

Geral

Este texto sobre Introdução a Tecnologia de Soldagem foi escrito originariamente em 1993 pelo Tecnólogo José Ramalho para uma apostila que escreveu para um treinamento que ministrou em uma empresa em São Paulo. Com pequenas alterações o texto foi adaptado para este site pelo mesmo autor.

Porém você também encontrará boa parte deste texto na revista Portos e Navios de março de 2003, no artigo "Bom momento para a solda" só que desta vez assinado por Raquel Nassar.

Esta pessoa não consultou o autor, não tem autorização deste para assinar seus trabalhos e APESAR DE COPIAR MAIS DE 40 LINHAS DESTE SITE, não cita-o em seu trabalho.

Jose Ramalho, visando apenas esclarecer a quem encontrar os 2 textos, informa ser o autor do texto fonte e informa também ter como provar isto.

Com a globalização da economia, abrindo as portas do país a importação, a indústria brasileira se depara com a concorrência de produtos produzidos em outros países com qualidade melhor e custos menores, induzindo as empresas nacionais a buscarem soluções que agilizem seus processos produtivos, melhorando a qualidade e baixando os custos.

Dentro dessa filosofia de trabalho, esta inserido o treinamento dos recursos humanos, no intuito de dotar o homem de informações tecnológicas e de sistemas de garantia da qualidade que promova um sinergismo dentro da empresa melhorando a qualidade do produto.

Dentro dessa temática, os processos de soldagem tem grande participação, haja visto que em quase todos processos produtivos a soldagem tem papel relevante tomando-se como exemplo a indústria automobilística, onde tempos atrás a soldagem era executada quase que manualmente. Hoje essa soldagem e feita por robôs.

Mesmo nos processos de soldagem não automatizados, uma normalização e necessária no intuito de assegurar qualidade ao produto.

Dentro dessa nova premissa, os profissionais envolvidos na área de soldagem, tem um papel preponderante a desempenhar. Haja visto que acordamos recentemente para os nossos problemas, tanto estruturais como de ordem tecnológica.

Para os profissionais da área de soldagem o conceito de soldabilidade e de extrema importância já que a soldabilidade pode ser conceituada conforme a tabela abaixo.

TABELA CONCEITO DE SOLDABILIDADE

Soldabilidade	Condições	Tecnologias específicas
Construtiva	Projeto: Forma, Dimensão	Concepção mecânica do conjunto soldado
Operatória	Equipamentos, mão de obra, tecnologia operacional	Fabricação e montagem
Metalúrgica	Análise química, espessura, ciclo térmico, transformações metalúrgicas, aplicações específicas	Metalurgia das ligas

Baseando-se nesse enfoque de soldagem, podemos fazer projeção das atividades e os caminhos a percorrer para equalizar um sistema a implantar que garanta o conceito de qualidade e produtividade.

Histórico

Para nós, que vemos as atuais modernas máquinas de soldagem hoje disponíveis na indústria, é um pouco difícil voltar no tempo e imaginar como foi o início deste processo.

Em 1809, Sir Humphrey Davy prometia transformar o dia em noite com a "magia" de seu arco elétrico. Talvez nem imaginasse que estivesse lançando a base para um dos processos de produção que viriam a alterar radicalmente os conceitos de união de materiais e construção de grandes conjuntos mecânicos.

Antes disto, praticamente não se pode falar em soldagem nos nossos dias, porém a arqueologia tem nos mostrado achados de soldagens e brasagens que nos deixam até hoje querendo saber como foram feitas. O exemplo mais claro disto são os pilares de ferro da cidade de Delhi. Estes são estruturas sólidas com aproximadamente 400 mm de diâmetro e 20 metros de comprimento, que foram soldadas por forjamento há aproximadamente 2000 anos.

Existem várias razões para explicar o porque de tanto sucesso desta tecnologia. Citarei apenas duas:

Ao contrário dos demais processos de fabricação, a soldagem adiciona material.

Pode parecer simples mas, esta simples alteração em relação aos processos concorrentes (peças fundidas, rebiteagem, aparafusamento, usinagem) possibilita o controle de adicionar somente o material necessário, o que causará substanciais alterações: redução de desperdícios e possibilidade de construir um conjunto e pequenos subconjuntos, onde os diversos problemas são menores. Mesmo nos casos de rebiteagem ou aparafusamento, o início do trabalho é sempre um enfraquecimento da estrutura.

A idéia de poder construir um grande conjunto em partes menores possibilita que grandes construções sejam montadas já em seu local final, simplificando com isto o transporte e conseqüentemente o custo. É impensável que construções como refinarias ou plataformas de prospeção de petróleo, tivessem que usar furos para rebites e parafusos, nos componentes a serem montados.

Nem sempre foi assim. Após a primeira guerra mundial, era comum encontrar-se nos contratos de vendas de carros usados uma cláusula citando que o veículo encontrava-se isento de partes quebradas ou soldadas. Isto é fácil de entender porque no princípio, a soldagem era uma tecnologia utilizada unicamente para manutenção.

A grande incentivadora desta tecnologia foi sem dúvida a indústria automobilística. As concepções de veículos exigiam suspensões independentes no lugar dos tradicionais chassis excessivamente reforçados, com formas grotescas e pesos exagerados. A adoção desta tecnologia reduziu o peso dos chassis pela metade, e seus custos na ordem de 20 a 50%.

O segundo grande incentivo foi a segunda guerra mundial. Para se ter uma idéia, em 1941 a construção de um cargueiro de 10.000 ton. em 300 dias era considerado um prazo muito bom. Quase no fim desta guerra (1944) navios de 12.000 ton. eram produzidos em 300 horas.

Como um avanço tecnológico sempre puxa o outro, a adoção da tecnologia de soldagem abriu um leque de possibilidades que os processos tecnológicos de até então não ofereciam como por exemplo: juntas totalmente estanques (ao contrário da rebiteagem), possibilidade de montagens com um único lado de acesso (ao contrário do aparafusamento), leveza da estrutura como um todo, e possibilidade de suportar esforços no próprio plano (ao contrário da rebiteagem).

A maioria das mais importantes descobertas que vieram a resultar os modernos processos de soldagem de hoje, ocorreram num período muito curto. Os mais significativos avanços foram em apenas 20 anos (entre 1880 e 1900).

É interessante destacar que o embora avanço tecnológico ocorreu quando a energia elétrica se tornou mais facilmente disponível, a soldagem a oxi-gás, que em princípio não é dependente deste tipo de energia, também teve seus avanços mais significativos nesta época.

Fazendo um estudo destes principais avanços, pode-se notar que descobertas na soldagem oxi-gás e na soldagem elétrica ocorreram quase que simultaneamente. Os principais avanços, com as devidas lembranças a estes pioneiros, são apresentados a seguir.

1801 - Sir Humprey cria um arco elétrico entre dois 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 - Richemont estuda a chama aero-hídrica.

1847 - Hare funde 1 Kg de platina com o maçarico oxi-hídrico (oxigênio + hidrogênio).

1850 - Saint-Claire-Deville estudam 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. Obteve sua primeira patente para este processo em 1886 e a esta se seguiram outras 150. Seus estudos concentraram-se especificamente na soldagem de fios metálicos.

1880 - Moissan estuda o arco elétrico para fornos. Em 1892, fabrica o carbureto de cálcio no forno elétrico.

1885 - Bernardos utiliza o eletrodo de carvão para fusão localizada do aço.

Como curiosidade é interessante lembrar que a tensão do arco variava de 100 a 300 V, a corrente de 600 a 1000 A. O modo de operação consistia em iniciar a passagem de corrente em curto-circuito e em seguida o operador estabelecia um arco de 5 a 10 cm de diâmetro. Os diâmetros dos eletrodos utilizados variavam entre 5 a 35 mm, e os porta eletrodos tinham aproximadamente 50 cm de comprimento. Bernardos realiza também a primeira soldagem a ponto por resistência utilizando-se novamente de eletrodos de carvão.

1887 - Fletcher realiza os primeiros ensaios de perfuração de aço sob jato de oxigênio.

1891 - Slavianoff realiza a primeira soldagem de chapas de aço com eletrodo metálico nu.

1895 - Le Chatelier estuda a chama oxi-acetilenica, e prevê suas aplicações industriais.

1898 - Linde produz o oxigênio industrialmente.

1901 - Fouche e Picard apresentam o primeiro maçarico oxiacetilênico industrial.

1902 - Musener (empresa) patenteia a chama de aquecimento e jato de oxigênio combinados.

1902 - Claude aperfeiçoa a unidade de produção de oxigênio.

1904 - Picard apresenta o maçarico de oxicorte.

1907 - Oscar Kjellberg revolucionou a soldagem a arco pela introdução dos eletrodos revestidos. Este melhoramento deu um enorme impulso a este processo já que assaram a ser obtidas soldagens com características mecânicas muito boas e freqüentemente superiores àquelas oriundas de soldagens por chama.

1930 - Aparecem diversos desenvolvimentos do processo de soldagem por eletrodos revestidos. O mais representativo foi sem dúvida o arco submerso, desenvolvido simultaneamente na União Soviética e nos Estados Unidos.

1933 - Hobart e Denver desenvolvem o processo TIG.

1936 aproximadamente - Baseado no mesmo sistema de proteção gasosa utilizado no processo TIG, aparece o processo MIG que no início era limitado aos materiais não ferrosos.

1939 aproximadamente - Como variação do processo MIG para ser utilizado para a soldagem de materiais ferrosos, aparece o processo MAG.

Após estes, já estamos próximos aos tempos modernos e, principalmente após a segunda guerra, diversos processos foram sendo descobertos como por exemplo: eletroescória, ultra-som, eletrogás, fricção, feixe de elétrons, plasma, laser, etc.

Nos dias de hoje, pode-se quase afirmar que não existe material ou liga que não possa ser soldada ou brasada por pelo menos um, dos quase 50 processos de soldagem existentes atualmente.

Este trabalho, apesar de reconhecer a importância do processo de soldagem oxigás (oxiacetilênico), estará mais direcionado para os processos de soldagem a arco voltáico, ou seja, a nossa conhecida solda elétrica.

Soldagem elétrica a arco voltaico

Este processo origina-se da ação direta e localizada de um arco voltáico estabelecido entre duas partes metálicas que, devido ao efeito Joule, atingem temperatura de fusão passam a formar uma massa única.

Por efeito Joule, entende-se o fato de um material aquecer quando submetido a passagem de corrente elétrica.

Existem grandes vantagens em se utilizar um arco elétrico como fonte de calor: uma delas é a alta concentração de calor que permite obter elevadas temperaturas em um pequeno espaço, de tal forma que a zona de influência calorífica fique a mínima possível.

Uma outra razão é o fato de este arco poder se estabelecer em qualquer tipo de atmosfera gasosa, o que nos possibilitará trabalhar com atmosferas gasosas que não interfiram na poça de fusão, diminuindo assim a contaminação do banho metálico. Isto será muito importante quando formos trabalhar com materiais que em elevadas temperaturas oxidam-se com facilidade.

O calor do arco ao mesmo tempo que derrete o metal base, formando uma cavidade ou cratera na peça que deverá ser soldada, funde a extremidade do eletrodo. Parte desta extremidade fundida passa através do arco, sendo depositada na cavidade fundida da peça, misturando-se assim com o material da peça, que também é chamado de metal base (ou metal de base para alguns).

O que, exatamente, se passa a nível de física do arco, penetra fundo no campo da ciência atômica. Alguns detalhes ainda permanecem sem explicação, para os quais ainda não se tem mais do que hipóteses. Por isto, este estudo ainda é muito promissor.

Para fins de aplicação direta na soldagem, o que nos interessa é saber que o arco voltáico é a passagem de grande quantidade de corrente elétrica (conforme o processo varia de dezenas a milhares de Amperes), através de uma atmosfera gasosa e entre dois eletrodos submetidos a uma diferença de potencial (voltagem) que pode ser apenas de uns poucos Volts.

Como o material é virtualmente transportado através do arco, isto nos facilitará a soldagem em posições que a gravidade não colabora muito como é o caso da soldagem sobre-cabeça.

A temperatura no arco é um outro ponto discutível, uma vez que é muito variável. Os seguintes valores podem ser tomados como base: 2500 °C no cátodo, 3500°C no ânodo, e 5000 °C no interior da coluna. Este valores devem ser tomados como base para eletrodos revestidos para trabalhos com aço carbono. Já no caso do arco plasma, onde se utilizam eletrodos de tungstênio, as temperaturas ficam entre 8000 e 25000 °C.

Eletricidade básica

Para se realizar uma soldagem é fundamental que tenhamos uma fonte de energia. Esta energia pode ter as mais diferentes formas de procedência, como pode ser visto na Tabela 2. Fontes De Energia Para Soldagem

TIPO DE ENERGIA	EXEMPLO DE PROCESSO DE SOLDAGEM
Mecânica	Explosão, Fricção e Ultrasom
Termoquímica	Oxigás, Plasma e Termit
Resistência Elétrica	Indução e Eletroescória
Radiação	Laser e Feixe de Elétrons
Arco Elétrico	Eletrodo Revestido, TIG e MIG

Como este curso concentra-se basicamente nos processos de soldagem a arco elétrico, serão apresentados alguns conceitos de eletricidade, e em seguida as principais fontes de soldagem para arco elétrico.

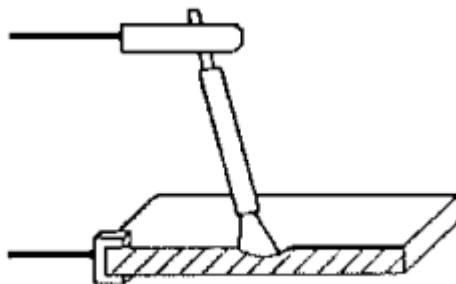


Figura 1 arco elétrico

Energia elétrica

Assim como a energia hidráulica pode acionar a roda de uma turbina, a energia elétrica também tem a capacidade de ser transformada em trabalho.

Chamamos a isto de potencial e mantendo a analogia com a energia hidráulica onde o "potencial hidráulico" pode ser calculado pela altura, a energia elétrica tem seu "potencial elétrico" (tensão) que pode ser medido em Volts.

Assim como além da altura é interessante saber qual a quantidade de água que cairá, para saber que trabalho poderá ser feito, na energia elétrica é importante saber além da tensão qual a quantidade de cargas elétricas que passa na secção do condutor a cada segundo (intensidade). Esta será medida em Ampéres. Assim, a tensão se assemelharia com a altura da água e a corrente com a quantidade.

Isto nos leva a necessidade de conhecer os instrumentos que são utilizados para medir a tensão e a corrente, que são chamados respectivamente de Voltímetro e Amperímetro. Estes nomes derivam dos nomes dos pioneiros que estudaram a corrente elétrica: Volt e Ampere.

Medidores: Amperímetros e voltímetros

Voltímetros e amperímetros são os medidores mais comuns utilizados em tecnologia de soldagem. Em geral estes equipamentos trabalham da mesma maneira, quase sempre se utilizando da criação ou modificação de um campo magnético induzido.

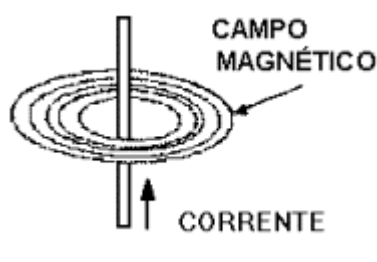


Figura 2 efeito magnético

A maioria dos medidores consiste de uma pequena bobina enrolada em um núcleo móvel, ao qual fixa-se o ponteiro do dispositivo. Este conjunto é pivotado de forma a ter movimento livre. Uma pequena mola em espiral (conhecida como "fio de cabelo") o mantém na posição de repouso ("0"). Este conjunto tem como berço o campo de um ímã permanente. Quando uma pequena corrente flui na bobina, ela magnetiza o núcleo, de forma contrária ao campo permanente.

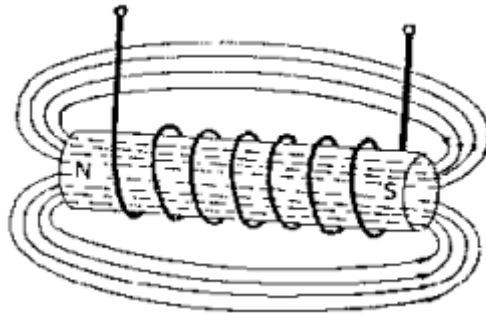


Figura 3 Eletroímã

Como resultado, o conjunto bobina-ponteiro sofre uma rotação proporcional à tensão aplicada. A tensão que provoca o máximo de deslocamento caracterizará o medidor. A figura 2.4 mostra o esquema do funcionamento destes medidores.

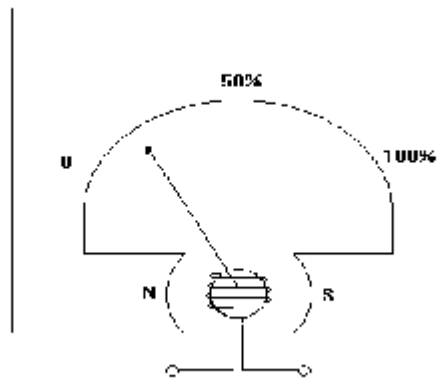


Figura Esquema de funcionamento dos instrumentos

É importante destacar que, apesar da construção dos aparelhos ser praticamente a mesma, a maneira como devem ser ligados quando se quer medir tensão ou corrente é diferente. As maneiras que estas ligações devem ser feitas é mostrado na figura Esquema de ligação do voltímetro e do amperímetro.

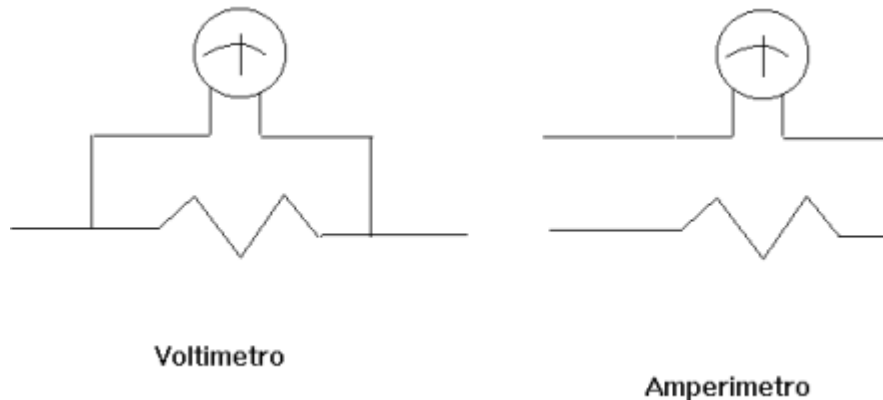


Figura Esquema de ligação do voltímetro e do amperímetro

Corrente elétrica

Os aparelhos que tem a propriedade de gerar e produzir corrente elétrica entre dois determinados pontos são chamados de Geradores Elétricos. Seu princípio de funcionamento consiste em produzir uma falta de elétrons nos primeiros átomos que deste modo tomarão elétrons do próximo e assim sucessivamente. Isto gerará um movimento ordenado de cargas elétricas ao qual denominamos corrente elétrica. Já os pontos onde existe a diferença de potencial máxima damos os nomes de terminais, polos ou bornes.

Como os elétrons tem a carga negativa, serão atraídos para o lado positivo do aparelho, denominando assim os polos um como positivo e o outro negativo. Assim, embora no início se pensasse o contrário, a corrente fluirá do polo negativo para o polo positivo.

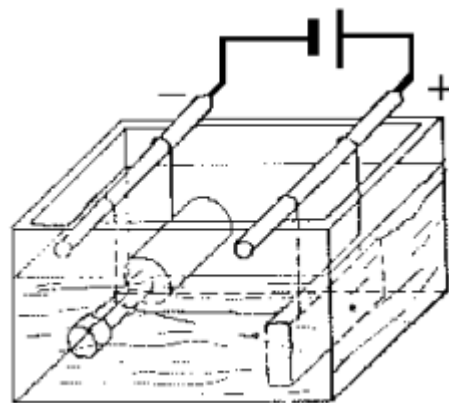


Figura 6 banho de galvanização

A corrente elétrica pode apresentar duas diferentes modalidades, a saber: Corrente contínua e Corrente alternada.

Denominamos corrente contínua aquela que sempre passa nos condutores em um único sentido. É utilizada em tração elétrica (metrô, trens), eletrólise, galvanoplastia e soldagem.

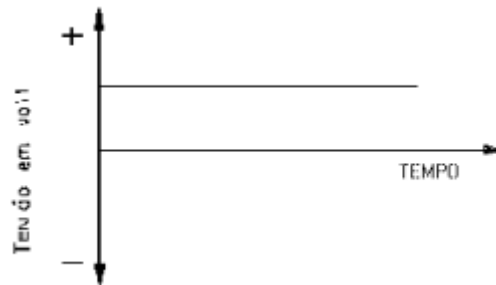


Figura 7 gráfico corrente contínua

Denominamos corrente alternada aquela que passa nos condutores ora em um sentido, ora em outro. A quantidade de vezes que ela se alterna é determinada pelo que chamamos de frequência.

No Brasil, a frequência de nossa rede elétrica é 60 Hertz, o que corresponde a 60 inversões de sentido da polaridade por segundo. Como curiosidade, alguns países da América do Sul (Paraguai por exemplo) e os países da Europa Ocidental (Portugal por exemplo), utilizam correntes de 50 Hertz.

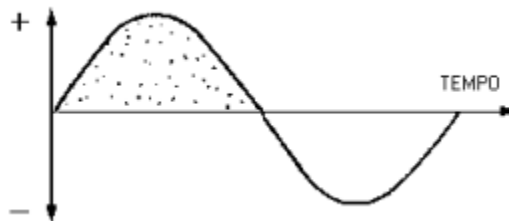


Figura 8 gráfico corrente alternada

A corrente alternada é utilizada para eletrodomésticos em geral, acionamento de motores e soldagem.

Como pode ser visto, em soldagem vamos utilizar tanto corrente contínua como alternada, pois na soldagem outros fatores estão envolvidos como: diferentes materiais, gases de proteção, etc. Por isto, teremos que ter diferentes máquinas para fornecer a energia para soldagem, o que será apresentado no capítulo 3. Finalizando este tópico sobre eletricidade, são apresentados os seguintes conceitos:

Resistência elétrica

A resistência elétrica é a dificuldade oferecida por um material para ser atravessado pela corrente elétrica. Cada material apresenta um valor diferente e uma pequena adição de um elemento de liga em um material causará sensíveis alterações na resistência. Assim, podemos dizer que a resistência elétrica é uma das propriedades dos materiais.

Um outro fator que altera a resistência são as dimensões dos materiais. Como um material é melhor condutor que o ar, para dois materiais de seção igual, o de maior comprimento será o pior condutor, enquanto que para comprimentos iguais, o de maior seção será melhor condutor.

A passagem da corrente elétrica pelos materiais gera calor por um processo conhecido como efeito Joule. Assim, como parte da corrente é gasta para aquecer o material condutor, é natural que ao utilizarmos a energia elétrica muito distante de seu ponto de geração, esta tenha um valor de corrente menor do que no ponto em que foi gerada, uma vez que parte desta corrente foi gasta "aquecendo" o cabo.

Arco voltaico aplicado a soldagem

Denominamos arco voltaico a passagem de uma corrente elétrica através de um gás. Porém, nas condições normais de pressão e temperatura, todos os gases são ótimos isolantes elétricos, desde que submetidos a campos elétricos de intensidades normais. Tomando como exemplo de gás o próprio ar, dois eletrodos afastados 1 mm um do outro, necessitariam de um potencial da ordem de 4000 V para estabelecer um arco elétrico.

Como tensões desta ordem de grandeza são de difícil obtenção e extremamente perigosas para a segurança do soldador, torna-se necessário que estabeleça-se passagem de corrente entre dois eletrodos com tensões substancialmente menores. Isto só é possível com a utilização de gases ionizados, pois ao tornar-se ionizado, o gás torna-se condutor.

Por ionização pode-se definir o gás passar a ter íons e elétrons livres (que facilitarão o transporte de cargas elétricas). Quando se encontra neste estado, o gás recebe o nome de plasma.

Os plasmas, devido a serem constituídos de igual número de partículas positivas (prótons) e negativas (elétrons), existem apenas em condições especiais que impedem que estas partículas se reúnam novamente. Por condições especiais podemos exemplificar: pressões muito elevadas ou muito baixas, altíssimo aquecimento, bombardeio de átomos com elétrons ou aplicação de correntes de alta frequência.

O arco voltáico em soldagem é uma forma particular de plasma, mantido pelo estabelecimento de uma diferença de potencial elétrico entre dois eletrodos. As partículas de carga tem assim um sentido preferencial de percurso, e os seus choques entre si, com os eletrodos e com os átomos ainda neutros, criarão as condições necessárias para a continuidade do processo.

O processo mais simples para se obter um arco voltáico para soldagem consiste em aquecer o gás existente entre o eletrodo e a peça e sujeita-lo a um bombardeio eletrônico. Isto é conseguido de um modo muito simples e prático, basta que se disponha de uma diferença de potencial elétrico entre a peça e o eletrodo (que conhecemos como tensão em vazio).

Ao se tocar o eletrodo na peça a tensão cai rapidamente, só não atingindo o valor zero devido a resistência de contato, e a corrente vai a valores muito próximos da corrente de curto circuito.

Com isto, devido ao efeito Joule, a região de contato se aquece até a incandescência e a quantidade de calor liberada tornará fácil o arrancamento dos elétrons dos átomos do ambiente gasoso, o que acontece por efeito da emissão termoiônica da zona incandescente.

Com o gás ionizado, geram-se vapores metálicos que também se ionizarão prosseguindo o ciclo.

Após se obter o arco elétrico, pode-se afastar os eletrodos pois com a ionização do ambiente ao redor do arco, este existirá entre distâncias maiores.

Fontes de energia para soldagem

Como vimos no capítulo 2 é necessário que tenhamos diferentes fontes para fornecer-nos a energia necessária para as operações de soldagem a arco elétrico. As principais características que uma fonte de energia para soldagem a arco elétrico deve apresentar são:

- transformar a corrente da rede, constituída de alta tensão e baixa intensidade, em corrente de soldagem, que por sua vez é constituída de baixa tensão e alta corrente.
- oferecer uma corrente de soldagem estável.
- oferecer a possibilidade de regulagem da tensão e da corrente disponibilizadas.
- o valor da tensão em vazio oferecida, deve permitir a fusão de todos os diâmetros de eletrodos que o equipamento foi destinado a trabalhar.

Existem duas categorias de fontes: as fontes para corrente alternada onde temos os transformadores e os transformadores retificadores caso tenha-se nestes, a possibilidade de desligar os retificadores, e as fontes para corrente contínua, onde temos os transformadores-retificadores e os geradores.

Fontes de energia de corrente alternada

Os transformadores são as mais simples entre as fontes de energia para soldagem. São constituídos por dois enrolamentos que são denominados enrolamentos primário e secundário. Para uma identificação grosseira, o enrolamento primário é aquele que é constituído por muitas espiras de fio fino, enquanto que o enrolamento secundário é aquele que é constituído por poucas espiras de fio grosso.

Já os transformadores retificadores, apesar de serem equipamentos desenvolvidos para fornecer uma corrente retificada muito semelhante a corrente contínua, é possível, desde que o fabricante ofereça a opção de desligar o retificador, utiliza-lo normalmente para corrente alternada.

Estes equipamentos são monofásicos, ou trifásicos com bobina de equilíbrio. A bobina de equilíbrio é uma bobina complementar que permite utilizar os três fios da rede trifásica para alimentar a bobina monofásica.

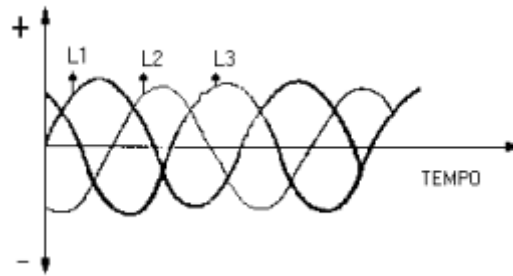


Figura 9 rede trifásica

Os equipamentos deste grupo, equilibram naturalmente a carga sobre a rede elétrica e são de um preço ligeiramente inferior as fontes de corrente contínua.

Fontes de energia de corrente contínua

Os transformadores-retificadores são compostos de um transformador trifásico onde a corrente alternada do secundário é retificada por um conjunto de retificadores. Podemos definir o retificador como sendo um dispositivo que permite a passagem de corrente somente em um único sentido. Isto fará com que a corrente fornecida seja uma corrente alternada retificada, ligeiramente ondulada e apresentando propriedades de soldagem praticamente idênticas as da corrente contínua.

Estes aparelhos são uma das melhores soluções como fonte de energia para soldagem, e são os que absorvem menor corrente no primário, dando com isto um bom equilíbrio a rede.

Os postos trifásicos equilibram naturalmente a carga na rede, e devido a serem postos estáticos, sua manutenção é mínima.

Os geradores são constituídos por um motor e um gerador, a grande maioria das vezes num bloco único.

Quando este motor é elétrico, esta fonte é a de construção mais elaborada, necessitando de mais manutenção que as outras devido a ter peças que trabalham em rotações na faixa de 3000 rpm. Nestas condições, esta fonte também é a de maior custo inicial, e do ponto de vista da soldagem manual, são menos interessantes que as máquinas anteriormente descritas.

A grande vantagem destes aparelhos é quando não se tem disponibilidade de energia elétrica, uma vez que o motor citado como componente deste equipamento não precisa ser necessariamente elétrico, podendo ser um motor de combustão normal (gasolina, óleo, etc).

Bibliografia

SENAI Manual de soldagem ao arco elétrico SENAI-SP 1976

SAF Guia do soldador de soldadura manual Publicação conjunta da Arlúquido Portuguesa e da SAF - Soudure Autogéne Française 1_ edição – 1981

FATEC Processos usuais de soldagem II - Apostila do curso superior de tecnologia de soldagem

AWS Welding Handbook eight edition volume 2 - Welding process

IBQN Soldagem I - Processos de soldagem - Apostila do curso de formação de supervisores técnicos independentes - abril 1987