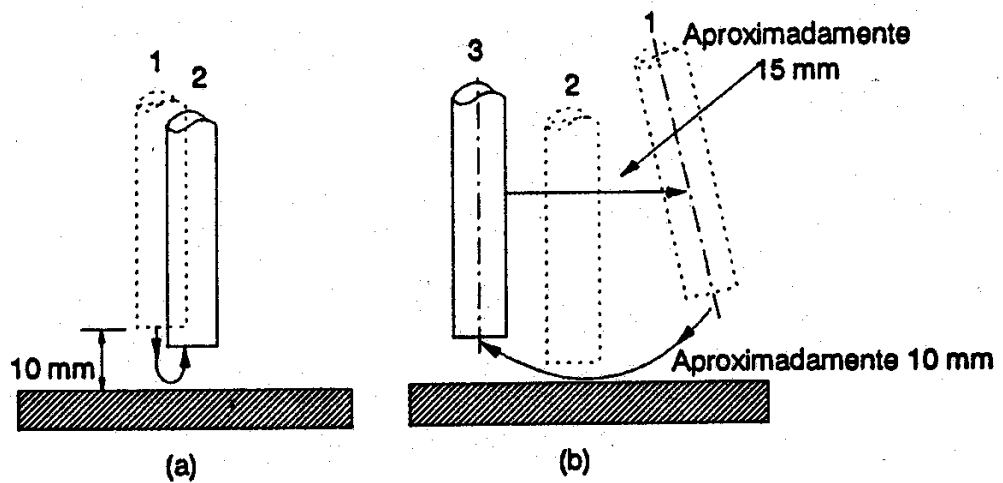
O arco só não se quebra porque o tempo em que ocorre a inversão de corrente é muito curto. O espaço de ar entre o eletrodo e a peça de trabalho não chega a esfriar a ponto de apagar o arco.

O arco deve ser mantido o mais curto possível (3 a 4mm) a fim de reduzir a chance de que as gotas do metal em fusão entrem em contato com o ar ambiente, absorvendo oxigênio, que tem efeito bastante contrário nas propriedades mecânicas do metal depositado.

Ignição do arco elétrico

A ignição é feita com um ligeiro toque do eletrodo na peça de trabalho, no local onde a soldagem deve começar, seguido do afastamento do eletrodo. Quando o eletrodo é separado da peça, forma-se o arco, percebido por um ruído seco, característico de um bom arco.

O toque do eletrodo deve ser muito leve e rápido para evitar que o curto-circuito formado pela grande intensidade de corrente possa fundir o eletrodo, ligando-o à peça. Se isso acontecer, é preciso balançar o eletrodo de um lado para outro, até desprendê-lo.



Acessórios para soldagem ao arco elétrico

Os acessórios principais para soldagem ao arco elétrico são: porta-eletródo, cabo, grampo de retorno, picadeira e escova com fios de aço.

Porta-eletródo



É um acessório muito importante. Serve para prender o eletródo firmemente, pois um eletródo mal preso não executa uma boa soldagem. O porta-eletródo deve agüentar a intensidade máxima de corrente a ser usada, sem esquentar.

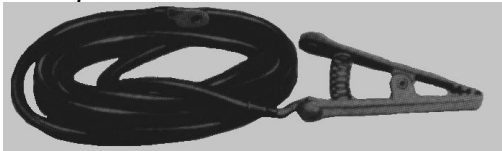
Cabo



O cabo ou condutor leva a corrente elétrica da máquina ao porta-eletródo; também deve suportar a intensidade máxima de corrente sem esquentar e, ao mesmo tempo, ser bem flexível.

Um cabo rígido dificulta o trabalho e cansa o soldador. Quando é necessário um cabo de comprimento superior a 15-20 metros, recomenda-se usar um cabo de bitola ou diâmetro um pouco maior para reduzir uma possível queda de intensidade de corrente.

Grampo de retorno



Ligado ao cabo, também é chamado de terra; o grampo é preso à peça de trabalho ou à tampa condutora da mesa sobre a qual a peça repousa. Todas as ligações do grampo devem ser firmes, pois contatos frouxos significam circuito ineficiente.

Picadeira



É uma ferramenta com dois lados: um termina em ponta e outro em forma de talhadeira. A picadeira tem as pontas endurecidas e agudas. Apresenta um cabo de aço. Serve para retirar escória e respingos.

Escova com fios de aço



É formada por um conjunto de arames de aço e um cabo de madeira para segurar.

Serve para limpeza do cordão de solda.

Máquinas para soldagem ao arco elétrico

A soldagem ao arco elétrico é feita com auxílio de máquinas que fornecem a tensão e a corrente necessárias ao funcionamento do arco elétrico.

Existem três tipos de máquinas utilizadas na soldagem: geradores, retificadores e transformadores. As duas primeiras fornecem corrente contínua e a última fornece corrente alternada.

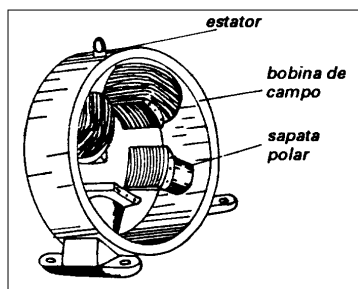
Gerador



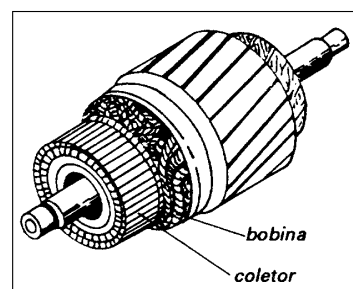
O gerador é a máquina que transforma energia mecânica em energia elétrica. Esta máquina é na verdade um conjunto, composto de um dínamo ou gerador de CC - corrente contínua - acionado por um motor elétrico ou um motor a diesel ou gasolina; este motor fornece a energia mecânica necessária para fazer o dínamo funcionar.

O dínamo acoplado ao motor é composto basicamente de duas partes: estator ou carcaça, que é partes fixas da máquina, e rotor, que é a parte móvel.

O rotor possui bobinas - uma espécie de carretel com fio de cobre enrolado - que produzem uma corrente elétrica que é, por sua vez, retirada por meio de coletores; estes são constituídos por lâminas de cobre isoladas uma das outras por lâminas de mica (material isolante) e a sua função é transferir a energia do enrolamento do rotor para o exterior.



Estator



Rotor

No circuito de corrente contínua (CC), o condutor que leva a energia para a peça de trabalho está no lado negativo e o outro, por onde a energia retorna, está no lado

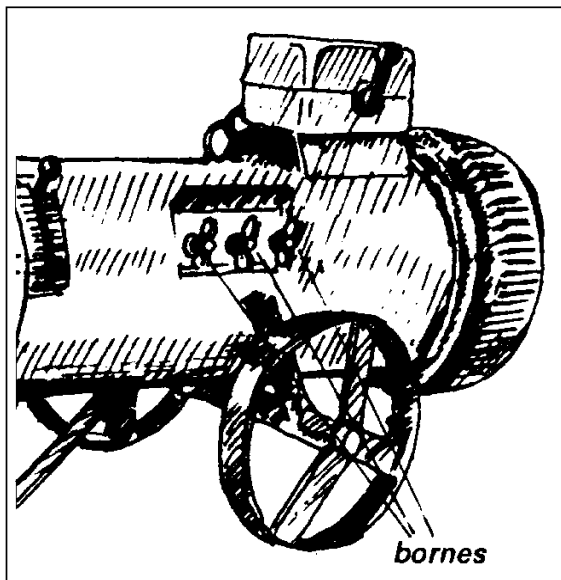
positivo. A essa situação chamamos polaridade direta, isto é, a energia sai do pólo negativo e retorna pelo pólo positivo.

Na soldagem com CC em que se utiliza eletrodo nu ou de revestimento leve, a peça a ser soldada deve ser ligada ao pólo positivo do circuito e o eletrodo ao pólo negativo; isto porque a intensidade de calor é muito maior no pólo positivo do que no pólo negativo.

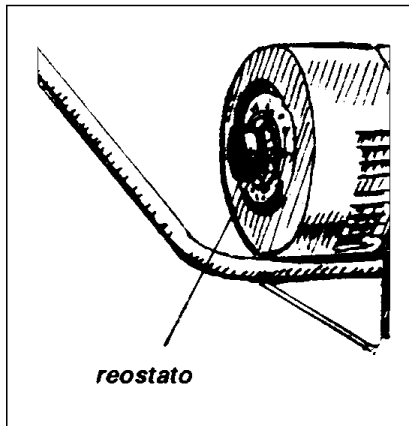
Essa intensidade de calor no pólo positivo é importante porque a massa da peça é muito maior que a massa do eletrodo; havendo mais calor junto à peça, esta e o eletrodo alcançarão o ponto de fusão ao mesmo tempo.

Porém, existem alguns eletrodos mais aperfeiçoados que são utilizados em polaridade invertida, isto é, a peça é ligada ao pólo negativo e o eletrodo ao pólo positivo. De modo geral, a polaridade invertida é usada com eletrodos fortemente revestidos para soldagem de ferro fundido e para soldagem com eletrodos não-ferrosos, como cobre e alumínio.

Antes de iniciar a operação de soldagem com auxílio de máquina, é necessário regular a intensidade de corrente elétrica e a tensão elétrica. A regulagem é feita para manter um equilíbrio entre intensidade e tensão de modo a manter o calor necessário para a estabilidade do arco.



A intensidade de corrente no gerador é regulada por meio de três terminais ou bornes; dois são positivos e um negativo. Cada um dos pólos positivos corresponde a uma faixa de intensidade de corrente. De acordo com o diâmetro do eletrodo, seleciona-se um ou outro pólo; em seguida, desloca-se a alavanca de intensidade de modo a fazer corresponder a intensidade desejada com a graduação existente junto à alavanca.



A regulagem de tensão também é feita de acordo com o eletrodo. Eletrodo mais fino exige tensão mais alta; um eletrodo com diâmetro maior pede uma tensão mais baixa. Regula-se a tensão por meio do reostato, isto é, chave controladora de tensão. Esse reostato apresenta uma graduação numa escala de 0 a 10 que serve de indicação para tensão menor ou maior. Para regular, a prática aconselha partir de um valor médio e aumentar a tensão na medida do necessário. Quando houver aquecimento excessivo da peça, fato que se percebe pelo aumento da poça de fusão, é sinal de que a tensão está muito alta e é necessário baixá-la.

Vantagens de uso do gerador

Um conjunto de gerador acionado por um motor a diesel ou a gasolina é independente da rede elétrica, portanto pode ser usado em qualquer lugar.

O gerador permite o uso de todos os tipos de eletrodo porque fornece corrente contínua (CC).

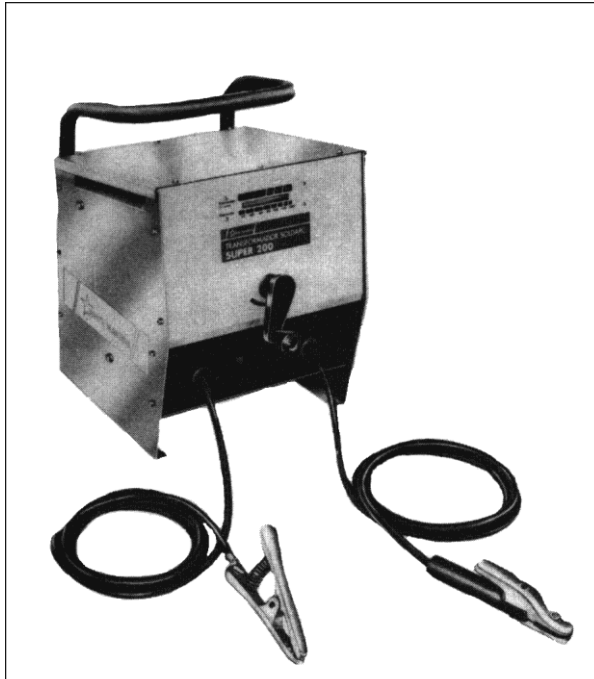
No entanto, apesar dessas vantagens, o gerador é um equipamento caro, com alto custo de manutenção.

Como qualquer outra máquina, o gerador precisa ser utilizado com cuidado a fim de proporcionar o melhor rendimento.

Uma vez que o gerador possui partes móveis, é preciso estabelecer um plano de manutenção e de lubrificação para essas partes. Os coletores exigem limpeza constante e as escovas devem ser trocadas periodicamente.

Transformador

É uma máquina que torna possível aumentar ou diminuir a tensão da corrente alternada, ao mesmo tempo em que diminui ou aumenta a intensidade de corrente, permitindo a obtenção da fonte de calor necessária para a soldagem.



O transformador comum é constituído de um núcleo com lâminas de aço ao silício e dois enrolamentos ou bobinas: o de alta tensão, chamado primário, e o de baixa tensão, chamado secundário. A corrente que provém da rede circula pelo enrolamento primário e gera um campo de força magnética no núcleo.

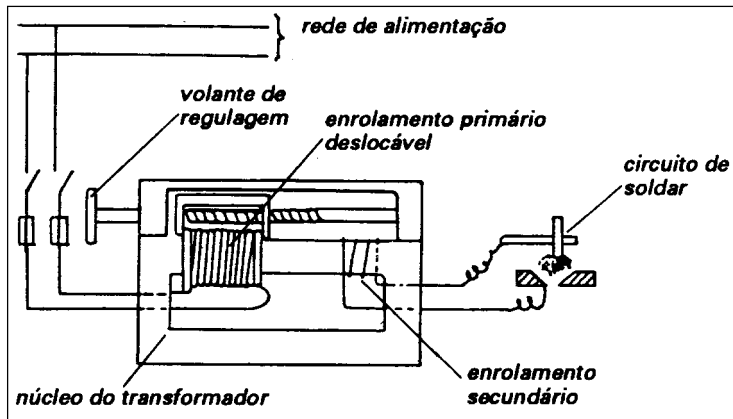
Esse campo atua sobre o enrolamento secundário e produz nele alta intensidade de corrente e baixa tensão. Essa corrente alternada de baixa tensão é que gera o calor necessário para soldar.



A regulagem do transformador comum é feita conectando o cabo do porta-eletrodo no pino correspondente à intensidade desejada. Cada pino está ligado a um enrolamento com um número maior ou menor de espiras, o que condiciona a intensidade de corrente.

Existe um outro modelo de transformador cuja regulagem é feita movimentando o enrolamento móvel para que este provoque o afastamento entre o enrolamento

primário e o secundário. Este afastamento é conseguido por meio da manivela que, girada no sentido horário, aumenta a intensidade e girada no sentido anti-horário, diminui.



Vantagens do transformador

- Baixo custo de equipamento.
- Baixo custo de manutenção, pois não possui peças móveis.
- Elimina o risco de fusão desigual do eletrodo e de defeito na solda.
- Não há desvio do arco elétrico.

Por outro lado, o transformador desequilibra a rede de alimentação devido a sua ligação monofásica, isto é, de uma só fase e apenas admite eletrodo que proporcione boa ionização da atmosfera onde é formado o arco elétrico.

Retificador

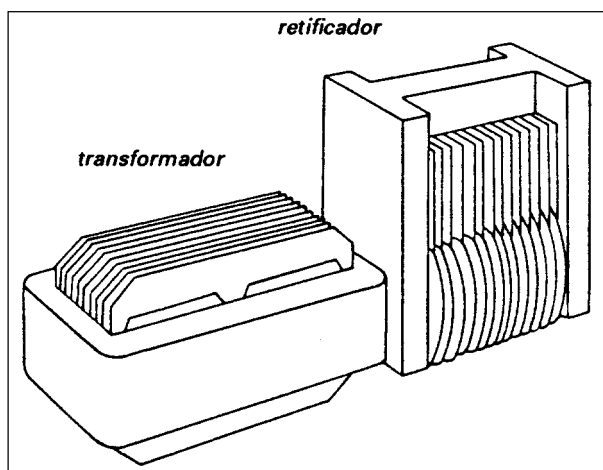
O retificador é a máquina que transforma diretamente a corrente alternada em corrente contínua. É composto de duas partes distintas: um transformador e um retificador propriamente dito, formado por placas de selênio, silício ou germânio. Apresenta também um ventilador encarregado de refrigerar as placas retificadoras.

O transformador modifica a corrente da rede de alta tensão para baixa, ao mesmo tempo em que aumenta a intensidade da corrente; o retificador retifica ou transforma a corrente de baixa tensão procedente ao transformador em corrente contínua de alta intensidade para a soldagem. Pode ser considerado, em essência, como uma válvula elétrica que só permite a passagem da corrente em um único sentido.

Veja na figura abaixo um exemplo de retificador.



Veja na figura a seguir a parte interna do retificador.



Vantagens do retificador



Baixo custo de aquisição.

Baixo custo de manutenção.

Proporciona um arco elétrico estável.

Permite a utilização de qualquer tipo de eletrodo.

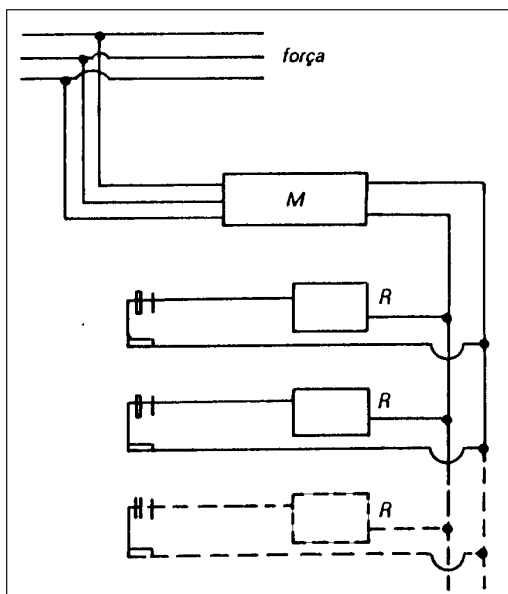
Existe também uma outra máquina que é ao mesmo tempo transformador e retificador, isto é, fornece corrente contínua ou corrente alternada. Basta apenas ligar o cabo do porta-eletrodo no terminal correspondente à corrente desejada.

Máquina de potencial constante

Trata-se de máquina destinada a servir a vários soldadores ao mesmo tempo. Esta máquina fornece corrente elétrica a um barramento comum do qual saem ligações para os diversos postos de soldagem. Em cada um dos postos existe um dispositivo especial para regular a corrente desejada.

A tensão em circuito aberto fornecido por essa máquina varia, em geral, de 55 a 90V. A intensidade da corrente consumida pode variar de 3WA até alguns milhares de ampères.

A máquina de potencial constante pode fornecer corrente contínua e corrente alternada para os postos de soldagem. Este tipo de instalação é adequado apenas para grandes oficinas, com muitos postos de soldagem próximos entre si.



Vantagens da máquina de potencial constante

Baixo custo de instalação.
Aproveitamento de espaço.

Uso correto das máquinas: ciclo de trabalho

Usar corretamente as máquinas é muito importante para conservá-las em perfeito estado e conseguir maior rendimento.

Assim, antes de ligar a máquina, é preciso certificar-se de que os cabos, as conexões e os porta-eletrodos estão em bom estado.

Quando trabalhar com o retificador, lembre-se de não desligar a máquina imediatamente após o término da soldagem; deixe-a funcionando durante aproximadamente cinco minutos para que o ventilador possa esfriar as placas de silício.

No caso de usar o gerador, é preciso lembrar que a chave para ligar a máquina possui dois estágios; assim, é preciso ligar o primeiro estágio, esperar o motor completar a rotação e só depois ligar o segundo estágio.

Outro ponto importante a considerar é o ciclo de trabalho da máquina. Ciclo de trabalho é a porcentagem de tempo, em 10 minutos, em que a máquina opera efetivamente. Deste modo, um ciclo de 100% quer dizer que a máquina pode trabalhar todo o tempo, sem a necessidade de descanso. Já um ciclo de 80% indica que a máquina deve trabalhar por 8 minutos e descansar 2, a cada 10 minutos de trabalho.

As máquinas que apresentam ciclo de trabalho são o transformador e o retificador. Essas máquinas trazem uma placa com informações sobre o funcionamento, intensidade de corrente, tensão elétrica e ciclo de trabalho, entre outras. É preciso, pois, observar as informações da placa para que seja garantido o perfeito funcionamento da máquina de soldar.

Por exemplo, se um retificador trabalha com intensidade de corrente de 250A e tem ciclo de trabalho de 100%, significa que a máquina pode trabalhar sem parar, desde que a corrente não ultrapasse os 250A.

No caso de uma soldagem que requisite intensidade de 300A, é preciso consultar a indicação de ciclo de trabalho correspondente a essa intensidade. Em alguns modelos de máquinas, a indicação está na própria máquina, compondo uma tabela. No caso de não existir essa indicação, é possível utilizar a tabela a seguir.

Intensidade de corrente em ampères	Ciclo de trabalho em % a cada 10 minutos
Até 120	100
De 130 a 160	80
De 170 a 190	70
De 200 a 250	60
De 260 a 300	50

Abrir e manter arco elétrico

Acender e manter o arco elétrico é a operação que consiste em estabelecer o arco elétrico entre o eletrodo e a peça sem que haja interrupção. A repetição desta operação desenvolve habilidades de abrir o arco elétrico e mantê-lo a uma distância constante entre a peça e o eletrodo.

Esta operação se aplica a todos os trabalhos de solda elétrica sempre que este trabalho é iniciado ou reiniciado.

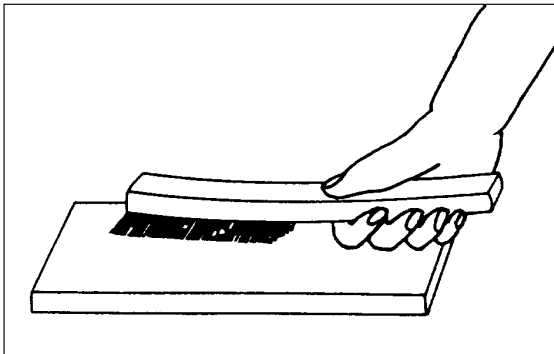
Processo de execução

1 Prepare o material.

Observações

O material deve estar isento de graxa, óleo, óxidos, tintas, etc.

Para retirar os óxidos dos materiais use uma escova com fios de aço.



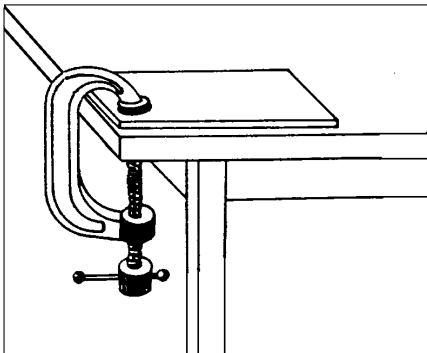
Precaução

Use óculos de segurança.

Posicione o material sobre a mesa de soldagem.

Observação

Se necessário prenda a peça na mesa de soldagem.

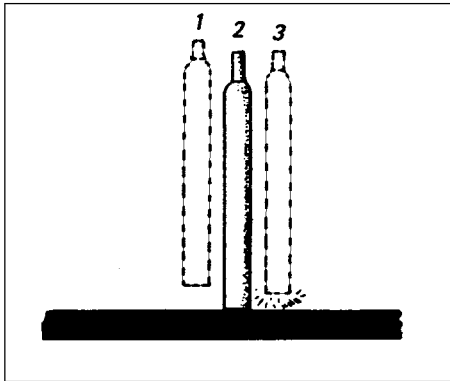


2 Prepare o equipamento de soldagem elétrica.

Precaução

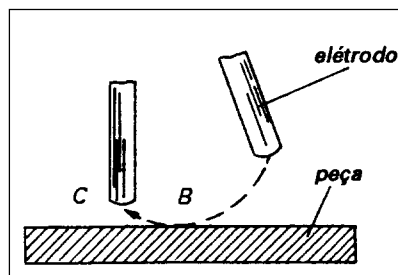
Use equipamento de proteção individual.

3 Acenda o arco elétrico.



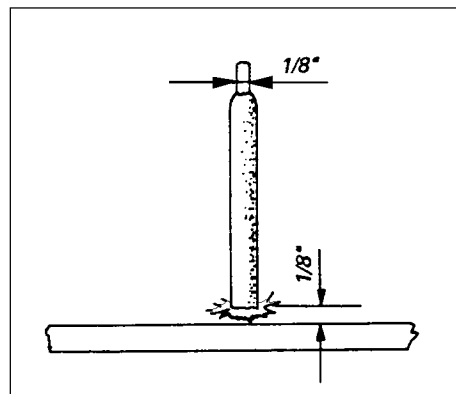
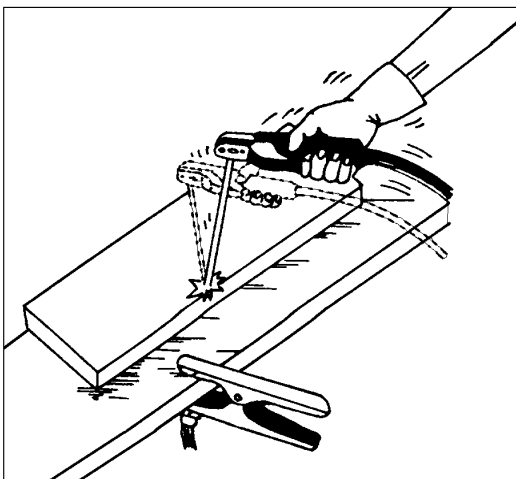
Observações

Para acender o arco elétrico aproxime a ponta do eletrodo até tocar a peça e afaste-o formando o arco.



Pode-se acender o arco elétrico também por resvalo; porém este método não deve ser utilizado em materiais tais como alumínio, aço inoxidável e cobre, para não danificá-los.

No caso de o eletrodo ficar preso na peça, deve-se movê-lo rapidamente para a direita e para a esquerda.



Precauções

Antes de acender o arco elétrico, proteja a face e os olhos com a máscara ou capacete de soldagem.

O filtro da máscara ou capacete deve ser adequado ao processo elétrico.

Mantenha o arco elétrico aceso.

Observação

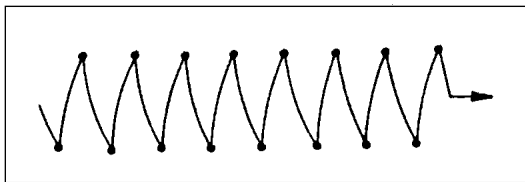
A distância entre a ponta do eletrodo e a peça deve ser aproximadamente igual ao diâmetro da alma do eletrodo. Interrompa o arco elétrico afastando o eletrodo da peça.

Movimentos dos eletrodos

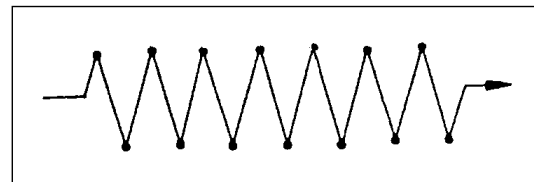
São vários os movimentos de eletrodos utilizados durante a soldagem; cada um corresponde a um determinado tipo de solda que se quer obter. Vejamos a seguir os movimentos laterais mais aconselhados.

Posição plana

Nessa posição podemos recorrer a vários tipos de movimentos laterais; os mais comuns são vistos nas figuras e são chamados semicircular e ziguezague.



Movimento semicircular

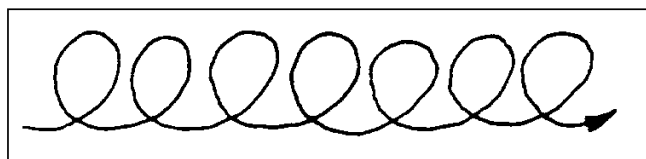


Movimento em ziguezague

Aplicando movimentos laterais, deve-se parar ou diminuir a velocidade de avanço quando chegar à extremidade do cordão, o que é convencionado pelos pontos nas figuras.

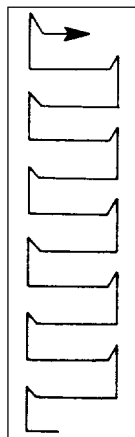
Não é aconselhável fazer movimentos laterais maiores que três vezes o diâmetro do eletrodo, principalmente quando se trabalha com eletrodo básico.

A figura abaixo mostra o movimento circular que pode ser usado em alguns casos, porém, não é aconselhável aquecer demasiadamente a zona da solda. Esse movimento pode, também, ocasionar poros e inclusões de escória na sobrepassagem do cordão.

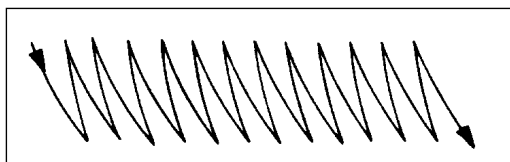


Posição horizontal (plano vertical)

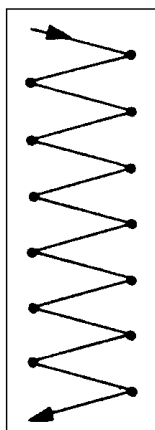
Esta posição tem seus movimentos laterais definidos. São chamados ziguezague,



longitudinal e circular.



Posição vertical (descendente)

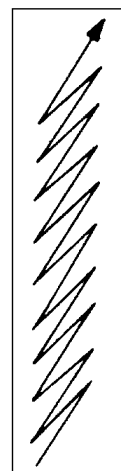


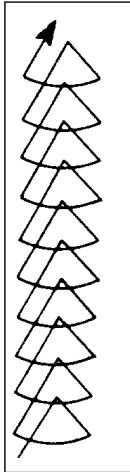
Nesta posição, temos poucos recursos e o movimento aplicado é visto na figura abaixo.

Este movimento é especificamente usado em soldagens de chapas finas e em alguns casos especiais, onde o acabamento é o mais importante.

Posição vertical (ascendente)

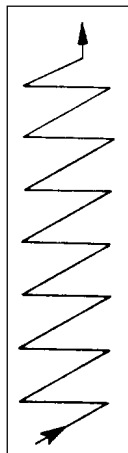
Os movimentos laterais mais usados são:
Movimento usado principalmente para primeiros cordões em soldas de canto e também para unir peças de raiz irregulares ou união de raiz.





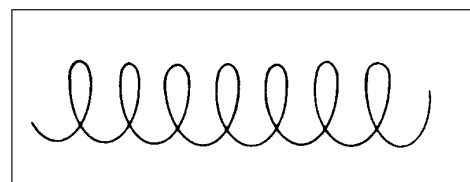
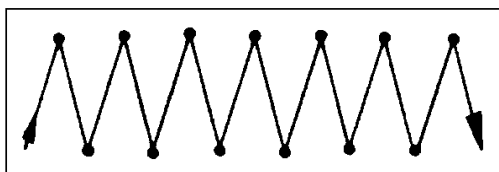
Movimentos muito usados para cobertura ou acabamento final.

Movimento usado para cordões intermediários e primeiros cordões



Posição sobre cabeça

Essa posição é uma das mais evitadas pela dificuldade que oferece. Os movimentos usados são vistos nas figuras.



Ao soldar nessa posição é preciso precaver-se contra os respingos. Para diminuir estes pingos deve-se manter o arco elétrico estável e sempre que possível curto.

Pontear pelo processo de arco elétrico com eletrodo revestido

Pontear pelo processo de arco elétrico com eletrodo revestido é uma operação que precede a soldagem. Tem como objetivo depositar um ou mais pontos de solda para manter firmes as peças que serão soldadas.

Os pontos de solda deverão ser feitos com muito cuidado, pois deverão resistir a esforços durante a soldagem e também possibilitar uma altura uniforme do cordão de solda.

Processo de execução

1 Prepare o material.

Observações

Verifique as bordas do material; se necessário, desempene-as.

A preparação da junta a ser soldada deve seguir as especificações do projeto.

O material deve estar isento de graxa, óleo, óxidos, etc.

2 Prepare o equipamento de soldagem elétrica.

Precaução

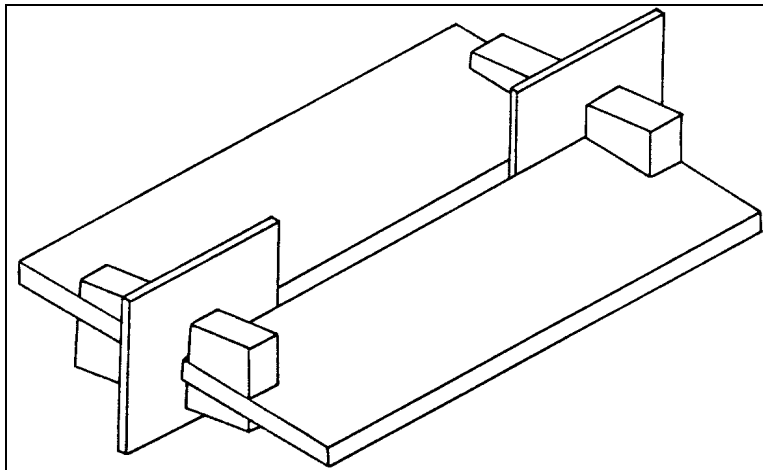
Use equipamento de proteção individual.

3 Posicione o material.

Observações

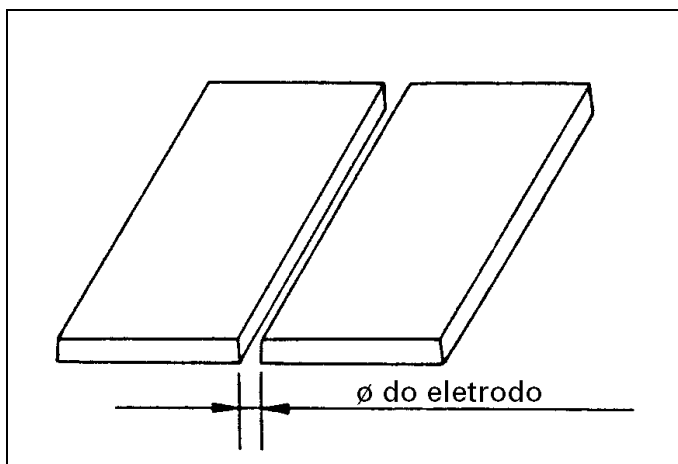
Sempre que possível, as peças que serão ponteadas devem ser apoiadas sobre uma superfície plana.

Se necessário, use grampos ou dispositivos para fixar as peças que serão ponteadas.



As peças que serão ponteadas devem estar alinhadas entre si e a geometria da junta deve ser obedecida.

Quando for necessária uma penetração total da solda, deixe uma abertura entre as peças igual ao diâmetro da alma do eletrodo.

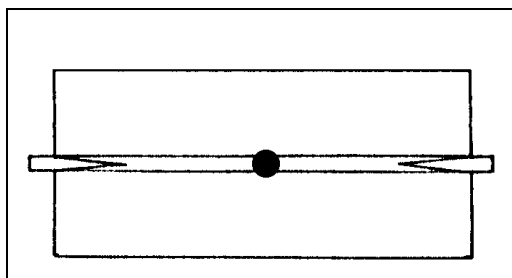


4 Ponteie.

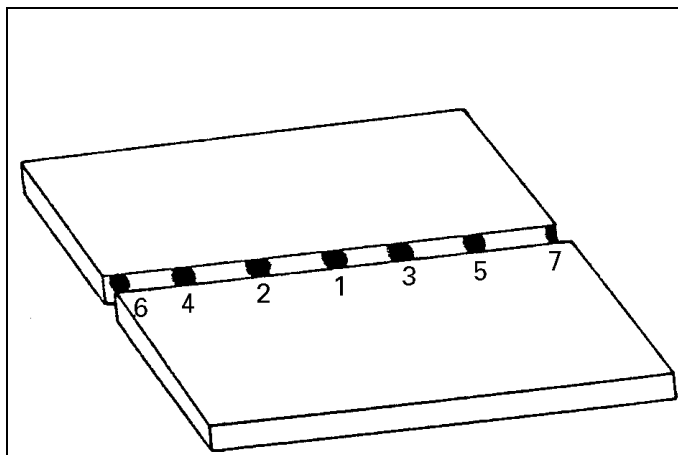
Observações

Inicie o ponteamento pelo centro da linha de solda sempre que possível.

Para manter a separação entre as peças durante o ponteamento, use cunha.

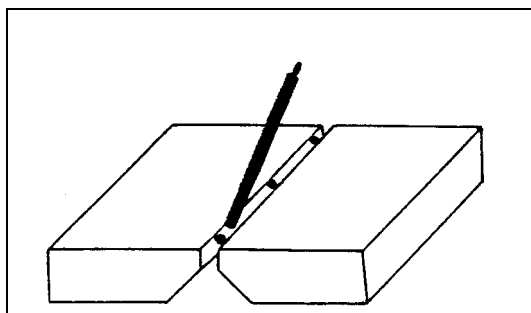


O ponteamto deve ser feito alternadamente à esquerda e à direita para evitar empenamento das peças.



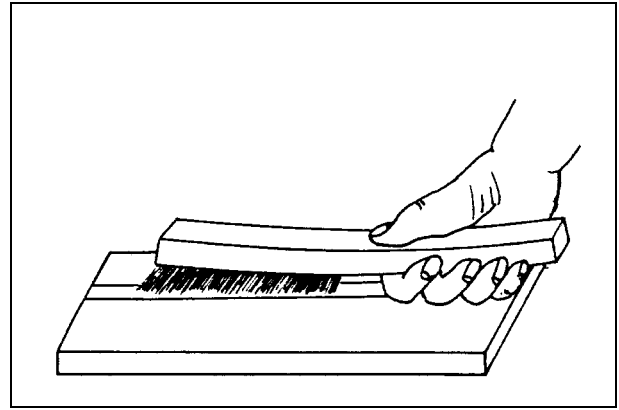
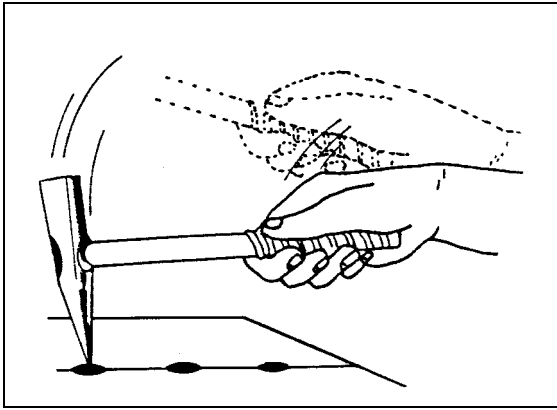
A distância entre os pontos de solda pode variar entre 20 e 30 vezes a espessura do material.

As chapas chanfradas devem ser ponteadas pelo lado oposto ao chanfro, quando for possível.



O ponto de solda deve fundir as bordas do material de maneira uniforme.

5 Retire as escórias e os respingos com a picadeira e faça a limpeza final dos pontos com a escova de fios de aço.



Precaução

Proteja os olhos com óculos de segurança.

6 Desempene as deformações causadas pelo ponteamto.

Fazer cordões paralelos na posição plana - E.R.

Fazer cordões paralelos na posição plana é a operação que consiste em adicionar material com formato de cordões sobre uma superfície. A execução desta operação desenvolve as habilidades de iniciar e manter o cordão dentro da dimensão e direção desejadas.

Processo de execução

1 Prepare o material.

Posicione o material sobre a mesa de soldagem.

Observação

A posição do material deve facilitar a execução do cordão de solda.

2 Prepare o equipamento de solda elétrica.

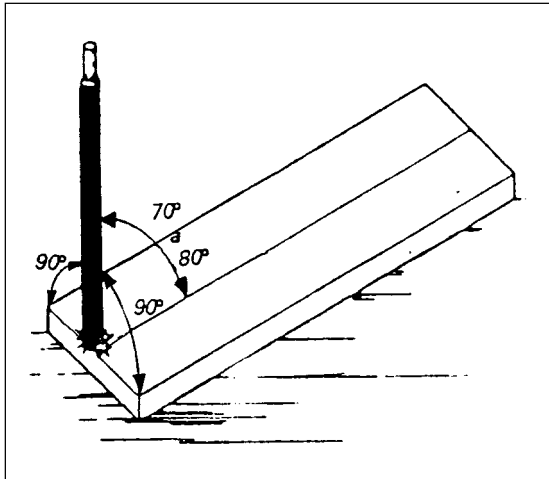
Precaução

Use equipamento de proteção.

3 Faça o cordão de solda.

Observações

Mantenha uma inclinação entre 70° e 80° do eletrodo em relação ao eixo da solda no sentido de avanço do cordão de solda e de 90° no sentido lateral da peça.



A distância entre a ponta do eletrodo e a peça deve ser aproximadamente igual ao diâmetro do núcleo (alma) do eletrodo.

A velocidade de avanço e o comprimento do arco elétrico devem ser constantes.

4 Remova a escória.

Precauções

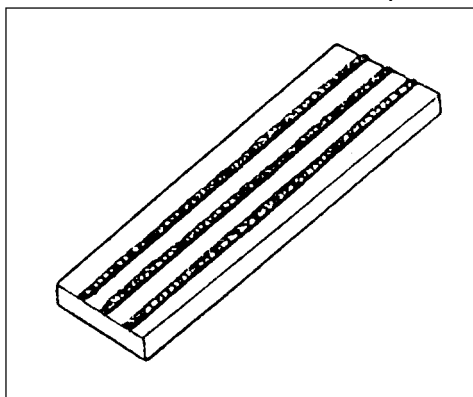
Use óculos de proteção.

Retire a escória do cordão de solda no sentido contrário ao seu corpo.

5 Faça os outros cordões.

Observação

Os cordões de solda devem apresentar boa aparência e boa fusão.



Soldar juntas em T na posição horizontal - E.R.

Soldar junta em T na posição horizontal é a operação que consiste em unir peças colocadas em planos diferentes, adicionando material no vértice do seu ângulo interno.

A execução desta operação desenvolve a habilidade de depositar material em fusão mudando a inclinação do eletrodo a cada passe e controlando a deposição de material e a proporção das pernas de solda.

Sua aplicação é ampla na soldagem de juntas que, por necessidade do projeto, exigem a união das partes na junção interna; também é feita quando a dimensão ou o formato da peça não permite outro posicionamento.

Processo de execução

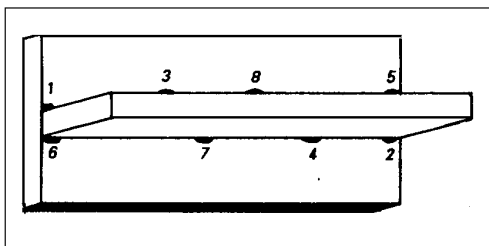
1 Prepare o material.

Prepare o equipamento de soldagem elétrica.

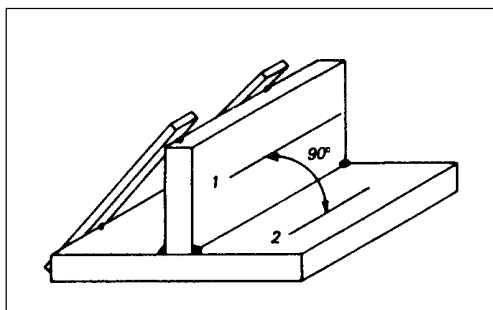
2 Ponteie as peças.

Observações

Ponteie em ambos os lados da junta alternadamente para evitar alterações no ângulo da junta a ser soldada.



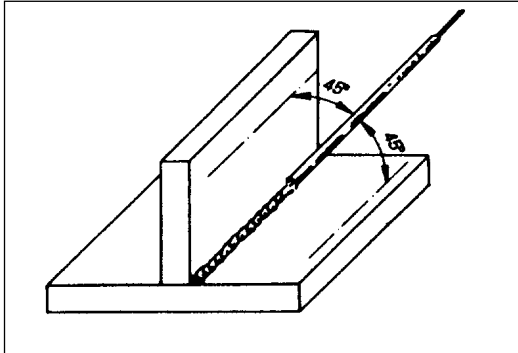
Quando a soldagem é feita em apenas um dos lados da junta, coloque reforços para evitar alteração no ângulo da junta.



3 Faça o passe de raiz.

Observações

Mantenha uma inclinação de aproximadamente 80° do eletrodo em relação ao eixo de solda no sentido de avanço do cordão da solda, mantendo-o também na bissetriz do ângulo formado pela junta em T.



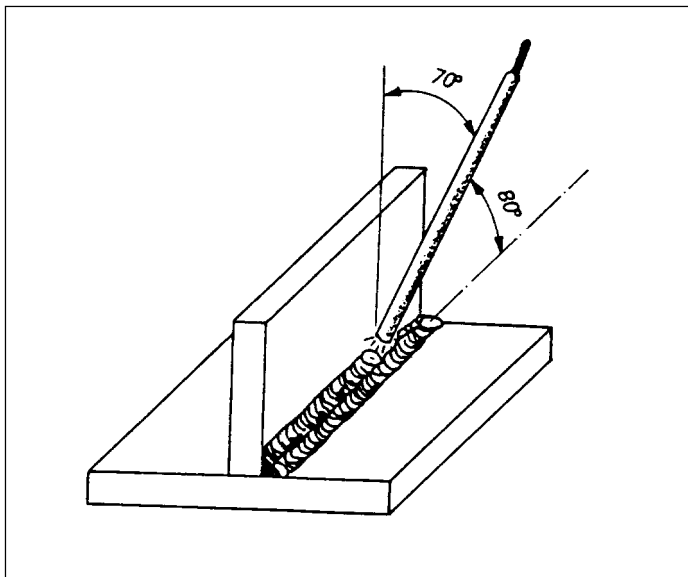
No passe de raiz da junta em T desloque o eletrodo no sentido de avanço da solda, sem fazer movimentos laterais.

Remova a escória do cordão de raiz e os respingos de solda.

4 Faça os demais passes de solda.

Observações

Faça os outros passes de solda na junta dirigindo a ponta do eletrodo à margem da solda feita anteriormente e mantenha inclinações do eletrodo de aproximadamente 70° em relação ao ângulo da junta, e 80° em relação ao sentido de avanço do cordão de solda.



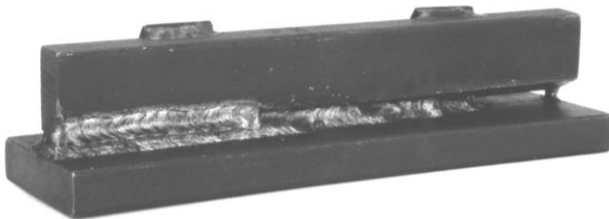
As pernas do cordão de solda devem ter medidas iguais.

Etapas do processo

O processo de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido apresenta as seguintes etapas:

1. Preparação do material que deve ser isento de graxa, óleo, óxidos, tintas etc.
2. Preparação da junta;
3. Preparação do equipamento.
4. Abertura do arco elétrico.
5. Execução do cordão de solda.
6. Extinção do arco elétrico.
7. Remoção da escória.

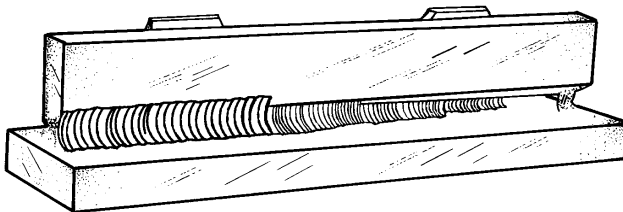
Conforme o tipo de junta a ser soldada, as etapas 4, 5, 6 e 7 devem ser repetidas quantas vezes for necessário para a realização do trabalho. Esse conjunto de etapas que produz um cordão de solda é chamado de passe. As figuras a seguir mostram os vários passes dados em uma junta.



Eletrodo

Eletrodo é um condutor metálico por onde uma corrente elétrica entra num sistema ou sai dele. Pode ser classificado em não-consumível ou consumível.

Eletrodo não-consumível:



É um metal ou liga metálica que não se funde junto com os materiais que se quer soldar.

Eletrodo consumível:

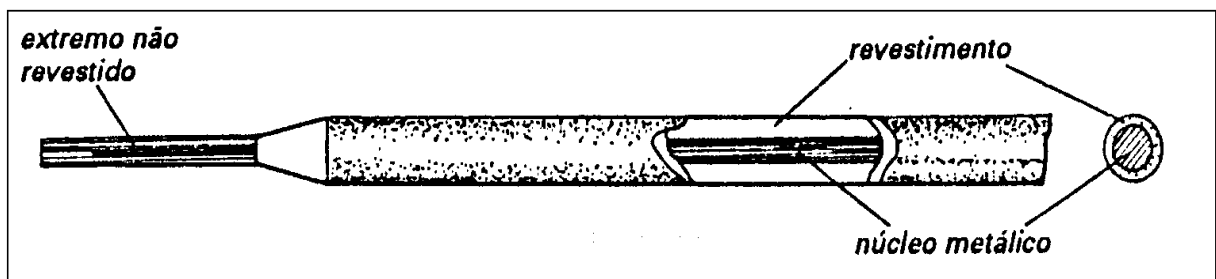
É aquele que é consumido durante a soldagem. Na verdade, o eletrodo consumível nada mais é que uma vareta que se funde junto com os materiais a serem soldados. O eletrodo consumível pode ser nu ou revestido.

Eletrodo nu:

É um metal ou liga metálica em forma de arame, tira ou barra, sem nenhum tipo de revestimento aplicado.

Eletrodo revestido:

É constituído de um núcleo metálico chamado alma e um revestimento à base de substâncias químicas, além de uma extremidade não revestida que é presa no porta-eletrodo.



Classificação de eletrodos revestidos

A classificação dos eletrodos no Brasil segue as normas de duas entidades: AWS - American Welding Society (Associação Americana de Soldagem) e ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

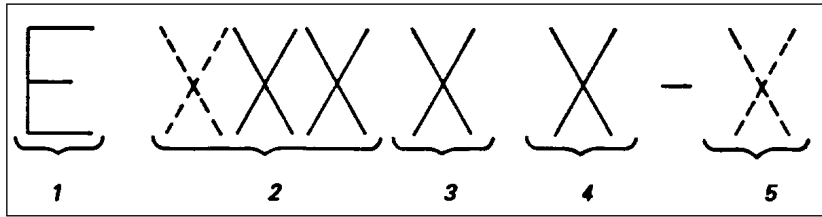
Norma AWS

A norma AWS para eletrodos revestidos se subdivide em:

AWS A5.1-78 para eletrodos revestidos, de aço carbono, para soldagem ao arco;

AWS A5.5-69 para eletrodos revestidos, de aço de baixa liga, para soldagem ao arco.

O critério AWS para eletrodos revestidos, com alma de aço carbono, obedece a um esquema genérico de letras e algarismos que apresenta os seguintes segmentos.



Segmento 1

A letra E significa eletrodo para soldagem a arco elétrico.

Segmento 2

Estes dígitos, que podem ser dois ou três, indicam o limite mínimo de resistência à tração que o metal de solda admite. Devem ser multiplicados por 1000 para expressar a resistência em psi (pound per square inch), unidade de medida equivalente a uma libra-força por polegada quadrada ou a 6,895Pa.

Como exemplo, podemos ter um eletrodo com resistência igual a 60.000 psi, escrito assim: E 6 0 X X – X

Segmento 3

Este dígito indica as posições de soldagem nas quais o eletrodo pode ser empregado com bons resultados. As posições têm um código:

- 1 → todas as posições;
- 2 → posição horizontal (para toda solda em ângulo) e plana;
- 3 → posição plana;
- 4 → posições verticais ascendente, horizontais e sobre-cabeça.

Exemplo:

Eletrodo revestido com resistência de 60.000 psi, para soldar na posição plana.

E 6 0 3 X – X

Segmento 4

Este dígito pode variar de zero a oito e fornece informações sobre a corrente empregada (CC, com polaridade negativa ou positiva, e CA), penetração do arco e natureza do revestimento do eletrodo. Para esclarecer melhor, veja a tabela.

Tabela: Características definidas pelo 4º dígito da classificação AWS

4º dígito	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipo de corrente	CC ⁺	CC ⁺ CA	CC ⁻ CA	CA CC ⁺ CC ⁻	CA CC ⁺ CC ⁻	CC ⁺	CA CC ⁺	CA CC ⁻	CA CC ⁺
Tipo do arco	intenso com salpico	intenso	médio sem salpico	leve	leve	médio	médio	leve	leve
Penetração	grande	grande	média	fraca	média	média	média	grande	média
Revestimento e escória	XX 10 celulósico com silicato de Na (sódio) XX 20 óxido de ferro (FeO) XX 30 óxido de ferro (FeO)	Celulósico com silicato de K (potássio)	TiO ₂ e silicato de Na	TiO ₂ e silicato de K	TiO ₂ silicatos, pó de ferro 20%, escória espessa	Calcário, silicato de Na	TiO ₂ Calcário, silicato de K	óxido de ferro (FeO), silicato de Na, pó de ferro, escória a fácil eliminação	Calcário, TiO ₂ , silicatos, pó de ferro: 25 a 40%

Exemplo:

Eletrodo com 60.000 psi, para soldar na posição plana em corrente contínua, com polaridade positiva, revestimento celulósico com óxido de ferro e grande penetração:

E 6 0 3 0 - X

Segmento 5

Esta parte é utilizada somente para especificação AWS A5.5-69, pode apresentar letras e números e indica a composição química do metal de solda. É importante conhecer a composição química do eletrodo porque o metal de base e o metal de

solda devem ter composições químicas muito próximas para que a soldagem tenha bons resultados. Observe a tabela a seguir.

Tabela: Composição química definida pelo sufixo da classificação AWS A5,5-69

Eletrodo	Composição química aproximada
EXXXX - A1	0,5% Mo
EXXXX - B1	0,5% Cr; 0,5% Mo
EXXXX - B2	1,2% Cr; 0,5% Mo
EXXXX - B2L	1,25 % Cr; 0,5% Mo (baixo carbono)
EXXXX - B4L	2% Cr; 0,5% Mo (baixo carbono)
EXXXX - C1	2,5% Ni
EXXXX - C2	3,5% Ni
EXXXX - C3	1% Ni
EXXXX - B3	2,25% Cr; 1% Mo
EXXXX - B3L	2,25% Cr; 1% Mo (baixo carbono)
EXXXX - D1	1,5% Mn; 1,5% Mo
EXXXX - D2	2% Mn; 1,5% Mo
EXXXX - G	aço de alta resistência com 5 diferentes composições de Mn, Ni, Cr, Mo e V
EXXXX - M	aço de alta resistência com 4 diferentes composições de Mn, Ni, Cr, Mo e V

Exemplo:

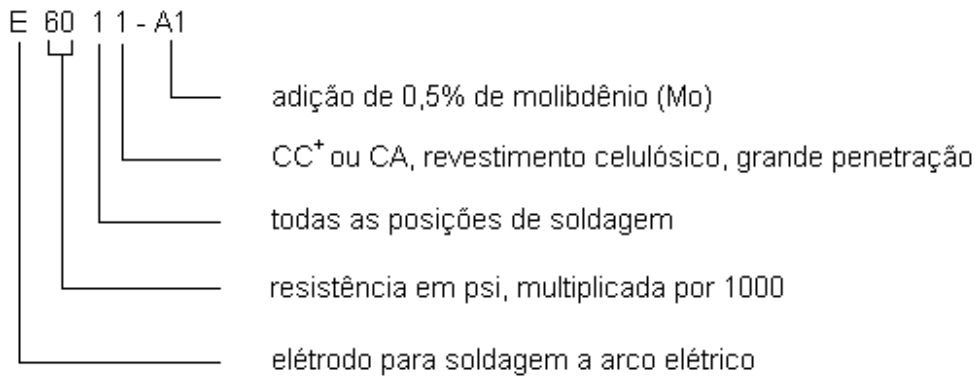
Eletrodo com 60.000 psi, para soldar na posição plana, corrente contínua, revestimento celulósico, metal de solda com 3,5% de níquel:

E6030-C2

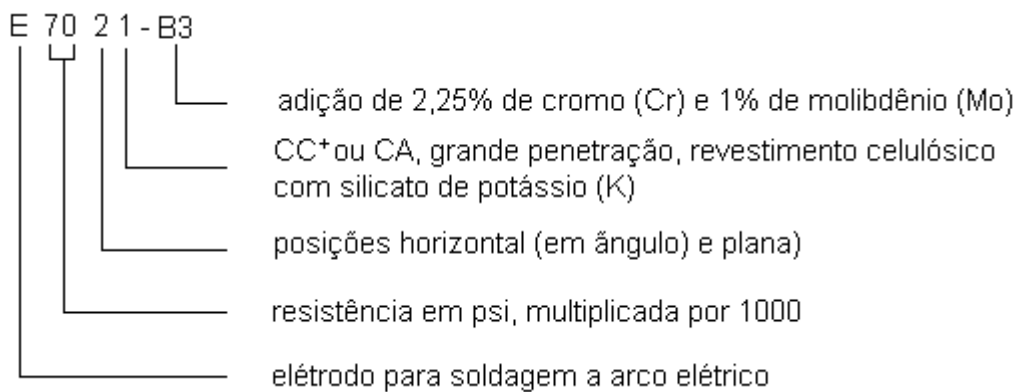
Este segmento aparece quando são adicionados outros elementos químicos ao revestimento.

Veja agora exemplos de classificação de eletrodos.

Eletrodo E 6 0 1 1 - A1

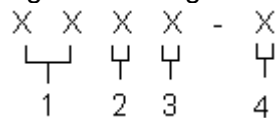


Eletrodo E 7 0 2 1 - B 3



Norma ABNT

A norma ABNT classifica os eletrodos segundo um esquema que contém quatro algarismos seguidos de uma letra e apresenta os seguintes segmentos:



Segmento 1

Indica o limite de resistência à tração que o metal de solda admite. Esse limite é expresso em quilograma-força por milímetro quadrado (kgf/mm²).

Exemplo:

Eletrodo com resistência de 48kgf/mm²: 4 8 X X - X

Segmento 2

Este algarismo varia de 1 a 4 e indica as posições de soldagem que são:

- 1 → todas as posições;
- 2 → todas as posições, com exceção da vertical descendente;
- 3 → posições plana e horizontal;
- 4 → posição plana.

Exemplo:

Eletrodo com resistência de 48kgf/mm², para soldar em todas as posições:
4 8 1 X - X

Segmento 3

Este dígito varia de 0 a 5 e indica, ao mesmo tempo, o tipo de corrente e o grau de penetração da soldagem. Os dígitos se referem a:

- 0 → corrente contínua e grande penetração;
- 1 → corrente contínua e alternada e grande penetração;
- 2 → corrente contínua e média penetração;
- 3 → corrente contínua e alternada e média penetração;
- 4 → corrente contínua e pequena penetração;
- 5 → corrente contínua e alternada e pequena penetração.

Exemplo:

Eletrodo com resistência de 48kgf/mm² para soldar em todas as posições, com corrente contínua e média penetração:
4 8 1 2 - X

Segmento 4

Indica o tipo de revestimento do eletrodo, por meio das seguintes letras:

- A → ácido;
- B → básico;
- C → celulósico;
- O → oxidante;
- R → rutilico;
- T → titânio;
- V → qualquer outro não mencionado anteriormente.

Exemplo:

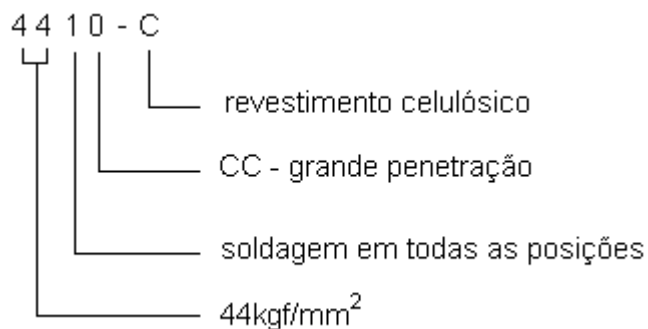
Eletrodo com resistência de 48kgf/mm² todas as posições de soldagem, CC, média penetração, revestimento básico:

4 8 1 2 - B

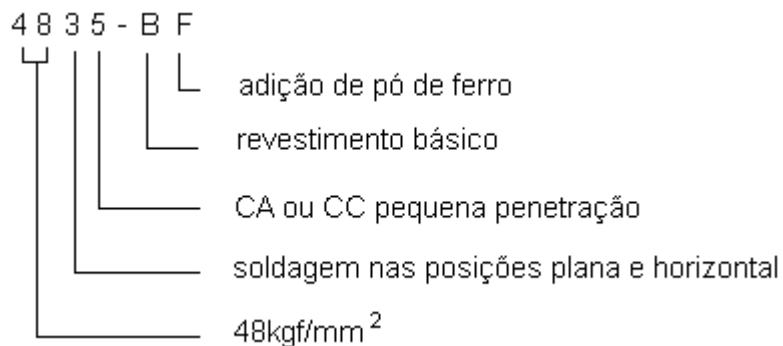
Se à direita da letra aparecer a letra F, significa que houve adição de pó de ferro ao revestimento.

Veja agora outros exemplos:

Eletrodo 4 4 1 0 - C



Eletrodo 4 8 3 5 - B F



Os eletrodos vêm armazenados em uma caixa em cuja tampa aparece a classificação dos eletrodos. Veja abaixo um exemplo.

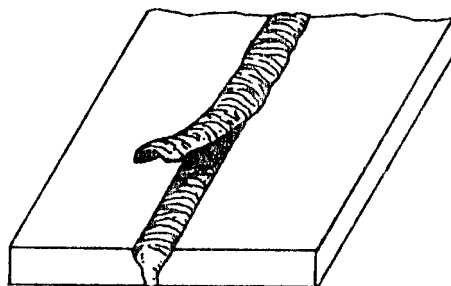
Classe		AWS	E 6013		
		ABNT	4415-R		
Corrente: CA ou CC (±)					
Cor da ponta: Azul					
Diâmetro m/m	3,25	∅	Compr.	Ampère	
		2,5	300	100	
		3,25	350	130	
Peso líquido kg	20		4	350	170
			5	350	230
Série	E 457		6,3	350	300
Indústria Brasileira					

Tipos de revestimentos

Os revestimentos mais comuns são os rutilícos, básicos, ácidos, oxidantes e celulósicos.

Rutilíco:

Contém geralmente rutilo com pequenas porcentagens de celulose e ferros-liga. É usado com vantagem em soldagens de chapas finas que requerem um bom acabamento. É utilizado também em estruturas metálicas; sua escória é solidificada e auto-destacável quando utilizada adequadamente.



Básico

Contém em seu revestimento fluorita carbonato de cálcio e ferro-liga. É um eletrodo muito empregado nas soldagens pelos seguintes razões:

- possui boas propriedades mecânicas;
- dificilmente apresenta trincas a quente ou a frio;

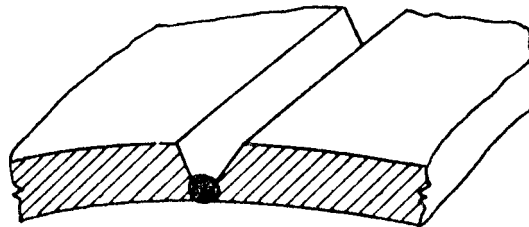
- seu manuseio é relativamente fácil;
- apresenta facilidade de remoção da escória, se bem utilizado;
- é usado para soldar aços comuns de baixa liga e ferro fundido.

Devido composição do revestimento, esse tipo de eletrodo absorve facilmente a umidade do ar importante guardá-lo em estufa apropriada, após a abertura da lata.

Celulósico:

Contém em seu revestimento materiais orgânicos combustíveis (celulose, pó de madeira, etc.).

É muito usado em soldagens nas quais a penetração é muito importante e as inclusões de escória são indesejáveis.



Ácido:

Seu revestimento é composto de óxido de ferro, óxido de manganês e outros desoxidantes.

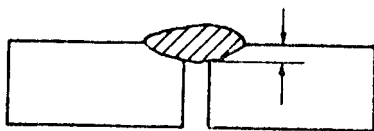
É utilizado com maior adequação em soldagem na posição plana.

Oxidante:

Contém no seu revestimento óxido de ferro, podendo ter ou não óxido de manganês.

Sua penetração é pequena e suas propriedades mecânicas são muito ruins. É utilizado onde o aspecto do cordão é mais importante que a resistência.

Em função da oxidação de partículas metálicas, obtém-se um maior rendimento de trabalho e propriedades definidas (ferros-liga).



Funções do revestimento

Dentre as muitas funções do revestimento, encontra-se a seguir, uma série das mais importantes:

- protege a solda contra o oxigênio e o nitrogênio do ar;
- reduz a velocidade de solidificação; protege contra a ação da atmosfera e permite a desgaseificação do metal de solda através da escória;
- facilita a abertura do arco além de estabilizá-lo;
- introduz elementos de liga no depósito e desoxida o metal de solda;
- facilita a soldagem em diversas posições de trabalho;
- serve de guia das gotas em fusão na direção do banho;
- serve como isolante na soldagem de chanfros estreitos, de difícil acesso.

O revestimento permite também a utilização de tensões em vazio mais baixo em corrente alternada (40 a 80v), e, conseqüentemente, redução do consumo primário, aumentando a segurança pessoal. O mesmo é válido também para corrente contínua.

Aplicações e procedimentos

O campo de aplicação dos eletrodos revestidos é na atualidade o mais vasto entre todos os processos de soldagem pela sua simplicidade, facilidade de acesso e baixo custo. A variedade de procedimentos aplicáveis é, também ampla, indo desde os mais simples serviços de ponteamto até o mais rígido controle na fabricação de vasos nucleares.

O critério para a escolha de um procedimento de soldagem deve incluir a necessidade de estabelecer o balanço ótimo entre o custo de realização, a qualidade do depósito e a segurança dos operadores. Em outras palavras, a taxa de deposição deve ser maximizada e compatível com os critérios de qualidade aplicável e a segurança operacional. Entretanto, em vários campos de aplicação, desenvolveram-se procedimentos específicos que não são necessariamente os mais eficientes, melhores ou mais seguros, mas são comprovados pelo uso e dão resultados satisfatórios. Vários são os exemplos destes casos e freqüentemente as normas de fabricação definem geometrias de juntas e procedimentos preferíveis em função da experiência local.

DADOS TÉCNICOS SOBRE ELETRODOS				
Rutílico	Básico Baixo Hidrogênio	Celulósico	Ácido	Oxidante
Médio e espesso, contendo rutilo ou compostos derivados de óxidos de titânio.	Espesso, contendo carbonato de cálcio, outros carbonatos básicos e flúor. Deve estar seco para evitar	Fino, contendo materiais orgânicos combustíveis que, ao se queimarem, produzem uma	Médio ou espesso, contendo óxido de ferro e manganês e outros desoxidantes.	Espesso, contendo óxido de ferro com ou sem óxido de manganês.
Todas	Todas	Todas	Plana e horizontal (filete)	Plana e horizontal (filete)
CA ou CC + ou CC- Razoáveis	CA ou CC+ Muito boas; utilizado para soldas que requeriram grande	CA ou CC+ Boas	CA ou CC- Boas	CC- Poucas; utilizado apenas para acabamento.
Regular	Regular	Elevada	Elevada	Elevada
Pequena	Média	Grande	Média	Pequena
Densa e viscosa, geralmente autodestacável	Compacta e espessa, facilmente destacável.	Pouca, de fácil remoção.	Ácida, facilmente destacável; porosa e friável.	Pesada, compacta e autodestacável.
Regular	Baixa	Regular	Regular	Elevada

	Tipo de Dados	Tipo e componentes do revestimento	Posição de soldagem	Tipo de corrente Propriedades mecânicas do depósito	Velocidade de fusão	Penetração	Escória	Tendência a trinca
--	---------------	------------------------------------	---------------------	--	---------------------	------------	---------	--------------------

Cuidados especiais com os eletrodos revestidos

Antes de utilizar um eletrodo é preciso examinar a embalagem do eletrodo e o próprio eletrodo. A embalagem deve trazer de modo legível e sem rasuras as informações sobre nome do fabricante, especificação e classificação segundo as normas AWS e ABNT, diâmetro do eletrodo e número do lote.

O eletrodo revestido deve dispor de identificação individual por meio de inscrição legível, sem rasuras, ou então por meio de cores, conforme a orientação da embalagem.

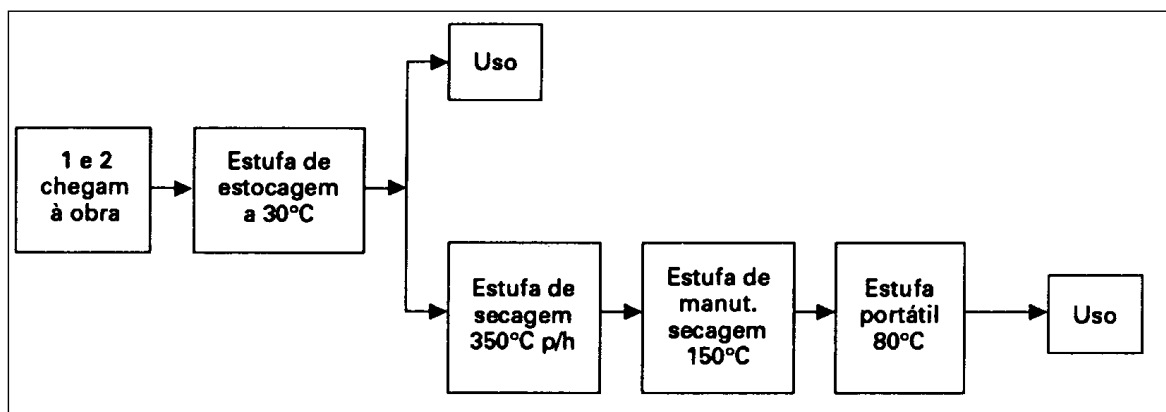
Defeitos no revestimento do eletrodo, tais como redução localizada na espessura, trincas, falta de aderência e defeitos na alma, como sinais de oxidação na extremidade, entre outros, são inaceitáveis. Do mesmo modo, um eletrodo nu e vareta com sinais de oxidação também são inaceitáveis.

Equipamento para armazenamento, secagem e manutenção da secagem

Cada tipo de eletrodo revestido necessita de um tratamento específico de manuseio; o que dimensiona esse tratamento é o grau de higroscopicidade (tendência a absorver umidade) que o consumível apresenta. É preciso dispor de equipamento adequado e em perfeito funcionamento, tais como estufas de secagem e de manutenção de secagem, para abranger todas as fases de tratamento. Vejamos um esquema de tratamento dispensado a dois tipos de eletrodos revestidos.

- eletrodo de revestimento celulósico;
- eletrodo de revestimento de baixo teor de hidrogênio.

Esquema



As estufas utilizadas no tratamento dos eletrodos revestidos são:

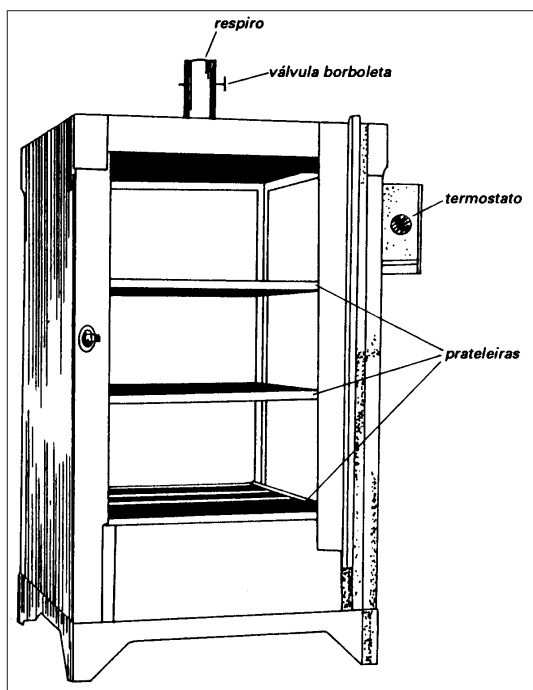
Para armazenamento ou estocagem, para secagem, para manutenção da secagem e portátil.

Estufa para armazenamento ou estocagem

Pode ser um compartimento fechado de um almoxarifado que deve conter aquecedores elétricos e ventiladores para circulação do ar quente entre as embalagens. Deve manter a temperatura pelos menos 5°C acima da temperatura ambiente, porém nunca inferior a 20°C; também deve ter estrados ou prateleiras para estocar as embalagens.

Estufa para secagem

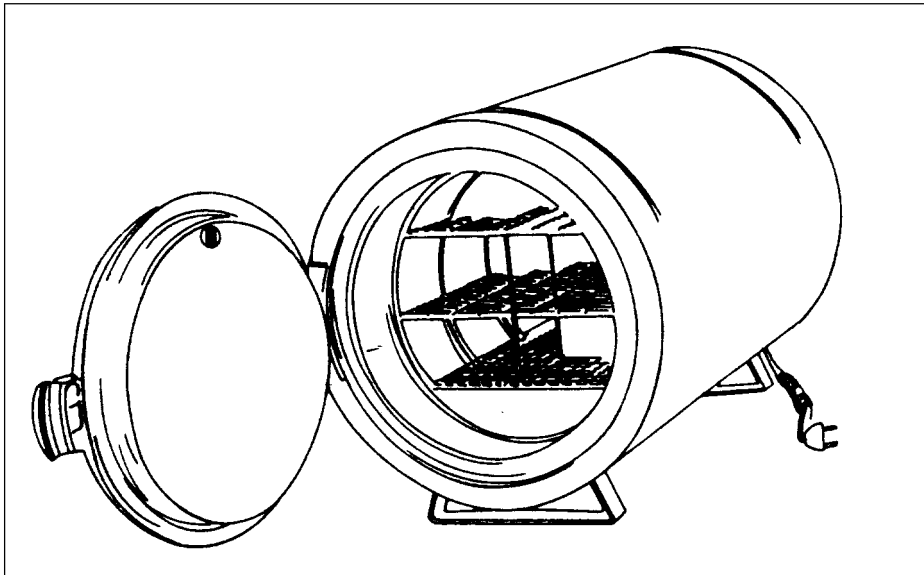
É mais utilizada para a secagem de eletrodos revestidos e fluxos de baixo teor de hidrogênio. Deve dispor de aquecimento controlado com auxílio de resistência elétrica e sistema de renovação de ar. A estufa deve apresentar pelos menos dois instrumentos controladores de temperatura, como termostato e termômetro, bem como prateleiras furadas ou em forma de grade. Para eletrodos revestidos de baixo teor de hidrogênio, a estufa de secagem deve manter a temperatura até 400°C. Veja na figura a seguir uma estufa para secagem.



Estufa para manutenção de secagem

Esta estufa é de porte menor que a anterior e deve atender aos mesmos requisitos de funcionamento, exceto quanto à temperatura, que deve atingir 200°C. As estufas cilíndricas têm como característica facilitar a circulação do ar e uniformizar a distribuição do calor, evitando que a umidade se concentre em cantos mal ventilados, como acontece nas estufas retangulares ou quadradas.

Veja, a seguir, uma estufa cilíndrica.



Estufa portátil

Também utilizada na manutenção da secagem, deve dispor de aquecimento por meio de resistência elétrica e ter condições de ser transportada facilmente pelo soldador. No caso de armazenar eletrodos revestidos de baixo teor de hidrogênio, a estufa portátil deve manter a temperatura entre 60 e 100°C.



Análise dos eletrodos revestidos utilizados na CISPER - OK-46 e OK-48

O significado das iniciais OK

“A ESAB foi fundada em 12 de Setembro de 1904 pelo sueco Oscar Kjellberg, inventor do Eletrodo Revestido. Hoje a ESAB é Líder Mundial, produtor e fornecedor de consumíveis, equipamentos, sistemas e dispositivos de automatização e, produtos de proteção ambiental, individual e coletivo, para as operações de soldagem e corte.

Foi Oscar Kjellberg quem iniciou a soldagem de embarcações - o 1º no mundo e ainda em atividade é o ESAB IV - e vasos de pressão, atendendo, na época, às exigências e requisitos de entidades como Lloyd's Register of Shipping, Bureau Veritas, entre outras.

Desde então, milhares de empresas e soldadores conhecem os consumíveis ESAB pelas iniciais do seu fundador, OK - que também é sinônimo mundial, de Qualidade. A patente pela invenção do Eletrodo Revestido foi obtida por Oscar Kjellberg em 14 de junho de 1905, sendo, posteriormente, fornecida para outras companhias ao redor do

43.32 rutílico E 6013	C - 0,09 Si - 0,45 Mn - 0,5	Uso geral; fácil manuseio e excelente acabamento; bons resultados mesmo com soldadores inexperientes; arco estável em baixa corrente, permitindo soldagens com sucesso em chapas finas; aplicável em aços doces estruturais, mesmo com transformadores de baixa tensão em vazio.	T 550-590 MPa A 18-22%	21-23V CA ≥ 50V CC + ou - Todas as posições	2,5 3,25 4	350 350 350	55 - 105 90 - 140 100 - 200
46.00 rutílico E 6013	C - 0,07 Si - 0,2 Mn - 0,35	Uso geral; todos os tipos de juntas em todas as posições, produzindo cordões de excelente acabamento; soldagem de chapas navais, estruturas metálicas, construções em geral; bom desempenho em chapas galvanizadas, juntas mal preparadas e ponteamto.	T 480-520 MPa A 22-24%	18-28V CA ≥ 50V CC + ou - Todas as posições	2 2,5 3,25 4 5 6	300 350 350 350 350 450	50 - 70 60 - 100 80 - 150 105 - 205 155 - 300 195 - 350
46.02 ilmenítico E 6013	C - 0,11 Si - 0,1 Mn - 0,2	Uso geral; todos os tipos de juntas; pouco sensível à ferrugem e outras impurezas superficiais; manejo fácil e arco estável; soldagem de chapas navais, estruturas metálicas, construções em geral; indicado para juntas mal preparadas, ponteamto e soldagens no campo.	T 460-490 MPa A 28-30%	21-35V CA ≥ 50V CC + ou - Todas as posições	2,5 3,25 4	350 350 350	75 - 95 90 - 150 95 - 210
46.44 rutílico E 6013	C - 0,07 Si - 0,2 Mn - 0,4	Uso geral; todos os tipos de juntas em todas as posições, produzindo cordões uniformes de belo acabamento; soldagem de tanques, vasos de pressão, chapas navais, estruturas e construções em geral; também em chapas galvanizadas ou contendo ferrugem; especialmente indicado para soldagens no campo e ponteamto.	T 470-510 MPa A 25-30%	25-35V CA ≥ 50V CC + ou - Todas as posições	2,5 3,25 4 5	350 350 350 350	80 - 95 90 - 150 95 - 200 160 - 265
48.04 básico E 7018	C - 0,07 Si - 0,5 Mn - 1,0	Uso geral em soldagens de grande responsabilidade, depositando metal de alta qualidade; todas as posições e todos os tipos de juntas; alta velocidade e boa economia de trabalho; indicado para estruturas rígidas, vasos de pressão, construções navais, aços fundidos, aços não ligados de composição desconhecida, etc.	T 530-590 MPa A 27-32% Ch V(-29°C)90-120 J	20-30V CA ≥ 70V CC + Todas as posições	2 2,5 3,25 4 5 6	300 350 350 450 450 450	50 - 90 65 - 105 110 - 150 140 - 195 185 - 270 225 - 355
48.30 básico E 7018-1	C - 0,07 Si - 0,5 Mn - 1,4	Soldagem de grande responsabilidade em aços comuns e de elevada resistência, depositando metal de altíssima qualidade; apropriado para estruturas metálicas altamente solicitadas, vasos de pressão, construções navais, aços sensíveis a trincas, etc. BAIXÍSSIMO TEOR DE HIDROGÊNIO.	T 550-630 MPa A 26-30% Ch V(-46°C)50-70 J	21-26V CC + Todas as posições	2,5 3,25 4 5	350 350 450 450	80 - 110 110 - 150 155 - 200 200 - 260
55.00 básico E 7018-1 E 7018-G	C - 0,06 Si - 0,5 Mn - 1,45	Soldagem de grande responsabilidade, depositando metal de altíssima qualidade; usado em todas as posições e todos os tipos de juntas; não é sensível à composição do metal base; para estruturas muito rígidas, vasos de pressão, construções navais, aços fundidos, etc. ELEVADA TENACIDADE. COD-NUCLEAR.	T 560-600 MPa A 29-31% Ch V(-46°C)70-90 J	21-32V CA ≥ 70V CC + Todas as posições	2,5 3,25 4 5 6	350 350 450 450 450	85 - 105 100 - 150 130 - 200 195 - 265 220 - 310

mundo, tornando-se então, até hoje, o processo mais utilizado na união e recuperação de metais.”

(Revista Tecnologia Soldagem & Qualidade – ano 4 – nº 40)

Todos os fabricantes de eletrodos possuem uma codificação própria e adotam nomes fantasia para seus produtos, lembre-se, em se tratando de eletrodos revestidos é sempre muito importante se basear na norma seja AWS ou ABNT para assegurar que os dados fornecidos pelo fabricante estão de acordo com as recomendações da Norma.

De acordo com o catálogo ESAB existem eletrodos da classe OK-46, todos são classificados pela AWS como E – 6013, mas devido aos componentes químicos do revestimento são classificados como rutilico, além disso em função dos teores principalmente de manganês na composição do metal depositado acabam tendo um comportamento diferente quando submetidos à ensaios de tração, onde o alongamento notadamente alcança uma variação total de 22 a 30%.

Já os eletrodos básicos da classe OK-48 são de baixo hidrogênio e como no anterior possui uma variação principalmente de manganês em sua composição, são utilizados para serviços de responsabilidade chegando a atender requisitos de qualidade para instalações nucleares.

Processo MIG / MAG

Introdução:

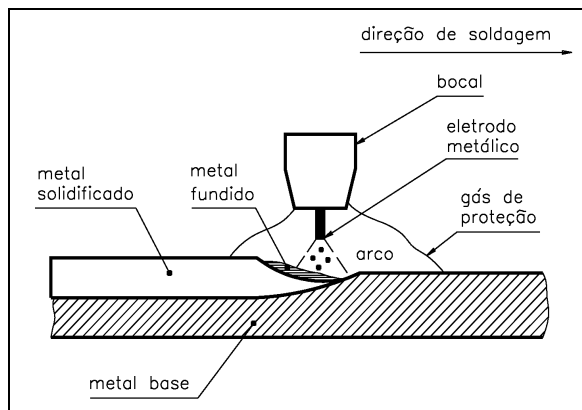
À medida que avançamos no estudo dos processos de soldagem, vamos percebendo que uma das grandes desvantagens dos processos estudados até agora, é a preponderância da operação manual do equipamento. Por causa disso, por mais versáteis que sejam, eles são sempre lentos, com baixo índice de produtividade e, conseqüentemente, caros.

Quando comparados com a soldagem ao arco com eletrodos revestidos, os processos que estudaremos nesta aula são uma alternativa mais produtiva, por serem processos semi-automáticos com possibilidade de mecanização total.

Tecnologia do processo MIG / MAG

Basicamente, as siglas MIG e MAG indicam processos de soldagem por fusão que utilizam o calor de um arco elétrico formado entre um eletrodo metálico consumível e a peça. Neles, o arco e a poça de fusão são protegidos contra a contaminação pela atmosfera por um gás ou uma mistura de gases.

Esse processo tem no mínimo duas diferenças com relação ao processo por eletrodo revestido que também usa o princípio do arco elétrico para a realização da soldagem. Vamos a elas.



A primeira diferença é que o processo MIG/MAG usa eletrodo não-revestido, isto é, nu alimentado de maneira contínua e o metal de base, para a realização da soldagem.

A segunda é que a alimentação do eletrodo é feita **mecanicamente**. Essa semi-automatização faz com que o soldador seja responsável pelo início, pela interrupção da soldagem e por mover a tocha ao longo da junta. A manutenção do arco é assegurada pela alimentação mecanizada e contínua do eletrodo. Isso garante ao processo sua principal vantagem em relação a outros processos de soldagem manual: a alta produtividade.

As siglas **MIG** e **MAG**, usadas no Brasil, vêm do inglês “metal inert gas” e “metal active gas”. Essas siglas se referem respectivamente aos gases de proteção usados no processo: gases inertes ou mistura de gases inertes, e gás ativo ou mistura de gás ativo com inerte. Ajudam também a identificar a diferença fundamental entre um e outro: a soldagem MAG é usada principalmente na soldagem de materiais **ferrosos**, enquanto a soldagem MIG é usada na soldagem de materiais **não-ferrosos**, como o alumínio, o cobre, o níquel, o magnésio e suas respectivas ligas.

A soldagem MIG/MAG é usada na fabricação de componentes e estruturas, na fabricação de equipamentos de médio e grande porte como pontes rolantes, vigas, escavadeiras, tratores; na indústria automobilística, na manutenção de equipamentos e peças metálicas, na recuperação de peças desgastadas e no revestimento de superfícies metálicas com materiais especiais.

Processo Mig (Metal Inert Gás) : Injeção de gás inerte

O gás pode ser:

- Argônio
- Hélio
- Argônio + 1% de O₂
- Argônio + 3% de O₂
- Argônio + 4% de CO₂

Processo Mag (Metal Active Gás) : Injeção de gás Ativo ou mistura de gases que perdem a característica de inerte, quando parte do metal de base é oxidado.

O gás pode ser:

- CO₂ puro
- CO₂ + 5 a 10% de O₂
- Argônio + 5% a 10% de O₂
- Argônio + 15% a 30% de CO₂
- Argônio + 25% a 30% de N₂

Escórias formadas nos processo de soldagem com eletrodo revestido e soldagem a arco submerso, não formam no processo de soldagem Mig/Mag, porque nesse processo não se usa fluxo. Entretanto, um filme vítre (que tem, o aspecto de vidro) de sílica se forma de eletrodos de alto silício, o qual se deve ser tratado como escória.

As amplas aplicações desses processos são devidas à:

- Alta taxa de deposição, o que leva a alta produtividade no trabalho do soldador;
- Versatilidade em relação ao tipo de materiais, espessuras e posições de soldagem em que podem ser aplicados;
- Taxa de deposição maior que a de soldagem com eletrodo revestido;
- Exigência de menor habilidade do soldador.
- Menos gás e fumaça na soldagem

Apesar da maior sensibilidade à variação dos parâmetros elétricos de operação do arco de soldagem, que influenciam diretamente na qualidade do cordão de solda, a soldagem MIG/MAG, por sua alta produtividade, é a que apresentou maior crescimento de utilização nos últimos anos no mundo.

Padronização das cores dos cilindros para gás sobre pressão

É fácil imaginar as desastrosas conseqüências que podem advir do uso de um determinado gás em lugar de outro.

Para evitar que acidentes desse tipo possam ocorrer, os cilindros são pintados em função do seu conteúdo através de um código de cores, prescrito pela norma brasileira NB 46 da ABNT.

As cores que identificam os principais gases são

Tipo de gás	Cor do cilindro
Argônio	Marrom
Oxigênio industrial	Preto
Oxigênio medicinal	Verde
Hélio	Laranja
CO ₂ (dióxido de carbono)	Aluminio
Acetileno	Bordô
Hidrogênio	Amarelo
Nitrogênio	Cinza
Gás natural	Rosa
Misturas especiais	Conforme o Fabricante

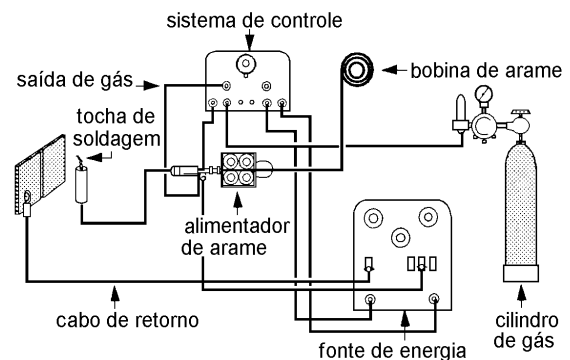
Equipamentos para soldagem MIG/MAG

O equipamento usado no processo de soldagem com proteção a gás pode ser:

- Semi-automático, no qual a alimentação do eletrodo é feita automaticamente pela máquina e as demais operações são realizadas pelo soldador.
- ou automático, no qual após a regulagem feita pelo soldador, este não interfere mais no processo.

Para empregar o processo MIG/MAG, é necessário ter os seguintes equipamentos:

1. Uma fonte de energia;
2. Um sistema de alimentação do eletrodo;
3. Uma tocha/pistola de soldagem;
4. Um suprimento de gás de proteção com regulador de pressão e fluxômetro;
5. Um sistema de refrigeração de água, quando necessário.



As **fontes de energia** para a soldagem MIG/MAG são do tipo transformador-retificador de corrente contínua.

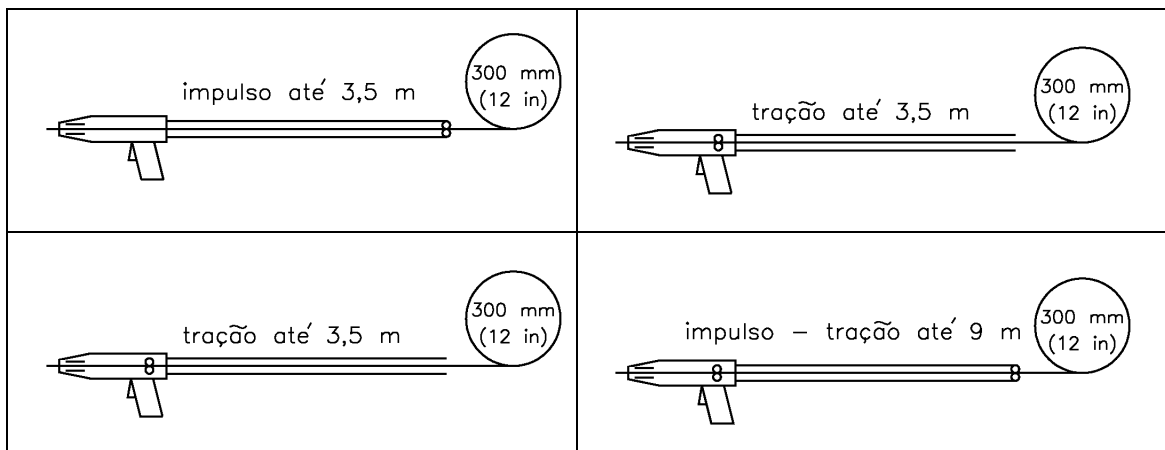
Para que o processo de soldagem com eletrodo consumível seja estável, é preciso que o comprimento do arco permaneça constante. Para isso, a velocidade de consumo do eletrodo deve ser, teoricamente e em média, igual a sua velocidade de alimentação. Esse trabalho é feito pelas fontes de energia de duas formas:

- a) pelo controle da velocidade de alimentação do eletrodo de modo que a iguale à velocidade de fusão, ou

- b) pela manutenção da velocidade de alimentação constante, permitindo variações nos parâmetros de soldagem.

Normalmente, o **sistema alimentador do eletrodo** combina as funções de acionar o eletrodo e controlar elementos como vazão de gás e água, e a energia elétrica fornecida ao eletrodo. Ele é acionado por um motor de corrente contínua independente da fonte. A velocidade de alimentação do arame (eletrodo), que vem enrolado em bobinas, está diretamente relacionada à intensidade da corrente de soldagem fornecida pela máquina de solda, conforme as características da fonte e do processo.

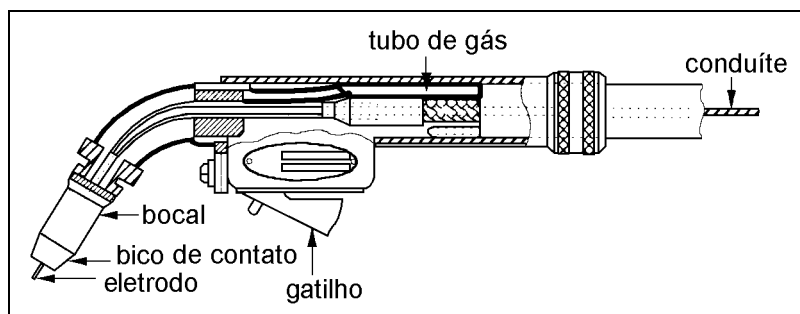
Para ser movimentado, o eletrodo é passado por um conjunto de roletes de alimentação, que pode estar próximo ou afastado da tocha de soldagem.



A **tocha de soldagem** conduz simultaneamente o eletrodo, a energia elétrica e o gás de proteção a fim de produzir o arco de soldagem. Suas funções são:
 guiar o eletrodo de modo que o arco fique alinhado com a junta a ser soldada;
 fornecer a corrente de soldagem ao eletrodo;
 envolver o arco e a poça de fusão com o gás de proteção.

Ela consiste basicamente de:

- um bico de contato que faz a energização do arame-eletrodo;
- um bocal que orienta o fluxo do gás;
- um gatilho de acionamento do sistema.



As tochas de soldagem podem ser refrigeradas por água ou pelo próprio gás de proteção que conduzem. Isso depende dos valores de corrente usados e do ciclo de trabalho do equipamento. Assim, por exemplo, correntes de trabalho mais elevadas

(acima de 220 A) e ciclos de trabalho superiores a 60% recomendam a refrigeração com água.

A **fonte de gás** consiste de um cilindro do gás ou mistura de gases de proteção dotado de regulador de pressão (manômetro) e/ou vazão (fluxômetro).

Todo esse conjunto tem um custo inicial maior do que o equipamento necessário para a execução da soldagem por eletrodos revestidos. Além disso, ele também exige mais cuidados de manutenção no decorrer de sua vida útil. Isso porém é compensado pelo alto nível de produtividade proporcionado pela utilização da soldagem MIG/MAG.

Consumíveis e suas especificações

Como em quase todo processo de soldagem ao arco elétrico, além do equipamento, é necessário o emprego dos consumíveis.

Na soldagem MIG/MAG, os consumíveis são o eletrodo (também chamado de arame) ou metal de adição; o gás de proteção e, em alguns casos, um líquido para a proteção da tocha e das regiões adjacentes à solda contra a adesão de respingos.

Os **eletrodos** para soldagem MIG/MAG são fabricados com metais ou ligas metálicas como aço inoxidável, aço com alto teor de cromo, aço carbono, aços de baixa liga, alumínio, cobre, níquel, titânio e magnésio. Eles apresentam composição química, dureza, superfície e dimensões controladas e normalizadas. A norma é a da AWS (**American Welding Society**) e a classificação para aço-carbono é feita por meio de um conjunto de letras e algarismos: **ER XXXY-ZZ**.

Nesse conjunto, temos:

As letras **ER** são usadas sempre juntas e se referem ao consumível aplicável em processos de soldagem TIG, MIG, MAG e arco submerso.

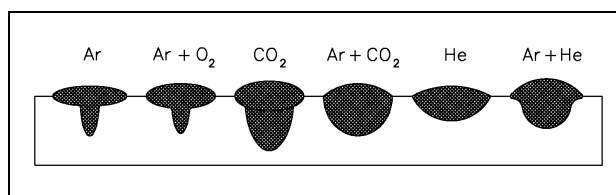
Os próximos dois ou três dígitos referem-se à resistência à tração mínima do metal depositado em 10^3 PSI.

O dígito **Y** pode ser um **S** para arame sólido, **T** para arame tubular e **C** para arames indicados para revestimentos duros.

O **Z** indica a classe de composição química do arame e outras características.

Deve-se reforçar ainda a importância dos cuidados necessários ao armazenamento e manuseio dos eletrodos. Eles devem ser armazenados em um local limpo e seco para evitar a umidade. Para evitar a contaminação pelas partículas presentes no ambiente, a bobina deve retornar à embalagem original quando não estiver em uso.

O tipo de gás influencia nas características do arco e na transferência do metal, na penetração, na largura e no formato do cordão de solda, na velocidade máxima da soldagem.



Os gases inertes puros são usados principalmente na soldagem de metais não-ferrosos como o alumínio e o magnésio. Os gases ativos puros ou as misturas de gases ativos com inertes são usados principalmente na soldagem dos metais ferrosos. As misturas de gases ativos com gases inertes em diferentes proporções permitem a soldagem com melhor estabilidade de arco nos metais ferrosos.

Transferência de metal

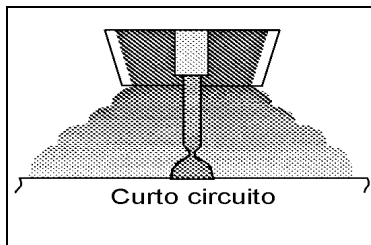
Na soldagem MIG/MAG, o metal fundido na ponta do eletrodo tem que se transferir para a poça de fusão. O modo como essa transferência acontece é muito importante. Ele é influenciado principalmente pelo valor da corrente de soldagem, pela tensão, pelo diâmetro do eletrodo, e pelo tipo de gás de proteção usado.

Por outro lado, o modo como essa transferência ocorre influi, na estabilidade do arco, na aplicabilidade em determinadas posições de soldagem e no nível de geração de respingos.

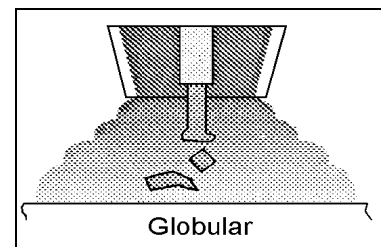
Para simplificar, pode-se dizer que a transferência ocorre basicamente de três formas básicas, a saber:

1. Transferência por curto-circuito.
2. Transferência globular.
3. Transferência por “spray”, ou pulverização axial.

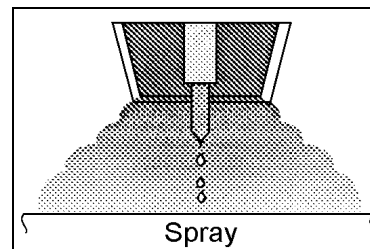
A transferência por **curto-circuito** ocorre com baixos valores de tensão e corrente. O curto-circuito acontece quando a gota de metal que se forma na ponta do eletrodo vai aumentando de diâmetro até tocar a poça de fusão. Este modo de transferência pode ser empregado na soldagem fora de posição, ou seja, em posições diferentes da posição plana. É usado também na soldagem de chapas finas, quando os valores baixos de tensão e corrente são indicados.



A transferência **globular** acontece quando o metal do eletrodo se transfere para a peça em gotas com diâmetro maior do que o diâmetro do eletrodo. Essas gotas se transferem sem direção, causando o aparecimento de uma quantidade elevada de respingos. Essa transferência, é indicada para a soldagem na posição plana.



A transferência **por spray** ocorre com correntes de soldagem altas, o que faz diminuir o diâmetro médio das gotas de metal líquido. Esse tipo de transferência produz uma alta taxa de deposição, mas é limitado à posição plana.



Etapas, técnicas e parâmetros do processo.

Para soldar peças pelo processo de soldagem MIG/MAG, o soldador segue as seguintes etapas:

1. Preparação das superfícies.
2. Abertura do arco.
3. Início da soldagem pela aproximação da tocha da peça e acionamento do gatilho para início do fluxo do gás, alimentação do eletrodo e energização do circuito de soldagem.
4. Formação da poça de fusão.
5. Produção do cordão de solda, pelo deslocamento da tocha ao longo da junta, com velocidade uniforme.
6. Liberação do gatilho para interrupção da corrente, da alimentação do eletrodo, do fluxo do gás e extinção do arco.

O número de passes é função da espessura do metal e do tipo da junta.

O estabelecimento do procedimento de soldagem deve considerar variável como: tensão, corrente, velocidade, ângulo e deslocamento da tocha, tipo de vazão do gás, diâmetro e comprimento da extensão livre do eletrodo (“stick out”). Essas variáveis afetam a penetração e a geometria do cordão de solda.

Assim, por exemplo, se todas as demais variáveis do processo forem mantidas constantes, um aumento na corrente de soldagem, com conseqüente aumento da velocidade de alimentação do eletrodo, causa aumento na penetração e aumento na taxa de deposição.

Sob as mesmas condições, ou seja, variáveis mantidas constantes, um aumento da tensão produzirá um cordão de solda mais largo e mais chato.

A baixa velocidade de soldagem resulta em um cordão de solda muito largo com muito depósito de material. Velocidades mais altas produzem cordões estreitos e com pouca penetração.

A vazão do gás deve ser tal que proporcione boas condições de proteção. Em geral, quanto maior for a corrente de soldagem, maior será a poça de fusão e, portanto, maior a área a proteger, e maior a vazão necessária.

O comprimento da extensão livre do eletrodo é a distância entre o último ponto de contato elétrico e a ponta do eletrodo ainda não fundida. Ela é importante porque, quanto maior for essa distância, maior será o aquecimento do eletrodo (por causa da resistência elétrica do material) e menor a corrente necessária para fundir o arame.

O quadro a seguir mostra problemas comuns de soldagem, suas causas e medidas corretivas.

Tipos de descontinuidade	Causas	Prevenções
---------------------------------	---------------	-------------------

Poros Visíveis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Velocidade de soldagem muito alta. 2. Distância excessiva entre bocal e peça. 3. Tensão (voltagem) alta. 4. Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado. 5. Corrente de ar. 6. Fluxo de gás incorreto. 7. Arames e guias sujos. 8. Respingos de solda no bocal. 9. Vazamento nas mangueiras e na tocha. 10. Preparação inadequada de junta. 11. Preparação inadequada de junta. 12. Metal de base impuro ou defeituoso. 13. Tocha muito inclinada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuir a velocidade de soldagem. 2. Manter a distância correta entre o bocal e a peça. 3. Reduzir a tensão (voltagem) caso ela esteja alta. 4. Limpar o metal de base por meios apropriados, antes da soldagem. 5. Proteger as peças de corrente de ar, para não prejudicar a proteção gasosa. 6. Regular a vazão de gás: se a vazão de gás estiver baixa, aumente para proteger a poça de fusão; se a vazão estiver alta, é melhor reduzir para evitar turbulência. (8 a 101/min - arco curto e 12 a 201/m - arco longo). 7. Limpar a guia com ar comprimido; usar sempre arames isentos de graxa, resíduos ou umidade. 8. Limpar os respingos de solda do bocal, que podem alterar o fluxo de gás, provocando turbilhamento e aspiração de ar. 9. Verificar sempre as mangueiras, conexões, juntas e pistola para evitar aspiração de ar pelo furo. 10. Dimensionar a rede adequadamente. 11. Obter uma abertura constante e dentro dos limites da posição de trabalho. 12. Rejeitar o metal de base. 13. Posicionar a tocha corretamente.
Falta de Penetração ou de Fusão na Raiz.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abertura muito pequena ou mesmo inexistente, ou abertura irregular. 2. Ângulo do chanfro muito pequeno. 3. Presença de “nariz” ou “nariz” muito grande. 4. Falha no manuseio da tocha. 5. Falta de calor na junta. 6. Passe de raiz com convexidade excessiva. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser caprichoso na preparação da junta a soldar e realizar a montagem, respeitando sempre a fresta mínima em função do chanfro e da posição de soldagem. Procurar tornar a fresta a mais constante possível, 2. Utilizar ângulo entre 40 e 60°. 3. Verificar se é realmente necessária a existência de “nariz”. Procurar tornar o “nariz” o mais constante possível e sempre menor do que o máximo permitido para o tipo de chanfro e posição de soldagem definida. 4. Quando for necessário, parar a soldagem antes do término do cordão de raiz e realizar as retomadas / reacendimentos de forma correta. 5. Aumentar o par (tensão X velocidade do arame (amperagem)). Reduzir a velocidade de soldagem, pois ela pode estar muito alta, porém é preferível manter o arco na frente da poça de fusão. Pré-aquecer a peça de trabalho. Soldar em posição vertical ascendente. 6. Esmerilhar o passe de raiz, obtendo certa concavidade em sua superfície antes de executar o novo cordão.
Superfície Irregular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Velocidade inadequada do arame (amperagem). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajustar a velocidade do arame.

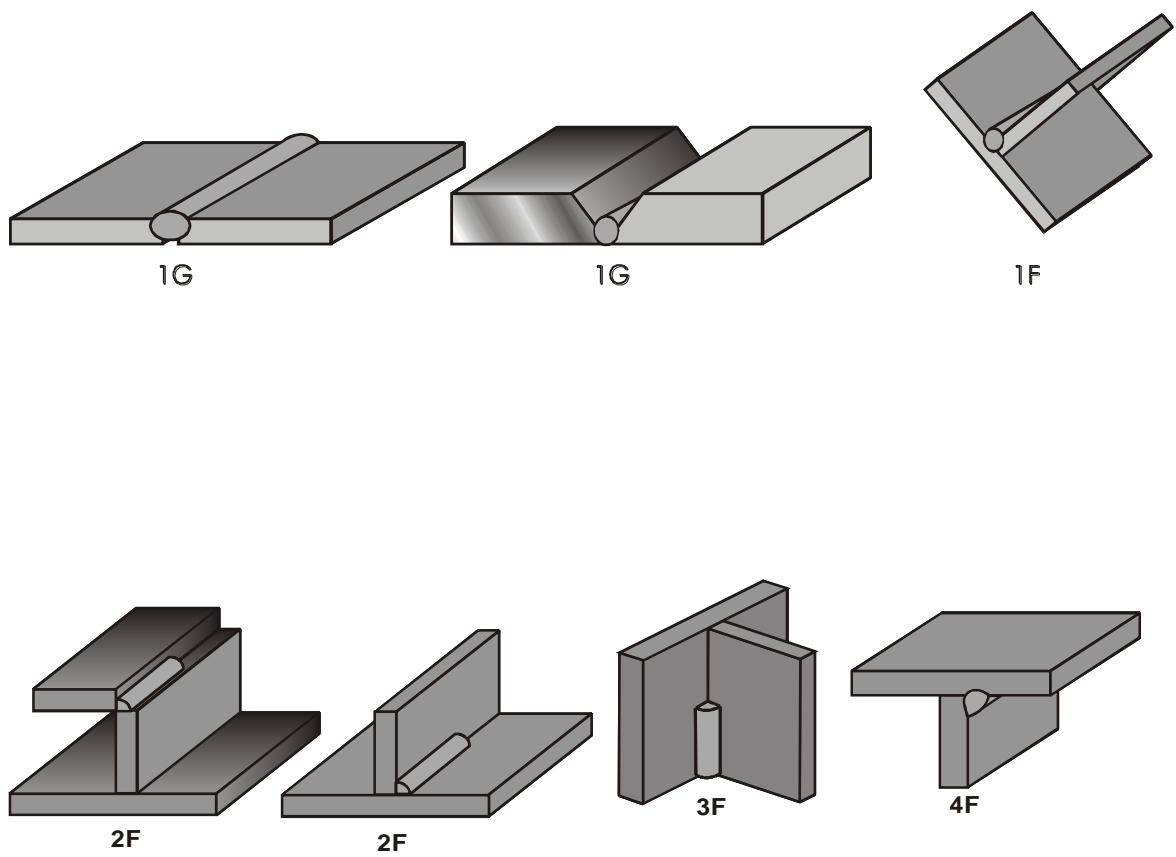
	2. Manuseio incorreto da tocha.	2. Aprimorar o manuseio da tocha para que o distanciamento seja cadenciado e constante.
Desalinhamento	1. Pré-montagem mal executada. 2. Ponteamento deficiente.	1. Ser caprichoso na preparação da junta a soldar. 2. Realizar um ponteamento, com soldas de fixação resistentes e dimensionadas de acordo com as partes a unir.
Respingos	1. Tensão muito elevada. 2. Vazão de gás excessiva 3. Sujeira no metal de base. 4. Avanço do arame alto ou baixo em relação à tensão do arco. 5. Distância excessiva entre o bocal e a peça. 6. Altura excessiva do arco. 7. Controle inadequado da indutância. 8. Posição inadequada da tocha. 9. Mau contato entre cabos e peças. 10. Bico de contato danificado. 11. Bocal com respingos.	1. Reduzir a tensão. 2. Regular a vazão do gás. 3. Limpar o metal de base, eliminando tintas, óxidos, graxas e outras impurezas que provocam isolamento entre o arame e o metal de base. 4. Regular o avanço do arame. Controlar a condição ideal pelo tamanho e volume da gota na ponta do arame, que deve ter aproximadamente o mesmo diâmetro do arame. 5. Manter a distância correta entre o bocal e a peça. 6. Reduzir a altura do arco. 7. Controlar a indutância adequadamente. 8. Usar a técnica de arco quente (aramé sobre a poça de fusão) para melhorar a estabilidade do arco e reduzir os respingos. Não inclinar muito a tocha e procurar manter, onde for possível, o arco perpendicular à linha da solda. 9. Limpar as superfícies de contato a fim de evitar instabilidade no arco. 10. Trocar o bico de contato. 11. Limpar ou trocar o bocal com respingo.

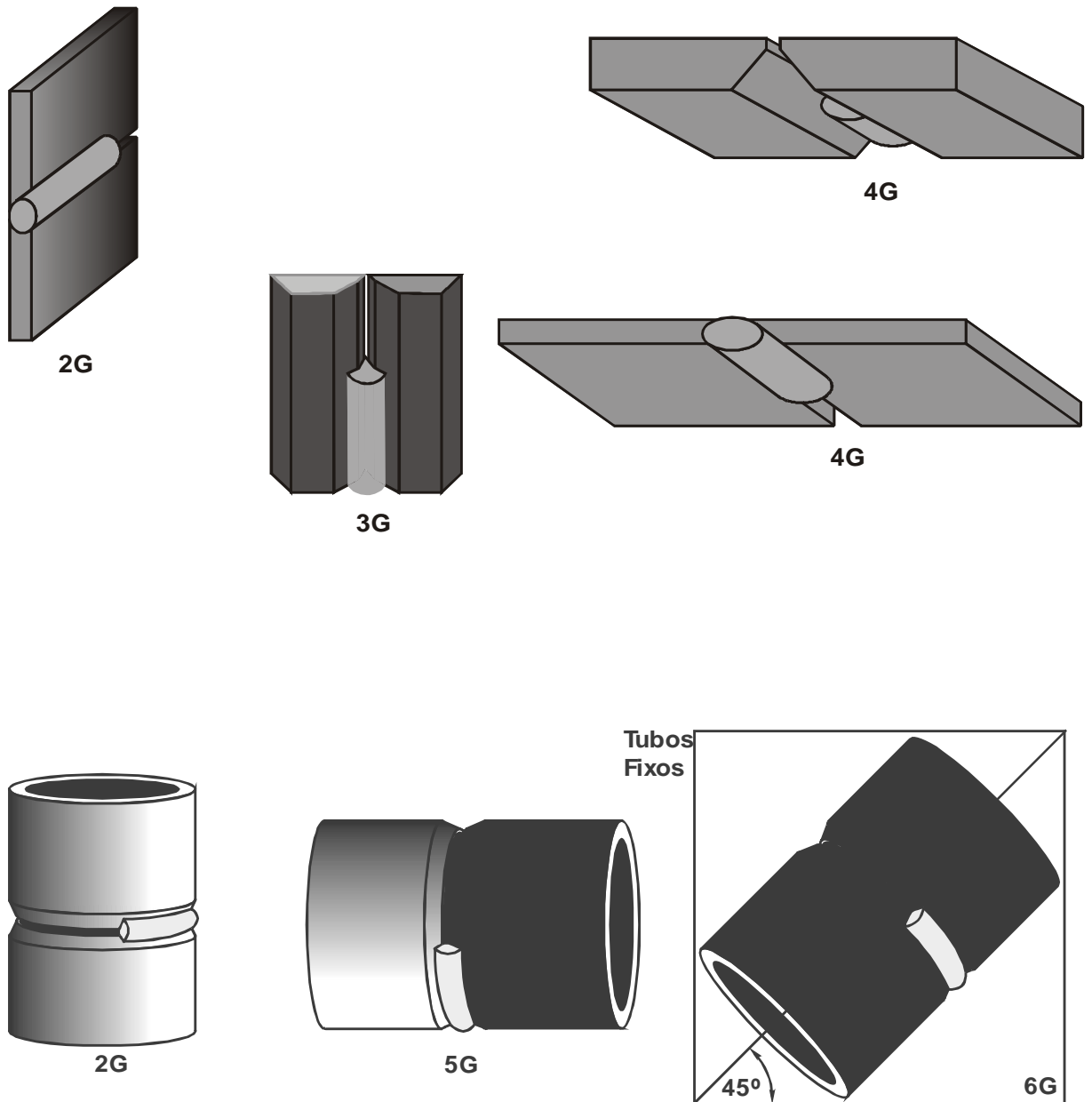
Como você pôde perceber a soldagem MIG/MAG é um processo bastante versátil em termos de aplicabilidade às mais variadas ligas metálicas e espessuras de material, podendo ser usada em todas as posições. Além disso, por ser semi-automática, ele apresenta uma produtividade muito elevada. Isso a torna uma alternativa bastante viável quando comparada à soldagem com outros processos.

Demoninação e representação das posições de soldagem, segundo as normas AWS A2.1 e ABNT TB-2, de chapas e tubos

Denominação	Representação	
	AWS	ABNT
• Posição plana	1F	PA
• Posição horizontal	2F	H
• Posição Vertical / Posição sobre cabeça	3F e 4F	VA e SC
• Tubo fixo	5F	SC, v e h
• Posição Plana	1G	P
• Posição Horizontal	2G	H
• Posição Vertical	3G	VA
• Posição sobre cabeça	4G	SC
• Tubo fixo	5G	SC,V,P
• Tubo fixo	6G	SC,V,h,P

Juntas e Ângulos





MATERIAL DE ADIÇÃO DO PROCESSO: (Consumíveis)

Tipos de arame eletrodo usado no processo MIG/MAG

O arame para a soldagem MIG/MAG tem duas funções. De um lado, age como pólo positivo do circuito e de outro, como material de adição quando recebe a corrente e se funde.

Existem arames de 0,8 até 3,2mm. 0,8 a 1,6mm são sólidos e os de 2,4 a 3,2mm tubulares.

Arame sólido para aço carbono AWS ER 70 S-3 e ER 70 S-6

AWS	Gás protetor	Aplicação
ER 70 S-3	CO ₂ Misturas (argônio + CO ₂) (argônio + O ₂)	Para soldas em aço efervescentes e soldas de alta qualidade em aço semi-acalmados. OBS.: Para aço acalmados os melhores resultados são obtidos com as misturas de gases.
ER 70 S-6	CO ₂ Misturas (argônio + CO ₂) (argônio + O ₂)	Para soldas de alta qualidade em soldagem de grande velocidade e alta corrente na maioria dos aços de carbono.

Esses arames tem uma camada fina de revestimento de cobre na parte externa, são acondicionados em bobinas de 5Kg a 18kg, protegidos contra umidade, seu bobinamento garante um desenrolamento adequado durante a sua utilização. Diâmetros de arame sólido usado: 0,8; 0,9; 1,0; 1,2 e 1,6mm.

OBS:

Essa camada fina de cobre em sua superfície serve para:

- 1)Facilitar a passagem da corrente do bico de contato ao arame;
- 2)Desoxidar o metal de solda;
- 3) Evitar a oxidação do arame antes do seu uso.




A escolha do diâmetro do arame dependerá da espessura do material e do tipo de junta a soldar.

Inspeccione o estado da superfície do arame. Ele não deverá estar oxidado (enferrujado), úmido, nem coberto de óleo ou graxo.

Lembre-se de guardar sempre o carretel (bobina) de arame em sua embalagem original, até o momento de utilizá-la.

Soldagem MAG para aço de baixo teor de carbono (transferência Globular)

Soldagem MAG para aço de baixo teor de carbono (transferência Globular)

Tipo de junta	Espessura do mater. (Mm)	Diâmetro do arame (mm)	Velocidade Alimentação (m/min)	Velocidade Soldagem (cm/min)	Amperagem A	Voltagem V
	1	0,8	3,7	83	60	14
	2	0,8	6,8	83	110	16
	3	1,0	6,0	63	150	20/22
	6	1,2	8,5	50	205	22/26
	6	1,0	7,0 a 8,0	68/45	150/190	20/24
	10	1,2	6,0 a 24,0	38/60	150/340	20/34
	15	1,2	6,0 a 24,0	38/60	150/340	20/34
	20	1,2	6,0 a 12,0	44/50	200/430	20/38
	2	0,8	10,0 a 17,0	61/113	110	16
	4	1,0	7,0 a 13,0	54/99	180/280	22/34
	6	1,2	5,0 a 14,0	24/67	200/350	24/35
	12	1,2	5,0 a 14,0	7/17	200/350	24/35
	20	1,2	5,0 a 14,0	2,5/6,5	200/350	24/35

AWS	Características e aplicações
ER 1100	Arame de alumínio puro (99,5% Al) para solda MIG em alumínio sem liga.
ER 4043	Arame com liga de silício que contém 5% de Si para soldagem MIG em ligas de Al-Si e ligas de Al-Mg-Si que contenham até 7% de silício.
ER 5356	Arame com liga de magnésio que contém 5% de Mg para soldagem MIG em ligas de Al-Mg resistentes a corrosão.

Soldagem do aço inoxidável




Arame sólido para aço inoxidável.

AWS ER 308 ER 308L ER 309 ER 310 ER 316 ER 316L.

Diâmetros de arame sólido: 0,8 ;1,0 e 1,2mm.

AWS	Características e aplicações
ER 308	Para unir materiais básicos de composição semelhante, tipos 301, 302 e 304. Para uma boa resistência à corrosão.
ER 308L	O baixo teor de carbono impede a precipitação intergranular de carboneto de cromo para os tipos 304 e 304L. Para soldagem de transição em aço revestido.
ER 309	Para ligas termo-resistentes de composição semelhante: juntas de metais dissimilares, por exemplo: aço carbono com aço inoxidável tipo 304; revestimento de aço carbono com uma única camada.
ER 310	Para metais básicos de composição semelhante, revestimento de aço carbono.
ER 312	Para ligas de composição semelhante, metais dissimilares, aço inoxidável com aço baixo carbono e juntas de aço de alta resistência. Alto teor de ferrita para resistência ao gretamento e alta resistência.
ER 316	Para composição semelhante. A adição do molibdênio melhora a resistência à deformação e à corrosão por piting de cloreto.
ER 316L	O baixo teor de carbono impede a precipitação intergranular de carboneto de cromo. Usado para aços inoxidáveis austeníticos com baixo teor de carbono e ligas com molibdênio.

Soldagem MIG Aço inoxidável

Tipo de junta	Espessura do mater. (Mm)	Diâmetro do arame (mm)	Velocidade Alimentação (m/min)	Velocidade Soldagem (cm/min)	Amperagem A	Voltagem V
	1	0,8	3,7	80/100	90/115	14/18
	3	1,0	8,7	80/100	100/130	16/18
	4	1,2	8,8	90/130	120/150	20/24
	5	1,2	8,8	90/140	120/200	22/24
	5	1,2	9,4	60/90	120/190	20/24
	6	1,2	9,3/10,5	60/80	120/190	20/24
	8	1,2	9,3/10,5	50/90	150/230	20/26
	10	0,8	9,3/11	60/90	150/230	20/26
	2	1,0	8/10	70/100	90/120	16/18
	3	1,0	6/9	60/90	100/160	16/20
	4	1,2	8/10	50/90	110/190	20/26
	5	1,2	6/10	30/70	130/240	20/26
	6	1,2	6/10	30/70	130/280	20/26

Arame eletrodo tubular (para aço carbono) FCAW (Flux Cored Arc Welding)

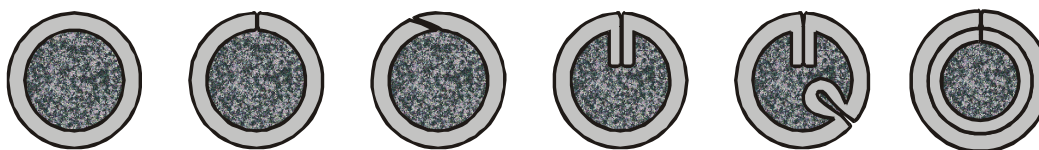
Este arame eletrodo não é sólido, existe vários formatos interno, que contém um fluxo apropriado em seu interior para proteção do arco e do cordão.

Em algumas situações, a soldagem com arame tubular também pode utilizar gás de proteção.

No início de sua utilização, os arames usados eram de grandes diâmetros, com isso as posições mais indicadas eram: plana e horizontal, mas com o desenvolvimento tecnológico deste consumível, já é possível encontrar diversos diâmetros para as diversas posições de soldagem.

A soldagem com o arame tubular apresenta uma camada de escória que deve ser removida antes que um novo passe seja executado. O tipo de arame utilizado condiciona a consistência e aderência da escória; assim existem escórias que se partem ao esfriar e se destacam facilmente do cordão, enquanto que outras aderem de tal modo ao cordão que precisam ser quebradas por meio de picadeiras.

Podem apresentar diferentes seções transversais:



Os arames tubulares apresentam conformações internas que variam de acordo com o diâmetro. Segundo o Instituto Internacional de Soldagem (IIW) os formatos internos podem ser descritos como:

Dobra de topo, dobra sobreposta, dobra simples, dobra múltipla e dobra dupla.

Os arames tubulares apresentam conformações internas que variam de acordo com o diâmetro. Segundo o Instituto Internacional de Soldagem (IIW) os formatos internos podem ser descritos como:

Dobra de topo, dobra sobreposta, dobra simples, dobra múltipla e dobra dupla.

Tipo nº	Seção	Descrição	Tipo nº	Seção	Descrição
1		Sem costura	4		Dobra simples
2		De topo	5		Dobra múltipla
3		Sobreposta	6		Dobra dupla

Característica do arame tubular:

A capa externa é de aço e o seu interior possui fundentes com elementos formadores de escória, estabilizadores do arco e desoxidantes.

Tais elementos proporcionam um arco estável, com poucos respingos, e um bom acabamento superficial da solda.

Especificação de arame e varetas para soldagem em aço carbono, pelo processo TIG e MIG/MAG

Segundo norma AWS A 5.18-1 (Nota: AWS significa = Associação Americana de Soldagem).

Composição química da vareta em %.

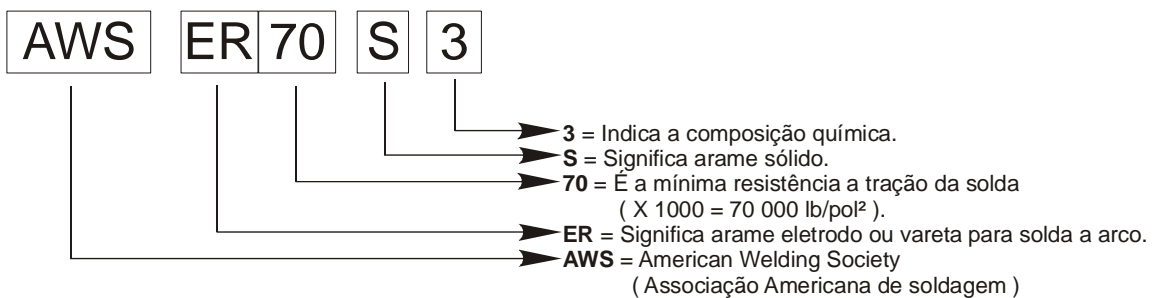
Classificação

“AWS”	C	Mn	Si	P	S	Outros
ER 70 S-2	0,07	0,90 a 1,40	0,40 a 0,70	Máximo 0,0025	Máximo 0,0025	Ti 0,05 a 0,15 Zr 0,02 a 0,12 Al 0,05 a 0,15
ER 70 S-3	0,07 a 0,15	0,90 a 1,40	0,45 a 0,70	Máximo 0,0025	Máximo 0,0025	
ER 70 S-4	0,07 a 0,15	1,00 a 0,50	0,65 a 0,85	Máximo 0,0025	Máximo 0,0025	
ER 70 S-5	0,07 a 0,19	0,90 a 1,40	0,30 a 0,60	Máximo 0,0025	Máximo 0,0025	Al 0,05 a 0,90
ER 70 S-6	0,07 a 0,15	1,40 a 1,85	0,80 a 1,15	Máximo 0,0025	Máximo 0,0025	
ER 70 S-7	0,07 a 0,15	1,5 a 2,00	0,50 a 0,80			

OBS.: C = Carbono, Mn = Manganês, Si = Silício, P = Fósforo, S = Enxofre, Zr = Zircônio.

Interpretação da norma “AWS”

Exemplo: ER 70 S-3



“S” = significa que o arame é sólido;
 “T” = significa que o arame é tubular.

Transportadores de arame eletrodo

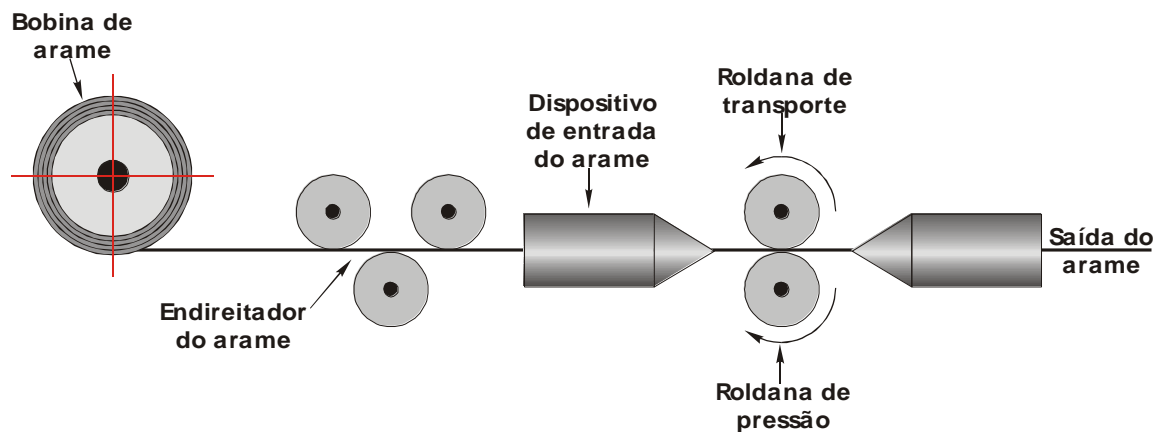
Existem diversos tipos de transportadores. A figura 01 abaixo apresenta, esquematicamente, como se processa a operação, detalhando, inclusive, os componentes principais que efetuam o avanço do arame.

Um outro tipo de transportador é apresentado na figura 02, onde, esquematicamente, vê-se como ocorre o transporte por intermédio de mecanismo de avanço.

No esquema abaixo da figura são apresentadas algumas considerações quanto ao seu mecanismo de funcionamento. Tal mecanismo baseia-se na variação de curso, proporcionado pelo cone, que o intercala a cada rotação.

Em todos os sistemas de transporte, é fundamental a existência de um bom motor em que se possa efetuar a variação do número de rotações, com a qual se regula a velocidade de avanço do arame que é fornecida em metros / minuto.

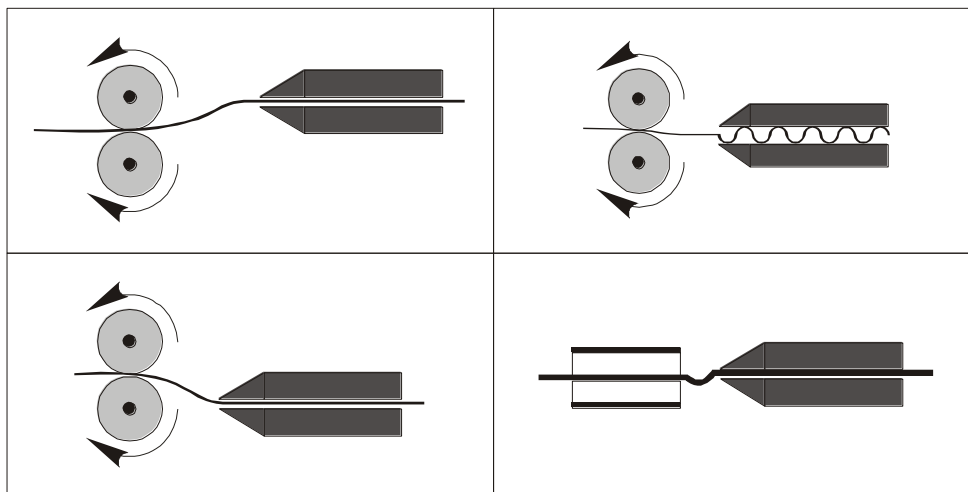
Figura 01:



Condução do arame eletrodo pela mangueira:

A condução do arame pela mangueira não deve sofrer interferências que venham a prejudicar a constância do avanço.

Figura 02:



Processo TIG

Introdução:

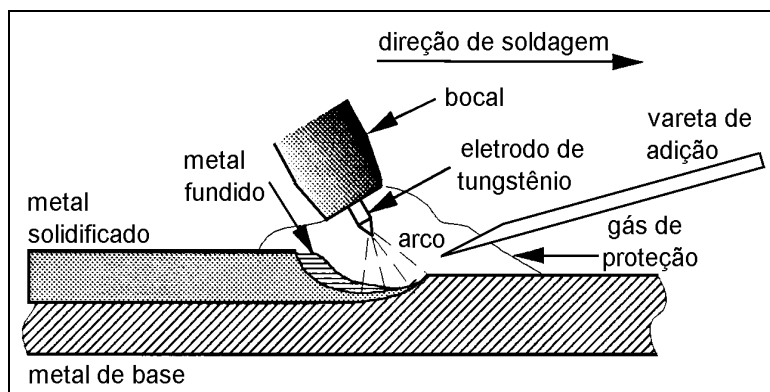
Até agora, falamos de processos de soldagem bastante simples, baratos e versáteis, tanto do ponto de vista da variedade de tipos de metais a serem soldados, quanto do ponto de vista da espessura das chapas.

Mas que fazer se os metais a serem unidos forem de difícil soldagem por outros processos, se for preciso soldar peças de pequena espessura ou juntas complexas, ou se for necessário um controle muito rigoroso do calor cedido à peça? Como no caso da costura e união de topo de tubos de aço inoxidável, da soldagem de alumínio, magnésio e titânio, particularmente de peças leves ou de precisão como as usadas na indústria aeroespacial, por exemplo?...

Existe um processo de soldagem manual, que também pode ser automatizado, e que resolve esses problemas. Ele é chamado de soldagem TIG, um processo dos mais versáteis em termos de ligas soldáveis e espessuras, produzindo soldas de ótima qualidade.

Que sigla é essa?

Como você já deve ter percebido, TIG é uma sigla. Ela deriva do inglês **Tungsten Inert Gas** e se refere a um processo de soldagem ao arco elétrico, com ou sem metal de adição, que usa um eletrodo não-consumível de tungstênio envolto por uma cortina de gás protetor.



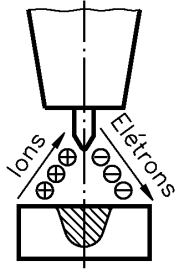
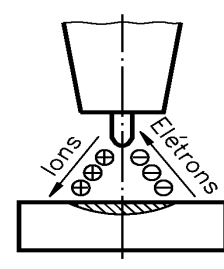
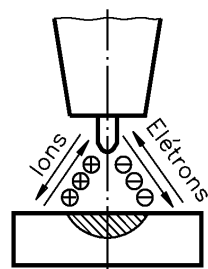
Nesse processo, a união das peças metálicas é produzida por aquecimento e fusão através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio não-consumível e as peças a serem unidas. A principal função do gás inerte é proteger a poça de fusão e o arco contra a contaminação da atmosfera.

Esse processo é aplicável à maioria dos metais e suas ligas numa ampla faixa de espessuras. Porém, devido à baixa taxa de deposição, sua aplicação é limitada à

soldagem de peças pequenas e no passe de raiz, principalmente de metais não-ferrosos e de aço inoxidável.

O arco elétrico na soldagem TIG produz soldas com boa aparência e acabamento. Isso exige pouca ou nenhuma limpeza após a operação de soldagem. Esse arco pode ser obtido por meio de corrente alternada (CA), corrente contínua e eletrodo negativo (CC-), e corrente contínua e eletrodo positivo (CC+), que é pouco usada pelos riscos de fusão do eletrodo e contaminação da solda.

Um arco de soldagem TIG ideal é aquele que fornece a máxima quantidade de calor ao metal-base e a mínima ao eletrodo. Além disso, no caso de alumínio e magnésio e suas ligas, ele deve promover a remoção da camada de óxido que se forma na frente da poça de fusão. Dependendo da situação e de acordo com as necessidades do trabalho, cada um dos modos de se produzir o arco (CA, CC+ ou CC-) apresenta um ou mais desses requisitos. Veja tabela a seguir.

Tipo de corrente	C/C-	C/C+	CA (Balanceada)
Polaridade do eletrodo	Negativa ou direta	Positiva ou inversa	
			
Ação de limpeza	Não	Sim	Sim, em cada semi-ciclo
Balanco de calor no arco (aprox.)	70% na peça 30% no eletrodo	30% na peça 70% no eletrodo	50% na peça 50% no eletrodo
Penetração	Estreita e profunda	Rasa e superficial	Média
Aplicação	Aço, cobre, prata, aços austeníticos ao cromo-níquel e ligas resistentes ao calor.	Pouco usada. Requer eletrodos de menor diâmetro ou correntes mais baixa.	Alumínio, Magnésio e suas ligas.

(Fonte: **Tecnologia da soldagem** por Paulo Villani Marques e outros. Belo Horizonte: ESAB, 1991, p.187)

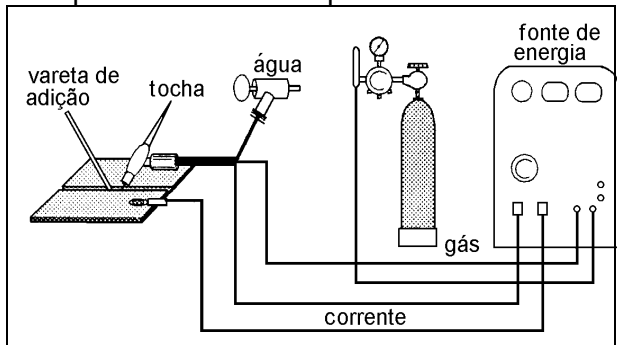
O uso do eletrodo não-consumível permite a soldagem sem utilização de metal de adição. O gás inerte, por sua vez, não reage quimicamente com a poça de fusão. Com isso, há pouca geração de gases e fumos de soldagem, o que proporciona ótima visibilidade para o soldador.

A soldagem TIG é normalmente manual em qualquer posição mas, com o uso de dispositivos adequados, o processo pode ser facilmente mecanizado.

Equipamento básico

O equipamento usado na soldagem TIG é composto basicamente por:

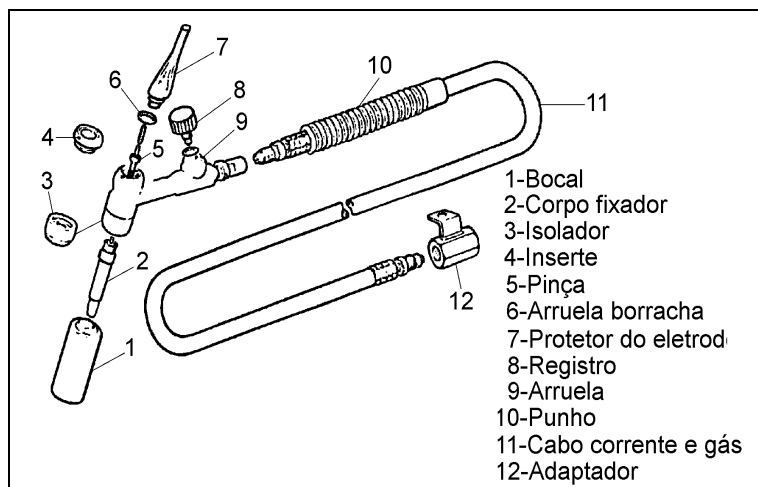
- uma fonte de energia elétrica;
- uma tocha de soldagem;
- uma fonte de gás protetor;
- um eletrodo para a abertura do arco;
- unidade para circulação de água para refrigeração da tocha.



A **fonte de energia** elétrica é do tipo ajustável e pode ser:

- Um transformador que fornece corrente alternada;
- Um transformador / retificador de corrente contínua com controle eletromagnético ou eletrônico;
- Fonte de corrente pulsada;
- Fontes que podem fornecer corrente contínua ou alternada.

A **tocha de soldagem** tem como função suportar o eletrodo de tungstênio e conduzir o gás de proteção de forma apropriada. Ela é dotada de uma pinça interna que serve para segurar o eletrodo e fazer o contato elétrico. Possui também um bocal que pode ser de cerâmica ou de metal e cuja função é direcionar o fluxo do gás.



Todas as tochas precisam ser refrigeradas. Isso pode ser feito pelo próprio gás de proteção, em tochas de capacidade até 150 A ou, para tochas entre 150 e 500 A, com água corrente fornecida por um circuito de refrigeração composto por um motor elétrico, um radiador e uma bomba d'água.

Eletrodos

O eletrodo usado no processo de soldagem TIG é uma vareta sinterizada de tungstênio puro ou com adição de elementos de liga (tório, zircônio, lantânio e cério). Sua função é conduzir a corrente elétrica até o arco. Essa capacidade de condução

varia de acordo com sua composição química, com seu diâmetro e com o tipo de corrente de soldagem.

A seleção do tipo e do diâmetro do eletrodo é feita em função do material que vai ser soldado, da espessura da peça, do tipo da junta, do número de passes necessários à realização da soldagem, e dos parâmetros de soldagem que vão ser usados no trabalho.

Consumíveis

Para a realização da soldagem TIG, além dos eletrodos, são necessários também os itens chamados de consumíveis, ou seja, o **metal de adição** e o **gás de proteção**.

Embora o processo TIG permita a soldagem sem **metal de adição**, esse tipo de trabalho é de uso limitado, principalmente a materiais de espessura muito fina e ligas não propensas a trincamento quando aquecidas. A função do metal de adição é justamente ajudar a diminuir as fissuras e participar na produção do cordão de solda.

Para soldagem manual, o metal de adição é fornecido na forma de varetas. Para a soldagem mecanizada, o metal é fornecido na forma de um fio enrolado em bobinas. Os diâmetros dos fios e das varetas são padronizados e variam entre 0,5 e 5 mm. O diâmetro é escolhido em função da espessura das peças ou da quantidade de material a ser depositado e dos parâmetros de soldagem.

A escolha do metal de adição para uma determinada aplicação é feita em função da composição química e das propriedades mecânicas desejadas para a solda. Em geral, o metal de adição tem composição semelhante à do metal de base.

É importante lembrar que os catálogos dos fabricantes são fontes ideais de informações necessárias para ajudar na escolha dos gases de proteção, dos eletrodos e do metal de adição.

O **gás inerte**, além de proteger a região do arco compreendida pela poça de fusão, também transfere a corrente elétrica quando ionizado. Para esse sistema, os gases usados são o hélio, o argônio ou uma mistura dos dois.

A seleção do gás de proteção é feita em função do tipo de metal que se quer soldar, da posição de soldagem e da espessura das peças a unir.

O grau de pureza do gás de proteção é essencial para a qualidade da solda e ele deve ficar em torno de 99,99%. É importante lembrar que essa pureza deve ser mantida até que o gás chegue efetivamente ao arco, a fim de evitar que vestígios de sujeira e umidade resultem em contaminação da solda.

Além dos equipamentos e materiais que acabamos de descrever, vários equipamentos ou sistemas auxiliares podem ser usados para facilitar ou mecanizar a operação de soldagem, tais como:

- Posicionadores, para permitir a soldagem na posição plana;
- Dispositivos de deslocamento, para movimentar a tocha ou a peça;
- Controladores automáticos de comprimento de arco, para manter constante a distância da ponta do eletrodo até a peça;

- Alimentadores de metal de adição, para mecanizar a adição do metal e permitir uniformidade na adição;
- Osciladores do arco de soldagem, para mecanizar o tecimento do cordão;
- Temporizadores, para controlar o início e o fim da operação dos diversos dispositivos auxiliares da soldagem, controlar o fluxo de gás e sincronizar toda a operação do sistema.

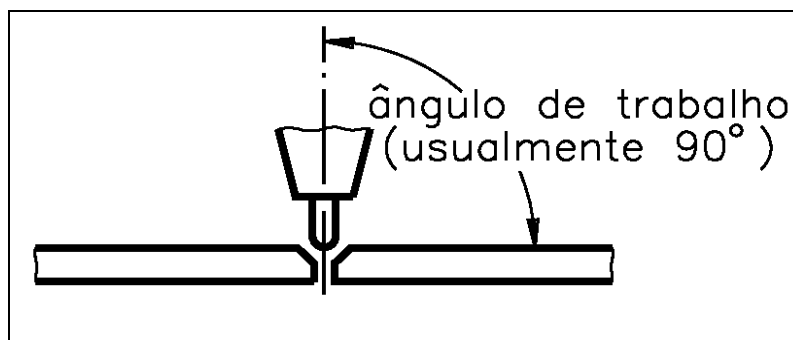
Etapas do processo de soldagem TIG manual

Para realizar a soldagem TIG, o operador deve seguir as seguintes etapas:

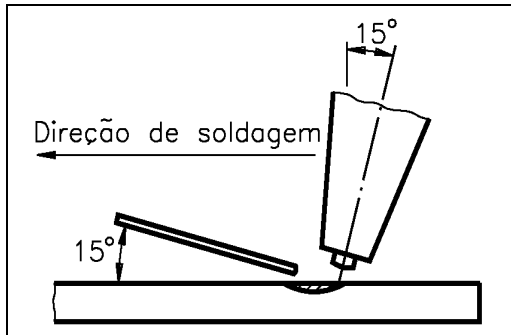
1. Preparação da superfície, para remoção de óleo, graxa, sujeira, tinta, óxidos, por meio de lixamento, escovamento, decapagem.
2. Abertura do gás (pré-purga) para expulsar o ar da mangueira de gás e da tocha.
3. Pré-vazão, ou formação de cortina protetora antes da abertura do arco.
4. Abertura do arco por meio de um ignitor de alta frequência.
5. Formação da poça de fusão.
6. Adição do metal na poça de fusão, quando aplicável.
7. Ao final da junta, extinção do arco por interrupção da corrente elétrica.
8. Passagem do gás inerte sobre a última parte soldada para resfriamento do eletrodo e proteção da poça de fusão em solidificação (pós-vazão).
9. Fechamento do fluxo do gás.

As etapas 3 e 8 são automáticas, ou seja, fazem parte das características técnicas do equipamento.

Esse procedimento exige técnicas adequadas para sua execução. Por exemplo: No início da soldagem, a tocha deve permanecer no ponto de partida por um tempo entre 3 e 5 segundos, para que se forme uma poça de fusão. Usualmente durante a soldagem, a tocha deve permanecer perpendicular em relação à superfície da junta de modo que o ângulo de trabalho seja de 90° . Ao mesmo tempo, ela deve estar ligeiramente inclinada para trás (ângulo de soldagem de 5 a 15°).



O movimento da tocha deve ser firme e uniforme, à medida que a vareta de adição é introduzida na borda frontal ou lateral da poça. A vareta deve formar um ângulo de aproximadamente 15° em relação à superfície da peça.



Ao se soldar componentes de espessuras diferentes, o arco deve ser direcionado para o lado da junta de maior espessura a fim de se obter fusão e penetração iguais dos dois lados.

Além disso, deve-se também considerar o conjunto de parâmetros que asseguram a penetração e o perfil do cordão desejado. Eles são, por exemplo:

O comprimento do arco, que varia entre 3 e 10 mm, dependendo do tipo e da localização da junta.

A intensidade da corrente de soldagem, relacionada principalmente com a espessura do metal de base, diâmetro e tipo de eletrodo.

A bitola da vareta é escolhida de acordo com a quantidade de metal a ser adicionado à poça de fusão.

Vazão do gás que influencia na qualidade do cordão de solda.

A determinação dos parâmetros de soldagem é feita em função do material a ser soldado, da espessura das peças, da posição de soldagem e dos equipamentos disponíveis. Isso é válido também para a decisão de uso ou não de metal de adição.

Problemas operacionais e defeitos nas soldas

Por mais cuidado que se tome, os problemas e os defeitos sempre acontecem. O quadro a seguir mostra quais são eles, suas causas e como corrigi-los.

Problemas / Defeitos	Causas	Correções
Consumo excessivo de eletrodo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gás de proteção insuficiente. 2. Soldagem em polaridade inversa. 3. Diâmetro inadequado do eletrodo em relação à corrente necessária ao trabalho. 4. Eletrodo contaminado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpar boca da tocha. Verificar se há vazamento nas mangueiras. Diminuir distância entre o bocal e a peça. Aumentar a vazão do gás. 2. Corrigir polaridade. Usar eletrodo de diâmetro maior. 3. Usar eletrodo de diâmetro maior. 4. Eliminar a contaminação por meio de esmerilhamento da ponta do eletrodo.

	5. Oxidação do eletrodo durante o resfriamento.	5. Manter o gás fluindo após a extinção do arco por pelo menos 10 segundo.
Arco errático.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presença de óxidos ou agentes contaminadores na superfície do metal de base. 2. Ângulo do chanfro da junta estreito demais. 3. Eletrodo contaminado. 4. Diâmetro do eletrodo grande demais para a intensidade de corrente usada. 5. Arco muito longo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpar superfície do metal de base. 2. Corrigir ângulo. 3. Limpar eletrodo. 4. Utilizar eletrodo de tamanho adequado, ou seja, o menor possível para a corrente necessária. 5. Aproxime mais o eletrodo.
Porosidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impurezas na linha de gás. 2. Mangueiras de gás e água trocadas. 3. Superfície do metal de base e/ou do metal de adição contaminada. 4. Vazão do gás inadequada. 5. Arco muito longo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Purgar o ar de todas as linhas antes de abrir o arco. 2. Usar somente mangueiras novas. Nunca trocar as mangueiras. 3. Fazer limpeza. 4. Corrigir vazão de gás. 5. Corrigir comprimento do arco.
Cordão de solda oxidado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proteção insuficiente do gás. 2. Metal de base ou de adição sujo. 3. Contaminação com o tungstênio do eletrodo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar taxa de vazão do gás. Verificar tamanho do arco. Corrigir posição da tocha. Centralizar os eletrodos no bocal de gás. 2. Limpar a superfície do material de base e dos materiais de adição. 3. Abrir o arco sem tocar o metal de base; usar corrente de alta frequência.
Cordão de solda muito largo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arco muito longo 2. Velocidade de soldagem muito baixa para corrente usada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corrigir tamanho do arco. Corrigir posição da tocha. 2. Verificar e alterar corrente e ou velocidade de soldagem.

O processo de soldagem TIG, por sua importância e versatilidade exige um conhecimento cujas noções básicas todo o profissional da área de metal-mecânica deve ter. Esse foi o objetivo desta aula: dar-lhe esse conhecimento básico. O resto agora é com você.

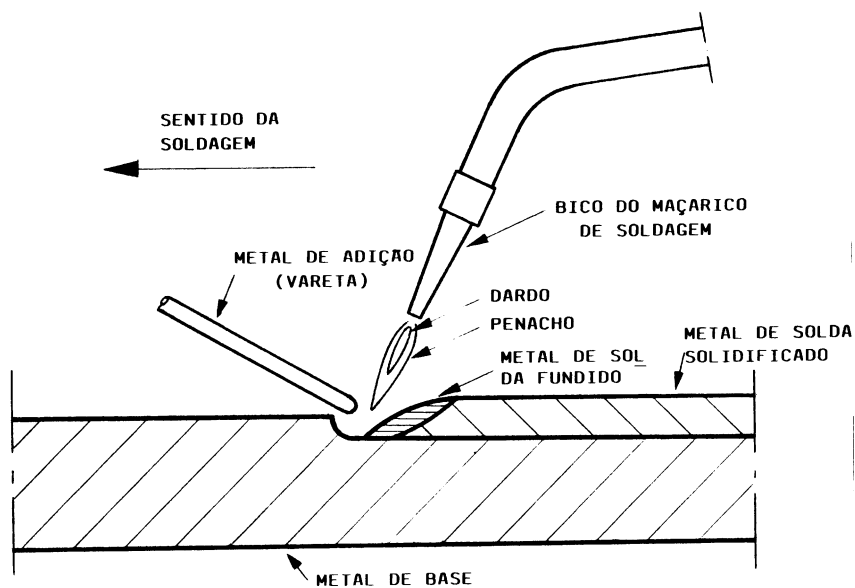
Processo Oxi-Acetilênica

Fundamentos do processo

Soldagem à gás é todo processo que utiliza um gás combustível, combinado com oxigênio para efetuar a união de metais. A fonte de calor, sendo uma chama é menos potente que o arco elétrico.

O aquecimento da peça exige um tempo maior, permanecendo a peça por mais tempo em altas temperaturas.

A soldagem pode ser com ou sem metal de adição.



Equipamentos de soldagem

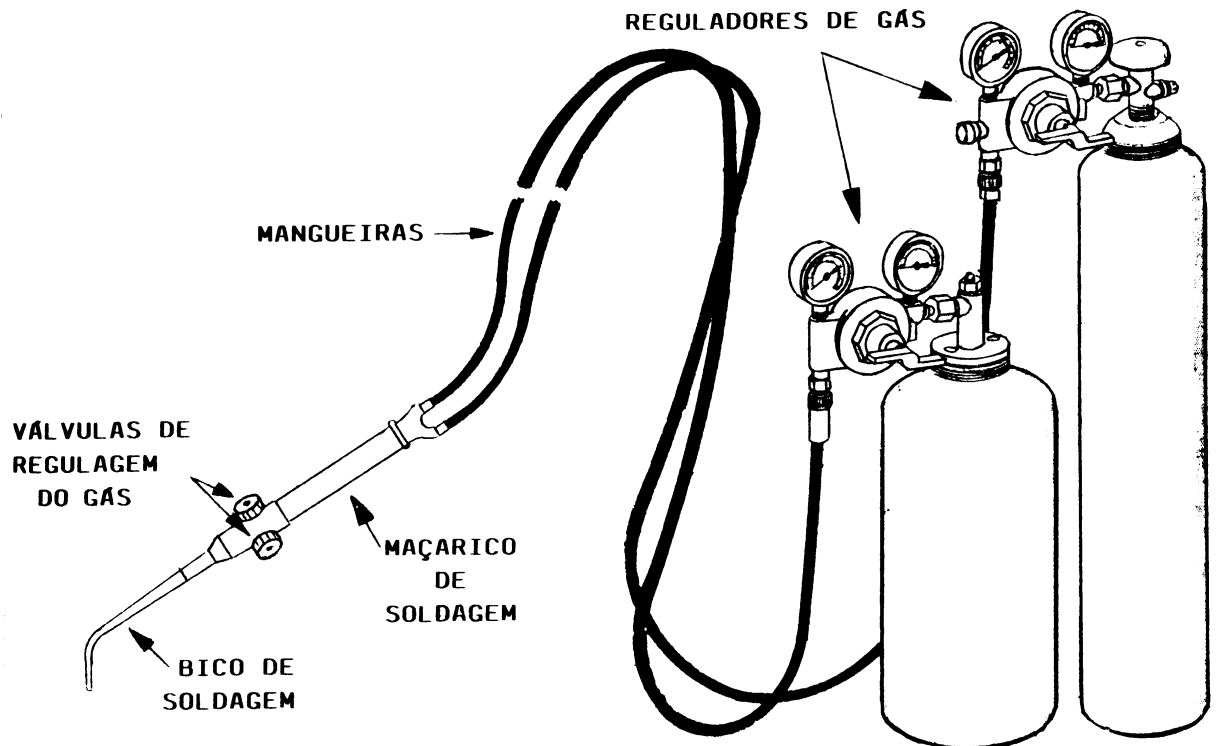
O equipamento necessário para este processo varia muito, dependendo da aplicação e do tipo de combustível usado. O equipamento, consiste de cilindros de combustível e cilindro de oxigênio, com reguladores para cada mangueira, e de maçarico de soldagem.

O maçarico desempenha a função de misturar os gases, para prover o tipo de chama adequada para a soldagem.

Este, além da conexão de mangueira e de um manipulador, com válvulas de oxigênio e gás combustível para regulagem da mistura.

O gás acetileno é o preferido para a soldagem, por apresentar uma porcentagem maior de carbono em peso, do que qualquer outro gás hidro-carboneto combustível.

Esquema de ligação



Acessórios:

Reguladores de Pressão

Os reguladores são equipamentos utilizados para descomprimir os gases armazenados em alta pressão nos cilindros. A função do regulador é baixar a pressão do gás ao valor desejado pelo usuário e mantê-la estabilizada, independentemente de flutuações de pressão do cilindro.

A tabela abaixo mostra algumas faixas de espessura de aço carbono em função do tamanho do bico e suas respectivas condições térmicas.

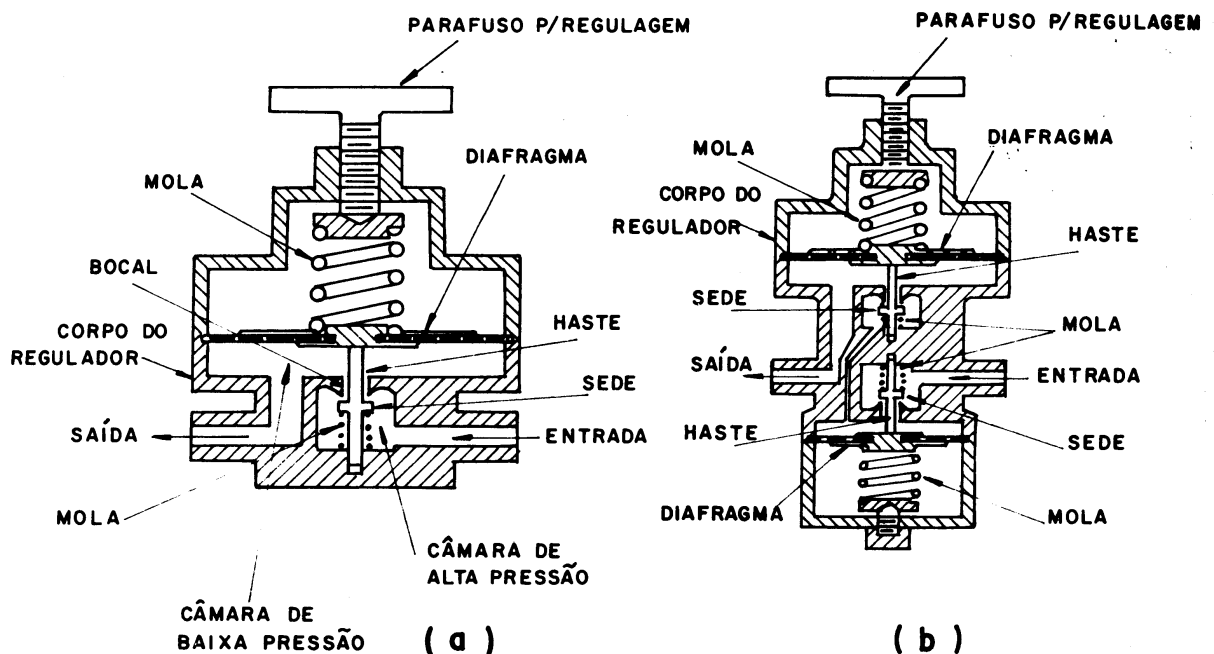
Tamanho do bico	Diâmetro do orifício (mm)	Área do Orifício (mm ²)	Vazão de Acetileno (l/h)	Comprimento do dardo (mm)	Faixa de espessura (mm)	Energia de soldagem (Kj/s)	Eficiência de chama (η)
1	1,0	0,78	150	9	0,5 – 1,5	1,59	0,72
2	1,3	1,33	250	10	1,0 – 3,0	2,51	0,68
3	1,6	2,01	400	11	2,5 – 4,0	3,01	0,51
4	2,0	3,14	600	12	4,0 – 7,0	3,85	0,44
5	2,5	4,91	1000	14	7,0 – 11,0	5,31	0,36
6	3,0	7,06	1700	15	10,0 – 18,0	7,32	0,29

7	3,5	9,62	2600	17	17,0 – 30,0	9,40	0,25
---	-----	------	------	----	-------------	------	------

Funcionamento de um regulador de pressão:

A entrada do regulador é conectada no cilindro do gás. O gás preenche uma pequena câmara, de alta pressão, através de um bocal que está associado a uma sede; esta regula a quantidade de gás que entra na câmara de baixa pressão, cujo diafragma tem a função de manter a desejada pressão. Quando o parafuso de regulagem é acionado, a sede da válvula da câmara de alta pressão fica afastada da boca, aumentando a pressão. Quando o regulador não está sendo utilizado, o parafuso de regulagem deve ser desapertado, fazendo com que a sede da válvula encoste-se à boca, fechando a passagem do gás.

Os reguladores podem ser de um ou de dois estágios como podemos ver na figura abaixo.

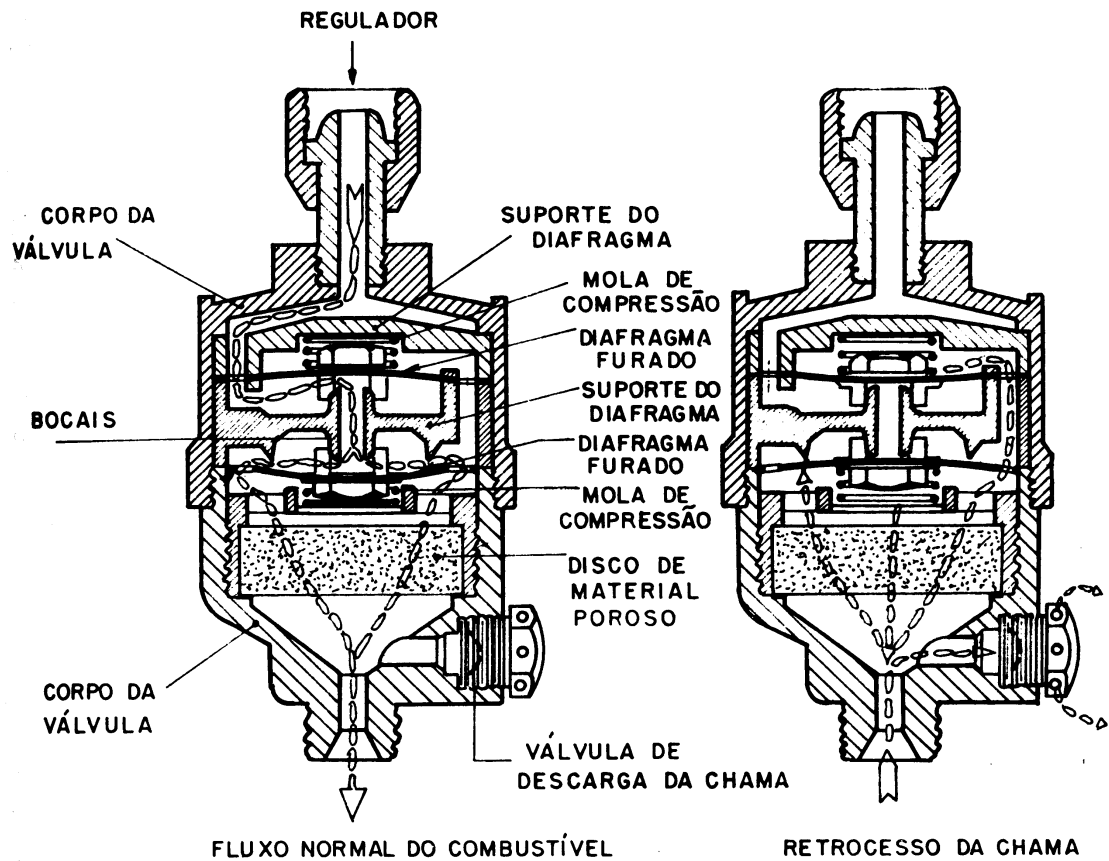


Válvulas de segurança

As válvulas de segurança deve ser utilizadas em todos os equipamentos de soldagem e corte oxigás. São dispositivos importantes, pois podem minimizar, ou até evitar acidentes com aqueles tipos de equipamento. As válvulas de segurança são de dois tipos: válvula contra retrocesso de chama e válvula contra fluxo.

A válvula contra retrocesso de chama é conectada ao regulador de pressão do combustível, ou central de gases combustíveis. Essas válvulas devem evitar o contra-fluxo dos gases, extinguir o retrocesso da chama e cortar o suprimento do gás combustível após o retrocesso. O funcionamento de uma válvula contra o retrocesso da chama pode ser acompanhado na figura a seguir.

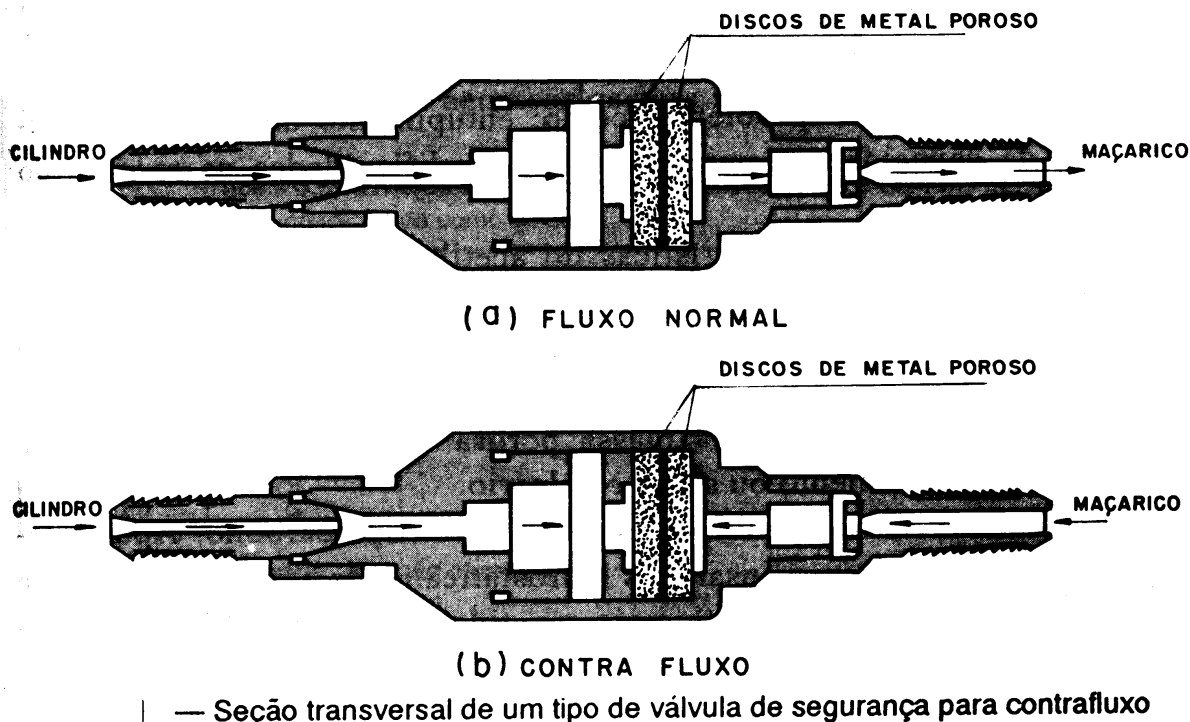
O combustível entra na válvula, atravessa um diafragma perfurado e depois um bocal, entra em outra câmara através de outro bocal, atravessa outro diafragma perfurado, um disco de material poroso e é direcionado para a mangueira de combustível que alimenta o maçarico. No caso de retrocesso, o disco de material poroso evita a propagação da chama para o interior do maçarico junto com os dois diafragmas que mudam os raios de curvatura e interrompem, através de bocais, o fluxo do gás combustível.



A válvula de contra fluxo evita a passagem do combustível do maçarico em direção ao cilindro.

O funcionamento de uma dessas válvulas pode ser acompanhado através da figura a seguir.

O combustível flui normalmente através de discos porosos de um metal dúctil. Caso haja contra-fluxo devido a uma mistura explosiva de acetileno e ar, por exemplo, esses discos absorvem as ondas de choque e bloqueiam o contra-fluxo. Esse tipo de válvula não impede o retrocesso da chama, uma vez que a temperatura elevada danifica seus componentes internos.

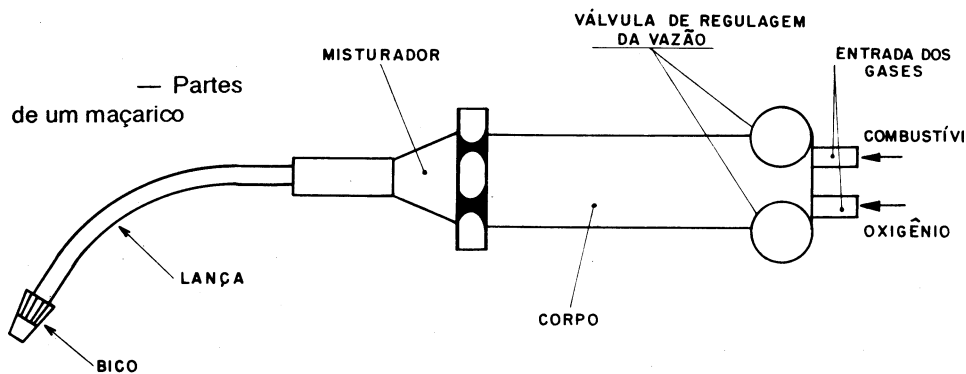


Maçaricos

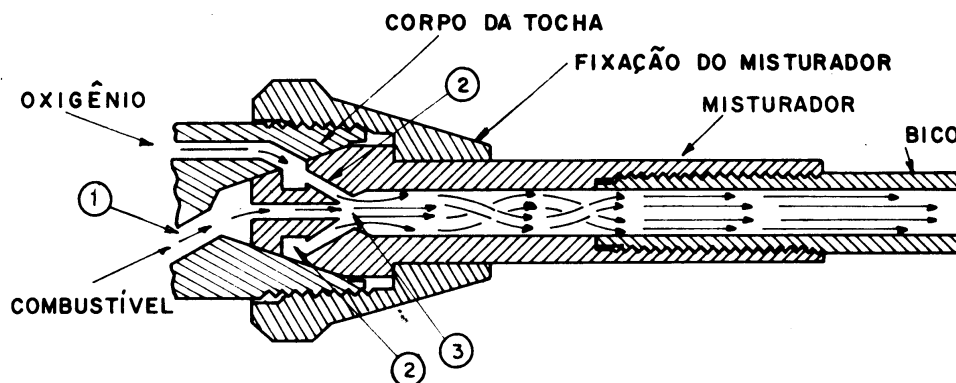
O maçarico é um instrumento para misturar e controlar a vazão da mistura na saída do bico. Com ele consegue-se obter a chama com regulação e intensidade de combustões ideais para a operação de soldagem ou corte. O corpo do maçarico contém as entradas dos gases com as respectivas válvulas de regulação de vazão. As entradas dos gases costumam ter roscas diferentes por motivo de segurança: a tomada de oxigênio possui rosca à direita e a do combustível, rosca à esquerda. As válvulas de regulação de vazão são do tipo agulha.

No misturador ocorre a mistura dos gases em proporções iguais. O volume do misturador é pequeno para manter a mistura dentro dos limites de segurança, uma vez que muitas misturas são explosivas. A mistura pode ser conduzida pela lança até o bico do maçarico ou diretamente a um bico com o formato de lança. A função do bico é controlar a transferência de calor e direcionar da chama.

Os maçaricos podem ser classificados de acordo com o tipo de misturador em: injetor e de pressão média.



No maçarico injetor o acetileno (baixa pressão) é aspirado pelo oxigênio (alta pressão), pelo princípio do tubo venturi no misturador. No maçarico de média pressão, ambos os gases chegam com a mesma pressão ao misturador. Um detalhe esquemático de cada tipo de misturador é mostrado adiante.

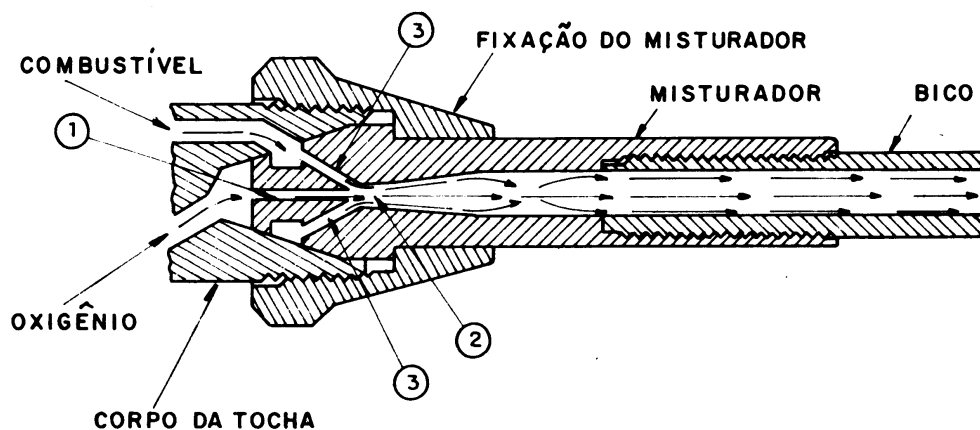


(A) MAÇARICO DE MÉDIA PRESSÃO

Na Fig. A o combustível entra no local (1), enquanto que o oxigênio entra por diversos locais (2) em volta da entrada de combustível (3).

Os gases acabam adquirindo um movimento de rotação, misturando-se entre si.

Na Fig. B o oxigênio entra em (1) e através do venturi aspira o combustível (2), que entra por diversos locais (3), ocorrendo uma rotação entre os gases e formando a mistura.



(B) MAÇARICO INJETOR

O maçarico deve gerar uma chama estável e manter a dosagem dos gases da mistura constante durante todo o processo da soldagem ou corte.

Em outras palavras, deve manter constante a regulagem da chama, tanto com variações na pressão do oxigênio como com o aquecimento excessivo.

Os maçaricos devem ser projetados para resistir ao retrocesso da chama, caracterizado por um ruído bem característico e que pode danificar o maçarico ou até causar um acidente grave. O retrocesso pode ocorrer quando o bico é parcialmente obstruído, quando ocorre aquecimento excessivo ou quando a velocidade de saída da mistura é menor que a da propagação da chama. Se o ruído característico continuar, o retrocesso da chama é mais grave e pode se propagar pelas mangueiras até o cilindro. No maçarico injetor, se a pressão do oxigênio variar, sua vazão também muda e, conseqüentemente, a vazão do acetileno muda no mesmo sentido, havendo uma autocompensação. Já o maçarico injetor varia sua vazão com a troca do bico ou do injetor, ou com a regulagem do injetor. Com o aquecimento, as dimensões são alteradas, podendo causar a desregulagem. Já para o maçarico de média pressão, a vazão varia com a troca do bico e ; a regulagem da pressão de admissão.

Bicos

Os bicos são feitos de ligas com elevada condutibilidade térmica, como as ligas de cobre, para evitar um superaquecimento, gerando problemas como os que foram referidos no item anterior.

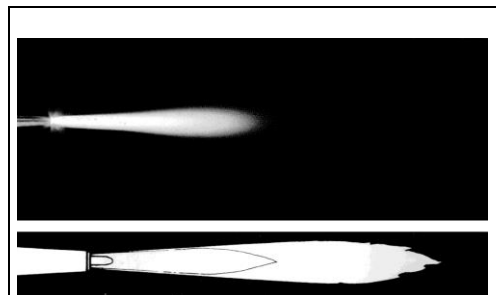
A área do orifício do bico está linearmente relacionada com a espessura da chapa a ser soldada. Para uma dada área do orifício do bico, existe uma faixa de espessura que varia com as condições de soldagem. Existe um feixe de superposição das espessuras a serem soldadas, porém deve-se ter atenção devido às condições de soldagem, que podem ser ideais para um dado bico e não para outro, mantendo-se constante a espessura da chapa.

O formato e o tamanho do dardo depende, entre outros fatores, do diâmetro do orifício do bico, da relação entre os diâmetros de entrada e saída do bico etc. O bico deve fornecer então um escoamento laminar com uma mistura gasosa. O diâmetro do orifício do bico também determina as condições térmicas da chama. O diâmetro do orifício do bico também influi na potência específica da fonte de calor, o que significa que esta pode ser mais concentrada para uma dada mistura gasosa, variando-se o tamanho do orifício do bico.

O acetileno é tão usado na soldagem a gás que muitas vezes o processo recebe o nome de **soldagem oxiacetilênica**.

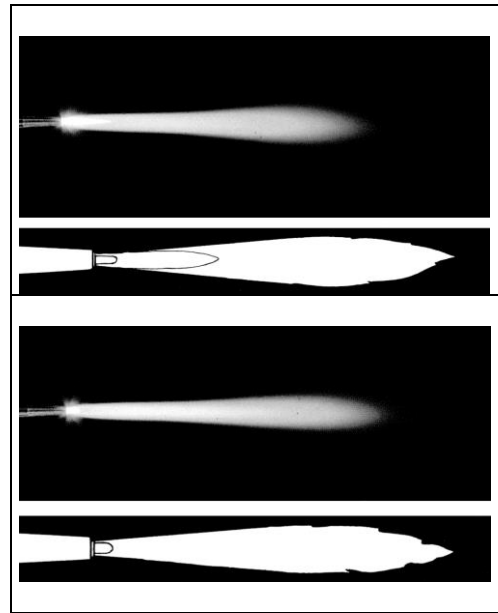
Em função da quantidade de gás combustível e de oxigênio, o maçarico pode fornecer diferentes tipos de chama, aplicáveis à soldagem de diferentes tipos de metais. É a regulagem da chama que vai permitir o aparecimento de seus três tipos básicos:

1. Chama **reductora** ou **carburente**: é obtida pela mistura de oxigênio e maior quantidade de acetileno. Esse tipo de chama é caracterizado pela cor amarela clara e luminosa e pela zona carburente presente no dardo da chama. É usada para a soldagem de ferro fundido, alumínio, chumbo e ligas de zinco.



2. Chama **neutra** ou **normal**: formada a partir da regulagem da chama redutora, é obtida pela mistura de uma parte de gás, uma de oxigênio do maçarico e 1,5 parte de oxigênio do ar, e se caracteriza por apresentar um dardo brilhante. Ela é usada para a soldagem de cobre e todos os tipos de aços.

3. Chama **oxidante**: é obtida a partir da chama neutra, diminuindo a quantidade de acetileno e aumentando a quantidade de oxigênio. É usada para a soldagem de aços galvanizados, latão e bronze.



Além dos gases, mais dois tipos de materiais são às vezes necessários para a realização da soldagem a gás: os **fluxos** e os **metais de adição**. Juntamente com o gás, esses materiais são chamados de **consumíveis**.

Para realizar soldagens de boa qualidade, é necessário que as peças metálicas tenham sua superfície livre da presença de óxidos. Como o oxigênio é parte integrante do processo de soldagem a gás e como a afinidade de certos metais com o oxigênio é instantânea, é quase impossível impedir a formação desses óxidos. Uma maneira de removê-los é por meio do uso dos fluxos.

Os fluxos são materiais em forma de pó ou pasta que se fundem e têm a função de reagir quimicamente com os óxidos metálicos que se formam no processo. Eles são usados na soldagem de aços inoxidáveis e de metais não-ferrosos como o alumínio e o cobre e suas ligas.

Os **metais de adição** são usados para preenchimento da junta e para melhorar as propriedades dos metais de base, quando necessário. Encontram-se no comércio sob a forma de varetas com comprimentos e diâmetros variados. São escolhidos em função da quantidade de metal a depositar, da espessura das peças a serem unidas e das propriedades mecânicas e/ou da composição química do metal de base.

METAL DE ADIÇÃO

Aço-carbono (AWS A5.2-80)

O critério de classificação de varetas de aço-carbono para soldagem a gás é baseado somente no limite de resistência do metal de solda nas condições, como soldado.

O sistema de classificação é feito da seguinte forma:

RGXX

Onde:

R= vareta

G= gás

XX= limite máximo de resistência (em ksi) do metal de solda na condição, como soldado.

Os valores dos limites de resistência são mostrados na tabela abaixo, junto com os ensaios mecânicos necessários para a classificação.

Classificação AWS	Ensaio mecânico		Propriedades mecânicas		
			Limite de resistência		Alongamento em 4 diâmetros (%)
	Tração	Dobramento	ksi	Mpa	
RG 45	S	N	45	310	-
RG 60	S	S	60	414	20
RG 65	S	S	67	462	16

Nota: Ensaio mecânico - S = necessário - N = não necessário
Propriedades mecânicas dadas em valores mínimos

Ferro Fundido (AWS A5.15-82)

O critério de classificação de varetas para soldagem oxigás de ferro fundido é feito através de requisitos de composição química do metal de adição. O sistema de classificação é feito com a seguinte metodologia:

R CI-X

Onde:

R = vareta;

CI (cast iron) = ferro fundido

X = indicador da faixa de composição química

O requisito de análise química para as varetas de ferro fundido são mostrados na tabela abaixo. Além das varetas indicadas nessa tabela, podem ser usadas, para soldar ferro fundido, metais de adição de ligas à base de cobre.

Classificação AWS	Composição química em %								
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo	Mg	Ce
RCI	3,2 – 3,5	0,60 – 0,75	2,7 – 3,0	0,50 – 0,75	0,10	traços	traços	-	-
RCI-A	3,2 – 3,5	0,50 – 0,70	2,0 – 2,5	0,20 – 0,40	0,10	1,2 – 1,6	0,25 – 0,45	-	-
RCI-B	3,2 – 4,0	0,10 – 0,40	3,2 – 3,8	0,05	0,015	0,50	-	0,04 – 0,10	0,20

Valores únicos indicam porcentagem máxima

Cobre e suas ligas (AWS A 5.27-82)

O critério, de classificação das varetas à base de ligas de cobre para a soldagem oxigás, é baseado nos requisitos de composição química. O sistema de classificação da seguinte maneira:

RBLL....-X

onde:

R = vareta;

B = metal de adição adequado para a soldagem oxigás ou brasagem;

LL = símbolo dos principais elementos químicos do metal de adição;

X = letra indicando o grupo do metal de adição.

A tabela abaixo indica os requisitos de composição química para os metais de adição.

Classificação AWS	Composição química em %											
	Cu+Ag	Zn	Sn	Mn	Fe	Si	Ni+C o	P	Al	Pb	Ti	Residual
ERCu *	98,0 min	-	1,0	0,5	(C)	0,50	(C)	0,15	0,01	0,02	-	0,50
ERCuSi-A *	94,0 min	1,5	1,5	1,5	0,5	2,8-4,0	(C)	(C)	0,01	0,02	-	0,50
ERCuNi	Restante	(C)	(C)	1,00	0,40-0,70	0,15	29,0-32,0	0,02	-	0,02	0,20-0,50	0,50
RBCuZn-A**	57,0-61,0	restante	0,25-1,0	(C)	(C)	(C)	-	-	0,01	0,05	-	0,50
RcuZn-B	56,0-60,0	restante	0,80-1,10	0,01-0,50	0,25-1,20	0,04-0,15	0,20-0,80	-	0,01	0,05	-	0,50
RCuZn-C	56,0-60,0	restante	0,80-1,10	0,01-0,50	0,25-1,20	0,04-0,15	-	-	0,01	0,05	-	0,50
RECuZn-D**	46,0-50,0	restante	-	-	-	0,04-0,25	9,0-11,0	0,25	0,01	0,05	-	0,50

Notas: Valores únicos indicam teores máximos

Residual: Se na análise química aparecer outros elementos, o total desses elementos não deve exceder o valor do residual;

(C) – elementos que devem ser incluídos no residual;

* - Classificação idêntica à AWS A 5.7

** - Classificação idêntica a AWS A 5.8

Alumínio

O principal elemento de liga adicionado ao alumínio, para baixar seu ponto de fusão, é o silício; ele é adicionado aos metais de adição nos teores de 6,8 a 13%. O cobre e o zinco reduzem também o ponto de fusão, porém não podem ser adicionados em teores muito elevados, porque reduzem a resistência a corrosão da junta.

Classificação AWS	Composição química (%)								Temperatura (°C)		
	Al	Si	Cu	Zn	Mg	Mn	Cr	Ti	solidus	liquidus	de brasagem
B Al Si-2	rest.	6,8 – 8,2	0,25	0,20	-	0,10	-	-	577	613	599 – 621
B Al Si-3	rest.	9,3 – 10,7	3,0 – 4,7	0,20	0,15	0,15	0,15	-	521	585	571 – 604
B Al Si-4	rest.	11,0 – 13,0	0,30	0,20	0,10	0,15	-	-	577	582	582 – 604
B Al Si-5	rest.	9,0 – 11,0	0,30	0,20	0,05	0,05	-	0,20	577	591	588 – 604
B Al Si-6	rest.	6,8 – 8,2	0,25	0,20	2,0 – 3,0	0,10	-	-	599	607	599 – 621
B Al Si-7	rest.	9,0 – 11,0	0,25	0,20	1,0 – 2,0	0,10	-	-	599	591	588 – 604
B Al Si-8	rest.	11,0 – 13,0	0,25	0,20	1,0 – 2,0	0,10	-	-	599	579	582 - 604

Os teores indicados isoladamente são teores máximos; o teor máximo de Fe é 0,8% e para outros elementos o teor máximo é 0,05% para cada um, com o total de 0,15%.

Fluxos

Os fluxos devem ter uma composição química que permita dissolver as películas de óxido formadas no metal de base sem provocar excessiva corrosão. Além disso, eles devem fluir pela região de brasagem e protegê-la da ação atmosférica ambiente durante o ciclo de aquecimento. A composição dos fluxos depende principalmente da natureza do metal de adição utilizado, devido à influência da temperatura de aquecimento; o fluxo deve manter sua estabilidade química, e portanto a sua ação fluxante, durante o período de aquecimento e escoamento do metal de adição. A retirada, após a brasagem ter se completado, é necessária e sua composição deve

facilitar essa operação, permitindo, sempre que possível, somente o uso de água quente.

As composições dos fluxos não são geralmente divulgadas e deve-se sempre consultar o fabricante para selecionar o fluxo adequado a cada caso. Contudo, dessas composições podem fazer parte as seguintes substâncias: bórax e boratos fundidos, para brasagem a altas temperaturas; fluoretos, para brasagem onde é necessário dissolver óxido de alumínio e cromo; e cloretos, com uso semelhante aos fluoretos, porém, para temperaturas mais baixas. Além dessas substâncias, são ainda empregados fluorboratos, fluorsilicatos, hidróxidos de sódio e potássio e ácido bórico. Como agentes umectantes, água, álcool ou monoclorobenzeno podem ser utilizados para constituir a composição final.

Normas de segurança

A soldagem pelo processo oxiacetilênico exige que o operador permaneça sempre atento para evitar acidentes. Tais acidentes podem ocorrer no transporte dos cilindros, na sua armazenagem, uso, manuseio ou no próprio equipamento de soldagem oxiacetilênica.

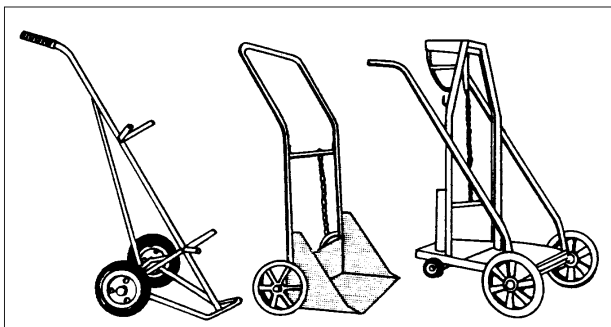
Vejamos a seguir as principais normas de segurança a serem sempre observadas pelo profissional consciente.

Transporte

Os cilindros são vasos de pressão bastante resistentes, por isso eles possuem um peso considerável e encerram uma pressão também considerável.

Quando um cilindro cai, pode atingir pessoas, causando-lhes sérios ferimentos. Se um cilindro cai de tal que a válvula quebre, a parte solta pode ser expelida como um projétil, semelhante a uma bala de canhão, e pode atingir alguém em sua trajetória. O jato de gás, sob alta pressão, atingindo pessoas, pode feri-las gravemente, ainda mais se atingir orifícios do corpo como boca, ouvidos, nariz, etc.

O transporte dos cilindros na superfície deve ser feita com carrinhos apropriados.

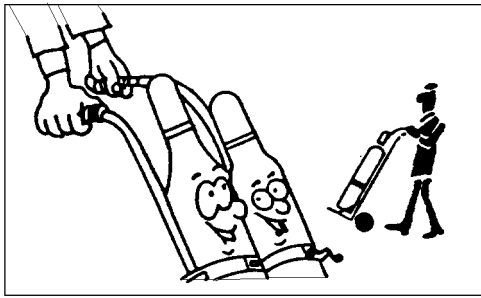


Ao transportar ou movimentar cilindros, deve-se ter em mente as seguintes precauções de segurança:

Estar com as mãos limpas, livres de óleo ou graxa.

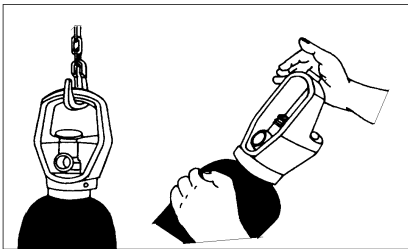
Proteger os cilindros contra choques não os deixando cair ou sofrer impactos.

Transportar os cilindros sempre com o capacete de proteção da válvula.



Nunca elevar ou transportar cilindros por cabos de aço ou eletroímã.
Não utilizar os cilindros como rolete ou suporte de apoio, mesmo que estejam vazios.
Nos cilindros equipados com capacete solto (atarraxado no colarinho), tal capacete só deve ser retirado na ocasião em que se vai utilizar o gás e nunca antes.
Os cilindros equipados com capacete fixo devem permanecer nesse estado, ou seja, os capacetes não devem ser removidos para a utilização do gás.

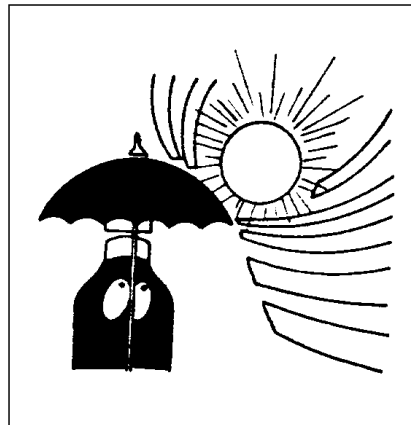
Tais capacetes fixos permitem que os cilindros venham a ser içado, se necessário.



Manter os cilindros na posição vertical.

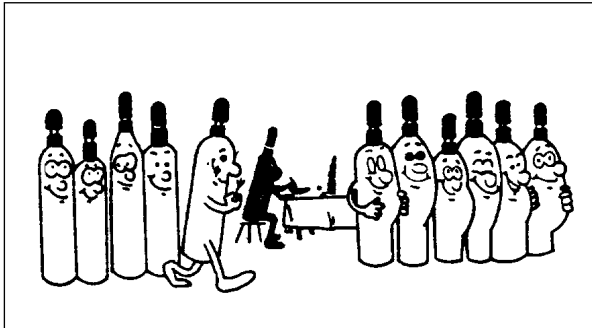
Armazenagem

Ao armazenar cilindros, deve-se ter em mente as seguintes precauções de segurança: Manter os cilindros em local ventilado, protegido de chuvas e raios solares. O local deve ser seco e o piso e as paredes devem resistir ao fogo.



O gás acetileno ou, de um modo geral, gases comburentes e combustíveis, não podem ser armazenados no mesmo local. Deve haver uma parede divisória e resistente entre eles.

O piso deverá ser plano a fim de manter a estabilidade dos cilindros na vertical. Deve haver áreas separadas para cilindros cheios e vazios.



Armazene cilindros cheios separados dos vazios para evitar confusões e acidentes.

As áreas de armazenagem devem estar sinalizadas com avisos de proibição de fumar, produção de faíscas ou chama aberta.

Nas áreas de armazenagem não deve haver fios de alta tensão ou instalações elétricas precárias.

Certificar-se de que as válvulas dos cilindros estejam bem fechadas. Elas são importantes e devem sempre ser observada.

Ler sempre as instruções que estão nos adesivos colocados na calota dos cilindros. Ter atenção para os símbolos de riscos que figuram no quadro central do adesivo. Ele é um símbolo usado mundialmente e normalizado pela norma ABNT NBR-7502.

Manuseio e uso

Ao manusear ou usar cilindros, deve-se ter em mente as seguintes precauções de segurança:

Nunca tentar transferir gases de um cilindro para outro. Esta prática envolve grandes riscos, e inúmeros acidentes fatais têm ocorrido.

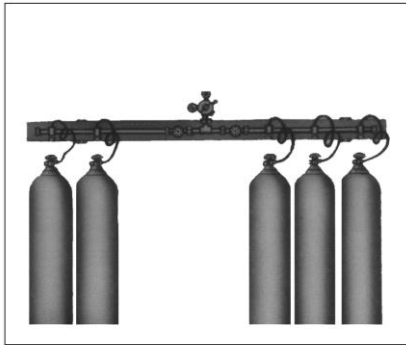
Não provocar aumento de pressão do cilindro por meio de calor ou chama.

Não deixar, sobre o cilindro, objetos que possam dificultar o rápido fechamento da válvula.

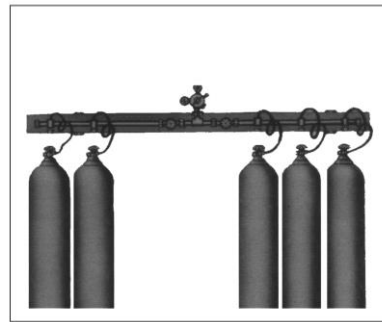
Certificar-se de que vai usar o gás correto, consultando o código de cores. Lembre-se: acetileno = cilindro bordô; oxigênio industrial = cilindro preto.

Certificar-se de que no orifício de saída da válvula não haja sujeira. Em caso de dúvida, abrir a válvula vagarosamente, só para dar um jato de limpeza, porém nunca se deve dirigi-lo para si ou para outras pessoas. Se tratar de acetileno, deve-se dirigir o jato para áreas abertas onde não haja chama ou faísca.

Colocar o regulador correto, no caso de uso individual, ou a serpentina (flexível) apropriada, no caso de centrais.



Central de acetileno



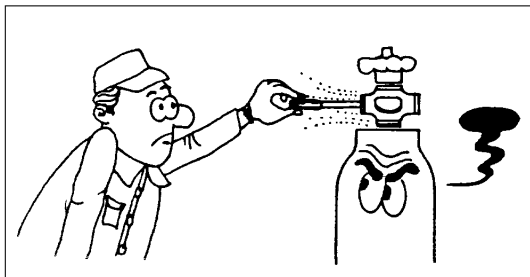
Central de oxigênio

Iniciar o atarraxamento da porca de conexão com a mão e, somente usar a chave para o aperto final que deve ser o necessário para vedar. Abrir a válvula devagar, sem jamais deixar o rosto frente aos manômetros.

Verificar se não há vazamentos, usando solução de gás e sabão.

Quando o cilindro esgotar-se, deve-se fechar a válvula para que seu interior não seja contaminado. A seguir, faz-se a desconexão e coloca-se o capacete, no caso dos removíveis.

Não usar martelo, tenaz ou chave que não seja apropriada para abrir válvulas de cilindros.



Antes de manusear cilindros de oxigênio, certificar-se de que não há graxa ou óleo nas mãos e luvas.

Manter as válvulas e conexão do cilindro de oxigênio isentas de graxa, óleo e gorduras. Essas substâncias poderão provocar explosões em contato com o oxigênio puro.

Nunca usar oxigênio como ar comprimido para: limpar peças, limpar partidas de motores, limpar tubulações, testar ferramentas pneumáticas, testar equipamentos de pressão, etc.

Nunca utilizar oxigênio para limpar ou refrigerar o próprio corpo. Qualquer mancha de óleo, graxa ou gordura que estiver no corpo sofrerá ignição e graves queimaduras serão a consequência. Além disso, o oxigênio ou qualquer outro gás, quando dirigido para o próprio corpo, mesmo sob pressão relativamente baixa, poderá lançar partículas sólidas em velocidades elevadas. Tais partículas poderão penetrar no corpo como projéteis.

Não tentar reparar válvula de cilindros que apresentam vazamentos ou que estejam emperradas. Qualquer irregularidade deverá ser sanada por um técnico especializado. Os cilindros com vazamento devem ser afastados da presença de chamas e faíscas e levados para um ambiente aberto e ventilado e identificados com etiquetas. As empresas fornecedoras devem ser imediatamente notificadas para as posteriores providências.

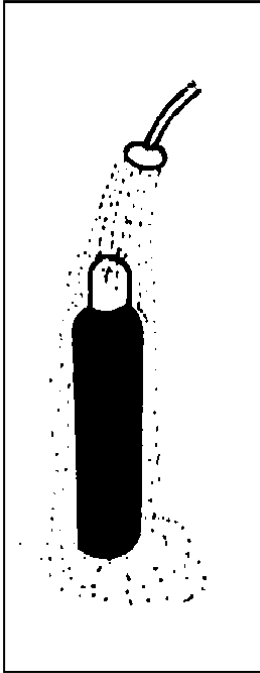
De modo algum, os cilindros de acetileno e oxigênio devem ser armazenados em locais onde as temperaturas possa elevar-se acima de 80°C.

Fogo em cilindro de acetileno

Ao iniciar fogo em cilindro de acetileno, deve-se tomar as seguintes medidas de segurança:

Fechar a válvula do cilindro imediatamente. Se a temperatura estiver ao redor de 30 a 50°C,

Resfriar o cilindro com bastante água.



Quando o fogo não se extingui pelo fechamento da válvula, resfriar o cilindro, posicionando-se em local protegido, como atrás de uma parede.

Avise imediatamente a empresa fornecedora.

Se ainda houver vaporização no cilindro, continuar com o resfriamento.

Quando não se observa mais nenhuma vaporização, continuar resfriando o cilindro por mais 15 minutos. A seguir, verificar a temperatura do cilindro com as mãos, pelo tato. Nenhum cilindro deverá estar mais quente que uma faixa de temperatura entre 30° e 50°C.

Colocar o cilindro em um local seguro, preferencialmente imerso em água por pelo menos 24 horas. Cilindros com temperaturas superiores a 36°C não devem ser removidos.

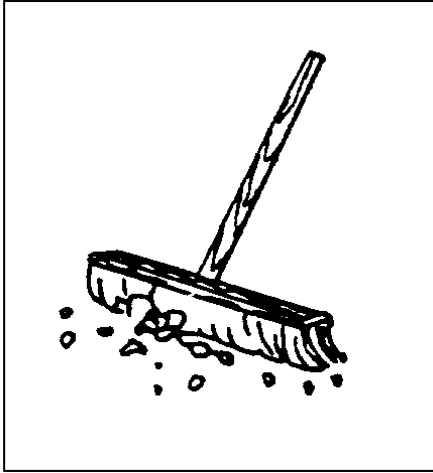
Se os cilindros em chamas estiverem próximos a outros cilindros de acetileno ou outros gases comprimidos, estes também devem ser resfriados com água e, se possível, removidos do local.

Não fumar e eliminar todas as fontes de ignição que possam estar presentes nas proximidades.

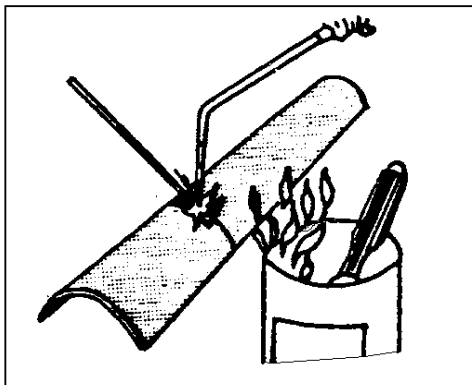
Usar luvas de abestos para fechar a válvula em chamas.

Resumo

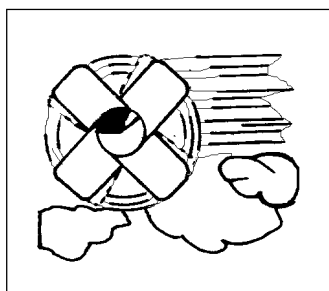
Manter o local de trabalho limpo, antes de operar com o maçarico oxiacetilênico.



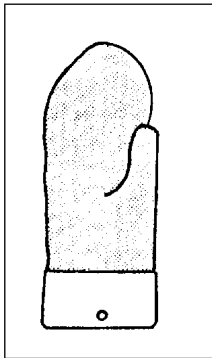
Retirar todo material inflamável do local de trabalho, antes de operar com o maçarico oxiacetilênico.



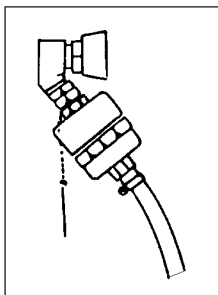
Manter uma boa ventilação no local de trabalho.



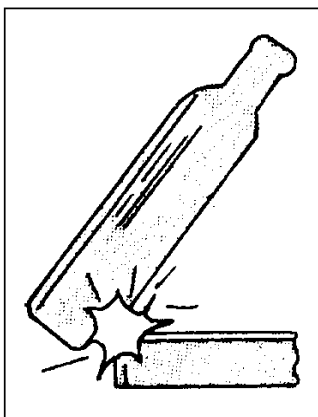
Usar sempre o equipamento individual de segurança.



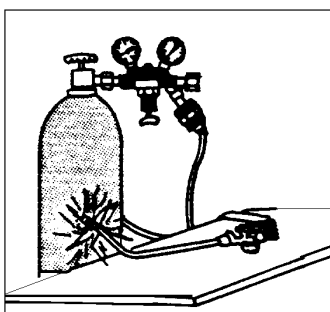
Usar a válvula contra retrocesso, tanto no regulador de pressão de oxigênio como no de acetileno, para impedir que o retorno da chama, refluxo de gases ou ondas de pressão atinjam o regulador ou o cilindro.



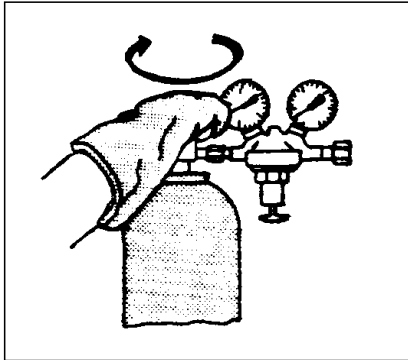
Manusear os cilindros de gás com cuidado. Eles não devem sofrer choques ou impactos mecânicos.



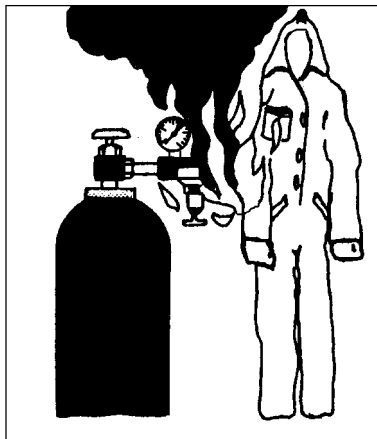
Nunca deixar a chama do maçarico aquecer o cilindro de oxigênio e acetileno.



Fechar imediatamente as válvulas dos cilindros de gases em caso de acidentes.



Verificar se não há vazamento de gases nas mangueiras e conexões. Vazamentos de oxigênio podem pegar fogo passando-o para um material combustível como a roupa, por exemplo. Lembre-se: oxigênio puro em presença de graxa, óleo ou gorduras é sinônimo de explosão e incêndio.



Soldagem por Resistência

Introdução:

A soldagem por resistência é um dos métodos mais versáteis de união de metais que existe. Essa versatilidade se refere ao tipo de peças a serem soldadas, com relação a espessura, formato, materiais etc. Refere-se, também, ao equipamento que, com pequenas alterações, pode ser adaptado à soldagem de diferentes tipos de peças.

A soldagem por resistência é diferente dos outros processos acima pois o calor gerado não vem de uma fonte como um arco elétrico ou a chama de um gás. Basicamente, é um processo de soldagem baseada na pressão e na resistência elétrica.

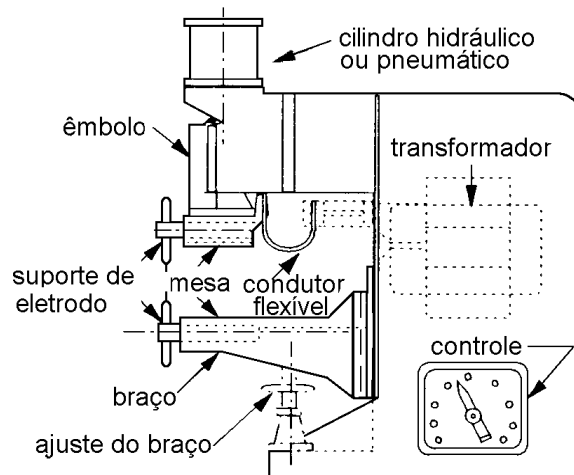
Vamos trocar isso em miúdos: a soldagem por resistência compreende um grupo de processos pelos quais a união das peças acontece em superfícies sobrepostas ou em contato topo a topo, por meio do calor gerado pela resistência à passagem da corrente elétrica (Efeito Joule) e pela aplicação de pressão.

Efeito Joule é o resultado da transformação da energia elétrica em energia térmica. É pelo efeito Joule que a resistência do chuveiro aquece a água do nosso banho.

Equipamentos

No processo de soldagem por resistência, o equipamento é basicamente constituído por:

- Sistema elétrico;
- Sistema mecânico;
- Sistema de controle.



O sistema elétrico consiste de uma fonte de energia, eletrodos e conexões. As fontes de energia mais eficientes são as formadas por um transformador de corrente contínua e um circuito retificador trifásico que apresentam menor consumo com capacidade mais elevada. Nas máquinas de soldagem por centelhamento, o sistema elétrico apresenta, ainda, um dispositivo para provocar o centelhamento entre as peças a serem unidas.

Os eletrodos são feitos de materiais que se caracterizam por elevada condutibilidade térmica e elétrica, por baixa resistência de contato para prevenir a queima das superfícies de contato, e por resistência mecânica suficiente para resistir à deformação

decorrente da alta pressão mecânica e da alta temperatura de operação. Os materiais com essas características são as ligas à base de cobre.

Na soldagem por costura, os eletrodos são circulares, em forma de discos, que permitem a formação de pontos de solda sobrepostos, de modo a produzir uma solda contínua.

Nos processos de soldagem por resistência, os eletrodos não são consumíveis. Porém, são peças que se desgastam e devem ser substituídas sempre que necessário.

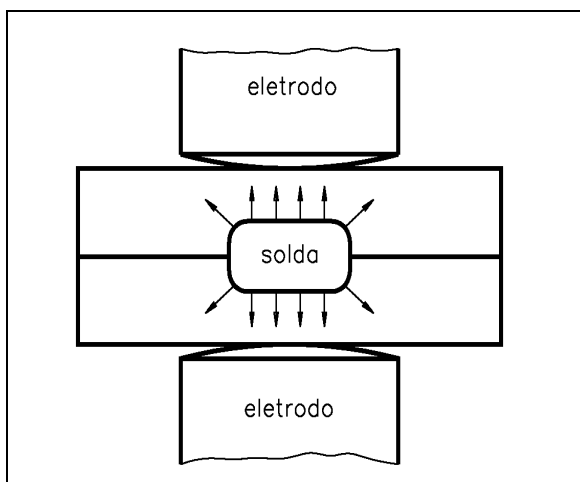
O sistema mecânico é composto por um chassi que suporta o transformador e os outros componentes dos sistemas elétrico e de controle, e por dispositivos para a fixação das peças e aplicação de pressão.

A aplicação de pressão pode ser feita de duas formas:

Manualmente, por meio de um motor elétrico, quando a produção é variável e há necessidade de alterar as condições ou os parâmetros da soldagem, por meio de dispositivos pneumáticos ou hidráulicos, nos sistemas automatizados nos quais a produção é homogênea e não necessita de ajustes.

Tecnologia de processo e aplicação

Esse fenômeno acontece da seguinte maneira: um par de eletrodos conduz a corrente elétrica até a junta; a resistência que a junta, ou as partes a serem soldadas oferecem à passagem da corrente elétrica gera o aquecimento das superfícies em contato da junta, formando a solda. O aquecimento provoca uma pequena fusão das peças a serem unidas. A aplicação da pressão garante a continuidade do circuito elétrico. Ela também permite a obtenção de soldas com baixo nível de contaminação, porque a união das partes impede a contaminação proveniente da atmosfera.

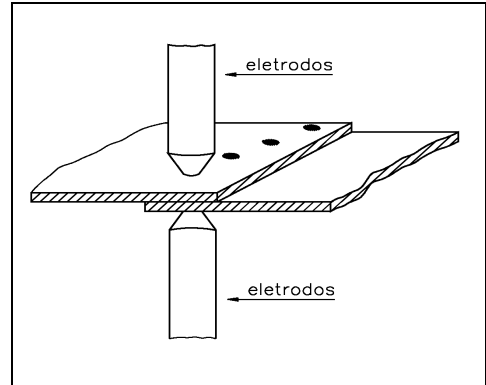


Como já foi dito antes, esse princípio está presente em um grupo de processos de soldagem, ou seja, todos eles envolvem a aplicação coordenada de pressão e passagem de corrente elétrica com intensidade e duração adequadas.

Os processos mais comuns de soldagem por resistência são:

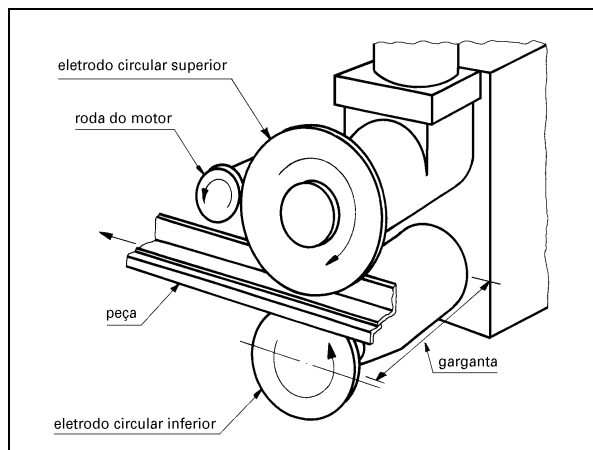
Soldagem por pontos

A soldagem por pontos, na qual as superfícies são unidas por um ou mais pontos pelo calor gerado pela resistência à corrente elétrica que passa através das peças mantidas em contato por pressão. Essa região é aquecida por um reduzido espaço de tempo, enquanto dura a passagem da corrente. Quando ela cessa, a pressão é mantida enquanto o metal se solidifica. Os eletrodos são afastados da superfície depois que se obtém cada ponto.



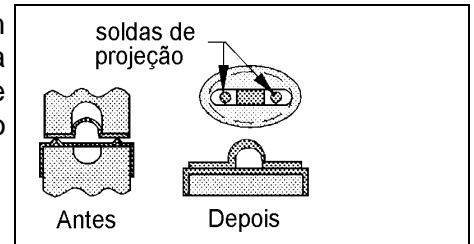
Soldagem por costura

A soldagem por costura, na qual dois eletrodos circulares, ou um eletrodo circular e outro em barra transmitem a corrente combinada com a pressão e produzem a costura de solda que, por sua vez, consiste em uma série de pontes sobrepostos. A série de pontos de solda é obtida sem a retirada dos eletrodos, embora também seja possível avançar os eletrodos de forma intermitente.



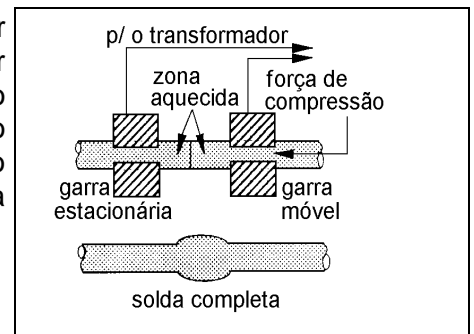
Soldagem por projeção

A soldagem por projeção, que é semelhante à soldagem por pontos, ocorre em uma parte de uma das peças, na qual existe uma projeção ou saliência obtida por meio de estampagem ou forjamento. Esse processo é empregado em chapas finas (entre 0,5 e 3,2 mm),



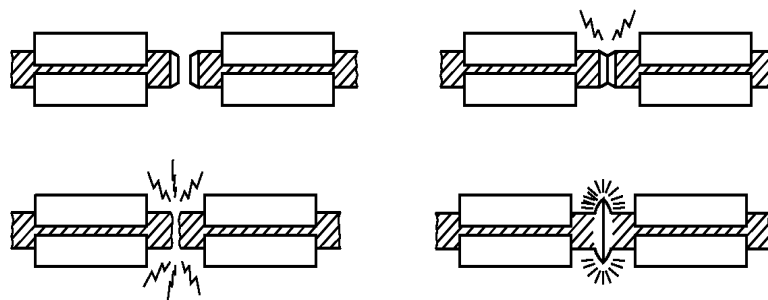
Soldagem de topo

A soldagem de topo, que apresenta duas variantes: por resistência e por centelhamento. Na soldagem de topo por resistência, a união é produzida em toda a área de contato das partes a serem soldadas. As duas partes são pressionadas uma contra a outra até que o calor gerado pela passagem da corrente seja suficiente para que a união ocorra.



Soldagem por centelhamento

Na soldagem por centelhamento, a união é feita também em toda a área de contato entre as partes a serem soldadas. A diferença está no fato de que as peças são previamente energizadas, e suas faces são aproximadas até que ocorra o centelhamento. Esse processo é repetido até que a temperatura de forjamento seja atingida. Então as faces são pressionadas fortemente uma contra a outra, gerando uma considerável deformação plástica, que consolida a união.



Processos de soldagem por resistência

Os processos de soldagem por resistência permitem a soldagem de diferentes metais cuja soldabilidade é controlada pela resistividade, pela condutividade térmica, pela temperatura de fusão e por suas características metalúrgicas. Assim, metais com elevada resistividade, baixa condutividade térmica e ponto de fusão também relativamente baixo, como as ligas não-ferrosas, são facilmente soldáveis por esses processos. Além disso, as características metalúrgicas também devem ser levadas em consideração. Por exemplo, certos aços, como aqueles com maior teor de carbono,

podem necessitar de tratamentos térmicos após a soldagem para ajuste de suas propriedades mecânicas.

“Resistividade é a resistência específica, ou seja, a resistência elétrica de um corpo de seção transversal uniforme com área unitária”.

Aplicações, vantagens e desvantagens de cada um desses processos.

Processo	Aplicações/Materiais	Vantagens	Desvantagens
Por pontos	União de chapas de até 3mm, de aço-carbono, aço inoxidável, alumínio, cobre, magnésio, níquel e ligas.	Alta velocidade de soldagem e facilidade de automação. Menor exigência quanto à habilidade do soldador.	Aumento de consumo de material e de peso por causa da sobreposição da junta. Menor resistência à tração e à fadiga.
Por costura	Juntas contínuas impermeáveis a gases e líquidos em tanques de combustíveis de autos, cilindros de extintores, tubos.	Menor largura da solda e menor sobreposição em relação à soldagem por pontos ou por projeção.	As soldas devem ser retas ou com curvaturas constantes. Comprimento das juntas longitudinais é limitado pelo percurso da máquina. Menor resistência à fadiga.
Por projeção	União de pequenas peças estampadas, forjadas ou usinadas de aço-carbono, aço inoxidável e ligas de níquel.	Possibilidade de produção de várias soldas simultâneas em um único ciclo.	O formato das projeções pode exigir mais uma operação. Em soldagens múltiplas, necessidade de controle preciso da altura e do alinhamento das peças para igualar a pressão e a corrente de soldagem.
De topo por resistência	União de arames, tubos, anéis e tiras de mesma seção transversal.		Impossibilidade de bom contato em peças de grande seção ou com formatos irregulares.
De topo por centelhamento	Barras, trilhos e tubos para oleodutos e gasodutos.	Possibilidade de soldagem de peças de formato irregular e complicado ou de grande seção.	Intenso centelhamento e conseqüente necessidade de proteção do operador e de partes do equipamento.

Soldabilidade dos Materiais

Introdução:

A soldagem envolve aquecimento, fusão, solidificação e resfriamento de um material ou de diversos materiais, dependendo da aplicação do componente soldado. Assim, as transformações que ocorrem no aquecimento, as fases formadas durante a fusão, a solidificação e as transformações que ocorrem no resfriamento determinam o desempenho da junta soldada. Em outras palavras, a metalurgia da soldagem está intimamente ligada à qualidade da junta soldada, bem como ao conceito de **soldabilidade**.

Por soldabilidade entende-se a facilidade com que uma junta soldada é fabricada de tal maneira que preencha os requisitos de um projeto bem executado.

Para facilitar a compreensão, é possível desdobrar o conceito de soldabilidade em ***soldabilidade operacional, soldabilidade metalúrgica e soldabilidade em serviço***.

A soldabilidade operacional diz respeito diretamente à facilidade de execução da junta. Esta, por sua vez, está associada às particularidades do processo de soldagem, à habilidade do soldador e às características do material a ser soldado.

Com relação às particularidades de processos, por exemplo, tem-se que no processo TIG a soldagem pode ocorrer em todas as posições enquanto no processo MIG a posição fica sujeita à regulagem dos parâmetros no equipamento.

A regulagem mal feita no processo MIG pode acarretar descontinuidades e comprometer o desempenho da junta soldada. Se, além da posição de soldagem, houver restrição de acesso à junta soldada, tanto o processo TIG quanto o MIG podem deixar de ser adequados. Neste caso, e conforme a qualidade requerida da junta, é recomendada a utilização do processo de soldagem com eletrodo revestido.

Com relação às características do material a ser soldado, é sabido que certos materiais requerem uma preparação mais cuidadosa no momento da soldagem. Neste caso estão incluídos o alumínio e suas ligas. Com efeito, estes são materiais para os quais é necessário proceder à limpeza da junta antes da soldagem, caso contrário a qualidade da junta soldada poderá ser seriamente comprometida.

A condutividade térmica também influi na soldabilidade. A soldagem do cobre, por exemplo, que apresenta alta condutividade térmica, exige cuidados como o pré-aquecimento em temperaturas na faixa de 500°C a 700°C.

A soldabilidade metalúrgica envolve transformações de fase que ocorrem no aquecimento, na fusão, na solidificação e no resfriamento. Está associada com a natureza do material e com a transferência de calor na junta soldada e também pode afetar o desempenho da junta soldada. A soldabilidade metalúrgica é a que mais diz respeito à metalurgia da soldagem.

Estão relacionados à soldabilidade metalúrgica: o aquecimento mais intenso e crescimento de grão na região soldada; as incompatibilidades entre materiais; a microsegregação durante a solidificação; as transformações de fase na ZAC e na zona fundida.

O aquecimento mais intenso na região soldada da junta pode promover o crescimento de grão na ZAC.

Dependendo dos parâmetros de soldagem, este fenômeno é bastante comum em aços inoxidáveis ferríticos e afeta tanto as propriedades mecânicas à tração como a tenacidade da junta soldada. Também é comum em aços inoxidáveis ferríticos a zona fundida apresentar crescimento de grão.

No caso de soldagem de materiais dissimilares, podem ocorrer incompatibilidades entre os materiais, quando houver a fusão da junta; como exemplo, podem-se citar as juntas de aço carbono com ligas de alumínio.

Estas juntas são normalmente executadas por processos de soldagem no estado sólido, justamente para contornar a formação de fases intermetálicas ricas em ferro (Fe) e alumínio (Al). As fases intermetálicas Fe-Al provocam a fragilização da junta quando soldada por processos que envolvem a fusão da junta.

A microsegregação no líquido é um tipo de fenômeno bastante comum em aços inoxidáveis austeníticos, ligas de alumínio e ligas de níquel. Ocorre durante a solidificação e diminui localmente o ponto de fusão do líquido remanescente. Neste caso, o cordão apresenta-se macroscopicamente solidificado, porém microscopicamente com fases líquidas nas regiões interdendríticas. Esse fato, associado à presença de tensões residuais de tração, pode gerar o aparecimento de trincas a quente no cordão de solda, entre cordões na soldagem multipasse ou na zona de ligação.

As transformações de fase na ZAC e na zona fundida podem ocorrer durante o resfriamento e induzir à fragilização da junta. Dessa maneira, tanto o resfriamento lento como o resfriamento rápido podem prejudicar o desempenho da junta soldada, a depender da natureza do material que está sendo soldado.

No caso da soldagem de aços inoxidáveis austeníticos ou ferríticos, o resfriamento muito lento pode ocasionar a precipitação de carbeto de cromo nos contornos de grão. Em ambos os materiais, a resistência à corrosão e a tenacidade da junta podem ser prejudicados, e por isso recomenda-se um resfriamento rápido na faixa de temperatura de 850°C a 600°C. Já para os aços carbono com temperabilidade elevada, o resfriamento rápido é extremamente nocivo, pois pode ocorrer a formação de um microconstituente, a martensita, tanto na zona fundida como na zona afetada pelo calor.

A martensita, associada à presença de hidrogênio e tensões residuais de tração, gera um dos tipos mais perigosos de descontinuidade: *a trinca a frio induzida por hidrogênio*. Esta trinca é pequena, difícil de ser detectada e pode gerar desastres bastante sérios tanto para o meio ambiente quanto para vidas humanas. Por esta razão, é fundamental que a ocorrência desse tipo de trinca seja minimizada.

A soldabilidade em serviço diz respeito ao desempenho e à vida útil do equipamento soldado. Está associada tanto à escolha do metal de base e de adição para a soldagem da junta quanto à escolha do procedimento de soldagem, tais como parâmetros de soldagem, temperatura de pré-aquecimento, temperatura interpasse, temperatura de pós-aquecimento, tratamento térmico pós-soldagem e outros.

Se o projeto e a fabricação forem bem executados, a soldabilidade não tem razão de existir. O equipamento terá vida útil dentro do projetado e dificilmente falhará em serviço. Assim, a soldabilidade em serviço é mais uma dificuldade da falta de identificação precisa dos fenômenos e condições envolvidas no projeto e na utilização do componente soldado.

Um exemplo de soldabilidade em serviço diz respeito ao aço inoxidável AISI 316L (Cr-Ni-Mo). Se este aço for soldado com uma adição de ER 308L CR-NI, dificilmente apresentará problema durante a execução da soldagem, apesar de a adição indicada para este aço ser o ER 316L. Contudo, a junta terá vida bastante abreviada caso o requisito do projeto seja resistência à corrosão. Este fato é devido a que o aço AISI 316L é mais nobre que o metal de adição ER 308L. Desta maneira, dar-se-á a formação de um par galvânico entre o metal de base e o metal de adição e, conseqüentemente, a presença de corrosão por par galvânico.

Outro exemplo é o da junta dissimilar submetida a ciclos de aquecimento e resfriamento, que pode apresentar fadiga térmica. Trata-se de um problema que pode ocorrer quando se amanteigam as faces do chanfro com material que compatibiliza os materiais da junta solda. Neste caso, o coeficiente de dilatação térmica dos materiais utilizados deve ser compatibilizado para evitar uma falha prematura da junta em serviço. Desta maneira, os valores de tensão gerados podem ser bastante elevados, dependendo da diferença entre os coeficientes de dilatação térmica linear dos diferentes materiais e da variação de temperatura.

O terceiro exemplo é o do tratamento térmico pós-soldagem, que tem a função de aliviar as tensões residuais introduzidas durante o processo de soldagem. A presença

de tensões residuais de tração pode gerar falhas prematuras dos componentes, as quais são associadas, por exemplo, à corrosão-sob-tensão ou à fadiga da junta soldada. Neste caso, o alívio de tensões deve ser executado, por mais difícil que a tarefa possa ser ou pelo acréscimo que isto pode trazer no custo das operações adicionais.

O conhecimento da metalurgia da soldagem é importante para a soldagem de qualquer material metálico, visto que graças a este conhecimento pode-se controlar a qualidade e a durabilidade do produto, além de reduzir custos.

Soldagem de produção, os metais de base e de adição são muitas vezes controlados pelos sistemas de qualidade das empresas. Ainda assim, conhecer a metalurgia da soldagem auxilia bastante no procedimento de soldagem de um material metálico, sobretudo quando ocorrem falhas ou dificuldades para atingir determinadas propriedades mecânicas ou de corrosão.

Soldagem de manutenção que o conhecimento da metalurgia da soldagem é fundamental. Neste tipo de soldagem não há, em geral, tempo disponível para realizar testes antes da soldagem e isto pode tornar difícil o reparo do material”.

Outro fator é que nem sempre o material a ser soldado é identificado através de composição química, ou ainda pode se tratar de um material já trabalhado. Neste caso, as técnicas a serem utilizadas devem ser as características mais amplas possíveis para realizar a manutenção.

Metalurgia da soldagem

Uma liga metálica ocorre se a fusão dos elementos metálicos produz um segundo elemento. A fusão dilui o segundo elemento, como a água dilui o açúcar. O elemento adicionado pode também ser não metálico.

Exemplos de ligas

Cobre + zinco = latão

Cobre + estanho = bronze

Alumínio + magnésio = ligas Al – Mg

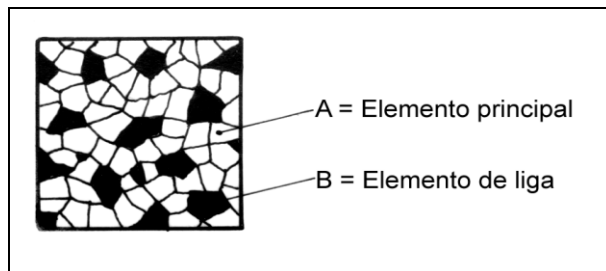
Ferro + carbono = aço ou ferro fundido

Tipos de ligações

Os elementos de um liga podem estar unidos por três diferentes formas, após a solidificação:

- **Como mistura**

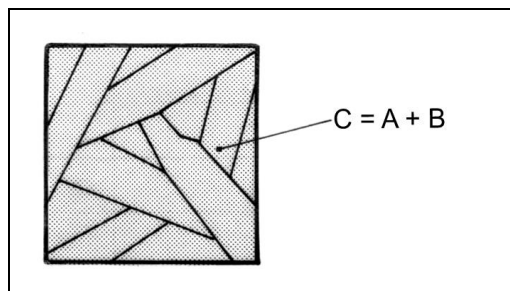
As partículas cristalinas misturadas e ligadas uma com as outras só são reconhecidas com o uso de microscópio.



As propriedades do elemento principal **A** são mantidas.

- **Como ligação química**

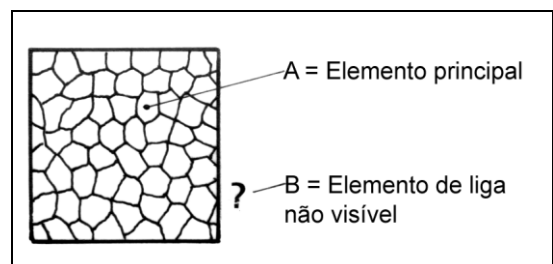
Os elementos A e B são ligados quimicamente entre si formando um novo material C, com propriedades completamente diferentes da própria ligação química.



Com o uso do microscópio, pode-se reconhecer um tipo de cristal.

- **Como solução em estado sólido**

Os elementos de liga encontram-se solubilizados no elemento principal, tanto no estado líquido como no estado sólido. O elemento principal só é reconhecido através de microscópio.



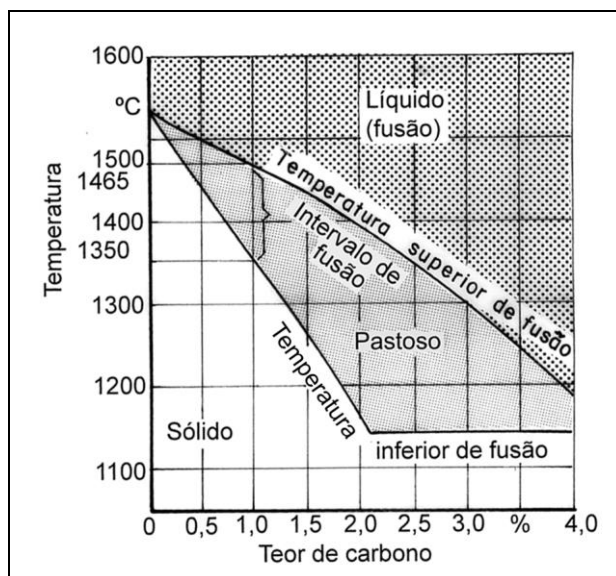
As propriedades características do elemento principal **A** são mantidas. O aço e o ferro fundido são constituídos basicamente de ferro e carbono. O elevado teor de carbono provoca uma substancial influência em todas as propriedades importantes.

Fusão dos aços

Ao se medir a temperatura de fusão, obtêm-se dados importantes para a compreensão de seu comportamento.

Através disso, para todo o material ferro-carbono, são encontradas duas distintas e marcantes temperaturas. A temperatura inferior, na qual o material começa a fusão, e a temperatura superior, na qual toda a massa sólida encontra-se em estado líquido. Entre as duas temperaturas, encontra-se o intervalo de fusão.

As temperaturas de fusão são registradas no gráfico, em função do teor de carbono.



Teor de carbono – diagrama de fusão

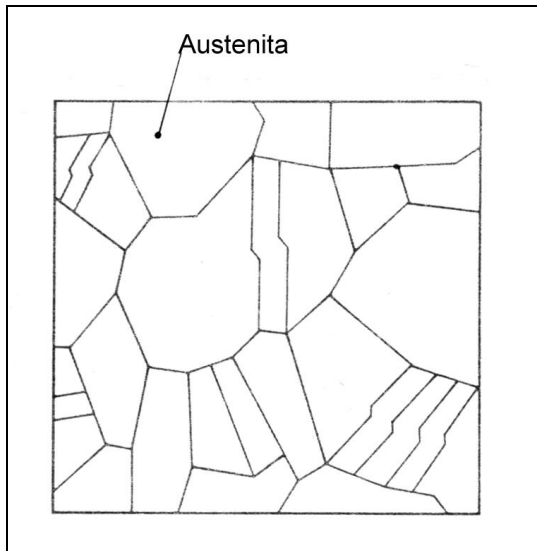
Por exemplo: para um aço com 1,0% de carbono, como mostra o gráfico, encontra-se uma temperatura inferior de fusão igual a 1350°C e uma superior igual a 1465°C, que são pontos de cruzamento da reta perpendicular de 1,0%C com as curvas de fusão respectivas, transportadas na horizontal para a linha das temperaturas.

Entre a curva inferior e superior de fusão, forma-se uma zona intermediária onde o material se encontra no estado pastoso.

Ao se fazer os processos inversos, partindo-se da temperatura superior para a inferior, por resfriamento, encontra-se praticamente a mesma curva.

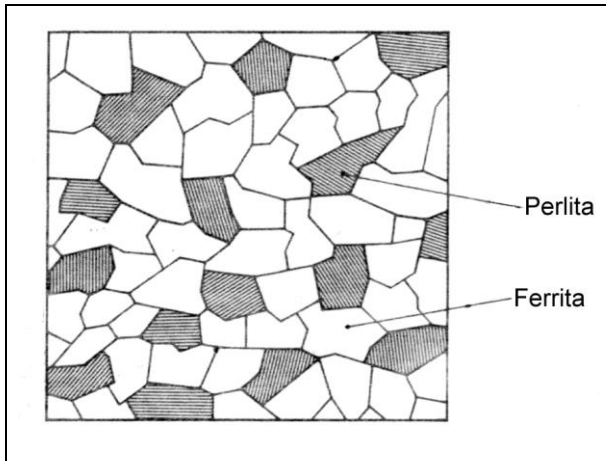
Para qualquer tipo de liga, podem ser determinadas as temperaturas de fusão e solidificação através de diagramas chamadas **diagramas de estados da liga**.

Por exemplo, um material ferro-carbono, com 0,8% de carbono, na temperatura entre 720 e 1350°C, forma um único tipo de cristal. A quantidade de carbono contida não é reconhecida, pois se encontra diluída no cristal de ferro no estado sólido. Essa estrutura é chamada austenítica.



Estrutura austenítica

À temperatura ambiente, os materiais ferro-carbono com 0,8%C são constituídos de dois diferentes tipos de cristais chamados de ferrita e perlita.



Estrutura do aço com 0,8%C

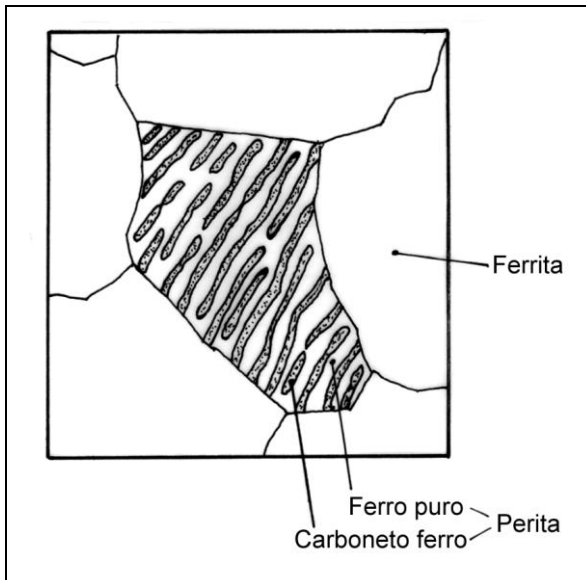
A ferrita é uma estrutura metalográfica clara, constituída de cristais de ferro e será tanto mais predominante, quanto menor for o teor de carbono.

Nos aços com 0,8%C são formados cristais mais escuros chamados perlita.

A perlita é uma ligação química de ferro puro com carboneto de ferro.

O carboneto de ferro (Fe_3C) é uma ligação química entre o ferro e o carbono , e é muito duro e frágil.

A figura abaixo apresenta uma estrutura ampliada, onde se vê a constituição da perlita, contendo o carboneto de ferro em forma de lamelas, numa matriz de ferro puro.



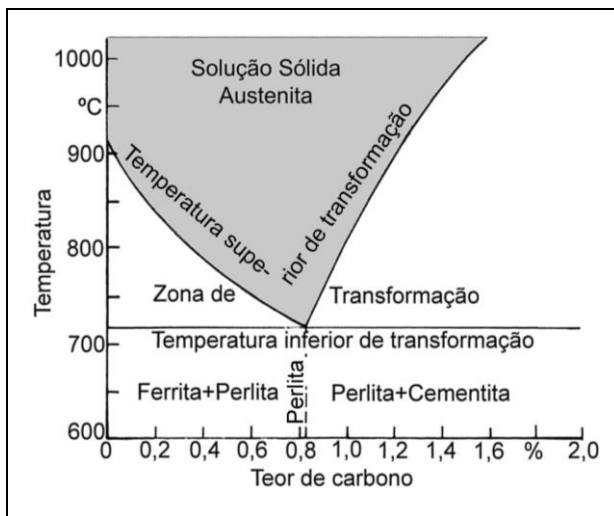
Cristal de perlita

Nos aços com teores acima de 0,8 até 21%C, a estrutura encontrada é composta apenas de carboneto de ferro, denominada cementita.

À temperatura ambiente, os materiais ferro-carbono têm uma estrutura completamente diferente do que têm à alta temperatura.

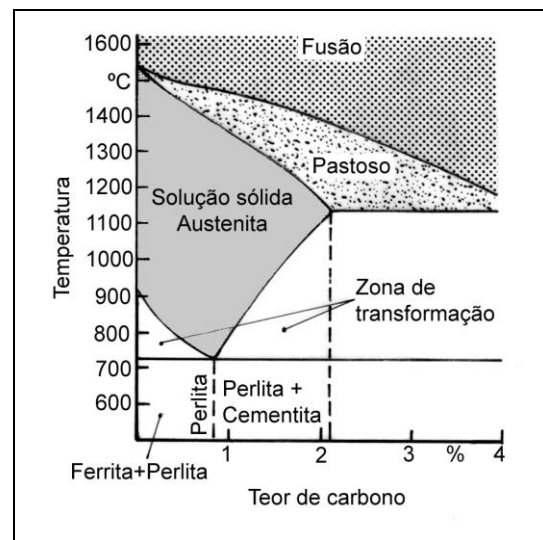
No resfriamento da alta temperatura, a estrutura transforma-se completamente.

Semelhante à fusão, no resfriamento encontram-se duas temperaturas para cada teor de carbono: a temperatura superior, na qual a transformação se inicia, e a inferior, onde as transformações terminam. Entre as duas temperaturas, situa-se a zona de transformação da estrutura.



O gráfico da figura a seguir apresenta as temperaturas de fusão e de transformação de estruturas em função do teor de carbono.

A figura ao lado apresenta o gráfico completo, com as zonas de fusão e de transformação da estrutura e suas respectivas temperaturas.



É representado também o ponto-limite entre a ação e o ferro fundido (2,06%C).

Temperabilidade do aço

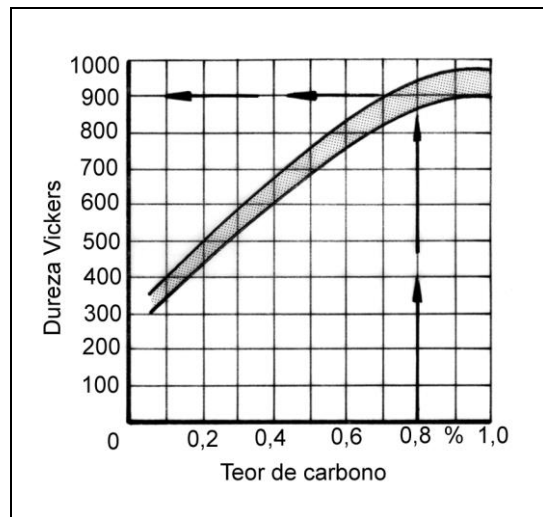
Os aços que sofrem um aquecimento de temperatura na zona de transformação (750 até 850°C) podem adquirir uma dureza elevada se sofrerem um resfriamento em água, em óleo ou até mesmo em ar.

Os aços não ligados adquirem dureza se resfriados em água; porém os aços de alta liga podem adquirir dureza até com resfriamento a ar, por exemplo, aço com Cr Ni 18.8.

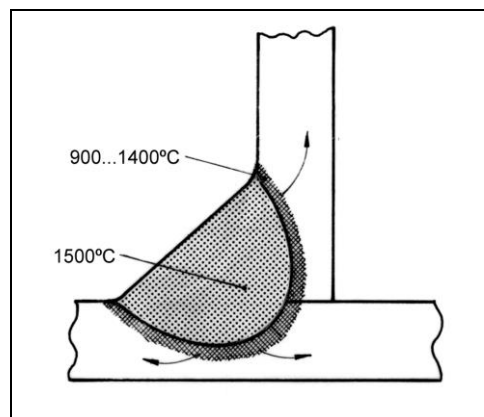
É importante tal conhecimento, pois nas operações de soldagem trabalha-se nessa faixa de temperatura, podendo ocorrer o endurecimento da junta, o que é altamente prejudicial e perigoso.

Nos aços em geral, quanto maior for o teor de carbono, maior será a temperabilidade e dureza após o resfriamento brusco e menor será a tenacidade do material ou da junta.

O diagrama da figura ao lado apresenta a reação entre o teor de carbono e a dureza que se pode obter.

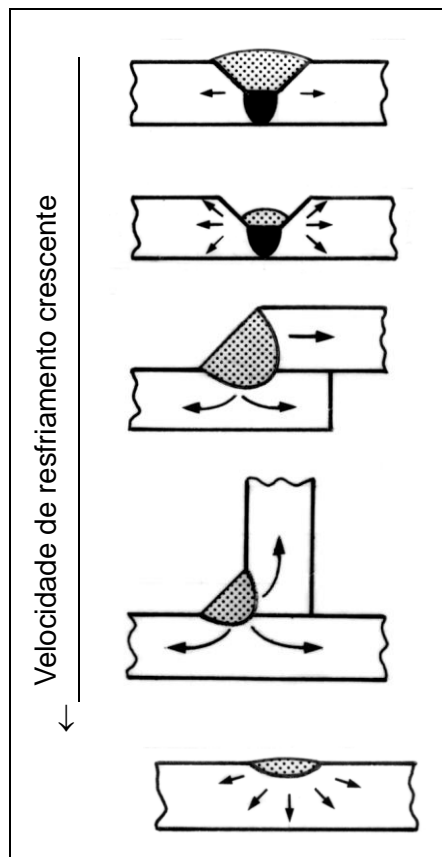


A figura ao lado apresenta um cordão de solda com suas regiões de influência térmica e respectivas temperaturas. Apresenta também como se processa a distribuição térmica na junta.



As figuras a seguir apresentam vários tipos de juntas, numa seqüência crescente do aumento da velocidade de resfriamento, que depende do tipo de junta, pois as distribuições térmicas no resfriamento são diferentes; depende também do tipo de chanfro e da qualidade de material depositado no cordão em relação à espessura das peças soldadas.

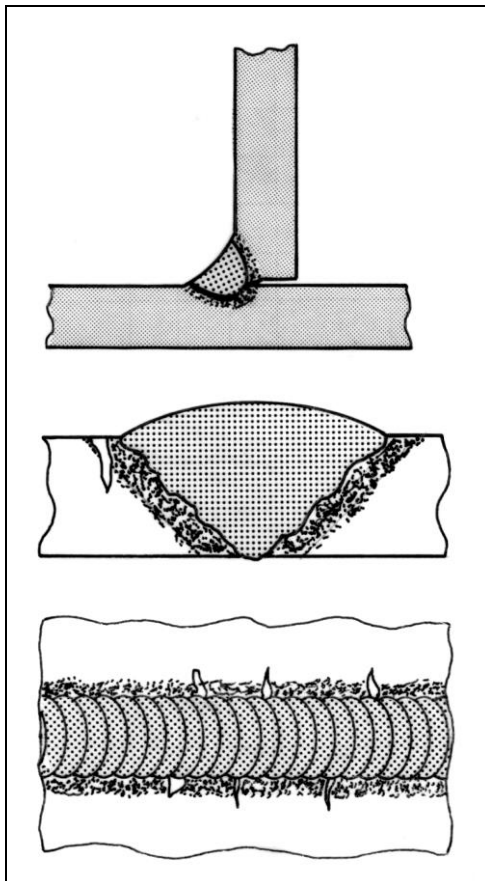
Encontra-se na figura a seguir um cordão de solda com elevada velocidade de resfriamento e muito suscetível à queima, temperabilidade e conseqüente fragilidade.



Surgimento de trincas

As regiões das juntas soldadas onde ocorre endurecimento estão sujeitas, especialmente, a trincas ocasionadas pela contração ocorrida no resfriamento.

As figuras a seguir apresentam alguns exemplos de trincas que podem surgir. Para durezas até 300HV, não existe perigo para a junção, porém acima de 400HV já causa preocupações e, em certos casos, convém executar-se um recozimento pleno ou de alívio de tensões.



Trincas de soldagem

Os aços com até 0,25%C (St 33, St 34, St 37, St 42, HI H11, StE 26, StE 29, StE 32), bem como os de baixa liga, com até 0,20%C e com espessura até 30mm, por exemplo, St 52-3, 15Mo3, 17Mn4, StE 36 são adequados à soldagem, sem a necessidade de procedimentos especiais, por não existir perigo de endurecimento. Os demais aços, os aços cromo-níquel, bem como o St 52-3 e o StE 36, de espessuras superiores a 30mm, devem ser preaquecidos para a soldagem, evitando-se assim o perigo de trincas.

Freqüentemente, também é necessário um tratamento posterior para alívio de tensões.

Superaquecimento nos aços

Quando um aço com 0,2%C é aquecido a uma temperatura de 1400°C, ocorre um crescimento dos cristais de austenita, formando-se uma estrutura de granulação grosseira.

Após o resfriamento, os grãos grossos de austenita cristalizam-se, formando uma estrutura granular grosseira, constituída de ferrita + perlita. Essa estrutura será tão grosseira quanto maior for o tempo de aquecimento.

Esse fenômeno é denominado **superaquecimento**.

A temperatura de fusão do aço é aproximadamente 1500°C.

O cordão de solda no momento de sua execução encontra-se no estado fundido líquido.

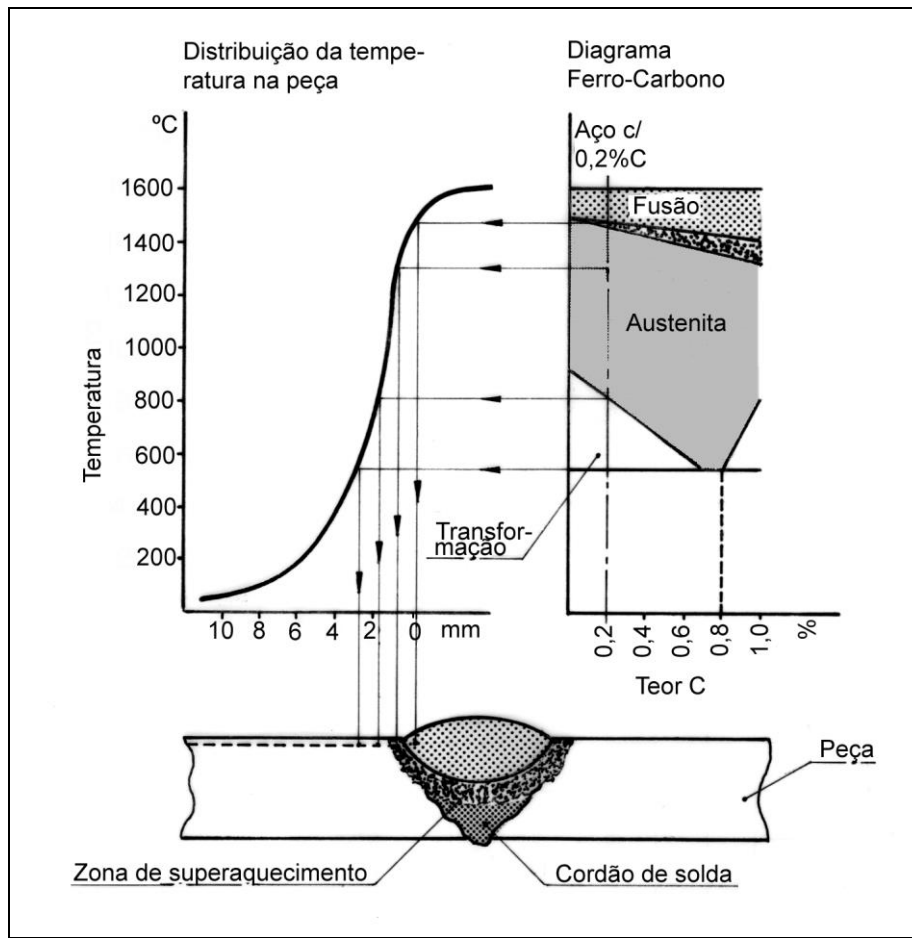
A temperatura do cordão de solda cai dos 1500°C para o estado pastoso até a temperatura da peça. Junto ao cordão, o material possui consistência, uma vez que não está em estado líquido, mas extremamente superaquecido, portanto com granulação grosseira.

Quanto mais grosseira for a granulação, menor será a tenacidade do material. Por isso o soldador deve observar que a junção soldada não deve ser aquecida por muito tempo.

Nos aços de boa soldabilidade e utilizando-se processos mais convenientes, consegue-se manter as propriedades do cordão de solda, bem como uma zona de superaquecimento completamente satisfatória.

Na soldagem de aços que têm grande tendência à têmpera, ocorrerá uma fragilidade nessa zona, provocada pelo superaquecimento, pois grãos grosseiros são favoráveis a fragilização.

A figura a seguir apresenta um diagrama referente à zona do cordão de solda e suas transformações pelo efeito térmico de soldagem.



A soldabilidade dos aços está vinculada a condição de endurecer que os aços têm, sempre dependendo do seu teor de carbono, elementos de liga, energia imposta e velocidade de resfriamento.

A preocupação de uma soldagem é principalmente as trincas e manter as propriedades mecânicas da junta soldada.

Para os "aços ao carbono", com % acima de 0,35% de carbono, durante uma soldagem, há a tendência, à medida que ultrapassar a temperatura de transformação no estado sólido dos aços, (723°C) e com um resfriamento sem controle, formar regiões duras, Martensita.

Na verdade em um aço, com um teor de carbono de 0,85% (Eutetóide), pode encontrar 3 estruturas básicas.

- 1) Ferrita - Ferro puro (Ferro alfa).
- 2) Cementita - Combinação Ferro e carbono quimicamente (Fe₃-C)
- 3) Perlita - Estrutura formada entre camadas de Ferrita e Cementita.

Nos aços baixo carbono (até 0,30%C) por predominar a estrutura ferrítica, a sua soldabilidade é mais fácil, por não formar Martensita suficiente de forma a endurecer a região soldada e conseqüentemente livre de trincas.

Para os aços médio carbono (até 0,60%C) e aços alto carbono (acima de 0,65%C), além de formar Cementita Fe_3C , dependendo da velocidade de resfriamento, pode formar Martensita, conseqüentemente fragilidade e trincas.

Para minimizar as conseqüências das zonas formadas nos aços médio e alto carbono, as recomendações técnicas para a soldagem destes aços é utilizar o pré e o pós-aquecimento e resfriamento lento, isto manterá as regiões, embora com a formação de estruturas Martensíticas, porém aliviadas as tensões, atenuando as conseqüências, ou seja, as trincas.

Tabela De Pré Aquecimento Dos Aços Carbono, Em Função Do % De Carbono

0,05 - 0,30	% do carbono	Até a 100°C (somente para espessuras grossas)
0,31 - 0,40	% do carbono	100 a 200°C
0,41 - 0,50	% do carbono	200 a 300°C
0,51 - 0,60	% do carbono	300 a 400°C
0,61 - 2,06	% do carbono	400 a 550°C

O pós-aquecimento pode ser de 50 a 100 °C acima da temperatura de pré-aquecimento e serve para homogeneizar a temperatura da peça, favorecendo o resfriamento lento.

A escolha do consumível dependerá do metal base, porém em se tratando dos aços baixo carbono, busca-se os eletrodos de aços baixo carbono.

Para aços médio carbono, escolhe-se os eletrodos básicos, baixo hidrogênio que minimizará a tendência a trincas a frio.

Para os aços alto carbono, depende da situação, ou seja, se é solda de união ou revestimento.

Na solda de união, opta-se pelos eletrodos da classe CrNi, austeno ferrítico, se for revestimento, é necessário analisar os tipos de desgastes, para em seguida selecionar o consumível compatível.

Para os "**aços ligados**", principalmente os baixa liga, a introdução dos elementos de liga, modifica as características mecânicas dos aços e conseqüentemente altera a forma de soldar, necessitando agora de, junto com o carbono, considerar os elementos de liga.

Dependendo dos elementos de liga, junto com o carbono, eles favorecem a temperabilidade dos aços, o que acarretará maiores cuidados durante a soldagem, além de necessitar de outros critérios para escolher a temperatura de pré-aquecimento, não só dependendo da % de carbono.

Para facilitar a escolha do pré-aquecimento foram desenvolvidas algumas fórmulas de cálculos de "carbono equivalente", dependendo da composição química dos aços.

Calculo Do Carbono Equivalente Dos Aços Baixa Liga Conforme “D.Seferian”

- 1) Calcular o CE (carbono equivalente) do aço, conforme fórmula:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn + \%Cr}{9} + \frac{\%Ni}{18} + \frac{\%Mo}{13}$$

- 2) Resultado do CE compensar com a espessura do metal base
 $CE (1 + 0,005 \times e)$, onde e = espessura do metal base.

- 3) Calcular a temperatura de pré-aquecimento (Tp)

$$Tp = 350\sqrt{CE - 0,25}$$

Após o cálculo do carbono equivalente, onde se determina a temperatura de pré-aquecimento, a escolha do consumível deve obedecer três pontos básicos:

- 1) Buscar o consumível cuja composição química seja compatível com o metal base.
- 2) Analisar se as propriedades mecânicas do consumível são adequadas ao metal base. É claro nunca abaixo do metal base.
 É importante observar no consumível:
 - Resistência à tração, escoamento, alongamento e se necessário resiliência.
- 3) Se necessitar de tratamento térmico após a solda, que o consumível atenda.
 É muito importante observar que a escolha dos consumíveis de baixa liga, exige sempre um tratamento térmico após a soldagem para aliviar as tensões, porém quando se optar por consumíveis tipo CrNi, austeno-ferrítico, deve-se evitar o alívio de tensões o que poderá ocasionar fragilidade (fase sigma).

Este aço é classificado como aço de alta liga, portanto seus elementos de liga excedem a 10%. E ligado com manganês e carbono que caracteriza uma estrutura austenítica de elevada tenacidade, ductilidade, além de manter controle de resistência ao desgaste por abrasão.

O aço manganês austenítico se caracteriza por resistir ao impacto e abrasão, portanto, destinado ao uso em peças e equipamentos na área de mineração, siderurgia e terraplanagem.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	CARACTERÍSTICAS
C - 1 a 1,40% Mn - 10 a 14%	- encrua pelo trabalho. - endurece pelo trabalho a frio. - dureza natural 200 - 250 HB - dureza após trabalho 400 - 450 HB - não temperável. - não magnético. - resiste ao choque e abrasão. - temperatura critica 260°C - fragilidade.

--	--

Equipamentos de britarem (martelos de moinhos, mandíbulas de britador, cone de sino, etc.), ponta de agulha de ferrovia, jacaré, dentes de escavadeiras, lábios de caçambas, etc.

Este aço é composto por uma estrutura austenítica, que em certas condições de manuseio, principalmente na faixa de temperatura entre 400 a 800°C, tem tendência a precipitar a cementita (Fe₃C) em contorno de grão, que após o resfriamento, deixa o aço frágil e susceptível a trincas.

Ele apresenta elevado coeficiente de dilatação térmica, e baixa condutibilidade térmica, o que favorece a fragilidade.

Para eliminar esta fragilidade, pode-se submeter o aço a um tratamento térmico conhecido como SOLUBILIZAÇÃO ou AUSTENITIZAÇÃO, que consiste em aquecê-lo entre 950 a 1150°C, solubilizando todos os carbonetos formados e em seguida resfriá-lo bruscamente, o que estanca a estrutura austenítica.

Hoje, se incorpora a este aço, teores de níquel o que favorece a estrutura austenítica, diminuindo a tendência a precipitação da cementita em contorno de grão.

O aço manganês austenítico em virtude ao uso, pelo trabalho sob impacto, apresenta sempre a necessidade de soldá-lo, ou por quebra ou desgaste por abrasão.

No caso de quebra é necessário recuperá-lo por solda de união. Nestas condições, será conveniente analisar a situação da peça, a região danificada e elaborar um procedimento de soldagem, escolhendo um consumível de excelente resistência à tração ductilidade e boa tenacidade.

Os eletrodos a base de CrNi, austeno ferrítico, são recomendados. É possível aplicar eletrodos a base de manganês, portanto compatível com o metal base, utiliza-se a técnica de soldagem a frio, sem pré e pós aquecimento, mantendo a peça o mais frio possível, inclusive, recomenda-se o "banho maria".

Para os casos de peças desgastadas, recomenda-se primeiro a análise das causas dos desgastes, remover as áreas fatigadas, recuperar a área com eletrodos de aço manganês e em seguida revestir contra desgastes, observando para que os consumíveis sejam adequados aos desgastes que a peça sofre.

AWS E- 6013

É um eletrodo de aço baixo carbono, do tipo revestimento rutilico, indicado na soldagem dos aços de baixo carbono, (Ferro batido ou aço doce), apresentando cordões de bom acabamento, recomendado na soldagem de espessuras finas e médias, excelente soldabilidade em todas as posições, arco suave e de boa estabilidade.

Tem um vasto campo de aplicação em construções metálicas de pequeno e médio porte como: serralheria, caldeiraria leve, automobilística construções de perfis, implementos agrícolas, construções de tanques e equipamentos de pequenas espessuras.

Apresenta excelente soldabilidade mesmo para soldadores de pouca habilidade, escória auto destacável, cordões lisos, isentos de respingos, sem mordeduras além de preservar as características mecânicas do metal base.

Características:

Análise Típica do depósito: %		C		Mn		Si	
		0,10		0,50		0,20	
Valores Mecânicos do depósito:							
Resistência à Tração			Alongamento			Resiliência	
430 a 490 MPa			23 - 27%			65 – 79 Joule	
É indicado para soldagem em toda as posições. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CA; CC+; CC-							
Características operacionais							
Ø	3/32" - 2,5mm	1/8" - 3,25mm	5/32" - 4,0mm	3/16" - 5,0	1/4" - 6,0		
A	80 - 120	110 - 150	150 - 200	200 - 250	250 - 280		

Indicado para chapas finas. Em solda de topo sem chanfro, deixar fresta 2mm. Regular corrente e aplicar mantendo a velocidade baixa. Soldável em todas as posições. Remover escória somente com martelo picão.

AWS E- 7018

É um eletrodo de aço baixo carbono, do tipo revestimento básico baixo hidrogênio indicado para soldagem de uniões em aços de baixo e médio carbono, aços de baixa liga onde se requer boas propriedades mecânicas.

Apresenta boa tenacidade para aplicações onde se requer resistência ao impacto a baixa temperatura, média penetração, muito indicado na soldagem de chapas, tubos ou perfis onde se requer passe de raiz e sujeito a ensaio por raio X.

Seu vasto campo de aplicação está nas grandes caldeirarias, estruturas pesadas, soldagem de tubulações para alta pressão, onde se requer alta responsabilidade.

Por ser um eletrodo tipo baixo hidrogênio, é altamente higroscópico, necessitando de mantê-lo seco, e em uso, evitar contato com umidade do ar.

Apresenta boa soldabilidade, arco suave, sem mordeduras, cordões de bom aspecto, soldável em todas as posições, fácil remoção de escória, fácil ignição e reignição do arco, isento de respingos.

Características:

Análise Típica do depósito: %		C		Si		Mn	
		0,10		0,30		0,85	
Valores Mecânicos do depósito:							
Resistência à Tração			Alongamento			Resiliência	
490 a 550 MPa			25 - 31%			157 – 195 Joule	
É indicado para soldagem em toda as posições. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CA;CC+							

Características operacionais					
Ø	3/32" - 2,5mm	1/8" - 3,25mm	5/32" - 4,0mm	3/16" - 5,0	1/4" - 6,0
A	80 - 120	110 - 160	150 - 190	200 - 250	240 - 280

Dependendo do tipo do metal e espessura, pré aquecer entre 100 - 200°C.
 Depósito baixo hidrogênio e sujeito a raio X. Solda com baixa corrente e diluição.
 Indicado como passe de raiz, usar Ø fino.
 Ressecar o eletrodo 300°C / 2 horas.

AWS E- 7018-1

É um eletrodo ligado ao Ni, do tipo básico, baixo hidrogênio, indicado para soldagem dos aços ligados ao Ni para área de criogenia.

O depósito apresenta boa resistência a tração e tenacidade, indicado para suportar temperatura até -150°C. Muito usado em estruturas pesadas na construção de equipamentos para armazenagem de gases ou produtos a temperaturas abaixo de 0°C.

É importante salientar que este eletrodo por ser baixo hidrogênio, deve ser aplicado com o revestimento bem seco, evitando assim a sensibilidade e a fragilidade pelo hidrogênio.

Apresenta excelente soldabilidade, arco suave, cordões de bom aspecto, fácil remoção de escória, fácil ignição e reignição de arco, isento de respingos.

Características:

Análise Típica do depósito: %	C	Mn	Si	Ni
	0,05	0,60	0,60	2,50
Valores Mecânicos do depósito:				
Resistência à Tração	Alongamento		Resiliência	
580 a 630 MPa	25 - 30%		30 – 55 Joule (-60°C)	
É indicado para soldagem em toda as posições. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CA;CC+				
Características operacionais				
Ø	1/8" - 3,25mm	5/32" - 4,0mm	3/16" - 5,0	1/4" - 6,0
A	90 - 130	120 - 170	150 - 200	220 - 280

Para aços com carbono até 0,15%, soldar sem pré-aquecimento. Para carbono acima, pré aquecer a 250°C. Ressecar os eletrodos 250°C / 2 horas.
 Evitar corrente e diluição excessiva.

DEFINIÇÃO:

É uma liga ferrosa com cromo entre 11 a 30%, podendo conter ainda outros elementos de liga, que proporcionam resistência à corrosão, temperatura ou mesmo corrosão a alta temperatura.

Nas indústrias químicas em geral, o desgaste de peças tem sido motivo de grande preocupação dos especialistas, obrigando o campo da metalurgia e outras áreas se desenvolverem no sentido de buscar novas tecnologias para combater o desgaste.

Novos métodos de proteção contra corrosão por exemplo: tem sido uma saída para o caso, através da área de galvanoplastia, novas ligas metálicas, o processo CLADDING por solda etc.

A corrosão pode ser considerada como um ataque gradual e contínuo em metal, através de um meio circunvizinho, que pode ser a atmosfera mais ou menos contaminada das cidades, ou um meio químico, líquido ou gasoso.

Como resultado de reações químicas entre os metais e elementos não metálicos contidos nesses meios, temos mudança gradual num composto ou em vários compostos químicos, que são geralmente óxidos ou sais.

Admite-se que a corrosão não passa de uma forma de atividade química ou, mais precisamente, eletroquímica.

Quando um metal não corroe admite-se que se produz alguma reação química entre ele e o meio que o circunda, com a formação de uma camada fina, a qual adere a superfície metálica e é aí mantida por força atômica.

Se, por qualquer motivo, essa camada protetora foi destruída momentaneamente, ela será instantaneamente restabelecida e a lesão do metal é, por assim dizer, automaticamente sanada.

Em resumo a maioria dos metais nos meios comuns é instável, tendendo a reverter às formas mais estáveis (das quais os minérios encontrados na natureza são exemplos comuns).

A corrosão mais comum é a atmosférica. O aço explica a corrosão mais conhecida no meio industrial, como segue:

Acima do hidrogênio na tabela dos potenciais eletroquímicos, encontra-se o ferro.

Na água, o hidrogênio é deslocado pelo ferro.

Isto ocorre pelo envio de íons de ferro (Fe^{++}) em solução na água, deslocando os íons de hidrogênio (H^+) da água.

Portanto, a camada de água que circunda a peça de ferro contém íons Fe^{++} e íons $2OH^-$ ou seja $Fe(OH)_2$ dissociado em considerável concentração.

Em contato com o ar é admitido nesta camada, oxigênio, portanto forma-se $Fe(OH)_3$.

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ é menos solúvel do que $\text{Fe}(\text{OH})_2$, por isto ocorre a formação de um precipitado marrom Fe_2O_3 (FERRUGEM).

A passividade nos inoxidáveis consiste na reação do elemento Cromo com o oxigênio do ar atmosférico, formando uma película de óxido de cromo, praticamente invisível, medindo aproximadamente dois centésimos de micron que confere ao inoxidável a resistência à corrosão.

A concentração de cromo nesta película é maior que a do metal e tanto a espessura da película como o seu teor em cromo aumenta a medida que se melhora o polimento superficial, portanto, conclui-se que quanto melhor o polimento melhor a resistência a corrosão. O óxido de cromo resiste a corrosão por ser estável, portanto, não se desloca do metal e se for retirado por ação mecânica, outra camada volta formar.

O Fe_2O_3 - óxido de ferro é instável, portanto, com o tempo se desprende e permite outra camada, que gradualmente decompõe o metal.

Cada elemento do aço favorece na resistência à corrosão, sendo:

Cromo - caracteriza a formação do óxido de cromo - passividade.

Níquel - resistência à corrosão por agentes de baixa capacidade de oxidação e resiste ao íon cloro.

Molibdênio - resistência a corrosão pelo íon cloro, melhora a passividade contra corrosão de ácido sulfúrico, sulfuroso a altas temperaturas e pressão e água do mar.

Titânio e Nióbio - elementos estabilizantes de cromo, proporcionando resistência a corrosão intergranular.

Cobre - melhora resistência a corrosão por ácido sulfúrico.

Tipos De Corrosão Nos Aços Inoxidáveis

Os aços inoxidáveis são susceptíveis aos seguintes tipos de corrosão:

Corrosão localizada - (Pitting) - é o ataque através de agentes clorados, ou seja, a ação do íon negativo cloro em solução aquosa. (Ex.: cloreto de cobre, cloreto de ferro, etc).

Corrosão intergranular . (Sensitização) - os aços inoxidáveis CrNi, austeníticos quando tratados termicamente, ou aquecidos para trabalho a quente ou ainda se soldados, entrando em uma faixa de temperatura entre 400 a 900°, sofre um fenômeno metalúrgico conhecido como, precipitação de um

composto intermetálico de carboneto de cromo em contornos de grãos da estrutura austenítica, que resulta na chamada SENSITIZAÇÃO.

Os carbonetos de cromo e ferro conseguem, dissolver-se na austenita com maior facilidade, conforme a temperatura aumenta acima de 900°C.

Quando um aço inox é aquecido nestas condições, possui quando resfriado rapidamente, uma estrutura homogênea a temperatura ambiente, porém torna-se instável em temperatura abaixo da linha de solubilidade sólida de carbono na austenita.

Quando se reaquece o aço acima de 400°C, o carboneto, pelo aumento da solubilidade dos átomos do carbono, precipita-se ao longo do contorno dos grãos da austenita, ao invés de precipitar no interior destes.

Os carbonetos precipitados em contorno de grão, não constituem zonas mais sensíveis a corrosão, mas como são mais ricos em cromo do que o metal do qual precipitam, isto significa que houve uma retirada de cromo das regiões vizinhas do grão, conseqüentemente empobrecendo-a e favorecendo a ação do corrosivo.

Grãos expostos, de diferente composição, são considerados como minúsculos elementos galvânicos, que quando expostos a um eletrólito, passam a gerar correntes elétricas, que irão dando ocorrência a um consumo constante do material na superfície dos cristais, debilitando a estrutura pela falta de coesão entre os grãos.

SUSCEPTIBILIDADE A CORROSÃO SOB TENSÃO (STRESS CORROSION)

É o tipo de corrosão ocasionada sobre áreas tensionadas onde incide um ataque através de agentes clorados.

Neste tipo de corrosão o aço pode romper pela desintegração dos grãos corroídos.

É a corrosão que ocorre entre dois diferentes materiais em contato ou mesmo estruturas através da ação de um agente corrosivo.

A corrosão galvânica depende de diversos fatores como: condutibilidade do circuito, potencial entre anodo e catodo, áreas relativas de anodo e catodo e contato entre metais.

Trincas originam pontos de corrosão pela chamada "célula de concentração diferencial", é a ausência de oxigênio dentro das trincas, onde a formação do óxido de cromo se torna difícil e a área sensível a corrosão.

De acordo com a norma AISI/SAE os aços inoxidáveis são classificados em séries em função dos elementos de liga e composição química.

SÉRIE 200 - Esta série já foi abandonada, embora é possível ainda encontrá-la principalmente no exterior.

SÉRIE 300 - Esta série é composta basicamente por cromo níquel e caracteriza uma estrutura austenítica.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	CARACTERÍSTICAS
Cr - 16 à 25% Ni - 6 à 22% C - até 0,25%.	- estrutura austenítica - não temperável - não magnético - endurece por encruamento. - resiste a corrosão / calor. - boa tenacidade a baixa temperatura. - temperatura crítica 400 à 900°C - sensitização.

Na série 300, podemos encontrar 3 grupos de aços:

- Aços ligados ao CrNi. Resistentes a corrosão por agentes fracos.
- AISI 301, 302, 303, 304, 308, 347 e 321 ESTABILIZADOS.
- Aços ligados ao CrNiMo para corrosão por agentes agressivos.
- AISI 316, 317, 318 - inclusive os tipos "L".
- Aços resistentes ao calor - refratários.
- AISI 310, 310H - 314 - (309).

Estes aços deverão ser soldados a frio, sem pré e pós aquecimento, para evitar a SENSITIZAÇÃO (Corrosão intergranular), usando-se todos os recursos disponíveis para manter o menor nível de calor imposto na peça.

Para minimizar a SENSITIZAÇÃO, pode-se usar três recursos:

1) Solubilização consiste em aquecer a peça soldada entre 950 - 1150°C e provocar um resfriamento brusco. Este tratamento também é conhecido como AUSTENITIZAÇÃO. Neste caso todos carbonetos formados serão dissolvidos na estrutura austenítica.

2) Usar consumíveis com carbono controlado ("L")

Para eletrodos revestidos limita-se o carbono em 0,04% máximo, varetas, arames para MIG e arco submersos, limita-se o carbono em 0,03% máximo.

3) Usar consumíveis estabilizados com Nb ou Ti

Os elementos estabilizantes servem para na faixa de temperatura de 400 a 900°C, evitar a combinação entre Cr e C fazendo primeiro reagir o Nb ou Ti com o carbono, fixando o cromo na estrutura austenítica, com isto não permitindo a formação dos carbonetos de cromo em contorno de grão.

Os consumíveis desta série são os tipos 347, 321, 318.

A escolha dos consumíveis é simples, pois, basta seguir a orientação dada pela norma AISI ao metal base, usando para o consumível o mesmo sistema.

Exemplo:	Metal base	AISI 316	AISI 310
	Metal de adição	AWS 316	AWS 310

Recomenda-se para atenuar a sensitização, o uso dos consumíveis "L" ou estabilizados.

Exemplo:	Metal base	AISI 316	AISI 304
	Metal de adição	AWS 316-L	AWS 308-L ou 347

Na técnica de soldagem a frio, é importante lembrar os passos a seguir:

- Usar \varnothing do eletrodo fino, corrente baixa, arco curto, cordões alternados, cordões passo atrás ou peregrinos, retirar o eletrodo no fim da solda sempre em cima do cordão (evitar trincas de cratera), se possível usar placas do cobre do lado oposto a junta e até controlar próximo da área com jato de ar comprimido.

Pela norma AWS A5.4, os eletrodos são designados:

AWS E-308L-15 para revestimentos básicos - CC somente.

AWS E-308L-16 para revestimentos rutilicos - CA/CC.

Para arames e varetas, AWS A5.9

ER-308L varetas / arames com carbono 0,03% máximo.

SÉRIE 400 - Esta série é do tipo ligado com cromo ou carbono, que pode ser dividida em:

Aços Martensíticos - Cr e C

Aços Ferríticos - Cr e C baixo.

Cr 11 a 18%

C 0,15 à 1,20%

Cr 18 a 27%

C até 0,35%

SÉRIE 400 MARTENSÍTICOS - Estes aços compostos por Cr e C, adquirem estruturas duras, temperável, classificado em:

- Tipo turbinas - possui médio % de carbono
- Tipo cutelaria - possui médio % de carbono

- Tipo resistente ao desgastes - possui alto % de carbono

São aços magnéticos, susceptíveis a fragilização pelo hidrogênio e pela estrutura martensítica.

Os tipos mais conhecidos desta série são: AISI 410, 420 e 440.

Estes aços deverão ser soldados com pré aquecimento entre 450 e 550°C e um pós aquecimento entre 650 a 750°C, com resfriamento lento.

Usar eletrodos da classe ou lançar mão dos tipos CrNi(309 ou 312) que favorecem em uniões difíceis.

A técnica do amanteigamento se faz necessária, a medida que a espessura da chapa é elevada, sendo neste caso recomendados os eletrodos CrNi austeno ferríticos (309 e 312).

SÉRIE 400 FERRÍTICOS - Estes aços são compostos por Cr e o carbono é baixo.

Caracteriza a estrutura ferrítica, mole, porém de difícil soldabilidade por apresentar tendência ao crescimento de grão acima de 1150°C além de alguns carbonetos duros em contorno de grão, isto favorece a fragilização. Pode apresentar fragilidade sigma a 475°C.

São aços magnéticos, susceptíveis a trincas por crescimento de grãos, exige cuidados de pré e pós-aquecimento durante a soldagem.

Os tipos mais conhecidos desta série são: AISI 430 e 405.

Estes aços deverão ser soldados com pré-aquecimento de 250 a 350°C e pós aquecimento de 100° acima do pré aquecimento com um resfriamento lento.

Usar consumíveis da classe ou lançar mão dos tipos CrNi (309 ou 312), que favorece em uniões difíceis.

Também para este aço a técnica do amanteigamento é recomendada com os consumíveis austeno ferrítico (309 - 312).

SÉRIE 500.

Esta série de inoxidável apresenta excelente resistência a corrosão por agentes sulfurosos a quente (538°C), muito indicado para vapor e pressão.

Cr 4 até 9%

Mo até 2%

C 0,25% máximo.

É magnético, temperável ao ar e possui um vasto campo de aplicação na área petroquímica.

Os tipos mais conhecidos são: AISI 502 e 505

Necessitam de pré aquecimento de 250 a 350°C e pós aquecimento de 750°C, com resfriamento lento. Forma estrutura martensítica, o que fragiliza a região.

Usar consumíveis da classe, principalmente se a área for colocada em contato com corrosivos sulfurosos.

O uso das ligas Cr-Ni austeno ferríticas (309 a 312) pode ser importante, especialmente em condições onde não é impossível pré aquecimento.

Hoje, até as ligas de níquel tipo inconel, já oferecem bons resultados.

AWS E 308-16

É um eletrodo rutílico indicado para soldagem de aços inoxidáveis AISI 302, 303, 304 e 308, resistentes a corrosão. É indicado em construção e reparos de equipamentos nas indústrias: química, papel e celulose, têxtil, farmacêutica, etc. Apresenta boa resistência a corrosão intergranular até 300°C.

E 308-16 caracteriza-se por sua excelente soldabilidade, fácil remoção de escória, isento de respingos e arco estável. Boa soldabilidade em todas as posições, exceto vertical descendente.

Características:

Análise Típica do depósito: %		C	Cr	Ni	Mn	Si
		0,07	19,00	9,50	1,60	0,50
Valores Mecânicos do depósito:						
Resistência à Tração		Alongamento			Resiliência	
610 a 680 MPa		35 - 45%			63 – 102 Joule	
É indicado para soldagem em todas as posições, exceto vertical descendente. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CA;CC+						
Características operacionais						
Ø	1/16" - 1,6	5/64" - 2,0	3/32" - 2,5	1/8" - 3,25	5/32" - 4,0	3/16" - 5,0
A	20 - 30	40 - 50	55 - 75	85 - 110	110 - 140	150 - 170

Remover impurezas (óleo, graxa ou outros contaminantes) evitando usar solventes clorados. Utilize álcool ou acetona. Utilize escova de aço inoxidável. Evitar soldar inox próximo de local onde se solda aço carbono.

Manter o eletrodo seco. Usar arco curto (no máximo Ø do eletrodo).

AWS E 347-16

É um eletrodo a base de CrNi ligado com Nb, do tipo rutílico indicado na soldagem dos aços inoxidáveis da série 308, 308L, 321, 347, 304 e 304L.

Tem excelente resistência a corrosão intergranular.

Recomendado para aplicações em equipamentos nas indústrias: químicas, têxtil, farmacêuticas, papel celulose e destilarias. Usado em construção e manutenção de máquinas.

E 347-16 apresenta excelente soldabilidade, fácil remoção de escória, fácil ignição e reignição de arco, isento de salpicos.

Características:

Análise Típica do depósito: %	C	Cr	Ni	Nb+Ta	Mn	Si
	0,07	19,00	9,50	0,80	1,60	0,60
Valores Mecânicos do depósito:						
Resistência à Tração		Alongamento		Resiliência		
517 a 750 MPa		30 - 40%		55 – 102 Joule		
É indicado para soldagem em toda as posições, exceto vertical descendente. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CA;CC+						
Características operacionais						
Ø	5/64" - 2,0	3/32" - 2,50	1/8" - 3,25	5/32" - 4,0	3/16" - 5,0	
A	50 - 60	70 - 90	95 - 110	120 - 130	130 - 160	

Remover impurezas (óleo, graxa ou outros contaminantes. Evitar o uso de solventes clorados).

Usar escova de aço inoxidável, eletrodos secos e manter o arco curto, baixa corrente.

Ao terminar a solda, retirar o eletrodo em cima do cordão, evitando trinca de cratera.

Ao aplicar sobre aço carbono ou baixa liga, como CLADDING, evitar diluição excessiva.

AWS E 310 Mo-15

É um eletrodo a base de CrNi ligado com Mo, do tipo básico, indicado para soldagem dos aços em geral, especialmente aços inoxidáveis da série 310 e 314. Apresenta estrutura austenítica, caracterizado como refratário, com boas propriedades quanto a resistência à corrosão a temperatura até 1200°C.

Seu depósito é resistente na presença de gases proveniente da combustão mesmo com o elemento enxofre.

Eletrodo com excelente soldabilidade, sem respingos, fácil remoção de escória, fácil ignição e reignição de arco, além de soldabilidade em todas as posições.

Características:

Análise Típica do depósito: %	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si
	0,10	26,00	21,00	2,20	1,70	0,50

Valores Mecânicos do depósito:				
Resistência à Tração	Alongamento			Resiliência
552 a 650 MPa	30 - 40%			30 – 40 Joule
É indicado para soldagem em toda as posições, exceto vertical descendente. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CC+				
Características operacionais				
Ø	3/32" – 2,50	1/8" – 3,25	5/32" – 4,0	3/16" – 5,0
A	55 - 65	70 - 95	110 - 125	130 - 160

Remover impurezas, óleo, graxa ou qualquer contaminante. Usar escova de inoxidável.

Usar arco curto, corrente baixa, evitar diluição com metal base.

Para metal base austenítico (SAE 310), soldar a frio. Em aços ferríticos e martensíticos, pré aquecer entre 200 a 300°C o metal base.

Usar eletrodos secos. Evitar soldar em locais onde haja soldagem de aços carbono.

AWS E 502-15

É um eletrodo ligado ao CrMo, tipo básico, baixo hidrogênio, indicado na soldagem dos aços CrMo, da classe SAE 502, largamente usado em tubulações de caldeiras, onde se exige resistência à corrosão por gases sulfurantes e a temperatura até 600°C em trabalho. Outras aplicações deste eletrodo é na soldagem de instalações de craqueamento catalítico (Cracking de Petróleo).

O depósito é de características martensíticas, sendo tratável termicamente, o que também destina este eletrodo para aplicações em revestimentos contra desgastes em forjarias.

AWS E 502-15 apresenta excelente soldabilidade, arco suave, cordões de bom aspecto, fácil remoção de escória, fácil ignição e reignição do arco, isento de respingos.

Características:

Análise Típica do depósito: %	C	Si	Mn	Cr	Mo
	0,08	0,40	0,90	5,20	0,55
Valores Mecânicos do depósito:					
Resistência à Tração	Alongamento			Resiliência	
414 a 550 MPa	20 - 25%			115 – 160 Joule	
É indicado para soldagem em toda as posições, exceto vertical descendente. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CC+					
Características operacionais					
Ø	3/32" - 2,50	1/8" – 3,25	5/32" – 4,0	3/16" – 5,0	
A	60 - 90	80 - 130	120 - 180	170 - 220	

Na soldagem dos aços da mesma classe, pré aquecer entre 250 a 300°C, dependendo da espessura da chapa. Ressecar a 250°C / 2 horas, para evitar difusão de hidrogênio. Se necessário fazer alívio de tensões entre 550 a 600°C / 1 hora.

Evitar corrente alta e diluição excessiva.

Ferro Fundido

O ferro fundido é hoje um metal base de grande importância para a indústria em geral, **visto que ele apresenta baixo custo e propriedades mecânicas compatíveis, com o seu uso.**

A grande facilidade em se obter peças fundidas, barateia o custo, pois, a usinagem não será necessária para se obter o formato final desejado da peça.

É possível se conseguir peças de varias características mecânicas em ferro fundido, pois a sua forma de obtenção, permite através de tratamentos térmicos ou pela adição de elementos de liga, conseguir o mesmo que se obtém dos aços.

Ao analisarmos uma indústria da área metalmeccânica, podemos encontrar mais de 80% das peças de equipamentos, constituídas em ferro fundido.

Bases de máquinas, corpo de motores, carcaças, bases de torno, fresas, prensas, morsas, polias, engrenagens, braços e apoios de máquinas, etc, são partes que todas indústrias nesta área tem, portanto, sem medo de errar, este metal base em manutenção é o mais encontrado para soldar (recuperar).

O ferro fundido é hoje, o metal base mais difícil de ser soldado, principalmente se levarmos em conta que ainda sua tecnologia não é dominada.

De uma forma geral os profissionais de manutenção entendem que por ser uma liga ferrosa, a soldagem pode ser feita com os mesmos critérios do aço carbono.

Este material, realmente, requer certos cuidados na soldagem que o aço não requer.

Uma peça de ferro fundido quebrada ou desgastada, apresenta fatores a considerar de grande importância, que deverão ser analisados antes de soldar:

- peça trabalhada está contaminada (óleo, graxa, outros contaminantes)
- após trabalho a peça está tensionada.
- o ferro fundido contém alta % de carbono o que dificulta a soldagem.

Conhecidos estes fatores já temos em mãos dados que nos permitem elaborar um procedimento de soldagem condizente com a tecnologia.

É importante conhecermos a metalurgia básica do ferro fundido e através dela tirarmos algumas conclusões, que permitirão escolher os consumíveis corretos e testados, antes de iniciarmos a soldagem.

O ferro fundido é obtido em fornos especiais, como CUBILOT ou ELÉTRICO, partindo-se do gusa, que tratado em panela chega a análise química desejada e vazados em moldes previamente preparados.

Os elementos da liga são os mesmos do aço, Fe, Si, Mn, S, P, C, sendo que o carbono gira por volta de 3,5% e o silício entre 2 e 3%, o que forma a liga de fácil moldagem, baixo ponto de fusão 1100 a 1200°C.

É possível fundir em moldes de areia, moldes metálicos ou grafite.

CLASSIFICAÇÃO DOS FERROS FUNDIDOS

- 1) Ferro fundido cinzento.
- 2) Ferro fundido maleável.
- 3) Ferro fundido branco.**
- 4) Ferro fundido nodular / dúctil.
- 5) Ferro fundido ligado (cinzento, branco).

O ferro fundido cinzento é obtido em moldes de areia e resfriamento ao ar, apenas com um % de carbono alto, além do silício. Sua estrutura apresenta-se na forma de lamelas, portanto grafite livre o que caracteriza macroscopicamente um aspecto poroso, parecendo areia aglomerada.

Este ferro fundido tem boa resistência ao desgaste por fricção, tem baixa ductilidade e. Uma controlada resistência à tração.

A estrutura porém, favorece a resistência ao desgaste por fricção, porém dificulta a soldagem, porque a peça em operação, graxa, óleo se alojam nos poros dificultando a limpeza antes de soldar.

O ferro fundido maleável é obtido em moldes de areia e recebe um tratamento térmico chamado recozimento, (920a 950°C) e um resfriamento lento no forno.

O ferro fundido obtido tem estrutura maleável, dúctil, bom resistência a tração, boa resistência a compressão, onde na fratura da peça se observa um aspecto parecido ao do aço, portanto, livre de poros.

O ferro fundido branco nada mais é do que uma liga com carbono e silício mais baixo, (2,0 a 2,5%C), onde permite após o resfriamento no molde de areia, formar cementita (Fe₃C, dura, somente na superfície).

Este ferro fundido pode ser obtido em moldes metálicos, com resfriamento do molde por água, que favorecerá a formação além da Cementita, da Martensita, portanto, duas estruturas duras de elevada resistência ao desgaste por abrasão, baixíssima tenacidade.

Este ferro fundido destina-se em uso, para desgastes por severa abrasão.

É um ferro fundido de difícil soldabilidade, frágil, geralmente evita-se recuperar.

O ferro nodular / dúctil é considerado como ligado, pois recebe a adição de elemento de liga tornando-o de boa ductilidade, usado em peças que exigem boa tenacidade.

O ferro fundido nodular recebe adição de Mg ou Cs, o dúctil recebe níquel e cobre.

O ferro fundido nodular é o tipo mais popular, pelo seu baixo custo, apresenta boas condições de soldagem.

SOLDABILIDADE DOS FERROS FUNDIDOS

Na soldabilidade do ferro fundido deve se levar em consideração três aspectos:

1) Aspectos metalúrgicos

- Por ter carbono, durante a soldagem por fusão com eletrodos revestidos, há a formação da "zona de transição" entre o metal fundido e o metal base. Nesta zona observa-se a formação da cementita Fe-C, que endurece a região, podendo apresentar trincas.

2) Procedimento de soldagem

- Para seleccionar o procedimento de soldagem é necessário analisar o metal base e observar o seguinte:
 - tamanho da peça
 - formato da peça
 - condições de serviço da peça
 - se houve trinca ou desgaste
 - conhecer a disponibilidade de equipamentos
 - habilidade dos soldadores envolvidos
 - estado geral em que a peça se encontra

3) Aspecto físico

- Como o ferro fundido apresenta a característica de baixa ductilidade, isto dificulta o controle das dilatações e contrações, além da contaminação por já ter trabalhado, isto exige durante a soldagem um perfeito controle de calor dependendo da técnica de soldagem a ser aplicada.

Ferro Fundido à Quente

Três são os procedimentos:

- 1) Soldagem à quente - processo oxigás
- 2) Soldagem a meio quente - arco elétrico
- 3) Soldagem a frio - arco elétrico.

Na soldagem do ferro fundido, deve-se observar três pontos importantes:

- 1) Limpeza e preparação
- 2) Identificação do metal base
- 3) Preparação de chanfro

Limpeza e preparação, consiste em remover sujeira e contaminantes através de solventes, apropriados e um aquecimento de 150°C para queimar resíduos impregnados nos poros da peça. Analisar bem a área retirar regiões fatigadas microfissuradas, ou melhor, danificadas.

É importante como próximo passo à **identificação do metal base**, para enquadrá-lo dependendo do tipo, na correta técnica de soldagem, usando os consumíveis adequados.

Por exemplo, o ferro fundido cinzento pode ser identificado com uma broca fazendo um furo, o cavaco sai em forma de pó (grafite).

O maleável e nodular o cavaco sai em forma de "espiral".

O ferro fundido branco se identifica pela elevada dureza que se observa com uma lima.

A preparação de chanfro poderá ser feita mecanicamente ou com eletrodos de chanfro. A forma do chanfro deve ser em "U", dependendo da espessura da peça, simples "u" ou duplo "u".

SOLDAGEM DO FERRO FUNDIDO A QUENTE

Na soldagem a quente se utiliza o processo oxigás (maçarico, com um pré aquecimento de 500 a 600 °C.

Este processo é muito usado em peças de pequeno porte, onde é possível pré aquecer.

Quando se exige que a cor de depósito fique igual ao metal base, ou mesmo, em peças que deverão sofrer tratamento de superfície (cromeação, niquelação, etc.).

Em peças muito contaminadas por calor, sujeira ou outros contaminantes. O depósito é feito com varetas de ferro fundido, AWS R.CI com fluxo.

Após a soldagem faz-se pós-aquecimento de 100°C, acima do pré-aquecimento. Resfriamento lento (forno, cal, etc.)

SOLDAGEM DO FERRO FUNDIDO - A MEIO QUENTE

Neste procedimento usa-se pré aquecer o metal base entre 300 a 400°C, e aplica-se os eletrodos a base de níquel, AWS E Ni CI, ou AWS E NiFe CI.

Em peças contaminadas pode-se aplicar o AWS E-ST como camada de "impermeabilização" e em cima os eletrodos a base de Níquel AWS E Ni ou NiFe CI. É muito importante manter o pré-aquecimento durante a soldagem.

Após a soldagem, pós aquecer 50 a 100°C acima de pré-aquecimento. Resfriamento lento (cal, areia, etc.).

SOLDAGEM DO FERRO FUNDIDO A FRIO

Este procedimento é muito usado especialmente em peças de grande porte, formatos

complexos, onde o pré aquecimento se torna difícil, ou mesmo de difícil controle. É uma técnica barata, pois não necessita de demorados pré-aquecimentos.

É importante ter soldadores habilidosos, pacientes, pois o controle da temperatura é primordial.

Nesta técnica de soldagem não se faz pré e pós-aquecimento, solda-se com os eletrodos a base de níquel (AWS E Ni Cl ou NiFe Cl). Também pode usar o AWS E-ST como camada de impermeabilização em peças contaminadas.

Tanto no processo a meio quente, quanto no a frio, é indispensável antes de iniciar a soldagem, o teste com os eletrodos escolhidos. Este teste serve para avaliar a compatibilidade do eletrodo com o metal base.

Na soldagem a frio, é importante observar: \varnothing do eletrodo fino, arco curto, cordões curtos, corrente baixa, cordões alternados, cordões passo atrás e martelar cada cordão após remover escória. Evitar trincas de cratera tirando o eletrodo sempre sobre o cordão e controlar a temperatura, evitando ultrapassar a 80°C a 10 cm da solda.

Características e Aplicações:

É um eletrodo a base de níquel especialmente balanceado, indicado para soldagem do ferro fundido, usando a técnica a frio ou meio quente.

Seu depósito é usinável, apresenta zona de transição controlada, livre de trincas.

É recomendado para uniões de ferro fundido com aço ou mesmo com ligas de cobre.

Sua aplicação principal é em reparos ou enchimentos de defeitos em peças de ferro fundido.

Apresenta excelente soldabilidade, fácil ignição e reignição do arco, fácil remoção de escória, arco suave, isento de salpicos e mordeduras e arco estável.

Seu depósito é isento de porosidade, desde que não haja interferência da contaminação do metal base. Tem excelente soldabilidade tanto CC como em CA.

Na soldagem do ferro fundido contaminado, pode ser perfeitamente combinado com o AWS E Ni Fe Cl ou AWS E - ST.

Características:

Análise Típica do depósito:		Ni		
		85% mínimo		
Valores Mecânicos do depósito:				
Resistência à Tração	Alongamento		Dureza	
300 a 350 MPa	23 a 25%		Entre 175 e 225 HB	
É indicada para soldagem em toda as posições, menos a vertical descendente. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CA;CC ±				
Características operacionais				
\varnothing	3/32" - 2,5mm	1/8" - 3,25mm	5/32" - 4,0mm	3/16" - 5,0mm
A	50 - 60	70 - 110	110 - 140	120 - 160

ORIENTAÇÃO TÉCNICA PARA SOLDAR

Remover impurezas (óleo, graxa ou outros contaminantes). Em peças muito contaminadas aquecer a 150°C para queimar resíduos. Preparar chanfros em forma de "U" para espessura acima de 5 mm, sendo simples "U" ou duplo "U".

Regular corrente baixa observar polaridade do eletrodo, usar arco curto e cada cordão de no máximo 10 vezes o \varnothing do eletrodo. Martelar cada cordão com martelo de bola, após remoção da escória. Usar a técnica de passo atrás e cordões alternados.

No final de cada cordão retroceder sobre o mesmo e retirar o arco sobre o cordão, isto evita trincas de cratera.

Quando no primeiro passe persistir a porosidade, usar uma camada de impermeabilização com AWS E – ST ou um eletrodo básico ligado ao CrNiMo e em cima dele aplicar AWS E Ni Fe CI.

Se usar a técnica de soldagem a frio, não precisa de pré-aquecimento.

Na técnica de soldagem a meio quente, pré aquecer entre 300 e 400 °C e após solda, resfriamento lento.

AWS E Ni Fe CI

AWS E Ni Fe CI é um eletrodo a base de NiFe especialmente desenvolvido para soldagem de ferro fundido cinzento, nodular e maleável. Apresenta cordões lisos, isentos de poros e trincas. Seu depósito é usinável, pode ser aplicado com a técnica de soldagem a frio e a meio quente.

Utiliza baixa corrente a que favorece uma baixa penetração e diluição com o ferro fundido. A zona de transição é livre de formação de carboneto de ferro, Cementita, o que diminui as trincas.

Apresenta arco estável, boa proteção de escória, fácil manuseio, sem salpicos, poros e mordeduras.

AWS E Ni Fe CI é recomendado em uniões ou enchimentos de partes de máquinas, carcaças, blocos de motores, morsas, corpos de máquinas, peças com defeitos de fundição. Tem excelente performance na soldagem de peças contaminadas.

Características:

Análise Típica do depósito:	C	Ni	Fe	Mn	Si
	0,80	55	42	0,50	0,60
Valores Mecânicos do depósito:					
Resistência à Tração	Alongamento		Dureza		
300 a 450 MPa	18 a 22%		Entre 180 e 200 HB		
É indicada para soldagem em toda as posições, menos a vertical descendente.					
Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CA;CC+					
Características operacionais					
\varnothing	3/32" - 2,5mm	1/8" – 3,25mm		5/32" – 4,0mm	
A	60 - 70	90 - 110		110 - 130	

Remover impurezas (óleo, graxa ou outros contaminantes). Em peças muito contaminadas aquecer a 150°C para queimar resíduos.

Preparar chanfro em forma de "U" para espessura acima de 5 mm, sendo simples "U" ou duplo "U".

Regular corrente baixa, observar polaridade do eletrodo, usar arco curto e cada cordão de no máximo 10 vezes o \varnothing do eletrodo. Martelar cada cordão com martelo de bola, após remoção da escória. Usar a técnica de passo atrás e cordões alternados.

No final de cada cordão retroceder sobre o mesmo e retirar o arco sobre o cordão, isto evita trincas de cratera.

Quando no primeiro passe persistir a porosidade, usar uma camada de impermeabilização com AWS E – ST ou um eletrodo básico ligado ao CrNiMo, em cima deles aplicar AWS E Ni Fe Cl.

Se usar a técnica de soldagem a frio, não precisa de pré aquecimento.

Na técnica de soldagem a meio quente, pré aquecer entre 300 e 400°C e após solda, resfriamento lento.

AWS E - ST é um eletrodo a base de ferro, com revestimento básico, especialmente indicado para soldagem em ferro fundido. Seu depósito não é usinável, tem aspecto idêntico ao metal base, portanto, enferruja.

Este eletrodo é largamente utilizado como camada de IMPERMEABILIZAÇÃO em recuperação de ferro fundido contaminado, onde a aplicação de um eletrodo a base de Ni não liga.

Quando aplicar AWS E - ST como base, é necessário completar a solda com o AWS E Ni Cl AWS Ni Fe Cl, para que haja a possibilidade de usar a camada final. Pode ser aplicado na técnica de soldagem a frio ou meio quente.

AWS E - ST tem vasto campo de aplicação em recuperação de carcaças, bases de máquinas, corpos de motores, morsas, braços de apoio, ressalvas, base de mancais, etc.

Apresenta boa soldabilidade, cordões de bom aspecto, isento de respingos e boa remoção de escória.

Características:

Análise Típica do depósito:	C	Si	Mn	
Valores Mecânicos do depósito:				
Resistência à Tração	Alongamento		Dureza	
400 a 450 MPa	>5%		Entre 330 e 480 HB	
É indicada para soldagem em toda as posições, menos a vertical descendente. Tipos de correntes que podem ser utilizadas: CA;CC+				
Características operacionais				
Ø	3/32" - 2,5mm	1/8" – 3,25mm	5/32" – 4,0mm	3/16" – 5,0
A	75 - 100	85 - 110	110 - 130	120 - 150

Remover impurezas. Para peças muito contaminadas, aquecer a 150°C até total remoção de sujeira.

Preparar chanfro para peças com espessuras acima de 5 mm em forma de simples "U" ou duplo " "

Ao aplicar este eletrodo ele deverá estar com corrente 10% acima do normal, a distância do arco média, isto favorece a deposição em forma de um "spray". É importante salientar que AWS E - ST não se presta para soldar e sim fazer uma camada impermeabilizante sobre ferro fundido contaminado.

Quando se busca uma união soldada, acima deste eletrodo se aplica depósitos com um eletrodo básico ligado ao CrNiMo, AWS Ni Fe Cl, AWS E NI Cl, (usináveis).

- . Material versátil que a indústria dispõe;
- . Propriedades não são semelhantes a de nenhum outro metal;
- . São ligas leves;
- . Boa resistência à corrosão e à tração;

. Aspecto bastante atrativo e é facilmente usinado e soldado.

O alumínio, depois do oxigênio e do silício, é o elemento mais difundido na natureza, aproximadamente de 7 a 18% da crosta terrestre é alumínio.

Alumínio

FABRICAÇÃO DO ALUMÍNIO

Processo de obtenção - Charles Martin Hall - Consiste na eletrólise de uma solução de alumina (Al_2O_3) em presença de criolita.

MATÉRIA PRIMA PARA OBTENÇÃO DO ALUMÍNIO

- Bauxita - quimicamente estáve l- Baux, na França (principal minério - contém maior % de Al);
- Leocita e
- Corindom.

PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO Al DA BAUXITA.

Bauxita - impurezas retiradas por refinação: TiO_2 - FeO_2 - Si - caolim.

Etapas de processo: extração da bauxita, lavagem com água, dissolução da bauxita em solda e sob pressão de vapor, calcinação da mistura para separar seu óxido (Al_2O_3), após separação do óxido, aplica-se eletrólise na presença de criolita para extrair o alumínio puro.

PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO ALUMÍNIO.

- Não magnético;
- Ponto de fusão $658^{\circ}C$;
- Densidade $2,7g/cm^3$;
- Resistividade elétrica $265 \text{ microhms} / \text{cm} (62\%)$;
- Condutividade térmica $0,486 \text{cm X Seg X } C^{\circ}$;
- Módulo de elasticidade $70 \times 10^{-4} / \text{cm}^2$;
- Resistência à tração $18 - 30 \text{Kg/mm}^2$.

Usado como desoxidante na fabricação de ferro e aço e fabricação de tintas. Não produz faiscamento - não tóxico.

Uso: nas indústrias: aviação, arquitetura, química, refrigeração, elétrica, trocadores de calor.

Formas Encontradas - Laminados - perfis - fios - tubos - rebites – peças fundidas ou forjadas.

LIGAS DE ALUMÍNIO.

A ASTM classifica em 4 dígitos XXXX, sendo o primeiro o elemento principal e ao outros caracterizam as diversas composições da liga.

<u>Símbolo</u>	<u>Elemento principal</u>	<u>Tratamento térmico</u>
1XXX	alumínio puro	não aceita
2XXX	cobre	aceita
3XXX	manganês	não aceita
4XXX	silício	aceita
5XXX	magnésio	não aceita
6XXX	magnésio + silício	aceita
7XXX	zinco	aceita
8XXX	outros	

Exemplos:

- 1050 Alumínio puro com 99.50 de Al.
- 3300 Alumínio Manganês.
- 6061 Alumínio Magnésio + Silício.

Alumínio puro se encontra em 3 condições: Espécie 99,5% Al, Grupo A; 99% Al e Grupo B 98 - 99% Al.

SÍMBOLOS UTILIZADOS PARA TRATAMENTO TÉRMICO DAS LIGAS DE AI

- O - Recozido ou têmpera branda.
- F - Como fabricado.
- W - Solução trat. termicamente.
- T3 - Solução trat. termicamente e laminados a frio.
- T4 - Solução trat, termicamente e envelhecimento natural até estável.
- T5 - Envelhecimento artificial.
- T6 - Tratada termicamente e envelhecimento artificial.
- T7 - Tratada termicamente e estabilizada.
- T8 - Tratada termicamente, laminada a frio e envelhecida artificialmente.
- T9 - Tratada termicamente, envelhecimento artificial e laminada a frio.
- T10 - Envelhecimento artificial e laminação a frio.

SOLDABILIDADE DO ALUMÍNIO

PROBLEMAS NA SOLDAGEM DO AI

1. Formação do Al_2O_3 - óxido de alumínio.
Ponto de fusão do Al_2O_3 - 2000 - 2030°C.
Ponto de fusão do Al - 658°C.
2. Dissipação térmica.
3. Precipitação de certos compostos pelo excesso de calor.
4. Não mudança de cor pelo aquecimento.
5. Baixo ponto de fusão do Al - 658°C.

PROCESSOS UTILIZADOS PARA SOLDAGEM DE ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

Oxiacetilênico

TIG

Eletrodos revestidos - AMER

MIG, outros.

DILUIÇÃO DE SOLDA - EFEITOS

Na soldagem de alumínio e suas ligas é importante, para se garantir propriedades mecânicas compatíveis com as exigências requeridas, observar o seguinte:

- A diluição depende do processo de solda a ser usada, preparação das bordas, espaço entre as bordas e procedimento de soldagem. Para se evitar trincas na solda, deve-se reduzir uma elevada diluição e equilibrar as tensões durante a soldagem. Também é importante usar consumíveis com elementos de liga, bem mais altos do que o metal base.

Exemplo: liga de Al 6061 se soldada com 6061 terá propensão a trincas, porém, se for soldada com 4043 (5% Si), não terá problemas.

Soldagem Oxiacetilênica: Indicada para espessuras até 5mm.

PROCEDIMENTO

1- Limpeza

- Solvente escova (remover gordura, óxidos, umidade e sujeiras, usar álcool ou acetona).

2- Chanfro

- De 0,8mm até 4,7 de topo sem chanfro.

3- Pré-aquecimento

- De acordo com a liga a ser usada e seu fluxo correspondente (usar técnica da chama).

4- Soldagem

- Usar varetas de alumínio puro - solda por fusão (AWS ER 1100);

- Varetas com 5% de Si - solda forte (AWS ER 4043);

- Varetas com 13% de Si - brasagem (AWS ER 4047) com fluxo correspondente e chama ligeiramente carburante.

Soldar movimentando o maçarico para evitar super-aquecimento e fusão do MB. Manter durante a soldagem a peça quente, para evitar dissipação térmica e roubo de calor da região de solda.

Usar acetileno puro.

5- Resfriamento lento e limpeza dos resíduos de fluxo, após a solda.

Cobre

CARACTERÍSTICAS DO COBRE:

- Metal vermelho;
- Dúctil;
- Ponto de fusão 1083°C;
- Densidade 8 a 9 gr/cm³;
- Excelente condutibilidade elétrica;
- Excelente condutibilidade térmica;
- Não magnético;
- Resistência a tração: 22 kg/mm² laminado e recozido;
- Forma liga com 1/3 dos 102 elementos;
- Fortemente oxidável.

Processo de obtenção do cobre

- Refino do minério cuprita;
- Eletrólise + fusão ou re-eletrólise

COBRE E SUAS LIGAS - SOLDABILIDADE

Cobre Puro

- **Usos:** energia elétrica, condução de energia térmica e construção civil.
- **Energia Elétrica** - Radar - outros equipamentos eletrônicos, ânodos para tubos a vácuo, fios, válvulas para controles eletrônicos, rotores, condutores para gerador, antenas, cabos flexíveis, cordões elétricos, ânodos para eletrodeposição e linhas telefônicas.
- **Condução de Energia Térmica** - Caldeirões para fábrica de doces, colméias, tanques de aquecimento, utensílios de cozinha, tubulações de vapor, tubos para evaporadores, junta para automóveis, arruelas, destiladores, alambiques, tanques e panelas para alimentos e refrigerador.
- **Construção Civil** - Tubo de água fria e quente, gás e instalações de aquecimento subterrâneo ou aparente, tanques reservatórios, aparelho de ar condicionado, telhados e fachadas e calhas para raios.

Cobre Eletrolítico

- 99,99% de cobre, isento de oxigênio.
- Excelente ductilidade, não sujeito a fragilidade.
- Excelente condutibilidade térmica e elétrica.

Cobre Eletrolíticos - 99,90% de cobre (0,05 a 0,08% de oxigênio), tenaz, 80% de capacidade para ser usado como condutor térmico e elétrico. O baixo teor de oxigênio facilita a reação com o hidrogênio que forma vapor e, conseqüentemente poros na solda. O oxigênio presente também precipita no contorno do grão do cobre, diminuindo a ductilidade do cobre.

Os elementos CO₂ e H₂ também são prejudiciais, pois o H₂ combina com o oxigênio formando vapor e resultando em poros.

Cobre Fundido - impuro - 99%; tenaz - impurezas (Au, Ag, Se, Te, Bi); desoxidado por fósforo (0,02 - 0,08% P) sem O₂.

Cobre com Arsênio

- Maior resistência a temperatura elevada (200 - 300°C). Baixa condutibilidade elétrica.

Processo de Obtenção do Cobre

- Refino do minério Cuprita, dissolução com HNO₃ formando CuNO₃ e
- Eletrólise + fusão ou Re - eletrólise - Cu puro.

Características do Cobre:

- Metal vermelho, dúctil, ponto de fusão 1083°C,
- Densidade 8 a 9g/cm³,
- Excelente condutibilidade elétrica, excelente condutibilidade térmica, não magnético, resistência à tração 22Kg/mm² laminado e recozido,
- Forma liga com 1/3 dos 102 elementos,
- Fortemente oxidável.

Formas Encontradas:

- Laminado - trefilado - extrudado, como fundido é péssimo, não preenche o molde.

Problemas na soldagem do Cobre Puro:

- dissipação térmica e formação de Cu₂O.

Algumas ligas com as três características mencionadas:

Ligas cobre prata (Ag 0,1%)

- Comutadores, componentes de máquinas elétricas, radiadores e colméias;

Ligas cádmio-prata (0,6 a 1,0% Cd)

- Eletrodos de solda por resistência.

Ligas cobre + cromo (0,5% Cr)

- Resiste ao amolecimento até 450°C.
- Usado como eletrodos em máquinas de solda a ponto.

Ligas cobre-telúrio (+ 0,5% de Te)

- Boa condutibilidade elétrica e usinabilidade. Boa resistência ao amolecimento.

Ligas cobre + berílio (Be 1 a 2%)

- boa resistência mecânica, elasticidade e fadiga.
- Uso: molas, diafragma e cabos flexíveis, ferramentas anti-faiscantes.

Ligas Cobre e Zinco (Latões): 85 a 95 Cu e 5 a 12 Zn (Tomback)

- Metal encontrado em tiras, chapas, fios, fins decorativos, bijouterias. Cor amarela ou vermelha.
- 70-30 Zn (estampagem profunda): Quando recozida, apresenta ductilidade.
- 70-30 Zn + 1% Sn (latão almirantado). Boa resistência à corrosão por água salgada. Indicado para tubos condensadores de navios.
- 76-22 Zn + 2% Al (latão alumínio). Boa resistência à água salgada. Desenvolve uma película protetora que resiste à abrasão por areia.

- 60-40 Zn (metal Muntz); trabalho a quente. Apresentado na forma de vergalhões laminados, perfis extrudados. Usado em moldes de areia.
- 60-40 Zn (latão de fácil usinagem) - Pb 0,5 a 3,5%: Para peças que sofrerão usinagem.
- 60-4- Zn + Al + Mn + Fe + Ni (latão de alta resistência): Pode ou não ter todos os elementos.

PROCESSO DE SOLDAGEM DOS LATÕES.

Em virtude da queima do zinco, quando a liga é levada à fusão, o melhor processo para soldar é brasagem.

No processo brasagem, usualmente é recomendado ligas de prata com o respectivo fluxo.

Outros processos poderão ser usados, dependendo do tipo de latão. No processo arco elétrico com eletrodos revestidos, é possível soldar com consumíveis da classe AWS E Cu Sn C ou, ainda, AWS E Cu Al A2 ou E Cu Ni Al.

Em juntas, onde se requer chanfro, recomenda-se usar sempre em forma de U para diminuir o contato com cantos vivos, onde aumenta a participação do metal base na fusão com o metal de adição e, conseqüentemente queima do zinco.

No processo TIG é possível usar varetas da classe AWS ER Cu Sn A, ER-Cu Al A1.

O uso de varetas de latão AWS ER Cu Zn A pelo processo oxiacetilênico, queima muito o zinco e, conseqüentemente, aparecerão trincas; no processo TIG é possível, porém, não é o melhor sistema.

No latão com adição de Pb, não se recomenda soldar, a não ser por brasagem com ligas de prata.

No latão almirantado, com Sn, e latão com alumínio, também o uso de ligas tipo AWS E Cu Sn C ou AWS E Cu Al A2 são indicadas no processo eletrodos revestidos.

LIGAS DE BRONZES

Cobre + Estanho ou Cobre + Al, Cobre + Mn ou Be = Bronzes.

Bronze comum – 1 a 11 de Sn - São ligas usadas como anti-fricção: corpo de bombas, engrenagens, mancais, etc;

Bronze fosforoso - com 0,04% P são normalmente bronzes ao estanho de fósforo que aumenta a resistência ao desgaste friccional.

BRONZES FUNDIDOS

- 90 - 10 Sn com 0,05 P para mancais.
- 80 - 20 Sn - para sinos de igrejas - duro e quebradiço.
- 85 - 10 Sn - 2% Zn - para fins navais.
- 87 - 9 Sn e 1 Pb - fácil fundição e boa usinabilidade, estanqueidade e resistência à corrosão.

Adições: Sb - melhora resistência ao desgaste por fricção dos bronzes e Ni - quando adicionado, melhora resistência à corrosão, tração, corte e evita segregação do Pb.

Bronze alumínio (5 a 15% Al)

- com ou sem adição de Fe-Ni-Mn e Si.

Boa resistência à corrosão por água salgada, H_2SO_4 , cavitação, desgaste friccional. A formação do Al_2O_3 dá o bronze Al excelentes propriedades.

Ligas com (8% Al)

- indicadas para trabalhos a frio. Tratamento térmico, amolece.

Ligas com (10% Al)

- deformação a quente. Usos: cremalheiras, pinça para porta eletrodo, garfos de caixa de mudança.

Bronze berílio (1 a 2,5 Be)

- liga de alta resistência à fadiga.

Bronze silício (1 a 3,25% Si)

- liga de alta resistência à tração e corrosão.

OUTRAS LIGAS DE COBRE.

Alpacas: Cobre + zinco + níquel (3 a 10% Ni, 55 a 63% Cu e resto zinco). Uso: molas de equipamentos de contato, resistência elétrica, etc.

Mailshort: Cobre - Níquel. Ligas Cu + Ni 3% - melhores propriedades mecânicas.

- boa resistência à corrosão por água poluída. Usada em instrumentos marítimos.

Ligas Cu + 20 a 30% Ni: Com ou sem Fe - boa ductilidade e resistência à corrosão mecânica.

Uso: tubos condensadores marítimos.

Ligas Cu + 40 a 60 Ni:

- arames para resistência elétrica.

-

Ligas Ni + Co ou Fe:

- liga magnética, uso: imã permanente.

PROCESSO DE SOLDAGEM DOS BRONZES EM GERAL.

SOLDAGEM COM PROCESSO OXIACETILÊNICO

É muito usado no sistema brasagem ou solda braseada, quando requer reparo. Peças de bronzes em geral, quando se necessita soldar, sempre ocorre no campo da solda de manutenção e dificilmente como partes a unir. Assim sendo, é comum se brasar com ligas à base de prata ou mesmo usar alpacas ou latões.

É possível para alguns casos usar varetas do próprio metal base, salvo para bronze alumínio e bronze berílio. O Al_2O_3 dificulta a soldagem do bronze alumínio, em virtude do alto ponto de fusão.

SOLDAGEM COM PROCESSO ARCO MANUAL - ELETRODOS REVESTIDOS

Corrente contínua pólo positivo. Eletrodos deverão estar bem secos para evitar porosidade. É muito importante o pré-aquecimento, que pode ser até 600°C, dependendo da espessura da peça. Os eletrodos indicados são: Bronze ao estanho - AWS E Cu Sn A ou C e bronzes alumínio - AWS E Cu Al Al, E Cu Al B ou E Cu Ni Al. Para outros tipos de bronzes não há eletrodo específico, porém, os E Cu Ni Al, poderão ser usados.

SOLDAGEM COM PROCESSO TIG

É um dos processos mais usados para ligas de cobre, especialmente bronzes. Solda-se com os seguintes equipamentos: fonte CC (-), tocha com eletrodo de tungstênio, para melhores resultados ligados com zircônio ou tório, gás argônio ou hélio e varetas de acordo com o tipo de metal base.

Ex: bronze ao estanho - usar varetas AWS ER Cu Sn A (4 - 6% Sn).

bronze alumínio - usar varetas AWS ER Cu Al A1, ER Cu Al.

O pré-aquecimento se faz necessário, se não quiser demorar para iniciar a solda, caso contrário,

Pode-se soldar com pré-aquecimento do próprio arco (tocha).

É um processo muito usado especificamente em revestimento de peças ferrosas com bronze alumínio. A grande vantagem deste “Cladding” é que o lado revestido tem elevada resistência aos desgastes por fricção, corrosão por água do mar e cavitação.

Os equipamentos são os seguintes:

- fonte CC+; tocha refrigerada; gás argônio ou hélio.

Neste processo o pré-aquecimento é necessário, 600°C a 800 °C.

São usados os seguintes tipos de arames:

AWS ER Cu Sn A (bronze ao estanho)

ER Cu Al A1

ER Cu Al A2

Er Cu AL A3

Obs: Os bronzes ligados ao chumbo são como o latão, de difícil soldabilidade por fusão (arco elétrico em geral).

O motivo é a queima do Pb que, por ter um baixo ponto de fusão e também se encontrar sempre segregado quando em elevadas porcentagens, perde-se durante a soldagem, criando porosidades dentro do cordão depositado. É lógico que isto diminui as propriedades mecânicas da solda.

A soldabilidade destas ligas é parecida com o latão, ou seja, somente são soldados com brasagem por ligas de prata. Como estas são muito difíceis de se encontrar na indústria, especificamente são usadas para armações de óculos, instrumentos eletrônicos, molas de reles, instrumentos marítimos, etc.: portanto, não há preocupação quanto aos processos arco elétrico, pois, brasagem atende às solicitações mecânicas do metal base em questão.

As ligas moles, também conhecidas como fracas, são largamente utilizadas nas soldagens de cobre e suas ligas, porém a resistência a tração é baixa, não ultrapassando a 8 kg/mm²; o ponto de fusão nunca é superior a 220°C. São ligas que podem ser aplicadas em chapas finas, até com os chamados “ferro de soldar”.

Defeitos da Soldagem

Mesmo o trabalho de um bom soldador está sujeito a apresentar defeitos. Às vezes, eles são visíveis durante o trabalho. Outras, eles só podem ser detectados por meio dos ensaios destrutivos e não destrutivos, ou seja, aquelas análises feitas com o auxílio de aparelhos especiais e substâncias adequadas, após a soldagem.

Para facilitar seu estudo, colocamos esses dados na tabela a seguir, que apresenta uma lista de alguns problemas mais comuns na soldagem ao arco elétrico, suas possíveis causas e modos de preveni-las.

Tipo de descontinuidade	Causas	Prevenção
Superfície irregular	<ol style="list-style-type: none"> Escolha do tipo de corrente/ polaridade errada. Amperagem inadequada. Utilização do eletrodo úmido / de má qualidade. Manuseio incorreto. 	<ol style="list-style-type: none"> Verificar as especificações do eletrodo. Ajustar a amperagem. Ressecar os eletrodos segundo recomendações do fabricante / trocar p/outros de melhor qualidade. Aprimorar o manuseio do eletrodo.
Mordedura ou falta de fusão na face	<ol style="list-style-type: none"> Amperagem muito alta. Arco muito longo. Manuseio incorreto do eletrodo. Velocidade de soldagem muito alta. O arco apresenta sopro lateral (sopro magnético) Ângulo incorreto do eletrodo. Eletrodo com revestimento excêntrico. 	<ol style="list-style-type: none"> Diminuir a amperagem fornecida pela máquina de solda. Encurtar o arco, aproximando o eletrodo da peça em soldagem. Melhorar o manuseio do eletrodo depositando mais nas laterais. Diminuir a velocidade de soldagem, avançando mais devagar. Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético, principalmente próximo aos extremos da junta. Modificar a posição da garra do cabo de retorno. Evitar ou modificar a posição dos objetos facilmente magnetizáveis.

		<ol style="list-style-type: none"> 5. Mudar a fonte de energia p/ corrente alternada (use um transformador). 6. Inclinar o eletrodo no ângulo correto. 7. Trocar o eletrodo.
Poros visíveis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilização de eletrodos úmidos. 2. Ponta de eletrodo danificado (sem revestimento). 3. Em C.C., polaridade invertida. 4. Velocidade de soldagem muito alta. 5. Arco muito longo. 6. Amperagem inadequada. 7. Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado. 8. Manuseio inadequado do eletrodo na posição vertical ascendente. 9. Irregularidade no fornecimento de energia elétrica. 10. Preparação inadequada da junta. 11. Metal de base impuro ou defeituoso. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usa somente eletrodo secos, 2. Utilizar somente eletrodos perfeitos. 3. Inverter a polaridade na máquina de solda. 4. Diminuir a velocidade de soldagem 5. Diminuir o comprimento do arco elétrico, aproximando o eletrodo da peça. 6. Ajustar a amperagem da máquina para o intervalo recomendado pelo fabricante para o tipo e bitola do eletrodo em questão. 7. Limpar o metal de base por meios apropriados, antes da soldagem. 8. Executar a movimentação adequada com tecimento lento e compassados, mantendo o arco elétrico constantemente curto. 9. Dimensionar a rede adequadamente. 10. Obter uma fresta constante e dentro dos limites da posição de trabalho. 11. Rejeitar o metal de base.
Inclusão de escória visível	<ol style="list-style-type: none"> 1. Não remoção da escória do passe anterior. 2. Chanfro irregular. 3. Chanfro muito estreito. 4. Manuseio incorreto do eletrodo. 5. Sobreposição errada dos passes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remover a escória do passe anterior antes de reiniciar a soldagem. 2. A preparação das bordas deve sempre ser realizada de maneira a obter paredes lisas sem falhas. 3. Aumentar o ângulo do chanfro. 4. Movimentar o eletrodo de forma a impedir que a escória passe à frente da poça de fusão (aumentar a velocidade de soldagem

	<ol style="list-style-type: none"> 6. Amperagem baixa. 7. Velocidade de soldagem muito alta. 	<p>e diminuir o ângulo de ataque).</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Evitar mordeduras laterais onde a escória é de difícil remoção, realizar passe de raiz o mais largo possível com transição suave com o metal de base. 5. A seqüência dos passes deve ser tal que evite a formação de bolsas de escória. 5. Não soldar sobre passes de grande convexidade. 6. Aumentar a amperagem. 7. Diminuir a velocidade de soldagem.
Respingos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Amperagem muito elevada. 2. Arco muito longo. 3. Em C.C. polaridade invertida. 4. Arco com sopro magnético. 5. Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado. 6. Utilização de eletrodo úmido de má qualidade. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuir a amperagem da máquina. 2. Encurtar o arco, aproximando o eletrodo da peça em soldagem. 3. Inverter a polaridade na fonte de energia. 4. Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético, principalmente próximo aos extremos da junta. 4. Modificar posição da garra do cabo de retorno. 4. Evitar e modificar a posição dos objetos facilmente magnetizáveis. 4. Mudar a fonte de energia para corrente alternada (usar um transformador). 4. Aquecer a peça quando existe um membro da junta mais espesso que o outro. 5. Limpar o metal de base, eliminando poeiras, óleos, graxas, tintas, oxidação etc. 6. Secar os eletrodos, segundo as recomendações do fabricante. 6. Trocar os eletrodos por outros de melhor qualidade.
Falta de penetração ou falta de fusão na raiz	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de eletrodo de diâmetro muito grande impedindo sua descida até a raiz. 2. Fresta muito 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar eletrodo de maior diâmetro ou eletrodo de revestimento mais fino. 2. Ser caprichoso na preparação da junta a soldar; realizar a montagem respeitando sempre a fresta mínima em função do chanfro

	<p>pequena ou mesmo inexistente; fresta irregular.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Presença de nariz ou nariz muito grande. 4. Falha no manejo do eletrodo. 5. Ângulo de ataque incorreto, principalmente com eletrodos básicos. 6. Falta de calor na junta. 7. Penetração da escória, entre os dois membros da junta na região da raiz impede uma fusão completa dos materiais. 8. Alta velocidade de soldagem. 	<p>e da posição de soldagem.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Procurar tomar a fresta a mais constante possível, através de um ponteamto adequado 3. Verificar se é realmente necessária a existência de nariz. 3. Procurar tornar o nariz o mais constante possível, e sempre menor do que o máximo permitido para o tipo de chanfro e posição de soldagem definidos 4. Dirigir sempre o arco elétrico de modo a aquecer apropriadamente ambas as bordas do chanfro. 4. Realizar as retornadas / reacendimentos de forma correta. 4. Realizar a retomada/reacendimentos de forma correta 5. Utilizar o ângulo adequado. 6. Aumentar a amperagem se ela estiver baixa. 6. Usar eletrodo de maior diâmetro, se o material for espesso. 6. Diminuir a velocidade de soldagem. 6. Pré-aquecer a peça de trabalho, se ela estiver fria. 6. Soldar em posição vertical ascendente. 7. Movimentar o eletrodo de forma a impedir que a escória passe da poça de fusão. 8. Diminuir a velocidade de soldagem.
Mordedura na raiz	<ol style="list-style-type: none"> 1. Amperagem muito alta. 2. Arco muito longo. 3. Manuseio incorreto do eletrodo. 4. Velocidade de soldagem muito alta. 5. Sopro magnético. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuir a amperagem fornecida pela máquina de solda. 2. Encurtar o arco. 3. Melhorar o manuseio do eletrodo. 4. Diminuir a velocidade de soldagem, avançando mais devagar. 5. Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético. 5. Modificar a posição da garra do cabo de

		retorno. 5. Evitar ou modificar a posição dos objetos 5. Mudar a fonte de energia para corrente alternada (usar um transformador).
--	--	--

Trincas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Soldagem defeituosa, contendo inclusões de escória, falta de penetração, mordeduras, etc. 2. Cratera final com mau acabamento. 3. Calor excessivo na junta causando excesso de contração e distorção. 4. Metal de base sujo de óleo, tintas ou molhado. 5. Trincas devido ao ponteamto franco 6. Cordão de solda muito pequeno (particularmente passe de raiz ou de filete). 7. Teor de enxofre alto no metal de base. 8. Têmpera da zona termicamente afetada. 9. Fragilização pelo hidrogênio. 10. Projeto de junta adequado. 11. Montagem muito rígida. 12. Tensões residuais muito elevadas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Soldar corretamente evitando a descontinuidade. 2. Interromper a soldagem de forma adequada, fazendo com que a extinção da arco ocorra sobre o passe recém executado. 3. Reduzir a corrente ou a tensão ou ambas, aumentar também a velocidade de soldagem. 4. Limpar ou secar o metal de base. 5. Efetuar o ponteamto com metal de adição adequado, corretamente dimensionado em tamanho e freqüência. 5. Remover as soldas de fixação à medida que o trabalho for progredindo. 5. Nos casos possíveis executar o ponteamto do lado que não será executada a soldagem. 5. Substituir o ponteamto por outro sistema de fixação (“cachorros”, “batoques”, “pontes”, etc.). 6. Reduzir a velocidade de soldagem, o cordão deve ter uma secção transversal suficientemente robusta para suportar os esforços a que estará submetido. 7. Utilizar eletrodos com manganês alto. 7. Usar arco mais curto para minimizar a queima do manganês. 7. Ajustar o chanfro de modo a permitir adequada diluição e utilização do eletrodo. 7. Alterar a seqüência de passes de forma a reduzir a restrição da solda no resfriamento. 7. Mudar o material a fim de obter adequada relação % Mn / %S. 8. Fazer pré-aquecimento para retardar o resfriamento. 8. Usar eletrodos ressecados conforme recomendações do fabricante. 9. Remover contaminação (óleos, umidades, etc.).
---------	--	--

		<p>9. Manter a solda a temperatura elevada por um período longo para permitir a saída do hidrogênio através da difusão (pós aquecimento).</p> <p>10. Preparar os chanfros com dimensões adequadas.</p> <p>11. Escolher uma seqüência de soldagem que acarrete as menores tensões possíveis na junta.</p> <p>11. Controlar a distribuição de calor na peça de trabalho, aquecendo-a ou resfriando-a em todo ou em partes.</p> <p>12. Usar tratamento térmico de alívio de tensões.</p>
--	--	---

Higiene e Segurança

Como todas as técnicas de soldagem elétrica, o processo com eletrodo revestido oferece um número de perigos ocupacionais bastante sérios. É responsabilidade do projetista da fonte limitar a tensão em aberto a um mínimo praticável, promover o isolamento interno adequado e garantir contra o superaquecimento sob as condições previstas de uso.

Dispositivos para locomoção manual e para içamento do conjunto devem ser também previstos pelo projetista.

É responsabilidade do usuário certificar-se de que a ligação ao suprimento elétrico está efetuada corretamente por um técnico eletricista qualificado. É necessário que a fonte seja aterrada através de um único terminal, que deverá ser utilizado somente para este fim, para que nenhuma parte exposta venha a ser acidentalmente energizada. No caso de fontes geradoras, todas as partes expostas, que não conduzam corrente intencionalmente, devem ser interconectadas entre si. Quando a instalação engloba mais de uma fonte monofásica, é necessário distribuir as unidades em partes diferentes de suprimento da rede trifásica, para balancear a demanda de corrente entre as fases da rede.

Ambos os cabos de interligação devem ser dimensionados corretamente para a aplicação pretendida. Quaisquer conexões no circuito de solda devem ser realizadas antes da ligação da fonte, executando-se somente as operações de troca de eletrodos. O isolamento elétrico de todos os cabos deve ser sempre garantido, devendo-se realizar no mínimo uma inspeção visual antes da soldagem. Cabos danificados devem ser trocados.

O cabo terra deve sempre ser o mais curto possível e da mesma especificação que o cabo do porta-eletrodos. Partes estranhas como tiras metálicas, tubos ou qualquer outra ligação metálica, além do próprio cabo, não devem ser utilizadas. A pinça de contato deve estar o mais próximo do chanfro de solda. Tanto o eletrodo como a peça a ser soldada não deverão estar conectados ao cabo terra da rede; sempre que possível, a peça deverá ser aterrada em uma ligação independente e isolada de qualquer contato com terminais energizados ou outros aterramentos.

Deve-se observar que, quando vários operadores estão conectados à mesma peça como ocorre com frequência na soldagem de grandes componentes, a tensão resultante entre dois porta-eletrodos pode ser o dobro da tensão em aberto para cada fonte, aumentando o risco de eletrocussão.

Onde esta configuração seja impossível de ser eliminada, através do uso de uma única fonte, todos os soldadores devem ser avisados e precauções especiais devem ser implementadas.

Uma desvantagem deste processo é o volume de fumos gerado, um dos maiores entre todos os processos de soldagem. Fumos são originados da decomposição do revestimento, da vaporização de elementos metálicos e da decomposição de impurezas superficiais no metal-base.

Em geral, os vapores metálicos devem ser encarados como potenciais ameaças à saúde, sendo necessária a instituição de regulamentação legal. Há suspeitas, por exemplo, da ação cancerígena do cromo hexavalente (Cr VI), liberado a partir e proporcional ao teor de cromo no metal-base e no consumível. Outro exemplo de aplicação problemática é a soldagem de ligas de cobre, particularmente quando elas incluem elementos como berílio, cádmio, prata, zinco e chumbo. A ventilação é uma das condições essenciais para a minimização de absorção desses fumos pelos soldadores.

Segundo critérios norte-americanos, uma ventilação forçada é requerida quando o volume de ar é inferior a 350 m³ para cada soldador, ou o ambiente é aberto e há ventilação natural cruzada, ou a altura do pé-direito é inferior a 5 m.

Em ambientes confinados, máscaras vedadas com suprimento individual de ar ou unidades independentes de respiração são requeridas.

Do ponto de vista de consumíveis, considera-se essencial também a instituição de legislação para obrigar a inclusão de critérios de higiene segurança nas embalagens, com ênfase na menção sobre a presença de elementos perigosos e nos limites de exposição aplicáveis. Complementarmente, esforços devem ser realizados para desenvolver e implementar as tendências internacionais em consumíveis com baixa emissão de fumos, através da reformulação dos revestimentos.

Solda elétrica

Todos aqueles que estão em contato permanente com os trabalhos de solda elétrica e com seus operadores, estão habituados a ouvir queixas constantes, com referência aos perigos e males causados pelo arco.

Duas são as queixas mais importantes e freqüentes. A primeira refere-se ao enfraquecimento dos pulmões, que traz, como conseqüência, a pneumonia e a tuberculose, doenças, essas motivadas pêlos gases emitidos pelo arco, e a segunda, à perda da potência sexual, devida aos raios infravermelhos e ultravioleta do arco.

Conforme se sabe, os ingredientes que tomam parte na execução de uma solda pôr meio do arco voltaico, são: eletricidade, calor, luz, material a ser depositado, material básico, escória e finalmente, os gases provenientes da escória e do arco.

Assim sendo, para melhor compreensão, dividimos os inconvenientes ou perigos, em cinco partes principais:

- 1) perigos provenientes da irradiação do arco;
- 2) perigos de ordem respiratória;
- 3) perigos de ordem calorífica;
- 4) perigos de ordem elétrica;
- 5) perigos de ordem mecânica.

Perigos provenientes da irradiação do arco

O arco elétrico produz uma emissão intensa de luz calorífica e raios ultraluminosos, ultravioleta e infravermelho. Se observarmos o arco voltaico com a vista nua, ou seja, sem a devida proteção, esses raios causarão nela uma irritação conhecida pelo nome de conjuntivite catarral aguda, cujos primeiros sintomas são idênticos aos produzidos pôr grãos de poeira ou areia quando entram na vista, além disso, provocam na pele o que vulgarmente se chama de insolação, isto é, queimaduras idênticas às produzidas pôr excesso de exposição à luz solar intensa.

Como meio de proteção para o corpo, deve-se usar avental e luvas de couro; quanto à vista, é necessário uma máscara manual ou de capacete, com uma janela-visor coberta com um vidro escuro especial e um outro branco comum. Esse vidro escuro tem pôr finalidade:

Impedir que os respingos de solda atinjam a vista do operador.

Absorver os raios ultravioletas e infravermelhos.

Diminuir a intensidade dos raios luminosos, de maneira que a luz do arco não seja ofuscante, evitando assim a irritação e o cansaço da vista.

Perigos de ordem respiratória

A atmosfera ambiente, ao redor de um posto de solda, é perfeitamente respirável, não trazendo más conseqüências, quer instantâneas, quer retardatárias ao organismo do profissional.

Ao serem soldadas, porém, peças oxidadas, pintadas ou cobertas de óleo, produzem-se gases tóxicos, altamente perigosos, independentemente de ser a solda a arco voltaico ou oxiacetilênica. As peças nessas condições devem, portanto, ser limpas, antes de serem soldadas.

Perigos de ordem calorífica

Apesar de se saber perfeitamente que a temperatura do arco voltaico atinge cerca de 3.500°C, não existe a possibilidade de o profissional ser queimado, pois quando o arco está aberto ou acesso, nenhuma parte do corpo está em contato com ele.

Ao fundir-se o eletrodo, provoca, muitas vezes, o lançamento de pequenas partículas de metal incandescente (respingos) as quais poderiam atingir as mãos e o corpo do profissional, queimando-o, para evitar é que se torna necessária a proteção com avental, luvas de couro ou amianto.

Perigos de ordem elétrica

Comumente se diz que o maior ou menor perigo da corrente elétrica varia segundo a sua maior ou menor tensão. Essa idéia é de certa maneira errônea, pois as correntes de baixa tensão afetam o coração, e as de alta tensão atuam sobre os órgãos respiratórios, podendo até paralisá-lo.

No entanto, no caso da solda a arco, este perigo praticamente não existe, porquanto a peça a ser soldada está sempre ligada ao pólo de retorno, isto é, “a terra”, e o profissional trabalha sempre com luvas, as quais são um isolante regular.

Deve-se tomar cuidado em não tocar com as mãos desprotegidas, ou com as luvas molhadas, no porta-eletrodo, na parte não isolada, ou nos cabos condutores, estando os mesmos mal isolados..

Perigos de ordem mecânica

Ao usar eletrodos revestidos deposita-se sobre o cordão de solda uma camada de substâncias vitrificadas, conhecidas vulgarmente pôr escória.

Ao martelar-se o cordão de solda, a escória parte-se projetando partículas em todas as direções, e se, pôr acaso, alguma dessas partículas atingir a vista, poderá provocar graves lesões.

O uso de óculos protetores, munidos de vidro branco a prova de respingos, ou óculos metálicos ventilados, elimina esse perigo.

Em conclusão, a solda a arco voltaico não apresenta perigos ou inconvenientes se forem observadas as precauções elementares, que assim se podem resumir:

Não soldar sem máscara, avental, luvas e polainas de couro ou amianto, observando sempre se os vidros da máscara estão perfeitos e, no caso de algum defeito, trocá-los imediatamente.

Não trazer consigo objetos de celulóide ou de qualquer outro material facilmente inflamável.

Nunca retirar escória do cordão de solda sem o uso de óculos ou máscara protetora.

Colocar um só profissional em cada cabina de solda, pintada com tinta que não reflita a luz do arco.

Dar ao profissional um descanso de 10 minutos para cada hora de trabalho.

Fornecer ao profissional meio litro de leite, após quatro horas de trabalho, a fim de desintoxicar o organismo, caso algum gás tóxico tenha sido absorvido em grande quantidade.

No caso de a vista ter sido afetada pelo arco voltaico, deve-se tratá-lo com adrenalina levemente cocainizada, ou com colírio de boa qualidade.

Check-list de utilização das normas de segurança na execução de solda ao arco elétrico

PROCEDIMENTOS

Local: Setor próprio para solda.

- Inspecionar a máquina de solda.
- Verificar cabos elétricos e extensão.
- Ligar e verificar o funcionamento.
- Regular voltagem/amperagem conforme peça a ser soldada e eletrodo.
- Verificar o porta eletrodo.
- Verificar o terminal do terra
- Fazer a inspeção do local para comprovação da inexistência de materiais combustíveis e inflamáveis no local
- Selecionar e inspecionar os EPI's:
 - *máscara/capacete/óculos de segurança.
 - *vidro protetor.
 - *luva, avental, manga (mangotes), perneiras
 - *calçado próprio
 - *respirador
- Utilizar os EPI's necessários:
 - *Ligar exaustor.
 - *Iniciar a soldagem
 - *Terminar a soldagem
 - *Desligar a máquina de solda
 - *Inspeccionar e fazer a limpeza dos EPI's.
 - *Guardar os EPI's.
 - *Verificar se na área não há possíveis focos de incêndio ou materiais em queima incipiente após trabalho executado.

Check-list de utilização das normas de segurança na execução de solda ao arco elétrico

PROCEDIMENTOS

Local: Fora do setor de solda

- Inspecionar a máquina de solda.
- Fazer o transporte da máquina até o local da execução do serviço.
- Verificar cabos elétricos e extensão.
- Não deixar cabos elétricos e máquinas em locais sujeitos a umidade.
- Fazer ligações e conexões necessárias.
- Fazer aterramento.
- Ligar e verificar o funcionamento.

- Verificar o sentido de rotação do ventilador.
- Regular voltagem/amperagem conforme peça a ser soldada e eletrodo.
- Verificar o terminal do terra.
- Fazer a inspeção do local para comprovação da inexistência de materiais combustíveis e inflamáveis no local.
- Colocar a máquina de solda em local demarcado e sinalizado
- Selecionar e inspecionar os EPI:
 - *máscara/capacete/óculos de segurança.
 - *vidro protetor.
 - *luva, avental, manga (mangotes), perneiras.
 - *calçado próprio.
 - *respirador
- Utilizar os EPI's necessários
- Verificar a necessidade de ventilação no ambiente
- Verificar a necessidade de utilização de biombos
- Iniciar a soldagem
- Terminar a soldagem
- Desligar a máquina de solda
- Inspecionar e fazer a limpeza dos EPI's
- Guardar os EPI's
- Verificar se na área não há possíveis focos de incêndio ou materiais em queima incidente após trabalho executado
- Fazer o desligamento dos cabos elétricos e extensão
- Guardar a máquina de solda, cabos elétricos e extensão
- Fazer a limpeza da área, se desfazendo dos restos(sobra) de eletrodo.

Check-list de utilização das normas de segurança na execução de solda/corte em recintos fechados

PROCEDIMENTOS

Exigir que sejam instalados no interior dos tanques alguns exaustores ou ventiladores. Abrir todas as janelas e portas existentes para uma ventilação ou exaustão adequada, a fim de que a concentração de gases explosivos fiquem abaixo dos limites de tolerância.

Liberar o serviço de solda, somente depois de ter certeza que não existe risco de explosão.

retirar as mangueiras par fora do recinto onde está sendo realizada a solda, em intervalo de descanso, ou por um tempo determinado.

Usar transformador de 220/380v para iluminação dentro de recintos fechados.

Não usar cabos elétricos com isolamento danificado ou em mau estado.

Fazer uso de máscara com respirador contra gases e mascara de solda manual, caso seja necessário procurar o supervisor imediato.

Equipamento de proteção individual

Antes de utilizar um eletrodo é preciso examinar a embalagem do eletrodo e o próprio eletrodo.

O equipamento básico de proteção para o soldador é composto de luvas, avental, casaco ou jaleco, mangas e polainas. Esse equipamento é utilizado para proteger o corpo contra radiações e faíscas provocadas por soldagem ou corte.

O material adequado para essa vestimenta de proteção deve ser raspa de couro, que não se inflama com facilidade e protege do calor.

Recomenda-se que a vestimenta de proteção esteja sempre livre de graxa ou óleo para evitar combustão. Também punhos e golas devem estar abotoados para impedir que respingos e faíscas arremessados durante a soldagem ou corte possam ferir o soldador.

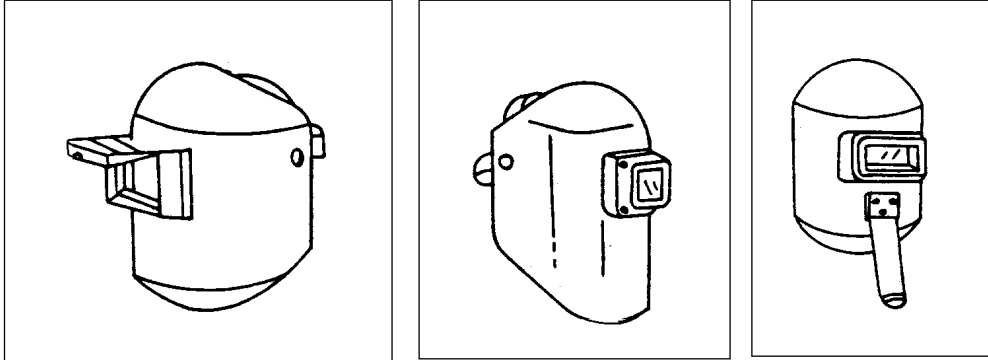
Outro item muito importante que faz parte da vestimenta do soldador são as luvas, usadas nas duas mãos. As luvas protegem contra queimaduras originadas pelas radiações emitidas pelo arco elétrico, e também evitam choques, quando houver contato com uma peça nua sob tensão, como no caso de troca de eletrodos.

Para trabalhos sob altas temperaturas usam-se as luvas de amianto e para trabalho sob temperaturas mais baixas, luvas de couro ou outro material resistente.

Outra parte importante do equipamento de proteção individual são os capacetes e máscaras ou escudos. As máscaras ou escudos são indispensáveis, não só para o soldador mas também para os que trabalham como auxiliares do soldador nas operações de montagem de peças.

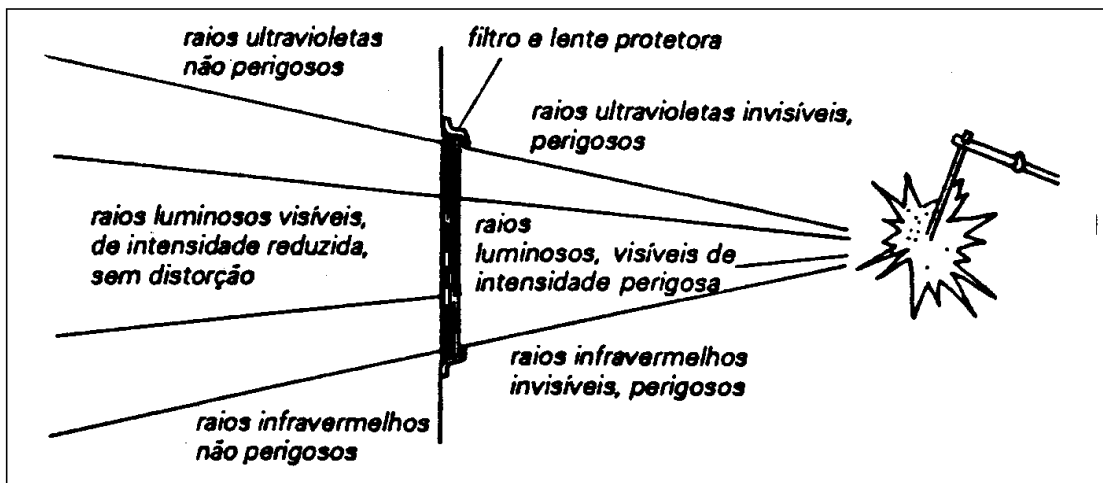
Os capacetes e máscaras ou escudos protegem o rosto, pescoço e olhos contra as radiações emitidas pelo arco e contra os salpicos de solda. Esses equipamentos são fabricados com materiais resistentes, leves, isolante térmico e elétrico, não combustível e opaco. Tanto capacetes e máscaras quanto óculos devem ser desinfetados periodicamente com lisofórme.

Os capacetes e máscaras ou escudos possuem uma abertura ou janela, na altura dos olhos, com filtros e lentes protetoras colocados de modo a serem facilmente substituídos.



A máscara deve ser segurada com uma das mãos, o que limita, de certo modo, o trabalho do soldador, por isso o capacete é preferível, uma vez que deixa as mãos livres.

Os filtros, tanto das máscaras quanto dos capacetes, têm a função de proteger os olhos dos raios infravermelhos e ultravioletas emitidos pela radiação. Esses filtros são de cor escura para diminuir a intensidade de luz e não cansar os olhos. Veja na figura a seguir a ação do filtro.

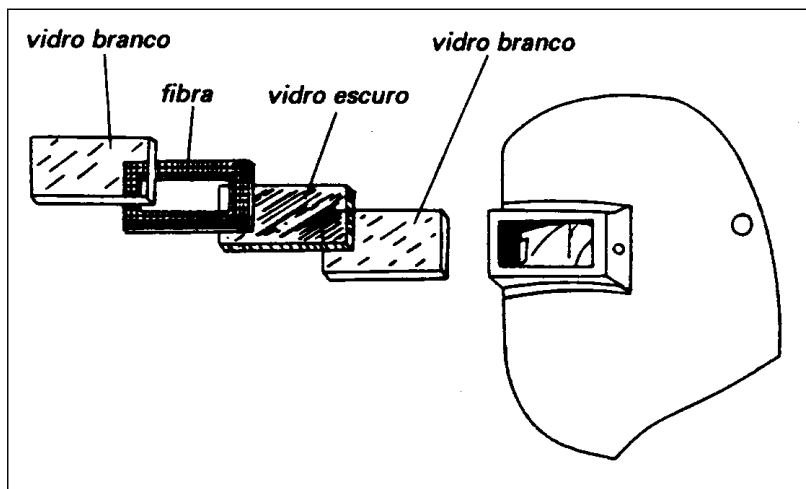


Os filtros são identificados por um número a fim de que possam ser escolhidos de acordo com o tipo de soldagem ou corte a ser feito. O número é tanto maior quanto maior for a proteção oferecida. O uso de um filtro com número acima do necessário, embora permita maior proteção, dificulta a execução do trabalho pois a visualização fica prejudicada. Portanto, é preciso escolher o filtro adequado a cada tarefa. Veja uma tabela de seleção de filtros.

Tabela: Seleção de filtros de proteção

Processo/ Operação de soldagem	Sugestão para o nº de filtro (vidro protetor)
Eletrodo revestido - Ø eletrodo até 5/32" (4mm)	10
Eletrodo revestido - Ø eletrodo de 3/16" até 1/4" (de 4,8 até 6,4mm)	12
Eletrodo revestido - Ø eletrodo acima de 1/4" (6,4mm)	14

Os vidros protetores são utilizados para resguardar o filtro dos respingos de soldagem e arranhões. São transparentes e devem ser colocados de modo que o filtro fique entre eles como mostra a figura abaixo.



Choque elétrico

O choque elétrico pode ser definido como uma perturbação do organismo ao ser percorrido pela corrente elétrica. Os fatores que influenciam os efeitos do choque elétrico são: o percurso da corrente, em que os efeitos são mais sérios se o percurso incluir o coração ou os centros nervosos cerebrais; a forma e a frequência da corrente, pois a corrente alternada tende a ser mais perigosa, assim como a frequência de 60Hz;

a duração do contato, ou seja, o tempo de exposição ao choque; a intensidade da corrente é o fator decisivo, ou seja, a intensidade da corrente que percorre o corpo, dada pela lei de Ohm.

É fácil ver como o ser humano é vulnerável se estiver com a pele molhada ou suada. Admitindo-se 25mA como uma corrente de alto risco, e tomando uma resistência total de 1500 Ohms, observa-se que $V = R \cdot I \longrightarrow 1500 \times 0,025 = 37,5V$.

Com esta tensão pequena, 37,5V, há uma situação de risco no pior caso. Portanto, é preciso boa isolamento em relação à terra (sapatos adequados, secos e boa isolamento no contato eventual com o circuito (equipamentos de proteção)).

A maior parte das vítimas de choques não apresenta lesões permanentes, mas durante ou após o choque, pode haver fibrilação ventricular no coração e parada respiratória. Por isso, é fundamental conhecer os primeiros socorros básicos para acidentes elétricos, dos quais se destacam a massagem cardíaca e a respiração artificial.

Assim, pode-se salvar uma vida dando socorro ao acidentado até que chegue o médico ou até que o acidentado chegue ao hospital. O soldador e os supervisores de soldagem devem conhecer esses procedimentos .

Prevenção contra choques elétricos

As medidas de prevenção contra choques elétricos incluem: projetos corretos: bitolas de fios, chaveamento correto (nunca usar as famosas chaves de facas expostas), dispositivos de proteção (fusíveis e disjuntores); aterramento de todas as partes ou estruturas sujeitas a energização por falhas ou defeitos (isto é norma trabalhista, NR-10); isolamento: isolamento físico e elétrico de circuitos, dupla isolamento; sinalização e advertência nas instalações em geral e sobretudo, nas operações de manutenção; uso de cadeados de segurança em circuitos abertos para manutenção; uso de tensão reduzida e inspeção periódica e manutenção.

É importante observar que as operações de soldagem são quase sempre improvisadas quanto à energia, especialmente na manutenção corretiva. É o começo do risco.

As instalações industriais adequadas têm tomadas blindadas espaçadas nas áreas; circuitos dimensionados para as cargas esperadas, mesmo eventuais e aterramento adequado; o mesmo deve ocorrer com o equipamento de soldagem, de forma que se conecte de forma segura ao circuito.

A exposição ao circuito aberto do arco (a voltagem de circuito aberto pode chegar aos 80-100V) em condições críticas de isolamento do soldador, pode ser fatal. Como se costuma dizer que o arco fechado tem uns poucos volts, e que a voltagem é baixa mas a tensão é alta, os operadores descuidam e desprezam o circuito.

Na verdade, o circuito é de alto risco durante o tempo em que está aberto, ou seja, na troca de eletrodo ou de posto de soldagem. Para evitar este risco, existem equipamentos que rebaixam a voltagem do circuito aberto a aproximadamente 25V e restituem toda a potência do circuito quando este é fechado, durante a soldagem.

Durante o trabalho, evitar contatos com pinça, eletrodo, cabos, peça e qualquer outra parte não aterrada.

Devem ser preferidos os porta-eletrodos totalmente isolados, inclusive a mola do grampo.

Fumos de soldagem

Os agentes químicos representam atualmente o maior problema para saúde ocupacional, pois além das diversas patologias que cada substância pode desenvolver isoladamente, podem-se observar ações aditivas ao aparelho respiratório que podem levar, inclusive, a câncer pulmonar. Dentre os fumos provocados pelos processos de soldagem, os fumos metálicos são os mais importantes, pois além de constituírem a maior parte, ainda apresentam algumas dificuldades para avaliação e controle.

A classificação dos fumos provocados pela soldagem é muito complexa. Sua quantidade e composição dependem do metal de base que está sendo soldado, do processo e do eletrodo usado. Nas publicações específicas de soldagem podem-se encontrar quadros que apresentam a composição qualitativa dos fumos em função do metal de base, do processo e do eletrodo ou arame utilizado.

Fumos metálicos

Os fumos metálicos, constituídos em geral por partículas de 0,005 a 2 μ m de diâmetro, são formados a partir de vapores e gases que se desprendem das peças em fusão, seja da superfície da peça, seja do eletrodo, do revestimento do eletrodo, de substâncias adicionadas à solda, do tipo de fluxos ou pós e dos óleos protetores. Os vapores e gases, em contato com o oxigênio do ar, após resfriamento e condensação, oxidam-se rapidamente, formando os fumos.

Febre dos fumos

De modo geral, a exposição repetida aos fumos metálicos pode ocasionar um quadro agudo chamado de febre dos fumos ou febre dos soldadores, que se inicia por fraqueza, salivação excessiva e tosse. Ao final de poucas horas, provoca uma intensa sudorese acompanhada por náuseas, dispnéia, taquicardia, dores generalizadas.

O calafrio e a febre alta que se apresentam dão origem á denominação do quadro que, em sua forma mais grave, pode ocasionar confusão mental e alucinações convulsivas. Não se deve encarar de forma simplificada os efeitos nocivos dos fumos metálicos, considerando-se apenas o quadro da febre dos fumos, pois sua composição abrange uma série de substâncias que envolvem riscos para a saúde do trabalhador.

Alguns metais apresentam dados toxicológicos que devem ser conhecidos pelos soldadores em razão dos perigos á saúde que representam; citam-se cobre, alumínio, fluoretos, crômio e seus compostos, chumbo, magnésio, manganês, cádmio, níquel, vanádio, sílica e silicatos.

Cobre

As intoxicações pelo cobre são raras, pois o cobre organismo dispõe de mecanismos de eliminação do excesso absorvido. Estes mecanismos estão, porém, alterados nas pessoas com deficiências genéticas que levam á degeneração hepatolenticular, conhecida por Doença de Wilson.

Alumínio

De pouco significado toxicológico nas operações de solda, o alumínio tem sido, contudo, relacionado com fibrose pulmonar, bronquite e uma condição especial congestiva e anestésica dos dedos das mãos. A mortalidade por câncer de pâncreas e de rim é mais elevada do que a esperada.

Fluoretos

Certos processos de soldagem, especialmente os que utilizam fluxos para recobrir a zona de soldagem, dão origem a fumos com compostos de flúor, porque na composição dos eletrodos há uma porcentagem de fluoreto de cálcio que pode chegar a 70%. Nos fumos, tem-se encontrado de 5 a 30% de cálcio, sódio e potássio.

A intoxicação por fluoretos é conhecida como fluorose. É uma doença crônica e incapacitante, caracterizada principalmente por osteoclerose generalizada. No quadro clássico aparecem lesões dentais, conhecidas por "mottle teeth" ou dentes manchados (manchas castanhas), aumento da densidade óssea e calcificações de ligamentos, membranas enterósseas e fásCIAS, evoluindo para a limitação de movimentos.

Óxido de ferro

O óxido de ferro é o componente que participa em maior proporção na composição dos fumos de soldagem. Dependendo do método e do eletrodo, essa participação pode chegar a 70% ; nos casos de eletrodos tipo rutílico com pó de ferro na soldagem pelo processo MAG, a porcentagem de óxidos de ferro oscila de 50 a 60%. Tais óxidos não representam risco especial para a saúde, mas pode-se originar uma pneumoconiose denominada siderose.

Crômio e seu compostos

O crômio tem um grande significado nas operações de soldagem de aço inoxidável, pois os fumos liberados têm elevada proporção de crômio.

A exposição ao crômio, mais especificamente ao crômio hexavalente, implica um risco de aumento de incidência de câncer de pulmão. Os demais efeitos do crômio, como as dermatites, úlceras de pele e perfuração do septo nasal, estão relacionadas com exposição a névoas ácidas das operações de cromagem e não às operações de solda.

Chumbo

Nas operações usuais de soldagem industrial, a exposição ao chumbo não é muito freqüente, mas há chapas de aço revestidas de chumbo. Este metal também participa da constituição de ligas como bronze e, eventualmente, latão.

A intoxicação por chumbo, conhecida pelo nome de saturnismo, é do tipo crônica. Entretanto, na circulação periférica, o metal irá acumular-se no fígado, baço, rins, coração, pulmões, cérebro, músculos e sistema ósseo, afetando os sistemas nervoso, renal, reprodutor, gastrointestinal e hematopoético, isto é, o sistema responsável pela formação e desenvolvimento das células sangüíneas.

Magnésio

Os fumos de magnésio podem provocar febre dos fumos metálicos, mas, afora este efeito, o magnésio é considerado como de baixa toxicidade. Há referência a aumento de transtornos gastrintestinais.

Manganês

O manganês se reveste de importância por ser um dos componentes mais comuns nos eletrodos e pela patologia que ocasiona. A exposição prolongada a fumos de manganês pode acarretar danos ao sistema nervoso central e aumento de incidência

de doenças respiratórias. Os sintomas mais freqüentes são: fraqueza nas pernas, lentidão de movimentos, inclusive na fala, tremores e movimentos involuntários nos músculos.

Cádmio

A soldagem de ligas que contêm cádmio expõe o trabalhador ao risco de concentrações elevadas de fumos deste metal. A inalação de fumos de cádmio afeta primeiramente o trato respiratório; os rins podem, também, ser afetados.

Curtas exposições a altas concentrações podem resultar em edema pulmonar e morte. Outros sintomas decorrentes da inalação do metal são: ressecamento da garganta, tosse, dor de cabeça, sensação de contração no peito, dispnéia e vômitos. Os óxidos de cádmio são carcinogênicos.

Níquel

A ocorrência de fumos de níquel é maior nas soldas de aço inoxidável e nas ligas metálicas com componentes de zinco. O níquel também pode ocasionar febre dos fumos metálicos, mas o mais comum são as reações de sensibilização da pele (dermatites), embora seus efeitos mais importantes sejam os carcinogênicos e mutagênicos.

Sílica e silicatos

O revestimento de alguns eletrodos contém silício, às vezes em alta percentagem (até 30%), sob forma de ferrosilicato, caulim, feldspato, mica, talco. Não tem sido encontrada sílica na fase cristalina.

Vanádio

Também componente de certas ligas, o vanádio envolve riscos de intoxicação de gravidade. Após curtas exposições a concentrações elevadas, o trabalhador apresenta lacrimejamento profuso, sensação de queimadura nos olhos, rinite serosanguinolenta, angina, tosse, bronquite com expectoração e dor torácica. Exposições longas podem levar a doença pulmonar crônica com enfisema. A coloração da língua torna-se esverdeada. Usualmente, a recuperação é completa desde que haja afastamento da exposição.

Avaliação de fumos metálicos

O método mais utilizado, atualmente, para a avaliação de fumos metálicos é o amostrador gravimétrico de uso individual, constituído de um sistema de aspiração e um sistema filtrante. A análise das amostras é feita através da absorção atômica.

Gases de soldagem

Nas operações de soldagem há desprendimento de gases cuja natureza depende do processo usado; os fatores que devem ser levados em consideração são: gás protetor usado; composição do revestimento ou da alma dos eletrodos; ação do arco elétrico formado; radiação ultravioleta sobre os elementos constituintes do ar atmosférico; composição de óleos e graxas que usualmente recobrem os materiais soldados.

Os gases que mais efeitos causam sobre os soldadores são: ozônio, óxido de nitrogênio, dióxido de carbono e monóxido de carbono.

Ozônio (O₃)

O ozônio é uma variedade alotrópica de oxigênio, de intenso poder oxidante e resulta da reação fotoquímica causada pela radiação ultravioleta sobre o oxigênio atmosférico. É um gás extremamente tóxico que produz intensa irritação do aparelho respiratório e que, em exposições intensas, pode ocasionar edema pulmonar e óbito.

Óxidos de nitrogênio

Os óxidos de nitrogênio são formados pela oxidação do nitrogênio atmosférico por ação direta da alta temperatura do arco elétrico. Os óxidos de nitrogênio são agentes irritantes pulmonares que podem ocasionar a morte imediata por broncoespasmo e parada respiratória, quando a exposição é intensa. Concentrações menos intensas ocasionam sonolência, enjôos e vômitos.

Dióxido de carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é formado pela decomposição do revestimento ou da alma dos eletrodos e é usado no processo MAG como gás de proteção da soldagem. É

considerado um gás asfixiante simples, ou seja, quando se aumenta sua concentração reduz-se a do oxigênio, sendo esta deficiência de oxigênio o que ocasiona o dano. Uma concentração de 10% por volume de ar de carbono leva à inconsciência e ao óbito por redução da pressão parcial de oxigênio no ar aspirado. Em baixas concentrações, pode haver uma ação tóxica sobre a membrana celular e alterações bioquímicas.

Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono origina-se da decomposição do dióxido de carbono usado ou formado nas operação de soldagem, especialmente no processo MAG, que usa dióxido de carbono como gás protetor.

O monóxido de carbono, ao ingressar no organismo, interfere na perfeita oxigenação dos tecidos. Não interfere na concentração de oxigênio existente no ar, mas, quando inalado junto com o oxigênio, não permite que este último seja adequadamente aproveitado pelo organismo. É um asfixiante químico.

Efeitos fisiológicos dos gases e vapores

Os gases e vapores causam vários efeitos no organismo humano, de acordo com suas características; os irritantes produzem inflamações nos tecidos que entram em contato direto, tais como pele, a conjuntiva ocular e as vias respiratórias. Os asfixiantes são substâncias capazes de impedir a chegada de O₂ aos tecidos (H₂S).

Atua sobre o cérebro paralisando os músculos da respiração.

Os anestésicos ou narcóticos são substâncias que atuam como depressores do sistema nervoso central (CS₂). Os aerodispersóides alérgicos são substâncias que entram em contato na estrutura das proteínas do organismo humano. Os pneumoconióticos produzem alteração no tecido dos pulmões pela inalação de poeiras orgânicas ou inorgânicas.

A via respiratória é a via mais importante para a maioria dos contaminantes químicos, devido às características do aparelho respiratório, que facilitam a absorção de gases e vapores. A quantidade total de um contaminante absorvida por via respiratória é função da concentração no ambiente, do tempo de exposição e da ventilação pulmonar.

A via cutânea compreende toda a superfície que envolve o corpo humano e é a segunda via mais importante. Nem todas as substâncias podem penetrar através da pele, pois para algumas a pele é impermeável.

A temperatura e o suor podem influir na absorção de tóxicos através da pele.

A via digestiva é uma via de pouca importância, salvo em operários que têm o hábito de comer e beber no local de trabalho.

Bibliografia

Soldagem Processos e Metalurgia

Sérgio Duarte Brandi

Fábio Décourt Homem de Mello

Emílio Wainer

Coleção Tecnologia SENAI

Soldagem

Caldeiraria e Estruturas Metálicas

Tecnologia de Soldagem SENAI

Supervisor de 1ª linha

Engenharia de Soldagem

Célio Taniguchi

T. Okumura

FBTS

Fundação Brasileira de Tecnologia da Soldagem