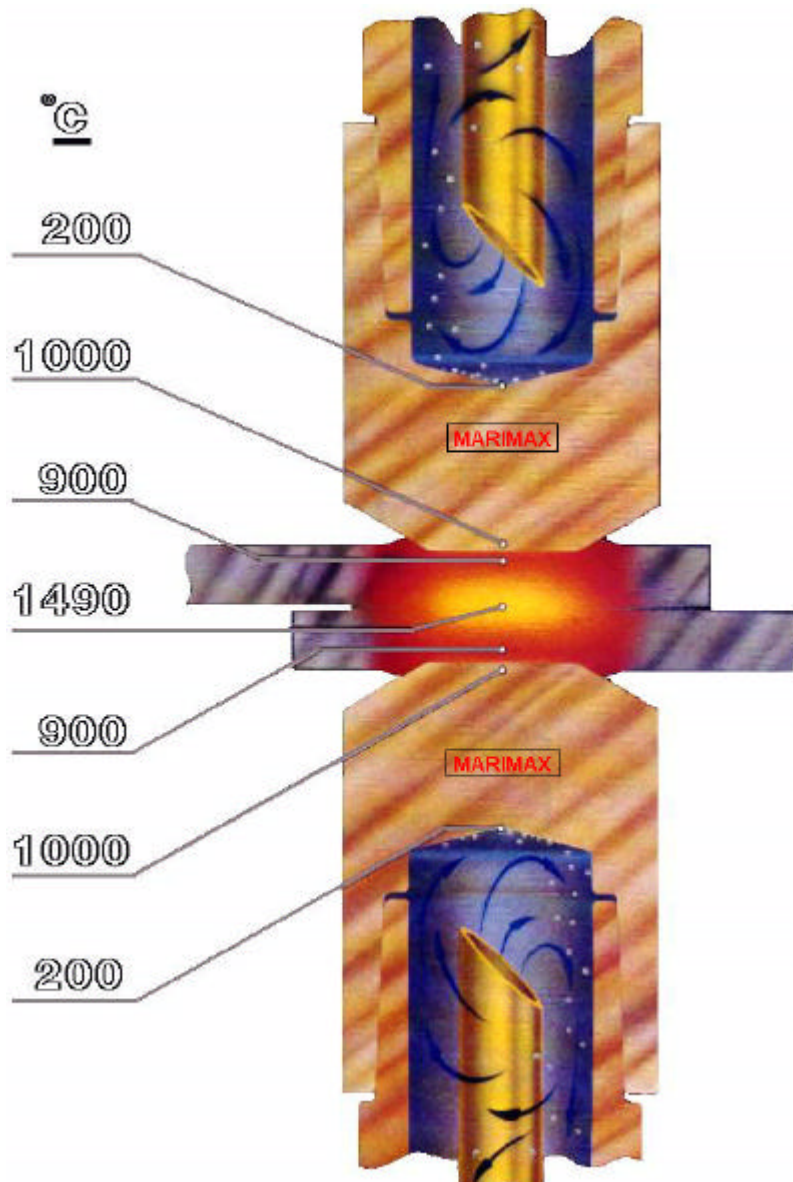


Solda por Resistência

APOSTILA



NOSSO NEGÓCIO É SOLDAGEM

Metalúrgica MARIMAX Ltda.

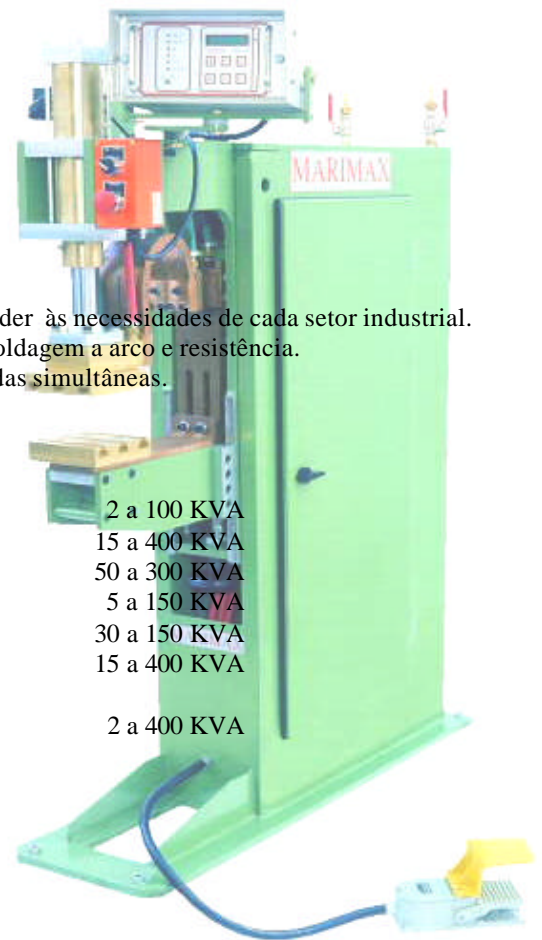
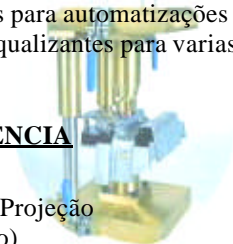
Av. Dr. Luis Arrobas Martins, 693 - V. Friburgo
04781-001 - São Paulo - SP

Fone: 11 5548-6806 - Fax: 11 5686-5028

e-mail: comercial@marimax.com.br

web: www.marimax.com.br

Data de Fundação: 27 / 03 / 1973



O QUE PRODUZIMOS ?

Produzimos equipamentos de solda por resistência, procurando atender às necessidades de cada setor industrial. Desenvolvimento de equipamentos especiais para automatizações de soldagem a arco e resistência. Desenvolvimento de dispositivos de solda equalizantes para varias soldas simultâneas.

MÁQUINAS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA

Tipo Mesa Ponto / Projeção
Tipo Pedestal Ponto / Projeção / Ponto e Projeção
Transformadores Suspenso (Simples e Duplo)
Topo a Topo / Topo por faíscaamento
Transformadores “ Hipersil “
Transformadores “ Convencional “
Comandos de solda Micro Processado com e sem Corrente Constante
Gabinetes de potência

2 a 100 KVA
15 a 400 KVA
50 a 300 KVA
5 a 150 KVA
30 a 150 KVA
15 a 400 KVA
2 a 400 KVA

AUTOMAÇÕES

Resistência : Multiponto e Máquinas Especiais
Arco : Mig / Mag - Tig - Arco Submerso

SERVICOS

Soldagem : Executamos serviço de solda até 100 KVA
Cursos: Através de nossa parceira **Medar** Com. e Serviços Ltda.
Treinamento de soldagem, Desenvolvimento de processo, Parametrização e Medições.

ÍNDICE

Sistema de Solda, Classificação, Materiais Soldáveis.	
° Solda por resistência	04
° Processo	05
° Esfriamento do ponto de solda	06
° Circuitos derivados	07
° Corrente de solda	07
° Pressão dos eletrodos	07
° Exemplos de processos de solda	08
° Solda de tubos	11
° Seqüência de operação	12
° Solda por costura	13
° Solda topo a topo	15
° Solda a topo por faiscamento	16
° Condições de solda dos principais metais	16
° Testes de solda	18
° Regime de trabalho	19
° Instalação de máquina	23
° Seqüência de funcionamento	23
° Descrição geral e manutenção	23
° Tiristores e seu funcionamento	24
° Máquinas de acionamento pneumático	26
° Circuito de refrigeração	27
° Comandos eletrônicos	27/28
° Funcionamento	27/28
° Eletrodos	28
° Tabela para diâmetro e raio dos eletrodos conf. Espessura da chapa	28
° Solda a topo à topo por resistência	30
° Solda a topo por resistência pura	31
° Solda à topo por faiscamento direto	32
° Solda à topo (Parâmetros)	35
° Manual de instrução para localização de defeitos de solda	37
° Tabelas de solda a ponto	42 a 44
° Tabelas de solda por costura	45 a 47
° Tabela de solda para projeção	48
° Tabela de solda de arame cruzado 1010 – 1020	49
° Demonstrativo de teste para solda a ponto	50
° Tabela de solda para porcas sextavadas	51

Solda por Resistência

Na solda por resistência as peças são pressionadas entre eletrodos onde a corrente de alta intensidade proporciona calor para atingir ponto de fusão. Todo o processo baseia-se na lei de Joule ($Q = KRI^2T$), o calor é proporcionado ao tempo, resistência elétrica e intensidade de corrente. A solda por resistência é uma solda por pressão onde o material está líquido ou pastoso.

Classificação:

O processo de solda por resistência é classificado nos seguintes sistemas:

- A - Solda por pontos
- B - Solda por projeção
- C - Solda por costura.
- D - Solda topo à topo
- E - Outros: Aquecimento, recalque, rebitagem, brasagem, etc.

Materiais Soldáveis:

Pode-se soldar por resistência quase todos os tipos de aço, fundições de maleáveis de diversas composições, metais leves e ligas não ferrosas.

Metais: Alumínio, zinco, cobre, latão, prata, ouro, platina, níquel, etc. Podem ser soldados por resistência, desde que sejam feitas regulagens convenientes em equipamentos compatíveis e utilizados eletrodos de ligas especiais.

É possível soldar por resistência a maior parte das chapas zincadas à fogo, galvanizadas ou chapadas, desde que o material de recobrimento tenha ponto de fusão inferior ao material de base, onde a solda é realizada, e o material de recobrimento em fusão se desloca para a periferia de ponto de solda.

Metais de natureza diferente podem ser soldados entre si quando susceptíveis de formar liga, ou quando se introduz entre eles material que pode ligar-se com os metais de base (Brasagem).

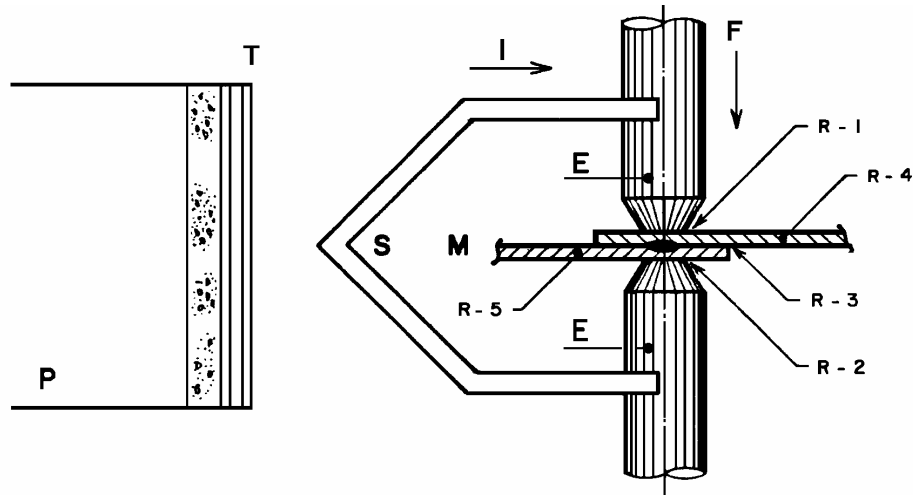
Entre as grandes vantagens da solda por resistência, em relação aos outros processos de solda, reside no reduzido recozimentos em volta do ponto de solda.

A solda por resistência é o melhor processo conhecido para chapas delgadas e sensíveis ao calor.

OBS: Ferrugem, vernizes, óleo, graxa, poeira, etc prejudicam a qualidade de solda.

PROCESSO

Resistência de contato:



- T - Transformador
- P - Primário
- S - Secundário
- I - Corrente secundária
- F - Pressão dos eletrodos
- E - Eletrodos
- M - Material à soldar

R 1 e R 2 : A resistência de contato entre eletrodos e chapa deve ser a mais baixa possível, a corrente de solda não deve encontrar à sua passagem nestes pontos, se a resistência entre eletrodos e chapas for muito alta poderá ocorrer:

- A. Os eletrodos se soldam às chapas.
- B. Desgaste e deformação nas pontas dos eletrodos.
- C. O super aquecimento provocará depósitos de partículas de cobre do eletrodo na superfície das chapas.

As resistências de contato entre peça e eletrodo dependem:

- A. Forma de aplicação e pressão dos eletrodos.
- B. Natureza dos metais em contato e suas características (dureza, resistência mecânica, condutibilidade térmica e elétrica).

R 3 - Região onde ocorre a solda.

OBS: As ligas de alta condutibilidade elétrica exigem grandes potências e eletrodos especiais.

O calor necessário para realizar a solda depende da corrente, pressão entre eletrodos, tempo de solda, e resistência elétrica dos materiais.

Com tempo de solda curto, grande intensidade de corrente, e alta pressão entre eletrodos, permitem alcançar rapidamente a temperatura de fusão na zona de contato.

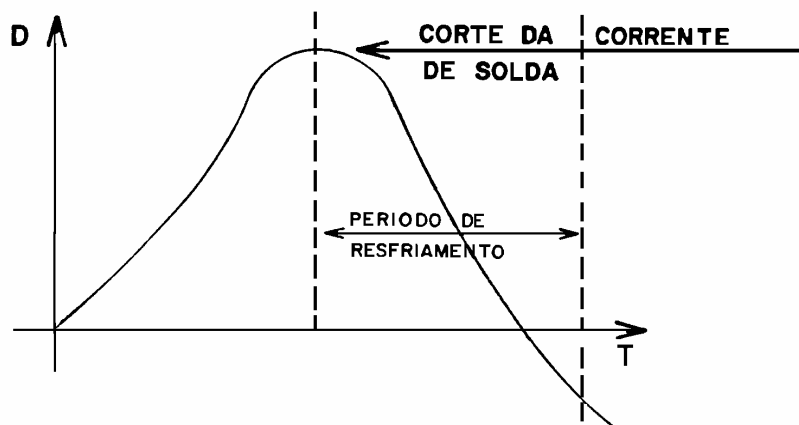
As resistências de contato diminuíram com o aumento da pressão.

R 4 e R 5 - A resistência elétrica das peças a serem soldadas dependem da espessura e composição das ligas.

Esfriamento do Ponto de Solda

- A. O ponto de solda pode esfriar livremente, cessando o esforço de compressão no ato do corte da corrente.
- B. O ponto pode esfriar mantendo a compressão após o corte da corrente.

Gráfico de esfriamento de um ponto de solda, e dilatação do material em função da temperatura.



D - Dilatação

T - Tempo de esfriamento

Pontos de solda esfriados livremente, sem tempo de retenção, são de qualidade inferior, na interrupção da corrente de solda a temperatura na zona de solda diminui progressivamente, o esfriamento não é linear. Ver curva do gráfico.

O esforço de compressão durante o esfriamento e o eletrodo atuando como dissipador, proporciona uma solda de boa qualidade e impede a formação de borbulhas e ranhuras no ponto de solda.

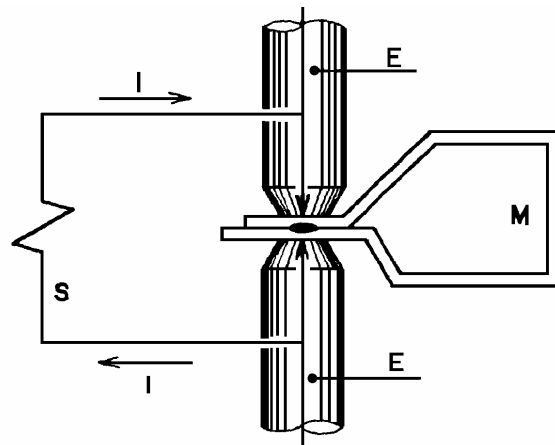
Circuitos Derivados

Entende-se por circuito derivados, o fenômeno em que somente parte da corrente de solda passa pelo ponto desejado, provocando má qualidade de solda.

No caso de solda por costura os circuitos derivados não podem ser evitados por tratar-se de uma seqüência de pontos.

Quando a pressão exercida pelos eletrodos não é suficiente, surgem circuitos derivados nas pontas de contatos mais próximos do ponto.

S - Secundário
M - Material a ser soldado
E - Eletrodo
I - Corrente



Corrente de Solda

É particularmente importante conhecer os fatores que podem influir na corrente de solda, depende da tensão secundária, e do material utilizado na construção dos componentes do circuito secundário, bem como a profundidade útil e forma geométrica.

Na instalação de uma máquina de solda por resistência deve ser observada a condição da rede de energia, flutuações na tensão primária resultam em soldas irregulares.

Pressão dos Eletrodos

A pressão aplicada aos eletrodos na execução da solda depende de vários fatores.

- Material a ser soldado; (Composição metalúrgica, espessura, qualidade de solda desejada, condição física do material “sujo, capeado, etc.”).
- Tratando-se de projeções, o número de ressaltos e a distância entre eles determina a pressão nesse processo de solda.

A pressão exercida tem grande influência sobre a qualidade da solda, deve ser suficiente para evitar faíscamentos, mas não pode deformar a peça ou os eletrodos.

As resistências de contato diminuem com o aumento da pressão sobre os eletrodos.

Perdas de potência em máquinas de solda por resistência

Da energia consumida pela máquina de solda, somente uma parcela é aproveitada, o restante é consumido.

- A. Potência perdida por dissipação do material soldado.
- B. Potência consumida pelo circuito secundário (aquecimento dos braços, barramentos, eletrodos e porta eletrodos, resistência nos pontos de contato).
- C. Formação de campos magnéticos (Perdas geométricas).
- D. Nos transformadores suspensos, as perdas variam com o comprimento e espessura dos cabos secundários.

Velocidade em pontos ou operação por minuto

Pinças pneumáticas	100 pontos / minuto
Estacionária	100 pontos / minuto
Projeção	15 operações / minuto
Costura	10 operações / minuto

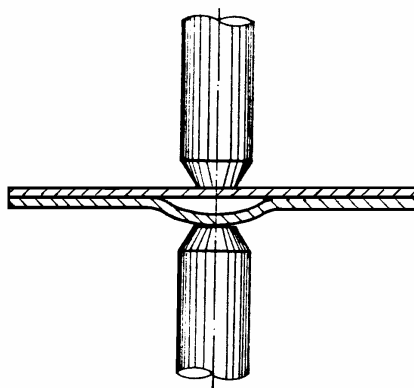
OBS: Esta velocidade é fictícia, pois depende de diversos fatores, tais como pré-pressão, pós-pressão etc.

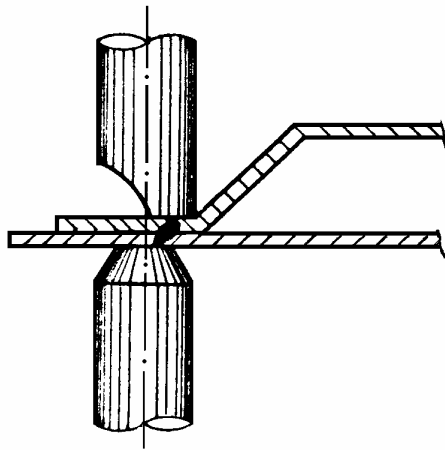
Exemplos de Processos de Solda

Para efetuar soldas de boa qualidade é imprescindível que as peças à soldar façam perfeito contato, e a corrente de solda chegue ao ponto desejado pelo caminho mais curto.

A peça à soldar determina os eletrodos e porta eletrodos, profundidade e distância entre os braços, e esses fatores influem no rendimento da máquina de solda.

Na figura ao lado, as chapas não se unem corretamente, o que acarreta queimaduras e buracos, danificando peças e eletrodos.

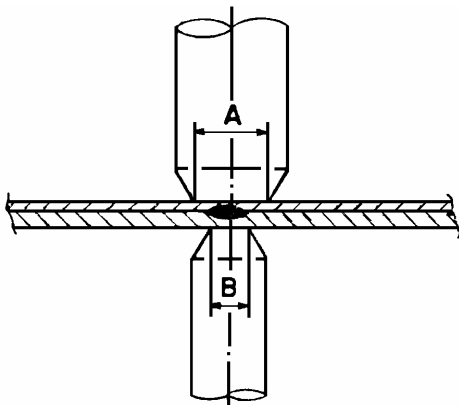




Na figura ao lado o apoio incorreto dos eletrodos produz soldas defeituosas devido à passagem imperfeita da corrente.

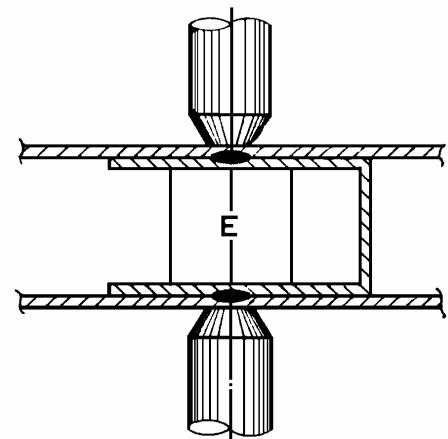
Só com eletrodos corretos e o perfeito posicionamento sobre a peça, possibilita solda de boa qualidade. Em solda de chapas de espessuras diferentes, a mais fina aquece primeiro, essa diferença é compensada usando-se eletrodos com área de contato maior no lado da chapa de espessura menor.

O mesmo processo pode ser usado na solda de materiais de condutibilidades diferentes. (Ver figura abaixo).



(A) Área de contato da chapa fina
(B) Área de contato da chapa grossa

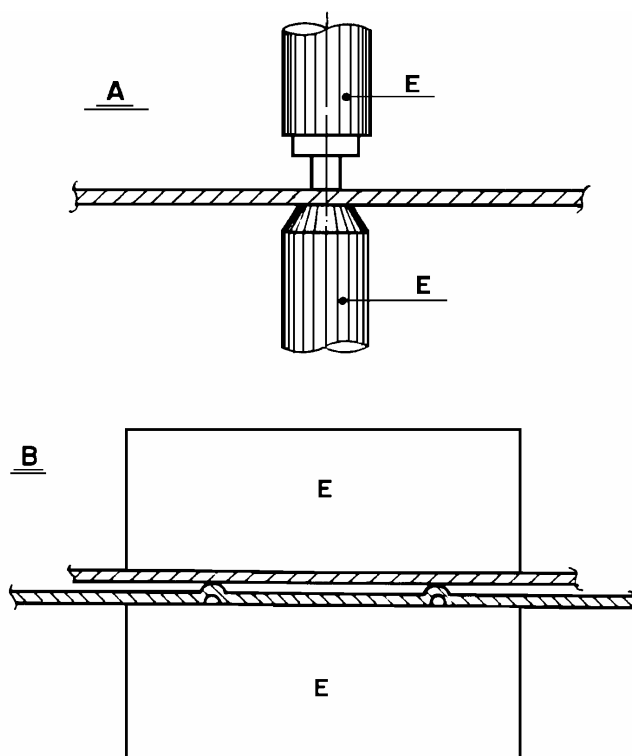
Para soldar peças conforme desenho, introduz-se um eletrodo auxiliar entre os dois pontos de solda, e realiza-se uma solda indireta de boa qualidade.



Nos desenhos abaixo é apresentado exemplo de soldas por projeção:

Desenho A: A solda ocorrerá entre a chapa e o ressalto.

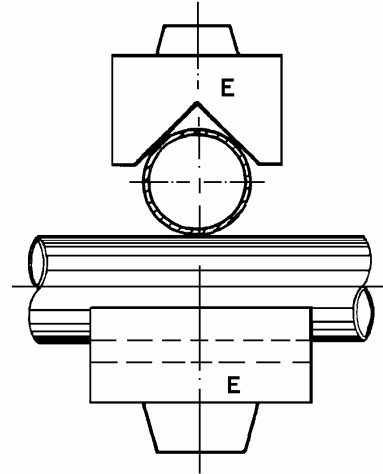
Desenho B: Duas placas eletrodos de fácil refrigeração tornam possível efetuar em uma só operação, diversas soldas por projeção, onde os ressaltos existentes em uma das partes e penetram na outra.



Solda de Tubos

Solda de tubos em cruz:

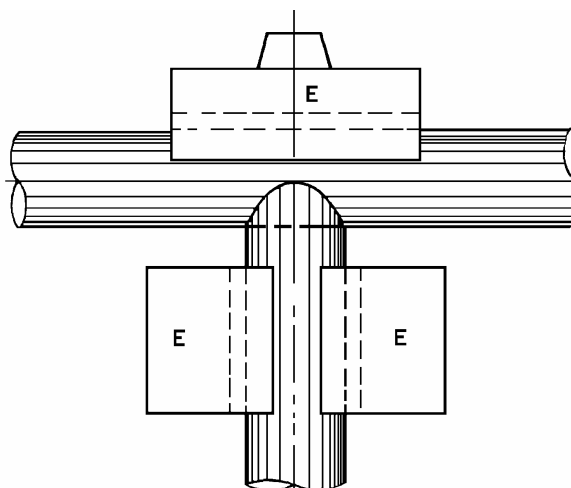
Na execução da solda em tubos em cruz é indispensável o uso de eletrodos de corte em prisma, posicionados conforme desenho ao lado.



Solda de tubos em “T”:

Para realização desta solda é imprescindível:

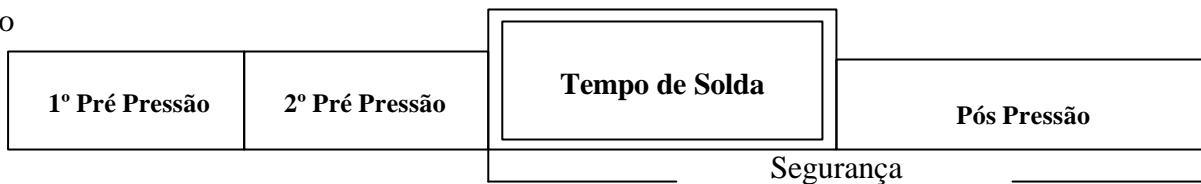
- 1- Conificação do tubo que formará a perna do “T”.
- 2- Eletrodo com corte em prisma para a travessa superior.
- 3- Morsa manual ou pneumática para prender e posicionar a perna do “T” na posição de solda.
(Ver desenho abaixo).



Seqüência de Operação

Solda por pontos - Único e em Série

Único

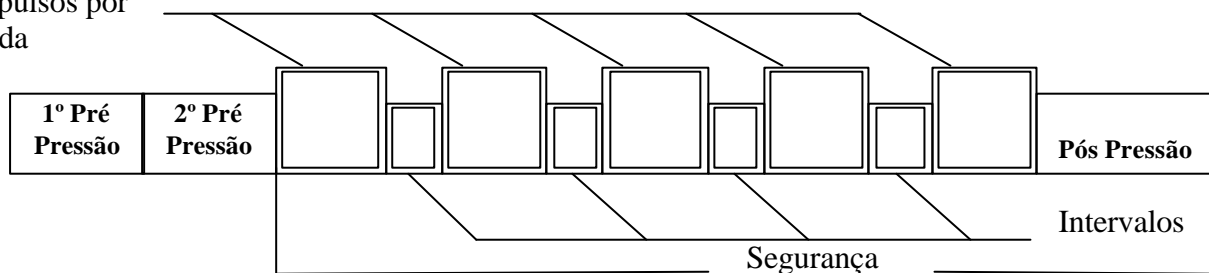


Série

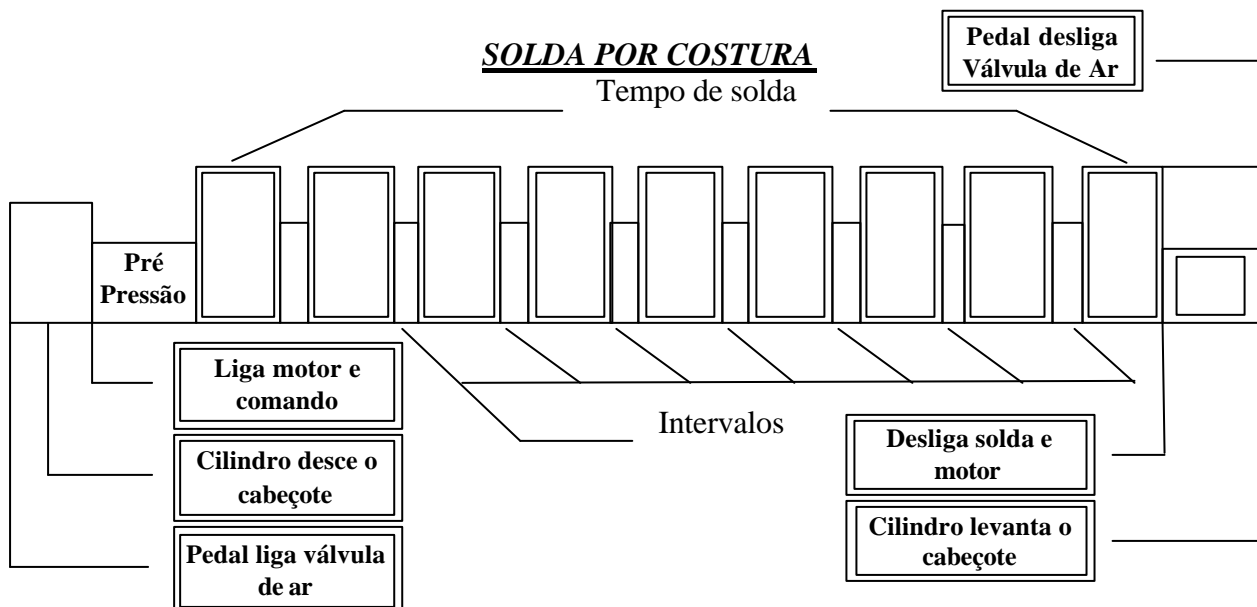


SOLDA POR PROJEÇÃO COM IMPULSOS

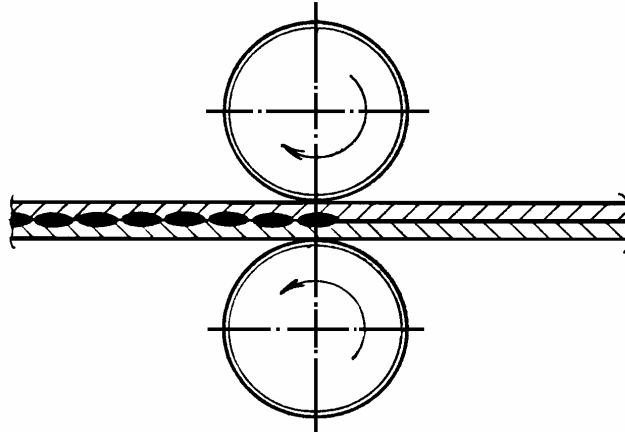
Impulsos por solda



SOLDA POR COSTURA



Solda por Costura



A solda por costura pode ser considerada como solda por pontos em seqüência, onde os eletrodos são substituídos por discos.

Para solda que seja necessário uma seqüência de pontos que se sobreponham, se toquem, ou mantenham distância próxima, é recomendado solda por costura.

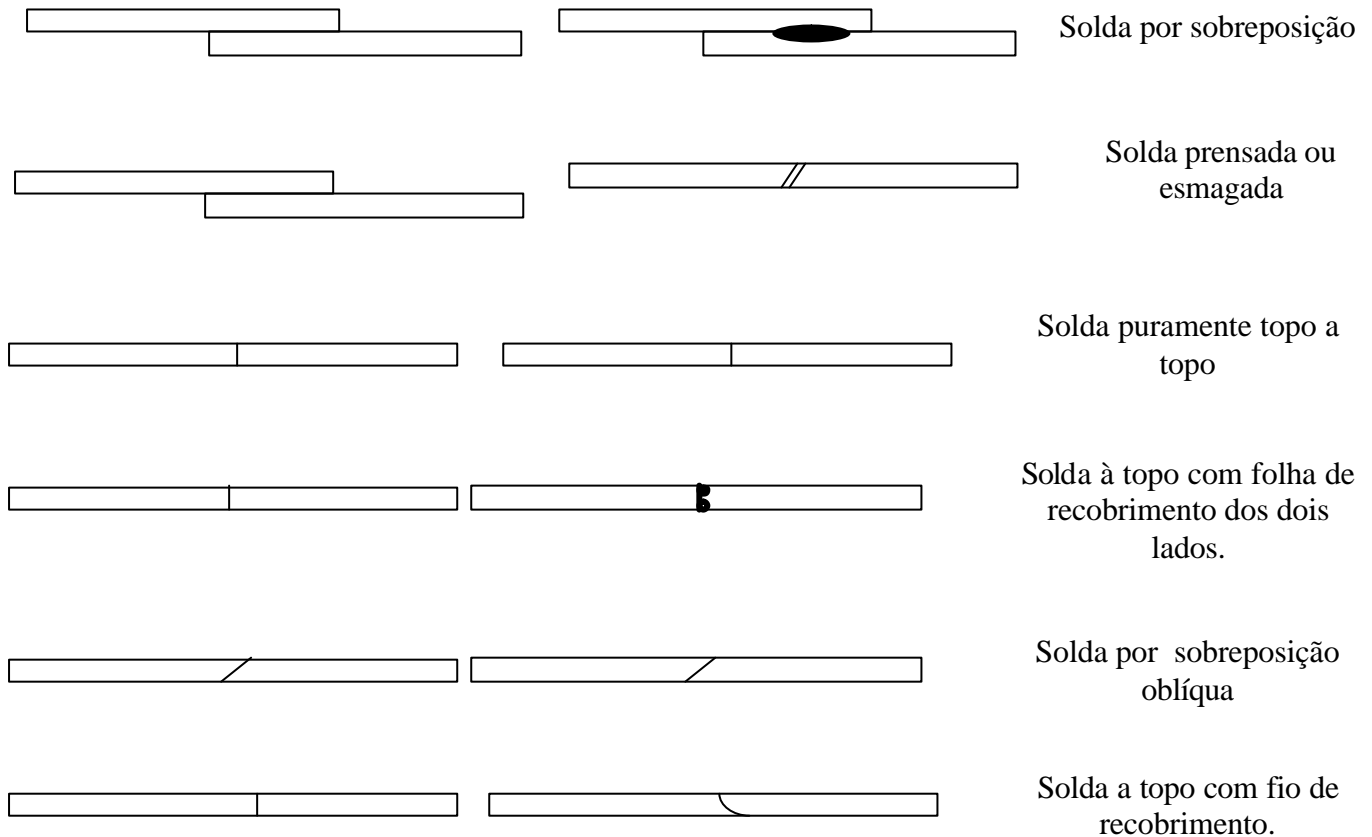
Durante a solda os discos giram e são percorridos pela corrente de solda, devem estar em contato permanente com a peça a ser soldada, só levantando após o corte da corrente no final da solda.

Nas soldas por costura, as espessuras das chapas são usualmente menores que as usuais nas operações com solda por pontos ou projeção, devido à formação de circuitos derivados ou provocados pela proximidade dos pontos anteriores.

Mesmo tratando-se de máquinas de grande potência, não é praticável soldar por esse sistema chapas com espessura individual superior a 3mm.

Para obtenção de boas soldas, com o mínimo de influência térmica, a solda é interrompida periodicamente em impulsos e intervalos, esse efeito é conseguido na programação do comando eletrônico.

Tipos de solda por costura



Dados Técnicos a Respeito de Solda por Costura

Aço inox: Possibilita boa solda. Para evitar manchas é aconselhável aplicar jato de água diretamente sobre a área no momento da solda, esse processo vale também para toda a solda por costura.

A solda por costura de metais não ferrosos só podem ser realizadas pelo método de sobreposição, que deverá ser de 5 vezes a espessura da chapa.

Ao realizar solda por costura por esmagamento deve ser observada a regularidade da sobreposição, que não deve ser mais de uma vez a espessura da chapa, nesse processo em particular obtém-se ótima aparência e grande resistência mecânica.

Nas soldas à topo por costura exigem perfeito e regular apoio entre as faces das chapas, discos eletrodos com perfis corretos, e perfeita regulagem de tempos e pressão, é viável solda em chapa de 0,8 a 4 mm e é o processo mais indicado para solda de cabos e tubos em geral.

O processo de solda à topo por costura com recobrimento consiste em aplicar entre os discos eletrodos e a chapa uma lâmina do mesmo material de cada lado. Essas lâminas devem ter 1/5 de espessura da chapa.

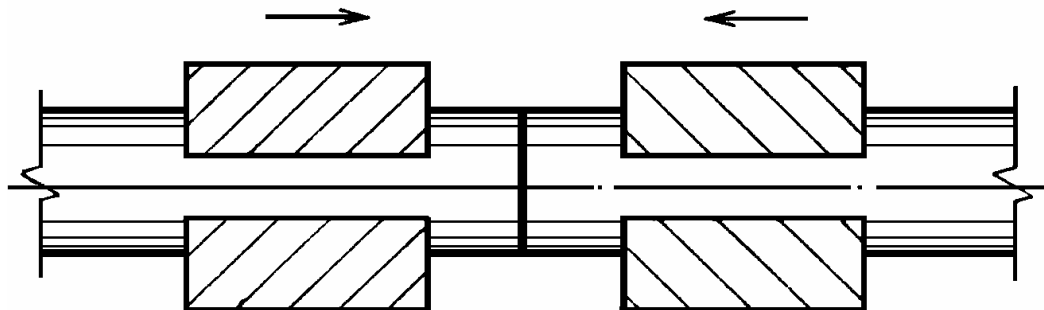
Esse processo apresenta grande resistência mecânica e ótimo acabamento, é recomendável sempre que as chapas tenham que receber polimento.

No processo de solda por costura por sobreposição oblíqua é imprescindível a precisão dos cortes, e as fixações das peças devem ser precisas e perfeitas para que não se desloquem durante a operação, é um método pouco usado devido ao alto custo da preparação.

Para solda por costura de metal leve ou não ferroso, é necessário que o material a ser soldado esteja impecavelmente limpo, e a máquina seja de construção robusta e de grande potência.

Solda Topo a Topo

Ao contrário de todos os processos de solda por resistência, toda a área da peça a soldar é percorrido pela corrente, as superfícies de contato devem ter áreas iguais, ou a diferença de massa impedirá que ocorra a elevação simultânea da temperatura.



No processo de solda topo a topo os eletrodos têm formas diferentes, são mordentes e envolvem total ou parcialmente as peças a serem soldadas.

A solda topo a topo pode ser realizada por 2 processos:

- A. Topo a topo por resistência.
- B. Topo a topo por faíscamento.

Este processo é utilizado na solda de materiais com forma geométrica definida, soldas em ângulo, e aços de baixo teor de carbono até 200 mm², também é utilizado na solda de metais não ferrosos, e exigem que as superfícies sejam planas.

Consumo de corrente em relação ao material a ser soldado pelo processo topo a topo por resistência.

Aço doce	70 / 80 Ampères por mm ²
Alumínio	150 / 200 Ampères por mm ²
Cobre	250 / 300 Ampères por mm ²

As pressões exigidas são de ordem de 0,5 a 1,2 kg/mm².

Solda a Topo por Faíscamento

A principal característica positiva deste processo é não exigir preparação das superfícies de contato, e o consumo de corrente é muito menor, mais ou menos 1/3 do processo por resistência.

Condições de Solda dos Principais Metais

Aço

Os melhores resultados são obtidos nas ligas de baixo teor de carbono 0,15 a 0,2.

As ligas em geral e de alto teor de carbono exigem, processo mais sofisticado na programação e preparação da solda, o material decapado proporciona sempre melhor qualidade.

O comando eletrônico e o acionamento pneumático são imprescindíveis para boa qualidade de solda, as exigências são maiores para chapas de 3 a 6 mm de espessura.

Aço inoxidável

Apresenta boa soldabilidade, este material tem coeficiente de dilatação mais ou menos 50% superior aos aços comuns, mas sua condutibilidade térmica é menor, é susceptível a deformações.

O calor provocado pela solda não deve chegar à superfície exterior, as soldas deverão ser feitas em tempo curto, e corrente alta. As pressões dos eletrodos são necessariamente mais elevadas, e especial atenção deve ser dada a sua refrigeração.

Metais Leves

A solda de metais leve, por suas características, exige condições mais severas da máquina de solda, comando e preparação motivada pela alta condutibilidade elétrica e térmica e suas propriedades mecânicas.

Nas ligas sofisticadas, os acúmulos de óxido sobre sua superfície exterior, e a faixa crítica de temperatura entre o estado sólido e líquido, dificultam a solda desses metais.

Cobre

Devido à alta condutibilidade, o cobre exige potências de solda elevadas.

Zinco

Este material é perfeitamente soldável pelo processo de solda por resistência e pode ser efetuada em máquinas comuns.

Maior número de pontos de solda devem ser aplicados em uma determinada área devido a sensível perda de resistência mecânica na região periférica da área soldada.

Classificação:

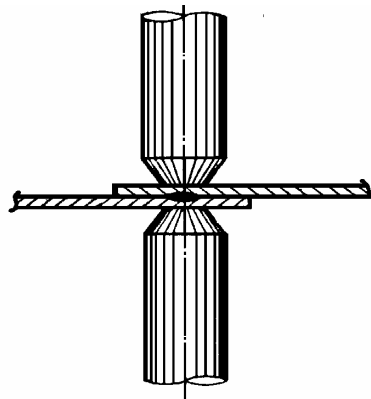
- A. Excelente
- B. Bom
- C. Regular
- D. Ruim
- E. Muito Ruim
- F. Impraticável

METAIS	ALUMÍNIO	AÇO INOX	LATÃO	COBRE	AÇO GALVANIZADO	AÇO CHAPA	CHAPAS CHUMBADA	METAL MONEL	NÍQUEL	NÍQUEL CROMO	CHAPA ESTANHADA	ZINCO	BRONZE FÓSFORO	NÍQUEL PRATA	PRATEADO
Alumínio	B	E	D	E	C	D	E	D	D	D	C	C	C	F	C
Aço Inox	F	A	E	E	B	A	F	C	C	C	B	F	D	D	B
Latão	D	E	C	D	D	D	F	C	C	C	D	E	C	C	D
Cobre	E	E	D	F	E	E	E	D	D	D	E	E	C	C	E
Chapa Galvanizada	C	B	C	E	B	B	D	C	C	C	B	C	D	E	B
Aço Chapas	D	A	C	E	B	A	E	C	C	C	B	F	C	D	A
Chapa Chumbada	E	F	F	E	D	E	C	E	E	E	F	C	E	B	D
Metal Monel	D	C	C	D	C	C	E	A	B	B	C	F	C	B	C
Níquel	D	C	C	D	C	C	E	B	A	B	C	F	C	B	C
Níquel Cromo	D	C	C	D	C	C	E	B	C	A	C	F	D	B	C
Chapa Estanhada	C	B	D	E	B	B	F	C	F	C	C	C	D	D	C
Zinco	C	F	E	E	C	F	C	F	D	F	C	C	D	F	C
Bronze Fósforo	C	D	C	C	D	C	B	C	C	D	D	D	B	B	D
Níquel Prata	F	D	C	C	E	D	B	B	B	B	D	F	B	A	D
Prateado	C	B	D	E	B	A	D	C	C	C	C	C	C	D	B

Testes de Solda

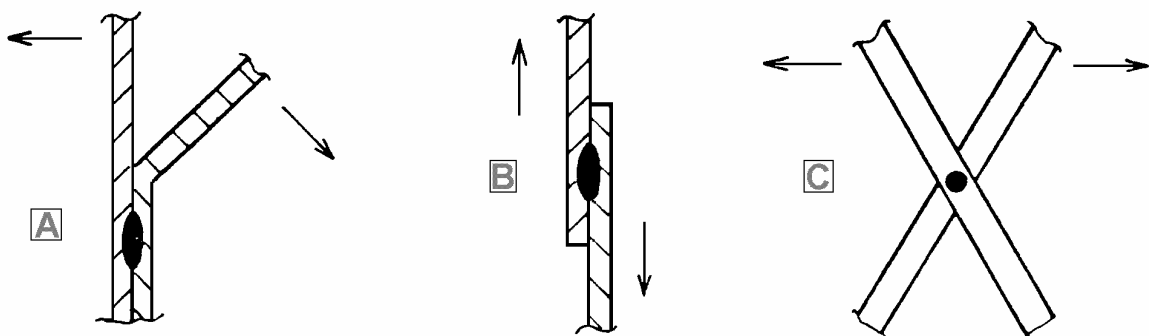
A marca exterior, impressão sobre um ou dois lados do material soldado, é característica de solda por pontos ou costura, e não permite conclusão segura a respeito da lente de solda. Para avaliação correta é necessário torna-la visível.

Quando a solda é de boa qualidade o corte visível deve mostrar em forma de lente, e com diâmetro igual à superfície de contato do eletrodo. Ver figura abaixo:



Em solda de material capeado, sujeito a corrosão, e ligas de materiais leves temperáveis, o calor da Zona de fusão não deve atingir a superfície exterior.

Na verificação da qualidade dos pontos de solda, os testes mecânicos são os mais utilizados, consistem em vergar até rasgar ou destruir a junta por tração ou torção das peças soldadas.



- A. Vergamento e arrancamento.
- B. Arrancamento por tração.
- C. Arrancamento por torção.

REGIME DE TRABALHO

Regime de funcionamento:

É a relação do tempo em carga e a duração do ciclo completo deve ser expresso em porcentagem.

Potência máxima em curto circuito:

É a medida máxima expressa em KVA, com os eletrodos em curto circuito.

Potência máxima de solda:

É igual a 80/10 da potência máxima em curto circuito.

Potência convencional:

É a potência aparente expressa em KVA, correspondente a serviço em regime de trabalho a 50%.

Cálculo da Potência Convencional:

$$P_c = P_m \cdot \sqrt{\frac{DC}{50}}$$

P_c : Potência convencional a 50% dados do fabricante.

P_m : Potência máxima medida (curto circuito)

Cálculo do fator de utilização - DC

$$DC = 50 \cdot \left(\frac{P_c}{P_m} \right)^2$$

DC : Fator de utilização.

Exemplos: P_c = 50 KVA - 50

P_m = 100 KVA - Potência medida (curto circuitado os eletrodos).

Calcular: Fator de utilização - DC

$$DC = 50 \cdot \left(\frac{50 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3} \right)^2 = 50 \cdot (0,5)^2$$

$$DC = 50 \cdot 0,25$$

$$DC = 12,5 \%$$

Verificando no gráfico de fator de utilização, notamos que em 12,5% temos 200 KVA.

CÁLCULO DO FATOR DE UTILIZAÇÃO ATRAVÉS DA CORRENTE DO SECUNDÁRIO:

$$DC = 50 \cdot \left(\frac{1_{sc}}{1s} \right)^2$$

DC : Fator de utilização.
1 sc : Corrente secundária máxima convencional no regime de 50%
1 s : Corrente secundária.

Cálculo da corrente secundária em regime de 50%:

$$1_{sc} = \frac{Pc}{Vs \text{ max.}}$$

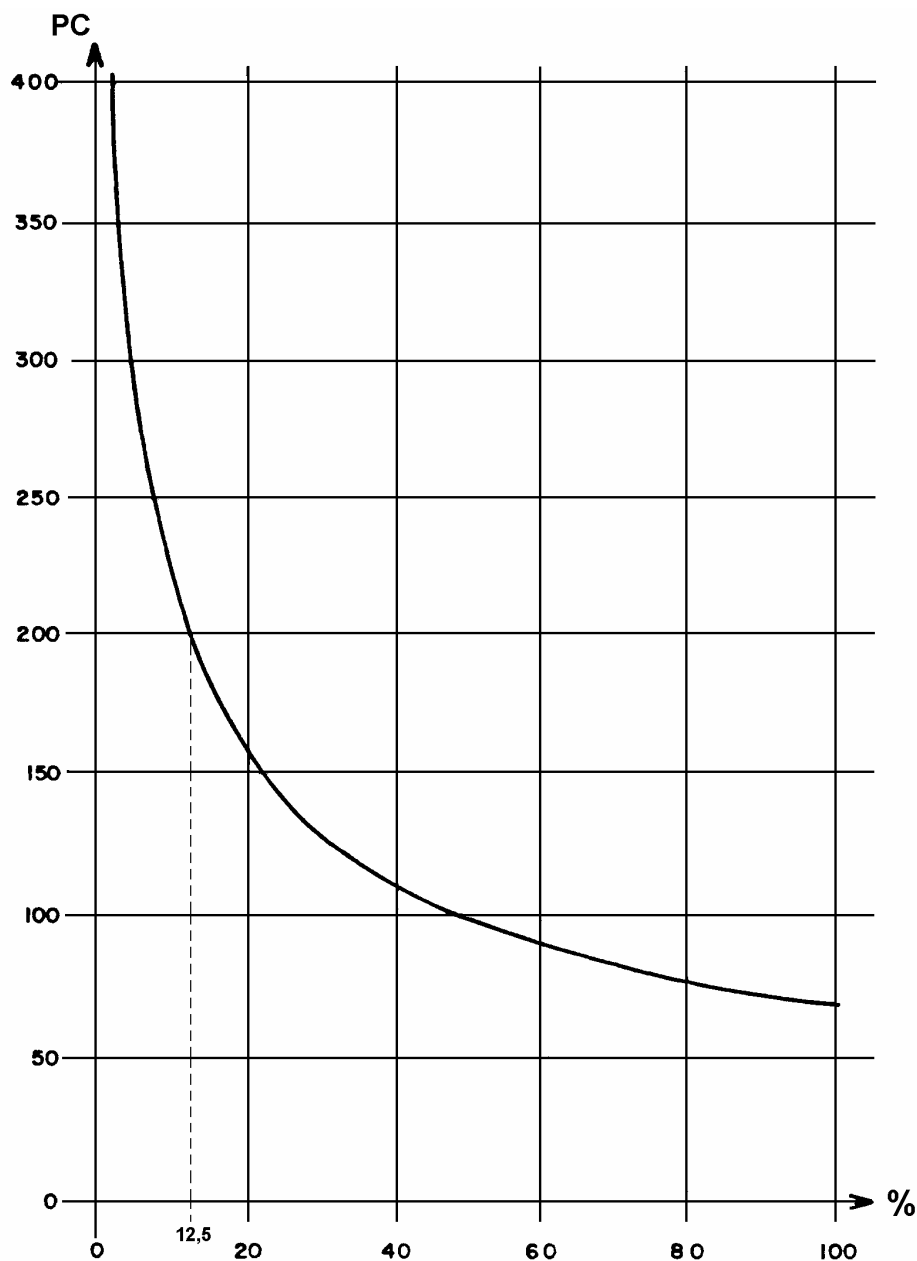
Vs : Tensão do secundário.
Pc : Potência convencional a 50%.

Cálculo da corrente do secundário:

$$1s = \frac{Vs}{Z}$$

Vs : Tensão do secundário.
Z : Impedância total.

**GRÁFICO DO FATOR DE UTILIZAÇÃO PERMISSÍVEL, EM RELAÇÃO
A POTÊNCIA NOMINAL INDICADA**



Conforme exemplo visto anteriormente, verificamos que o fator de utilização calculado (DC) é igual a 12,5% verificando este valor no gráfico acima, notamos que em 12,5% temos 200kVA.

Cálculo do intervalo médio mínimo entre as soldas:

$$\text{INT} = \frac{\text{TS}}{\text{DC}} : 100$$

INT: Intervalo mínimo entre soldas ciclos.
TS: Tempo de solda ciclos.

$$\text{INT} = \frac{\text{Fr. } 60}{\text{Ptos./min.}}$$

Fr: Frequência da rede ciclos
Ptos./min: número de pontos por minuto.

Cálculo do número de pontos por minuto e do fator de utilização:

$$\text{Ptos./min.} = \frac{\text{Fr. } 60}{\text{INT}}$$

$$\text{DC} = \frac{\text{TS} \cdot 100}{\text{INT}}$$

DC: Fator de utilização

Exemplos

Ptos./min. : 50
TS : 20 ciclos
Calcular : DC (%)

$$\text{INT} = \frac{60 \cdot 60}{50} = \frac{3600}{50} = 72 \text{ ciclos}$$

$$\text{DC} = \frac{20 \cdot 100}{72} = \frac{2000}{72} = 27\%$$

DC : 27%
TS : 72 ciclos
Calcular : Ptos./minuto
Intervalo

$$\text{INT} = \frac{72}{27} : 100 = \frac{700}{27} = 266,6 \text{ ciclos}$$

$$\text{Ptos./min.} = \frac{60 \cdot 60}{\text{INT}} = \frac{60 \cdot 60}{266,6} = \frac{3600}{266,6} = 13,5 \text{ Ptos./min.}$$

Então: DC = 27%
Pontos / Minuto = 13,5

INSTALAÇÃO DA MÁQUINA

- A. Instalação elétrica, fios e fusíveis de acordo com dados fornecidos.
- B. Ligar máquina a terra, observar normas existentes.
- C. Instalar água para refrigeração, pressão mínima: 2 kg / cm².
- D. Instalar compressor, no caso de máquina pneumática: mínimo 80 lbs. (5,6Kg/cm²)

N.B: Verificar esquemas e características técnicas da máquina antes de efetuar qualquer ligação.

Sequência de funcionamento

- A. Abrir registro de água (controlar saída).
- B. Abrir registro de ar.
- C. Verificar pressão entre eletrodos (regulagem de acordo com o material a soldar).
- D. Ajustar chave comutadora de potência no ponto adequado. Atualmente não existe mais chave comutadora para regulagem de potência. (Este controle é efetuado pelo comando eletrônico)
- E. Ajustar tempo de solda (curto inicialmente e aumentar gradativamente até obter boa solda.).

N.B: Para cada material a ser soldado, a máquina deverá ser regulada e antes de serem executadas as soldas definitivas, deverão ser feitos testes, com a finalidade de determinar o ponto e ainda, qualidade e a resistência das soldas.

Descrição geral e manutenção

Dependendo da máquina, a pressão entre eletrodos, pode ser obtida:

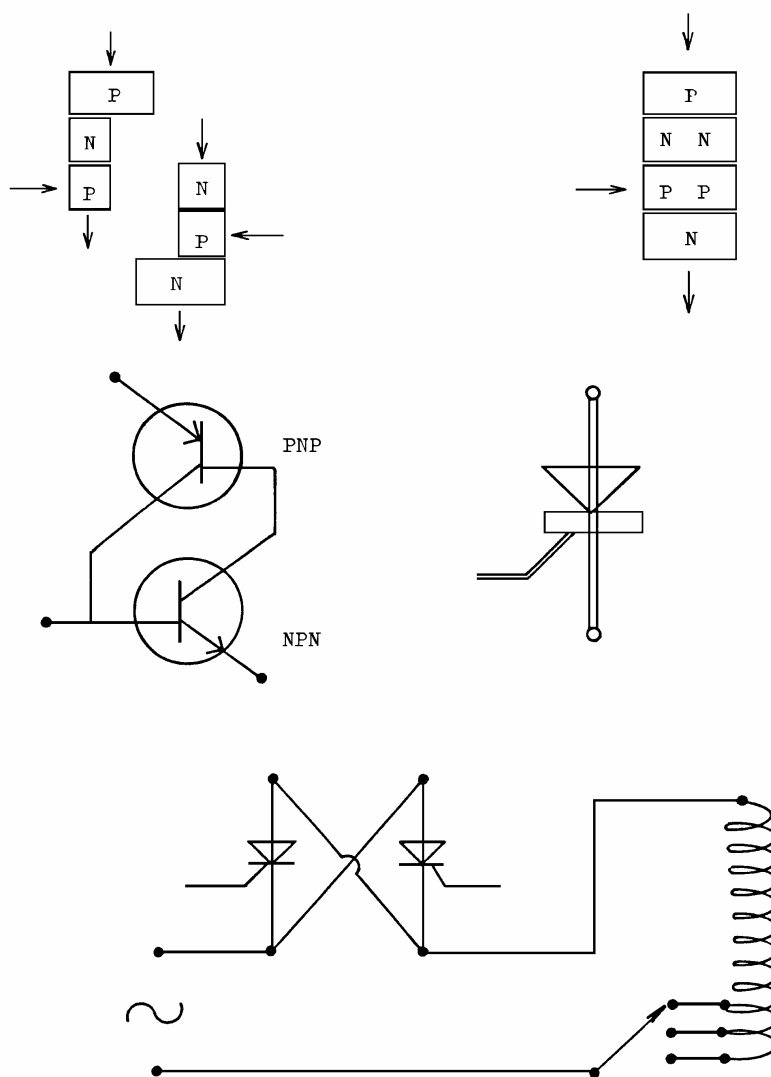
- Manualmente, através de pedal mecânico.
- Com circuito pneumático.
- Com circuito hidráulico.

No caso de máquina de pedal mecânico, estas podem funcionar com contato direto ou contator, podem ser controladas por comando eletrônicos simples de 2 tempos.

Contator: Este necessita de manutenção constante, e devido ao funcionamento contínuo, seus contatos devem ser substituídos constantemente.

Nas máquinas de maior potência, onde é necessário o uso de tiristores, estes são montados na caixa do comando eletrônico, ou na própria máquina.

Tiristores e seu Funcionamento



Tiristores:

São montados em uma fase de linha e em posição anti-paralela, funcionando um cada semi ciclo, são refrigerados à água, e são protegidos por termostato, o circuito de refrigeração deve ser examinado periodicamente.

Carcaca:

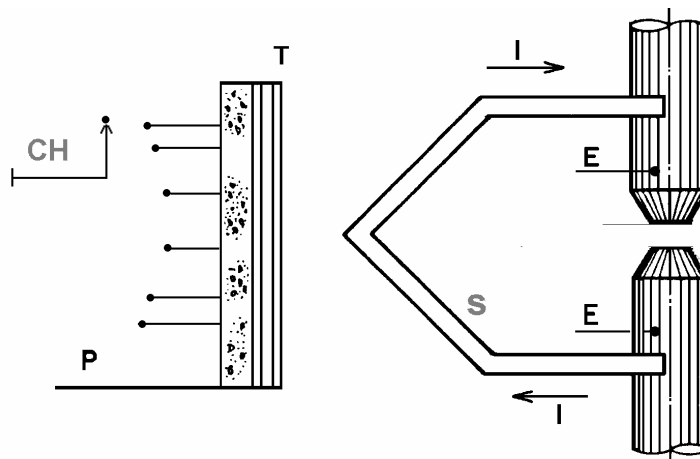
Deve ser de construção robusta, quaisquer flexões provenientes de uma má construção provocam desalinhamento nos eletrodos, de efeitos prejudiciais na execução das soldas.

Transformador:

De construção compacta, monofásico, e normalmente com secundário refrigerado à água. Devido a necessidade de alta corrente para as soldas, o secundário do transformador geralmente é construído com uma só peça de cobre.

Chave comutadora:

Montada no primário do transformador tem vários pontos de regulagens para controle de potência. Nos equipamentos mais atualizados o primário do transformador é fechado na potência máxima, sendo o controle da potência efetuado pelo comando eletrônico.



T - Transformador

P - Primário

S - Secundário

E - Eletrodos

I - Corrente

Ch - Chave comutadora (Nos atuais inexistente)

MÁQUINAS DE ACIONAMENTO PNEUMÁTICO

- A. Filtro de ar
- B. Lubrificador
- C. Regulador de pressão com manômetro
- D. Regulador de velocidade
- E. Pressostato
- F. Cilindro pneumático

Filtro de ar

Tem a finalidade de eliminar impurezas e umidade do ar, impedindo que o circuito pneumático (componentes) venha a se danificar. Faz-se necessário o esvaziamento e limpeza deste recipiente, periodicamente.

Lubrificador

Tem como finalidade lubrificar o circuito, possui um sistema de regulagem para o controle da dosagem necessária de óleo. A dosagem correta e a garantia do bom funcionamento do equipamento.

N.B: Quando o lubrificador for de copo plástico, utilizar sempre óleos de base parafínica e evitar o contato, com os seguintes produtos: acetona, amoníaco, tolueno, tetracloreto de carbono, gasolina, thinner e solvente similar.

Regulador de pressão com manômetro

Controla a pressão de ar no circuito, e é controlado por leitura direta no manômetro. Com este regulador, podemos variar a pressão entre eletrodos, necessário para cada tipo de solda.

Regulador de fluxo

Controla a velocidade de descida do eletrodo (cilindro), fazendo com que desça rápido ou lentamente, de acordo com a solda.

Válvula Solenóide

Comanda o acionamento do cilindro e é controlada pelo comando eletrônico, pode ser de 3 ou 4 vias.

Pressostato

Sua finalidade é liberar a corrente de solda quando o cilindro atingir a pressão programada, é de fácil regulagem, deve ser reajustado sempre que seja alterada a pressão do cilindro.

Cilindro

De acionamento pneumático ou hidráulico, retorno por circuito controlado pela válvula solenóide ou por mola, recebe lubrificação automática.

Compressor

Deverá manter uma pressão de entrada de aproximadamente 80lbs (5,6 Kg/cm²) , para podermos ter uma boa gama de regulagem na entrada da máquina. Na sua instalação é aconselhável colocar na saída do compressor um filtro de ar.

N.B.: O consumo de ar de uma máquina é relacionado com as dimensões e o curso do cilindro e com o número de operação de solda.

Refrigeração (a água)

Mantém o circuito secundário a níveis toleráveis, diminuindo as perdas por aquecimento, e a oxidação das emendas e áreas de contato.

Circuito de Refrigeração

- A. Secundário do transformador
- B. Braços
- C. Porta eletrodos
- D. Eletrodos
- E. Tiristores

N.B.: A instalação do circuito hidráulico de refrigeração pode ser feita em circuito fechado ou aberto, é recomendado uma pressão mínima e 2 kg/cm², a área de permutação de 50cm² por quilo de material.

COMANDOS ELETRONICOS

Vantagens

- A. Estabelecer e cortar a corrente de solda nos instantes desejados.
- B. Controlar o tempo de passagem de corrente durante a solda.
- C. Controlar o tempo de um toque de pré-aquecimento e o tempo total de aquecimento.
- D. Regular o valor da corrente do pré-aquecimento, aquecimento, forja e revenimento.
- E. Proporcionar a automação parcial, ou completa das soldas.
- F. Controlar o tempo de compressão, retenção e pausa.

Os comandos eletrônicos podem ser síncronos e assíncronos.

Funcionamento

Pré-pressão

Tempo em que os eletrodos ficam pressionando as peças a serem soldadas, antes da passagem da corrente, é necessário o tempo de compressão, para que haja um perfeito assentamento das peças a serem soldadas.

Tempo de solda

É o tempo em que a corrente passa através das peças à serem soldadas. O tempo de solda depende do material a ser soldado, da espessura e da condutibilidade térmica e elétrica do mesmo.

Pós-pressão

Este é o tempo em que as peças já soldadas ficam ainda sobre pressão. Tem a finalidade de utilizar os eletrodos como dissipador de calor, fazendo com que haja um resfriamento mais rápido no ponto de solda.

Tempo de pausa

É o intervalo de tempo necessário entre uma solda e outra, ou quando ligado em PONTO SÉRIE o tempo de mudança da peça para a repetição do ponto, ou ainda quando o processo estiver com IMPULSO (repetir o ponto de solda no mesmo local)

Controle de potência

É um regulamento do comando que atua sobre o ângulo de disparo dos tiristores, tem uma gama de variação de 10 a 100 % nos comandos. Dependendo do material a ser soldado, por exemplo: alumínio é necessário o uso de um comando síncrono, porque a faixa de temperatura entre o estado sólido e líquido é muito pequena.

N.B.: No caso dos nossos comandos, os circuitos ativos são de fácil localização, facilitando a substituição e manutenção.

ELETRODOS

Por trabalharem em condições extremamente desfavoráveis, devem possuir qualidades mecânicas e elétricas, conduzem corrente elétrica de grande intensidade, não devem sofrer aquecimento demasiado, resistir a pressões elevadas durante a soldagem sem desgaste excessivo, também não devem perder a dureza e resistir longo período de trabalho.

Tabela para Diâmetro e raio dos eletrodos conforme espessura da chapa								
Espessura da chapa em mm	1	2	3	4	5	6	7	8
Diâmetro da ponta dos eletrodos em mm	4,5	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5	18,5
Raio de curvatura	50	75	75	100	100	150	200	200

A forma dos eletrodos e a sua composição são determinadas de acordo com os materiais a serem soldados, eletrodos de Cobre Cromo, Cobre-Cromo-Zircônio, Cobre Zircônio, Cobre-Cádmio e Cobre-Berílio, são os mais usados.

São tratados termicamente, para atingirem as características necessárias:

- A. Condutibilidade elétrica e térmica elevada.
- B. Resistência mecânica, mesmo em altas temperaturas.
- C. Pouca tendência para formar ligas com o material a soldar.

RWMA - Resistance Walder Manufactures Association (USA).

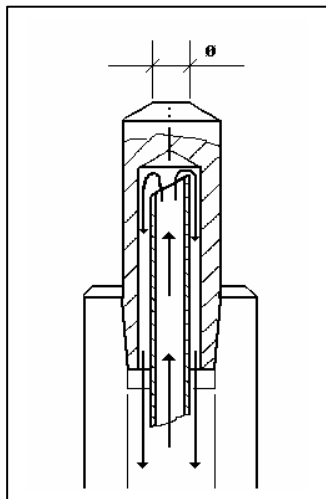
Especifica características mínimas para os diversos tipos de materiais utilizados na confecção de eletrodos.

RWMA	DUREZA	CONDUTIBILIDADE	Material
	Rockwell-B	IACS %	
Classe	Mínima	Mínima	
1	65	80	Cobre Cádmió
2	75	75	Cobre Cromo
3	90	45	Cobre Cobalto Berílio

A tabela acima é válida para eletrodos trefilados, com menos de 1" de diâmetro. Para eletrodos e peças fundidas, as características são um pouco mais baixas.

A maioria das ligas e metais são soldadas com Cobre-Cromo, o alumínio e suas ligas, geralmente, com Cobre-Cádmió, e como segunda opção é indicado o Cobre-Cromo.

O resfriamento correto dos eletrodos tem grande importância na execução das soldas e no tempo de vida útil, a água deve ser levada tão perto quanto possível da ponta dos eletrodos, aproximadamente 12 mm da ponta, a temperatura da água de resfriamento deve permanecer abaixo de 40°.



CIRCULAÇÃO DE ÁGUA NO ELETRODO

Vide desenho colorido da capa, ele demonstra com maiores detalhes.

Nota:

1. Periodicamente se faz necessária uma vistoria nos eletrodos, com o regime de trabalho sofrem desgaste sendo necessário que sua forma correta seja mantida para obtermos uma solda sempre uniforme.
2. Para a solda de alumínio, zinco e latão são recomendáveis o uso de eletrodos com as pontas ligeiramente arredondadas.
3. Um dos fatores que contribui para uma boa qualidade de solda é o estado das pontas dos eletrodos, que devem estar com o formato correto e limpo.

SOLDA TOPO A TOPO POR RESISTENCIA

Definição

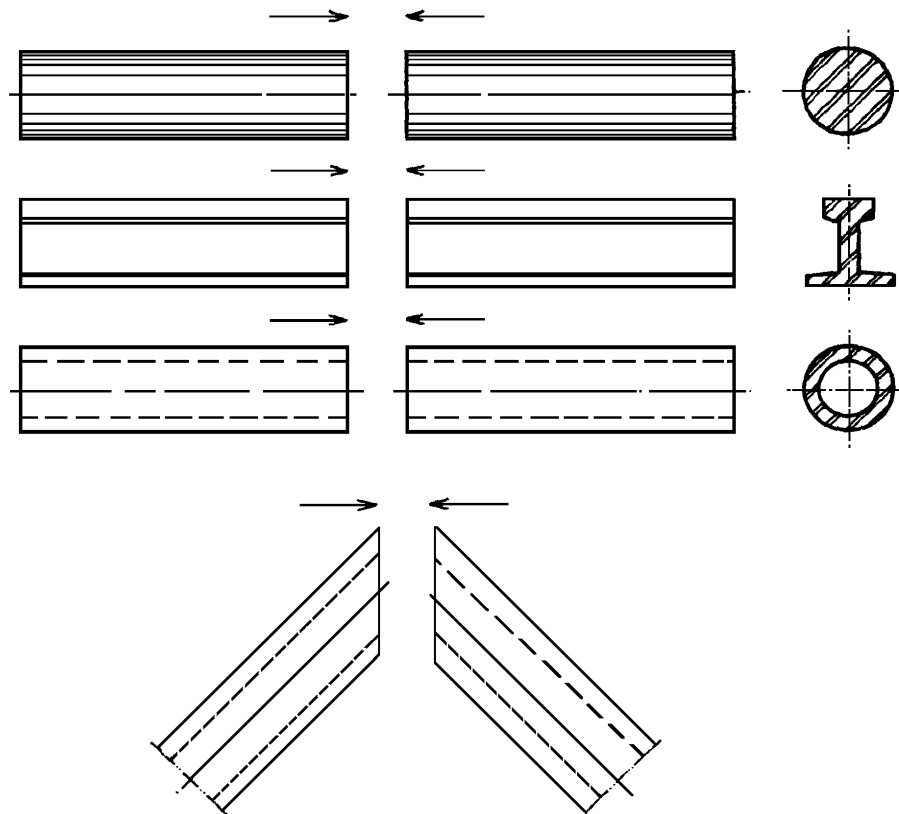
A solda topo a topo é um processo de solda sem a adição de metal.

A corrente elétrica que circula entre duas peças metálicas colocadas a topo, e a resistência de contato de suas superfícies são utilizadas como fonte de calor (efeito Joule) até a temperatura de caldeamento.

O processo é completado ao aplicar-se uma pressão de recalque ao conseguir a temperatura necessária.

Objetivo

A solda a topo se distingue dos outros processos de solda por resistência por realizar-se em toda a superfície de contato, formando uma peça única, mantendo suas dimensões geométricas e homogênea no aspecto metalúrgico e uniformidade da resistência mecânica, e permite realizar união retilínea de peças de perfis diversificados, e também de peças em ângulo de até 90°.



Classificação

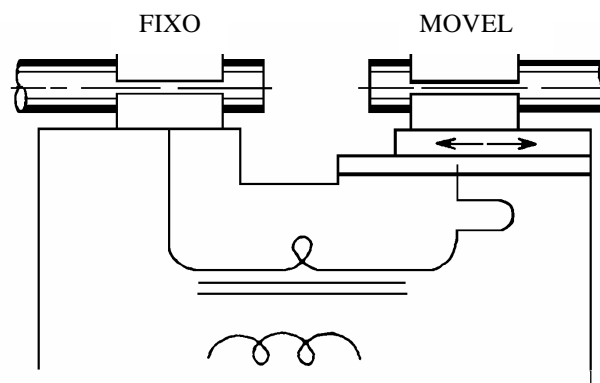
A solda a topo pode ser dividida em 3 processos:

1. Solda a topo por resistência pura.
2. Solda a topo por faíscamento direto.
3. Solda a topo por faíscamento com toques alternados para pré-aquecimento.

1. SOLDA A TOPO POR RESISTÊNCIA PURA

As peças são postas em contato sobre pressão, aplica-se a corrente elétrica, e o aquecimento até o caldeamento é produzido pelo efeito Joule.

As peças são presas nos mordentes, que são unidos eletricamente ligados cada um a um terminal do secundário do transformador, um dos mordentes é fixo no corpo da máquina, o outro, esta instalado na mesa móvel que transmite as peças a serem soldadas um movimento de aproximação, que produz um esforço de compressão nas superfícies a serem soldadas.



O esforço de fixação das peças devem ser suficientes para assegurar boa passagem de corrente, e impedir o deslizamento quando submetida ao esforço de compressão móvel.

SEQUENCIA DA SOLDA

As extremidades das peças se contatam sobre pressão, e o transformador é energizado.

O secundário do transformador fica em curto circuito com as peças, que pela sua própria resistência, e pela resistência de contato em si, são submetidas a intenso aquecimento, predominante na união das peças até o ponto de fusão, neste momento é acionada a mesa móvel, com uma força extra, e o recalque é realizado no ponto de maior geração de calor (contato entre as peças) expulsando parte do material fundido, a corrente de solda é interrompida, e após algum tempo de esfriamento, ajudado pela dissipação do calor para os mordentes refrigerados, é aliviado o esforço de compressão.

DENSIDADE DE CORRENTE

As densidades de corrente de solda para diversos materiais:

- Aço doce: 70 a 80 ampères /mm²
- Ligas de alumínio: 150 a 200 ampères / mm²
- Cobre: 250 a 300 ampères / mm²

PRESSÃO

As pressões sobre as superfícies a serem soldadas são da ordem de 0,5 a 1,5 kg / mm².

Um volume de material alcança alta temperatura em ambas as faces da união, a profundidade do aquecimento se irradia e mantém em estado pastoso grande parte do material entre mordentes.

As faces das peças a serem soldadas devem ser planas e paralelas para evitar contaminação por óxidos.

Este processo não permite soldar dois metais de características física e elétrica diferentes.

A solda a topo por resistência pura é aplicada de preferência em pequena secção maciça de peças de aço, aço inox, ligas de alumínio, cobre, latão etc.

2. SOLDA A TOPO POR FAÍSCAMENTO DIRETO

As peças a serem soldadas são encostadas em suas extremidades, a corrente elétrica é ligada, devido a falta de bom contato ocorre o faíscamento, e em seqüência o recalque, após o início do recalque o processo é idêntico a solda por resistência.

Cada peça a ser soldada é presa em um dos mordentes, que estão ligados diretos aos terminais secundários do transformador, e permitem a condução da corrente de solda a cada uma das peças a serem soldadas.

As peças devem estar presas nos mordentes com pressão suficiente para permitir o máximo de passagem de corrente e evitar o escorregamento quando aplicado o esforço de recalque.

Para soldar por faíscamento se realizam as seguintes operações:

- a) Sujeição das peças entre os mordentes, as extremidades estão em contato imperfeitos, sem pressão.
- b) O transformador é energizado.
- c) Começa o movimento lento da mesa móvel.

O processo da operação é totalmente distinto da solda por resistência pura.

Com o movimento da mesa as faces dos materiais a serem soldados fazem contato a baixa pressão.

O circuito elétrico secundário é posto em curto em alguns pontos de contato, onde é gerado calor intenso, o material funde rapidamente, e inicia a projeção de partículas incandescentes e tem início o faíscamento.

A expulsão do material continua durante o avanço da mesa móvel que mantém o contato a medida em que o material vai sendo expulso.

As extremidades aquecem até a temperatura de solda, e tem inicio o recalque do material pelo rápido avanço da mesa móvel, a corrente de solda é desligada, e após tempo pré-determinado de esfriamento para consolidação da solda os mordentes são abertos.

O Faíscamento

O processo de aquecimento por faíscamento difere do aquecimento por resistência pura.

As superfícies metálicas raramente são perfeitamente lisas, são formadas por rugosidades que submetida a condições adequadas permite a formação do faíscamento.

O contato elétrico ocorre por essas asperezas onde as superfícies de contato são uma pequena parte da secção total, a passagem da corrente gera calor que leva imediatamente o material ao ponto de fusão e até a evaporação, essas pequenas partículas de material expandem-se e se projetam para fora, ocorrendo o faíscamento, esses pontos de contato dão lugar a pequenas crateras, que tornam a fazer contato em sua periferia. Formam novos pontos de contatos imperfeitos que geram calor, explodem, aparecem novas crateras, suas bordas tornam a entrar em contato pelo avanço da mesa e o processo se repete até o desligamento da corrente, seguida do rápido avanço da mesa móvel, que recalca e consolida a solda.

A perda de material pela fusão e combustão diminui a longitude das peças que é compensada pelo avanço da mesa que mantém a pressão necessária sobre as asperezas das faces que se renovam continuamente.

A velocidade excessiva apaga o faíscamento, e se muito lenta interrompe o processo.

O faíscamento é um aquecimento por efeito Joule motivado pela passagem de corrente elevada pelas protuberâncias metálicas em contato imperfeito, fundido, explodindo e renovando a reação de novas crateras.

As tensões secundárias aplicadas as peças estão abaixo das necessárias para produzir arco entre as faces em faíscamento.

A ação do faíscamento, provocando a combustão de partículas e produção de vapores metálicos, impede a oxidação do metal líquido no ponto de união das peças.

O processo assegura a localização de altas temperaturas na região da solda e a quantidade de metal quente é menor que no processo por resistência pura.

A ação do faíscamento só é possível quando a potência da máquina é suficiente para fundir o metal à medida que a mesa avança.

É necessário que a energia fornecida pela máquina seja superior a quantidade exigida para a fusão do metal.

Fatores que determinam uma operação correta de faíscamento.

1. A tensão secundária mais elevada.

- a) Quanto maior for a velocidade da mesa móvel.
- b) Quanto mais frio estiver o metal.
- c) Quanto maior seja a superfície do faíscamento.

2. A velocidade deve ser aumentada progressivamente durante o faíscamento para compensar o aumento da temperatura até o ponto de fusão.

3. O início do faíscamento é mais difícil que sua manutenção.

Para conseguir o início do faíscamento é imprescindível que a mesa móvel tenha velocidade inicial muito pequena e acelerar progressivamente, ter tensão secundária alta no início, e que vá diminuindo com a progressão do faíscamento, o ponto de contato entre as peças tem a área menor que a secção normal.

A área completa da peça entra em faíscamento progressivamente com o aumento da temperatura na área de contato.

Recalque

Depois de terminado o tempo de faíscamento, e a longitude do material queimado sejam suficientes, as áreas unidas já estão na temperatura de solda, cobertas de metal líquido, e iniciada a operação de recalque.

O movimento da mesa é acelerado, e as extremidades das peças em alta temperatura se comprimem sobre alta pressão.

As asperezas de metal em fusão penetram uma nas outras. As resistências se anulam e o contato se estabelece na totalidade da secção das peças, e o faíscamento se extingue.

O recalque expulsa o metal fundido e os óxidos até o exterior e faz aparecer um engrossamento que em sua base tenha apenas o material puro recalcado. O recalque deve seguir ao faíscamento de forma instantânea

A parada do faíscamento por uma fração de segundo pode produzir oxidação no metal que esta em alta temperatura ou permitir o esfriamento das extremidades das peças.

Durante esse período de uma condição para outra, a corrente secundária não deve ser interrompida, a interrupção deve ocorrer durante ou depois da ação de recalque.

A temperatura no ponto de união das peças facilita a ação de compressão para o recalque.

Aspecto Metalúrgico

Durante a operação a região de solda sofre um aquecimento progressivo, e é mantida em temperatura de fusão por alguns segundos, seguido de esfriamento.

Parte das peças, presas pelos mordentes (normalmente refrigerados por água) se mantém a baixa temperatura desde o início até o termino da operação de solda.

A ação do faíscamento tem a condição de localizar a geração de calor nas extremidades a soldar, e limita a alta temperatura a pequena parte das pontas das peças em operação de solda, os mordentes refrigerados absorvem rapidamente o calor concentrado na união de solda, e a velocidade de resfriamento dependerá:

- Da condutibilidade térmica do material soldado.
- Da secção e forma das peças.
- Da distância do local de ocorrência da solda e os mordentes.
- Das condições do faíscamento, responsável pela temperatura das partes em contato para solda.
- De tempo em que as peças estejam sujeitas aos mordentes após a operação de recalque.

A região soldada: tratamento térmico influencia a estrutura e as propriedades os materiais soldado, dependendo de suas características físico-químicas, e dos tratamentos anteriores a que tenha sido submetido.

A estrutura de uma solda por faíscamento é a mesma de um metal forjado de óxidos e metal fundido.

A solda por faíscamento pode provocar mudanças de orientação das fibras produzidas durante a ação do recalque.

Metal base com ligas e granas orientadas por trefilação, a re-orientação provocada pela ação do recalque pode ser desfavorável a resistência mecânica na região da solda.

A parte aquecida pode apresentar zonas temperadas com diminuição da resistência e aumento da dureza.

Para os aços muito duros o efeito da refrigeração pode provocar rupturas. Ocorrência que pode ser eliminadas, reduzindo-se a refrigeração após a operação de solda, com a aplicação de um pós-aquecimento com a peça soldada ainda presa aos mordentes da máquina.

Para aços de alto teor de carbono ou de ligas especiais, que exigem qualidade, as restaurações das características físicas desejadas devem ser feitas por tratamento térmico correto em instalações previstas para essa operação.

Os aços de médio ou baixo teor de carbono (até 0,4%) não exige mais que precaução para obter uma estrutura correta:

Por exemplo:

Escolha adequada dos parâmetros de solda para aumentar a profundidade do aquecimento.

Diminuição de velocidade da refrigeração.

Diminuição do tempo de sujeição da peça após a solda.

PARÂMETRO PARA SOLDA A TOPO POR FAÍSCAMENTO

Esses valores dependem:

1. Das características químicas, elétricas, mecânicas e metalúrgicas dos materiais.
2. Da forma geométrica da secção a soldar e de sua superfície.
 - a. Peças maciças, redondas, quadradas, etc.
Exemplo: Trilhos para estradas de ferro, vergalhões para estrutura de cimento armado, etc.
 - b. Secções de paredes, delgadas: chapas de tubos, etc.

Cada um desses grupos obedece a regras de soldas bem diferenciadas.

A dispersão de calor, as superfícies em contato com o ar e a expulsão de óxidos são diferentes em cada caso.

A regulagem de uma máquina para aplicação determinada consiste em introduzir nos dispositivos de regulagem os seguintes parâmetros:

Variáveis elétricas

Tensão secundária.

Intensidade de corrente secundária.

- a. Durante o faíscamento.
- b. Durante o recalque.

Variáveis geométricas

Avanço total de solda que inclui:

Avanço de faiscamento.

Avanço do recalque.

Distância inicial e final dos mordentes.

Variáveis de tempo

Velocidade e aceleração do faiscamento.

Velocidade de recalque.

Duração do tempo em que a máquina esta energizada durante o recalque.

Variáveis mecânicas

Esforço de recalque.

Esforço de sujeição das peças entre os mordentes.

A quantidade de calor retirada pelas partículas de material e a dissipada por condução das peças os mordentes e por radiação, são importantes em relação ao calor útil que fica concentrado na zona de união.

É necessário que o calor gerado seja superior a essas perdas para que aqueçam de forma gradual e se vistam de uma capa de metal líquido.

As tensões secundárias variam de 2 a 15 Volts.

A intensidade da corrente secundária varia com a condutibilidade do material.

Exemplos:

Aços 5 a 10 Amps / mm²

Alumínio 150 a 300 Amps / mm²

As corrente utilizadas para recalque mais viáveis são:

Aços 15 a 30 Amps / mm²

Ligas de alumínio 130 a 300 Amps / mm²

Estes dados podem servir como base para regulagem. Como dependem de outros valores podem variar em faixa muito ampla.

VANTAGENS DA SOLDA A TOPO POR FAÍSCAMENTO

Para materiais correntes, a carga de ruptura e o limite elástico das uniões são muito parecidos com o metal base, não há adição de metal e a estrutura da região soldada é de uma peça forjada.

3. SOLDA TOPO POR FAÍSCAMENTO COM CONTATO ALTERNADO PARA AQUECIMENTO

O processo é misto, e combina os anteriores, na fase inicial, o aquecimento por resistência pura destina-se a pré-aquecer as extremidades antes de iniciar a operação de faiscamento.

PARÂMETROS DE SOLDA A TOPO

Velocidade de recalque:

Ligas de aço e alumínio	30 a 50 mm/s
Aço de baixo teor	10 a 30 mm/s

Pressão de recalque

Aços de baixo teor	Secção maciças	3 a 7 kg/mm ²
	Paredes delgadas	5 a 9 kg/mm ²

Aços de alta resistência	16 a 30 kg/mm ²
Ligas de alumínio	16 a 30 kg/mm ²
Aço inox	14 a 20 kg/mm ²

Pressão dos mordentes:

2 a 5 vezes a pressão de recalque.

Tempos de faíscamento em segundos.

Ligas de alumínio	2 seg. por mm ²
Aço doce redondo	1 seg. por mm ²
Aço doce chapa ou tubos	2 seg. por mm ²

Avanço total de solda:

Ligas de alumínio (aprox.)	10 x # da chapa
Aço doce redondo	2 x \emptyset
Aço doce chapa	3 a 5 x #

Distância final entre mordentes:

Aço doce redondo	1 a 1,5 x \emptyset
Aço doce chapas	3 a 5 x #
Ligas de alumínio	0,5 a 1 x #

MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA LOCALIZAÇÃO DE DEFEITOS DE SOLDA

Tem sido constantemente observado, que o operador de equipamento de soldar por resistência, tenta diagnosticar dificuldades de todos os fatores que poderão afetar a operação.

Alguns responsabilizam os eletrodos. Outros, o sistema de controle e ainda outros simplesmente que a máquina quebrou ou “gastou-se” prematuramente.

A tabela abaixo não pretende fornecer uma solução “mágica” a todas as dificuldades que podem surgir na solda por resistência.

Porém, enumera algumas das causas mais comuns da resultante de soldas a ponto defeituosas, e dessa maneira, mostra num relance que qualquer tipo de defeito de solda a ponto, pode ter como causa um dos muitos fatores próprios ao processo de operação.

PROBLEMAS DE SOLDA E SUAS CAUSAS PROVÁVEIS

Problemas de solda

Causas prováveis

1. Escape de material das chapas (expelindo faíscas) entre eletrodos ou entre chapas no ponto de solda. Também: eletrodos aderindo ou colando ao material base durante a soldagem.	1.1 Corrente de solda alta. 1.2 Pressão entre eletrodos baixa. 1.3 Perfil da ponta dos eletrodos insuficiente ou desajustado. 1.4 Óxidos ou ferrugem nas superfícies das chapas. 1.5 Tempo de compressão é muito curto.
2. Marca profunda dos eletrodos no ponto de solda.	2.1 Alta pressão entre eletrodos. 2.2 Corrente de solda baixa com tempo de solda longo (não compatível com a espessura da chapa) 2.3 Perfil da ponta dos eletrodos insuficiente.
3. Resistência mecânica do ponto de solda variando após algum tempo de trabalho.	3.1 Mau contato nas ligações primárias ou secundárias da máquina, ou ainda queda de tensão da rede elétrica, reduzindo a potência. 3.2 Refrigeração deficiente dos eletrodos, causando aquecimento e deformação na ponta do eletrodo, conseqüentemente, aumentando a área de contato.
4. Aquecimento dos braços e do transformador de solda	4.1 O regime de trabalho está ultrapassado. 4.2 Demasiada área de contato eletrodo-chapa. 4.3 Tempo de solda demasiadamente longo. 4.4 Mau contato nos suportes, braços etc.
5. Soldas individuais de qualidade satisfatória, porém, o conjunto acabado mostra uma distorção excessiva.	5.1 Posicionamento deficiente das partes a serem soldadas. 5.2 Dispositivos mal confeccionados. 5.3 Espaçamento das soldas impróprio ou distância insuficiente dos cantos. 5.4 Refrigeração insuficiente dos eletrodos. 5.5 Pressão incorreta entre eletrodos.
6. Corrente de solda não circula.	6.1 Verificar, se a chave geral está ligada. 6.2 Verificar fusíveis e interruptores. 6.3 Verificar conexões e condutores principais. 6.4 Verificar se os eletrodos ou conexões não estão isoladas com teflon impedindo a passagem de corrente.
7. Corrente de solda irregular ou nitidamente abaixo daquela para a qual a máquina foi regulada.	7.1 Verificar painéis e circuitos, conexões soltas ou contatos gastos.
8. Quanto ao sistema de refrigeração.	8.1 Verifique inicialmente o fluxo de água, e que todos os registros estejam funcionando adequadamente. 8.2 Inspeccione as mangueiras verificando se existem dobras, curvas, vazamentos ou outros impedimentos de circulação de água. 8.3 Controle também a temperatura da água de alimentação e recirculação.
9. Quanto aos eletrodos	9.1 Verifique a área de contato dos eletrodos. 9.2 Veja que o fluxo de água no eletrodo esteja refrigerando eficientemente a ponta do mesmo.

<p>10. Quanto ao sistema de pressão de solda.</p>	<p>10.1 Se o sistema de pressão de solda aparentemente está em ordem, <u>não o ajuste para forças maiores</u>, sem verificar primeiro outras causas prováveis de sobre-aquecimento, como:</p> <ul style="list-style-type: none">10.1.1 Peças sujas.10.1.2 Corrente muito elevada.10.1.3 Tempo de solda demasiado longo. <p>10.2 Se o ajuste de pressão de solda da máquina dor correto, porém com a força parecendo insuficiente causando soldas queimadas, verifique.</p> <ul style="list-style-type: none">a. O ajuste do pistão.b. Que as peças estejam sendo apertadas corretamente uma contra a outra.c. A força de contato, pois se ela for insuficiente pode ser devido o eletrodo gasto. <p>Em solda a ponto, nota-se a pressão de solda excessiva quando houver entalhes excessivos e vida curta dos eletrodos de solda (verifique o tipo de liga de cobre).</p> <p>As soldas fracas ou nulas são devidas a diminuição da resistência de contato permitindo assim a passagem da corrente sem aquecimento da peça com a temperatura de fusão.</p>
<p>11. Quanto a outras condições não previstas anteriormente, e necessárias de correção, caso existam.</p>	<p>11.1 Ambiente muito úmido e poeirento causará rápido esburacamento de contatos.</p> <p>11.2 A vibração encurtará a vida de válvulas eletrônicas, além de causar afrouxamento de conexões elétricas e mecânicas.</p> <p>11.3 Água suja entope válvulas reguladoras e mangueiras de refrigeração.</p> <p>11.4 Cargas pesadas e intermitentes na linha de suprimento elétrico principal, reduzem a regularidade da corrente de solda. É recomendável verificar periodicamente todas as fontes possíveis de defeitos de maneira que medidas corretivas de manutenção possam ser tomadas fora dos períodos de trabalho.</p>

CONCLUSÃO

Quando são feitos relatórios mensais de manutenção, muitas causas de solda defeituosas poderão ser corrigidas antes que danos sérios se desenvolvam.

Lembre-se: Medidas corretivas, raramente exigem mais que um simples ajuste.

Cálculo para consumo de energia por ponto de solda

Cálculo para soldagem de uma porca

Soldagem de uma Porca M8 com chapa de 2.0mm

Parâmetros orientativos

Tempo de solda (**Ts**) = 10 ciclos.
Corrente de solda (**Cs**) = 15.000 A
Tensão nominal da rede: 220Vac
Relação de espiras transformador de 150kVA (**N**) 20:1

Considerações práticas

Tensão da rede quando soldando (**Vreal**) = - 10 % = 200Vac
Fator de potência (**FP**) = 0,75
Corrente no primário do transformador (**Iprim**) = $Cs / N = 15.000 / 20 = 750$ A

Potência ativa (**PA**) = $Vreal \times Iprim \times FP = 200 \times 750 \times 0,75 = 112,5$ kW

Para uma porca a energia elétrica gasta é referente ao tempo de solda.

Energia elétrica (**Ee**) = $PA \times Ts$

Onde PA deve estar em kW e Ts em horas para o resultado estar em kWh (Kilo watt hora)

$Ts = 46,206 \text{ E-6 horas } (46,206 \times 10^{-6}) = 0,166666 \text{ Seg} = 10 \text{ ciclos de } 60\text{Hz}$ (cada ciclo de 60Hz = 0,016666 Seg).

$Ee = 5,198175 \text{ Wh}$

Ou

$Ee = 0,005198175 \text{ kWh}$

Recomendação para sistema de refrigeração

Vazão <i>mínima</i> :	3,8 l/min. Consultar sempre o manual do fabricante do equipamento, pois a vazão depende do tipo de equipamento, potência, sistema de distribuição e aplicação do processo de soldagem.
Temp. máx. entrada:	40°C
Temp. mín. entrada:	2°C abaixo da temperatura do local de instalação.
Temp. máx. de saída:	70°C, protegido por sensor bimetálico (transformador e Tiristores).
PH:	7,0 a 9,0
Cloro máximo:	20 PPM
Nitrato máximo:	10 PPM
Sulfato máximo:	100 PPM
Sólidos máximos:	100 PPM, não abrasivos.
Carbonato de cálcio máximo:	250 PPM
Resistividade:	> 2.000 ohms/cm @ 25°C

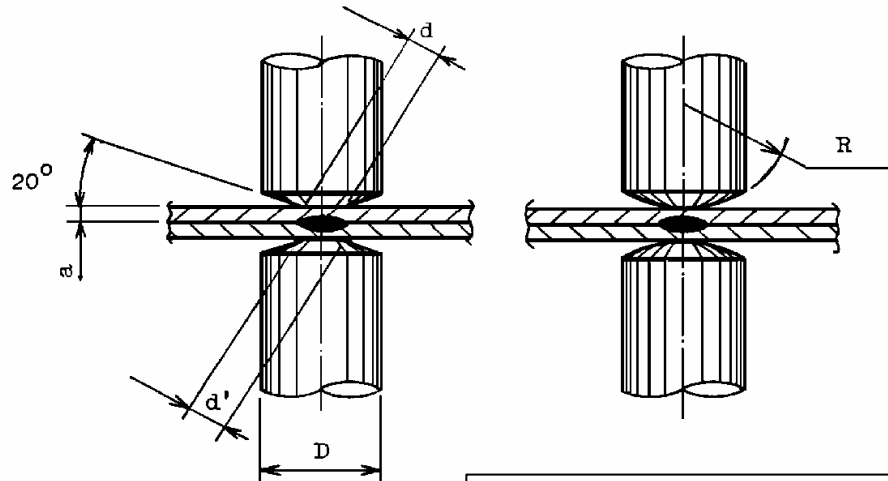
ATENÇÃO



Lembramos que a refrigeração é um dos fatores primordiais para a qualidade de solda e vida útil dos eletrodos.

Sugerimos que este item seja monitorado e sempre que possível efetuado manutenção no sistema para garantir sua eficiência e eficácia.

TABELA DE SOLDA PONTO PARA AÇOS SAE 1010/1030

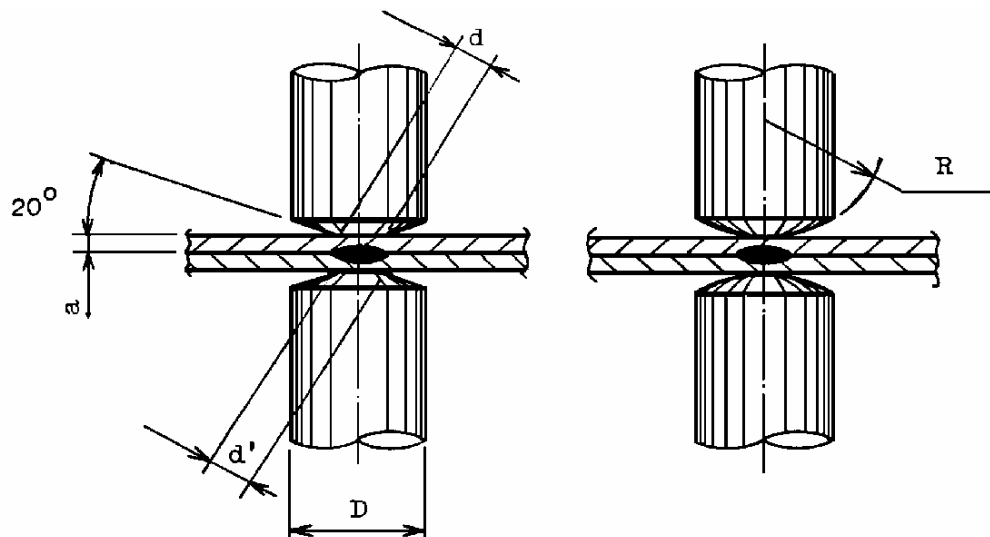


Para aumentar a vida útil dos eletrodos e evitar faiscamento de material incandescentes, utilizar o SLOPE durante 1/10 a 1/5 do tempo de solda total.

QUALIDADE MÉDIA DE SOLDA (TEMPO DE SOLDA PROLONGADO)							
# a mm	Força entre eletrodos Kgf	Corrente de solda kA	Tempo de solda ciclos/60hz	Eletrodos			Diâmetro do ponto de solda d' mm
				D min. mm	d mm	R mm	
0,5	60	4	10	10	4	50	3,5
1,0	100	5	20	12	6	75	4,5
1,5	150	6	40	16	6	75	5,5
2,0	200	7	50	16	7	75	6,5
2,5	250	8	75	19	8	75	7,5
3,0	300	9	100	19	9	100	8,5
4,0	380	10	160	25	11	100	10,5
5,0	450	12	225	25	13	150	12,5
6,0	550	14	325	30	15	150	14,0
ALTA QUALIDADE DE SOLDA (TEMPO DE SOLDA CURTO)							
0,5	150	6,5	3	10	4	50	3,5
1,0	250	9	6	12	6	75	4,5
1,25	300	10	8	12	6	75	5,0
1,5	350	11	10	16	6	75	5,5
2,0	500	14	15	16	7	75	6,5
2,5	700	16	25	19	8	75	7,5
3,0	800	18	30	19	9	100	8,5
4,0	1250	22	45	25	11	100	10,5
5,0	1700	25	70	25	13	150	12,5
6,0	2250	29	100	30	15	150	14,5

Parâmetros orientativos

TABELA DE SOLDA PONTO PARA AÇO INOX 18/8

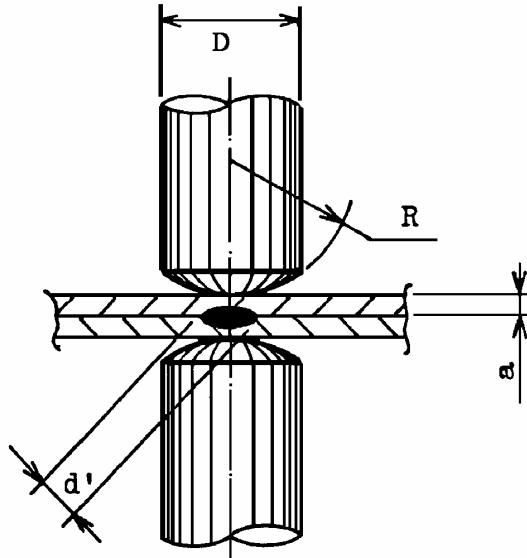


Para aumentar a vida útil dos eletrodos e evitar faiscamento de material incandescentes, utilizar o SLOPE durante 1/10 a 1/5 do tempo de solda total.

TABELA DE SOLDA PONTO PARA AÇO INOXIDÁVEL							
# a mm	Força entre eletrodos Kgf	Corrente de solda kA	Tempo de solda ciclos/60hz	Eletrodos			Diâmetro do ponto de solda d' mm
				D min. mm	d mm	R mm	
0,5	175	3,8	4	16	4,0	50	3,5
0,75	300	6,0	5	16	4,5	75	4,0
1,0	400	7,6	7	16	5,0	75	4,5
1,5	650	11,0	10	19	6,0	75	5,5
2,0	900	14,0	13	19	7,0	100	6,5
2,5	1200	16,0	16	19	7,5	100	7,0
3,0	1500	18,0	19	19	8,5	100	8,0

Parâmetros orientativos

TABELA DE SOLDA PONTO PARA ALUMÍNIO

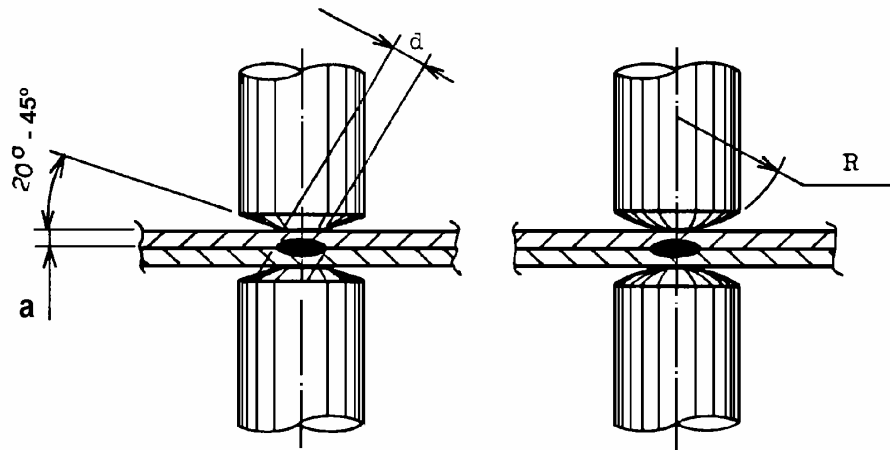


Para aumentar a vida útil dos eletrodos e evitar faiscamento de material incandescentes, utilizar o SLOPE durante 1/10 a 1/5 do tempo de solda total.

QUALIDADE INDUSTRIAL A						
# a mm	Força entre eletrodos Kgf	Corrente de solda kA	Tempo de solda ciclos / 60hz	Eletrodos		Diâmetro do ponto de solda d' mm
				D min. mm	R mm	
0,5	180	18	5	16	50	3,5
0,75	230	24	6	16	50	4,0
1,0	250	30	7	16	50	4,5
1,5	320	35	9	19	100	5,5
2,0	400	40	10	19	100	6,5
2,5	520	49	11	19	100	7,5
3,0	600	58	12	25	100	8,5
QUALIDADE INDUSTRIAL B						
0,5	140	16	6	16	50	3,0
0,75	160	18	7	16	50	3,5
1,0	180	21	8	16	50	4,0
1,5	240	25	10	19	50	5,0
2,0	280	29	12	19	50	6,0
2,5	340	33	13	19	50	7,0
3,0	370	36	14	25	50	8,0

Parâmetros orientativos

TABELA DE SOLDA POR COSTURA PARA AÇOS SAE 1010/1030



COM COMANDO ELETRÔNICO									
# a mm	Força entre eletrodos Kgf	Velocidade de solda m/min.	Corrente de solda kA	Tempo de solda ciclos/60hz	Pausa		Disco		Quant. de pontos por 10 mm
					min. ciclos	max. ciclos	mm	R mm	
0,5	240	2,0	10	2	1	2	3,0	50	5
0,75	320	2,0	12	2	2	3	3,5	50	4
1,0	400	1,75	14	3	3	4	4,0	75	4
1,25	480	1,75	16	4	3	5	4,5	75	3
1,5	500	1,5	17	4	4	6	5,0	75	3
2,0	600	1,5	19	6	5	7	5,5	75	2,5
2,5	700	1,5	20	7	6	8	5,5	100	2
3,0	800	1,1	22	10	7	10	6,0	100	2

SEM COMANDO ELETRÔNICO (COM FREQUÊNCIA DA REDE FORÇADA)								
# a mm	Força entre eletrodos		Veloc. Máx.		Veloc. Média		Sobreposição de material mm	Disco eletrodo d mm
	min. Kgf	normal Kgf	Veloc. m/min	Corrente kA	Veloc. M/min	Corrente kA		
0,25	150	180	12	10	6,1	8	6	3,0
0,5	200	240	11	12	5,3	9	6	3,0
0,75	230	290	10	13	4,7	10	6	3,5
1,0	270	400	8	14	3,7	11	6	4,0
1,25	310	450	7	17	3,1	12	6	4,5
1,5	340	530	5	17	2,2	14	8	5,0
2,0	400	600	3	17	1,5	15	10	5,0

Parâmetros orientativos

TABELA DE SOLDA POR COSTURA PARA AÇO INOX

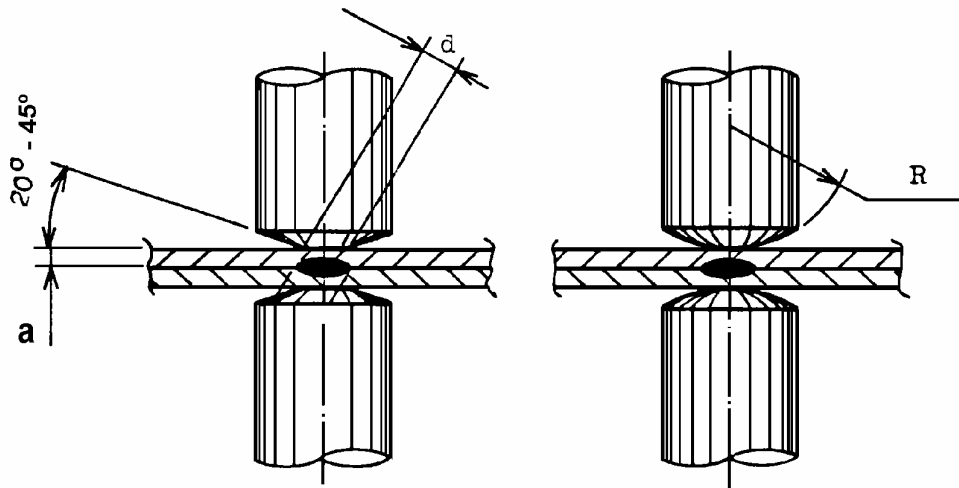


TABELA DE SOLDA POR COSTURA DE INOXIDAVEL

# a mm	Força entre eletrodos Kgf	Velocidade de solda m/min.	Corrente de solda kA	Tempo de solda ciclos/60hz	Tempo de Pausa		Disco		Quant. de pontos por 10mm	
					min. ciclos	max. ciclos	d mm	R mm	min.	max.
					0,5	300	1,4	8	3	2
0,75	400	1,3	11	3	3	4	3,5	50	4	5
1,0	500	1,2	12	3	4	5	4,0	75	4	5
1,25	600	1,2	13	4	4	5	4,5	75	3	4
1,5	800	1,1	15	4	5	6	5,0	75	3	4
2,0	1000	1,0	16	4	6	7	6,0	75	3	4
2,5	1250	1,0	16,5	5	6	7	7,0	150	2,5	3,5
3,0	1500	0,9	17	6	6	8	8,0	150	2,5	3

Quando o equipamento for utilizado para ponteamto a redução da pressão nos eletrodos pode chegar até 50%.

O tempo de pausa serve para determinar a distância entre pontos de acordo com a velocidade de solda.

Sempre que possível refrigerar as duas fases da costura com água, logo após os discos (refrigeração externa).

Parâmetros orientativos

SOLDA POR COSTURA EM LIGAS DE ALUMINIO

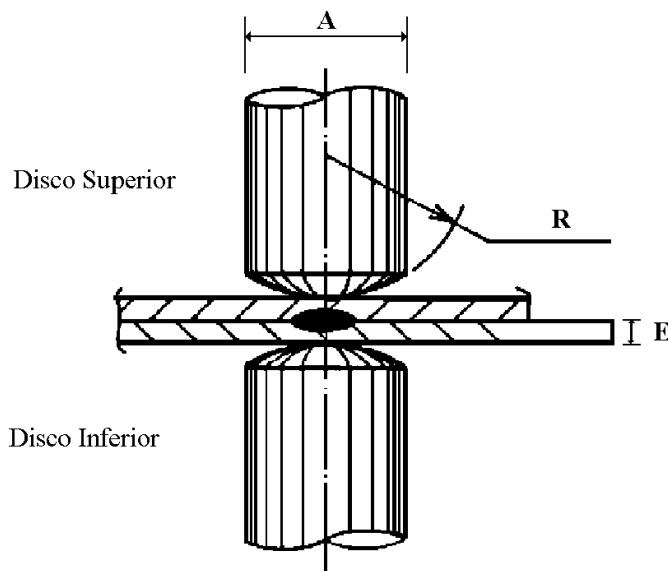


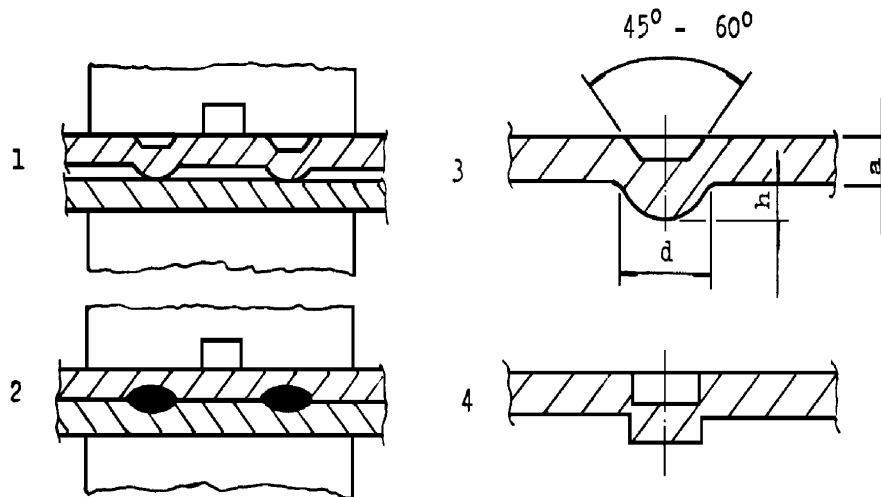
TABELA DE SOLDA POR COSTURA DE ALUMINIO								
Liga : 2024 - Al - Cu - Mg 7075 - Al - Zn - Mg - Cu								
# E mm	Força entre eletrodos Kgf	Velocidade de solda m/min.	Corrente de solda kA	Tempo de solda ciclos/60hz	Tempo de Pausa		Disco R mm	Quant. de pontos por cada 10 mm
					min. ciclos	max. ciclos		
0,5	300	0,75	25	1	4	6	50	8
0,75	450	0,75	32	1	5	7	50	7
1,0	600	0,75	42	1	6	8	50	6
1,25	750	0,7	48	2	7	9	50	5
1,5	950	0,6	55	2	9	12	75	4
2,0	1300	0,5	65	3	12	15	75	3,5
2,5	1600	0,5	75	4	14	17	100	3

TABELA DE SOLDA POR COSTURA DE ALUMINIO - Qualidade industrial								
Liga : 5152 - Al - Mg - 3								
# E mm	Força entre eletrodos Kgf	Velocidade de solda m/min.	Corrente de solda kA	Tempo de solda ciclos/60hz	Tempo de Pausa		Disco R mm	Quant. de pontos por cada 10 mm
					min. ciclos	max. ciclos		
0,5	250	1,0	24	1	3	4	30	8
0,75	300	0,95	28	1	3	5	30	7
1,0	350	0,9	32	2	5	6	30	6
1,25	380	0,8	34	2	6	9	50	5
1,5	420	0,75	37	3	8	11	50	4
2,0	500	0,6	40	4	10	12	50	3,5

O tempo de pausa serve para determinar a distância entre pontos de acordo com a velocidade de solda.

Parâmetros orientativos

TABELA DE SOLDA PROJEÇÕES “TÍPICAS PARA CHAPAS”



- 1 Antes da Solda
2 Depois da Solda
3 Ressalto redondo normal para soldar chapa
4 Ressalto mal estampado, paredes muito finas, interrupção das veias do material.

Ao soldar por projeção, a corrente de solda se concentra nos pontos de contato dos ressaltos, independente da forma dos eletrodos.
Por cada ressalto a superfície de contato do eletrodo deverá ser de 5 a 10 vezes maior que a superfície do ressalto

Quando houver mais de duas projeções é recomendável utilizar o SLOPE durante 1/10 a 1/5 do tempo de solda total, para nivelamento das projeções ou ressaltos.
Quando houver recursos é recomendável utilizar a segunda pressão durante o tempo de solda ou após.

# a	Diâmetro d Tol +/- 5% mm	Altura h Tol +/- 2% mm	Uma Projeção			Duas ou Três Projeções			Quatro ou mais Projeções		
			Força Kgf	Corrente kA	Solda ciclos	Força por Projeção Kgf	Corrente por Projeção kA	Solda ciclos	Força por Projeção Kgf	Corrente por Projeção kA	Solda ciclos
0,5	2,3	0,6	60	4,4	3	60	3,8	6	40	2,9	6
0,75	2,8	0,9	100	6,6	3	60	5,1	6	50	3,8	11
1,0	2,8	0,9	150	8,0	5	95	6,0	10	70	4,3	15
1,5	3,8	1,1	230	10,3	10	165	7,6	20	150	5,3	25
2,0	4,6	1,2	360	12,0	14	240	8,9	28	210	6,5	34
2,5	5,8	1,3	500	13,6	17	330	10,2	35	300	7,7	45
3,0	6,8	1,4	650	14,5	20	430	11,0	45	400	9,0	60

Parâmetros orientativos

TABELA DE SOLDA DE ARAME CRUZADO 1010 - 1020

BITOLA	2mm		2,5mm		3mm		4mm		5mm		2mm		2,5mm		3mm		4mm		5mm		REGIME
	10%		10%		10%		15%		15%		15%	30%	15%	30%	15%	30%	15%	30%	15%	30%	
NÚMERO DE ARAME											NÚMERO DE ARAME										
30 KVA	8		6		5		4		3												10%
50 KVA	15		11		9		7		5												10%
75 KVA											19	8	18	7	15	6	10	4	6	3	20%
100 KVA											22	10	20	9	18	7	12	5	8	4	20%
150 KVA											25	11	22	10	20	8	14	6	10	5	20%
200 KVA											28	12	24	11	21	9	16	8	12	6	20%

OBSERVAÇÕES

1. Esta tabela só é válida quando a separação entre os arames não exceda 3 ϕ .
2. Para soldar arames de diferentes diâmetros, deve-se considerar a soma dos dois diâmetros e dividir por dois.
3. Para separações maiores que 3 ϕ , diminuir 20% do arame por ϕ .

Parâmetros orientativos

DEMONSTRATIVO DE TESTE POR SOLDA A PONTO

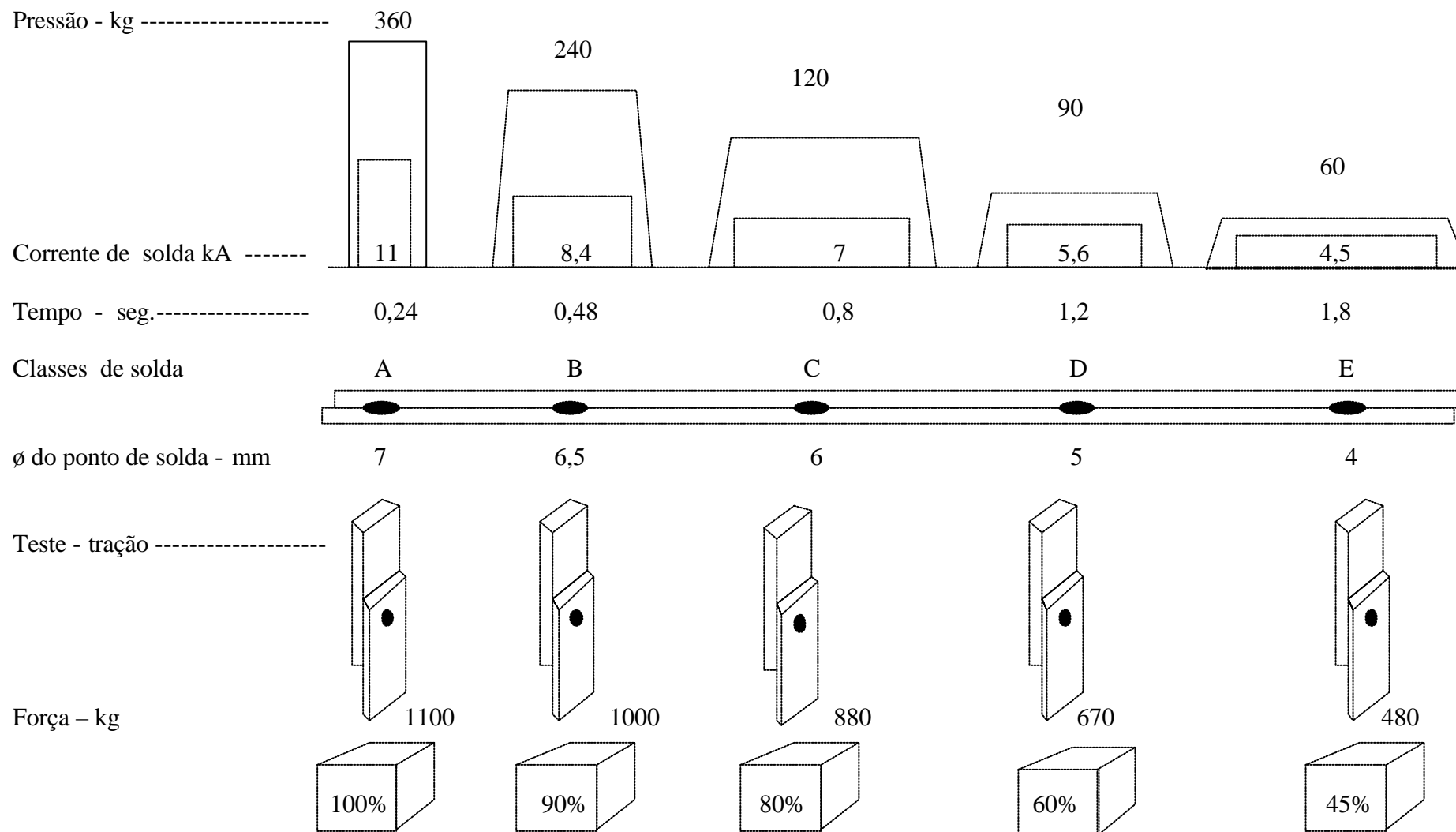
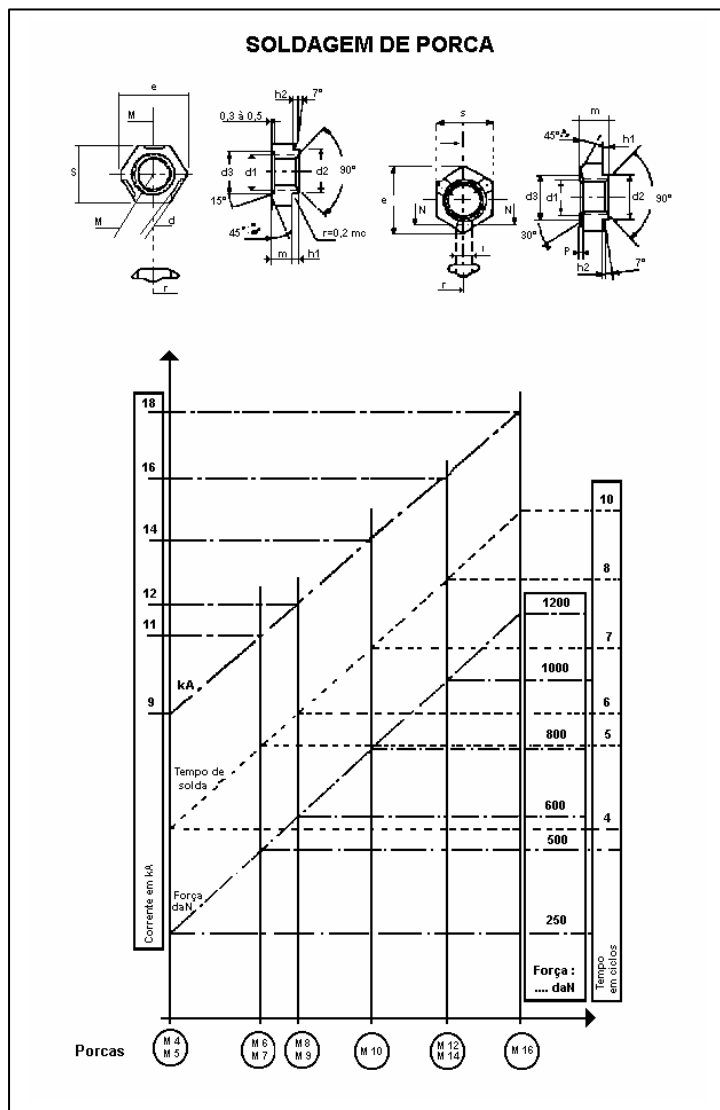


TABELA DE SOLDA PARA PORCAS



Porca sextavada com três ressalto para soldagem em chapa e aço 1010/20

Porca	# Chapa	Força entre eletrodos	Tempo de solda	Corrente	Torque
Ø	mm	Kgf	ciclos	kA	mN
M 4	0,5	200	4	7	30
	0,6	230		7,5	50
	0,7	250		8	70
M 5	0,8	300	5	9	80
	1	350		9,5	90
M 6	0,6	250	6	8	65
	0,7	300		8,5	75
	0,8	400		9	90
M 7	1	500	7	9,5	95
	1,2	600		10	100
M 8	0,8	500	8	10	120
	1	550		11	125
	1,2	600		12	125
M 9	1,5	650	9	12,5	130
	2	750		13	130
	2,5	900		14	135
M 10	1	600	10	12	110
	1,2	650		13	130
	2	800		14	140
	3	900		16	180
M 12	4	1000	12	18	200
	1,5	750		14	250
	2	800		14,5	280
	2,5	900		15	300
M 14	3	1000	14	16	350
	3,5	1200		18	350
	4	1400		20	350
M 16	2	850	16	15	400
	2,5	900		16	500
	3	1000		17	680
	3,5	1200		18	750
	4	1400		20	750
	4,5	1450		22	750
5	1500	24	750		

Diâmetro do furo na chapa para centrar a porca
Para porcas até M 7 acrescer + 0,1mm
Para porcas de M 8 para cima acrescer + 0,15mm

Parâmetros orientativos