



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

CARBOREP

CAR BODY REPAIR

Manual de Formação



08/08/2019

www.carborep.eu

Projeto financiado com o apoio da Comissão Europeia. A informação contida nesta publicação vincula exclusivamente o autor, não sendo a Comissão responsável pela utilização que dela possa ser feita

PROJECT
CONSORTIUM





CARBOREP

Formação Europeia para pessoal do setor da reparação de carroçarias da indústria automóvel

2016-1-UK01-KA202-024374

IO3: ADAPTAÇÃO DO CURRÍCULO TERCA E

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DE FORMAÇÃO

Índice

Introdução	5
------------------	---

UC1

1. Aços para reparação estrutural de Carroçaria Automóvel – Reparação por Soldadura.....	6
1.1 Materiais utilizados no fabrico da carroçaria de veículos	6
1.2 Soldadura MAG e Brasagem GMAW	18
1.2.1 Soldadura MAG e Brasagem GMAW (geral)	18
1.2.2 Soldadura MAG e GMAW (processos)	43
1.2.3 Especificações da soldadura de brasagem por arco de metal a gás.....	44
1.2.4 Características da soldadura de brasagem a arco de metal a gás e soldadura MAG.....	46
1.2.5 Preparação para soldadura de brasagem na reparação de carroçarias.....	47
1.2.6 Aplicações técnicas de MAG e GMAW na reparação de carroçaria	48
1.2.7 Saúde, Segurança e Segurança Ambiental	60
1º Exercício Prático.....	77
1.3 Tecnologia de união de soldadura por resistência a ponto	83
1.3.1 Soldadura por resistência a ponto (processo).....	83
1.3.2 Soldadura por resistência a ponto (geral).....	86
1.3.3 Saúde, Segurança e Segurança Ambiental	113
2º Exercício Prático.....	124

UC2

Aço, Alumínio e Compósitos na reparação estrutural da carroçaria automóvel – Reparação com Adesivos e Ligações Mecânicas.....	130
2.1 Materiais usados no fabrico de carroçaria de veículos.....	130
2.2 Ligação por Adesivos na reparação da carroçaria.....	135
2.2.1 Tipos de Adesivos	135
2.2.2 Aplicações das ligações por Adesivos	138
2.2.3 Características dos adesivos.....	141



2.2.4 Comparação com outros métodos de ligação	144
2.2.5 Testes Mecânicos	152
2.2.6 Aplicações técnicas de adesivos na reparação de carroçarias	152
2.2.7 Informações referentes ao Adesivo e informações de segurança	165
2.3 Fixadores mecânicos na reparação de carroçarias	170
3º Exercício Prático	183
2.4 Juntas híbridas na ligação por adesivos	188
2.4.1. Colagem adesiva e soldadura por ponto de resistência	188
2.4.3 Controlo de qualidade	191
2.4.4 Saúde, Segurança e Segurança Ambiental	198
4º Exercício Prático	199
5º Exercício Prático	203
6º Exercício Prático	207
7º Exercício Prático	210
8º Exercício Prático	212
9º Exercício Prático	215
10º Exercício Prático	221



Introdução

5

O presente documento é composto pelo manual de formação para o curso de Técnico Europeu de Reparação de Carroçaria Automóvel.

Este manual é composto por duas unidades de competências: UC1 - Aços para reparação estrutural de Carroçaria Automóvel – Reparação por Soldadura e UC2 - Aço, Alumínio e Compósitos para reparação estrutural de carroçaria automóvel – Reparação com Adesivos e Ligações Mecânicas.

O manual CARBOREP foi desenvolvido no âmbito do projeto CARBOREP (Formação Europeia para pessoal do setor da reparação de carroçarias da indústria automóvel, Número de referência do projeto: 2016-1-UK01-KA202-024374) e foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta publicação reflete apenas as opiniões do autor, e a Comissão não pode ser responsabilizada por qualquer uso que possa ser feito das informações contidas neste manual.

Cópias deste documento estão disponíveis no site da CARBOREP www.carborep.eu.

UC1

1. Aços para reparação estrutural de Carroçaria Automóvel – Reparação por Soldadura

1.1 Materiais utilizados no fabrico da carroçaria de veículos

A produção de uma carroçaria tem em conta uma quantidade típica de peças de metal estampadas, extrusões e componentes fundidos. Estas são encontradas na estrutura superior da carroçaria, chassis e subestruturas. O corpo do carro pode diferir na sua estrutura e partes incluídas entre diferentes fabricantes, *e.g. body-in-white* (corpo em branco), monocoque ou chassi e cabine. Abaixo é possível encontrar o que pode ser considerado um esqueleto comum para carros de produção de médio a alto volume, Figura 1:

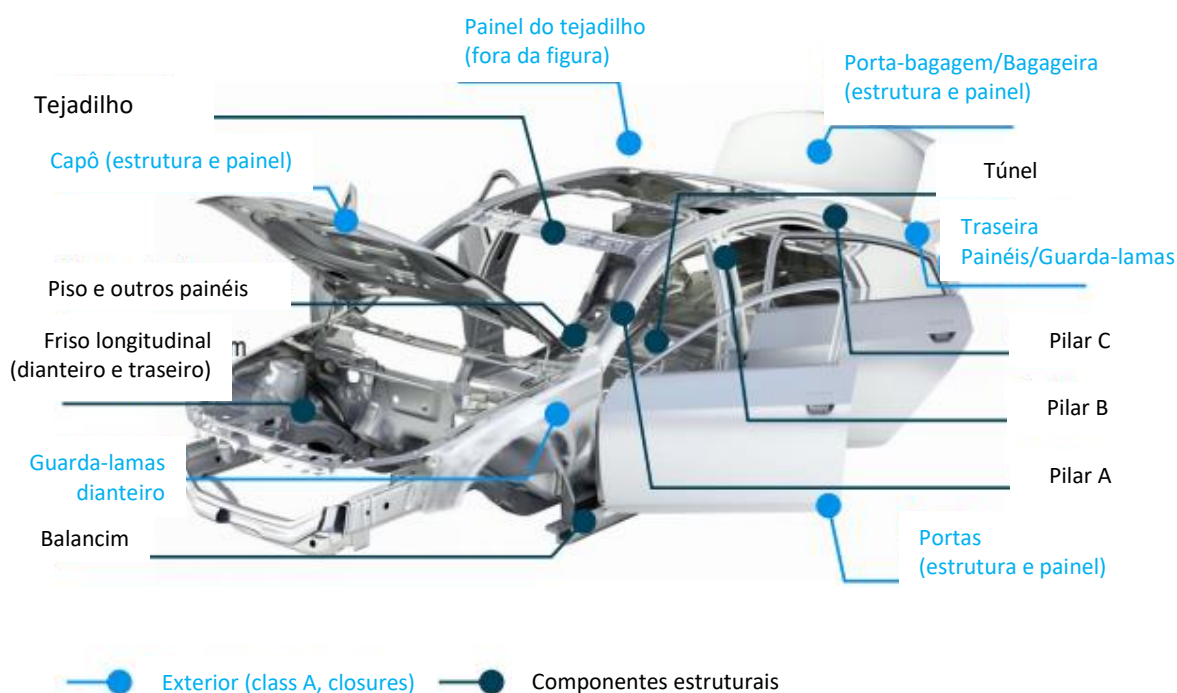


Figura 1 – Identificação de peças da carroçaria. Fonte:
https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_global_automotive_stamping_study_e_2017_0210.pdf

Diferentes conjuntos de componentes no corpo do carro desempenham papéis diferentes, como: garantir a segurança em acidentes; o conforto dos passageiros; ou

melhorar o desempenho do veículo. Materiais de maior resistência têm formabilidade limitada e são normalmente usados em áreas não visíveis, onde é necessário um alto nível de integridade estrutural, por exemplo, em zonas de alta carga. Enquanto materiais de menor resistência são geralmente utilizados para painéis visíveis que requerem formas complexas e acabamentos superficiais de alta qualidade (por exemplo, painéis de portas) ou para áreas de colisão onde a sua capacidade de absorção de energia é primordial (por exemplo reforço interno). Independentemente dos materiais utilizados, a distribuição de diferentes materiais de diferentes resistências em toda a carroçaria é utilizada para minimizar o custo e o peso, ao mesmo tempo em que se respeitam os requisitos das propriedades mecânicas pretendidas.

Apesar da tendência das últimas décadas para o uso de diferentes materiais nos elementos da carroçaria, especialmente o alumínio, a maioria da produção de carros tem principalmente peças de aço. O uso de alumínio, apesar de ser mais caro, deve-se à sua densidade reduzida, que em muitos casos, mantém as propriedades mecânicas necessárias. Outros carros, tipicamente veículos *high-end* (alta performance), usam materiais exóticos como fibra de carbono; as tendências no uso de magnésio também estão a começar a ser comuns.

Muitas vezes dentro do mesmo fabricante, modelos diferentes têm diferentes materiais predominantes na carroçaria, exemplificado pela Audi e seus A1, A8 e R8 Coupé, mostrados nas Figuras 2, 3 e 4. Sem conhecimento prévio do veículo, não é possível definir definitivamente de que material uma determinada parte é feita. A inspeção visual pode permitir a identificação do material; no entanto, deve ser complementada com a análise da folha de dados do corpo do veículo, para encontrar, por exemplo, a família do aço em específico e suas propriedades, tratamentos e revestimentos correspondentes.



Audi A1

Karosseriematerialien
Materials in the body structure
06/10

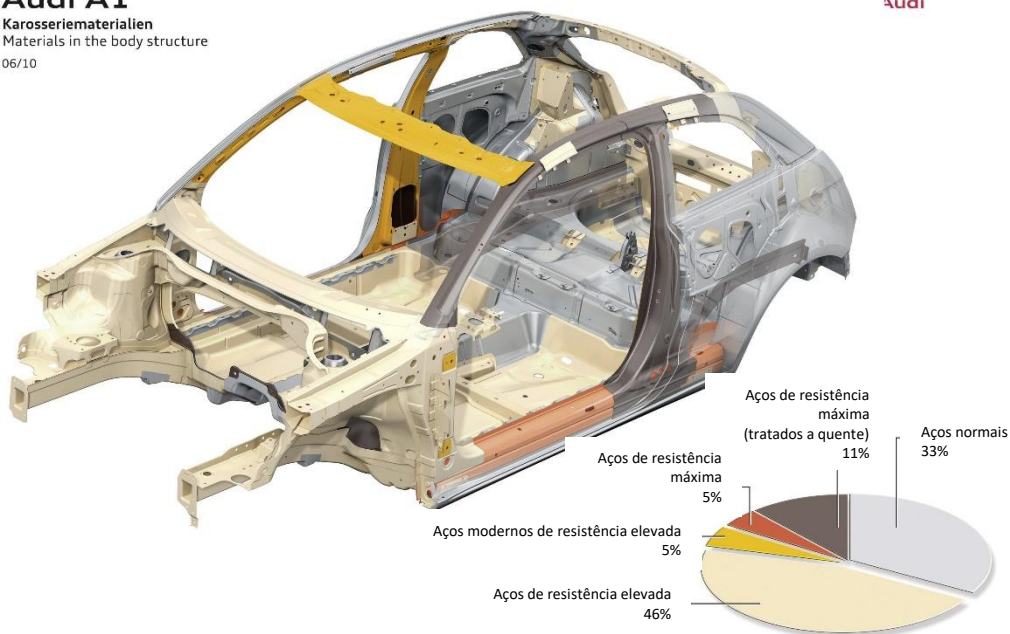


Figura 2 - Audi A1 Carroçaria em aço (intensivo). Fonte: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/lightweight-construction-246>



Der neue Audi A8

Audi Space Frame in Multimaterialbauweise
The new Audi A8
Multimaterial Audi space frame
04/17

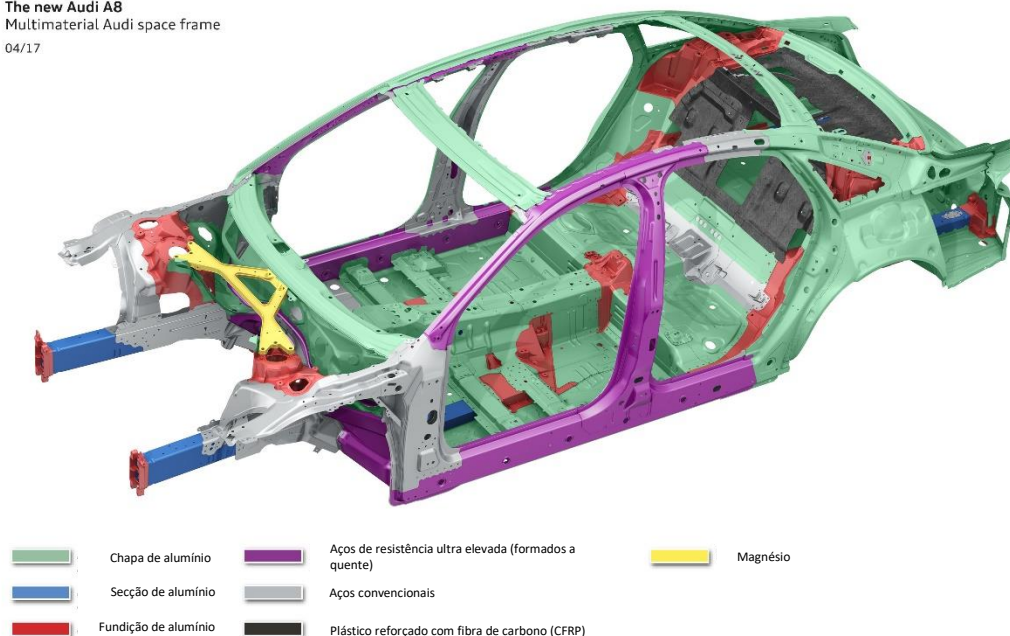


Figura 3 - Audi A8 Carroçaria de materiais múltiplos. Fonte: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/presskits/techday-body-structure-7469>



Audi R8 Coupé

Audi Space Frame in Multimaterialbauweise
Audi space frame in multimaterial construction
03/15

- Plástico reforçado com fibra de carbono (CFRP)
- Secção de alumínio
- Chapa de alumínio
- Fundição de alumínio

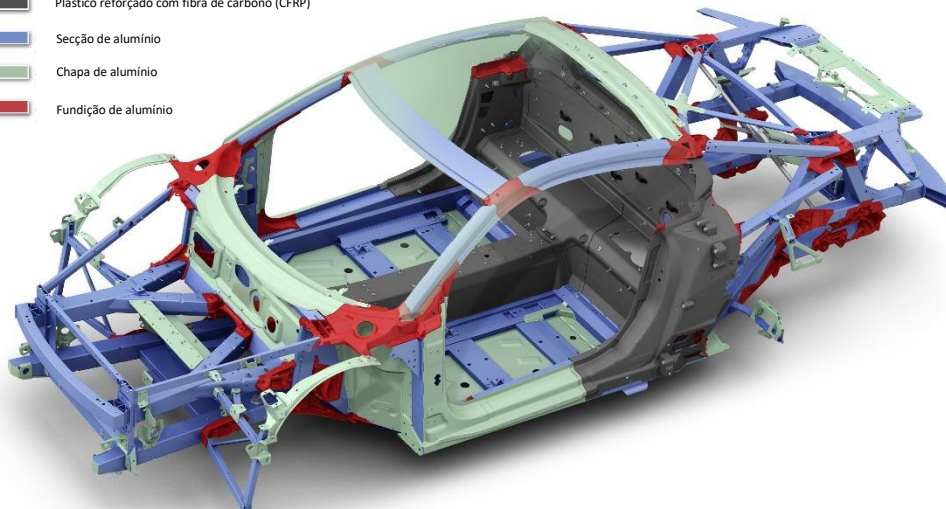


Figura 4 - Audi R8 Carroçaria em alumínio (intensivo). <https://www.audi-mediacycenter.com/en/lightweight-construction-246>

Em seguida, veremos exemplos da distribuição de classes de aço numa carroçaria, seguidos pelas técnicas de reparação por soldadura que podem ser aplicadas a esses diferentes aços. A Figura 5 mostra a variedade de diferentes métodos de ligação que podem estar presentes numa carroçaria.

Der neue Audi A8

Verbindungstechnik
The new Audi A8

Métodos de ligação
04/17

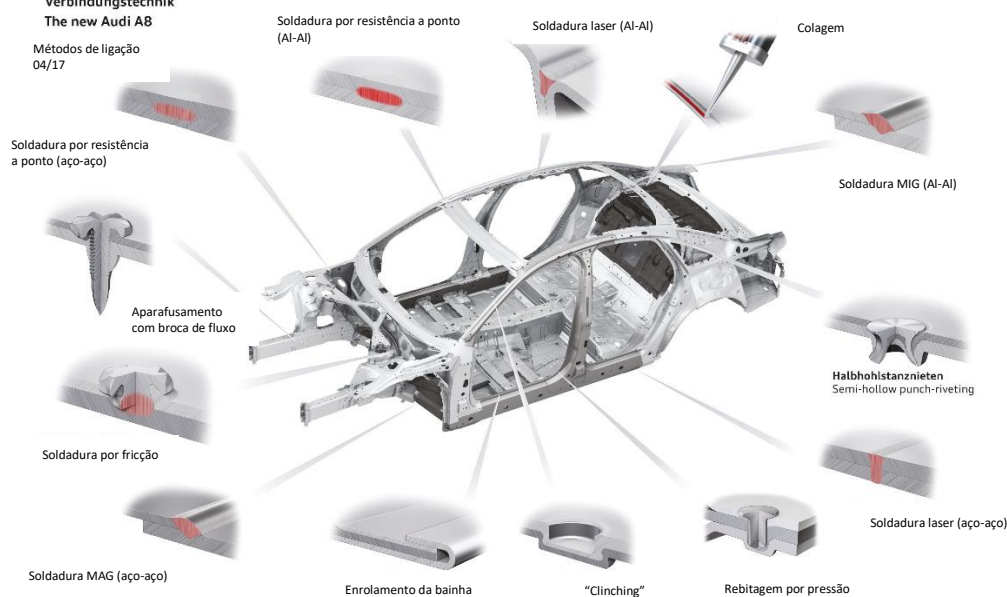


Figura 5 - Audi A8 – Métodos de ligação. Fonte: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/lightweight-construction-246>

As Figuras 6 a 11 mostram a distribuição de diferentes aços no corpo dum carro com base na sua resistência.

10

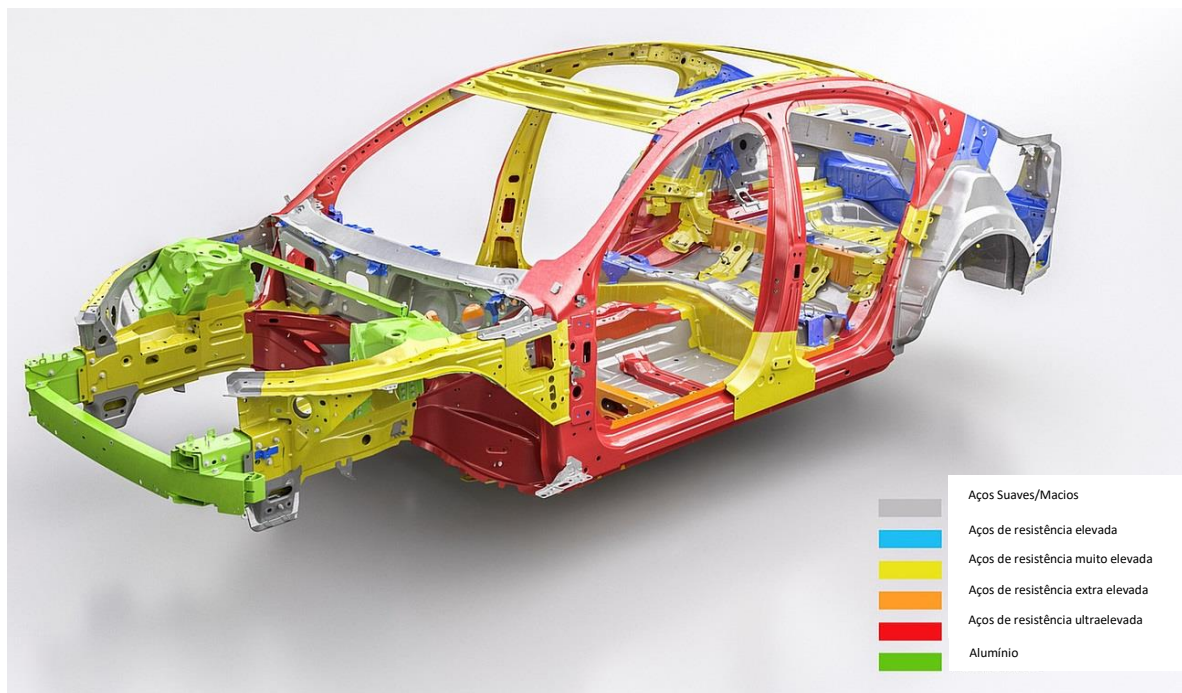


Figura 6 - Volvo S60 Estrutura da Carroçaria. Fonte: <http://www.boronextrication.com/tag/body-structure/>

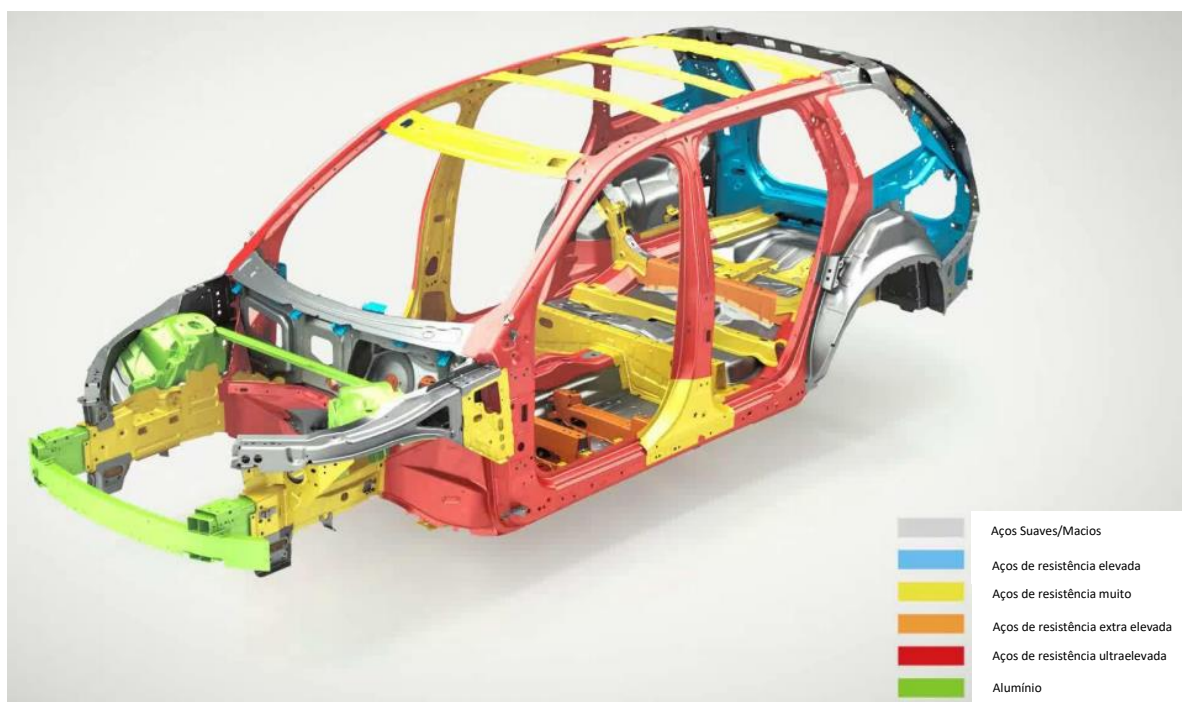


Figura 7 - Volvo XC90 Estrutura da Carroçaria. Fonte: <http://www.boronextrication.com/tag/body-structure/>

Na Figura 7, apesar do chassi de aço, os painéis de porta e capô são feitos de alumínio. Esta solução para a integração de materiais diferentes é um método comum usado para alcançar uma redução de peso sem a complexidade de ter de soldar diretamente ou rebitar o alumínio a uma estrutura de aço.

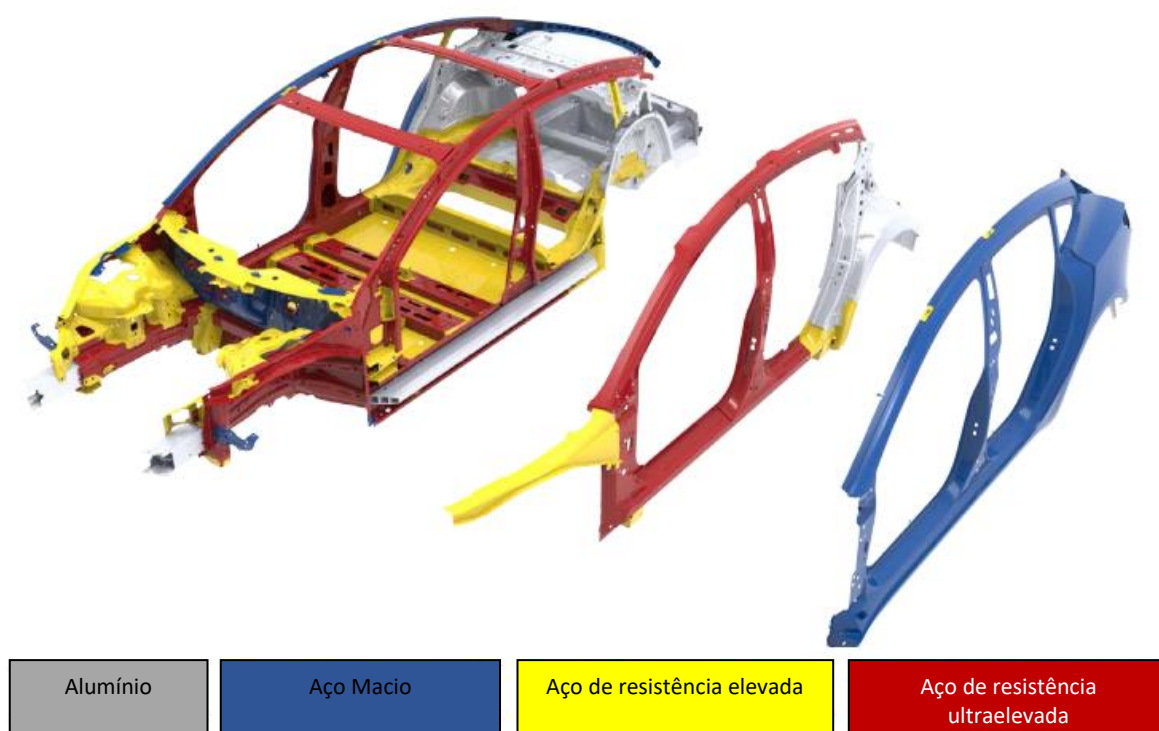


Figura 8 - Tesla Model 3 Estrutura da Carroçaria. Fonte: <http://www.boronextrication.com/tag/body-structure/>

2015 CHEVROLET COLORADO

STEEL STRUCTURE

FIND NEW ROADS™ 

12

-  Aço endurecido por prensagem
-  Aço de resistência ultraelevada
-  Aço avançado de resistência elevada
-  Aço de resistência elevada



Figura 9 - Chevrolet Colorado Estrutura da Carroçaria. Fonte:

<https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2014/mar/0311-colorado.html>

- | | |
|--|--|
|  Aço Macio |  Aço de resistência ultraelevada |
|  Aço de resistência elevada |  Aço de resistência ultraelevada formado a quente |
|  Aço de maior resistência elevada |  Alumínio |



Figura 10 – Peças da Carroçaria. Fonte:

<https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2014/mar/0311-colorado.html>

Como pode ser observado nas figuras anteriores, existem numerosas famílias diferentes de tipos de aço usados no fabrico de veículos. Quase todos estes aços

podem ser classificados como aços suaves/macios. No entanto, as propriedades de cada tipo individual de aço podem variar drasticamente, assim como o desempenho da soldadura e união. As definições e nomes de cada família são baseados tanto na microestrutura, nas propriedades mecânicas ou nos processos de produção utilizados para o material em específico. As empresas de automóveis geralmente têm os seus próprios termos e códigos preferidos para as classificações dos materiais, o que complica ainda mais a identificação do material. No entanto, é possível agrupar os tipos de aço em famílias onde as classes têm propriedades semelhantes. Dentro de uma família específica, as propriedades mecânicas (resistência à tração, rendimento, alongamento, etc. estarão dentro de uma faixa determinada de valores). Os materiais dentro de uma família específica podem ser manuseados de maneira semelhante quando se trata do fabrico ou, mais especificamente, da ligação na reparação da carroçaria.

Tendo em vista o propósito deste manual, quatro famílias de classes de aço serão mencionadas:

- **Aços de estampagem, estampagem profunda e alta capacidade de conformação:** Esses aços possuem microestruturas totalmente ferríticas e normalmente possuem teores de carbono muito baixos. Estes materiais são projetados para terem uma alta capacidade de absorção de energia e geralmente têm uma alta qualidade de acabamento superficial, tornando-os adequados para painéis externos ou componentes internos altamente formados. Estes aços normalmente oferecem poucos desafios para a soldadura e podem ser unidos por todos os processos comuns.
- **Aço de alta resistência (HSS):** possuem principalmente microestruturas ferríticas, mas para obter melhores propriedades mecânicas (resistência à tração máxima de 350 - 550 MPa) é necessário um tamanho de grão fino. Adições de ligas específicas são utilizadas para refinar os grãos e fortalecer a microestrutura

mantendo boa formabilidade. Importante para a soldadura, o teor de carbono permanece baixo nesses materiais. Dentro desta família, as classes de materiais comuns incluem aços de liga leve de alta resistência (HSLA), aços Manganês e Carbono (CMn) e algumas classes temperadas e fosforizadas de maior resistência. Esses materiais geralmente são fáceis de soldar e apresentam poucos problemas no fabrico de veículos. Todos os três processos de soldadura podem ser usados na reparação de veículos.

- **Aço de Alta Resistência Avançada (AHSS):** é um grupo genérico de metais com resistência à tração máxima superior a 550 MPa. As microestruturas destes materiais podem ser uma mistura de ferrite, austenite, martensite e bainite. Composições químicas específicas e microestruturas multifásicas resultantes de combinações de tratamentos térmicos e outros mecanismos de fortalecimento traduzem-se numa gama de resistência, ductilidade e tenacidade. Esta família de aço inclui aços com fase dupla (DP), fase complexa (CP), ferrítico-bainítica (FB), plasticidade induzida pela transformação (TRIP) e plasticidade induzida por geminação (TWIP). Por exemplo, os aços DP são comumente usados em zonas de colisão, devido à sua alta capacidade de absorção de energia. Alguns AHSS podem requerer parâmetros de soldadura específicos (por exemplo aços TRIP ou TWIP), mas em geral esta família de materiais ainda pode ser soldada sem dificuldade em particular. Aços AHSS são comumente soldados a outros AHSS ou até mesmo a aços suaves por meio da soldadura por resistência a ponto (em muitos veículos modernos, mais de 50% das soldas contêm um ou mais materiais AHSS). Todos os três processos de soldadura podem ser usados para reparar estes materiais mas deve-se tomar algum cuidado para reduzir a potencial distorção resultante da alta entrada de calor da soldadura. Além disso, altas fases de dureza podem resultar da soldadura, o que pode reduzir a resistência da solda a fraturas.

- **Aço de resistência ultraelevada (UHSS):** caracterizado por ter resistência à tração de pelo menos 780 MPa. As classes UHSS têm uma microestrutura predominantemente martensítica, sendo que pequenas proporções de outras fases podem estar presentes. O UHSS inclui a fase dupla (DP), a fase complexa (CP), a plasticidade induzida (TRIP), o formado a quente (HF) aços endurecidos (PHS) e martensíticos (MS ou MART). O UHSS tem propriedades de soldadura semelhantes ao AHSS, mas com maior resistência (e consequente menor ductilidade). Um exemplo de uso de UHSS é que os aços MS são usados como elementos estruturais, como pilares B, pela sua alta resistência. Em princípio, estes materiais ainda podem ser soldados, mas o efeito do calor nas propriedades da zona afetada, em alguns casos, pode deteriorar gravemente a integridade de uma junta. Para esses materiais, o conhecimento aprofundado do aço em específico deve ser adquirido para decidir quais os procedimentos de soldadura a ser aplicados.

É importante introduzir os **revestimentos de aço** usados na indústria automóvel, uma vez que eles influenciam se um determinado método de ligação pode, ou não, ser aplicado e em que condições. Os revestimentos são usados principalmente para alterar as propriedades de uma superfície, como aderência, molhabilidade, cor e textura, além de resistência à corrosão ou ao desgaste. Na indústria automóvel, os revestimentos de aço visam principalmente aumentar a resistência à corrosão.

Muitos revestimentos metálicos incluem zinco, seja num revestimento de zinco puro ou num revestimento de liga de zinco. O zinco funciona como ânodo sacrificial para proteção do aço contra a corrosão, dado seu potencial de dissolução anódica quando comparado ao ferro.

- **Eletro galvanização:** o revestimento é colado à superfície mergulhando um aço condutor numa solução de zinco anódico e em seguida induzindo uma corrente nesse condutor.

- **Galvanização por imersão a quente:** cria uma ligação metalúrgica entre o metal base e o revestimento imergindo a peça de aço no zinco fundido. Quando exposto à atmosfera, o zinco puro reage com o oxigênio, criando uma reação em cadeia que resulta no carbonato de zinco (ZnCO_3).
- **Revestimento Gálvaneal:** uma combinação de galvanização por imersão a quente e um processo de recozimento que resulta na formação de uma liga de zinco-ferro. Esta liga é criada devido à troca de calor no forno de recozimento que promove a difusão entre as camadas de ferro e zinco.
- **Aço Aluminizado:** cria uma ligação metalúrgica entre o metal base e a liga de alumínio-silício num processo de imersão a quente. Amplamente utilizado em sistemas de escape.

Ao soldar aço galvanizado, deve-se estar ciente dos problemas que surgem da volatilização do zinco no revestimento, por exemplo respingos, porosidade, fumos e potenciais fraturas na solda.

Quando se utiliza curto-circuito ou transferência de metal em spray como método de união, o zinco volatilizado que sobe da superfície da placa faz com que o arco se torne instável e gere consideráveis respingos. Além disso, o vapor de zinco pode ficar preso ao banho de soldadura quando este solidificar, causando porosidade.

Ao contrário de um revestimento galvanizado, um revestimento de alumínio não é volátil, mas produz um óxido de alto ponto de fusão. Este óxido pode interferir com a estabilidade do arco, causar respingos e impedir um bom umedecimento da superfície, o que, por sua vez, cria uma forma deficiente do cordão.

Nos métodos atuais de soldadura, o zinco é frequentemente removido das superfícies da junta antes da solda, ou então pode-se abrir a junta para permitir que o vapor escape. O desempenho da soldadura por arco de metal a gás pode ser melhorado escolhendo cuidadosamente o tamanho e tipo do fio.

Em comparação com os aços, as ligas de alumínio são consideradas como uma alternativa mais leve. Outras vantagens incluem sua boa durabilidade e resistência à corrosão. Por outro lado, sua soldabilidade ainda é um problema e muito cuidado deve ser tomado na escolha de parâmetros da soldadura: geometria da ferramenta, ciclos térmicos durante a soldadura e tratamento térmico pós-soldadura, para que a microestrutura e resistência desejadas possam ser alcançadas. No entanto, o uso de técnicas de ligação que não recorrem ao calor, por exemplo união mecânica e colagem, permite um crescimento da utilização peças de alumínio na indústria automóvel.

O alumínio é frequentemente unido pela combinação de ligações mecânicas, como rebites autoperfurantes, com colagem, que muitas vezes atende às exigências das propriedades mecânicas em muitas áreas da carroçaria. Avanços tecnológicos recentes permitem o uso de muitas técnicas de soldadura, como soldadura por resistência a ponto e soldadura a arco.

Similarmente aos tipos de aço, diferentes ligas de alumínio têm propriedades mecânicas inerentes e, portanto, diferentes aplicações em veículos. Aqui, três ligas de alumínio serão referidas, dado o facto de serem as mais utilizadas na indústria automóvel.

- **5000 Al-Mg:** caracterizado por ter uma grande relação força-peso e boas propriedades de formabilidade. Aplicações comuns incluem o uso de: 5182 em painéis internos da carroçaria, dada sua boa capacidade de moldagem e desempenho sob tensão; e 5022, com maior resistência e formabilidade, em capotas, tejadilhos, portas e para-choques.
- **6000 Al-Mg-Si:** de longe a liga de alumínio mais comum usada na indústria automóvel, dada a sua maior resistência quando comparada à liga anterior. É tratável termicamente, altamente moldável e razoavelmente bem soldável. Por exemplo, 6063 é usado em estruturas de assentos e grades de teto.

- **7000 Al-Zn-Mg:** alvo de desenvolvimentos recentes para alcançar ligas de maiores resistências. Além de seu maior custo, tem a desvantagem de ter propriedades de corrosão mais fracas, o que pode ser um problema quando soldado. As ligas 7003 e 7046 podem ser usadas em reforços de para-choques e vigas de impacto.

1.2 Soldadura MAG e Brasagem GMAW

Brasagem de solda é a ligação de metais com um processo semelhante à soldadura por fusão usando um metal de enchimento com um ponto de fusão mais baixo do que o metal original e sem fundir intencionalmente o metal original.

A soldadura de metal a gás ativo (MAG) (processo EN ISO 4063 135) e soldadura a arco de metal a gás (GMAW) (processo EN ISO 4063 973) podem ser aplicadas para reparar o corpo danificado de um automóvel.

1.2.1 Soldadura MAG e Brasagem GMAW (geral)

Equipamento Soldadura MAG

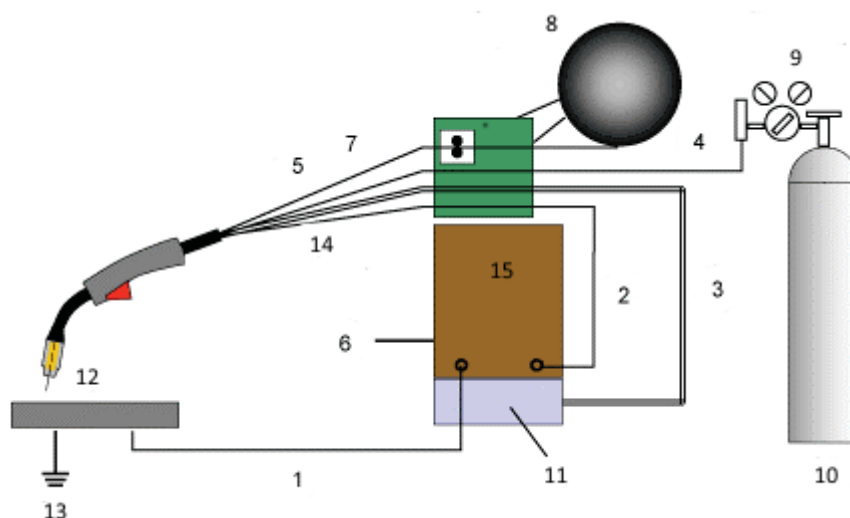
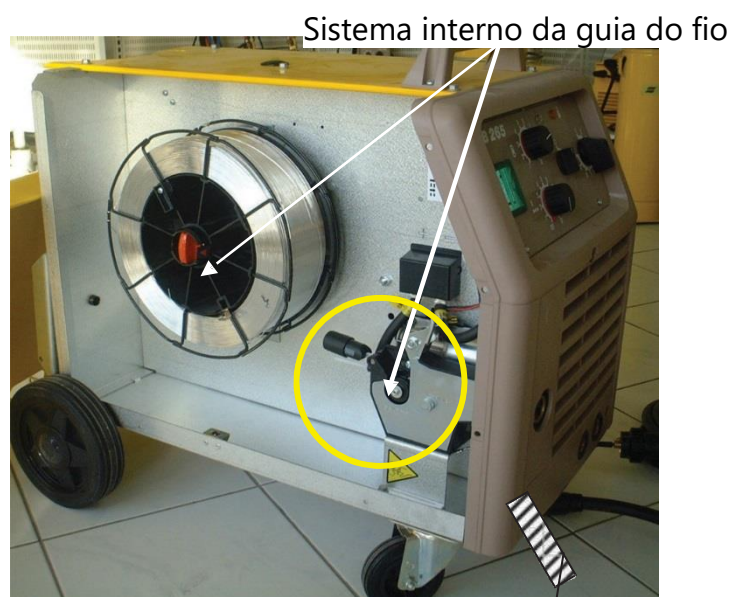


Figura 11 - Representação esquemática do equipamento de soldadura MAG. 1. Cabo de retorno, 2. Cabo de corrente de soldadura, 3. Entrada e saída de água de arrefecimento, 4. Proteção de gás do cilindro, 5. Eléctrodo de fio no revestimento, 6. Potência de entrada primária, 7. Circuito de comutação da pistola, 8. Fornecimento de eléctrodo de fio, 9. Regulador de gás de proteção e medidor de vazão, 10. Botija de gás de proteção, 11. Unidade de arrefecimento (opcional) 12. Pistola de solda ou tocha, 13. Terra de segurança (Buscar orientação HSE), 14. Montagem de cabos, 15. Fonte de alimentação. Fonte: TWI



Figura 12- 1 Transformador / retificador de fonte de energia (tipo de tensão constante); 2 Fonte de alimentação do inversor ; 3 Conjunto da mangueira de energia (revestimento, cabo de alimentação, mangueira de água, mangueira de gás); 4 forro; 5 dicas de contato de reposição; 6 conjunto da cabeça da tocha; 7 Cabo e braçadeira de retorno de energia .; 8 bobina de fio de 15 kg (fios revestidos e não revestidos de cobre); 9 Painel de controlo de energia; 10 Unidade de alimentação de fio externa. Fonte: TWI



Rolo plano superior da guia



Buraco inferior do rolo da guia do fio

Guia do fio

Figura 13 – Equipamento de soldadura. Fonte: TWI

Montagem da guia de fio MAG

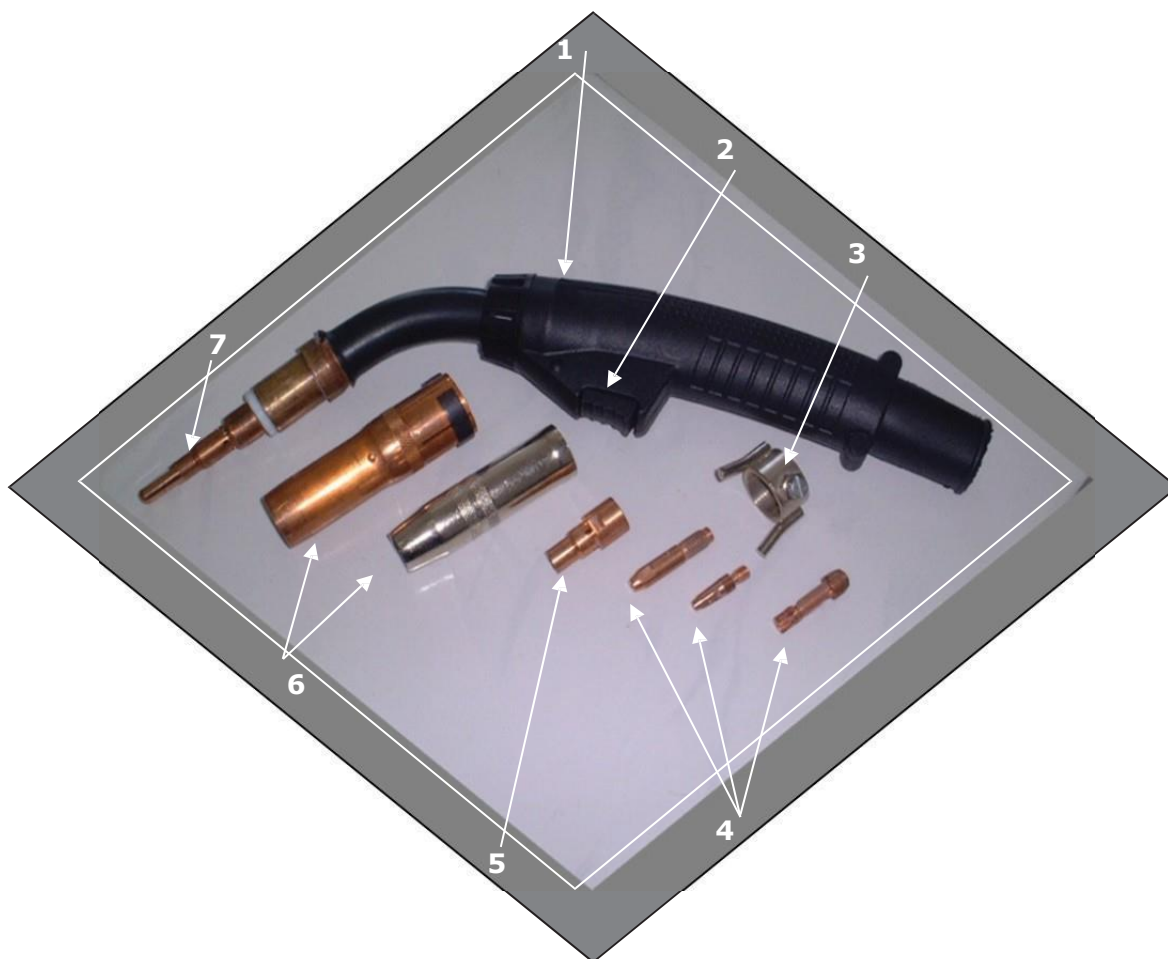


Figura 14 -1 Corpo da tocha; 2 Interruptor de ligar / desligar ou travar; 3 Acessório de espaçador de soldadura por resistência a ponto; 4 dicas de contato; 5 difusor de gás; 6 coberturas de gás; 7 Conjunto da cabeça da tocha (menos a cobertura). Fonte: TWI

Consumíveis para soldadura e brasagem

A maioria dos materiais metálicos podem ser soldados usando o processo de soldadura MAG, desde que seja possível fabricar um arame consumível. As principais considerações ao selecionar consumíveis para soldadura MAG (ou seja, fio de enchimento e composição de gás de proteção) são:

- Composição adequada para o metal original

- Propriedades mecânicas necessárias
- Velocidade de deposição
- Posição da solda
- Forma do cordão e perfil de penetração
- Questões de qualidade
- Custos associados

Tanto a composição dos fios quanto a do gás de proteção são variáveis essenciais na soldadura MAG / brasagem e, portanto, influenciarão o desempenho do processo.

Seleção do fio eletrodo

Caraterísticas chave:

- Os fios estão disponíveis numa vasta gama de composições para se adequarem a diferentes materiais metálicos, como por exemplo aços ferríticos, aços inoxidáveis austeníticos, ligas de alumínio, ligas de níquel, ligas de titânio...
- Os fios da soldadura MAG normalmente são especificados pela sua composição
- Podem-se arranjar fios com diâmetros de 0.8mm a 2.4mm
- Os fios estão normalmente disponíveis em bobinas de 15 kg, mas estão disponíveis conjuntos grandes (até 250 kg) para soldadura robótica, de modo a assim minimizar o tempo de inatividade em operações de troca da bobina
- O fio é frequentemente enrolado em camadas para garantir uma alimentação suave
- Fios sólidos são comumente usados, mas os arames tubulares podem oferecer benefícios adicionais para algumas aplicações



Figura 15 – Bobina de fio de soldadura MAG. Fonte: Lincoln Electric

Composição do fio

A seleção da composição apropriada do eletrodo de fio pode ser uma tarefa difícil. Para a maioria das aplicações, os fios são projetados para fornecer metais de solda com composição correspondente ao material de base. Na prática, isto significa que as composições de arame tendem a ser ligeiramente sobre-ligadas para compensar a queima de elementos de liga no arco. A composição também pode ser modificada para operação sob uma mistura particular de gás de proteção, particularmente para arames tubulares.

A seleção dos consumíveis deve ser confirmada por testes de soldadura e testes de qualificação de procedimento, de acordo com o Código de aplicação ou Padrões aplicáveis.

As principais fontes de informação são:

- Manual do fabricante do eletrodo
- Departamento técnico do fabricante de eletrodos
- Fabricante do material origem
- Experiência ou procedimentos prévios

- Peritos na sua sociedade EWF (www.ewf.be)

Aços de carbono e liga leve

Os arames sólidos para soldadura de aços com gases de proteção ativos são desoxidados com manganês e silício para evitar a porosidade. Também pode haver adições de titânio e alumínio. Fios de enchimento de aço macio estão disponíveis com diferentes níveis de desoxidantes, conhecidos como fios desoxidados duplos ou triplos. Fios altamente desoxidados são mais caros, mas são mais tolerantes à condição da superfície da placa, por exemplo, ferrugem superficial, óleo, tinta e poeira. Pode haver, portanto, uma limpeza do aço antes da soldadura.

Estas adições de desoxidante produzem uma pequena quantidade de escória 'vítrea' na superfície do banho de solda, comumente referido como depósitos de sílica. Estas pequenas bolsas de escória são facilmente removidas com leve escovação; mas quando se galvaniza ou pinta após a soldadura, é necessário usar um jato pressurizado. Durante a soldadura, é prática comum soldar sobre essas pequenas ilhas, uma vez que elas não representam uma escória espessa e geralmente se dispersam durante a contração do cordão de solda. No entanto, quando a soldadura tem de passar múltiplas vezes no mesmo local, o nível de escória pode se acumular num nível inaceitável, causando defeitos de solda e início de arco não confiável.

Fios de aço geralmente têm um revestimento fino (flash coating) de cobre para melhorar a captação de corrente e prolongar a vida útil do fio. No entanto, o revestimento de cobre pode, por vezes, descamar e ser puxado para dentro do revestimento e do mecanismo de alimentação de arame, particularmente se houver desalinhamento no sistema de alimentação de arame. Isso pode causar entupimento e alimentação irregular de arame. Fios não revestidos estão disponíveis como alternativa, embora o contato elétrico possa não ser tão bom quanto com os fios revestidos de cobre e as temperaturas de operação da ponta de contato podem ser mais altas.

Tipo de fio

Diferentes tipos de cabos estão disponíveis para uso com equipamentos MAG, dependendo do modo do fabrico. O fio pode ser um fio sólido ou de construção tubular. Com fios tubulares, é possível modificar a química do conteúdo do fio para ajustar a taxa de queima, melhorar a estabilidade do arco e produzir um fluxo. Os fios tubulares estão principalmente disponíveis para aços carbónicos, aços de liga leve e aços inoxidáveis. Para a maioria das aplicações, os fios sólidos funcionam adequadamente, embora a principal vantagem sobre os fios tubulares para muitos utilizadores seja o menor custo de aquisição.

Diâmetro do fio

A seleção do diâmetro do fio apropriado depende de vários fatores, principalmente:

- Modo da transferência do metal
- Corrente de solda
- Velocidade de deposição

Estes fatores são dados principalmente pelos requisitos de aplicação e produtividade.

A taxa na qual o fio é alimentado no arco e a corrente necessária para queimá-lo devem ser equilibradas para manter um comprimento de arco de equilíbrio. Esta relação é uma propriedade característica de cada fio de enchimento e composição do gás de proteção e diâmetro do fio. Este diagrama mostra uma série de curvas de queima para diferentes fios de aço de diâmetro leve.

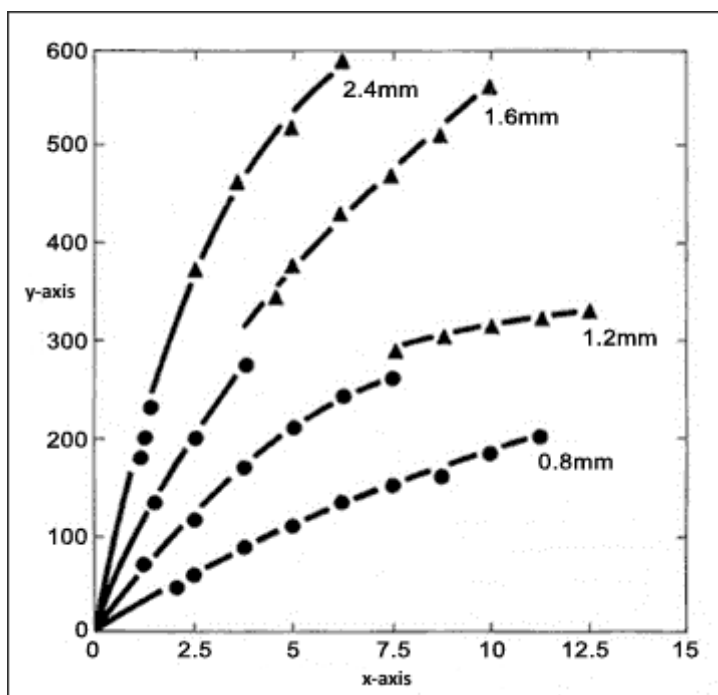


Figura 16 – Curvas de queima. Observe que estes são para aços carbônicos com gás de proteção de CO₂

eixo y: corrente (A), eixo x: taxa de alimentação do fio (m / min). Fonte: TWI

Pode-se observar que cada tamanho de fio pode ser operado numa faixa de correntes e que essas faixas de aplicação se sobrepõem. O fabricante do eletrodo geralmente especifica as faixas de corrente típicas de operação para um determinado tamanho de fio. É então um caso de assegurar que a corrente de soldadura esteja na faixa média-alta da capacidade de transporte de corrente.

Em geral, os fios com diâmetros menores possuem uma carga de corrente específica mais alta (até 300A / mm²) e, assim, obtêm maior eficiência de deposição na mesma corrente de soldadura. Portanto, quando as informações do fabricante não estiverem disponíveis, para uma dada corrente de soldadura, o menor diâmetro de fio aplicável deve ser selecionado. No entanto, diâmetros de fios menores requerem velocidades de alimentação de fio mais altas para alcançar as mesmas correntes e pode estar além da capacidade de a unidade de alimentação de fio fornecer o fio consistentemente. O fio é menos rígido, o que pode causar problemas de alimentação. Fios de menor diâmetro também custam mais do que fios maiores porque são mais caros de produzir.

Quando se opera perto da faixa de transferência de pulverização, flutuações operacionais, por exemplo, alimentação irregular de fio, pode causar um cruzamento intermitente do limiar de pulverização, o que pode resultar em transferência e respingos globulares. Nesse caso, pode ser vantajoso escolher um fio de diâmetro menor, que funcionará bem acima da corrente de transição de pulverização.

Fios de diâmetro maior, por exemplo, 1,4, 1,6 e 2,4 mm, são capazes de operar em níveis de corrente mais altos e, portanto, proporcionam maiores taxas de deposição se o projeto da junta permitir tais correntes altas, por exemplo, filetagem na posição PA.

Também é necessário considerar as características dinâmicas de saída da potência. Por exemplo, se não houver controlo de indutância na fonte de energia, uma melhor estabilidade do processo pode ser obtida pela seleção de um fio de diâmetro menor em vez de um fio de maior diâmetro e terá uma maior tolerância a respingos.

Armazenamento dos fios

É essencial que todos os fios consumíveis estejam nas melhores condições possíveis. Isto é particularmente válido para a soldadura MAG, onde a estabilidade do processo depende da consistência da alimentação do fio e do contato elétrico. Para que isso possa ser alcançado e mantido, as seguintes medidas de controlo podem ser necessárias:

- O fio deve estar limpo, com o mínimo de sujidade acumulada. Portanto, quando não estiverem em uso, as bobinas devem ser devolvidas às lojas e não deixadas no equipamento por períodos longos. Capas de pó devem ser usadas, se disponíveis.
- Se um fio tiver sido deixado no equipamento por um curto período, é recomendado usar pelo menos uma camada de arame para remover o pior de qualquer oxidação ou contaminação da superfície que possa ter ocorrido.
- Para armazenamento, deve-se considerar fatores como humidade, temperatura, empilhamento, identificação, registo de emissão / devolução e data de compra. As bobinas devem ser armazenadas a uma temperatura acima

do ponto de formação de orvalho da área local. Deve-se prestar especial atenção ao armazenamento e identificação de bobinas de fio parcialmente usadas em oficinas de fabrico ou no local.

No recibo, é comum registar o nome comercial, o nome da marca, a especificação, o tipo e o número de lotes dos fios. A necessidade de registos adequados dependerá da importância do trabalho a ser soldado.

Gases

Para soldadura em todas as classes de aços, é necessário o controlo da adição de oxigénio ou dióxido de carbono (CO_2) para gerar um arco estável e dar um bom humedecimento de gotículas. Como essas adições reagem com o metal fundido, são chamadas de gases ativos; portanto, a soldadura com gás ativo em metal (MAG) é o termo técnico ao se referir aos aços para soldadura.

Os gases de proteção para soldadura a arco e brasagem são especificados de acordo com EN ISO 14175 'Consumíveis de soldadura - Gases e mistura de gás para soldadura por fusão e processos relacionados'. No entanto, muitos soldadores estão mais familiarizados com os nomes comerciais dos gases que usam, em vez da composição ou classificação. O código de classificação pode ser usado para identificar o gás de proteção numa especificação do procedimento de soldadura, mas a faixa de aprovação é normalmente restrita à composição nominal usada no teste de qualificação do procedimento.

100% CO_2

O gás CO_2 não pode sustentar a transferência por pulverização pois o potencial de ionização do gás é muito alto, o que proporciona uma penetração muito boa, mas promove a transferência de gotículas globulares, além de um arco muito instável e muitos respingos.

Árgon + 15-20%CO₂

29

A percentagem de CO₂ ou oxigênio depende do tipo de aço que está sendo soldado e do modo de transferência de metal usado. O árgon tem um potencial de ionização muito menor e pode sustentar a transferência por pulverização acima de 24 volts de soldadura. O árgon dá um arco muito estável, pouco salpico, mas com menor penetração que o CO₂. As misturas de árgon e 5-20% de gás CO₂ proporcionam o benefício de ambos os gases, ou seja, boa penetração com um arco estável e pouquíssimos respingos. O gás CO₂ é muito mais barato que o árgon ou suas misturas e é amplamente usado para aços carbônicos e alguns aços de liga leve.

Árgon + 1-5%CO₂

Amplamente utilizado para aços inoxidáveis e alguns aços de liga leve. Pelo menos 2% de CO₂ ou 1% de O₂ em árgon é necessário para estabilizar as raízes do arco e promover o molhamento do banho de solda. Muitas misturas de gás de proteção para carbono e aços de liga leve contêm CO₂ e O₂.

O arco que é formado em baixos níveis de CO₂, até 5%, pode ser relativamente frio e é mais adequado para soldar material de folha fina. Gases com baixo teor de CO₂, tipicamente menos de 5%, são caracterizados por uma penetração pronunciada de "dedo", como mostrado na imagem superior, especialmente em altos níveis de corrente.

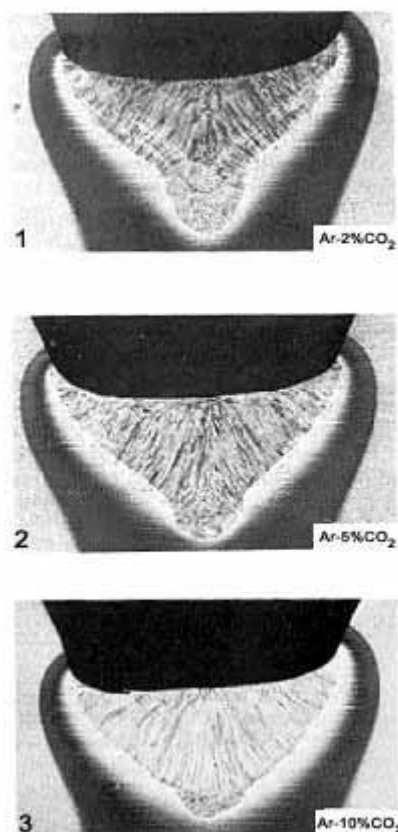


Figura 17 - Alteração do perfil de penetração com o aumento do teor de CO₂ nas misturas de gases Ar-CO₂. Fonte: TWI

As misturas argón-CO₂ produzem um nível de limite relativamente bom e um modo de transferência de pulverização estável em comparação com o CO₂ puro. O teor mínimo de argón para suportar a transferência de pulverização axial é de 80% de argón, 20% de CO₂. Segue-se também que para transferência de pulso, misturas com 20% de CO₂ ou menos devem ser usadas. As misturas de argón-CO também são mais tolerantes ao ajuste de tensão e geram níveis de respingos substancialmente mais baixos. A tensão superficial do banho de soldadura é reduzida.

Como o grau de fusão aumenta significativamente com o aumento do conteúdo de CO₂, o material mais espesso é normalmente soldado com até 25% de CO₂. A penetração da solda aumenta com o aumento do conteúdo de CO₂ e a extensão do "dedo" diminui. No entanto, o nível de respingos também aumenta com o conteúdo de CO₂, de modo que uma mistura de gases de 10 a 15% de CO₂ em geral oferece um

compromisso entre o perfil de fusão e a estabilidade para a soldadura de uso geral. Taxas de fluxo típicas são 12-18l / min.

31

Misturas Argon-O₂

A adição de oxigénio é uma alternativa ao CO₂ para estabilizar o arco e promover o molhamento do banho de fusão; 2% de O₂ fornece uma atmosfera oxidante equivalente a 5% de CO₂ e produz benefícios similares de maior estabilidade e perfil de cordão de solda mais suave. O oxigénio gera um arco mais rígido do que o CO₂, o que pode ajudar a minimizar o enfraquecimento; portanto, é ideal para o modo de transferência por pulverização, tendo um nível de transição bem definido. Em altos níveis de corrente, produz a característica penetração do cordão de solda do tipo "dedo".

Misturas Argón-hélio-CO₂ -O₂

O hélio tem um potencial de ionização mais alto que o árgon. Isso produz uma tensão de arco mais alta e o arco formado é consideravelmente mais quente do que com gases baseados em árgon. Quando substituído por árgon em misturas de argón-CO₂, pode frequentemente promover maiores velocidades de soldadura e melhorar o perfil de penetração do cordão de solda (penetração mais profunda em forma de tigela e um perfil de superfície mais plano). Estas misturas são particularmente adequadas para soldadura mecanizada, mas são mais caras que as misturas à base de árgon.

Este gráfico resume as misturas de gases para diferentes modos de transferência e espessuras de aço; o azul é uma mistura de gás mais fria; o vermelho é uma mistura mais quente.

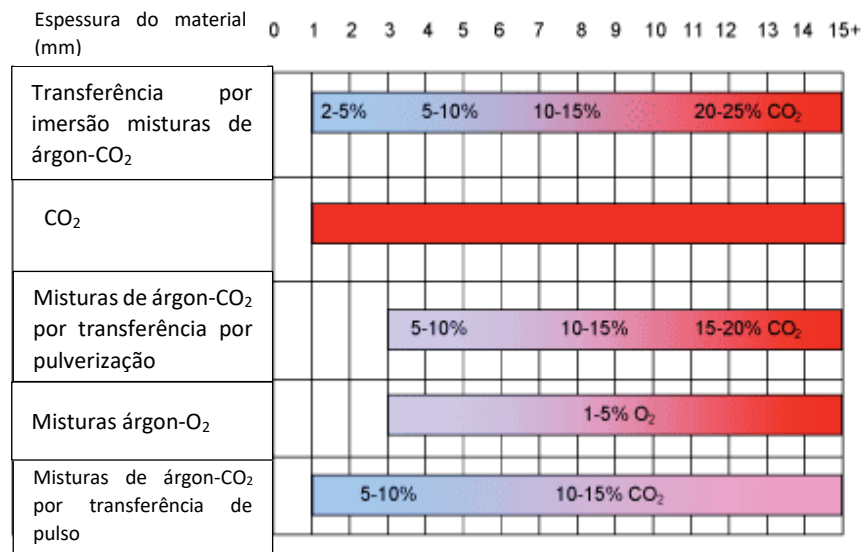


Figura 18 - Misturas ativas de gás de proteção para soldadura MAG de carbono, C-Mn e aços de liga leve. O azul é um refrigerador e o vermelho, um gás de mistura mais quente. Fonte: TWI

Uma mistura de gás mais quente minimiza o risco de existência de defeitos de fusão na transferência de imersão e defeitos de lapidação a frio na transferência de pulverização. Misturas gasosas mais quentes tendem a produzir velocidades mais altas e são adequadas para materiais espessos, aplicações mecanizadas e aplicações descendentes, particularmente soldas de filetes. As misturas mais frias são adequadas para chapas finas e soldas de todos os posicionamentos com modos de transferência de baixa entrada de calor. Ao usar uma condição de soldadura com baixa entrada de calor em material mais espesso, é aconselhável selecionar uma mistura de gás mais quente para ajudar a minimizar o risco de defeitos. Ao usar a transferência por pulverização, existe um risco mínimo de existirem defeitos de fusão, e uma mistura de gás mais fria pode ser benéfica para otimizar a transferência de metal e o perfil do cordão.

Para a transferência de pulso, é necessário um compromisso entre obter boas características de transferência de metal e reduzir o risco de defeitos de fusão, mantendo uma baixa entrada de calor e estabilidade do arco.

As misturas de gases com hélio em vez de árgon proporcionam um arco mais quente, um maior banho de soldadura e melhor perfil de solda. Essas misturas quaternárias permitem maiores velocidades de soldadura, mas podem não ser adequadas para secções finas.

A seleção de gases de proteção para soldadura MAG e brasagem é principalmente dependente do tipo de material e do modo de transferência de metal (e, portanto, da espessura do material). No entanto, nem sempre é possível especificar faixas de composição precisas para misturas de gases para materiais ou aplicações específicas. A escolha do gás é frequentemente um compromisso entre a obtenção de transferência de metal estável, minimizando o risco de defeitos e obtendo o perfil desejado do grânulo, a penetração e considerando quaisquer efeitos metalúrgicos da oxidação. A economia da seleção de gás de proteção também deve ser considerada porque benefícios consideráveis na velocidade de soldadura e redução nas taxas de rejeição podem ser alcançados pela escolha de uma mistura de gás mais cara. O gás de proteção especificado no procedimento de soldadura ou na instrução de reparação deve sempre ser usado.

Misturas de gás de proteção para soldadura MAG - resumo

Metal	Gás de proteção	Reação química	Características
Aços carbónicos	Árgon-CO ₂	Ligeira oxidação	O aumento do teor de CO ₂ proporciona um arco mais quente, estabilidade melhorada do arco, penetração mais profunda, transição do perfil de penetração do tipo 'dedo' para o formato de tigela, mais banho de solda fluído, proporcionando cordão de solda mais plano com bom humedecimento, níveis de respingos aumentados, melhor tenacidade do que o CO ₂ . Árgon mínimo de 80% para transferência axial de spray. Mistura de uso geral: Árgon-10-15% de CO ₂ .
	Árgon-O ₂	Ligeira oxidação	Arco mais rígido que as misturas de Ar-CO ₂ , minimiza a subcotação, adequado para o modo de transferência por pulverização, menor penetração do que as misturas de Ar-CO ₂ , penetração do cordão de solda tipo 'dedo' em altos níveis de corrente. Mistura para uso geral: Árgon-3% CO ₂ .
	Árgon-hélio-CO ₂	Ligeira oxidação	A substituição do hélio pelo árgon fornece um arco mais quente, uma tensão mais alta do arco, mais banho de solda

CO₂

Oxidação

fluido, perfil de cordão mais plano, perfil de penetração mais profundo em forma de tigela e mais profunda e maiores velocidades de soldadura, em comparação com as misturas de Ar-CO₂. Custo Elevado.

Tensões de arco 2-3V mais altas que as misturas de Ar-CO₂, melhor penetração, velocidades de soldadura mais altas, apenas técnica de transferência por imersão ou arco enterrado, faixa de trabalho estreita, altos níveis de respingos e baixo custo.

Tabela 1 – Resumo.

Configuração do nível de fluidez correto

Uma das funções do gás de proteção é evitar a contaminação da solda, excluindo o ar circundante. A taxa de fluxo do gás é, portanto, um parâmetro importante: ajustado muito baixo, a atmosfera de proteção é meramente ar diluído e ineficaz; definido muito alto, pode causar turbulência no fluxo de gás e levar à entrada de ar.

A seleção correta do diâmetro do bico da tocha de soldadura depende do tamanho do banho de soldadura que deve ser protegida; portanto, em correntes de soldadura maiores, são necessários bicos e vazões maiores.

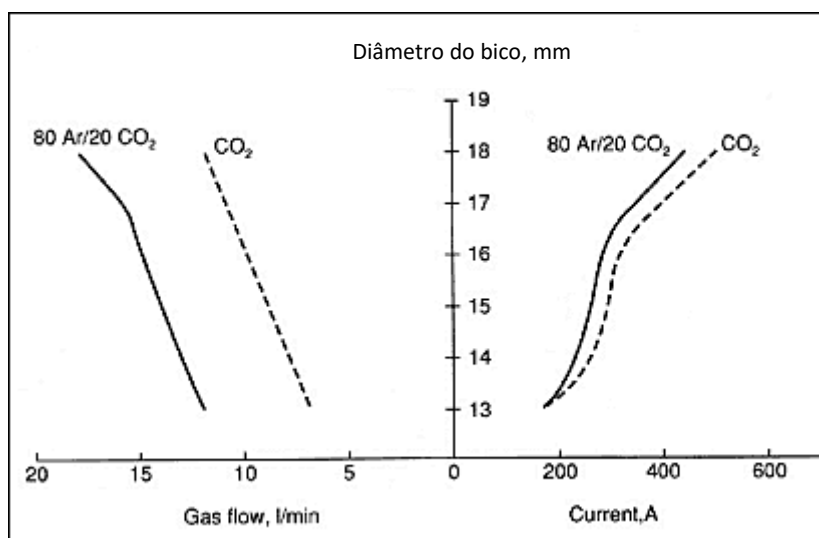


Figura 19 - Taxas de fluxo de gás típicas para diferentes diâmetros de bicos e correntes de soldadura (tamanhos dos banhos de soldadura). Fonte: TWI

O fluxo de gás deve ser aumentado ligeiramente em correntes de ar ou onde o diâmetro do bocal, a distância do bocal à placa, a corrente, a tensão do arco e a velocidade de soldadura aumentam. Coberturas largas devem ser evitadas, pois a porosidade pode resultar de uma proteção inadequada contra gases.

Na oficina

Equipamento de soldadura

Verificação visual para garantir que o equipamento de soldadura esteja em boas condições.

Fio elétrico

O diâmetro, as especificações e a qualidade do fio são os principais pontos da inspeção. O nível de desoxidação do fio é um fator importante, estando disponíveis fios desoxidados simples, duplos e triplos.

Quanto maior o nível de desoxidantes no fio, menor a chance de porosidade na solda. A qualidade do enrolamento do fio, revestimento de cobre e temperamento também são fatores importantes para minimizar os problemas de alimentação do fio.

Rolos de tração e revestimento

Verifique se os rolos de acionamento têm o tamanho correto para o fio e se a pressão é justa ou apenas suficiente para acionar o fio. A pressão excessiva deforma o fio para uma forma ovular, dificultando a passagem pelo revestimento, resultando em arcos na ponta de contato e desgaste excessivo da ponta e do revestimento.

Verifique se o revestimento é do tipo e tamanho corretos para o fio. Um tamanho de revestimento geralmente ajusta-se a dois tamanhos de fio, ou seja, 0,6 e 0,8, 1 e 1,2,

1,4 e 1,6 mm de diâmetro. Revestimentos de aço são usados para fios de aço e Teflon para fios de alumínio.

Ponta de contato

Verifique se a ponta de contato é do tamanho certo para o fio que está a ser acionado. Verifique frequentemente a ponta do contato quanto à quantidade de desgaste e substitua-a regularmente.

Conexões

Verifique se todas as conexões no circuito de soldadura estão firmes e se os cabos estão em boas condições.

Gás e fluxo de gás

O tipo de gás usado é extremamente importante para a soldadura e brasagem MAG, assim como o escoamento do cilindro, que deve ser adequada para proporcionar uma proteção eficaz. Confirme a composição do gás em relação aos requisitos do procedimento de soldadura / brasagem e defina o escoamento do gás.

Outros parâmetros variáveis da soldadura

Devem ser feitas verificações quanto à velocidade correta de alimentação do fio, tensão, velocidade do percurso e todas as outras variáveis essenciais do processo fornecidas no procedimento de soldadura / brasagem aprovado.

Verificações de segurança

Verifique a capacidade de carga atual ou ciclo de trabalho do equipamento e isolamento elétrico. Verifique se os sistemas de extração estão a funcionar corretamente e posicionados para evitar a exposição aos vapores. Verifique a disponibilidade e as condições de todos os PPEs e telas necessárias.



Soldador

37

Verifique se o soldador está preparado para soldar o procedimento.

Instalação da oficina de soldadura e brasagem:

Documentação: Quais os documentos que precisa de ter antes da soldadura e brasagem?

Documentos de saúde, segurança e meio ambiente:

.....

.....

Documentos de soldadura e brasagem:

.....

.....

Equipamento de proteção pessoal: Faça uma lista do EPP necessário e execute a inspeção pré-uso.

.....

.....

.....

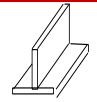
Equipamento de ventilação e extração: Realize a inspeção pré-uso, posicione e opere o equipamento.

Notas:

Equipamento de solda / brasagem MAG: execute a inspeção pré-uso, verifique os registos de manutenção e calibração, desmonte e remonte a tocha de soldadura e instale os fios consumíveis.

Notas:

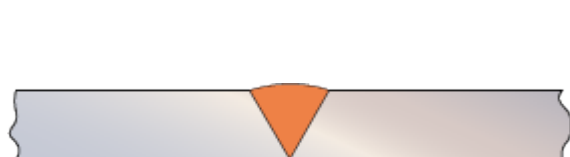
O seu exercício prático começará com cordão na placa e será orientado pelo seu formador de soldadura para avançar pelos seguintes tipos de juntas e posições de soldadura, com peças de teste suficientes para obter confiança consistente e qualidade da junta:

Exercício prático de soldadura			Grupo de materiais 1 (ISO/TR 15608)		
Nº	Tipo de solda	Espessura do material recomendada [mm]	Posição de solda	Desenho	Observações
1	Cordão na placa	Ilimitada	PA / PF / PG		processos 135 e 973
2	Solda em filete, junta em T	$t > 1$	PA		Camada única
3	Solda em filete, junta em T	$t > 1$	PB		camada única, soldadura na esquina
4	Solda de topo	$t > 1$	PA		Um lado, sem suporte, multicamadas

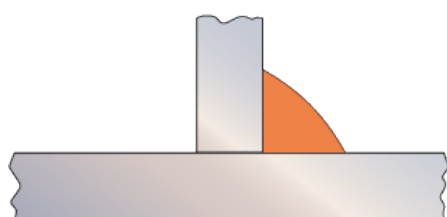
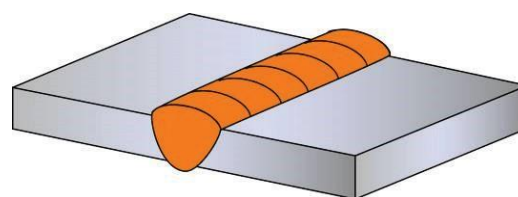
5	Solda em filete, junta de canto	$t > 1$	PG		camada única, penetração
6	Solda em filete, junta em T	$t \leq 1,2$	PD		camada única
7	Solda em filete, junta em T	$t \leq 1,2$	PG		camada única
8	Solda de topo	$t \leq 1,2$	PE		de um lado, sem apoio
9	Solda de topo	$t \leq 1,2$	PG		de um lado, sem apoio

Tabela 2 – Tipos de soldas. Fonte: TWI

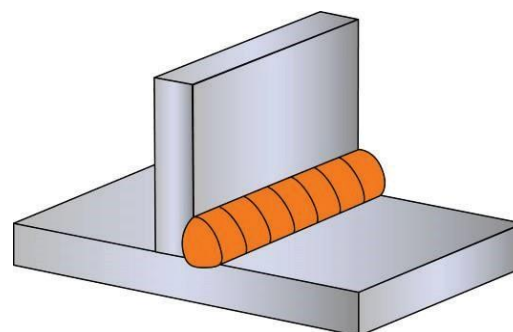
Esses vários tipos de juntas podem ser unidos por apenas dois tipos de solda. Em primeiro lugar, a solda de topo onde a solda está dentro do plano dos componentes que estão sendo unidos e, em segundo lugar, a solda de filete onde a solda está completa ou principalmente fora do plano dos componentes.



Solda de topo



Solda de filete



Figuras 20 e 21 – Soldas de topo e filete

As soldas de filete são provavelmente o tipo mais comum de solda; podem ser usadas para fazer juntas em T, canto e colo.



Figura 22 – Solda de filete de junta T, solda de filete de junta de canto e solda de filete de junta de lapela. Fonte: TWI

Uma solda de filete tem uma forma aproximadamente triangular, sendo o tamanho definido pela garganta da solda ou pelo comprimento da perna, como mostrado em seguida

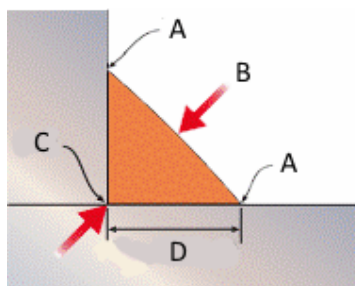
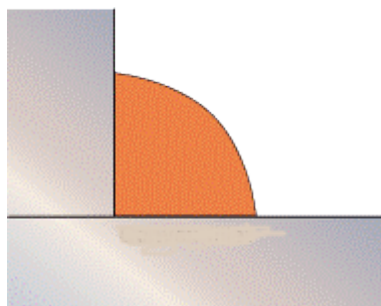
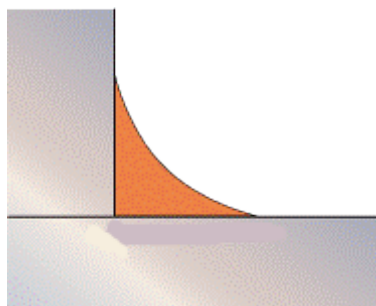


Figura 23 – Cordão de solda. A. Dedo; B. Garganta (a); C. Raiz; D. Comprimento da perna (z). Fonte: TWI



Filete convexo



Filete côncavo

Figuras 24 e 25 - Termos usados para descrever as características de uma solda de filete. Fonte: TWI

O tamanho das soldas de filete deve ser especificado preferencialmente referindo-se à espessura da garganta 'a', embora o comprimento da perna 'z' seja frequentemente usado e possa ser mais fácil de medir durante a inspeção de solda.

Convencionalmente, os comprimentos das pernas são considerados de dimensões iguais, e a solda forma um triângulo isósceles na secção transversal.

O filete convexo é geralmente indesejável porque:

- a) a junção do metal de solda com o metal original no 'dedo' da solda pode formar um aumento significativo de tensão e afetará adversamente resistência fadiga e a resistência à fratura;
- b) o excesso de metal de solda para depositar na tampa custa tempo e dinheiro sem contribuir para a resistência da junta.

A solda de filete côncava pode ser benéfica em relação à resistência à fadiga e, se necessário, a espessura mínima da garganta DEVE ser especificada.

As soldas de filete são mais baratas do que as de topo, pois não há necessidade de cortar ou maquinar uma preparação de solda.

Para permitir que a placa mais grossa seja unida por 'soldadura por ponto', um furo circular ou alongado pode ser maquinado através da placa superior, permitindo que seja feita uma solda de encaixe ou ranhura, preenchendo o furo com metal de solda. Embora este possa parecer um processo simples e fácil, a resistência desse tipo de junta depende da fusão total do metal de solda com a parede vertical do furo cortada na placa superior. Como na solda de filete, a falta de fusão nessa área resultará numa redução na espessura da garganta da articulação. Portanto, é essencial que o soldador direcione o arco de soldadura para o canto inferior da junta e não encha simplesmente o metal de solda no furo. Com soldas de encaixe de pequeno diâmetro, essa pode ser uma operação difícil e qualificada, e os soldadores precisam ser formados adequadamente para garantir que possam obter a fusão total.

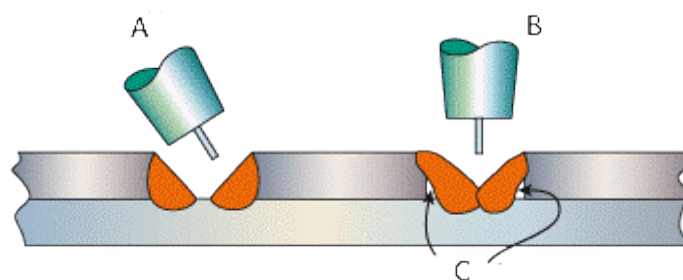


Figura 26 – Ângulo da tocha. A. Ângulo correto da tocha, B. Ângulo incorreto da tocha, C. Falta de fusão. Fonte: TWI

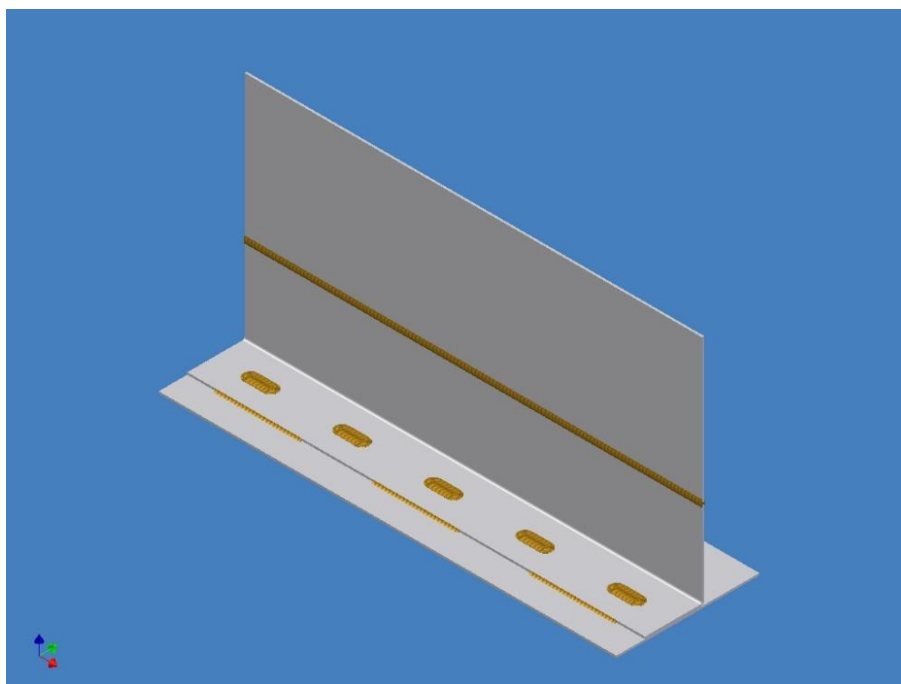


Figura 27 – Soldas de encaixe e de pontos. Fonte: TWI

Como a força da solda de encaixe ou ponto é determinada pela garganta, pode não ser necessário preencher o orifício completamente, a menos que a solda deva estar nivelada com a superfície da placa por razões estéticas. Além de ser desnecessário do ponto de vista da resistência da junta, um furo completamente cheio terá altas tensões residuais. Isso pode causar distorção inaceitável e aumentará o risco de rachas a frio em aços carbônicos e aços de liga leve.

1.2.2 Soldadura MAG e GMAW (processos)

O processo de soldadura MAG é uma técnica versátil, adequada para componentes de chapas finas e de secção espessa na maioria dos materiais metálicos.

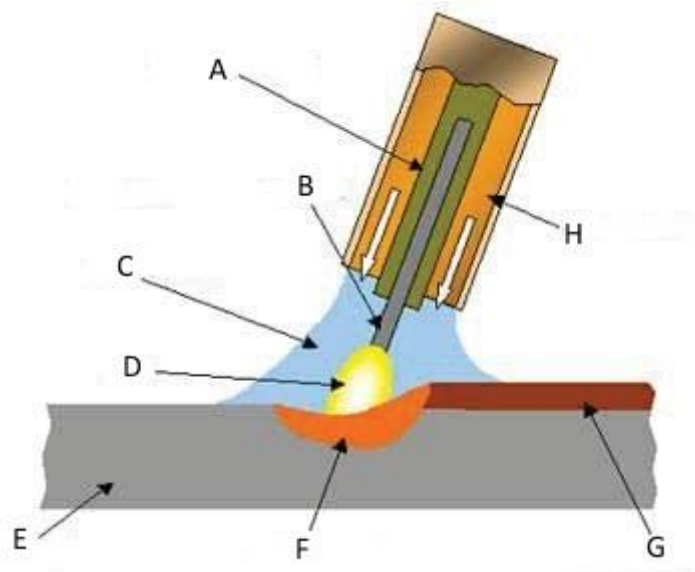


Figura 28 - O processo de soldadura MAG. A. Tubo de contato, B. Eléctrodo consumível, C. Proteção contra gás, D. Arco, E. Peça de trabalho, F. Banho de solda, G. Metal de solda, H. Bocal de gás. Fonte: TWI

Um arco é atingido entre a extremidade do eléctrodo consumível e a peça de trabalho, derretendo ambos para formar um banho de solda. O fio consumível serve como fonte de calor (através do arco na ponta do fio) e metal de enchimento da junta e é alimentado por um tubo de contato de cobre (também chamado de ponta de contato), que conduz a corrente de soldadura no fio. O banho de solda é protegido da atmosfera circundante por um gás de proteção alimentado através de um bico que circunda o fio. A seleção do gás de proteção depende do material que está a ser soldado e da aplicação. O fio é alimentado de uma bobina pelo acionamento do motor e o soldador mover a pistola ou a tocha de soldadura ao longo da linha da junta. O processo oferece alta produtividade e é económico porque o fio consumível é alimentado continuamente.

O processo MAG usa equipamento semiautomático. É chamado de semiautomático, porque a taxa de alimentação do fio e o comprimento do arco são controlados automaticamente, mas a velocidade de deslocamento e a posição do fio estão sob controlo manual.

O processo de solda a arco de metal a gás é uma variante do processo de soldadura MAG, onde o equipamento MAG é usado com consumíveis de solda por brasagem. Esses fios de enchimento são normalmente do tipo silício ou fósforo-bronze para aços de solda por brasagem. Os consumíveis de solda por brasagem fundem a uma temperatura mais baixa que o material original e formam uma junta soldada, onde o metal de enchimento molha a superfície da placa em vez de fundi-la. A resistência da junta não é tão boa quanto a do material original. O processo é frequentemente usado para soldas cosméticas em chapas finas, onde é desejável uma baixa entrada de calor.

A aplicação mais comum do processo de brasagem por solda a arco de metal a gás na reparação automóvel é normalmente usada em áreas de difícil acesso com uma pistola de solda por resistência a ponto ou para a fixação de painéis da carroçaria de substituição, quando a perfuração ou maquinagem na folha superior é usada para produzir uma solda de encaixe.

1.2.3 Especificações da soldadura de brasagem por arco de metal a gás

O processo de soldadura por brasagem é uma variante do processo de soldadura MAG, onde a maioria das variáveis essenciais do processo é idêntica aos processos de soldadura MAG convencionais. No entanto, no processo de soldadura por brasagem, o ponto de fusão dos fios de enchimento é significativamente menor em relação ao ponto de fusão do material original. Durante o processo de soldadura a arco, o fio de enchimento derrete a temperaturas tipicamente acima de 1600°C, enquanto que na brasagem o fio derrete a menos de 1000°C.

Como no processo de soldadura MAG padrão, um eléctrodo de fio alimentado continuamente é derretido por um arco formado entre o eléctrodo e a peça de trabalho

mas não ocorre fusão ou fusão significativa do metal original devido à temperatura mais baixa. O metal fundido flui para o espaço entre as partes a serem unidas e solidifica após humedecimento através ou entre as superfícies por meio de ação capilar para formar a junta sólida. Um exemplo de junta formada pelo processo de brasagem MAG é mostrado abaixo.

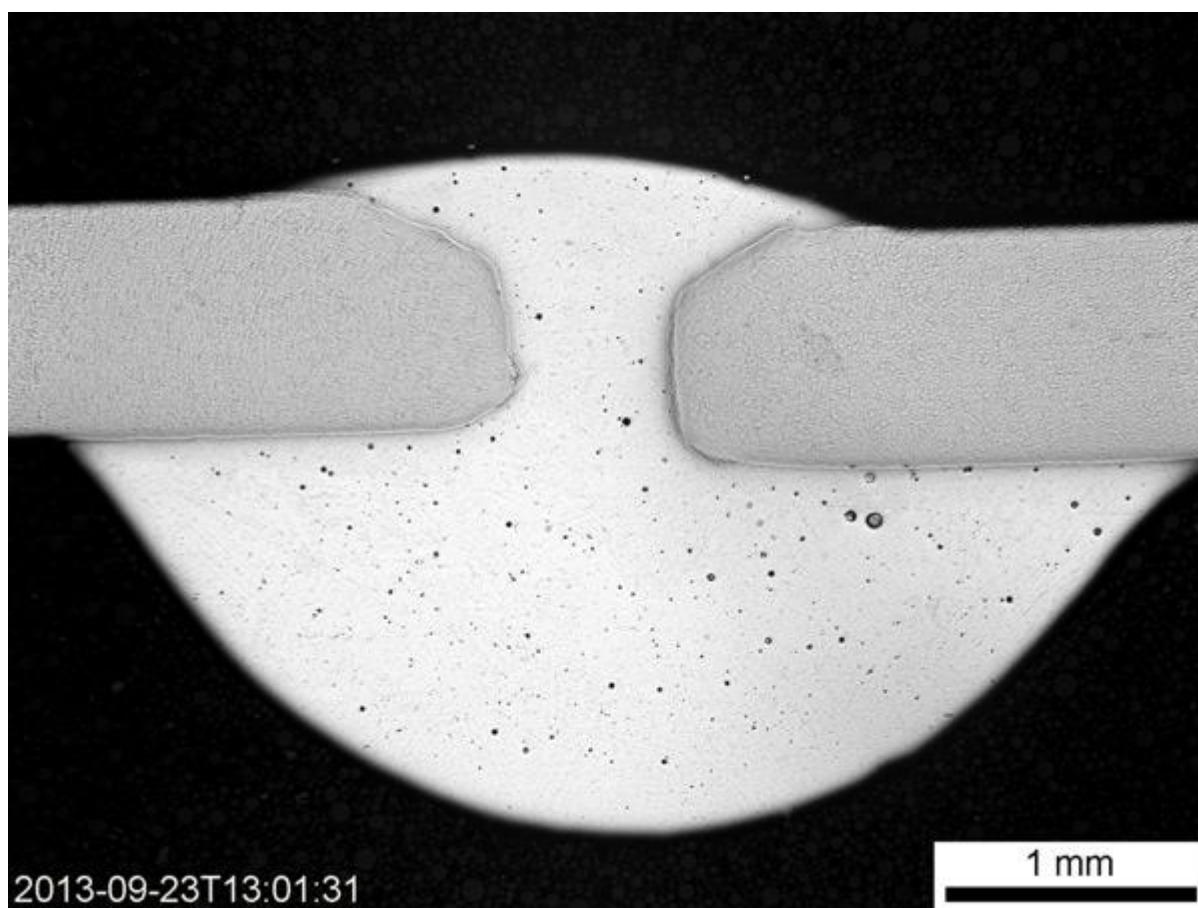


Figura 29 - Uma solda de topo aberta soldada a arco de metal a gás. Fonte: TWI

A corrente e a tensão mais baixas também resultam em economia de energia e significam que chapas muito finas (até 0,2 mm) podem ser soldadas. No entanto, esse processo não é adequado para uso em materiais espessos, com um limite de espessura superior de aproximadamente 3 mm. Também é necessário garantir acesso suficiente à tocha de brasagem e à cobertura de gás associada, para que o projeto da junta precise ser cuidadosamente considerado.

1.2.4 Características da soldadura de brasagem a arco de metal a gás e soldadura MAG

46

O processo de soldadura por brasagem é considerado uma excelente opção para a união de aços de chapa fina revestidos (por exemplo, galvanizados). Esses aços, quando soldados usando um processo tradicional de soldadura a arco, produzem grandes quantidades de vapor de zinco. Isso tem vários efeitos negativos. Em primeiro lugar, o vapor pode causar defeitos na solda, como poros ou bolsas de gás, reduzindo a resistência da junta soldada. Em segundo lugar, a perda de zinco da superfície da placa mãe resulta numa redução significativa em suas propriedades resistentes à corrosão, às vezes exigindo o recobrimento do aço.

O processo de soldadura também introduz calor significativo no metal base, resultando assim numa distorção significativa numa zona ampla. Esses efeitos podem ser reduzidos usando um processo de brasagem, devido ao menor calor necessário para derreter os fios de enchimento em comparação com um processo de soldadura padrão. O dano reduzido ao revestimento de zinco significa que ele ainda fornecerá proteção galvânica ao aço base, mesmo na região de 1 a 2 mm em torno da junta onde o revestimento foi perdido. Isso também produz menos vapor de zinco de solda.

Uma investigação do TWI sobre o uso de brasagem por arco para a união de chapas DP600 galvanizadas com 1 mm de espessura com um metal de adição CuSi_3 mostrou que, com o ajuste correto da junta e parâmetros de processo adequados, a resistência da junta é capaz de superar a resistência à tração (UTS) da placa mãe. A adesão do material de brasagem nas superfícies superior e inferior da placa DP600 fornece resistência suficiente para que a junta geral tenha um UTS maior que 600MPa, apesar de o UTS do material de enchimento ser aproximadamente 350MPa.

O processo de junção e os consumíveis especificados nos procedimentos de soldadura ou brasagem e nas instruções de reparação devem sempre ser usados.

1.2.5 Preparação para soldadura de brasagem na reparação de carroçarias

Verifique se as superfícies a serem soldadas estão metalicamente limpas, tomando cuidado para não danificar nenhum revestimento. É possível usar uma variedade de configurações de juntas, incluindo filetes de topo, colo, entre outros. O projeto da junta precisa ser construído de modo a proporcionar uma boa ação humedecida e capilar do material de brasagem e garantir que as tensões não sejam colocadas diretamente no metal de brasagem como tensões de tração. A tensão precisa ser suportada através das superfícies adesivas do metal de brasagem na chapa pai. Uma folga na ordem de 0,5-1 mm entre os componentes a serem unidos permitirá o fluxo bem-sucedido do metal de brasagem na junta, melhorando a adesão e aumentando a resistência da junta. No entanto, é importante observar que uma folga de articulação muito grande, especialmente para juntas de topo, resultará numa perda de toda a tensão no componente como resistência à tração no preenchimento de brasagem, resultando em falha da junta num UTS mais baixo.

É provável que a fonte de energia esteja a operar com uma energia mais baixa do que normalmente seria usada para a soldadura MAG padrão e também pode ser usada com corrente em pulsos ou direta. Um arco de curto-circuito é normalmente usado. Devido à natureza do processo de brasagem, o cordão de solda não terá uma aparência tão superficial quanto um cordão de solda. Não é necessário aumentar a corrente para achatar o cordão de brasagem, uma vez que reduzirá o valor da brasagem como um processo de baixa entrada de calor.

É necessário selecionar e controlar com muito cuidado os parâmetros do processo, pois a alta fluidez da brasagem à base de cobre resulta num banho de solda muito mais "móvel". Isso pode penetrar demasiado facilmente ou formar uma aparência indesejável do cordão, se não for controlado.

A tocha é usada numa orientação "a empurrar" (de aproximadamente 70–80 °) para permitir o pré-aquecimento da placa e a remoção de qualquer revestimento à frente

do banho de solda, com a tocha posicionada simetricamente entre as duas superfícies da junta (por exemplo, a 45 ° para um filete em T). Esse ângulo da tocha também reduz a probabilidade de penetração excessiva através do espaço ou no metal original.

1.2.6 Aplicações técnicas de MAG e GMAW na reparação de carroçaria

Variáveis primárias do processo MAG

- Corrente de soldadura / velocidade de alimentação do fio;
- Tensão;
- Gases;
- Velocidade de deslocamento e orientação do eletrodo;
- Indutância;
- Ponta de contato à distância da peça (CTWD);
- Bocal à distância da peça;
- Bocal do gás de proteção;
- Tipo do metal de transferência.

Velocidade de alimentação do fio

Aumentar a velocidade de alimentação do fio aumenta automaticamente a corrente no fio. Os fios geralmente são produzidos com 0,6, 0,8, 1, 1,2, 1,4 e 1,6 mm de diâmetro.

Tensão

É a configuração mais importante na transferência de spray uma vez que controla o comprimento do arco. Na transferência por imersão, também afeta o aumento da corrente e a entrada total de calor na solda. Aumente a velocidade / corrente de alimentação do fio e a tensão aumentará a entrada de calor. As conexões de soldadura precisam ser verificadas quanto à consistência, pois quaisquer conexões soltas resultam em resistência e causam uma queda de tensão no circuito que afeta as

características do arco de soldadura. A tensão afetará o tipo de transferência alcançável mas isso também depende muito do tipo de gás usado.

49

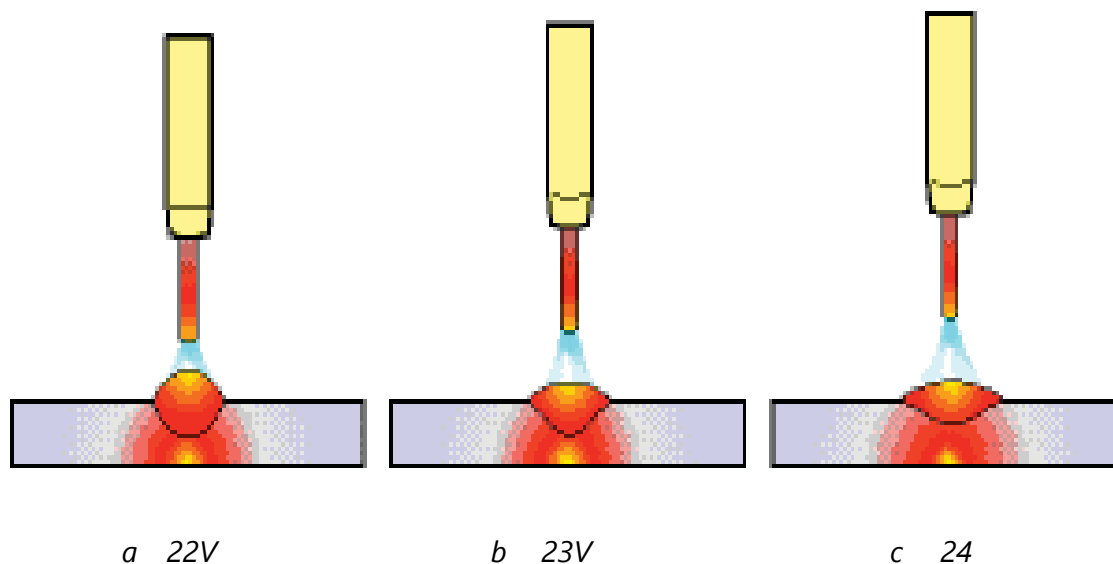


Figura 30 - O efeito da tensão do arco: a Aumento da tensão do arco; b Penetração reduzida, aumento da largura; c Tensão excessiva pode causar porosidade, respingos e cortes. Fonte: TWI

O efeito do arco de tensão:

- a. Aumento do arco de tensão;
- b. Penetração reduzida, aumento da largura;
- c. Tensão excessiva pode causar porosidade, respingos e cortes.

Velocidade de deslocamento e orientação do eletrodo

Uma velocidade de deslocamento mais rápida resulta em menos penetração, largura menor do cordão e maior risco de rebaixamento.



Figura 31 – Efeito do aumento de velocidade. Fonte: TWI

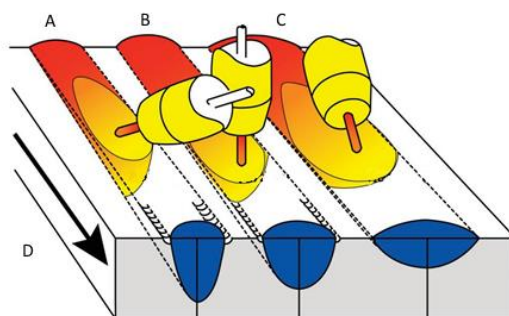


Figura 32 - A. “puxar”, B. Vertical, C. “empurrar”, D. Orientação. Fonte: TWI

Orientação	A	B	C
Penetração	Profunda	Moderada	Baixa
Excesso de material de solda	Máximo	Moderado	Mínimo
Corte	Severo	Moderado	Mínimo

Tabela 3 – Efeito do ângulo da tocha.

Efeito da ponta de contato à distância da peça

O CTWD exerce influência sobre a corrente de soldadura devido ao aquecimento resistivo na extensão do eletrodo. A corrente de soldadura necessária para derreter o eletrodo na quantidade necessária para corresponder à velocidade de alimentação do fio reduz à medida que o CTWD é aumentado. Extensões longas de eletrodo podem causar falta de penetração, por exemplo, em juntas estreitas ou com má manipulação da pistola de solda. Por outro lado, a corrente de soldadura aumenta quando o CTWD é reduzido. Isso fornece ao soldador experiente um meio de controlar a corrente durante a soldadura, mas pode resultar em penetração variável na soldadura manual com uma tensão constante.

Em CTWDs curtas, o calor irradiado do banho de solda pode causar sobreaquecimento do tubo de contato e da tocha de soldadura, o que pode levar a aderência de respingos e aumento do desgaste do tubo de contato

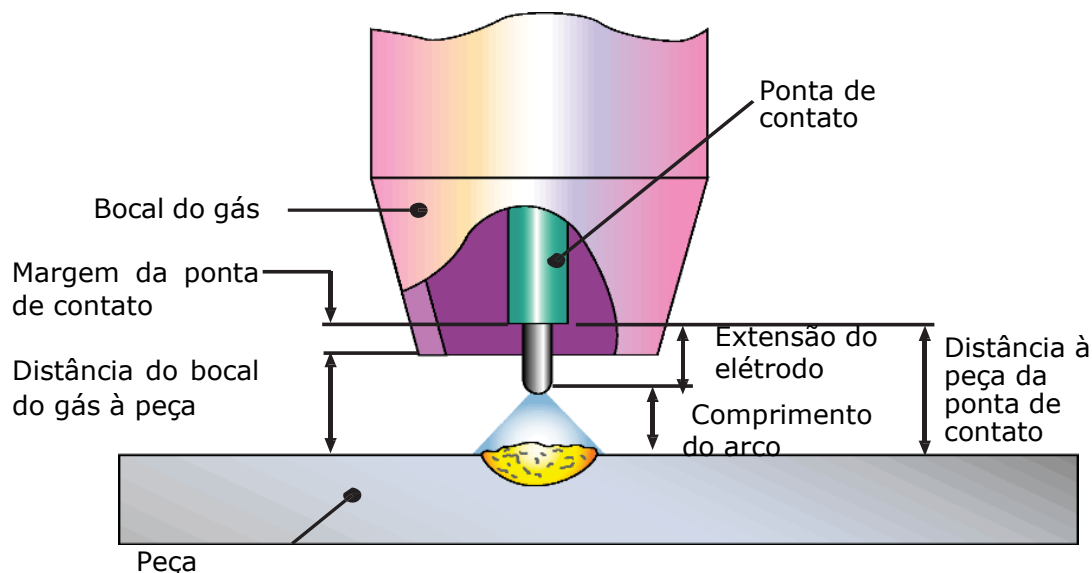


Figura 33 - Ponta de contato, distância até peça; extensão do eletrodo e distância do bico à peça. Fonte: TWI

À medida que a extensão do eletrodo aumenta, a taxa de queima aumenta para uma dada corrente de soldadura devido ao aumento do aquecimento resistivo. Aumentando a extensão do eletrodo, por exemplo, em aplicações mecanizadas, é, portanto, uma maneira de aumentar as taxas de deposição, já que a velocidade de alimentação do fio é aumentada para manter a corrente de soldadura necessária.

O aquecimento resistivo depende da resistividade do eletrodo, do comprimento de extensão do eletrodo e do diâmetro do fio, sendo mais pronunciado para materiais de soldadura com alta resistividade, como os aços. A extensão do eletrodo deve ser mantida pequena quando fios de pequeno diâmetro estiverem a ser usados para evitar aquecimento excessivo no fio e evitar a má forma resultante do cordão.

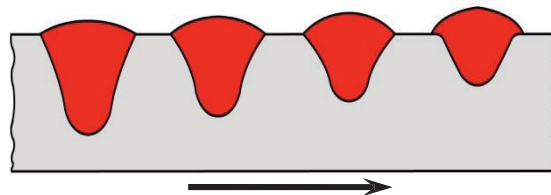


Figura 34 – Efeito do aumento da extensão do eletrodo. Fonte: TWI

A extensão do eletrodo deve ser verificada ao configurar as condições de soldadura ou ao instalar um novo tubo de contato. Normalmente medido desde o tubo de contato até à peça de trabalho.

Os CTWDs sugeridos para os principais modos de transferência de metal são:

Modo de transferência do metal	CTWD, mm
Imersão	10-15
Spray	20-25
Pulso	15-20

Tabela 4 -Modo de transferência de metal. Fonte: TWI

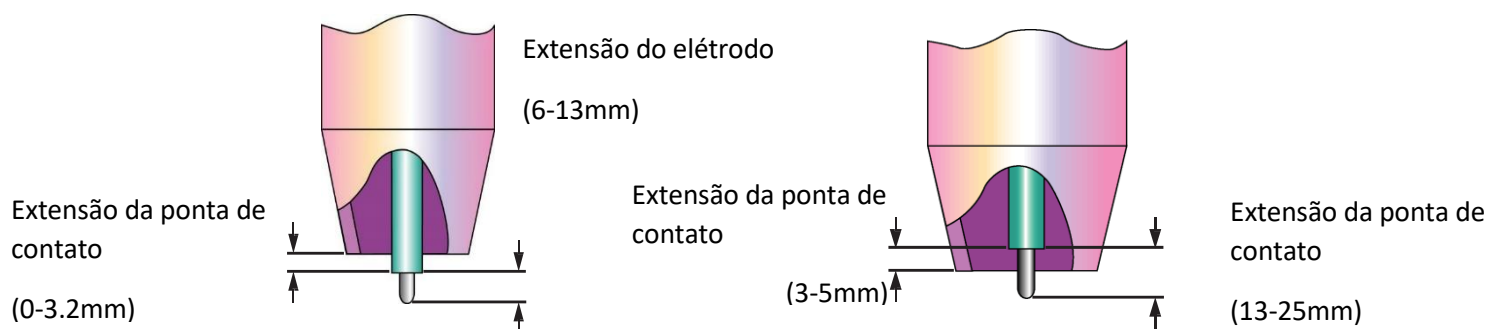


Figura 35 – Distância recomendada da ponta de contato até à peça de trabalho. Fonte: TWI.

Efeito do bocal na distância à peça de trabalho

A distância entre o bocal e a peça de trabalho tem um efeito considerável na eficiência da proteção do gás com uma diminuição do reforço da coluna. A distância do bocal para a peça de trabalho é geralmente de 12 a 15 mm. No entanto, se o CTWD for reduzido simultaneamente, a taxa de deposição numa determinada corrente será reduzida e a visibilidade e acessibilidade serão afetadas; portanto, na prática, é

necessário um compromisso. A seguir, são apresentadas as configurações sugeridas para o modo de transferência de metal em uso.

53

Modo de transferência do metal	Posição da ponta de contato relativamente ao bocal
Imersão	2mm desde dentro até 2mm desde a saliência
Spray	4-8mm desde dentro
Spray (alumínio)	6-10mm desde dentro

Tabela 5 – Efeito do bocal na distância de trabalho à peça. Fonte: TWI

Bocal do gás de proteção

O objetivo do bocal de gás de proteção é produzir um fluxo laminar de gás para proteger o banho de solda da contaminação atmosférica. Os diâmetros dos bocais variam de 13 a 22 mm e devem ser aumentados em relação ao tamanho do banho de solda. Portanto, são utilizados bocais de diâmetro maior para aplicações de alta corrente de transferência por spray e diâmetro menor para transferência por imersão. A taxa de fluxo também deve ser ajustada ao diâmetro do bocal e ao tipo de gás de proteção para fornecer uma cobertura suficiente do banho de solda. Os bocais de gás para soldadura por transferência por imersão tendem a ter uma forma cônica na saída do bocal.

O acesso e o tipo de junta também devem ser considerados ao selecionar o bocal de gás e o escoamento necessários. Um bocal muito pequeno pode causar obstruções por respingos mais rapidamente e, se o fio dobrar ao sair do tubo de contato, o envelope de proteção e a localização do arco podem não coincidir.

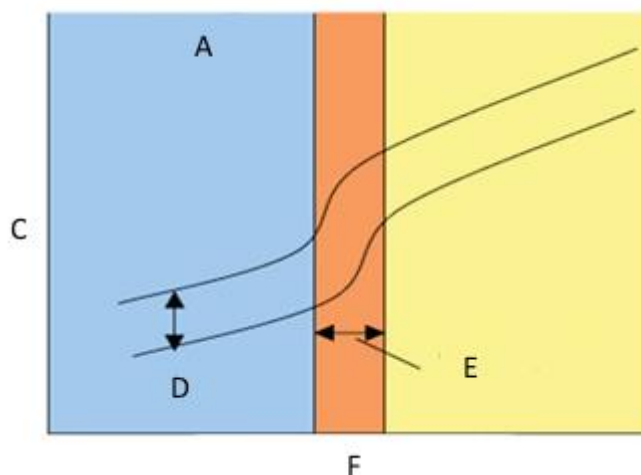


Figura 36 - Curva característica do arco. A. Transferência por imersão, B. Transferência por pulverização, C. Tensão do arco - V, D. Faixa de operação, E. Região de transição - Transferência globular, F. Corrente de soldadura – A. Fonte: TWI

Características chave da transferência por imersão

- Transferência de metal por imersão ou curto-circuito no banho de solda;
- Processo de entrada de calor relativamente baixo;
- Fluidez do banho de soldadura reduzida;
- Utilização para chapas finas acima de 0,8 mm e, normalmente, abaixo de 3,2 mm, a soldadura posicional de secções mais espessas e raízes ocorre em juntas de topo abertas;
- A estabilidade do processo e os respingos podem ser um problema se mal ajustados;
- Falhas na fusão devido a tanto uma má preparação prévia como também a uma má aplicação;
- Não usado em metais que não sejam férricos como também ligas.



Figura 37 – Transferência por imersão. Fonte: TWI

Na transferência por imersão, o fio provoca um curto-circuito no arco 50-200 vezes por segundo e esse tipo de transferência é normalmente alcançado com CO₂ ou misturas de CO₂ e gás árgon + intensidades de corrente baixas e tensões de soldadura <24V.

Características chave da transferência por spray

- Transferência do metal por “queda livre”;
- Alta entrada de calor;
- Elevada velocidade de deposição;
- Arco estável e suave;
- Utilizado em aços acima de 6mm e ligas de alumínio acima de 3mm de espessura;

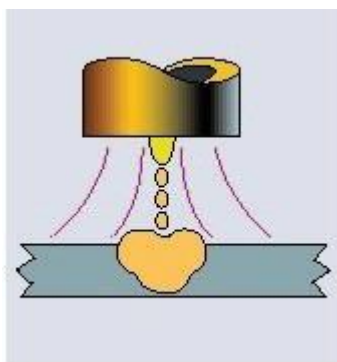


Figura 38 – Transferência por spray. Fonte: TWI

A transferência do spray ocorre em altas correntes e tensões. Acima da corrente de transição, a transferência de metal é uma fina pulverização de pequenas gotas projetadas no arco com baixos níveis de respingos. A alta corrente de soldadura produz fortes forças eletromagnéticas (efeito pinch) que fazem com que o filamento derretido que suporta a gota caia para baixo. As gotas soltam-se da ponta do fio e aceleram através da abertura do arco. A frequência com que as gotículas se soltam aumenta com a corrente. O tamanho da gota equivale ao diâmetro do fio no nível limite mas diminui significativamente à medida que a corrente de soldadura aumenta. Em correntes muito altas (velocidade de alimentação do arame), as gotículas fundidas podem começar a girar (transferência rotativa). A corrente do arco flui durante o soltar

da gota, resultando em penetração máxima e alta entrada de calor. Quando é usada a tensão correta do arco para a transferência do spray, o arco é curto com a ponta do fio 1-3mm a partir da superfície da placa.

Nos aços, pode ser usado apenas em pontas baixas e soldas de filete H / V mas oferece maior taxa de deposição, penetração e fusão do que a transferência por imersão devido ao aquecimento contínuo do arco. É usado principalmente para espessuras de chapas de aço >3 mm tendo uso limitado para soldadura posicional devido ao grande potencial de solda envolvido.

Características chave da transferência por pulso

- Transferência das gotículas em “queda livre” sem existir curto-circuito em toda a zona de trabalho;
- Respingo muito reduzido;
- Menor transferência de calor do que a transferência por spray;
- Risco reduzido de falhas na fusão quando comparado com a transferência por imersão;
- Controlo do cordão de solda para incorporação dinâmica de todas as partes;
- Controlo/flexibilidade do processo;
- Permite o uso de fios de diâmetro maior e menos dispendiosos com chapas mais finas - mais facilmente alimentados (vantagem particular da soldadura de alumínio)

Pulsar a corrente de soldadura estende a faixa da operação de transferência por pulverização bem abaixo da transição natural da transferência por imersão para a pulverização. Isso permite uma transferência de pulverização suave e livre de respingos em correntes médias abaixo do nível de transição, por exemplo, 50-150A e com menores entradas de calor. A pulsação foi introduzida originalmente para controlar a transferência de metais, impondo uma operação cíclica artificial no sistema de arco aplicando alternadamente correntes altas e baixas.

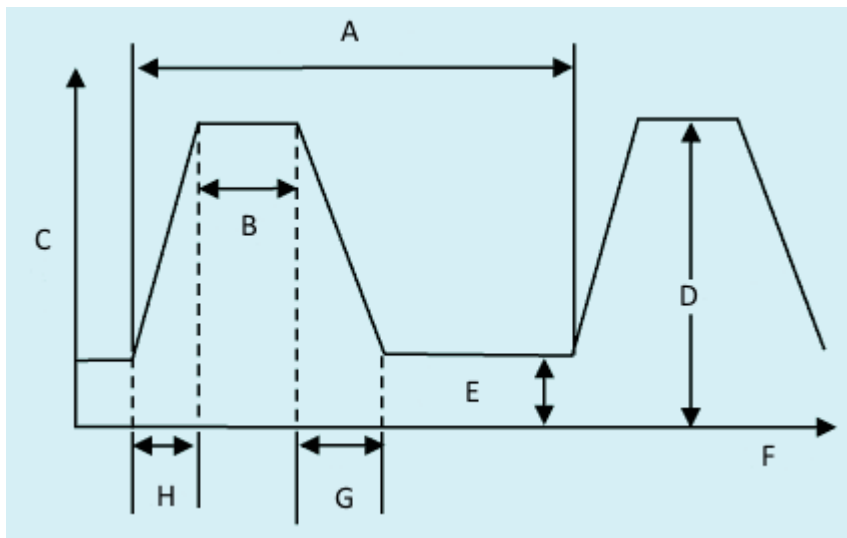


Figura 39 - Forma da onda de soldadura pulsada e seus parâmetros. A. 1 / Frequência, B. Tempo de pico, C. Corrente - A, D. Corrente de pico, E. Corrente de fundo, F. Tempo - ms, G. Tempo de queda, H. Tempo de subida. Fonte: TWI

Uma corrente de fundo baixa (normalmente 20-80A) é fornecida para manter o arco, manter a ponta do fio fundida, fornecer raízes estáveis de ânodo e cátodo e manter a corrente média durante o ciclo. O desprendimento de gotículas ocorre durante um pulso de corrente alta em níveis de corrente acima do nível de corrente de transição. O pulso de corrente gera forças eletromagnéticas muito altas que causam um forte efeito de aperto no filamento de metal que suporta a gota, a gota desprende-se e é projetada através da abertura do arco. A corrente de pulso e a densidade de corrente devem ser suficientemente altas para garantir que a transferência de pulverização (não globular) sempre ocorra para que a soldadura posicional possa ser usada.

A transferência de pulsos usa pulsos de corrente para disparar um único glóbulo de metal através da abertura do arco a uma frequência de 50 a 300 pulsos por segundo. É um desenvolvimento de transferência por spray que fornece capacidade de soldadura posicional para aços, combinada com entrada de calor controlada, boa fusão e alta produtividade e pode ser usado para toda a espessura da chapa de aço >1 mm mas é usado principalmente para soldadura posicional de aços > 6 mm.

Características chave da transferência globular

- Transferência irregular do metal;

- Entrada de calor moderada;
- Velocidade de deposição moderada;
- Risco de respingos;
- Não utilizado muito no Reino Unido, pode ser usado para soldadura mecanizada de aço de espessura média (geralmente de 3 a 6 mm) na posição plana (PA).

Sinergia

É um termo que significa trabalhar em conjunto e foi originalmente projetado para estabelecer parâmetros de pulso corretos na soldadura MIG / MAG numa variedade de diâmetros de fio e misturas de gases. O ajuste manual dos parâmetros de pulso era problemático, com muitas variáveis a serem ajustadas; pico de pulso, tempo de pulso, corrente de fundo e tempo de fundo. Consequentemente, chegar à condição correta do arco consumia muito tempo e estava repleto de erros.

Com o avanço das fontes de energia controladas eletronicamente e dos sistemas subsequentes controlados por inversores de CPU, permitiu que os fabricantes produzissem um sistema de controlo por maçaneta. Portanto, todos os parâmetros mencionados anteriormente podem ser controlados através de uma operação de controlo de uma maçaneta para estabelecer a condição correta do arco, conforme determinado pelos fabricantes da fonte de energia. Essencialmente, à medida que a maçaneta é girada, a alimentação do fio aumenta, possivelmente a tensão (e todos os parâmetros de pulso) mudam para manter uma condição de arco equilibrada.

Os fabricantes têm curvas sinérgicas predeterminadas com base no tipo de material, diâmetro do fio e mistura de gases. Para facilitar a configuração, essas informações são programadas pelo utilizador e uma curva exclusiva é produzida com base nas entradas. O utilizador pode então ajustar, através de um controlo de uma maçaneta, para cima e para baixo na curva sinérgica. A maioria das máquinas, no entanto, tem a opção de ajustar a tensão da curva sinérgica, se necessário. Além disso, uma vez

encontrada uma condição de soldadura aceitável, a maioria dos fabricantes pode salvar na memória para um uso posterior.

A faixa de transferência globular ocupa a faixa de transição da tensão do arco entre a transferência "em queda livre" e a transferência totalmente em curto-circuito. A transferência irregular de gotículas e a instabilidade do arco são inerentes, principalmente ao operar próximo ao limite de transição. Na transferência globular, uma gota derretida com várias vezes o diâmetro do eletrodo forma-se na ponta do fio, a gravidade eventualmente a desprende quando seu peso supera as forças de tensão superficial e a transferência ocorre frequentemente com respingos excessivos. Antes de transferir, o arco diminui e seu cone cobre uma grande área, dissipando energia.

Há um curto-circuito de curta duração quando a gota entra em contato com o banho de solda, mas em vez de causar a transferência da gota, ocorre como resultado disto. Embora o curto-circuito tenha uma duração muito curta, é necessária alguma indutância para reduzir os respingos, embora para o operador os curtos-circuitos não sejam discerníveis e o arco pareça um tipo de "queda livre".

Para minimizar ainda mais os níveis de respingos, é comum operar com um comprimento de arco muito curto e, em alguns casos, uma técnica de arco enterrado é adotada. A transferência globular só pode ser usada na posição plana e é frequentemente associada à falta de penetração, defeitos de fusão e cordões de solda irregulares devido à transferência irregular e à tendência de oscilação do arco.

Indutância

Ao soldar MAG no modo de transferência por imersão, o eletrodo de soldadura toca o banho de solda, causando um curto-circuito durante o qual a tensão do arco é quase zero. Se a fonte de alimentação de tensão constante respondesse instantaneamente, uma corrente muito alta começaria imediatamente a fluir através do circuito de

soldadura e o rápido aumento da corrente para um valor alto derreteria o eletrodo em curto-circuito com força explosiva, dissipando o metal de solda e causando consideráveis respingos.

Indutância é a propriedade de um circuito elétrico que diminui a taxa de aumento de corrente. A corrente que viaja através de uma bobina de indutância cria um campo magnético que cria uma corrente no circuito de soldadura em oposição à corrente de soldadura. O aumento da indutância também aumentará o tempo do arco e diminuirá a frequência de curtos-circuitos.

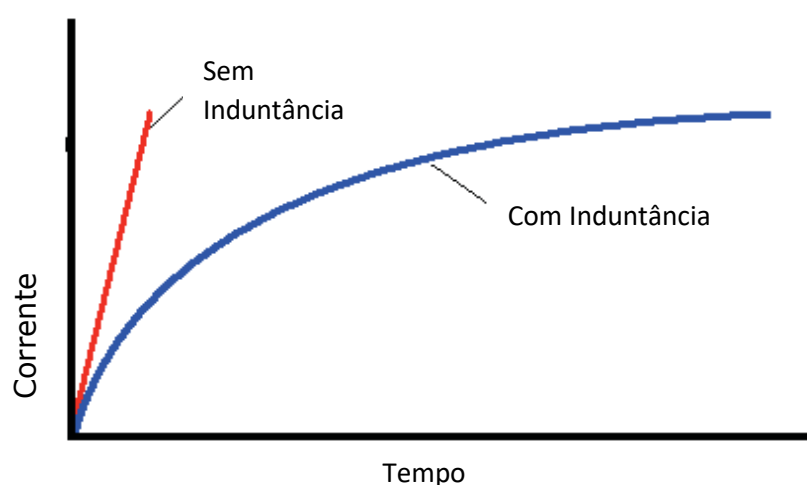


Figura 40 – Relação entre a indutância e o aumento da corrente. Fonte: TWI

Existe um valor ótimo de indutância para cada taxa de alimentação do eletrodo. Uma indutância insuficiente resulta em respingos excessivos, muita corrente não sobe rápido o suficiente e o eletrodo não é aquecido o suficiente, fazendo com que o eletrodo se ligue ao metal base. As modernas fontes de energia elétrica definem automaticamente a indutância para proporcionar uma transferência suave de arco e metal.

1.2.7 Saúde, Segurança e Segurança Ambiental

Trabalhar de maneira segura, para se proteger, aos outros e ao veículo em que trabalha, é uma consideração essencial em qualquer operação de soldadura. A responsabilidade pela segurança é de todos os indivíduos, mas principalmente dos

soldadores, não apenas pela própria segurança, mas também para evitar colocar em risco outras pessoas. Seu empregador tem uma responsabilidade importante de garantir que a legislação de saúde, segurança e meio ambiente (HSE) seja cumprida e que práticas de trabalho seguras sejam implementadas. Se não puder garantir a sua própria segurança e a segurança de outras pessoas na área de trabalho, pare de soldar e não comece a soldar novamente até que o risco tenha sido controlado.

Seu empregador deve garantir a conformidade com todos os documentos apropriados, por exemplo:

- Legislação – Diretivas EU OSH.
- Padrões – OHSAS 18001.
- Sistemas de gestão de saúde, segurança e ambiente da empresa.
- Instruções de trabalho - autorizações de trabalho, documentos de avaliação de riscos, etc.

Espaço envolvente da oficina

O empregador precisa garantir que as condições de iluminação sejam adequadas ao trabalho realizado - fornecendo iluminação extra sempre que necessário. Os soldadores permanecem em pé por longos períodos pois devem manter as mãos muito estáveis o que significa que podem ficar com bastante frio se a oficina não estiver suficientemente aquecida. Por outro lado, em clima quente, o ambiente pode ficar insuportavelmente quente e o soldador deve usar roupas de proteção. O sobreaquecimento e o sobrearrefecimento podem causar desconforto e perda de eficiência e produtividade.

A limpeza é extremamente importante para evitar escorregamentos, tropeçamentos, quedas, danos ao equipamento e incêndios.

Existem muitos aspetos de segurança da soldadura que o soldador precisa considerar:

- Choques elétricos;
- Campos eletromagnéticos;
- Calor e luz;
- Fumos e gases;
- Ruído;
- Manuseamento e arrumação das botijas de gás;
- Trabalhar em zonas altas e instáveis ou trabalhar em áreas restritas;
- Potenciais perigos mecânicos: tropeçamentos, quedas, cortes, impacto de objetos pesados

Choques elétricos

O contato com partes metálicas que estão ligadas à eletricidade pode causar ferimentos ou morte devido ao efeito do choque no corpo ou devido a uma queda resultante da reação ao choque elétrico.

O risco de choque elétrico associado à soldadura por arco pode ser da fonte de alimentação principal de 230 ou 460V ou da tensão de saída de 60-100V. O choque de tensão primária é muito perigoso. É muito maior que a tensão secundária do equipamento de soldadura. Pode ocorrer choque elétrico da tensão de entrada ao tocar um fio dentro do equipamento de soldadura com a energia do soldador enquanto o corpo ou a mão toca o estojo do equipamento de soldadura ou outro metal com ligação terra. Somente um eletricista qualificado deve remover a carcaça de uma fonte de energia de soldadura. Dispositivos de circuito residuais (RCDs) conectados a disjuntores de capacidade suficiente ajudarão a proteger o pessoal do perigo de choque elétrico primário.

A energia transformada está disponível nos terminais na frente do conjunto de soldadura. Cabos pesados são conectados a esses terminais para transportar a corrente de solda para a tocha ou para o suporte do eletrodo e para trazer um caminho de retorno da bancada de trabalho ou de metal para o outro terminal. Esse retorno é

geralmente chamado de terra e pode haver um terminal terra secundário disposto de modo que o trabalho esteja em zero volts. Ocorre um choque secundário de tensão ao tocar uma parte do circuito do eletrodo - talvez uma área danificada no cabo do eletrodo - enquanto outra parte do corpo toca o outro lado do circuito de soldadura (o trabalho ou a terra da soldadura) ao mesmo tempo.

Embora seja improvável que a maioria dos equipamentos de soldadura exceda um OCV de 100V, o choque elétrico, mesmo nesse nível, pode ser grave. O circuito de soldadura deve ser equipado com dispositivos de segurança de baixa tensão para minimizar o potencial de choque elétrico secundário.

É importante que os cabos de soldadura possam transportar a saída de energia máxima possível do conjunto de soldadura sem sobreaquecimento pois o sobreaquecimento pode danificar o isolamento, levando a um risco maior de choque elétrico.

A instalação do equipamento de soldadura deve ser realizada por pessoal qualificado, que deve verificar se o equipamento é adequado para a operação e conectado de acordo com as recomendações do fabricante. O soldador é responsável por verificar o equipamento (cabo, tocha de soldadura e dispositivos de acoplamento) diariamente quanto a danos e relatar defeitos. Todas as conexões externas devem estar limpas, firmes e verificadas sempre que uma reconexão for feita. O grampo de retorno de soldadura deve ser conectado diretamente à peça de trabalho, o mais próximo possível do ponto de soldadura.

Ações do soldador para uma prática segura e prevenção contra o choque elétrico:

- Não use joias (principalmente anéis) ou braceletes de relógio metálicos;
- Use roupas de proteção, incluindo botas de segurança isolantes, luvas e macacões;
- Verifique diariamente, e após cada reconexão, se todas as conexões externas estão limpas e firmes;

- Fique em pé ou ajoelhe-se sobre uma esteira de material isolante que deve ser mantido seco;
- Coloque a fonte de energia da soldadura fora do local de trabalho;
- Garanta que a equipa de suporte qualificada esteja próxima do local de trabalho para dar os primeiros socorros e desligar a alimentação elétrica caso necessário;
- Ao soldar fora da oficina, verifique se a classificação de proteção da fonte de energia é adequada ao ambiente e se não solda na chuva sem uma cobertura adequada;
- Ao soldar o veículo diretamente, verifique se o veículo é eletricamente seguro; se um eletricista competente isolou as baterias e quaisquer sistemas híbridos de energia e desconectou unidades eletrónicas sensíveis;

Campo eletromagnéticos

Os processos de soldadura podem produzir campos de baixa frequência que afetam negativamente a saúde mental e física dos trabalhadores expostos. Os possíveis efeitos incluem estimulação dos músculos, nervos ou órgãos sensoriais e sintomas transitórios, como vertigem ou fosfenos da retina do olho. Esses efeitos podem afetar a capacidade de trabalhar com segurança.

Os campos eletromagnéticos podem ser subdivididos em campos magnéticos e elétricos e, para a maioria dos processos de soldadura, é o campo magnético que é significativo.

A exposição a campos eletromagnéticos pode causar efeitos biofísicos diretamente, incluindo:

- efeitos térmicos, como aquecimento de tecidos;
- efeitos não térmicos, como estimulação de músculos, nervos ou órgãos sensoriais;
- correntes nos membros.

Efeitos indiretos do EMF (Campo eletromagnético) incluem:

- interferência em dispositivos eletrônicos médicos, como pacemakers (implantes cardíacos);
- risco de projeção de objetos ferromagnéticos em campos magnéticos estáticos;
- detonação de detonadores;
- ignição de materiais inflamáveis por faíscas causadas por campos induzidos;
- correntes de contato.

Ações do soldador para a prática segura e prevenção EMF de soldadura:

- Siga as orientações da avaliação do local de trabalho do empregador;
- Não enrole os cabos de soldadura ao redor do corpo;
- Não fique por cima de cabos de soldadura enrolados.

Calor

Como a soldadura MAG depende do metal derretido para efetuar uma junta, assume-se que o metal estará muito quente. Todos os metais conduzem o calor em maior ou menor grau; portanto, a área aquecida a uma temperatura que causará queimaduras na pele é muito maior que o próprio cordão de solda. Uma importante precaução é supor que todo o metal numa bancada de soldadura ou adjacente a uma solda na carroçaria de um carro esteja quente. Os termómetros devem ser usados para verificar se o material está frio o suficiente para ser manuseado. Não é seguro tapar o metal com a mão sem proteções para verificar sua temperatura.

O arco de soldadura cria faíscas, com o potencial de causar a inflamação de materiais inflamáveis próximos à área de soldadura e causar incêndios. A área de soldadura deve estar livre de todos os materiais combustíveis e é uma boa prática para todo o pessoal que trabalha nas proximidades da soldadura saber onde estão os extintores mais próximos e o tipo correto de extintor a ser usado se ocorrer um incêndio.

A soldadura também pode produzir respingos, glóbulos de metal fundido expelidos da área de solda. Isso pode causar queimaduras graves, portanto, roupas de proteção, como luvas de solda, macacão retardante de chamas e couros devem ser usadas em qualquer trabalho de soldadura para proteger contra o calor e faíscas. É muito importante evitar armadilhas nas roupas. As calças não devem ter abas viradas para cima e não devem ser enfiadas nas botas - podem ocorrer ferimentos graves se respingos caírem dentro de uma bota de trabalho.

O calor radiante da soldadura pode ser bastante intenso, principalmente quando a soldadura é em alta corrente e ciclo de trabalho está a ocorrer. É necessário um movimento de ar suficiente para manter o soldador a uma temperatura sensível, especialmente importante ao trabalhar em áreas de acesso condicionado, onde o calor refletido intensificará o efeito. Os soldadores também devem beber água regularmente para evitar uma potencial desidratação.

Ações do soldador para práticas seguras e para evitar os efeitos do calor da soldadura:

- Certifique-se de que o PPE apropriado está disponível, apto para uso e colocado corretamente;
- Certifique-se de que a reserva combustível é removida da vizinhança da junta e que o carro está protegido, onde necessário, com cobertores resistentes ao fogo.

Luz

A radiação luminosa é emitida pelo arco de soldadura em três faixas principais de valores:

Tipo	Comprimento de onda, nanometros
Infravermelhos (Calor)	>700
Luz visível	400-700
Radiação ultravioleta	<400

Tabela 6 – Principais faixas de valores da radiação luminosa.

Luz de radiação ultravioleta (UV)

Todos os processos de arco geram luz UV e o excesso de exposição causa inflamação da pele e, possivelmente, cancro da pele ou danos permanentes nos olhos. No entanto, o principal risco entre os soldadores e outros em oficinas de soldadura é a inflamação da córnea e da conjuntiva, comumente conhecida como olho de arco ou flash.

O olho de arco é causado pela radiação UV, que danifica a camada protetora mais externa das células da córnea. Gradualmente, as células danificadas morrem e caem da córnea, expondo nervos altamente sensíveis na córnea subjacente à parte interna relativamente pálida da pálpebra. Isso causa dor intensa, geralmente descrita como areia nos olhos. A dor torna-se ainda mais aguda se o olho for exposto à luz brilhante.

O olho de arco desenvolve-se algumas horas após a exposição, o que pode nem ter sido percebido. O sintoma de se sentir areia no olho e a dor geralmente duram de 12 a 24 horas, mais nos casos mais graves. Felizmente, é quase sempre uma condição temporária. No caso improvável de exposições prolongadas e frequentemente repetidas, podem ocorrer danos permanentes.

O tratamento de olho de arco é simples: descansar num quarto sem luz. Uma pessoa qualificada ou o departamento de acidentes hospitalares podem administrar vários anestésicos calmantes para a vista, que podem proporcionar alívio quase instantâneo. É melhor prevenir do que remediar, e usar óculos de segurança com proteções laterais reduzirá consideravelmente o risco dessa condição. O soldador deve sempre ter uma tela facial completa com a máscara de lente de proteção aprovada para o processo em mãos.

Efeito da luz ultravioleta na pele

A luz UV dos processos de arco não produz o atraente efeito bronzeador do bronzeador; mas resulta em vermelhidão e irritação agudas causadas por alterações nos pequenos vasos sanguíneos da superfície. Em casos extremos, a pele pode ser

gravemente queimada e formar bolhas. A pele avermelhada pode morrer e descamar num dia ou mais. Onde houve intensa exposição prolongada ou frequente, pode ocorrer cancro da pele.

Luz visível

A luz visível intensa, que se aproxima particularmente dos comprimentos de onda da luz UV ou azul, passa pela córnea e pela lente e pode ofuscar e, em casos extremos, danificar a rede de nervos opticamente sensíveis na retina. Os comprimentos de onda da luz visível que se aproximam do infravermelho têm efeitos ligeiramente diferentes, mas podem produzir sintomas semelhantes. Os efeitos dependem da duração e intensidade da exposição e, em certa medida, da ação reflexa natural do indivíduo para fechar os olhos e excluir a luz incidente. Normalmente, esse deslumbrante não produz um efeito a longo prazo.

Radiação infravermelha (IR)

A radiação infravermelha tem um comprimento de onda maior que as frequências de luz visível e é perceptível como calor. O principal perigo para os olhos é que a exposição prolongada (em questão de anos) causa uma opacidade gradual, porém irreversível, da lente. Felizmente, a radiação infravermelha emitida pelo arco de soldadura normal causa danos apenas a uma distância comparativamente curta do arco. Existe uma sensação imediata de queimadura na pele ao redor dos olhos, caso sejam expostos ao calor do arco. A reação natural do ser humano é mover-se ou encobrir-se para impedir o aquecimento da pele, o que também reduz a exposição dos olhos.

Radiação do arco

O soldador deve ser protegido da radiação luminosa emitida pelo arco por um escudo de mão ou cabeça e roupas de proteção. A proteção é equipada com vidro de filtro, escuro o suficiente para absorver os raios infravermelho e ultravioleta. Os óculos de filtro estão em conformidade com a EN 169 e são classificados de acordo com um

número de tonalidade. Isso especifica a quantidade de luz que pode passar - quanto menor o número, mais leve o filtro. O número da cor é selecionado de acordo com o processo de soldadura e o nível atual.

Ações do soldador para práticas seguras e para evitar efeitos da luz da soldadura:

- Não toque num arco, a menos que os soldadores e seus assistentes vistam roupas de proteção e óculos adequados;
- Não toque num arco, a menos que outros trabalhadores nas proximidades e transeuntes estejam protegidos por telas opacas ou adequadamente filtradas ao redor da sua área de trabalho.

Fumos e Gases

O fumo é uma mistura de partículas geradas por vaporização, condensação e oxidação de substâncias transferidas através do arco de soldadura. As partículas são muito pequenas e permanecem suspensas no ar por longos períodos, onde podem ser respiradas. Pequenas partículas são respiráveis; podem penetrar nas regiões mais internas do pulmão, onde têm maior potencial de causar danos. Se inalado os gases de solda são cancerígenos e não há nível de exposição seguro para inalação.

Libertações tóxicas também podem ser criadas a partir de acabamentos de pintura, revestimentos, linhas de ligação adesiva e espuma de uretano nas proximidades da junta soldada.

Monóxido de carbono (CO) e CO₂ podem ser gerados na soldadura MAG a partir do gás de proteção, com o CO₂ a passar por uma reação na vizinhança do arco para formar CO.

O CO é o mais perigoso dos dois gases e pode causar uma redução na capacidade de transporte de oxigênio do sangue que pode ser fatal. Em concentrações mais baixas, causa dor de cabeça e tontura, náusea e fraqueza. Contudo, as quantidades de CO e CO₂ geradas pelos processos de soldadura são pequenas e geralmente não apresentam um problema de exposição.

Outros gases podem ser introduzidos na área de trabalho a partir da proteção do gás. Lembre-se de que os gases mais pesados que o ar provavelmente se acumularão nas valas de inspeção.

É provável que os seguintes aspetos influenciem o grau em que o soldador é exposto a fumos e gases:

- Posição da solda;
- Localização e tipo de oficina.

Assim, soldadores que utilizam o mesmo processo podem ser expostos a diferentes níveis de fumo. Os riscos de cada trabalho devem, portanto, ser avaliados individualmente.

Posição da solda

A posição da soldadura (plana, vertical, horizontal ou aérea) e a proximidade do soldador com o fumo afetam a exposição. À medida que o soldador se inclina naturalmente sobre a peça de trabalho, a posição plana induz o nível mais alto de fumo na zona de respiração. O soldador deve adotar uma posição de trabalho que garanta que a cabeça esteja afastada do fumo.



Figura 41 – Localização e tipo de oficina. Fonte: TWI

A soldadura numa grande oficina, ou ao ar livre, evita a acumulação de fumo e gases. No entanto, numa pequena oficina, o fumo não será logo disperso e o soldador poderá ser exposto a uma exposição acima da média. Trabalhar em espaços confinados, em particular, requer um sistema de ventilação eficiente e monitorizado, para que a exposição seja controlada e não exista esgotamento de oxigénio na atmosfera de trabalho.

Controlo do fumo da solda

A maneira mais eficiente de controlar a exposição ao fumo da solda é sua remoção na fonte. Existem vários métodos de remoção do fumo perto da solda:

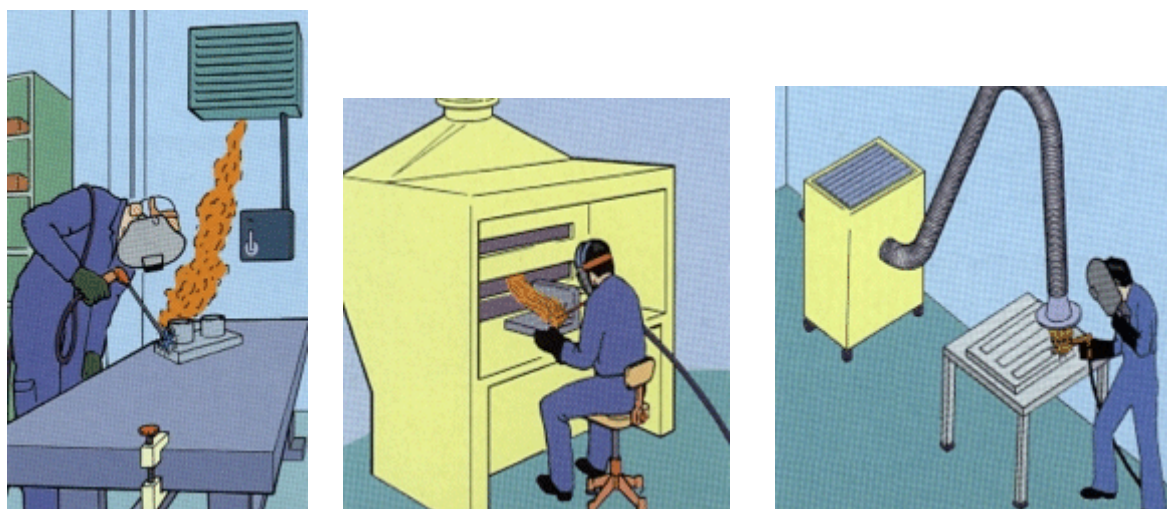


Figura 42 – Bancadas com extrator, cabine extratora e ventilação local com exaustor (LEV). Fonte: TWI

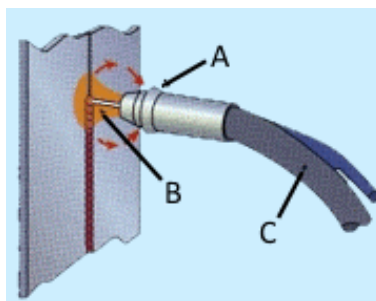


Figura 43 - Extração na pistola. A. Ranhura de extração, B. Proteção de gás inerte, C. Alimentação do fio, do gás e do eletrodo. Fonte: TWI

Como a ventilação de exaustão local (LEV) e os sistemas de extração com pistola nunca são 100% eficientes, especialmente ao soldar estruturas complexas, a ventilação geral também pode ser necessária para controlar o nível de fumo de fundo.

Como cada tipo de equipamento de extração tem limitações, é importante selecionar o equipamento certo para cada trabalho. Também é essencial que os soldadores sejam formados adequadamente para usar o equipamento e adotar boas práticas de trabalho. É necessária supervisão para garantir que o equipamento esteja a ser usado com eficiência e para minimizar o nível de fumo de fundo na oficina.

Como regra geral, se o ar estiver visivelmente limpo e o soldador estiver confortável, a ventilação provavelmente será adequada.

Equipamento de proteção respiratória (RPE)

Onde o fumo precisa ser controlado, a ventilação de exaustão local (LEV) deve sempre ser usada para obter o máximo de controlo possível. Se a LEV não for possível ou ainda houver uma exposição inaceitável, o RPE será necessário. O RPE deve sempre ser o meio de controlo menos preferido, pois protege apenas o utilizador. Outros métodos têm como objetivo evitar a exposição, enquanto o RPE é essencialmente curativo. Existem dois tipos de RPE:

- Respiradores – O ar da oficina é purificado antes de ser inalado;
- Tanque com ar – Uma reserva de ar que não pertence à atmosfera da oficina.

A seleção do RPE adequado exigirá o aconselhamento de um especialista que possa fazer a seleção com base na concentração de fumo, presença de gases tóxicos e se existe uma atmosfera com deficiência de oxigênio.

Ações do soldador para práticas seguras e prevenção de fumos e gases:

- verifique se o equipamento de ventilação e extração está funcionando corretamente e é mantido regularmente, por exemplo, limpando e substituindo filtros de acordo com as recomendações do fabricante.

- coloque o exaustor ou bocal de extração para capturar o fumo sem perturbar a proteção do gás;
- reposicione a extração em intervalos apropriados para garantir que o fumo continua a ser efetivamente extraído;
- se possível, remova a tinta, o revestimento ou o isolamento da peça de trabalho antes de soldar;
- antes de usar o RPE, consulte um especialista na escolha do respirador;
- esteja pessoalmente equipado com um RPE para garantir que ele oferece proteção adequada;
- siga a sua formação no uso de um RPE bem como na sua manutenção e limpeza;
- use os sistemas implementados pela sua gerência para controlo de equipamentos e formação.

Ruído

A exposição a ruídos altos pode danificar permanentemente a audição, causar stress e aumentar a pressão sanguínea. Trabalhar num ambiente barulhento por longos períodos pode contribuir para o cansaço, nervosismo e irritabilidade. Se a exposição ao ruído for superior a 85 decibéis de nível A, num período médio de oito horas, a proteção auditiva deverá ser usada e dever-se-ão realizar testes auditivos anuais. O empregador tem a responsabilidade de garantir que os trabalhadores usam a proteção. Se os níveis de ruído estiverem entre 80 e 85dB (A), em média, durante oito horas, a proteção auditiva deve estar disponível e fornecida aos trabalhadores, se estes a solicitarem.

Os trabalhos normais de soldadura não estão associados a problemas excessivos de nível de ruído. O ruído associado à soldadura geralmente é devido a operações auxiliares como lascar, retificar e martelar. A proteção auditiva deve ser usada ao realizar ou ao trabalhar nas proximidades dessas operações.

Manuseamento e armazenamento do gás

Os cilindros contêm gás de até 300 bar e deve-se tomar cuidado para garantir que eles não possam cair e cortar a válvula pela parte superior. A repentina liberação de energia transforma o cilindro num “míssil de alta potência” capaz de atravessar blocos de paredes demonstrado mais graficamente pelos caçadores de mitos do Discovery Channel (um vídeo publicado no YouTube (www.youtube.com/watch?v=ejEJGNLTo84)).

Os cilindros de gás de proteção devem ter estruturas construídas com um encadeamento seguro para evitar quedas. Uma pessoa não deve manusear os cilindros de gás por conta própria, pois eles pesam até 100 kg e há um risco real de perda de controlo. O transporte em torno de uma oficina deve ser feito num carrinho desenhado para esse fim.

Os reguladores de pressão devem ser instalados nos cilindros de gás para extrair o gás a uma pressão utilizável. Os reguladores devem ser apropriados para o trabalho: classificados pelo menos como a pressão máxima do cilindro e designados para o gás específico.

Os tubos que transportam o gás para a tocha de soldadura devem ser mangueiras de pressão projetadas para o trabalho. As mangueiras devem ser verificadas quanto a escoamentos usando detergente diluído em torno de todos os acessórios. O escoamento do gás de proteção não é tão crítico à segurança quanto o escoamento do gás combustível, mas a qualidade da solda pode ser comprometida se ocorrerem escoamentos. Por uma razão semelhante, as mangueiras devem ser limpas alguns minutos antes de iniciar o trabalho para eliminar qualquer humidade adsorvida na parede interna.

Potenciais perigos mecânicos

75

O ambiente em que um soldador trabalha apresenta vários riscos não específicos ao próprio processo de soldadura. O manuseio manual de componentes metálicos pesados é frequentemente necessário. Chapas de metal mais finas e leves podem ter bordas afiadas. Escorregamentos, tropeçamentos e quedas podem ser mais prováveis, pois a soldadura geralmente exige que cabos grossos sejam espalhados pelo chão. Práticas padrão de segurança e proteção da oficina devem ser usadas para combater esses problemas. Os soldadores precisam de formação em manuseio de materiais, tanto manual ou com assistência de elevação mecânica; luvas, capacetes, macacões e botas de proteção devem ser usados; o cabeamento no chão deve ser minimizado e claramente assinalado ou marcado como um risco de queda.

Existem riscos resultantes diretamente do processo de união, pois durante a soldadura, faíscas e metais fundidos podem ser ejetados. São mais comuns na soldadura a arco, mas também podem ocorrer em processos de resistência. O equipamento de proteção individual (PPE) deve ser usado pelo soldador. Todas as roupas devem ser resistentes ao fogo e recomenda-se o uso de aventais, casacos, calças de couro, etc.

A retificação é comumente usada na preparação de metal para soldadura e durante a limpeza e retificação do metal depositado. As rebarbadoras de rodas e angulares são ferramentas favoritas para a velocidade de remoção do material. Isso cria um risco, não apenas para o operador, mas também para os transeuntes, pois o material ejetado pode ser projetado até uma distância significativa. Obviamente, o operador precisa de proteção adequada com roupas, luvas, protetores faciais e, às vezes, uma máscara contra poeira, mas toda a área também precisa ser vedada com cortinas para proteger os outros. Cobertores à prova de fogo podem ser usados para proteger o veículo contra faíscas, e é preciso tomar cuidado para evitar a contaminação cruzada entre veículos e materiais na oficina.

Um dos perigos mais sérios é o uso persistente de ferramentas elétricas portáteis de mão, como moedores, lixadeiras, chaves de impacto e cinzéis de ar, que podem levar a doenças a longo prazo - síndrome de vibração mão-braço, também conhecida como 'dedo branco' ou 'mão morta'. Os empregadores são incentivados a comprar apenas ferramentas elétricas projetadas e construídas para reduzir o risco de vibração e são obrigados a realizar uma avaliação e identificar medidas para eliminar ou reduzir o risco. É obrigado a usar essas ferramentas elétricas apenas conforme as instruções e deve relatar quaisquer sintomas, incluindo formigamento e dormência nos dedos, não sendo capaz de sentir as coisas corretamente, perda de força nas mãos, pontas dos dedos a ficarem brancas, vermelhas e doloridas.

Use o equipamento de proteção individual adequado e verifique se é adequado para a finalidade antes de realizar operações de soldadura / brasagem.

- Proteja o veículo e seu conteúdo de maneira eficaz ao realizar operações de soldadura / brasagem;
- Prepare o material e alinhe para permitir a junção adequada. Os flanges de acoplamento devem ser tratados seguindo o procedimento do fabricante antes de unir;
- Selecione, configure e use as ferramentas e equipamentos corretos para realizar operações de soldadura / brasagem;
- Garanta que as ferramentas, equipamentos e equipamentos de proteção individual (PPE) que precisa estão em condições seguras de trabalho;
- Configure o equipamento para realizar operações de soldadura / brasagem, verificando a adequação do gás / fio de enchimento e o tamanho do material a ser unido, confirme se os parâmetros estão definidos corretamente, os consumíveis estão corretos, os rolos de alimentação e as pontas de soldadura estão em boas condições;
- Realize operações de soldadura / brasagem seguindo métodos de reparação reconhecidos, procedimentos de teste e folhas de teste previamente fornecidas, de acordo com as normas relevantes, especificações, métodos e procedimentos do fabricante, procedimentos do local de trabalho e todos os requisitos legais, de saúde e de segurança;

- Evite danificar outros componentes, painéis e superfícies do veículo e da área de trabalho ao redor;
- Reconheça quando sua solda / brasagem não está se formando corretamente e que ação precisa tomar;
- Realize operações de soldadura / brasagem dentro do prazo previsto e relate imediatamente qualquer atraso na conclusão do seu trabalho à(s) pessoa(s) relevante(s);
- Inspecione e avalie a qualidade da solda / brasagem de acordo com os padrões especificados;
- Verifique a integridade da solda / brasagem e registre o tipo de junta obtida no trabalho de papel apropriado;
- Verifique se as peças de testes são registadas e armazenadas;
- Vista a área da junta sem reduzir a espessura do material e proteja a área reparada para inibir a corrosão, quando aplicável;
- Limpe e armazene o equipamento de proteção individual (PPE) de maneira adequada, relate quaisquer requisitos de manutenção de equipamentos ou reabastecimento de consumíveis às pessoas relevantes;
- Relate quaisquer falhas adicionais que note durante o curso do seu trabalho às pessoas relevantes prontamente;
- Limpe e restaure o veículo e a área de trabalho removendo telas e materiais de proteção usados durante a soldadura / brasagem, descarte os resíduos de acordo com os requisitos ambientais;
- Preencha os registos de trabalho com precisão, no formato exigido e passe-os para as pessoas relevantes prontamente.

1º Exercício Prático

Tarefa prática de soldadura MAG - Modo de transferência de metal e indutância

- Deposite uma solda em filete numa chapa de aço ferrítico, na posição vertical horizontal (PB).
- Selecione os melhores parâmetros de soldadura e avalie o uso dos modos de transferência por pulso, imersão e spray:

Modo de Transferência	Pulso	Spray	Imersão
Intensidade da corrente (A)			
Voltagem (V)			
Indutância			
Nível de respingos			
Distorção angular			
Tentativa de solda nº			
Perfil de solda			
Disfarce do "dedo"			
Assimetria do comprimento da perna			
Velocidade de trabalho			
Produtividade			

Tabela 7 – Indutância e modo de transferência do metal

Representações

Notas:

Qualidade da junta

- Reconheça quando a sua solda / brasagem não se está a formar corretamente e aplique ações corretivas:

Tipo de falha	Representação/Descrição	Causa	Solução
Pouca fusão			
Pouco molhamento			
Escória			
Costura assimétrica			
Penetração Excessiva			
Penetração Insuficiente			
Racha no orifício final			

Tabela 8 – Qualidade da junta.

Distorção

Como a soldadura envolve aquecimento altamente localizado das bordas das juntas para fundir o material, tensões não uniformes são configuradas no componente devido à expansão e contração do material aquecido. Inicialmente, as tensões de compressão são criadas no metal pai frio circundante quando a piscina de solda é formada devido à expansão térmica do metal quente (zona afetada pelo calor) adjacente ao banho de soldadura. No entanto, as tensões de tração ocorrem no arrefecimento quando a contração do metal de solda e a zona afetada pelo calor imediata são resistidas pela maior parte do metal original frio.

A magnitude das tensões térmicas induzidas no material pode ser vista pela mudança de volume na área de solda na solidificação e subsequente arrefecimento à temperatura ambiente. Por exemplo, ao soldar aço CMn, o volume de metal de solda fundido será reduzido em aproximadamente 3% na solidificação e o volume da zona afetada por calor (HAZ) / metal de solda solidificado será reduzido em mais 7% à medida que sua temperatura cair de o ponto de fusão do aço à temperatura ambiente.

Se as tensões geradas pela expansão / contração térmica excederem a resistência ao escoamento do metal original, ocorrerá uma deformação plástica localizada do metal. A deformação plástica causa uma redução permanente nas dimensões dos componentes e distorce a estrutura.

A distorção pode ocorrer de seis formas principais:

- Encurtamento longitudinal;
- Encurtamento transversal;
- Distorção angular;
- Encurvamentos;
- Afunilamentos;
- Torcimento;

As principais características das formas mais comuns de distorção para soldas de topo e de filete são mostradas a seguir.

81

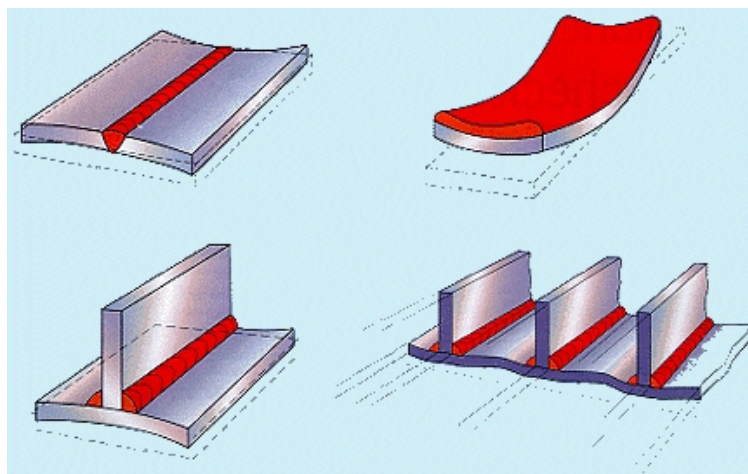


Figura 44- A contração da área de solda no arrefecimento resulta num encurtamento transversal e longitudinal. Fonte: TWI

Contração não uniforme (através da espessura) produz distorção angular, além de encurtamento longitudinal e transversal.

Contenção

Devido à dificuldade em aplicar pré-ajuste e pré-flexão, a contenção é a técnica mais amplamente praticada para controlar a distorção. O princípio básico é que as peças sejam colocadas em posição e mantidas sob contenção para minimizar qualquer movimento durante a soldadura. Ao remover o componente do equipamento de retenção, ocorrerá uma quantidade relativamente pequena de movimento devido a tensões bloqueadas.

Ao soldar montagens, todas as peças componentes devem ser mantidas na posição correta até a conclusão da soldadura. A soldadura com contenção gerará tensões residuais adicionais na solda, o que pode causar rachas. Ao soldar materiais suscetíveis, uma sequência de soldadura adequada reduzirá esse risco.

A contenção é relativamente simples de aplicar usando braçadeiras, gabaritos e acessórios para segurar as peças durante a soldadura. Aplique sempre os grampos,

gabaritos e acessórios especificados nas instruções de soldadura / brasagem ou procedimento de reparação.

Antes, durante e após a soldadura / brasagem

1. Use o equipamento de proteção individual adequado e verifique se ele é adequado para a finalidade antes de realizar operações de soldadura / brasagem.
2. Proteja o veículo e seu conteúdo de maneira eficaz ao realizar operações de soldadura / brasagem.
3. Prepare o material e alinhe para permitir a junção adequada. Os flanges de acoplamento devem ser tratados seguindo o procedimento do fabricante antes de unir.
4. Selecione, configure e use as ferramentas e equipamentos corretos para realizar operações de soldadura / brasagem.
5. Garanta que as ferramentas, equipamentos e equipamentos de proteção individual (PPE) que precisa estão em condições de trabalho seguras.
6. Configure o equipamento para realizar operações de soldadura / brasagem, verificando a adequação do fio de gás / enchimento e o tamanho do material a ser unido, os parâmetros estão definidos corretamente, os consumíveis estão corretos, os rolos de alimentação e as pontas de soldadura estão em boas condições.
7. Realize operações de soldadura / brasagem seguindo métodos de reparação reconhecidos, procedimentos de teste em material equivalente, de acordo com as normas relevantes, especificações, métodos e procedimentos do fabricante, procedimentos do local de trabalho e todos os requisitos legais, de saúde e de segurança.
8. Evite danificar outros componentes, painéis e superfícies do veículo e da área de trabalho ao redor.
9. Reconheça quando a solda / brasagem não está a formar-se corretamente e que ação precisa de tomar.
10. Realize operações de soldadura/ brasagem dentro do prazo acordado e relate qualquer atraso na conclusão do seu trabalho prontamente às pessoas relevantes.
11. Inspeção e avalie a qualidade da solda / brasagem de acordo com os padrões especificados.
12. Verifique a integridade da solda / brasagem e registre o tipo de junta obtida no papel de trabalho apropriado.
13. Verifique se as peças de testes são registradas e armazenadas.

14. Vista a área da junta sem reduzir a espessura do material e proteja a área reparada para inibir a corrosão, quando aplicável.
15. Limpe e armazene o equipamento de proteção individual (PPE) e o equipamento de maneira adequada, relate quaisquer requisitos de manutenção ou reabastecimento de consumíveis para as pessoas relevantes.
16. Relate quaisquer falhas adicionais que notar durante o curso do seu trabalho prontamente às pessoas relevantes.
17. Limpe e restaure o veículo e a área de trabalho removendo telas e materiais de proteção usados durante a soldadura / brasagem, descarte os resíduos de acordo com os requisitos ambientais.
18. Preencha os registos de trabalho com precisão, no formato exigido e passe-os prontamente para as pessoas relevantes.

1.3 Tecnologia de união de soldadura por resistência a ponto

A soldadura por resistência a ponto é um processo para a união de metais com o calor gerado pela passagem de corrente localizada através da peça de trabalho. A soldadura por resistência a ponto (processo EN ISO 4063 21) pode ser aplicada para reparar a carroçaria danificada de um automóvel.

1.3.1 Soldadura por resistência a ponto (processo)

A soldadura por resistência pode ser definida como um processo pelo qual uma força é aplicada a superfícies de chapa metálica e em que o calor para soldadura é produzido pela passagem de corrente elétrica através da resistência elétrica nessas resistências e adjacente a essas superfícies. É um processo bem estabelecido, com um excelente histórico de produção de juntas de qualidade em chapas. Somente na indústria automóvel europeia, são feitas mais de 150 milhões de soldas por resistência a ponto por dia. O processo é usado para unir materiais de chapa e usa elétrodos de liga de cobre para aplicar pressão e transmitir a corrente elétrica através das peças de trabalho. O calor é desenvolvido principalmente na interface entre as chapas, fazendo com que o material a ser fundido derreta, formando um banho de solda, a "pepita de

solda". O banho de solda é restringido pela pressão aplicada pelos elétrodos e pelo metal sólido circundante.

Solda por resistência a ponto numa linha de produção de veículos de volume elevado

O equipamento de solda por resistência a ponto é um custo relativamente baixo em comparação com outras técnicas de união. O equipamento requer pouca manutenção e o hardware pode ter uma vida útil de produção de décadas. A aplicação da soldadura por resistência geralmente não é tecnicamente exigente e as máquinas de produção podem ser executadas com sucesso por uma equipa com um nível de habilidade relativamente baixo.

A soldadura a ponto oferece várias vantagens sobre outras técnicas de união, incluindo velocidades de produção muito altas, o que o torna um dos processos de união de produção mais baratos. Podem ser alcançadas taxas de soldadura de até 40 soldas por minuto em linhas de soldadura por pontos robóticos. O processo de soldadura a ponto é extremamente rápido, com tempos de ciclo de uma fração de segundo. Isso significa que são necessários baixos níveis de energia. Devido ao aquecimento localizado de uma área pequena, a entrada de calor é reduzida nos componentes, o que minimiza a distorção térmica e a deformação, em comparação com muitos processos de aquecimento contínuo. A soldadura a ponto é tradicionalmente uma técnica muito fácil de automatizar. Nas linhas de produção automóvel, a carroçaria do carro passa entre as células dos robôs, onde os robôs manipulam armas de solda leves para unir componentes. Devido à natureza da soldadura a ponto, onde os elétrodos aplicam a força de soldadura e a corrente de soldadura, não são necessários mecanismos de fixação extras. Os processos de soldadura por arco, soldadura laser ou adesivo podem oferecer fixação no processo sem a introdução de mecanismos de fixação extras que prendem as peças na posição desejada.

Na produção de solda a ponto, é inevitável a degradação das pontas dos elétrodos de cobre. Em aços não revestidos, desde 100 a 1000 soldas podem ser feitas sem a necessidade de reparar a superfície da ponta. Porém, ao soldar aços revestidos de zinco (como são comuns em componentes automóveis), a degradação do eletrodo ocorre muito mais rapidamente. Isso ocorre devido à deposição de zinco e óxido de zinco na superfície das pontas dos elétrodos, que produz fases de latão cada vez mais ricas (liga de zinco e cobre). Com o acúmulo de latão, zinco e óxido de zinco nos elétrodos, as propriedades térmicas e elétricas são afetadas, as pontas amolecem e deformam a integridade da solda que se deteriora lentamente. O equipamento automatizado de curativo de ponta de eletrodo é usado para resolver esse problema. Os aparadores de pontas empregam um cortador de lâminas, que remove a superfície externa do eletrodo e retorna a forma ao perfil original. Numa linha de produção de alto volume, uma ou mais unidades de tratamento de ponta estão localizadas dentro de cada célula de produção. Os robôs dentro da célula visitam o aparador de pontas em intervalos predeterminados para manter as pontas dos elétrodos, o que, por sua vez, mantém a consistência da qualidade da solda.

A qualidade da solda a ponto 100% confiável nunca é alcançada na produção em volume, devido à ampla variedade de combinações de materiais a serem soldados a ponto num carro e às variações do processo introduzidas por: desgaste da ponta do eletrodo, montagem do componente, condição da superfície do componente. A qualidade da solda é mantida pelo bom controle do processo, juntamente com testes periódicos das amostras. Embora vários sistemas de monitoramento em processo tenham sido desenvolvidos, ainda existe o desejo de produzir um monitor de qualidade de solda em processo confiável, robusto e de baixo custo, para reduzir ou eliminar testes destrutivos periódicos. Alguns controladores de soldadura incorporam sistemas de controle de feedback que monitoram corrente e tensão (resistência) na máquina de solda e, com configuração limitada, permitem a adaptação automática em processo do procedimento de soldadura (tempo e corrente) para manter a qualidade

da solda com diferentes espessuras e combinações de empilhamento de materiais, por exemplo. Embora não necessariamente garantam completamente a qualidade da solda, esses controladores podem fornecer algumas correções para variações em outros fatores do processo, como contaminação da superfície, desvio de corrente e montagem de peças (essas questões serão discutidas mais adiante). Nos últimos 20 anos, os avanços na monitorização e controlo levaram ao amplo uso do 'Controlo Adaptativo' nas linhas de solda por resistência de ponto. Os sistemas de controlo adaptativos monitoram o perfil de corrente, tensão e resistência dinâmica da soldadura e alteram a tensão e a corrente de entrada para corresponder ao perfil idealizado de uma solda perfeita. Ao fazer isso, os sistemas de controlo adaptativos podem compensar o mau ajuste, os danos na ponta do elétrodo e a contaminação da superfície dos componentes, para manter uma qualidade de solda mais confiável. Sistemas de controlo adaptativo mais avançados também são capazes de estender ou diminuir o tempo de soldadura para garantir que a entrada térmica total na solda permaneça consistente ao longo da produção.

1.3.2 Soldadura por resistência a ponto (geral)

A soldadura por resistência é um dos processos de soldadura mais antigos e oferece várias vantagens sobre outras técnicas, incluindo velocidade e eficiência energética. A soldadura por resistência pode ser usada em secções muito finas ou grossas.

O calor gerado depende da corrente (I), da duração da corrente (t) e da resistência (R), e pode ser expresso como:

$$\text{Calor} = I^2 R \cdot t$$

A resistência está em função do tamanho, forma e material dos elétrodos, da força aplicada, da resistividade e condição da superfície do material a ser soldado (Fig.45).

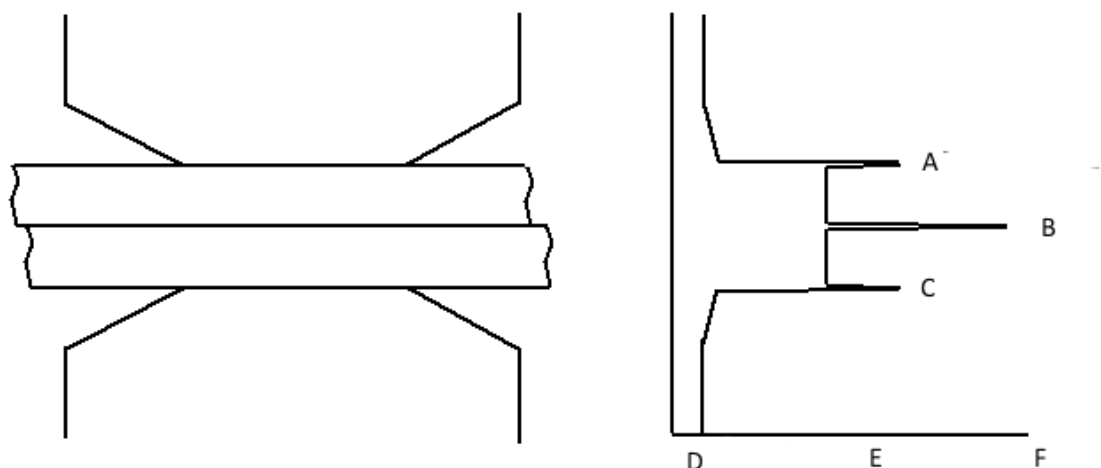


Figura 45 - Resistências do material e da interface antes da soldadura. Contato do eletrodo, B. Interface da chapa, C. Contato do eletrodo, D. Baixo, E. Resistência, F. Alto. Fonte: TWI

O processo de solda por ponto de resistência utiliza eletrodos de uma liga de cobre moldados para concentrar a corrente e a força da soldadura. O calor é desenvolvido principalmente na interface entre duas chapas, eventualmente fazendo com que o material a ser fundido derreta, formando uma poça fundida, a pepita de solda. A pressão na ponta do eletrodo contém o banho de solda. No entanto, se o banho derretido crescer muito, o metal derretido será expelido como respingo da solda. A Fig.46 mostra as proporções de uma boa solda por ponto.

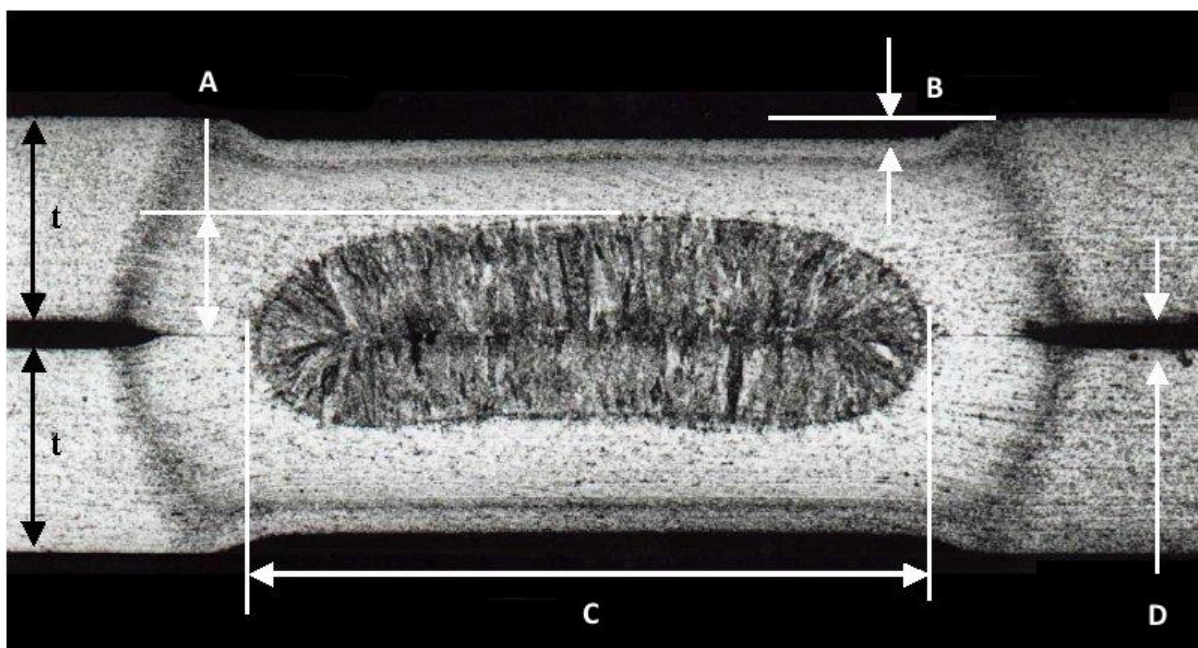


Figura 46 - Secção transversal mostrando proporções de uma boa solda por ponto. Requisitos detalhados dependem do padrão de aplicação. A. Penetração, B. Recuo, C. Diâmetro da pepita, D. Separação da folha. Fonte: TWI

Os requisitos típicos de qualidade da solda a ponto são:

Diâmetro da ponta do eléctrodo	$5\sqrt{t}$
Diâmetro da solda pretendida	$5\sqrt{t}$
Diâmetro mínimo da solda*	$4\sqrt{t}$
Recuo máximo	10 to 20% t
Separação máxima das chapas	10% t
Penetração do grão	20 to 80% t

Tabela 9 – Requisitos de qualidade da solda a ponto. Fonte: TWI

* Com base na espessura do material mais fino numa combinação de espessuras diferentes.

Equipamento

Uma máquina de solda por ponto de resistência pode ser mostrada esquematicamente e compreende as seguintes partes:

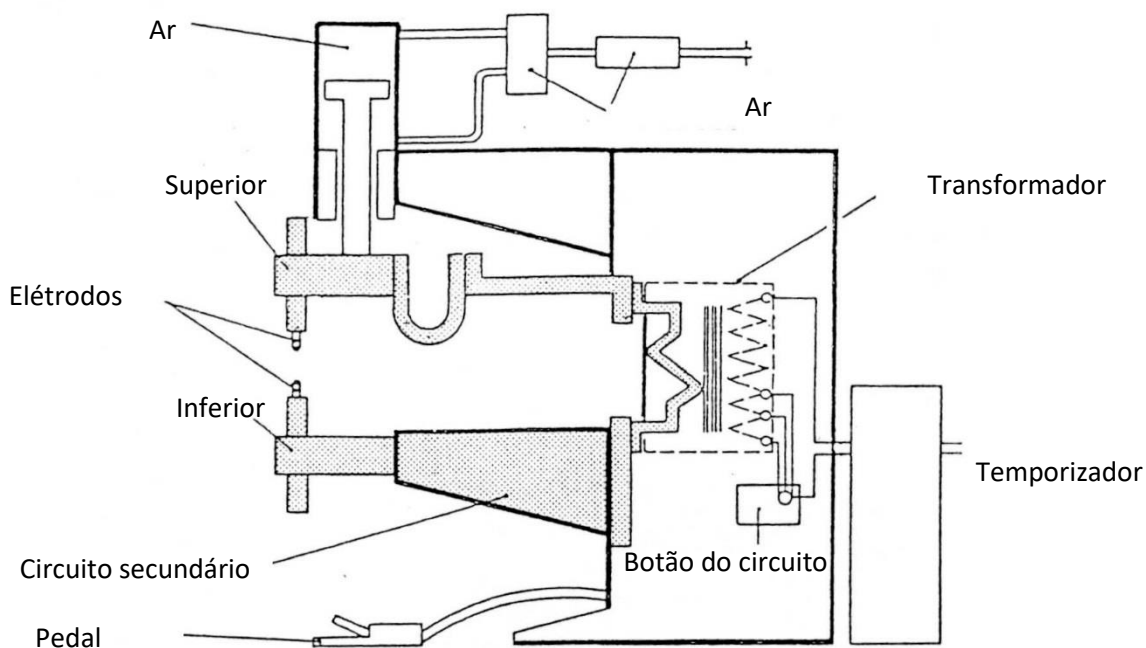


Figura 47 - Máquina de solda a ponto com pedal. Fonte: TWI

As pistolas de solda por ponto de resistência leve podem ser manipuladas manualmente ou por robôs, uma pistola típica tem os mesmos componentes que um soldador de pedestal, mas é menor e mais compacta.

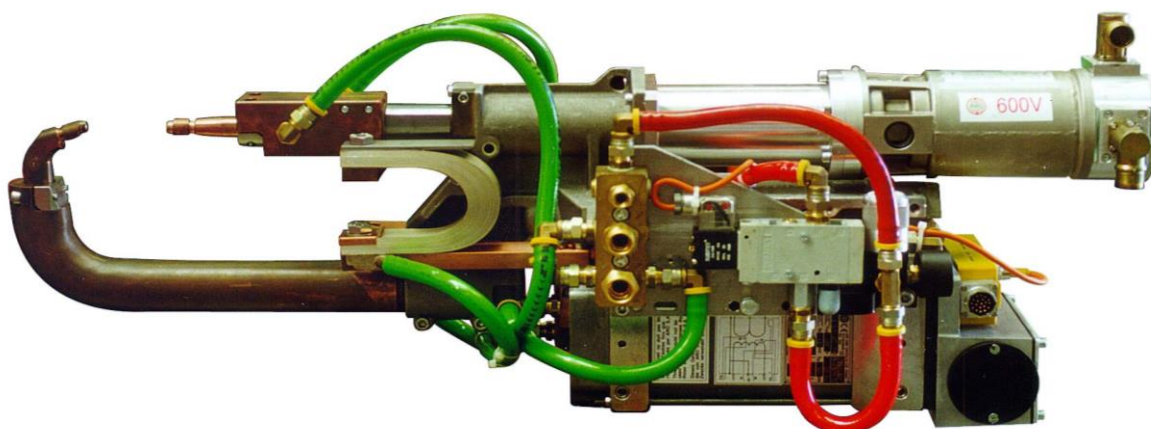


Figura 48 – Pistola de solda por ponto de resistência. Fonte: TWI

Estrutura (isto fornece rigidez mecânica da máquina):

- **Sistema de aplicação de força:** geralmente compreende uma reserva de ar controlada para um cilindro, mas pode ser hidráulico ou de mola. Algumas pistolas de solda possuem sistemas de força servomotor. O controle

pneumático compreende um coletor de água e lubrificador (se instalado), um regulador e manómetro e válvulas solenoides.

- **Temporizador / controlador:** controla as sequências temporizadas das soldas, liga e desliga a corrente de soldadura e também fornece um controlo fino da corrente.
- **Transformador:** Reduz a entrada primária de média tensão (fonte de alimentação de 415V) ao secundário de baixa tensão (2-20 volts) usado na soldadura (Fig.48). A proporção de voltas do transformador é o número de voltas do condutor principal da rede elétrica (geralmente entre 20 e 200) dividido pelo número de voltas do condutor secundário pesado (geralmente 1 ou 2). Esta é a razão pela qual a tensão da rede elétrica é reduzida e a corrente elétrica é aumentada. Por exemplo, proporção = 100: 1, se a tensão principal = 400V, então a tensão secundária = 4V, se a corrente primária = 100A, então a corrente de solda = 10,000A

Nota: A tensão secundária pode ser considerada constante, porque a tensão da rede e a taxa de espiras são nominalmente constantes. Portanto, a corrente que flui no circuito de soldadura depende da resistência do circuito.

pela lei de Ohms: Tensão (V) = Corrente (I) x Resistência (R)

Assim, para uma dada tensão, um aumento na resistência do circuito secundário (máquina de soldar) causa uma redução na corrente de soldadura.

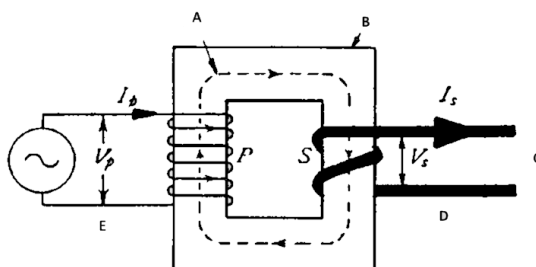


Figura 49 - Transformador de solda. A. Fluxo magnético, B. Núcleo do transformador, C. Máquina de solda, D. Circuito secundário, E. Circuito primário. V_p - tensão da rede primária, I_p - corrente primária. V_s - tensão de soldadura secundária, I_s - corrente de soldadura. Fonte: TWI

Fontes de alimentação

A corrente de soldadura numa máquina de solda por resistência geralmente é disponibilizada por meio de um transformador com várias relações de enrolamento de derivação e pode ser dos seguintes tipos. Em cada caso, são mostradas formas de onda típicas.

Corrente monofásica AC: geralmente conectado através de duas fases da fonte de alimentação, fornecendo tensão primária de aproximadamente 415V, mas pistolas portáteis de baixa potência podem ser conectadas à fonte de alimentação usual.

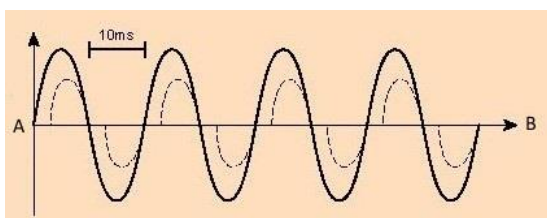


Figura 50 - Forma de onda de corrente alternada monofásica. A. Corrente, B. Tempo Fonte: TWI

Frequência média / DC: A corrente primária das três fases da rede elétrica é retificada para fornecer aproximadamente 600V DC. Este é então cortado para uma frequência média usando transistores (normalmente 1000Hz a 600V). Essa corrente é então transformada usando um transformador de solda leve e retificada no lado secundário para fornecer corrente de soldadura DC. Esse tipo de perfil atual é comum em pistolas de solda mais modernas usadas em linhas de produção de veículos.

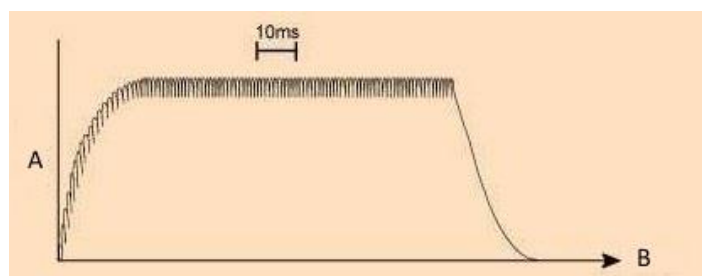


Figura 51 - Forma de onda atual do inversor de frequência média DC. A. Corrente, B. Tempo Fonte: TWI

Condensadores: Um pulso DC de curta duração é obtido descarregando um conjunto de condensadores através de um transformador de solda. É necessária uma baixa procura de energia para carregar os condensadores. A soldadura por ponto de descarga de condensador está a tornar-se mais popular e agora estão disponíveis fontes de alimentação para unir materiais de bitola fina e mais pesada.

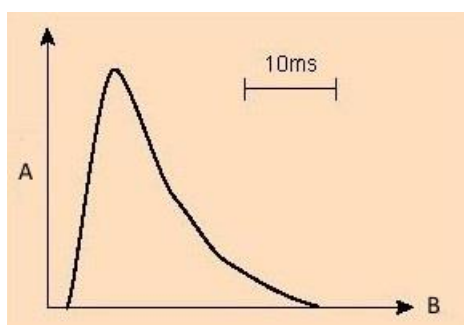


Figura 52 - Forma de onda da corrente de descarga do condensador. A. Corrente, B. Tempo Fonte: TWI

Programa

Um programa de soldadura a ponto consiste em períodos programados no controlador do temporizador.

Tempo: Dependendo do tipo de interface de programação dos temporizadores de solda, a configuração do tempo será em 'ciclos' ou em 'ms' (mili segundos). A conversão a seguir permite que um operador entenda o intervalo de tempo das configurações do programa.

$$1 \text{ ciclo} = 1/50 \text{ s ou } 20 \text{ ms.} \quad (10 \text{ ciclos} = 0.2 \text{ s})$$

$$1 \text{ ms} = 1/1000 \text{ s}$$

Tempo de compressão: Tempo definido para garantir que a força de soldadura definida seja alcançada antes do fluxo de corrente. Alguns temporizadores também são equipados com uma configuração de tempo de pré-compressão.

Tempo de solda: Tempo durante o qual a corrente está fluindo é geralmente chamado de 'tempo de solda', embora alguns sistemas usem 'tempo de aquecimento'. Este é o tempo em que a corrente de soldadura é ligada. Quando aços de solda a ponto, um tempo de solda de 10 ciclos / mm da espessura numa única chapa é um ponto de partida razoável.

Tempo de espera (forja): Tempo em que os elétrodos são mantidos juntos sob pressão após o tempo de solda. 5-10 ciclos é normalmente adequado para materiais finos.

Tempo de arrefecimento: Tempo do desligamento entre pulsos de corrente sucessivos na soldadura por pulsação ou soldadura por costura.

Tempo de inatividade: Tempo usado para a soldadura repetida, como a soldadura por pontos. O tempo entre o final do tempo de espera numa solda e o início do tempo de compressão na próxima, durante o qual os elétrodos são reposicionados. Esse recurso de programação não é comumente usado na soldadura de reparação.

Ao usar soldadura por pulso, os tempos de solda podem ser definidos de forma independente ou os tempos de solda e arrefecimento alternados para o número de pulsos definido.

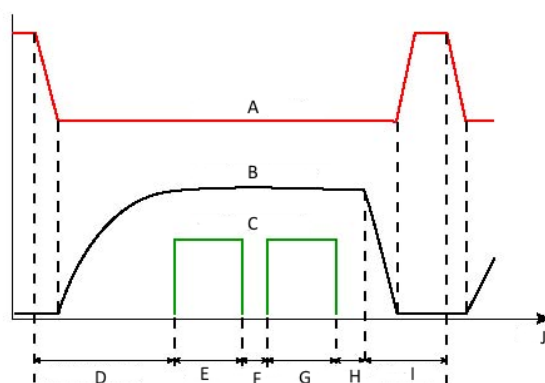


Figura 53 - Diagrama de tempo e pressão para soldadura a ponto, mostrando dois pulsos de corrente. A. Posição do eletrodo, B. força do eletrodo, C. Corrente de soldadura, D. Tempo de compressão, E. Tempo de solda 1, F. Tempo de arrefecimento, G. Tempo de solda 2, H. Tempo de espera, I. Tempo de folga, J. Tempo. Fonte: TWI

Força do eletrodo

Cada material que é soldado terá sua própria força ótima do eletrodo, dependendo do tamanho da ponta do eletrodo usado para uma espessura específica da folha.

A força do eletrodo necessária para o aço com baixo teor em carbono é normalmente

1,4 a 2,0 kN por mm de espessura de chapa única

A força do eletrodo (N) = pressão da ponta do eletrodo (N / mm²) x área de contato da ponta (mm²). (Nota: 1 kg de força é aproximadamente 10 Newtons (N) ou 1 decaNewton (daN)).

As pressões da ponta do eletrodo para estes e outros materiais estão resumidas abaixo:

Tipo de material	Fator multiplicador	Faixa de pressão da solda, N/mm ²	Força do eletrodo, kN por mm da espessura de cada chapa
Aço com baixo teor em carbono sem revestimento	1	70-100	1.4 – 2.0
Aço com baixo teor em carbono com revestimento	1.2 - 1.5	100-160	2.0 – 3.2
Aços de liga leve com elevada resistência	1.2 - 1.5	100-160	2.0 – 3.2

Tabela 10 - Resumo das pressões da ponta do eletrodo. Fonte: TWI

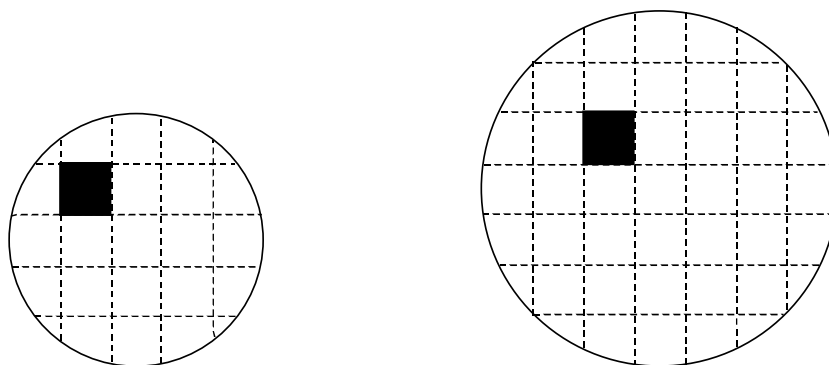


Figura 54 – Diâmetro de 5mm da ponta do eléctrodo. Figura 55 - Diâmetro de 7mm da ponta do eléctrodo

Fonte: TWI

Área de contato 20mm^2

$$\text{Força} = 20\text{mm}^2 \times 70\text{N/mm}^2 = 1.4\text{kN}$$

Área de contato 40mm^2

$$\text{Força} = 40\text{mm}^2 \times 70\text{N/mm}^2 = 2.8\text{kN}$$

Exemplo do efeito do diâmetro da ponta na área de contato e na força do eléctrodo necessária. A força do eléctrodo pode ser configurada aproximadamente multiplicando a pressão do ar do cilindro pela área do pistão na qual o ar atua. As Figuras 54 e 55 fornecem um guia para o cálculo da força do eléctrodo para cilindros de diferentes tamanhos.

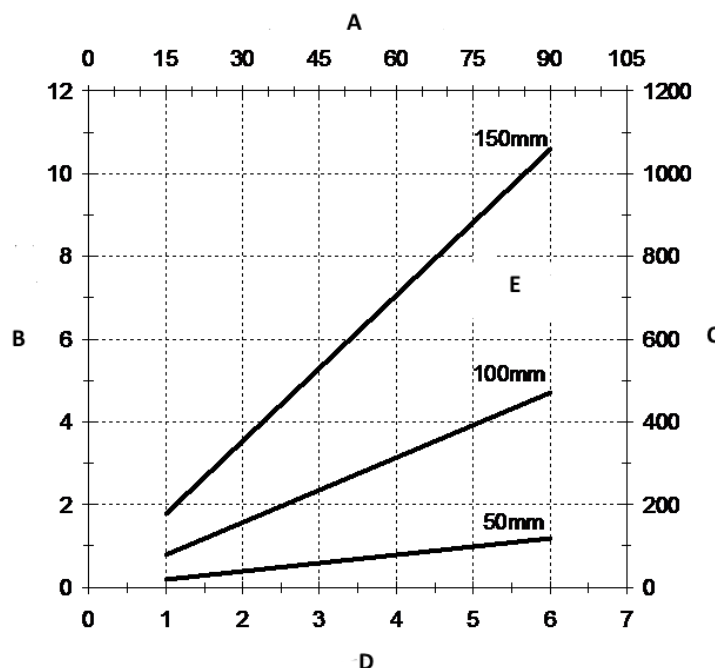


Figura 56 - Força do eléctrodo determinada para os diâmetros seleccionados do cilindro. A. Pressão do ar, psi, B. Força do eléctrodo, kN, C. Força do eléctrodo, kg, D. Pressão do ar, bar, E. diâmetro do cilindro. Fonte: TWI

Qualquer contrapressão, eixo interno ou sistema de articulação da alavanca (por exemplo, pistola de tesoura) deve ser levado em consideração. A força real do eletrodo deve ser verificada usando uma célula de carga.

- Deve-se permitir um tempo de compressão adequado para garantir que a força de eletrodo definida seja alcançada antes do fluxo de corrente.
- Pode ser necessário aplicar força extra no eletrodo para compensar o mau ajuste da peça.
- Onde possível, a taxa de aproximação dos eletrodos deve ser controlada o suficiente para evitar martelar os eletrodos, pois isso afeta adversamente a vida útil do eletrodo.
- Evite soldar em máquinas grandes com baixa pressão de ar, onde as características de acompanhamento da cabeça de soldadura podem ser afetadas adversamente.

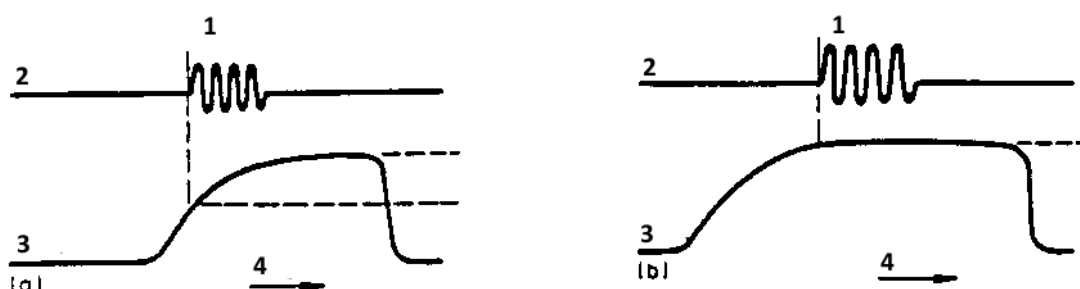


Figura 57 - A importância de permitir que a força de soldadura se estabilize antes de aplicar a corrente. a) tempo de construção da força muito curto; b) tempo de construção da força apropriado. 1. Iniciação atual, 2. Corrente de solda, 3. Força, 4. Tempo. Fonte: TWI

Influência da configuração do tempo de compressão:

- a) Tempo de compressão muito curto;
- b) Tempo de compressão correto.

Corrente da solda

97

O controlo da corrente de soldadura é obtido por derivações do transformador (taxas de enrolamento) e pelo controlo percentual de calor (controlo de mudança de fase). A derivação do transformador altera a proporção de voltas do transformador, fornecendo uma tensão diferente ao transformador e, portanto, uma variação na corrente de soldadura. O controlo percentual de calor (controlo de deslocamento de fase) atrasa o disparo do comutador eletrónico, o que reduz a amplitude da corrente de soldadura. O efeito das alterações nas configurações de torneira e aquecimento é mostrado na figura:

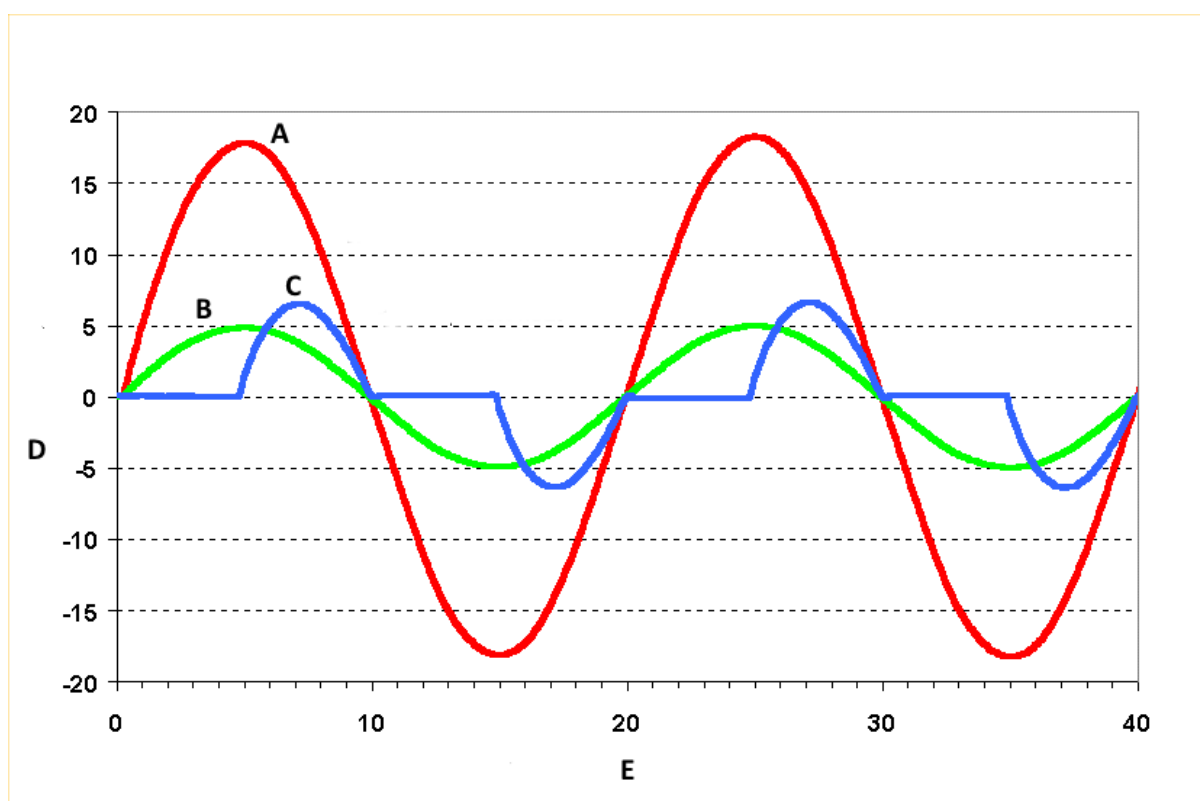


Figura 58 - Controlo da corrente de soldadura em corrente monofásica AC por comutação e controlo de mudança de fase. A. Torneira alta / alta temperatura, B. Torneira baixa / alta temperatura, C. Torneira alta / baixa temperatura, D. Corrente de soldadura, kA, E. Tempo de soldadura, ms. Fonte: TWI

A corrente RMS é a corrente contínua DC equivalente para uma forma de onda alternada e é o valor normalmente indicado num medidor de corrente.

A corrente de soldadura é afetada pela variação da tensão da rede ou por alterações na resistência ou indutância do circuito secundário (por exemplo, desgaste em cabos de ponte ou flexíveis). Os temporizadores costumam ter um meio de controlo de realimentação da corrente para manter um valor constante. Se a corrente medida cai em comparação com o valor atual, o controlo de mudança de fase é ajustado automaticamente para corrigir o desvio.

Eléttodos

Materiais

Os materiais dos eléctrodos em uso geral são ligas de cobre desenvolvidas para combinar alta resistência com uma temperatura de amolecimento muito mais alta, mantendo uma condutividade razoável. A tabela fornece detalhes das principais ligas.

- Use os materiais de eléctrodo corretos para o trabalho em questão.
- Não use materiais de eléctrodo não identificados.
- Não use materiais misturados de eléctrodo.
- Forma do eléctrodo.
- Depende das limitações de componentes e acesso.
- Tipos comerciais são mostrados nas Fig.59 e 60.
- Sempre que possível, use eléctrodos retos na ponta central e evite eléctrodos angulares.
- O alinhamento do eléctrodo, o desgaste e o curativo da ponta provavelmente serão mais difíceis com as pontas inclinadas ou anguladas.

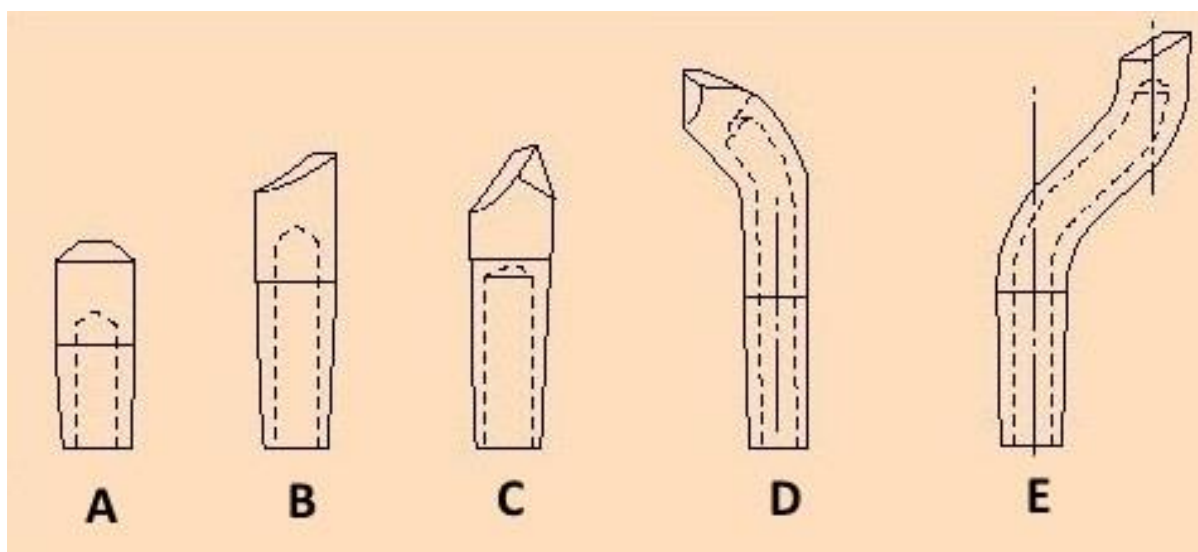


Figura 59 - Formas de elétrodo comercial, geralmente usadas em soldadores de ponto de pedestal estacionários. A. Centro vertical, B. Deslocamento vertical, C. Deslocamento de ângulo, D. Deslocamento por manivela, E. Deslocamento de dobra dupla. Fonte: TWI

Temperatura de início de fusão °C	Condutividade elétrica % I.A.C.S.+	Dureza mínima HV	Áreas típicas de aplicação
~500	92*	120	Ligas de alumínio, aços revestidos e não revestidos
500	78	120	Aços revestidos e não revestidos
525	75	120	Aços revestidos e não revestidos

+ I.A.C.S. - Padrão Internacional de Cobre Recozido
* = valores típicos

Tabela 1. Materiais de elétrodo mais amplamente utilizados (com base em BS4577, ISO 5182 e dados comerciais).

Material		Tipo de liga	Composição nominal %
Grupo	Tipo		
	-	Zircónio / cobre	0.1Zr/Cu
	2/1	Crómio/cobre	1Cr/Cu
	2/2	Crómio/zircónio/ cobre	1Cr/0.1Zr/Cu

Tabela 11 - Propriedades dos materiais de elétrodo de solda por ponto. Fonte: TWI

Nota: para a maioria das aplicações de solda a ponto em aço, os elétrodos A2 / 1 ou A2 / 2 são usados.

Diâmetro da haste

- Selecione o maior diâmetro que encaixe na peça de trabalho e no suporte do eletrodo. O diâmetro mínimo recomendado da haste é 3x diâmetro da ponta.
- Maior desgaste do eletrodo ocorrerá com diâmetros menores da haste, especialmente ao soldar aços revestidos.

Ponta do eléctrodo

- Normalmente, recomenda-se uma ponta de cone truncada, mas várias outras formas foram usadas com sucesso.
- As pontas abobadadas são mais fáceis de alinhar, mas sofrem desgaste mais rápido.
- Pontas pontiagudas às vezes são usadas para armas de soldadura.
- O diâmetro da ponta do eletrodo deve se aproximar de $5^{1/2}t$ (t = espessura da folha mais fina, ou o segundo mais fino para 3 espessuras).

Suportes e adaptadores de elétrodos

- Certifique-se de que os cones correspondam. Substitua os componentes gastos ou com vazamento.

- Verifique se o cone do eletrodo e do suporte está liso e limpo. Uma fina película de graxa facilita a remoção dos eletrodos.
- Use as ferramentas corretas para remover eletrodos para evitar danos.
- Não use um martelo de aço nos eletrodos ou nos suportes durante o alinhamento, um martelo macio pode ser usado.

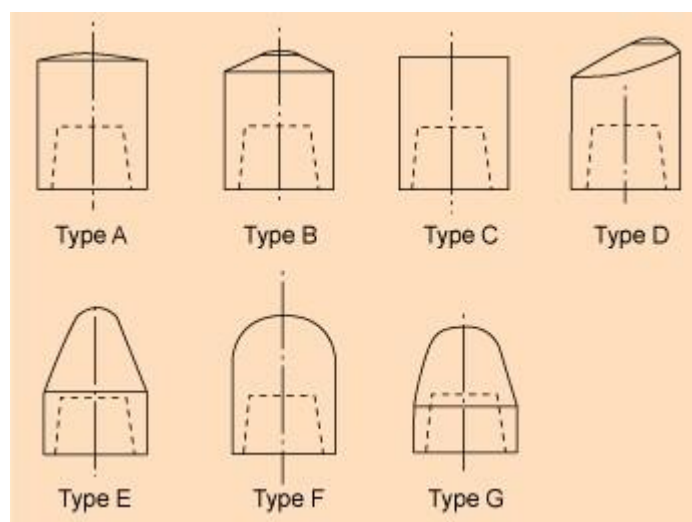


Figura 60 - Formas alternativas de capa de eletrodo, geralmente usadas em pistolas portáteis de solda a ponto Fonte: TWI

Arrefecimento com água

- A vida do eletrodo depende criticamente do arrefecimento da água.
- Todos os eletrodos macho ou porta-tampas têm uma passagem de arrefecimento interna.
- O tubo de arrefecimento deve ser cortado em ângulo e posicionado próximo à face traseira da ponta do eletrodo.
- As tampas fêmeas podem ser trocadas sem desligar a água de arrefecimento, mas o arrefecimento é menos eficiente devido à interface adicional. Normalmente, é recomendado perfurar o suporte macho para permitir que a água seja direcionada para a face traseira do eletrodo.

- A reserva de água para os elétrodos não deve estar em série com a água fornecida em outras partes da máquina e não deve estar sujeito a uma contrapressão, impedindo o fluxo adequado.
- Recomenda-se um escoamento mínimo de 4 l / min para aços não revestidos e maior para aços revestidos e secções mais espessas. Um interruptor ou indicador de fluxo de água é recomendado.
- Verifique se a água está totalmente ligada e se a reserva está livre de restrições ou vazamentos.
- A temperatura da água de arrefecimento afeta a vida útil do eletrodo. Recomenda-se uma temperatura máxima de entrada de 20°C e uma temperatura máxima de saída de 30°C.
- Um interruptor ou indicador de fluxo de água é recomendado.

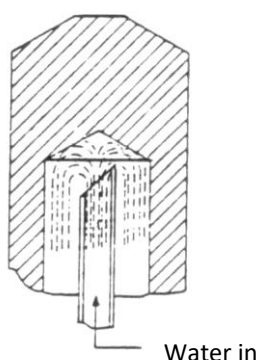


Figura 61 - Disposição para o arrefecimento da água do eletrodo. Fonte: TWI

Capa do eletrodo

- Sempre que possível, use uma ferramenta de forma para restaurar o formato da ponta do eletrodo.
- Se for inevitável arquivar uma ponta, remova o material do ângulo do cone para restaurar o diâmetro desejado da ponta. Remova pouco ou nenhum material da face para manter o alinhamento da ponta.
- Aparadores de pontas operados a ar ou eletricamente estão disponíveis para aplicação manual ou automática.

Requisitos para a qualidade de uma solda

Os requisitos de qualidade da solda são normalmente especificados para um componente, com base num cliente ou num padrão internacional. Sob algumas circunstâncias, os requisitos padrão são modificados para satisfazer a adequação à finalidade.

Os seguintes fatores são normalmente considerados para descrever a qualidade da soldadura por ponto:

Tamanho da solda: O diâmetro nominal da solda é de $5\sqrt{t}$ onde t = espessura da chapa, mm. O diâmetro mínimo aceitável é normalmente 70 ou 80% desse valor. Nota: numa oficina de reparações, testes destrutivos de soldas por ponto geralmente não são possíveis.

Resistência da solda: A resistência ao cisalhamento pode ser especificada e os requisitos geralmente estão relacionados aos tamanhos normais de solda. As forças de tensão ou descamação são menores que o cisalhamento e seriam mais sensíveis ao endurecimento da solda. Nota: o teste de força de solda quase nunca é possível numa oficina de reparações.

Aparência: Indentação excessiva, respingos na superfície (esporas de solda), danos nas bordas e queima ou rachaduras na superfície geralmente são limitados.

Metalografia: A penetração de pepitas, dureza da solda, trincas internas e porosidade podem ter limites especificados. Nota: o teste metalográfico quase nunca é possível numa garagem de reparações.

Preparar um processo de soldadura a ponto

Na produção automóvel e no reparação por colisão, a soldadura a ponto por resistência é o principal processo de união de chapas finas de aço. A soldadura por

ponto de resistência é um processo muito rápido e confiável, que é prontamente automatizado e não requer muita habilidade do operador. O maior requisito técnico da soldadura por ponto de resistência é garantir que o processo seja configurado corretamente em primeira instância. Um novo processo de soldadura por ponto de resistência será configurado para:

- Fabricar um componente pela primeira vez.
- Fabricar um componente existente a partir de uma nova combinação de materiais.
- Reparar um componente.

Apesar de sua simplicidade aparente, a soldadura a ponto por resistência é influenciada por muitas variáveis locais, a variação nas características da máquina de solda e a influência da geometria e ajuste dos componentes significa que nenhum conjunto universal de parâmetros pode ser aplicado a uma determinada combinação de material. Embora existam muitos padrões, aconselhamos a variedade de parâmetros que geralmente devem ser aplicados a materiais específicos.

Ao configurar um novo processo de soldadura por ponto de resistência, parâmetros ideais devem ser buscados (geralmente usando um padrão como orientação) e a qualidade da solda deve ser verificada, isso é feito por testes destrutivos.

Ensaios destrutivos

O principal método para verificar a qualidade da solda a ponto é o teste destrutivo, onde as soldas por ponto são separadas por uma força aplicada externamente e o metal original se afasta da zona de solda. A zona de solda é revelada e avaliada por sua qualidade, para garantir que seja adequada à finalidade.

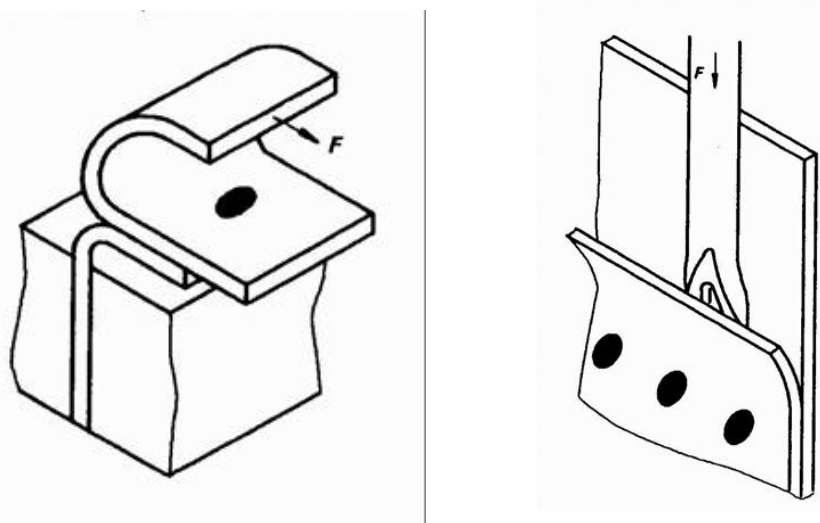
Dois métodos principais de teste destrutivo são comumente aplicados:

- Teste de arranque
- Teste de cisalhamento

As soldas são separadas pelo teste de arranque, prendendo uma das chapas soldadas, normalmente num torno. A outra chapa soldada é agarrada por qualquer um; alicates, pinças ou uma ferramenta de rolo e força são aplicados de modo que a solda seja carregada perpendicularmente à sua orientação original, arrancando a solda. Um teste de arranque pode ser realizado manualmente ou mecanizado; no caso de um teste mecanizado, a força de falha pode ser medida.

Num teste de cisalhamento destrutivo, um cinzel é acionado entre as chapas que as separam e carregam a solda. O cinzel pode ter uma lâmina ou duas pontas separadas e a força pode ser aplicada manualmente ou por meios mecânicos. Se o teste de cisalhamento é mecanizado, a força de falha pode ser medida.

ISO10447 2006 Soldadura por resistência - 'Teste de arranque e cisalhamento de soldas por ponto de projeção e resistência' descreve o procedimento para testes destrutivos e medição de soldas por ponto de resistência, o equivalente alemão é DIN



EN ISO 10447: 2007-09.

Figura 62 – Teste de cisalhamento. Fonte: TWI

Avaliação da qualidade da solda, medição de solda

106

O teste destrutivo de cisalhamento ou arranque resulta numa zona de solda arrancada de uma das chapas de metal; a área de solda exposta pode ser medida. Essa medição do tamanho da solda é normalmente usada como uma indicação da qualidade da solda, ou seja, se a solda é adequada para a finalidade a que se destina.

As soldas por ponto são medidas usando uma pinça Vernier. Como as soldas por ponto nem sempre são exatamente redondas, duas medições devem ser feitas a 90° entre si. As maiores e menores dimensões da solda a ponto devem ser medidas como mostra a Figura 52. O diâmetro médio da solda é calculado como mostrado abaixo:

$$\text{Diâmetro médio da solda} = d_1 + d_2 / 2$$

d_1 = maior dimensão da solda

d_2 = menor dimensão da solda

Um diâmetro médio mínimo de solda é frequentemente usado para fins de controlo de qualidade; o tamanho da solda geralmente está relacionado à espessura da chapa. Os diâmetros médios mínimos típicos de solda geralmente são $4\sqrt{t}$ ou $5\sqrt{t}$, onde t = espessura da chapa.

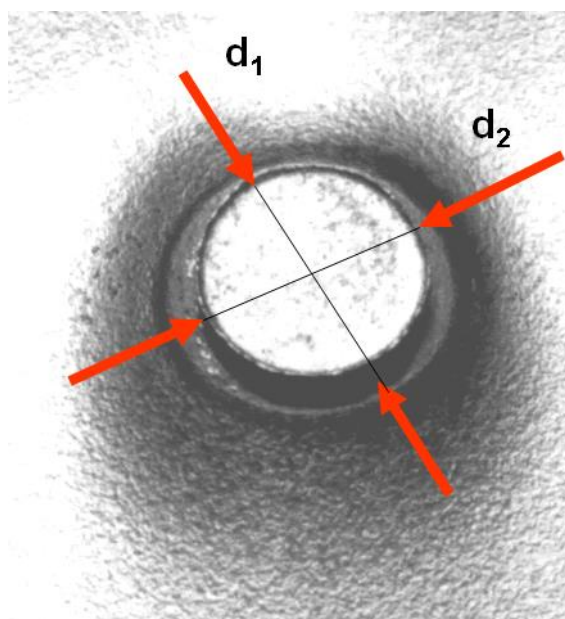


Figura 63 - Medição de uma solda a ponto. Fonte: TWI

Modos de falha de solda a ponto

107

No aço de baixo teor em carbono convencional, a maioria das soldas por ponto que são destrutivamente testadas falharão como falha de 'plug' ou 'pull out'. Um plug é caracterizado pela zona de solda rasgando uma das chapas deixando uma protuberância visível que é facilmente medida.

Aços de alta resistência e aços de resistência ultraelevada podem falhar como 'interfaces' ou 'plugs parciais'. No caso de uma falha na interface, a solda cortará diretamente através de seu centro, deixando metade da solda em cada folha e nenhum tampão protuberante, Figura 53. No caso do tampão parcial, a zona de solda se fraturará parcialmente e, em seguida, o ambiente circundante a chapa fraturará, deixando apenas uma parte do plug de solda saindo da chapa.

Uma falha na interface também é característica de maior resistência e aços mais espessos. No caso de uma falha na interface, a solda corta diretamente pelo centro, deixando metade da solda em cada folha e sem plugs protuberantes.



Figura 64 – Falha plug. Fonte: TWI

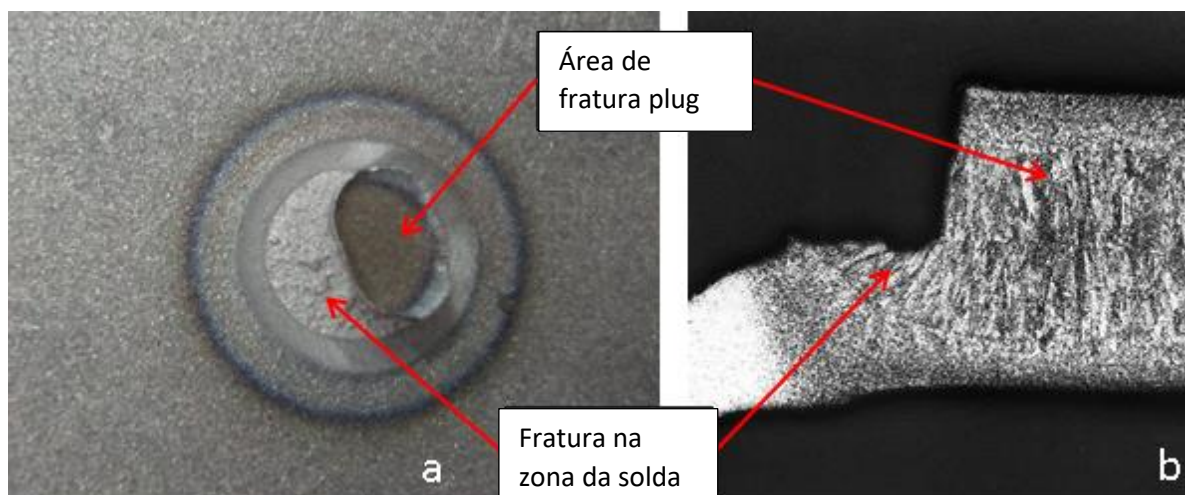


Figura 65 - Falha parcial do plug, b: secção transversal do plug parcial. Fonte: TWI



Figura 66 – Falha de interface Fonte: TWI

Ao medir o diâmetro médio da solda, é importante garantir que as dimensões corretas sejam registadas, vários fatores precisam ser levados em consideração. Ao medir uma falha de solda de obturador completo, parte do material em folha ainda pode estar presa à zona de solda, esse excesso de material deve ser dobrado para trás para permitir o posicionamento preciso da pinça Vernier.

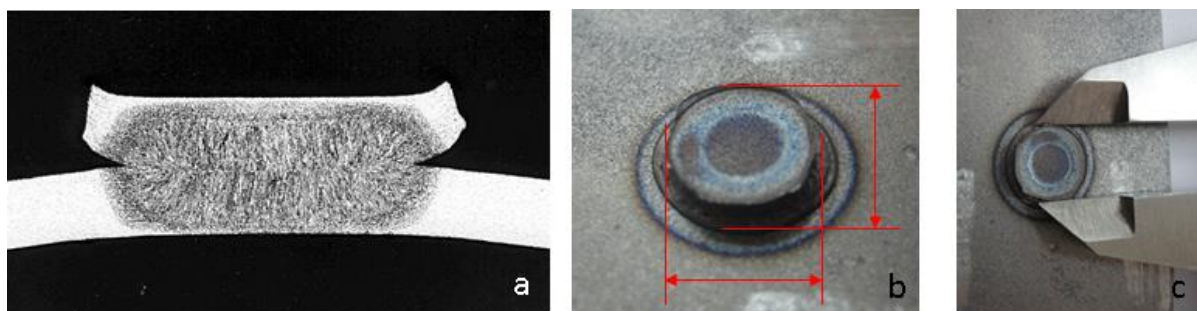


Figura 67 - uma. Secção transversal mostrando o excesso de material da chapa, b: dimensões da solda a ser medida, c: posicionamento correto da pinça Vernier Fonte: TWI

Ao medir uma falha parcial na solda, as dimensões reais do grão de solda da superfície áspera da fratura, essa área pode ser parcialmente coberta pelo plug da solda. Em alguns casos, o diâmetro médio da área do plug também pode ser necessário, isso é medido posicionando a pinça Vernier nas maiores e menores dimensões do plug, da mesma maneira que para uma falha convencional do plug.

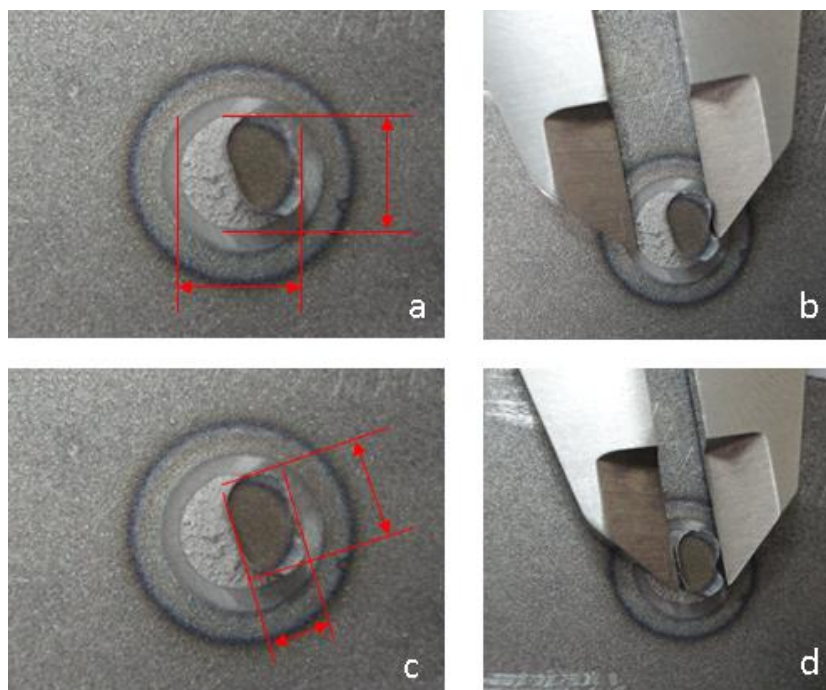


Figura 68 - Medindo uma falha parcial na solda do plug. a. Medida da área de solda original de um obturador parcial, b: posicionamento correto da pinça Vernier na superfície áspera da fratura para fornecer o diâmetro original da solda, c: medindo a área do obturador de um obturador parcial, d: posicionando a pinça Vernier no plug. Fonte: TWI

Materiais soldáveis

É possível soldar uma ampla seleção de metais e combinações de metais por processos de soldadura por resistência. No entanto, com algumas combinações, são encontradas

dificuldades devido a incompatibilidade metalúrgica, faixas de temperatura de soldadura, etc. Os seguintes materiais ilustram a ampla aplicabilidade do processo de soldadura:

Ligas de aço com baixo teor carbono e aço microligado	Facilmente soldável
Aços de resistência elevada e ultraelevada	Todos os aços usados em carroçarias de carros podem ser unidos por soldadura por pontos de resistência. Materiais de alta resistência podem exigir tempos de soldadura mais longos e forças mais altas para garantir uma boa solda.
Aços revestidos	Os revestimentos de zinco, ferro-zinco e alumínio (ALSi) podem ser soldados de maneira satisfatória, embora a vida útil do eletrodo seja menor que a do aço não revestido, devido à captação do revestimento no eletrodo. Pode ser necessária uma manutenção mais regular do eletrodo.
Alumínio e respetivas ligas	Necessárias altas correntes de soldadura, a condição da superfície da chapa domina a formação da solda, a contaminação do eletrodo é um grande problema. O alumínio não é reparado pela soldadura por pontos de resistência fora das instalações OEM

Tabela 12 - Visão geral do desempenho da soldadura a ponto dos materiais da carroçaria

Material	Resistividade, $\mu\Omega\text{cm}$	Resistência relativa com o cobre puro	Condutividade, %
Cobre puro	1.7	1	100
Cobre com 1% Crómio	2.1	1.2	80
Aços de baixo teor em carbono e alta resistência	13.0	17.6	13
Zinco	6	3.6	28
Aço inoxidável	72	42	2.4

Tabela 13 - Resistividade e condutividade elétricas de materiais de eletrodos e chapas soldáveis

Defeitos de solda e possíveis causas

Expulsão na interface de solda (solda a ponto)

- Material sujo
- Óxido ou escala superficial
- Má instalação dos componentes
- Tempo de compressão muito curto
- Força do eletrodo muito baixa
- Má alinhamento do eletrodo
- Corrente de solda muito alta
- Tempo de solda muito longo
- Mau acompanhamento da cabeça de soldadura

Expulsão na superfície, aderência do eletrodo

- Tempo de compressão muito curto
- Força do eletrodo muito baixa
- Material sujo
- Óxido ou escala superficial
- Pontas exigem revestimento
- Má alinhamento do eletrodo

Desgaste excessivo do eletrodo

- Tempo de solda muito longo
- Força do eletrodo muito alta

- Corrente de solda muito alta
- Arrefecimento insuficiente
- Liga de eléctrodo muito mole
- Eléctrodo sobreaquecido
- Ponta do eléctrodo muito pequena

Recuo excessivo da solda

- Tempo de solda muito longo
- Força do eléctrodo muito alta
- Corrente de solda muito alta
- Má alinhamento do eléctrodo
- Má instalação
- Distância da borda próxima
- Respingo de solda

Solda pequena / sem solda

- Tempo de solda muito curto
- Força do eléctrodo muito alta
- Corrente de solda muito baixa
- Ponta do eléctrodo muito grande
- Balanço térmico insuficiente
- Soldas muito próximas
- Máquina configurada para 'soldar'
- Material sujo
- Óxido ou escala superficial
- Conjunto de chaves de solda
- Mau funcionamento do controlador
- Má configuração das ferramentas

Pepita de solda deslocada (penetração irregular)

- Eléktodos diferentes materiais
- Eléktodos de tamanho diferente
- Eléktodos desalinhados
- Balanço térmico insuficiente

Rachas na pepita de solda

- Tempo de espera muito curto
- Força do eléctrodo muito baixa
- Mau acompanhamento
- Sem deterioração de força / corrente dupla (ou definida incorretamente) (liga de alumínio)

1.3.3 Saúde, Segurança e Segurança Ambiental

Trabalhar de maneira segura, para se proteger, a outras pessoas e ao veículo ou componentes nos quais está a trabalhar, é uma consideração essencial em qualquer operação de soldadura. A responsabilidade pela segurança é de todos os indivíduos, mas principalmente do operador de soldadura, não apenas pela sua própria segurança, mas também para evitar colocar em risco outras pessoas. Seu empregador tem uma responsabilidade importante de garantir que a legislação de saúde, segurança e meio ambiente (HSE) seja cumprida e que práticas de trabalho seguras sejam implementadas. Se não puder garantir sua própria segurança e a segurança de outras pessoas na área de trabalho, pare de soldar e não comece a soldar novamente até que o risco tenha sido controlado.

Seu empregador deve garantir a conformidade com todos os documentos apropriados, por exemplo:

- Legislação – Diretivas EU OSH.
- Padrões – OHSAS 18001.

- Sistemas de Gestão de Saúde, Segurança e Meio Ambiente da empresa.
- Instruções de trabalho - autorizações de trabalho, documentos de avaliação de riscos, etc.

O espaço envolvente da oficina

O empregador precisa garantir que as condições de iluminação sejam adequadas ao trabalho realizado - fornecendo iluminação extra sempre que necessário.

A limpeza é extremamente importante para evitar escorregamentos, tropeçamentos, quedas, danos ao equipamento e incêndio.

Existem muitos aspetos da segurança da soldadura por resistência que o soldador precisa considerar:

- Choque elétrico.
- Campos eletromagnéticos.
- Calor.
- Fumos e gases.
- Ruído.
- Trabalho em altura ou em acesso condicionado.
- Riscos mecânicos: tropeçamentos, quedas, cortes, impacto de objetos pesados.

Choque elétrico

O contato com peças de metal que são eletricamente alimentadas pode causar ferimentos ou morte devido ao efeito do choque no corpo ou devido a uma queda como resultado da reação ao choque elétrico.

O risco de choque elétrico associado à soldadura por ponto de resistência é mínimo. Embora o calor seja gerado com altos níveis de corrente, a tensão usada na soldadura geralmente fica na faixa de 1 Volt, o que não é suficiente para causar um choque. No entanto, o lado primário da transformação opera na corrente principal. Somente

peçoal elétrico qualificado deve trabalhar no lado primário do transformador. Devem ser seguidos os procedimentos apropriados para o trabalho correto.

É importante que os cabos de soldadura possam transportar a saída máxima de energia possível do conjunto de soldadura sem sobreaquecimento, pois o sobreaquecimento pode danificar o isolamento, levando a um risco maior de choque elétrico.

A instalação do equipamento de soldadura deve ser realizada por pessoal qualificado, que deve verificar se o equipamento é adequado para a operação e conectado de acordo com as recomendações do fabricante. O soldador é responsável por verificar o equipamento (cabos, pistolas de solda, elétrodos) diariamente quanto a danos e relatar defeitos. Todas as conexões externas devem estar limpas, firmes e verificadas sempre que uma reconexão for feita.

Ações do soldador para prática segura e prevenção de choque elétrico:

- Não use joias (principalmente anéis) ou pulseiras metálicas.
- Use botas de segurança, luvas, macacão, proteção para os olhos (óculos de proteção).
- Ao soldar fora da oficina, verifique se a capacidade de proteção da fonte é adequada ao meio ambiente e não solde na chuva sem uma cobertura adequada
- Ao soldar o veículo diretamente, verifique se o veículo é eletricamente seguro; um eletricista competente isolou as baterias e quaisquer sistemas híbridos de energia e desconectou unidades eletrônicas sensíveis.

Campos eletromagnéticos

Os processos de soldadura podem produzir campos de baixa frequência que afetam negativamente a saúde mental e física dos trabalhadores expostos. Os possíveis efeitos

incluem estimulação dos músculos, nervos ou órgãos sensoriais e sintomas transitórios, como vertigem ou fosfenos da retina. Esses efeitos podem afetar a capacidade do trabalhador de trabalhar com segurança.

Os campos eletromagnéticos podem ser subdivididos em campos magnéticos e elétricos e, para a maioria dos processos de soldadura, é o campo magnético que é significativo.

A exposição a campos eletromagnéticos pode causar efeitos biofísicos diretos, incluindo:

- Efeitos térmicos, como aquecimento de tecidos.
- Efeitos não térmicos, como estimulação de músculos, nervos ou órgãos sensoriais.
- Correntes nos membros.

Efeitos indiretos do EMF:

- Interferência em dispositivos eletrônicos médicos, como marca-passos.
- Risco de projéteis de objetos ferromagnéticos em campos magnéticos estáticos.
- Detonação de detonadores.
- Ignição de materiais inflamáveis por faíscas causadas por campos induzidos.
- Correntes de contato.

Ações do soldador para prática segura e prevenção de soldadura EMF:

- Siga as orientações da avaliação do local de trabalho do empregador.
- Não enrole os cabos de soldadura ao redor do corpo.
- Não fique em cima de cabos enrolados.

Nota: os requisitos legais para EMF podem variar entre países da Europa

Calor

Como a soldadura por ponto de resistência depende do metal fundido para efetuar uma junta, segue-se que o metal estará em parte muito quente. Todos os metais conduzem o calor em maior ou menor grau; portanto, a área aquecida a uma temperatura que causará queimaduras na pele é muito maior que a própria área de solda.

O processo de soldadura a ponto pode criar faíscas e respingos (expulsão de metais líquidos), com o potencial de causar a inflamação de materiais inflamáveis próximos à área de soldadura e causar incêndios. A área de soldadura deve estar livre de todos os materiais combustíveis e é uma boa prática para todo o pessoal que trabalha nas proximidades da soldadura saber onde estão os extintores de incêndio mais próximos e o tipo correto de extintor de incêndio a ser usado se ocorrer um incêndio. Os respingos de solda podem causar queimaduras; portanto, roupas de proteção, como luvas de solda, macacão retardante de chamas e couros podem oferecer proteção à pele exposta.

Ações do soldador para práticas seguras e para evitar efeitos do calor da soldadura:

- Certifique-se de que o PPE apropriado esteja disponível, apto para uso e posto corretamente.
- Certifique-se de que a reserva combustível seja removida da vizinhança da junta e que o carro esteja protegido, onde necessário, com cobertores resistentes ao fogo.

Fumos e gases

O fumo é uma mistura de partículas geradas por vaporização, condensação e oxidação de substâncias resultantes do calor da soldadura. As partículas de fumo são muito pequenas e podem permanecer suspensas no ar por longos períodos, onde podem ser respiradas.

Fumos tóxicos também podem ser criados a partir de óleos, acabamentos de pintura, revestimentos, linhas plásticas adesivas, materiais plásticos nas proximidades da junta soldada.

É provável que os seguintes aspetos influenciem o grau em que o soldador é exposto a fumo e gases:

- Posição da solda.
- Localização e tipo de peça

Assim, soldadores que utilizam o mesmo processo podem ser expostos a diferentes níveis de fumo. Os riscos de cada trabalho devem, portanto, ser avaliados individualmente.

Extração na pistola

Em pequenas quantidades, geralmente não é necessária a extração de fumos de soldadura. No entanto, se os materiais soldados produzem fumo pesado, a extração pode ser usada. Os sistemas de extração local de ventilação de exaustão (LEV) e na pistola (ou proximidade da peça de trabalho) nunca são 100% eficientes, especialmente ao soldar estruturas complexas, a ventilação geral também pode ser necessária para controlar o nível de fumo de fundo.

Como cada tipo de equipamento de extração tem limitações, é importante selecionar o equipamento certo para cada trabalho. Também é essencial que os soldadores sejam treinados adequadamente para usar o equipamento e adotar boas práticas de trabalho. É necessária supervisão para garantir que o equipamento esteja sendo usado com eficiência e para minimizar o nível de fumo de fundo na oficina.

Como regra geral, se o ar estiver visivelmente limpo e o soldador estiver confortável, a ventilação provavelmente será adequada.

Ruído

A exposição a ruídos altos pode danificar permanentemente a audição, causar stresse e aumentar a pressão sanguínea. Trabalhar num ambiente barulhento por longos períodos pode contribuir para o cansaço, nervosismo e irritabilidade. Se a exposição ao ruído for superior a 85 decibéis de nível A, durante um período médio de oito horas, deve-se usar proteção auditiva e realizar testes auditivos anuais. O empregador tem a responsabilidade de garantir que os trabalhadores usem a proteção.

As operações normais de soldadura por resistência não estão associadas a problemas excessivos de nível de ruído. O ruído associado à soldadura geralmente é devido a operações auxiliares como lascar, retificar e martelar. A proteção auditiva deve ser usada ao realizar ou ao trabalhar nas proximidades dessas operações.

Potenciais perigos mecânicos

O ambiente em que um soldador trabalha apresenta vários riscos não específicos ao próprio processo de soldadura. O manuseio manual de componentes metálicos pesados é frequentemente necessário. chapas de metal mais finas e leves podem ter bordas afiadas. Escorregamentos, tropeçamentos e quedas podem ser mais prováveis, pois a soldadura geralmente exige que cabos grossos sejam espalhados pelo chão. Práticas padrão de segurança e proteção da oficina devem ser usadas para combater esses problemas. Os soldadores precisam de treinamento em manuseio de materiais, manual e com assistência de elevação mecânica; luvas, capacetes, macacões e botas de proteção devem ser usados; o cabeamento no chão deve ser minimizado e claramente assinalado ou marcado como um risco de queda.

Existem riscos resultantes diretamente do processo de união, pois durante a soldadura, faíscas e metais fundidos podem ser ejetados. Eles são mais comuns na soldadura a arco, mas também podem ocorrer em processos de resistência. O equipamento de

proteção individual (PPE) deve ser usado pelo soldador. Todas as roupas devem ser resistentes ao fogo e recomenda-se o uso de aventais, casacos, calças de couro, etc.

A retificação é comumente usada na preparação de metal para soldadura e durante a limpeza e retificação do metal depositado. As rebarbadoras de rodas e angulares são ferramentas favoritas para a velocidade de remoção do material. Isso cria um risco, não apenas para o operador, mas também para o pessoal transeunte, pois o material ejetado pode ser projetado até alguma distância. Obviamente, o operador precisa de proteção adequada com roupas, luvas, protetores faciais e, às vezes, uma máscara contra poeira, mas toda a área também precisa ser cortada com cortinas para proteger os outros. Mantas à prova de fogo podem ser usadas para proteger o veículo contra faíscas e é necessário tomar cuidado para evitar a contaminação cruzada entre veículos e materiais na oficina.

Um dos perigos mais sérios é o uso persistente de ferramentas elétricas portáteis de mão, como moedores, lixadeiras, chaves de impacto e cinzéis de ar, que podem levar a doenças a longo prazo - síndrome de vibração mão-braço, também conhecida como 'dedo branco' ou 'mão morta'. Os empregadores são incentivados a comprar apenas ferramentas elétricas projetadas e construídas para reduzir o risco de vibração e são obrigados a realizar uma avaliação e identificar medidas para eliminar ou reduzir o risco. É obrigado a usar essas ferramentas elétricas apenas conforme as instruções e deve relatar quaisquer sintomas, incluindo formiguelo e dormência nos dedos, não conseguir sentir as coisas corretamente, perda de força nas mãos, pontas dos dedos a ficarem brancas, vermelhas e doloridas.

O prendimento de partes da roupa entre os eletrodos de solda por ponto é o principal risco mecânico da soldadura por ponto por resistência. Certifique-se de que as mãos e as roupas dos operadores e assistentes não estejam próximas dos eletrodos durante o fechamento, como forças maiores que 1000N (100 kg) são empregues regularmente, o prendimento pode resultar em ferimentos muito graves.

Na oficina

121

Lista para preparar o equipamento

Requisitos de qualidade:

- Primeiro, determine qual tamanho de solda (diâmetro mínimo) e quaisquer outros requisitos de qualidade são necessários para a combinação de material e espessura que está sendo unida.
- Consulte o padrão do cliente, o padrão interno ou os padrões nacionais, o que tiver precedência.

Equipamento:

- Certifique-se de que o equipamento adequado seja escolhido para permitir que as configurações de solda necessárias sejam alcançadas dentro da capacidade da máquina.
- Verifique se a máquina e o timer estão funcionando corretamente e se o arrefecimento da água é adequado.
- Certifique-se de que qualquer ferramenta esteja adequadamente isolada e não interfira na aplicação de pressão ou no fluxo de corrente.

Materiais:

- Verifique se os materiais atendem às especificações exigidas.
- Garanta que as superfícies estejam livres de contaminação, ferrugem, tinta, etc.
- Verifique se a montagem da peça, a largura do flange e a distância da borda são satisfatórias.

Eléttodos:

- Decida qual diâmetro da ponta é necessário para atingir o tamanho desejado da solda (o tamanho mínimo da solda geralmente é de 70 a 80% desse valor).
- Escolha o material de eletrodo correto para o trabalho e um design de eletrodo para se adequar ao acesso à peça, usando eletrodos (tampas) e suportes com um diâmetro de haste adequado.
- Maquine ou aplique eletrodos no tamanho necessário e garanta que o alinhamento dos eletrodos seja preciso sob carga na máquina de solda.
- Se a condição do eletrodo se deteriorar durante o trabalho, repare os eletrodos com um aparador de pontas ou substitua-os.

Força dum eletrodo:

- Selecione a força necessária, apropriada para os materiais que estão sendo soldados e o tamanho da ponta do eletrodo sendo usado. As condições recomendadas estão disponíveis. Configurações inadequadas podem afetar a soldabilidade e a qualidade.
- Configure a força necessária usando uma célula de carga e registre a pressão do ar necessária para atingir essa força.

Configurações de parâmetros de solda:

- Configurar sequência de tempo.
- O tempo de compressão deve ser ajustado usando um analisador de compressão ou inicialmente ajustado por muito tempo para garantir que a força seja totalmente alcançada antes do fluxo de corrente.
- O tempo de solda deve ser selecionado de acordo com as condições recomendadas.
- O tempo de espera é menos crítico, 5 a 10 ciclos é normalmente adequado para materiais finos, por exemplo até 1,5 mm de espessura e mais tempo para materiais mais espessos ou onde a adaptação é ruim.

Corrente de solda:

- Executar soldas de teste em material de reposição.
- Faça soldas em níveis crescentes de corrente até que a qualidade exigida seja alcançada nos testes de descascamento ou cinzel.
- Uma configuração logo abaixo de que o respingo da solda geralmente oferece a melhor tolerância de soldadura.

Registos de instalação:

- É uma boa prática registrar as condições finais de configuração usadas numa folha de trabalho ou processo.

Instalação da oficina de solda por ponto de resistência:

Documentação: Que documentos precisa antes de iniciar a soldadura?



Documentos de saúde, segurança e segurança ambiental:

123

.....

.....

Documentos das normas de soldadura ou da aceitação de qualidade:

.....

.....

Equipamento de proteção pessoal: Liste o PPE que deve usar e realize a inspeção pré-uso.

.....

.....

Equipamento de ventilação e extração (se necessário): realize a inspeção pré-uso, posicione e opere o equipamento.

Notas

Equipamento de solda por ponto de resistência: Realize a inspeção pré-uso, verifique os registos de manutenção e calibração, instale os elétrodos consumíveis.

Notas:

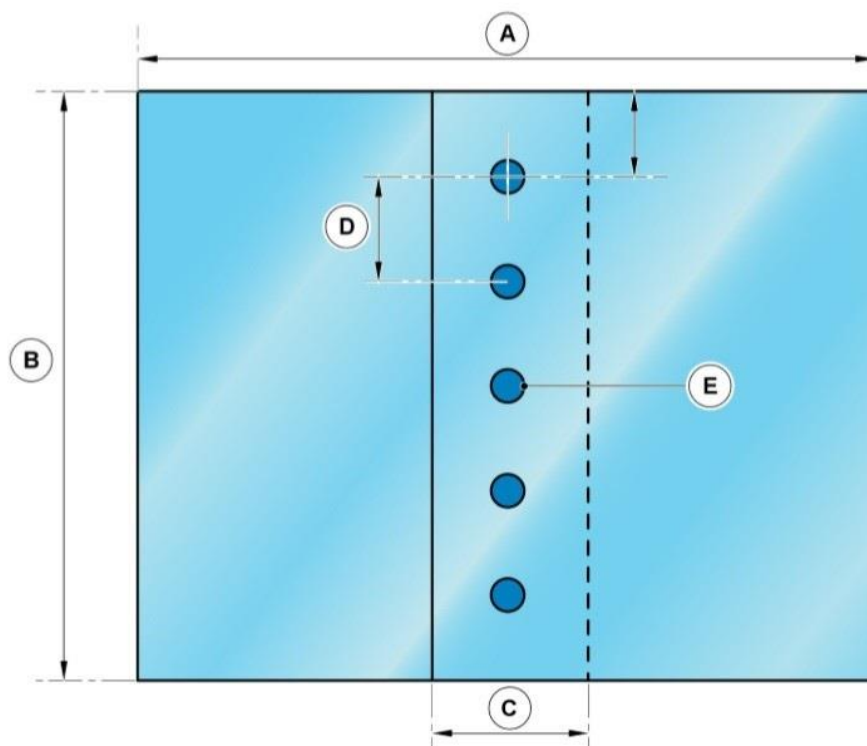
2º Exercício Prático

124

Soldadura por ponto de resistência do aço às peças de teste de aço

(2 horas)

O seu exercício prático envolverá a execução de soldas por ponto de resistência em duas placas de aço sobrepostas. O material deve ser duas vezes chapas de aço de espessura de chapa única de 0,6 - 1,5 mm, as chapas podem ser não revestidas ou revestidas de zinco.



Item	Descrição	Item	Descrição
A	Comprimento total - 115 mm (4,5 polegadas)	B	Largura - 180 mm (7,0 polegadas)
C	Sobreposição - 35 mm (1,3 polegadas)	D	Distanciamento - 30 mm (1,1 polegadas)
E	Solda por ponto de resistência		

Figura 69 – Peça teste. Tabela 14. Fonte: TWI



Figura 70 - Apertos de toupeira / Grampos autobloqueantes Fonte: TWI



Figura 71 - Alicates e apertos Fonte: TWI



Figura 72 - Pinça Vernier Fonte: TWI

Consumíveis
12 chapas de aço de 75 x 180 x 0.9 mm.
Ferramentas
Grampos autoblocantes
Máquina de solda a ponto por resistência.
Alicates ou pegas
Pinça de Vernier
Saúde e Segurança
Usar: roupa de trabalho, luvas, óculos de proteção.
Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.
Procedimento do trabalho
Preparação da peça de teste
Prepare as peças de teste conforme indicado
Preparar as placas e apertar

Posicione as placas numa configuração em que uma se sobreponha à outra com uma largura de flange de 35 mm, conforme mostrado na Figura.

Prenda as placas na posição nas duas bordas com os grampos autoblocantes

Configurar o programa de solda por ponto de resistência

Após as medições da peça de teste, execute a solda por ponto de resistência

Selecione os parâmetros de soldadura de acordo com uma instrução ou padrão, selecione inicialmente um baixo valor atual ou % de calor

Posicione a peça de teste entre os elétrodos e faça a primeira solda

Se ocorrer um respingo da solda (expulsão de metal líquido), reduza a corrente de soldadura (ou % de calor) em aproximadamente 10% do valor inicial.

Executar o teste de soldadura a ponto (parte A)

Registre todos os parâmetros numa folha de teste, como mostrado abaixo.

Posicione a peça de teste entre os elétrodos e faça a primeira solda (a distância (pitch) entre as soldas subsequentes deve ser de 30 mm)

Se ocorrer um respingo da solda (expulsão de metal líquido), reduza a corrente de soldadura (ou % de calor) em aproximadamente 50% do valor inicial

Se uma solda for realizada sem a ocorrência de respingos, aumente a corrente em pequenas etapas (0,2kA ou + 2,5% de calor)

Continue aumentando a corrente em pequenas etapas e soldando nas peças de teste até que respingos ocorram

No final do teste, segure um lado da peças de teste num grampo e rasgue o outro lado usando um alicate ou pega

Meça o tamanho da solda a ponto com uma pinça Vernier, como mostra a Figura.

Registre o maior e menor diâmetro da área de solda e calcule a média, registre os dados na folha de dados

Verifique se o requisito de tamanho mínimo de solda pode ser atendido numa condição de soldadura estável antes do respingo (ocorreu expulsão de metal líquido)

No final da soldadura, verifique as condições do eletrodo quanto à contaminação por adesivo (ou desgaste excessivo como resultado do revestimento de zinco, se o aço revestido foi usado). Se necessário, repare a superfície do eletrodo com uma ferramenta de limpeza de ponta ou substitua o eletrodo por um novo

Repetir o teste de soldadura por ponto (Parte B, tempo de soldadura variado)

Na Parte A, o processo de soldadura a ponto foi definido para um conjunto fixo de parâmetros.

Na parte B, os parâmetros de soldadura a ponto serão variados selecionando um tempo de solda 50% do tempo usado na parte A ou 200% do tempo usado na parte A.

Posicione a peça de teste entre os elétrodos e faça a primeira solda (a distância (pitch) entre as soldas subsequentes deve ser de 30 mm)

Se ocorrer um respingo da solda (expulsão de metal líquido), reduza a corrente de soldadura (ou % de calor) em aproximadamente 50% do valor inicial

Se uma solda for realizada sem a ocorrência de respingos, aumente a corrente em pequenas etapas (0,2kA ou + 2,5% de calor)

Continue aumentando a corrente em pequenas etapas e soldando nas peças de teste até que respingos ocorram

No final do teste, segure um lado da peças de teste num grampo e rasgue o outro lado usando um alicate ou pega

Meça o tamanho da solda a ponto com uma pinça Vernier, como mostra a Figura. Registe o maior e menor diâmetro da área de solda e calcule a média, registe os dados na folha de dados

Verifique se o requisito de tamanho mínimo de solda pode ser atendido numa condição de soldadura estável antes do respingo (ocorreu expulsão de metal líquido)

Compare os resultados com o teste da Parte A para ver a influência do tempo de solda no processo

No final da soldadura, verifique as condições do eletrodo quanto à contaminação por adesivo (ou desgaste excessivo como resultado do revestimento de zinco, se o aço revestido foi usado). Se necessário, repare a superfície do eletrodo com uma ferramenta de limpeza de ponta ou substitua o eletrodo por um novo

Repetir o teste de soldadura a ponto (Parte C, força de solda variada)

Na Parte A, o processo de soldadura a ponto foi definido para um conjunto fixo de parâmetros.

Na parte C, os parâmetros de soldadura a ponto serão variados selecionando uma força de solda 50% do tempo usado na parte A ou 200% do tempo usado na parte A.

Posicione a peça de teste entre os eletrodos e faça a primeira solda (a distância (pitch) entre as soldas subsequentes deve ser de 30 mm)

Se ocorrer um respingo da solda (expulsão de metal líquido), reduza a corrente de soldadura (ou % de calor) em aproximadamente 50% do valor inicial

Se uma solda for realizada sem a ocorrência de respingos, aumente a corrente em pequenas etapas (0,2kA ou + 2,5% de calor)

Continue aumentando a corrente em pequenas etapas e soldando nas peças de teste até que respingos ocorram

No final do teste, segure um lado da peças de teste num grampo e rasgue o outro lado usando um alicate ou pega

Meça o tamanho da solda a ponto com uma pinça Vernier, como mostra a Figura. Registe o maior e menor diâmetro da área de solda e calcule a média, registe os dados na folha de dados

Verifique se o requisito de tamanho mínimo de solda pode ser atendido numa condição de soldadura estável antes do respingo (ocorreu expulsão de metal líquido)

Compare os resultados com o teste da Parte A para ver a influência da força de solda no processo

No final da soldadura, verifique as condições do elétrodo quanto à contaminação por adesivo (ou desgaste excessivo como resultado do revestimento de zinco, se o aço revestido foi usado). Se necessário, repare a superfície do elétrodo com uma ferramenta de limpeza de ponta ou substitua o elétrodo por um novo

Repetir o teste de soldadura a ponto (Parte D, distância de solda variada)

Na parte D, o "pitch" da soldadura a ponto (distância entre as soldas) deve variar para ver o efeito na qualidade da solda

Selecione os parâmetros de soldadura preferidos da Parte A, B e C

Fabricar uma solda a ponto inicial

Fabricar a segunda solda com um "pitch" de 30 mm

Fabricar a 3ª solda com um "pitch" de 60mm

Fabricar a quarta solda com um "pitch" de 10mm

No final do teste, segure um lado da peças de teste num grampo e rasgue o outro lado usando um alicate ou pega

Meça o tamanho da solda a ponto com uma pinça Vernier, como mostra a Figura.

Registe o maior e menor diâmetro da área de solda e calcule a média, registe os dados na folha de dados

Compare os resultados com os testes anteriores para ver a influência do passo da solda na qualidade da solda

No final da soldadura, verifique as condições do elétrodo quanto à contaminação por adesivo (ou desgaste excessivo como resultado do revestimento de zinco, se o aço revestido foi usado). Se necessário, repare a superfície do elétrodo com uma ferramenta de limpeza de ponta ou substitua o elétrodo por um novo

Exemplo de folha de dados de solda a ponto

Nome do operador:	Material 1:
Data:	Material 2:
Máquina de solda:	Material 3:
Normas / procedimentos seguidos:	
Veículo / componente:	
Detalhes do elétrodo	Tempo de compressão:
Refrigeração a água	Tempo de solda:
Dimensões da peça de teste:	Tempo de espera:



Pitch da solda: Adesivo usado: Data de validade do adesivo:					Força / pressão do eletrodo: Força do transformador:	
Solda Nº	Corrente (kA ou Calor %)	Diâmetro da solda d1 (mm)	Diâmetro da solda d2 (mm)	Diâmetro médio $d1+d2/2$ (mm)	Respingo de solda (expulsão)	Observações e comentários

UC2

Aço, Alumínio e Compósitos na reparação estrutural da carroçaria automóvel – Reparação com Adesivos e Ligações Mecânicas

2.1 Materiais usados no fabrico de carroçaria de veículos

O material tradicional e principalmente usado no fabrico de carroçarias de veículos é a chapa de aço, embora esteja gradualmente a dar lugar a outros materiais alternativos, como plástico e alumínio. Isso se deve às propriedades ideais que esses materiais mostram para determinadas aplicações.

A carroçaria do automóvel de hoje pode ser considerada um conglomerado de vários tipos de metais e plásticos, cada um aplicado onde suas propriedades são mais adequadas para necessidades e exigências específicas. Muitas das soluções adotadas atualmente pela maioria dos fabricantes de automóveis levam à coexistência, num único corpo de veículo, de diversos materiais, como aço, alumínio e plástico, e até materiais compósitos. Esses materiais também podem interagir juntos numa única peça, dando origem ao que é conhecido como junta híbrida.

Aço

O aço é uma liga de ferro e carbono com um teor de carbono relativamente baixo; raramente ultrapassa 1,76%. O fato de esse ser o material usado no fabrico de carroçarias de veículos deve-se a uma série de circunstâncias que o transformam num produto ideal para as necessidades exigidas. Além disso, adapta-se muito bem a outra série de requisitos do automóvel:

- O aço é adequado para receber vários revestimentos de superfície (revestimentos eletrolíticos, fosforização, etc.) e, finalmente, um acabamento com pintura de qualidade.
- Boa resistência à corrosão pelo uso de aços pré-revestidos (geralmente revestidos com zinco).

- Possibilidade de melhorias no peso final da estrutura, usando aços de elevada e ultraelevada resistência.
- Fácil de moldar.
- Boa soldabilidade.

131

Os aços atualmente em uso na fabricação de carroçarias de veículos podem ser de tipos muito diferentes.

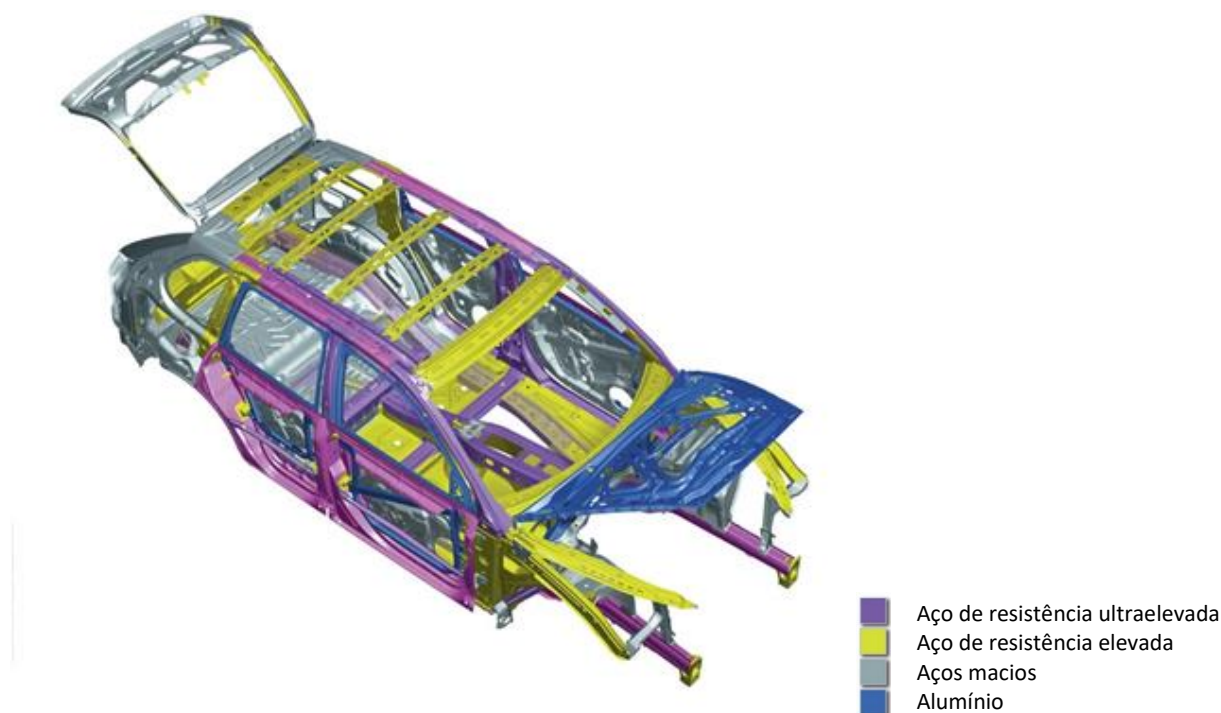


Figura 73 – Aços na fabricação de carroçarias. Fonte: <https://www.autosteel.org/-/media/files/autosteel/great-designs-in-steel/gdis-2008/12---advances-in-ahss-for-automotive-applications.ashx>

Alumínio

Desde meados da década de 70, o percentil de uso de alumínio nos automóveis aumentou quase três vezes. Hoje, mais de cem partes diferentes dum veículo são fabricadas com alumínio, e sua penetração no mercado continua a crescer.

O alumínio está a ser usado agora num grande número de veículos para o fabrico de painéis externos para grandes áreas de superfície, como capotas e painéis laterais. Isso permitiu uma economia de peso entre 40% e 60%, em comparação com a mesma peça fabricada em aço.

Os benefícios do alumínio em relação à economia de peso, consumo de combustível, segurança e impacto ambiental são reconhecidos por todos os fabricantes.

A combinação de baixa densidade, alta resistência e excelente resistência à corrosão faz das ligas de alumínio um material atraente para fabrico de painéis da carroçaria e, inclusive, para o fabrico integral de carroçarias com esse material.

Existem inúmeras ligas de alumínio com diferentes composições comerciais; no entanto, existem três que são mais utilizados na fabricação de carroçarias: ligas de cobre-alumínio, alumínio-magnésio e alumínio-magnésio-silício.

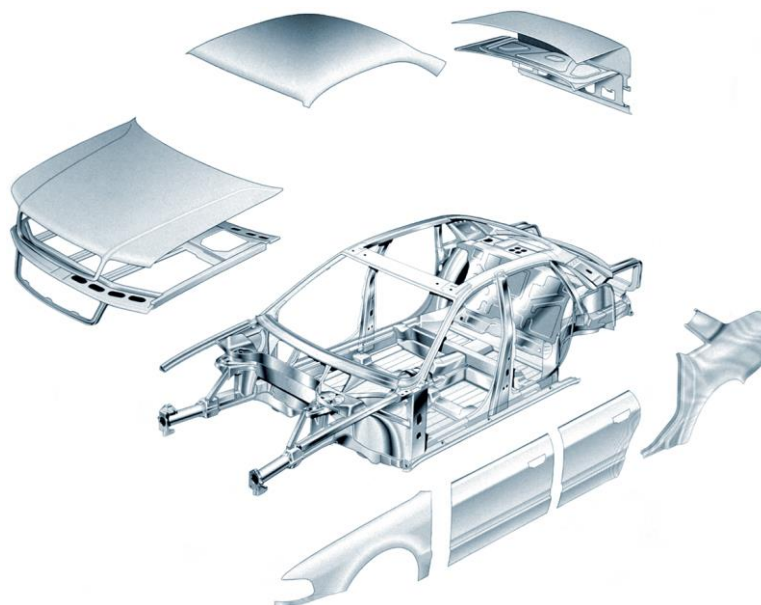


Figura 74 - Corpo completo do veículo em alumínio. Fonte: <https://www.audi.pt/pt/web/pt/modelos/layer/tecnologia/audi-space-frame.html>

Entre as vantagens do alumínio para o fabrico de carroçarias de veículos, destacam-se:

- Seu peso específico é aproximadamente um terço do peso do aço.
- O óxido de alumínio forma uma fina camada de barreira na superfície do metal quando o metal é exposto ao ar. Se o óxido for arranhado ou danificado, ele reforma-se rapidamente, proporcionando ao metal um alto nível de proteção

contra corrosão natural. No entanto, a exposição à água salgada ainda pode causar corrosão.

- As ligas de alumínio podem ser recicladas facilmente no final de sua vida útil.
- Menos energia é necessária para a sua reutilização do que para o aço.
- Pode-se-lhe dar forma facilmente.
- É adequado para unir por meio da soldadura MIG (Metal Gás Inerte).
- Tem uma alta capacidade de absorver energia num acidente.
- Não é tóxico.

Plástico

É habitual denominar todos os compostos de natureza orgânica que são facilmente deformáveis quando sujeitos a pressão ou temperatura sob o nome genérico de plástico; no entanto, nem todos os plásticos se comportam dessa maneira. Devido à inclusão de uma série de aditivos ou reforços, em particular fibras de vidro ou carbono, esses materiais compósitos reforçados com fibras têm proporções de resistência / peso extremamente altas.

Nas últimas décadas, o uso de plásticos na indústria aumentou dramaticamente.

A indústria automóvel, escusado será dizer, foi afetada por essa tendência e usa praticamente o plástico para tudo, por exemplo no fabrico de elementos como para-choques, coberturas de jantes e algumas peças no interior do veículo. Hoje, um automóvel típico médio deve aproximadamente 120 kg do seu peso a esses materiais, que representam cerca de 10% do peso total do veículo.

O uso de plástico não se limita apenas ao fabrico de acessórios e peças pequenas; também assumiu um papel significativo no fabrico de painéis e elementos da carroçaria do veículo ou, no caso de compósitos reforçados com fibra, carroçarias inteiras do veículo.

As vantagens dos plásticos são:

- Boa resistência elástica. Neste caso, a carroçaria de plástico tolera o impacto flexionando levemente e recuperando sua forma original após o impacto.
- A carroçaria não é afetada pela corrosão, o que é uma grande vantagem quando comparado com a carroçaria em aço. A corrosão do aço é responsável por limitar a vida útil do automóvel.
- As carroçarias de veículos de plástico são muito mais leves que seus equivalentes em aço. Por exemplo, pode-se afirmar que um capô fabricado em plástico pesa cerca de 9,2 kg, enquanto um capô de aço pode atingir 17 kg.

Materiais compósitos

O termo "material compósito" é reservado para os materiais (geralmente bifásicos) constituídos por dois ou mais materiais diferentes que, quando combinados adequadamente, melhoram as propriedades finais.

No campo dos materiais compósitos, três tipos podem ser distinguidos, de acordo com o tipo de matriz utilizada: compósitos com matriz orgânica, compósitos com matriz cerâmica e compósitos com matriz metálica.

No setor automóvel, estamos preocupados com os compósitos matriciais orgânicos mais usados, com uma adição de fibras para obter resistência e rigidez extremamente altas. As fibras são normalmente feitas de vidro ou carbono (e em alguns casos aramida). As fibras podem ser dispostas numa variedade muito ampla de padrões para atingir os requisitos específicos de desempenho mecânico.

A matriz desempenha o papel do elemento de união, modelando o material compósito geometricamente. Normalmente é relativamente flexível, mas não muito forte. Sua principal missão é manter as fibras unidas e unificadas, transmitindo as forças de um tipo de fibra para o outro.

Além de garantir a união das fibras, também fornece dureza, isolamento hermético e resistência à compressão.

2.2 Ligação por Adesivos na reparação da carroçaria

A ligação adesiva consiste no uso de uma substância não metálica que sofre uma reação de endurecimento físico ou químico, fazendo com que as peças se juntem através da aderência da superfície (adesão) e resistência interna (coesão). É uma boa prática garantir que as superfícies de junção sejam devidamente limpas, pois os contaminantes podem impedir que o adesivo cole no material de base. O adesivo requer tempo para “curar”, o que deve ser levado em consideração durante o procedimento de reparação.

A ligação adesiva permite a união de diferentes tipos de materiais (por exemplo, aço e alumínio), que é uma capacidade que muitas vezes falta à técnica de soldadura. Outra vantagem desse método de união é que ele não gera zonas enfraquecidas termicamente ou mecanicamente ao redor de uma junta.

Embora a ligação adesiva possa ser usada em muitas aplicações na indústria automóvel, da vedação à ligação de vidro, o foco aqui será o uso nos procedimentos de reparações. A colagem adesiva pode ser usada para conectar um componente de reposição ao veículo e também no fabrico da nova peça. Reparções de ligação estrutural são possíveis se a oficina atender às condições exigidas. Se não for possível garantir que o adesivo resista às tensões mecânicas previstas, também poderão ser utilizados fixadores mecânicos.

2.2.1 Tipos de Adesivos

Um adesivo é um material capaz de estabelecer processos de ligação entre duas peças de trabalho aderentes e desenvolver forças de coesão. Como resultado, fornece uma resistência interna à separação das duas peças, sem que sejam feitas alterações estruturais.

No campo dos adesivos, diferentes classificações podem ser estabelecidas, levando em consideração diferentes conceitos: forma física, base química, características físico-químicas da junta, estrutura do adesivo após a "cura", etc.

No campo da união da carroçaria, os adesivos mais frequentemente utilizados são o orgânico-sintético, cuja "cura" é realizada por reação química, resinas epóxi (EP), poliuretanos (PUR) e ciano acrilatos (CA). (O Regulamento UNE-EN 923 lista todos os tipos de adesivos, termos e definições).

Resina epóxi

Os adesivos epóxi são constituídos por uma resina epóxi e um endurecedor. Eles consistem numa ou duas partes, resinas monocomponentes ou resinas bicomponentes. Nas linhas de produção da carroçaria, o adesivo principal utilizado é uma resina epóxi de componente único, que "cura" durante o ciclo térmico do processo de revestimento do veículo (revestimento-E). Na reparação de veículos, o tipo adesivo mais comum é o epóxi de dois componentes, onde a reação de "cura" química ocorre à temperatura ambiente.

Existem diferentes resinas e endurecedores, que dão origem a uma grande variedade de formulações e desempenhos.

Suas principais características são:

- Excelente aderência em diferentes substratos, como metais, plásticos, cerâmicas etc, devido principalmente à sua capacidade de absorção de humidade e baixa viscosidade.
- Se a preparação e aplicação do adesivo forem realizadas corretamente, elas geralmente oferecem boa resistência a falhas devido à coesão.
- Essas resinas "curam" sem liberar água ou outros subprodutos, evitando a retenção de gases e porosidades na união. Durante a cura, apenas uma leve contração ocorre. Para epóxis de dois componentes, a "cura" é realizada à temperatura ambiente, permitindo a escolha de processos de secagem simples e económicos.

- O tempo de “cura” varia muito, dependendo do tipo de resina; geralmente, aqueles que têm um tempo rápido são mais elásticos do que aqueles com um tempo de “cura” lento.
- Eles têm boa resistência à humidade e boa resistência química.
- Estão disponíveis em latas para aplicação manual e de mistura, ou em cartuchos para aplicação com pistola e tubo de mistura.

Poliuretano

Os poliuretanos são polímeros sintéticos baseados na química do isocianato, que surgem da reação de um polímero com um isocianato. Eles podem estar na forma de adesivos monocomponentes ou bicomponentes.

✓ Poliuretanos monocomponentes (1K)

Os poliuretanos monocomponentes reagem com a humidade ambiente para gerar uma borracha de elastómero. A reação de polimerização ocorre do lado de fora do cordão para o interior, e essa circunstância limita a espessura do cordão e influencia os tempos de “cura”.

Suas principais características são:

- Baixa quantidade de solvente.
- Secagem por absorção de humidade.
- O processo de secagem é lento e do lado de fora para dentro.
- Elevada elasticidade.
- Sensibilidade aos raios ultravioleta, que os atacam e decompõem.
- Suas propriedades, do ponto de vista estrutural, são inferiores às dos poliuretanos bicomponentes e resinas epóxi.
- Disponível em tubos ou sacos para aplicação por extrusão.
- Aplicado em colagem de janelas, união de painéis de portas e vedações de juntas.

✓ Poliuretanos bicomponentes (2K)

138

Os poliuretanos bicomponentes polimerizam devido à reação dos isocianatos com os polímeros ou aminas correspondentes.

Suas principais características são:

- Eles não precisam de humidade ambiente para polimerizar. A “cura” é produzida pela reação química de seus componentes.
- O processo de secagem é relativamente rápido.
- Mais rígidos que os poliuretanos monocomponentes.
- Sensibilidade aos raios ultravioleta, que os atacam e decompõem.
- Normalmente disponível em cartuchos para aplicação por extrusão.
- Aplicado para colagem de janelas e junção de peças da carroçaria, tanto em carroçarias de aço como de alumínio.

2.2.2 Aplicações das ligações por Adesivos

A ligação adesiva é usada no corpo do automóvel em diversas aplicações, exclusivamente ou em combinação com uma junta mecânica complementar (bainha, rebiteagem, solda por ponto de resistência).

Entre as principais aplicações de adesivos na carroçaria estão as abaixo:

- Fixação de bainha de elementos de acabamento.
- Juntas de vedação para borracha.
- Painéis de revestimento para isolamento acústico.
- Guarnições de porta.
- Guarnições do tejadilho, etc.

União de elementos metálicos entre si, com uma junta mecânica complementar, quando necessário; por exemplo, união de painéis de portas e capô às estruturas, colagem de asas, etc.

União de materiais plásticos entre si em carroçarias de veículos com painéis construídos com esse tipo de material.

Além disso, e acima de tudo, os adesivos têm uma presença cada vez mais ampla no fabrico de carroçarias de veículos, em aplicações como:

Juntas de vidro-metal. O caso mais representativo é a colagem dos para-brisas, uma técnica que aumenta a rigidez da carroçaria do veículo ao mesmo tempo em que melhora a vedação e a retenção do próprio para-brisas em caso de colisão. O uso de adesivos para esse tipo de junção ajuda a aumentar a rigidez torsional da carroçaria do veículo em 10%.

Muitos dos painéis de fecho da carroçaria do veículo são constituídos por um painel externo unido a uma estrutura interna ao longo de toda a sua periferia, por meio do friso mecânico. Hoje, os adesivos estão sendo usados nessas guias, o que significa uma melhoria na resistência, rigidez e proteção anticorrosiva.

Juntas de plástico e metal. Os adesivos permitem a união de dois materiais diferentes, como plástico e metal. Essa solução é adotada frequentemente em carroçarias de veículos que combinam painéis externos fabricados em materiais poliméricos em estruturas de aço.

Da mesma forma, eles têm um campo de aplicação muito importante no fabrico de isolantes e em carroçarias de veículos industriais, como autocarros, caravanas, etc.

Nas oficinas de reparações dedicadas à reparação de carroçarias de veículos, operações cada vez mais diversas adotam o uso de adesivos. Exemplos incluem a substituição de vidro colado, a substituição total ou parcial de elementos externos feitos de materiais metálicos ou compostos (resinas com fibra de vidro e fibra de carbono), a substituição de elementos estruturais e a oficina de materiais plásticos.



Figura 75 – Adesivos bicomponentes. Fonte: CESVIMAP

As Figuras 77-79 demonstram onde os adesivos são usados na carroçaria. Eles não são apenas meramente ilustrativos, mas também dizem respeito à aplicação original do fabricante. Durante os procedimentos de reparação, outras áreas podem estar sujeitas a adesivos.

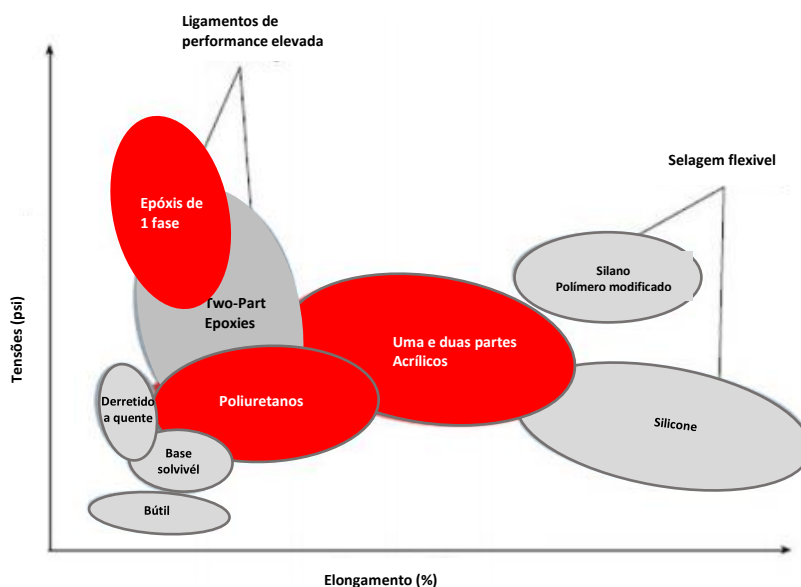


Figura 76 - Resistência ao cisalhamento adesivo vs. Tabela de alongamento. Fonte: <https://www.european-aluminium.eu/resource-hub/aluminium-automotive-manual/>

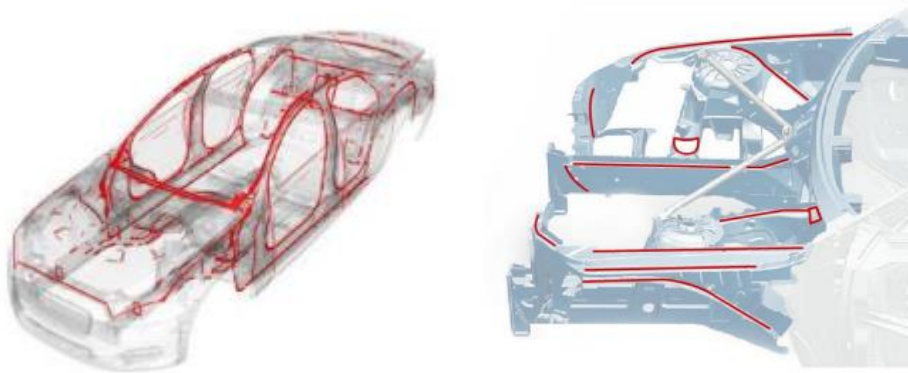


Figura 77 - Ligações adesiva Jaguar XJ e Ligação adesiva BMW série 5. Fonte: <https://www.european-aluminium.eu/resource-hub/aluminium-automotive-manual/>

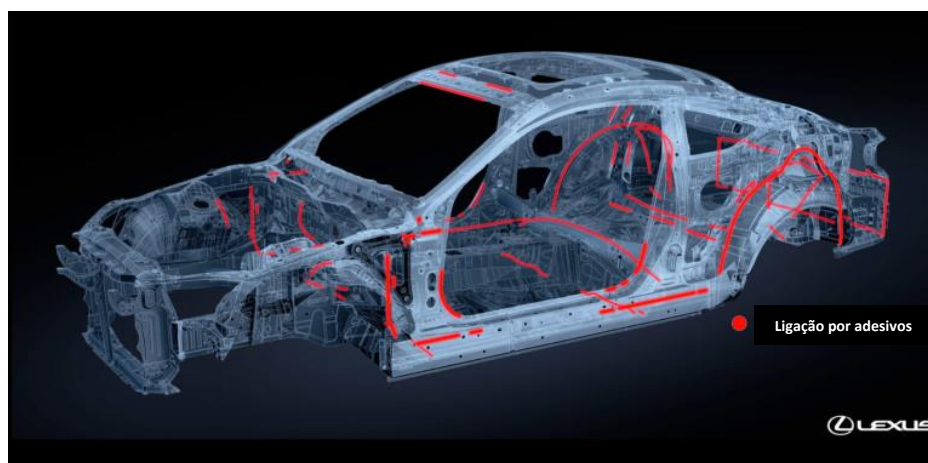


Figura 78 - Ligação adesiva Lexus RC – adesivos em vermelho. Fonte: <https://blog.lexus.co.uk/>

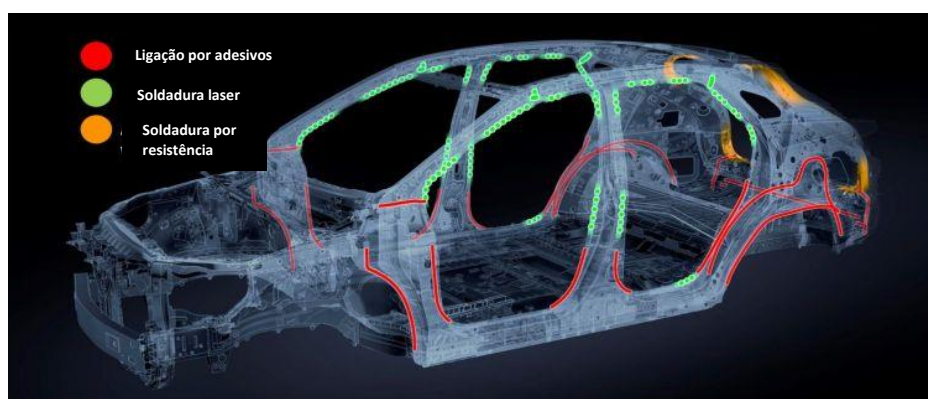


Figura 79 - Ligação adesiva Lexus RX Fonte: <https://blog.lexus.co.uk/>

2.2.3 Características dos adesivos

Em termos gerais, um adesivo é um produto que está disponível como semifluido ou em pasta, não metálico, com capacidade de unir materiais se suas superfícies forem

colocadas em contato. Após o processo de colagem, o adesivo atinge um estado sólido final, capaz de estabelecer forças de atração para resistir às tensões que tendem a produzir sua separação.

É interessante notar que as diferentes técnicas e processos de união geralmente não competem entre si, mas devem ser consideradas complementares.

Vantagens da colagem de adesivos

As ligações adesivas têm uma série de vantagens sobre outros sistemas de união, tornando seu uso numa ampla gama de aplicações particularmente atraente. Abaixo está uma lista das principais vantagens e desvantagens das ligações adesivas, que devem servir de auxílio na escolha do método de união mais adequado.

No Design:

- A principal vantagem do uso de adesivos, em oposição a outras técnicas de união, como soldadura, rebiteagem ou junções mecânicas, é uma distribuição uniforme de tensões, sem a presença de pontos de concentração que possam provocar falha prematura do material devido à fadiga.

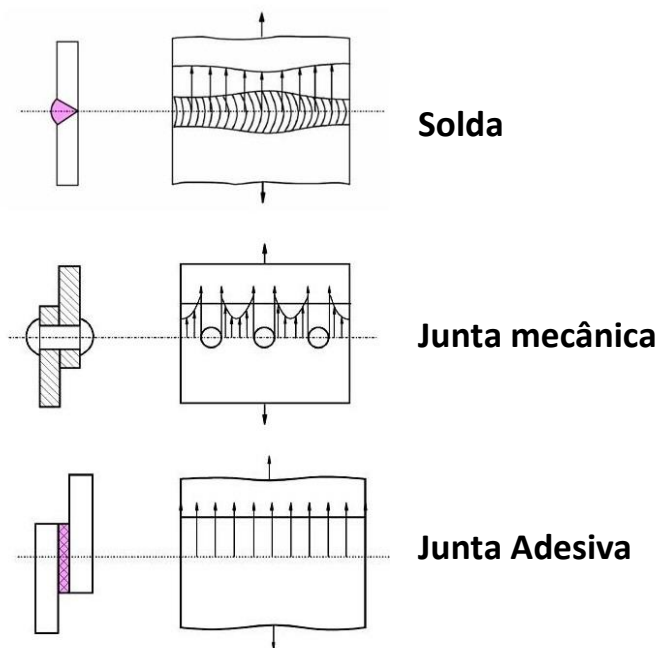


Figura 80 – Distribuição de forças. Fonte: CESVIMAP

- Os adesivos podem unir materiais de natureza diferente. Ao unir metais de diferentes propriedades eletroquímicas, a união atua como isolamento, evitando problemas de corrosão.
- Essa técnica fornece às articulações um equilíbrio adequado de rigidez e força.
- Comporta-se bem em relação à fadiga.
- Fornece juntas mais suaves, sem marcas ou irregularidades.
- Oferece estruturas mais leves, com potencial para economia de peso.
- Permite a união de materiais muito finos.

Na produção:

- Uma única operação pode combinar ligação com isolamento.
- Elimina os problemas causados pelo calor nos processos de soldadura (corrosão, alterações estruturais no material, deformações, etc..).
- Ele fornece juntas coladas muito limpas, evitando a necessidade de mais operações de acabamento ou "curativo" na junta.
- A aplicação adesiva pode ser automatizada, otimizando os tempos de operação.

No uso:

- A corrosão das juntas é reduzida.
- Comportamento em relação à fadiga é melhorado.
- A rigidez estrutural da carroçaria, a absorção de energia nas propriedades de impacto e aspereza da vibração do ruído são aprimoradas.

Limitações das ligações por adesivos

Entre as principais limitações envolvidas no uso de adesivos, estão as seguintes:

- Resistência limitada à temperatura, com a força diminuindo à medida que a temperatura aumenta. Como resultado, os adesivos não podem ser usados em juntas que serão submetidas a altas temperaturas. No entanto, os adesivos estruturais da carroçaria geralmente possuem propriedades garantidas na faixa de -30°C aos + 85°C, o que representa os extremos esperados do ambiente de direção do carro.
- O processo de colagem depende do tempo, com um período mínimo de colagem que deve ser respeitado. A junta deve ser fixada no lugar por um

gabarito ou solda por ponto ou fixador adicional até que o adesivo “cure” ou mostre uma resistência mínima para que possa ser manipulado.

- Os adesivos de polímero não são tão fortes quanto o metal. Para compensar essa falta de força, a técnica é aumentar a área da superfície de contato.
- Os parâmetros e condições necessários para obter uma boa junta colada, como pressão, temperatura e períodos de colagem, são muito precisos, pois a tolerância do processo pode ser pequena.
- Os adesivos possuem forças de cisalhamento muito altas, mas fracas quando carregadas no modo de descascamento ou clivagem, e isso deve ser levado em consideração ao projetar a junta. Por esse motivo, as juntas devem ser projetadas especificamente para uso com adesivos, e os operadores não devem adaptar outras juntas projetadas para outros sistemas de união.
- Os adesivos têm estabilidade e vida útil de armazenamento limitadas, e as datas de validade e os requisitos do ambiente de armazenamento devem ser respeitados.
- As propriedades das juntas adesivas podem mudar com o tempo devido ao envelhecimento da cola e à exposição ambiental. Esses efeitos precisam ser levados em consideração ao projetar um processo.

2.2.4 Comparação com outros métodos de ligação

Técnicas de união são aplicadas para alcançar uma série de requisitos, entre os quais os seguintes fatores são importantes:

- A natureza dos materiais a serem unidos, onde uma técnica de união apropriada deve ser selecionada, adequada às características do material.
- Necessidades estruturais, vários processos de união exibem comportamentos diferentes em diferentes modos de carregamento.
- Acessibilidade na área a ser unida, diferentes processos de junção têm requisitos geométricos e especiais específicos e, em espaços reduzidos, nem todos os processos podem ser aplicados. Da mesma forma, alguns processos requerem apenas acesso de um lado, enquanto outros exigem acesso de ambos os lados.
- Reparação ou com que frequência os elementos de união devem ser substituídos.

- Grau de liberdade no design das peças.

Normalmente, no fabrico de automóveis, falamos de montagem quando nos referimos a peças que possuem um sistema de união fixo - geralmente soldadura e de montagem quando a referência é a peças que possuem um sistema de união que permite fácil desmontagem e montagem.

Todos os sistemas de união encontrados numa carroçaria de veículos podem ser classificados em três grupos principais:

- **Juntas removíveis:** isso permite que as peças que eles juntam sejam removidas quantas vezes forem necessárias.
- **Juntas articuladas:** estes permitem uma certa liberdade de movimento entre os elementos que são montados.
- **Juntas fixas:** estes não permitem a separação dos elementos unidos depois que a junta é executada. Para removê-los, o sistema de junção teria de ser destruído, causando danos às peças unidas.

Principais sistemas de junção usados na fabricação de carroçarias de veículos	
Juntas Fixas	• Soldadura - Soldadura por pontos por resistência - Soldadura MIG / MAG - Brasagem MIG - Soldadura a laser - Rebites - Rebites cegos - Rebites auto-perfurantes. • Adesivos • Articulações dobradas ou com bainha • Clinching
Juntas Removíveis	• Juntas parafusadas • Juntas aparafusadas • Clipes e fixadores

Tabela 15 – Principais sistemas de união utilizados no fabrico de carroçarias de veículos

A soldadura a ponto por resistência é amplamente utilizada no fabrico de produtos de chapas planas de alto volume; um automóvel de aço é um bom exemplo disso. No setor automóvel, é o principal método de união há muitos anos, na medida em que uma carroçaria típica de veículo em aço realiza entre quatro e seis mil soldas por ponto de resistência.

A principal explicação para essa situação está nas vantagens que seu uso oferece, dentre as quais destacamos:

- Velocidade de operação, com menos de um segundo necessário por solda, bem como a possibilidade de automatizar todo o processo.
- Baixo nível de deformação e mudanças estruturais no material, uma vez que o aquecimento é pequeno e localizado.
- Força articular final elevada.
- Nenhuma chamada para repassar ou terminar as operações de acabamento.
- Facilidade de manuseio e baixos custos de treinamento em operações manuais.
- Fácil desmontagem subsequente.
- Maiores garantias anticorrosivas.

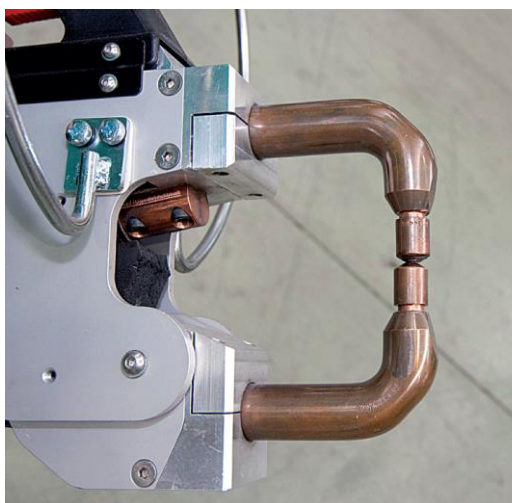


Figura 81 - Eléktodos de solda a ponto. Fonte: CESVIMAP



Figura 82 - Ensaio das características do local, submetendo-o a uma força de cisalhamento até a rutura. Fonte: CESVIMAP

Soldadura Laser

LASER significa Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação. Em outras palavras, esta é uma luz (onda eletromagnética) com características especiais.

O feixe de luz de alta intensidade carrega uma densidade muito grande de energia numa área pequena, essa energia pode ser usada para derreter o metal muito rapidamente e formar uma solda.

Os lasers podem ser usados como um sistema de acoplamento estreito, onde um robô manipula uma cabeça de soldadura, ou como um sistema remoto em que um scanner traduz o feixe a uma velocidade extremamente alta dentro de uma área definida. O processo de soldadura a laser é comumente usado em componentes de aço sem um fio de adição; esse processo é denominado soldadura a laser autógena. Um fio de enchimento pode ser usado da mesma forma que o processo MIG / MAG para aço e alumínio. Outra aplicação a laser muito comum é a brasagem a laser, onde um fio de enchimento de liga de cobre é usado para fazer juntas de acabamento cosmético muito suaves que podem ser encontradas na superfície externa de um veículo.



Figura 83 - Telhado soldado a laser. Fonte: CESVIMAP

Rebitagem

A rebitagem é uma das mais antigas técnicas de união existentes e, ao mesmo tempo, uma das mais testadas. Em geral, consiste em unir dois ou mais elementos por meio de pinos de metal. Num carro moderno, o principal processo de rebitagem é chamado rebitagem auto-perfurante, que é usada para perfurar um rebite em duas ou mais chapas de metal e incendiar o rebite numa matriz para travar a junta no lugar. Também são usados no fabrico de automóveis os rebites cegos (ou rebites pop), que são empurrados para os orifícios feitos anteriormente nas chapas a serem unidas. A formação de duas cabeças nas extremidades dos pinos mantém os elementos solidamente unidos.

O uso de rebites é um método de união muito versátil, caracterizado pelo fato de que:

- Pode ser usado em diferentes materiais; neste setor, é aplicado em aço, alumínio e plástico.
- Pode ser usado para diferentes propósitos, não apenas como um elemento de junção.
- Está disponível numa grande variedade de formas, tamanhos e acabamentos.
- O custo de produção é significativamente mais caro do que a soldadura por ponto de resistência.



Figura 84 – Rebites cegos. Fonte: CESVIMAP



Figura 85 - Rebites auto-perfurantes. Fonte: CESVIMAP

Junções dobradas ou enroladas

As juntas dos flanges da bainha são feitas de duas peças de chapa, dobrando as bordas umas nas outras uma ou mais vezes. Essas juntas são feitas, geralmente, em peças finas de aço ou metal de alumínio, com espessuras entre 0,5 e 0,9 mm.

É o sistema de junção típico para painéis de portas, que são cercados ao redor de suas bordas, combinado com um adesivo semi-estrutural para reforçar a junta.

É, portanto, uma técnica de modelagem usando deformação plástica a frio. A qualidade dos resultados e o raio mínimo de dobra dependerão de fatores como o tipo e as propriedades do material a ser dobrado, a espessura da chapa e do utensílio e os parâmetros do processo de modelagem.

Nestes tipos de juntas, a vedação hermética da junta pode ser garantida por meio de selantes de poliuretano ou epóxi adequados.

No fabrico, as operações do flange da barra são executadas numa operação simples de prensagem ou em peças mais complexas por uma série de rolos robóticos. Na reparação de veículos, os trabalhadores de chapas realizarão a bainha manualmente, com a ação combinada de um carrinho e martelo.

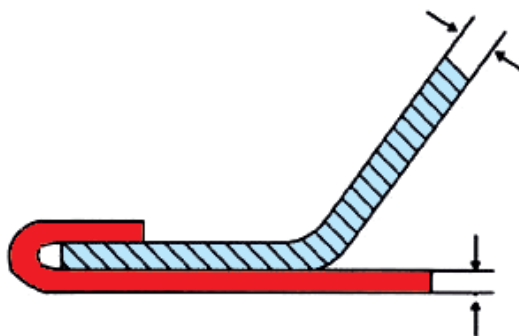


Figura 86 – Junta dobrada. Fonte: CESVIMAP

Clinching

Clinching é uma técnica para unir materiais diretamente, geralmente chapas, por meio de um processo de modelagem local, que não exige mais nenhum elemento de união.

Uma punção é aplicada aos dois pedaços de chapa a serem unidos, empurrando-os para dentro do corpo de uma matriz; os materiais deformam e queimam para criar uma junta intertravada. Isso resulta na criação de um "botão" que fecha as duas peças de chapa metálica juntas.

Essa técnica pode ser usada para chapas de alumínio, chapas de aço ou juntas de materiais múltiplos, ou seja, uma combinação de alumínio e aço.



Figuras 87 e 88 - Junta Clinching. Fonte: TWI Ltd.

Adesivos Híbridos

É uma tecnologia que possui os principais atributos de adesivos estruturais e instantâneos, criados com uma tecnologia híbrida; isso permite que reparações rápidas e duradouras sejam realizadas, bem como a junção de diferentes substratos em todos os tipos de circunstâncias. Além disso, esses adesivos oferecem soluções importantes para diferentes desafios e oferecem maior desempenho e versatilidade, garantindo um funcionamento ideal e seguro para os usuários. Entre as características mais importantes a serem destacadas, destacam-se o fato de esta tecnologia apresentar excelente resistência em condições extremas de temperatura e umidade, alta tenacidade, grande capacidade de enchimento, com tempos de endurecimento muito curtos, além de ser inodora e não inflamável, reduzindo os riscos de manuseio.



Figura 89 – Adesivos Híbridos. Fonte: CESVIMAP

Acrilato

Estes são um tipo especial de adesivos acrílicos; a “cura” é realizada por meio da reação com a umidade contida no substrato, enquanto a união é mantida sob pressão.

Entre suas principais características, destacam-se as:

- Capacidade de endurecer à temperatura ambiente, sem necessidade de catalisadores.
- Alta velocidade de execução da junção, com tempos de manipulação muito curtos.
- Ampla versatilidade, com uma grande variedade de substratos.
- Precisam apenas de uma pequena quantidade de adesivo.
- Têm a capacidade de preencher falhas soltas.
- As junções mostram baixa resistência ao impacto e à temperatura.
- Esse tipo de adesivo geralmente é adequado para colar plásticos e borrachas.

2.2.5 Testes Mecânicos

O objetivo do teste mecânico é determinar as características mecânicas, resistência, deformação da elasticidade, deformação e comportamento e confiabilidade ao longo do tempo.

Em 1979, Schliekelmann realizou um teste na comparação da resistência à fadiga de diferentes métodos de união dos mesmos tamanhos. Os resultados mostram que uma junta rebitada tolera 211.000 ciclos de vida à fadiga, uma junta rebitada e colada com adesivo elástico 420.000 ciclos, e uma junta rebitada e colada com epóxi bicomponente 1.500.000 ciclos.

Por esses motivos, os fabricantes submetem os adesivos a métodos de teste e modelos de previsão de durabilidade.

2.2.6 Aplicações técnicas de adesivos na reparação de carroçarias

De acordo com o regulamento UNE-EN 923, adesão é o estado em que duas superfícies são mantidas unidas por meio da união de superfícies e coesão é o estado

em que partículas de uma substância simples se unem por meio de forças intermoleculares. Para garantir uma junta bem-sucedida, é vital que haja contato íntimo entre o substrato e o adesivo.

Um dos requisitos necessários, embora não seja suficiente por si só, para que a adesão entre dois materiais possa ocorrer é que o material 'molhe' o outro, e isso depende da energia superficial do substrato e da tensão superficial do líquido. Se a molhabilidade de uma superfície em relação ao adesivo for boa, o adesivo se espalhará naturalmente; no caso de baixa molhabilidade, o adesivo não se espalhará e se levantará da superfície com um ângulo de borda alto.



Figura 90 - Substrato contaminado (mau molhamento), substrato limpo (bom molhamento). Fonte: CESVIMAP

A viscosidade de um fluido caracteriza sua capacidade de fluir, dependendo de sua coesão, ou seja, a resistência que suas moléculas mostram à separação e sua velocidade de movimento.

Design de uma junta

Do ponto de vista mecânico e de resistência, o uso de adesivos traz uma série de vantagens sobre juntas térmicas (soldadura) e juntas mecânicas (rebites, parafusos, ...); as juntas adesivas forneçam uma distribuição uniforme de tensões, em vez de picos locais de alta tensão, como são encontrados em soldas por pontos e rebites.

O comportamento dos adesivos depende do tipo de carga a que estão sujeitos. Em geral, as juntas adesivas são muito resistentes ao esforço de cisalhamento, compressão e tração; no entanto, sua força na casca e na clivagem pode ser muito mais fraca.

No que diz respeito ao carregamento da casca, o stress é concentrado numa pequena área na borda da junta, e ocorre sobrecarga mecânica local, a rachadura resultante se propaga facilmente através da linha da junta. Uma junta é particularmente suscetível a falhas no modo de descascamento / clivagem quando um ou mais substratos unidos são flexíveis.

No carregamento da clivagem, o stress atua num dos lados da articulação, e o restante da articulação permanece praticamente sem tensão. Geralmente, juntas com substratos rígidos são mais propensas a sofrer falhas na clivagem. Deste ponto de vista, as juntas produzidas com adesivos devem ser projetadas para serem carregadas principalmente em cisalhamento e compressão, e o design das juntas deve evitar o carregamento de peles e clivagens. Em menor grau, as forças de tração também devem ser evitadas, pois se as cargas não agirem de maneira perfeitamente axial, elas levarão a tensões de rutura.

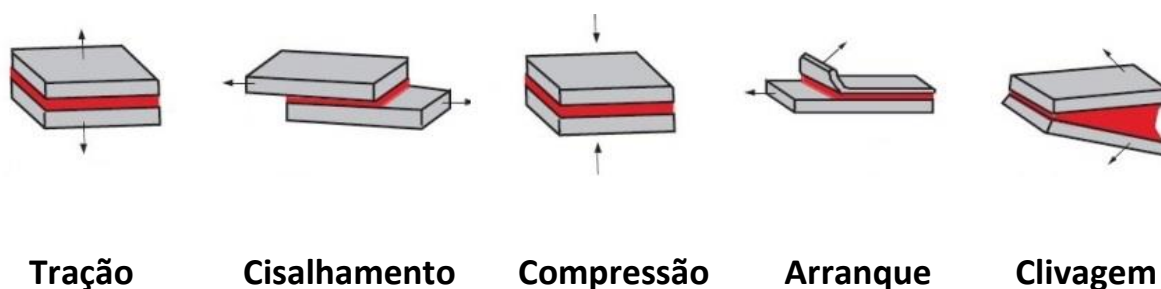


Figura 91 – Comportamento dos adesivos. Fonte: CESVIMAP

As premissas básicas no projeto de uma junta com um adesivo são:

- A força da junta, ditada por:
- ✓ A área do ligamento.

- ✓ A resistência do adesivo.
- ✓ A resistência do substrato.
- ✓ A distribuição de tensões.
- A área de junção deve ser grande o suficiente para suportar a carga à qual a junta será submetida quando colocada em serviço.
- O revestimento adesivo deve ter a espessura adequada. A força da junta diminui, em muitos casos, com maior espessura adesiva. No entanto, no caso de adesivos flexíveis ou de preenchimento de lacunas, podem ser necessárias grandes espessuras.
- O projeto da junta deve ser tal que a junta seja sujeita apenas a carga de cisalhamento e / ou compressão.

Na carroçaria de um veículo, a maioria dos componentes é feita de chapas finas de metal, os tipos de junta mais usados são as juntas empilhadas planas com áreas de flange sobrepostas. Pelo seu design, é aproveitada a facilidade que a chapa metálica (principalmente as chapas de aço macio) oferece para dobrar e curvar, e uma variedade de configurações pode ser obtida para evitar o aparecimento de forças de descamação e rasgo na junta.

Preparação da superfície do substrato

A adesão é um fenómeno superficial, em outras palavras, de contato íntimo entre adesivo e substrato. Qualquer corpo estranho causará interferências e dificultará esse contato. Por esse motivo, não preparar a superfície adequadamente levará a falhas de aderência, que normalmente se traduzem em resultados inaceitáveis.

Em geral, os objetivos buscados na preparação da superfície, como etapa anterior ao processo de adesão, são:

- Para eliminar a formação de uma "camada fraca" no substrato.
- Para maximizar o contato íntimo entre adesivo e substrato.
- Criar uma topografia específica da superfície, que aumentará o contato e servirá como ancoragem mecânica para o adesivo.
- Proteger a superfície do substrato antes da realização da operação de adesão.

O primeiro passo na preparação de superfícies será eliminar tintas ou vernizes que possam ter sido aplicados à zona a ser unida. Vestígios de óleo, graxa ou qualquer outra sujidade devem ser eliminados com um anti gorduras adequado para o adesivo a ser usado.

Acetona, tricloroetileno e percloroetileno podem ser considerados adequados, mas não devem ser usados álcool, gasolina ou solventes de verniz.

Tratamentos das superfícies
Limpeza e purificação • Escovar • Imergir
Tratamentos mecânicos • Lixar • Escovar • Jatear
Tratamentos físicos • Tocha • Plasma
Tratamentos químicos • Aplicação de promotores de adesão

Tabela 16 – Tratamentos das superfícies

No entanto, os fabricantes de adesivos geralmente possuam uma gama de produtos de limpeza para as diferentes superfícies, que são compatíveis com seus adesivos, e é aconselhável usá-los, pois, além da limpeza, eles ativam as superfícies para a colagem.

Certos materiais, antes de serem limpos com solvente, precisam de ativação da superfície com meios mecânicos (lixamento, limpeza com níquel, etc.).

A limpeza será realizada com papel de celulose embebido no limpador; a zona deve ser sempre esfregada na mesma direção e o papel deve ser trocado com frequência. Esfregar em círculos só levará a uma redistribuição da sujidade.

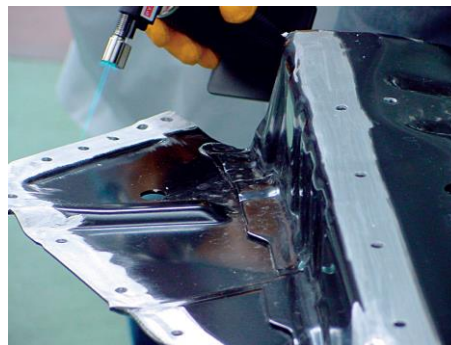
O uso de panos de limpeza não é recomendado, pois é provável que sejam reutilizados e, portanto, existe o risco de usar os sujos, o que não levará a uma limpeza eficaz.

A maioria dos fabricantes recomenda “primers” específicos para cada tipo de material a ser unido. Os “primers” têm três funções básicas:

- Funcionam como uma barreira de inibição química, que evitará que as superfícies tratadas percam as condições alcançadas; por exemplo, impedem a oxidação da superfície no caso de metais.
- Ajudam o adesivo a trabalhar não apenas através da adesão da superfície, mas também criarão uma interface química entre o substrato e o adesivo, o que melhora a adesão.
- Atuam como um protetor no caso de colagem de materiais transparentes para evitar a radiação ultravioleta da luz solar, fazendo com que certos adesivos não se deteriore.

A aplicação dos “primers” será realizada com um pincel ou uma zaragatoa e estes não devem ser reutilizados para diferentes tipos de aplicações dos “primers”.

Os tempos de secagem recomendados pelos fabricantes devem sempre ser respeitados, tanto para produtos de limpeza quanto para “primers”.



Figuras 92 e 93 - Equipamento específico para usar uma tocha numa junta e respetivo uso da mesma. Fonte: CESVIMAP

Há casos em que o fabricante pode recomendar o uso de maçarico na zona, a fim de aumentar a aderência final do produto, assim como o alumínio e o plástico derivados de poliolefinas (> PP <,> PE <e suas ligas). Existem no mercado kits específicos para esse tipo de tratamento, compostos por um pequeno maçarico a gás.

Ao trabalhar com chama direta, qualquer risco de combustão deve ser eliminado previamente.

Escolha e preparação do adesivo

Existem inúmeros adesivos e formulações no mercado, com diferentes propriedades e características, sem a necessidade de um adesivo universal para todos os tipos de aplicação.

Para escolher o adesivo certo, deve-se considerar fatores como:

- Tipos de substratos a serem unidos, uma vez que a aderência dos adesivos depende do substrato.
- Acabamento superficial das peças a serem unidas.
- Tipos de produtos, solventes, óleos ou outros contaminantes que podem estar em contato com a união.
- Temperaturas máxima e mínima que a junta suportará e se essas temperaturas serão constantes ou intermitentes. Esse fator é particularmente relevante em juntas com materiais com diferentes coeficientes térmicos, como metal-plástico; neste caso, deve ser aplicado um adesivo que seja elástico o suficiente para permitir uma boa distribuição das tensões causadas por essas temperaturas.
- A rigidez da junta e dos elementos a serem unidos condicionará parcialmente a rigidez do adesivo utilizado. A elasticidade do adesivo se adaptará à elasticidade do substrato, e adesivos rígidos não devem ser usados para unir elementos flexíveis.
- Tamanho e tipo de demanda que pode precisar ser atendida.
- Requisitos especiais, como isolamento térmico ou elétrico, prevenção de corrosão, etc.
- Se a junta for soldada por pontos através do adesivo.

De qualquer forma, para fazer uma boa escolha, as especificações definidas pelo fabricante do adesivo devem ser seguidas.

Ao usar adesivos monocomponentes, eles são fornecidos prontos para uso, sem necessidade de preparação prévia. Eles podem ser aplicados diretamente ou com uma pistola de extrusão, manual ou pneumática.

No entanto, se utilizar adesivos bicomponentes, eles devem ser misturados uniformemente e, nas proporções indicadas pelo fabricante, antes da aplicação. Essa mistura pode ser realizada de duas maneiras, automática ou manualmente.

Mistura automática

A maioria dos adesivos bicomponentes é vendida em cartuchos duplos de diferentes capacidades e com a proporção de mistura indicada no design do próprio cartucho. Os diâmetros de cada câmara têm a mesma proporção que a proporção de mistura em volume de cada composto (1:1, 2:1, 4:1...).



Figura 94 – Proporção dos produtos. Fonte: CESVIMAP

Para a aplicação, é utilizada uma pistola de extrusão específica e um tubo ou bico. Esse bocal possui uma espiral interna, que os mistura, à medida que os produtos correm ao longo da espiral durante a aplicação. Mesmo assim, é aconselhável jogar fora a parte inicial do produto liberado para garantir uma mistura homogênea.

Mistura manual

A mistura manual pode ser realizada diretamente, com uma espátula ou num recipiente, dependendo da viscosidade dos produtos. Nos dois casos, as espátulas e os recipientes devem estar completamente limpos, evitando o contato da espátula com o restante dos adesivos que ainda não foram “curados”. A dosagem correta dos produtos deve ser observada, juntamente com uma mistura homogênea.

Nos dois casos, é importante que, uma vez realizada a mistura, o tempo de aplicação seja limitado, pois a reação de “cura” começa imediatamente.

Aplicação de Adesivos

O adesivo deve estar em contato íntimo com as superfícies a serem unidas. É aplicado à temperatura ambiente, pois altas temperaturas diminuem o tempo de uso e baixas temperaturas enfraquecem a resistência do adesivo.

Os principais aspetos a serem levados em consideração na aplicação de um adesivo são a espessura do adesivo e a forma e as dimensões do cordão.

Independentemente do sistema de aplicação, uma questão a ser lembrada é a espessura da camada adesiva. A força de uma junta pode se deteriorar se a linha de união for muito grossa.

As juntas estruturais de maior resistência são obtidas com uma linha de união mais fina; no entanto, para algumas aplicações de carga de adesivos flexíveis (não estruturais), linhas de ligação mais espessas são desejadas.

- Quanto maior a quantidade de adesivo, maior a probabilidade de aparecerem bolhas de ar ou corpos estranhos que podem enfraquecer a união.
- A força necessária para deformar uma película fina é maior que a necessária para uma espessura maior.
- As tensões internas decorrentes do processo de união estão relacionadas à espessura do filme aplicado.

- Quanto mais a espessura aumenta, maior a probabilidade de o adesivo infiltrar ou cristalizar.

Portanto, é aconselhável obter linhas de união mais finas, mas ainda assim garantir que a quantidade de adesivo seja suficiente para cobrir completamente a superfície do substrato e compensar quaisquer irregularidades de forma.

Para fins informativos, a espessura máxima de aplicação da linha de união de acordo com as famílias de adesivos é:

- Cianoacrilatos: até 0.25 mm.
- Epóxi: até 3.0 mm.
- Poliuretanos: até 8 mm.

Essas espessuras são diretrizes e dependem da formulação específica de cada adesivo, o que significa que, para descobrir os dados exatos, a folha de especificações técnicas do adesivo deve ser consultada.

Em certos tipos de aplicações, a espessura final do adesivo é estabelecida pelo uso de pequenos blocos separadores que, colocados na junta, impedem que os substratos se aproximem demais.

Da mesma forma, alguns adesivos contêm esferas de vidro que atuam para separar os materiais do substrato e geram uma espessura específica da linha de ligação. Adesivos com contas de vidro são adequados para uso com rebites cegos, mas não com soldadura por pontos de resistência.

A forma do cordão que aplicamos dependerá do tipo de união a ser realizada. No caso de colagem de janelas com adesivos de poliuretano, será um cordão triangular e o bico receberá a forma correspondente.

Quando se trata de colar os painéis da carroçaria, um cordão será aplicado na forma de meia palha e com um diâmetro de cerca de 6 mm.

Dependendo de como o adesivo é administrado e qual é o seu objetivo, ele pode ser aplicado por extrusão, com um pincel ou com uma espátula.

- **Aplicação por extrusão:** quando o adesivo é preparado em cartuchos ou sacos, será aplicado por extrusão, usando a pistola e o bico mais adequados.
- **Pistolas operadas manualmente:** são melhores para aplicativos intermitentes ou pontuais; pistolas pneumáticas permitam uma aplicação contínua e um fluxo constante.
- **Aplicação por escovagem:** a escova permite que os adesivos líquidos ou de viscosidade muito baixa sejam polvilhados sobre uma superfície larga com uma espessura fina. É muito importante limpar as escovas após cada aplicação. Para isso, é preferível usar escovas duras, como as de nylon.
- **Aplicação por espátula:** a espátula é a melhor opção para adesivos densos ou espessos e pastosos; para obter espessuras mais altas.

Em muitos casos, o uso de um pincel ou uma espátula é complementar à aplicação por extrusão, servindo para espalhar o adesivo por toda a zona do metal nu.

Depois que o adesivo for aplicado e a peça colocada corretamente, deve-se garantir um contato íntimo ao longo da junta. Para isso, a pressão será exercida, espalhada uniformemente por toda a superfície, com cuidado especial no caso de colagem de vidro.

Existem diferentes métodos de aplicação de pressão, de acordo com a acessibilidade da zona:

- **Grampos autoblocantes:** Eles serão usados nos casos em que é possível colocá-los no lugar, como com presilhas, bordas das peças, etc. Vários grampos são colocados ao longo da junta, com uma distância aproximada de 10 centímetros entre cada um deles.

Nos casos em que o uso de grampos não for possível, como nas linhas de corte das secções de economia, outros métodos serão direcionados para:

- **Fixadores:** isso consiste em soldar arruelas na peça da carroçaria mais próxima da junta e rosquear os fixadores através delas, com uma geometria inclinada

para que, quando inseridos, o pé fique apoiado na articulação, exercendo a pressão necessária.

- **Anilhas:** cortada ao meio e soldada em forma de ponte ao longo da junta.
- **Aparelhos especiais:** fixado com ventosas adesivas ou eletromagnéticas.

Quando as peças são feitas de poliéster, normalmente são utilizados parafusos auto-perfurantes, presos às peças e à seguinte cinta de flange. Quando o adesivo seca, ele é removido e o oco é preenchido com resina.

“Cura” do Adesivo

A reticulação ou “cura” do adesivo deve ser entendida como o grupo de processos que ocorre desde o momento em que a mistura é produzida e a aplicação do adesivo até que ele se “cure” completamente.

A velocidade de “cura” dependerá:

- A proporção da mistura, sendo a cura mais rápida, maior a proporção de agentes de “cura”.
- A velocidade da secagem também dependerá da temperatura ambiente; temperaturas acima de 20 ° C aceleram a “cura” do adesivo. Alguns fabricantes consideram a aplicação do calor do equipamento infravermelho ou no estande de pintura para reduzir o tempo de secagem. No entanto, nesses casos, as recomendações do fabricante devem ser mantidas em mente, pois o aquecimento incorreto pode deteriorar o adesivo e resultar em perda de força na junta.
- No caso de poliuretanos monocomponentes, a secagem é realizada por absorção de umidade, o que significa que o tempo de secagem será inversamente proporcional à umidade relativa presente no ambiente circundante.

Dentro do processo de “cura”, três podem ser distinguidos:

- **Tempo de manuseio:** o tempo decorrido entre a aplicação do adesivo e o início da formação de uma pele, quando essa viscosidade é alcançada e não é possível nenhuma outra manobra. Este é o tempo que o técnico tem para lidar com a união: apresentação e ajuste da peça.

- **Tempo de solidificação para manuseio ou vida útil da mistura:** o tempo decorrido desde o início da cura até o momento em que o adesivo adquiriu solidez suficiente para poder continuar com o processo de trabalho.
- **Tempo de “cura”:** o tempo decorrido entre o início do processo de cura e o momento de sua conclusão, quando são atingidos os valores máximos de resistência mecânica.

Na prática, esses tempos são muitas vezes incompatíveis, pois, por um lado, é aconselhável que o tempo de solidez até o tempo de manuseio ou tempo de cura seja o mais curto possível, a fim de continuar o trabalho no veículo. No entanto, por outro lado, o tempo de manuseio deve ser, em certa medida, amplo, para permitir o correto posicionamento e ajuste da peça, sobretudo quando se trata de painéis grandes.

Durabilidade dos Adesivos

A deterioração e a durabilidade das juntas coladas são condicionadas pela temperatura, pelas condições ambientais e pelas cargas mecânicas que elas precisam suportar.

Para obter resistência durante sua vida útil numa junta colada, a junta deve manter uma proporção significativa de sua capacidade de carga por longos períodos, suportar as condições ambientais durante sua vida útil e garantir durabilidade para uma aplicação específica.

Os fatores que podem afetar a durabilidade de uma junção nas condições de serviço são:

- Cargas estáticas ou dinâmicas.
- Agentes ambientais (Temperatura, chuva, humidade, percentil salino...).
- Exposição UV.
- Água.
- Solventes orgânicos.
- Detergentes.

- Combustíveis e lubrificantes.

Uma das causas mais comuns de falhas nas uniões adesivas é a falta de conhecimento da força à qual a montagem será submetida.

O comportamento é muito diferente se for submetido a uma combinação de diferentes efeitos combinados, como cargas dinâmicas mais água salina e mudanças bruscas de temperatura, etc. De todos os agentes ambientais, a água é a substância que gera mais problemas na durabilidade das juntas adesivas. É também o meio mais comum ao qual a articulação se encontra sujeita. Ao hidratar o metal, o óxido é criado na superfície, levando à falha da junta. Altera irreversivelmente as propriedades do adesivo por meio de hidrólise e gera rachas ou crateras nele, atacando a interface adesivo / substrato por um processo de deslocamento do adesivo, induzindo tensões devido ao inchaço do adesivo.

A fluência é a deformação permanente de acordo com o tempo que um material sofre quando é submetido a uma carga constante; isso tem a ver com tempo, temperatura e umidade. Os efeitos mecânicos dos adesivos são afetados por grande sensibilidade às condições climáticas, sensibilidade à fluência em determinadas condições, às características do adesivo (porosidade, fissuras, falta de homogeneidade, cura deficiente) às condições ambientais (temperatura, umidade etc.), geometria da junta (distribuição de tensões) etc.

2.2.7 Informações referentes ao Adesivo e informações de segurança

Os dados e as fichas de segurança do produto constituem as informações detalhadas sobre as várias propriedades do produto, instruções de manuseio, propriedades etc. É importante estar familiarizado com eles ao trabalhar com um adesivo específico e buscar a redução dos riscos ambientais e do trabalho.

As fichas de dados de segurança dão conselhos sobre segurança, precauções e riscos do produto.

LOCTITE

Technical Data Sheet

LOCTITE® HY 4090™

July 2017

PRODUCT DESCRIPTION

LOCTITE® HY 4090™ provides the following product characteristics:

Technology	Cyanoacrylate / Epoxy Hybrid
Chemical Type (Part A)	Cyanoacrylate
Chemical Type (Part B)	Epoxy
Appearance (Comp. A)	Transparent colorless to straw colored liquid ^{1,MS}
Appearance (Comp. B)	Off-white to light yellow gel ^{1,MS}
Appearance (Mixture)	Off-white to light yellow gel
Components	Two components - requires mixing
Mix Ratio, by volume - Part A: Part B	1 : 1
Viscosity	High
Cure	Room temperature cure after mixing
Application	Bonding

LOCTITE® HY 4090™ is a two component, general purpose adhesive which provides a very fast fixture at room temperature. It is designed to bond a variety of substrates including metals, most plastics and rubbers. LOCTITE® HY 4090™ provides good temperature and moisture resistance which also makes it suitable for applications in high temperature/humidity environments. The thixotropic nature makes it suitable for applications where good gap filling properties on rough and poorly fitting surfaces are required.

TYPICAL PROPERTIES OF UNCURED MATERIAL

Part A:

Specific Gravity, g/cm ³	1.01
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP)	
Temperature: 25 °C	4,000 to 7,000 ^{1,MS}
Flash Point - See SDS	

Part B:

Specific Gravity, g/cm ³	1.06
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP)	
Temperature: 25 °C	25,000 to 40,000 ^{1,MS}
Flash Point - See SDS	

TYPICAL CURING PERFORMANCE

Curing is initiated on mixing the Part A and Part B components. Handling strength is achieved rapidly; full strength is achieved over time.

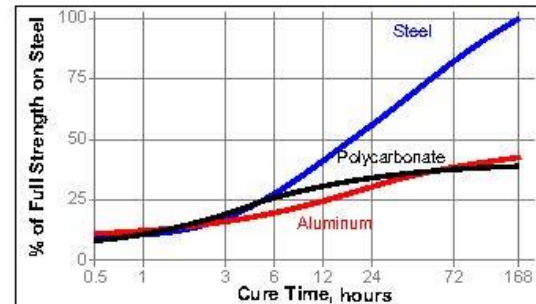
Fixture Time

Fixture time is defined as the time to develop a shear strength of 0.1 N/mm².

Fixture Time @ 25°C, seconds <180^{1,MS}

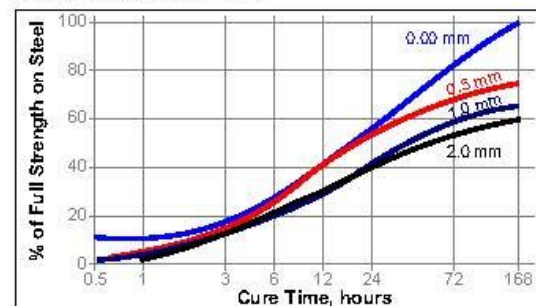
Cure Speed vs. Substrate

The rate of cure will depend on the substrate used. The graph below shows the shear strength developed with time on steel lap shears compared to different materials and tested according to ISO 4587.



Cure Speed vs. Bond Gap

The rate of cure will depend on the bondline gap. The following graph shows the shear strength developed with time on grit blasted mild steel lap shears at different controlled gaps and tested according to ISO 4587.



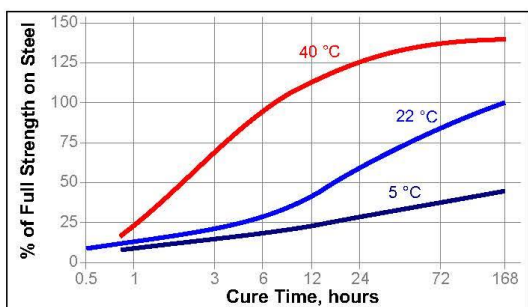
Cure Speed vs. Temperature

The rate of cure will depend on the ambient temperature. The graph below shows the shear strength developed with time at different temperatures on grit blasted mild steel lap shears and tested according to ISO 4587.



Figura 95 – Informações Técnicas. Fonte: LOCTITE

TDS LOCTITE® HY 4090™, July 2017



TYPICAL PROPERTIES OF CURED MATERIAL

Cured for 1 week @ 22 °C

Physical Properties:

Glass Transition Temperature, ISO 11359-2, °C	88
Coefficient of Thermal Expansion, ISO 11359-2 K ⁻¹ :	
Below Tg (88°C)	71×10 ⁻⁶
Above Tg (88°C)	175×10 ⁻⁶
Shore Hardness, ISO 868, Durometer D	65 to 69
Tensile Strength, at break, ISO 527-3	N/mm ² 7.1 (psi) (1,025)
Tensile Modulus, ISO 527-3	N/mm ² 565 (psi) (81,800)
Elongation, at break, ISO 527-3, %	3.6

TYPICAL PERFORMANCE OF CURED MATERIAL

Adhesive Properties

Cured for 168 hours @ 22 °C

Shear Strength, Lap Shear Strength, ISO 4587:

Steel (grit blasted)	N/mm ² 17 (psi) (2,420)
Aluminum	N/mm ² 7.6 (psi) (1,100)
Aluminum (etched)	N/mm ² 13 (psi) (1,900)
Zinc dichromate	N/mm ² 9.1 (psi) (1,320)
Stainless steel	N/mm ² 15 (psi) (2,120)
ABS	N/mm ² 5.2 (psi) (750)
Phenolic	N/mm ² 3.2 (psi) (460)
Polycarbonate	N/mm ² 6.9 (psi) (1,000)
Nitrile	N/mm ² 0.7 (psi) (100)
Wood (Oak)	N/mm ² 4.8 (psi) (700)
Epoxy	N/mm ² 9.1 (psi) (1,320)
Polyethylene	N/mm ² 0.5 (psi) (72)
Polypropylene	N/mm ² 0.6 (psi) (87)

TYPICAL ENVIRONMENTAL RESISTANCE

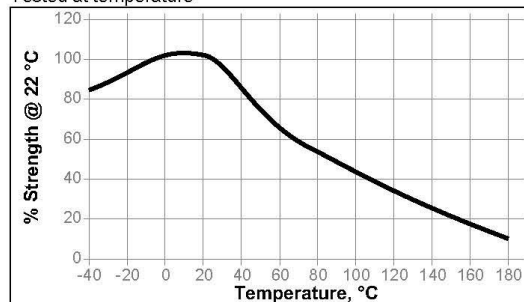
Cured for 1 week @ 22 °C

Lap Shear Strength, ISO 4587:

Steel (grit blasted)

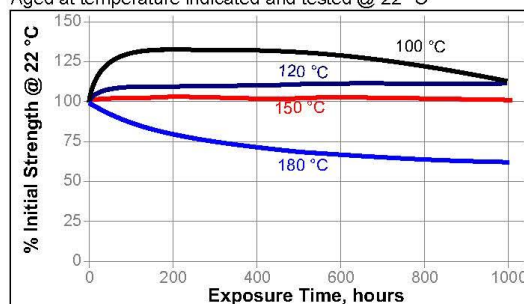
Hot Strength

Tested at temperature



Heat Aging

Aged at temperature indicated and tested @ 22 °C



Chemical/Solvent Resistance

Aged under conditions indicated and tested @ 22 °C.

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
Water	22	90	75	70
Water	60	80	55	55
Motor oil	40	120	130	130
Unleaded gasoline	22	95	100	105
Ethanol	22	85	90	90
Isopropanol	22	100	100	95
Water/glycol 50/50	87	50	5	5
98% RH	40	85	70	70
95% RH	65	95	85	65

Lap Shear Strength, ISO 4587:

Polycarbonate

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
98% RH	40	100	90	80

Henkel Americas
+860.571.5100

Henkel Europe
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: www.henkel.com/industrial

Figura 96 – Informações Técnicas. Fonte: LOCTITE



Lap Shear Strength, ISO 4587:
Aluminum

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	300 h	500 h
95% RH	65	100	95	85

GENERAL INFORMATION

This product is not recommended for use in pure oxygen and/or oxygen rich systems and should not be selected as a sealant for chlorine or other strong oxidizing materials.

For safe handling information on this product, consult the Safety Data Sheet (SDS).

Where aqueous washing systems are used to clean the surfaces before bonding, it is important to check for compatibility of the washing solution with the adhesive. In some cases these aqueous washes can affect the cure and performance of the adhesive.

Directions for use:

1. Bond areas should be clean and free from grease. Clean all surfaces with a Loctite® cleaning solvent and allow to dry.
2. To use, Part A and Part B must be blended. Product can be applied directly from dual cartridge by dispensing through the mixer head supplied.
3. **50g Dual Cartridge:** Stand dual cartridge upright for 1 minute. Keeping the cartridge in an upright position, insert it into the application gun, remove cap and expel a small amount of adhesive to be sure both sides are flowing evenly and freely. Attach the mixing nozzle.
4. **400g Dual Cartridge:** Stand dual cartridge upright for 1 minute. Remove the cartridge cap and locking ring, attach the mixing nozzle and secure with the locking ring. Load cartridge into the application gun so that the yellow label on cartridge is visible above the nozzle. Holding the application gun at a 45° angle, with the nozzle tip pointing upwards, begin dispensing the adhesive until the product reaches the nozzle tip.
NOTE: A pneumatic application gun is required to apply the product from the 400g dual cartridge at a maximum dispense pressure of 2 bar.
5. Dispense and discard a bead as long and as wide as the mixing nozzle, to ensure sufficient mixing.
6. Apply the mixed adhesive to one of the bond surfaces to be joined. Parts should be assembled immediately after the mixed adhesive has been applied.
7. Bonds should be held fixed or clamped until adhesive has fixtured.
8. Keep assembled parts from moving during cure. The bond should be allowed to develop full strength before subjecting to any service load.

Loctite Material Specification^{LMS}

LMS dated May 27, 2013 (Part A) and LMS dated June 10, 2013 (Part B). Test reports for each batch are available for the indicated properties. LMS test reports include selected QC test parameters considered appropriate to specifications for customer use. Additionally, comprehensive controls are in place to assure product quality and consistency. Special customer specification requirements may be coordinated through Henkel Loctite Quality.

Storage

Store product in the unopened container in a dry location. Storage information may be indicated on the product container labeling.

Optimal Storage: 2°C to 21°C. Storage below 2°C or greater than 21°C can adversely affect product properties. Material removed from containers may be contaminated during use. Do not return product to the original container. Henkel Corporation cannot assume responsibility for product which has been contaminated or stored under conditions other than those previously indicated. If additional information is required, please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

Conversions

(°C x 1.8) + 32 = °F
kV/mm x 25.4 = V/mil
mm / 25.4 = inches
µm / 25.4 = mil
N x 0.225 = lb
N/mm x 5.71 = lb/in
N/mm² x 145 = psi
MPa x 145 = psi
N·m x 8.851 = lb·in
N·m x 0.738 = lb·ft
N·mm x 0.142 = oz·in
mPa·s = cP

Note:

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. The product can have a variety of different applications as well as differing application and working conditions in your environment that are beyond our control. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS and Henkel France SA please additionally note the following:

In case Henkel would be nevertheless held liable, on whatever legal ground, Henkel's liability will in no event exceed the amount of the concerned delivery.

In case products are delivered by Henkel Colombiana, S.A.S. the following disclaimer is applicable:

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended

Henkel Americas
+860.571.5100

Henkel Europe
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: www.henkel.com/industrial

Figura 97 – Informações Técnicas. Fonte: LOCTITE



applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.
Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc., or Henkel Canada Corporation, the following disclaimer is applicable:

The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. We cannot assume responsibility for the results obtained by others over whose methods we have no control. It is the user's responsibility to determine suitability for the user's purpose of any production methods mentioned herein and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and of persons against any hazards that may be involved in the handling and use thereof. In light of the foregoing, **Henkel Corporation specifically disclaims all warranties expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel Corporation's products. Henkel Corporation specifically disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits.** The discussion herein of various processes or compositions is not to be interpreted as representation that they are free from domination of patents owned by others or as a license under any Henkel Corporation patents that may cover such processes or compositions. We recommend that each prospective user test his proposed application before repetitive use, using this data as a guide. This product may be covered by one or more United States or foreign patents or patent applications.

Trademark usage: [Except as otherwise noted] All trademarks in this document are trademarks and/or registered trademarks of Henkel and its affiliates in the U.S. and elsewhere.

Reference **N/A**

Henkel Americas
+860.571.5100

Henkel Europe
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: www.henkel.com/industrial

Figura 98 – Informações Técnicas. Fonte: LOCTITE

2.3 Fixadores mecânicos na reparação de carroçarias

170

Nas linhas de produção OEM, muitos componentes de alumínio são unidos pela combinação de adesivos com elementos de fixação mecânicos. O elemento mais comum usado no fabrico de veículos primários é o rebite autoperfurante (SPR). No entanto, os adesivos também são empregados em combinação com parafusos de perfuração de fluxo, parafusos formadores de rosca convencionais, rebites cegos, elementos de aderência e muito mais. Esses tipos de elementos são usados para unir uma variedade de chapas de alumínio, extrusões e peças fundidas, além de inúmeras aplicações de união de materiais diferentes.

No entanto, para a reparação da carroçaria do carro, o uso de elementos como rebites autoperfurantes e parafusos de perfuração de fluxo requer equipamentos e conhecimentos técnicos muito específicos. Para cada combinação de material, deve ser empregue um rebite, matriz e conjunto de parâmetros muito específicos, apenas o fabricante do veículo tem acesso a esses parâmetros específicos para cada junta e possui todos os equipamentos e ferramentas relevantes para aplicar a junta corretamente. Consequentemente, apenas os próprios OEMs empregam essas tecnologias para a reparação de componentes de alumínio.

O método mais comum e universalmente aplicável para reparar juntas de elementos numa estrutura de corpo de alumínio é a rebitagem cega. Em geral, ao substituir um painel, o elemento original (geralmente um rebite autoperfurante) é perfurado usando uma broca ligeiramente grande, depois um novo painel é aplicado e um rebite cego é colocado no orifício restante para executar a reparação. O processo de rebitagem cega é fácil de aplicar manualmente e funciona muito bem em combinação com adesivo para fixar os componentes de alumínio no lugar.

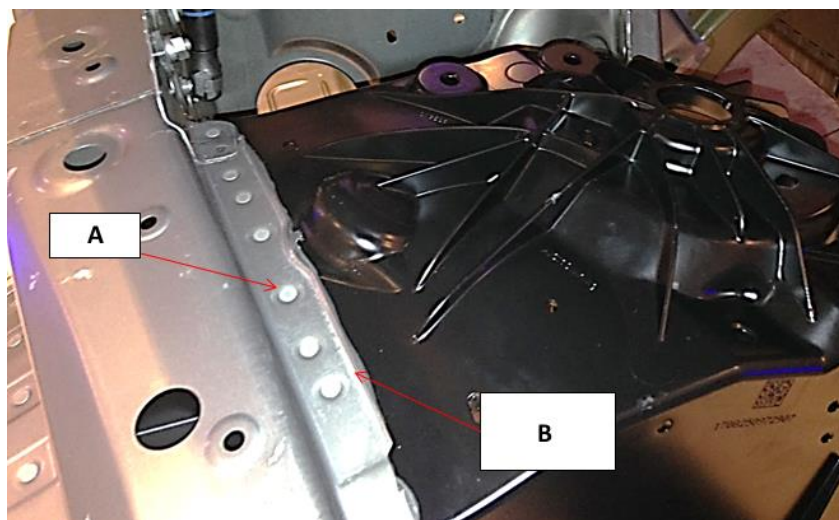


Figura 99 - SPR e adesivo estrutural numa carroçaria: A. SPR, B. Adesivo estrutural. Fonte: TWI

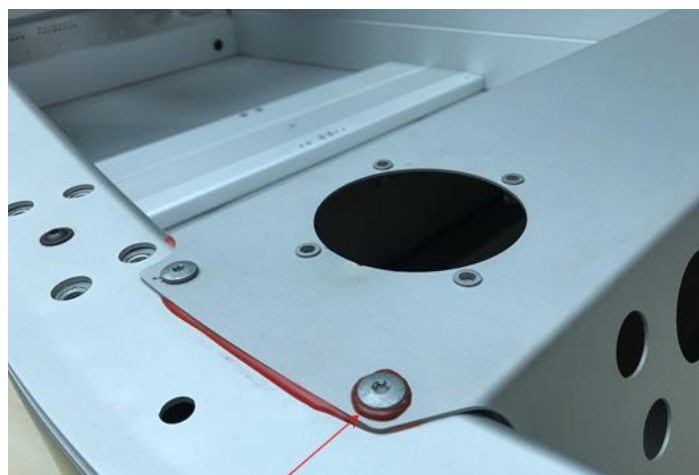


Figura 100 - Parafusos e adesivos de broca de fluxo numa carroçaria. Fonte: TWI

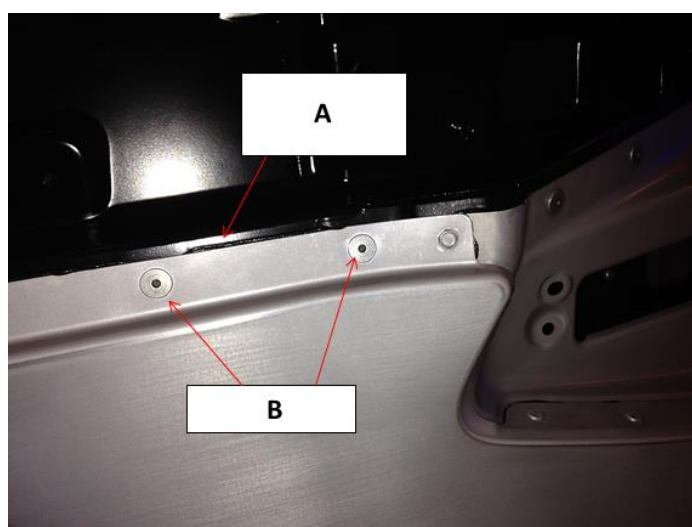


Figura 101 - A. Adesivo estrutural, B. Rebites cegos. Fonte: TWI

Alguns dos prendedores mecânicos mais comuns usados na indústria automóvel são os seguintes:

- **Fixadores de rosca:** estas juntas destacáveis requerem uma rosca correspondente e são classificadas como um parafuso, este pode ser aparafusado numa rosca (componente externo) ou no próprio orifício (componente interno). Quando usados para alumínio, esses fixadores geralmente são feitos de aço carbono revestido. O torque de aperto deve ser aplicado adequadamente para que a força de pré-carga correspondente impeça o deslizamento entre os componentes.
- **Parafusos autoperfurantes:** esses fixadores formam sua própria rosca quando são aparafusados nos orifícios pré-perfurados. Portanto, a cabeça do parafuso deve ser mais dura que o material correspondente. O alto torque de aperto e o ajuste positivo evitam o afrouxamento espontâneo do parafuso.
- **Parafusos para formação de furos e roscas:** semelhante ao anterior, mas sem pré-perfuração. Se o pré-aquecimento não for realizado, o parafuso deverá ter uma geometria tal que uma alta pressão de contato seja aplicada, levando à deformação plástica necessária. Caso contrário, ocorre um processo de formação de fluxo, onde um punção cônico que gira em alta velocidade é forçado para baixo, aquecendo a chapa de metal.
- **Parafusos e porcas de pressão:** inserções rosqueadas que são pressionadas num furo pré-perfurado numa chapa, aplicando uma força de compressão constante. Usado quando a peça a ser parafusada é mais fina que o passo da rosca do parafuso de rosca. Crie conexões de parafuso sem desgaste, capazes de suportar altas cargas em componentes de paredes finas a partir de materiais metálicos. Esses fixadores são à prova de torque, resistentes ao desgaste e capazes de suportar altas cargas.
- **Parafusos e porcas de rebites cegos:** fixadores de pastilhas com rolamentos de rosca que oferecem uma solução versátil para fixação de alta resistência quando a espessura da parede é muito pequena, o material é macio demais para suportar roscas roscadas ou quando é necessário desmontar.

Os rebites são fixadores mecânicos permanentes económicos, onde as peças a serem unidas são presas usando um rebite. Existem vários tipos de rebites, mas os mais comuns na indústria automóvel são destacados abaixo.

- **Rebite cego:** o componente de união é inserido e fechado de um lado usando apenas furos pré-perfurados. Comumente usado na indústria automóvel, em geral consiste em dois componentes, um rebite cilíndrico liso e um mandril de haste sólida com uma cabeça, que passa pelo eixo oco do rebite. Enquanto o eixo do mandril é descartado após a configuração, a cabeça do mandril geralmente permanece permanentemente fixada.

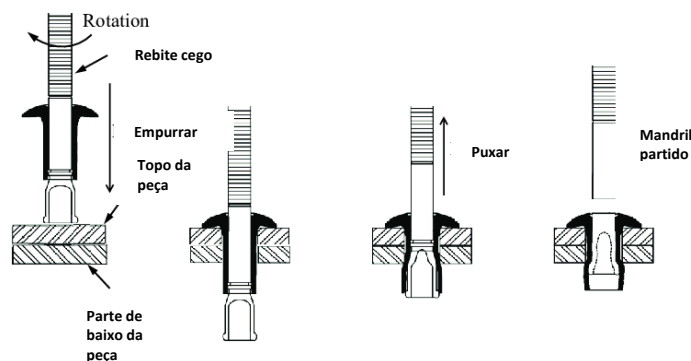


Figura 102 – Instalação de rebite cego Fonte:

<https://manufacturingscience.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=2630454>

- **Rebite autoperfurante:** um procedimento combinado de rebitagem de corte de alta velocidade, etapa única. O acesso bilateral da peça de trabalho é necessário. Na rebitagem semi-oca, um rebite semi-tubular é conduzido através das camadas superiores do material, por um punção ou uma matriz. Enquanto conduzido para a folha do lado da matriz, ele é formado plasticamente e forçado a penetrar lateralmente nesta folha pela forma especial da matriz. Assim, formando uma junta durável, onde a camada inferior atua como um bloqueio mecânico.

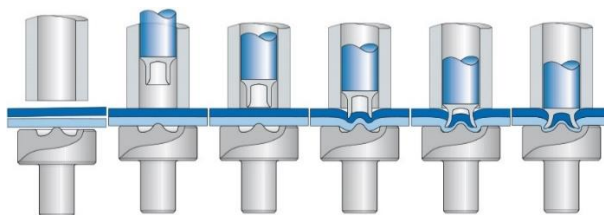


Figura 103 – Instalação rebite autoperfurante. Fonte: <http://www.weltderfertigung.de/archiv/jahrgang-2011/ausgabe-maerz-2011/4-generation-verbindet-in-der-4-dimension.php>

A rebitagem cega é uma técnica de fixação mecânica não rosqueada, usada principalmente quando o acesso à junta está disponível apenas de um lado ou quando os materiais a serem unidos não são soldáveis. O rebite é colocado num orifício pré-perfurado e geralmente possui uma forma tubular com uma cabeça num lado e um mandril com cabeça através dele. Quando o mandril é puxado para trás, a cauda do

rebite se alarga contra o lado reverso das chapas, fornecendo o atrito mecânico necessário entre o original e a cabeça recém-formada. À medida que a carga no mandril aumenta, ele quebra um entalhe logo atrás da cabeça, dentro do rebite (fechando o rebite oco), embora em alguns tipos o mandril seja puxado completamente (deixando uma abertura). O design do fixador e o modo exato de operação geralmente são proprietários.



Figura 104 – Passos da rebitagem cega. Fonte: TWI

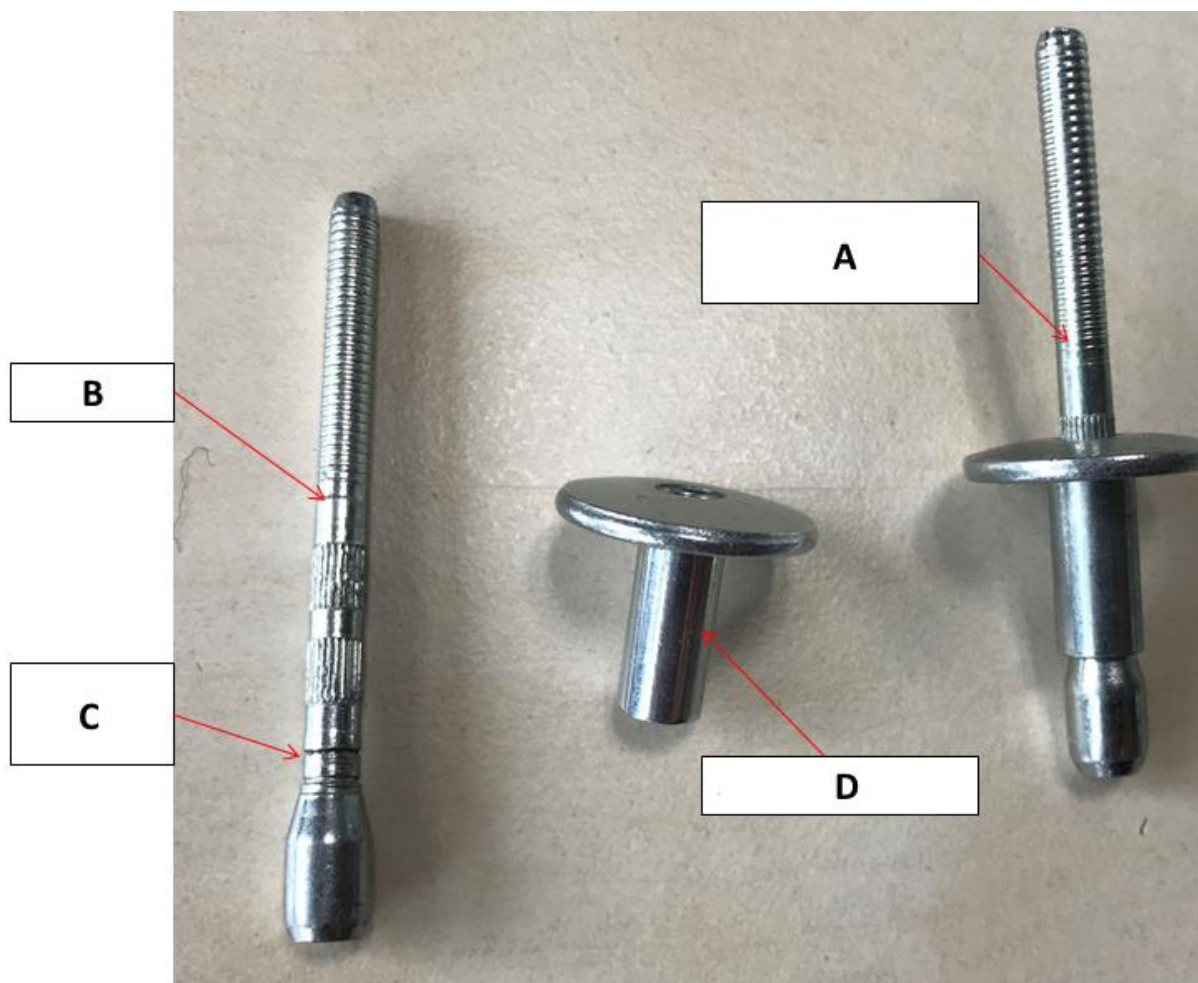


Figura 105 - Os componentes de um rebite cego. A. Rebite cego montado, B. Mandril, C. Ponto de encaixe, D. Corpo do rebite cego. Fonte: TWI



Figura 106 - Rebites cegos montados numa pilha de materiais para 3 chapas e uma secção transversal do rebite. Fonte: TWI

Existem inúmeros requisitos de qualidade para rebiteagem cega. É importante selecionar o rebite correto para a espessura da folha e o diâmetro do furo no qual deve ser aplicado. Um rebite selecionado e ajustado corretamente terá um ponto de interrupção do mandril localizado dentro da cabeça do rebite, não profundamente dentro do rebite ou acima da cabeça. O rebite deve fechar as folhas de material e a cabeça deve encaixar na folha de material superior.

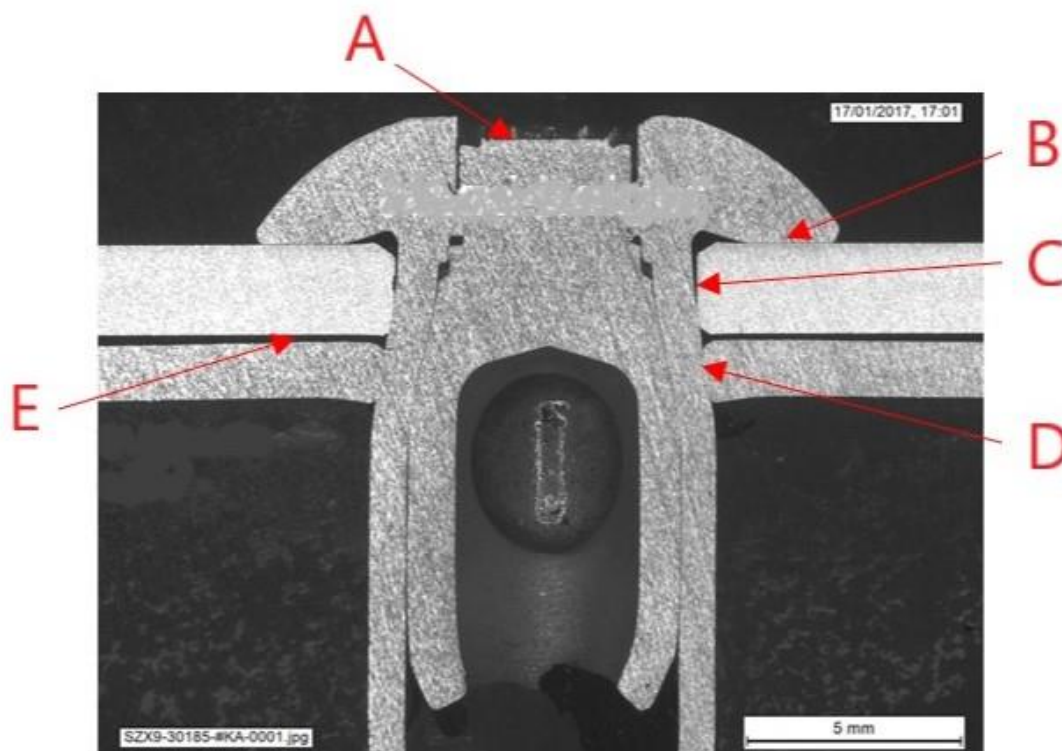


Figura 107 - Seção transversal de um rebite cego mostrando os fatores de qualidade exigidos. A. A fratura do mandril no rebite é necessária, B. A cabeça do rebite fica nivelada com a folha, C. A folga entre a cabeça do rebite e a folha superior preferencialmente fechada. Fonte: TWI

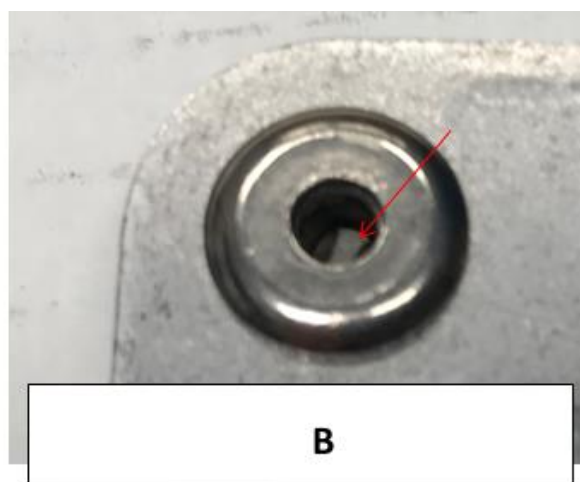
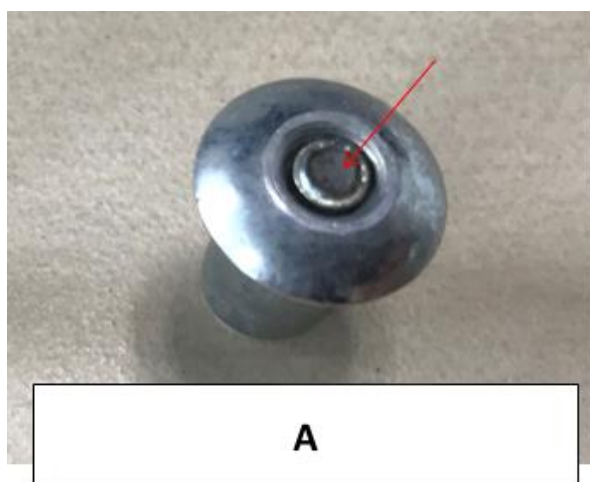


Figura 108 -Exemplos de encaixe correto do mandril na cabeça do rebite e encaixe incorreto do mandril no fundo do corpo do rebite

A. Mandril arranca na cabeça do rebite - correto, B. Mandril arranca profundamente no rebite - incorreto. Fonte: TWI

Os rebites cegos estão disponíveis em diversos formatos e tamanhos, pois são usados para diversas aplicações nos setores automóvel, aeroespacial e de manufatura em geral.

As diferentes geometrias controlam o comportamento dos rebites:

- Rebites com cabeça grande podem ser usados em furos de grandes dimensões (úteis para fins de reparação) e proporcionam maior resistência mecânica à junta.
- Rebites longos podem ser usados para juntar empilhamento de materiais mais espessos.
- Rebites com mandris largos são usados em furos maiores e possuem maior força de rutura, o que se traduz em maiores forças no fecho da junta.

Rebites cegos também estão disponíveis em diversos materiais. Geralmente, os rebites são feitos de aço carbono com revestimento de zinco, mas também estão disponíveis rebites de alumínio e aço inoxidável.

A seleção do rebite apropriado para uma junta é crítica. A espessura total da pilha de chapas deve estar dentro da faixa de prensão do rebite, o rebite deve ser adequado ao tamanho do furo no qual ele deve ser inserido. Cada tipo e material específico de rebite também possui uma especificação para sua força de fechamento (para prender as chapas) e suas forças de cisalhamento e tração. Essas forças de fechamento e forças de junta devem ser adequadas para o componente no qual o rebite está sendo colocado. Um exemplo da especificação do rebite e dos dados de desempenho fornecidos por um fabricante é dado na tabela abaixo.



Figura 109 - Uma variedade de geometrias de rebites cegos com variadas; tamanhos da cabeça, comprimentos do corpo do rebite, diâmetros do mandril e do corpo e pontos de dobragem dentro do corpo do rebite. Fonte: TWI

Exemplo de especificações de rebites e dados de desempenho, normalmente fornecidos por fabricantes de rebites cegos (observe que os dados são um exemplo e não de qualquer produto real):

Material do rebite: aço carbono, revestido de zinco			Forma da cabeça do rebite: Cúpula		
Diâmetro do buraco necessário, mm	Corpo do rebite, diâmetro x comprimento, mm	Faixa da pega, mm	Código do Rebite	Força de cisalhamento do rebite, N	Resistência à tração do rebite, N
5.1	5 x 8	2.0 – 4.0	XXXX	3100	4400
5.1	5 x 10	4.0 – 6.0	XXXX	3100	4400
5.1	5 x 12	6.0 – 8.0	XXXX	3100	4400
5.1	5 x 14	8.0 – 9.5	XXXX	3100	4400
6.1	6 x 10	2.5 – 4.5	XXXX	4400	6000
6.1	6 x 12	4.5 – 6.5	XXXX	4400	6000
6.1	6 x 14	6.5 – 8.5	XXXX	4400	6000
6.5	6.4 x 12	3.0 – 6.0	XXXX	4900	6800
6.5	6.4 x 16	6.0 – 9.0	XXXX	4900	6800
6.5	6.4 x 18	9.0 – 11.0	XXXX	4900	6800

Tabela 17 – Dados de especificação e desempenho do rebite

É importante que não apenas o rebite correto seja selecionado para a espessura da pilha de chapas e o diâmetro do furo, mas também que os furos no componente estejam alinhados corretamente. Orifícios desalinhados reduzem efetivamente a área na qual o rebite pode se expandir e pode resultar em má qualidade da junta ou, na pior das hipóteses, em nenhuma junta.

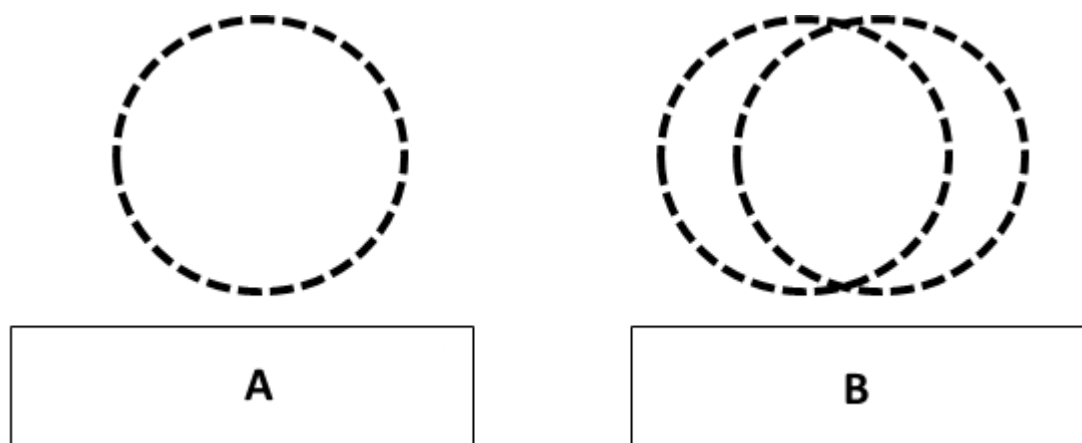


Figura 110 - Importância do alinhamento correto do furo para a configuração do rebite. A. Furos da chapa bem alinhados = boa qualidade do rebite, B. Furos da chapa desalinhados = baixa qualidade do rebite. Fonte: TWI

Ao perfurar um rebite autoperfurante (SPR) para executar a reparação com um rebite cego, é mais fácil perfurar pela face traseira do rebite (ponta do rebite), perfurar a cabeça do rebite de aço duro é mais desafiador. Normalmente, um rebite autoperfurante tem um diâmetro corporal de 5,0 mm e pode ser perfurado com uma broca de 6,5 mm de diâmetro, deixando um orifício adequado para definir um rebite cego com um diâmetro corporal de 6,4 mm. Regularmente, nos cenários de produção e reparação, é muito difícil alinhar exatamente os furos nas duas (ou em alguns casos, três) chapas de material. Por esse motivo, é prática comum produzir furos levemente maiores na chapa superior do material, o que permite que os componentes sejam montados mais facilmente. No entanto, é fundamental que a cabeça do rebite seja maior que o furo superior da chapa para garantir que uma boa junta seja formada.

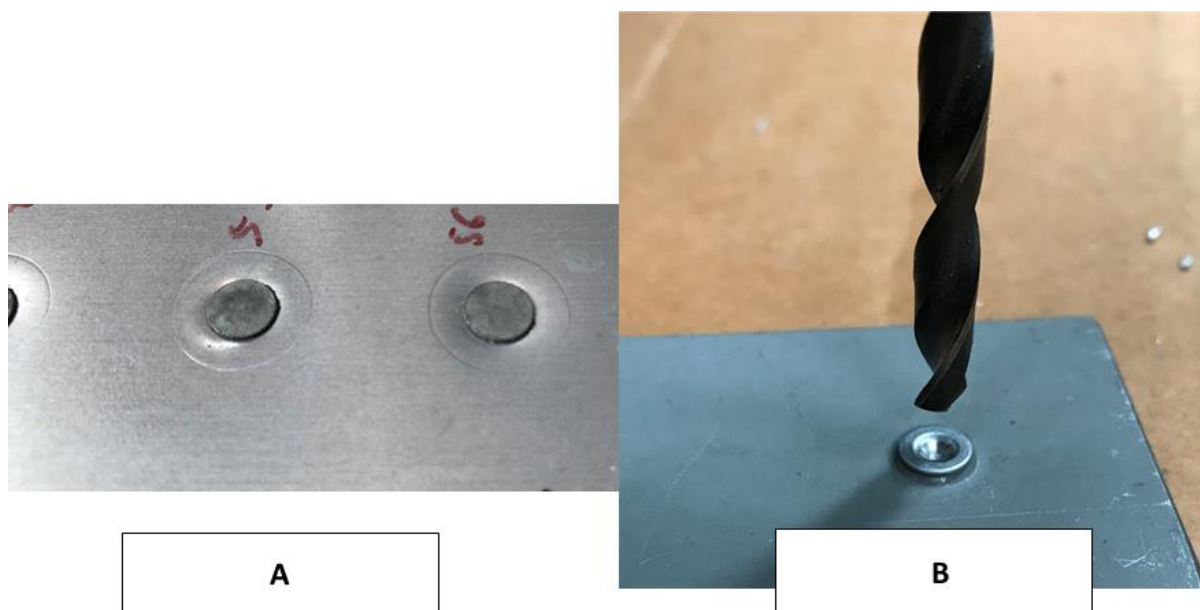


Figura 111 - Perfurar um SPR na face traseira (rebite no dedo do pé), onde o acesso permite. A. Cabeça do rebite - mais difícil de perfurar, B. dedo do pé do rebite - mais fácil de perfurar. Fonte: TWI

Ao ajustar um rebite cego, as instruções de operação específicas da ferramenta são fornecidas pelo fabricante da ferramenta. Estas instruções devem sempre ser seguidas.

Estão disponíveis vários tipos de ferramentas de rebite às cegas, desde ferramentas manuais, onde um mecanismo manual ajusta o rebite, até sistemas pneumáticos e a bateria.

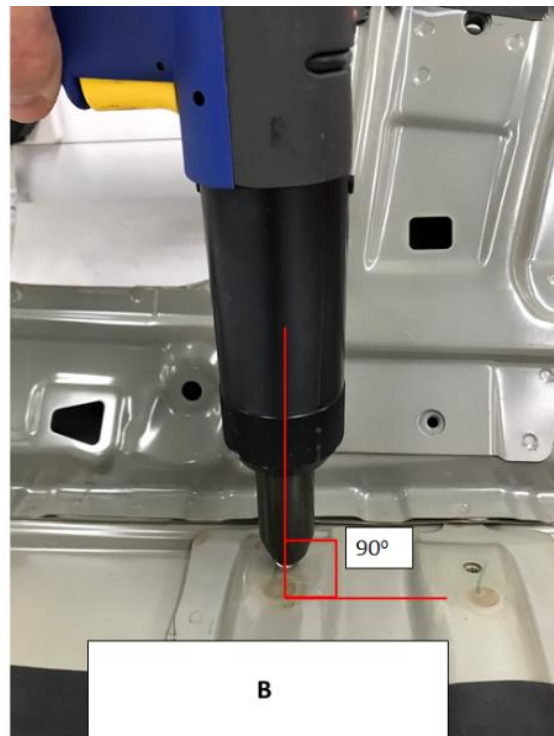
- Em cada caso, o bocal correto para cada tipo de rebite (diâmetro do mandril) deve ser instalado.
- Em seguida, o rebite é introduzido manualmente no bocal.
- Em seguida, a ferramenta de rebite e o rebite são inseridos no orifício, mantendo a ferramenta perpendicular à superfície da chapa.
- Pressão descendente é aplicada.
- Em seguida, o rebite é definido operando o gatilho de ferramentas ou o mecanismo manual.



Figura 112 – Exemplos de ferramentas de rebiteagem cega. Fonte: TWI



A



B

Figura 113 - Inserir um rebite no bocal e colocar um rebite cego perpendicular à superfície do metal. A. Inserir o rebite no bocal, B. Colocar o rebite no furo, com a ferramenta perpendicular à superfície do metal. Fonte: TWI

Ao executar reparações de componentes de alumínio com rebites e adesivos cegos, os seguintes itens são importantes:

- Perfure todos os rebites, parafusos e fixadores restantes da área de junção.
- Para preparar a peça de reposição e colocá-la na carroçaria do veículo, realizando os ajustes correspondentes para realizar furos nos quais os rebites cegos serão colocados.
- Preparar as superfícies de todas as abas nas quais o adesivo deve ser aplicado, a fim de garantir a adesão.
- Para aplicar o cordão adesivo ao longo das guias de junção. Vale a pena garantir que um cordão contínuo de adesivo rodeie os orifícios dos rebites.
- A aplicação de adesivo deve ser suficiente para cobrir todas as superfícies, mas não excessiva, resultando em expulsão e contaminação de outras partes da carroçaria.
- O painel é disponibilizado e ajustado, fixando-o com grampos autoblocantes.
- Verifique se todos os furos estão alinhados entre as superfícies superior e inferior da folha e limpe o excesso de adesivo dos furos.
- Ao definir um rebite cego, as diretrizes e procedimentos dos fornecedores de ferramentas devem ser seguidos.
- O bocal correto para o tipo de rebite deve ser instalado na ferramenta. O rebite é introduzido no bocal da ferramenta.
- A ferramenta e o rebite devem ser colocados no orifício, a ferramenta deve estar perpendicular à superfície da folha para garantir que o rebite esteja colocado corretamente.
- A força descendente deve ser aplicada.
- O gatilho da ferramenta de rebite é pressionado (ou o mecanismo é operado numa ferramenta manual), o mandril se desprende e o rebite é acionado.
- Os rebites cegos ajudam a manter a articulação imóvel enquanto ocorre a "cura" adesiva.
- Elimine os vestígios de adesivos que possam ter transbordado da junta e limpe as ferramentas e os rebites de possíveis contaminações do produto.

3º Exercício Prático

Juntas Alumínio-Alumínio por rebiteagem cega com adesivo, peça de teste chapa plana (2 horas)

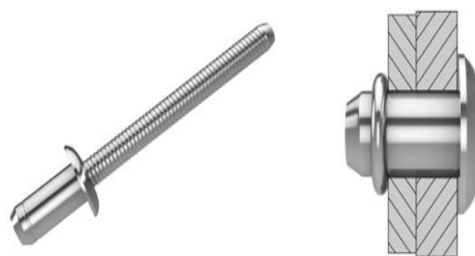


Figura 114 – Rebite cego. Fonte: TWI



Figura 115 – Adesivo estrutural. Fonte: TWI

Item	Descrição
A	150 mm (6.0 polegadas)
B	75 mm (3.0 polegadas)
C	37.5 mm (1.4 polegadas)
D	75 mm (3.0 polegadas)
E	30 mm (1.1 polegadas)
F	Rebites cegos

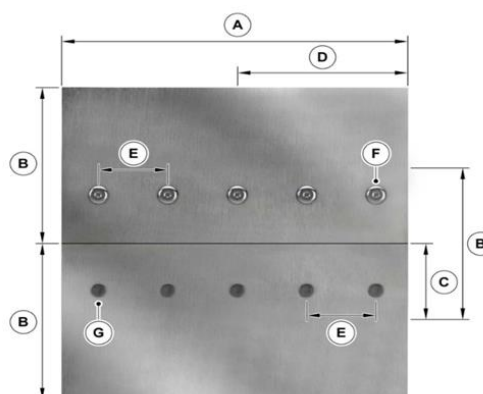


Tabela 18 – Descrições. Figura 116 – Peça teste. Fonte: TWI



Figura 117 -Grampo autoblocante. Fonte: TWI



Figura 118 -Gabarito. Fonte: TWI



Figura 119 – Broca e broca de mão. Fonte: TWI



Figura 120 – Ferramentas de rebiteagem cega. Fonte: TWI

Consumíveis
✓ KIT adesivo estrutural
✓ 4 chapas de alumínio de 100 x 70 mm (espessura de 1,0 - 3,0 mm)
✓ Produto de limpeza para superfícies recomendado pelo fabricante do adesivo estrutural
✓ Papel descartável para limpar superfícies
✓ Fita adesiva ou fita para trabalhadores de chapas
Ferramentas
✓ Pistola de aplicação de adesivos
✓ Broca
✓ Broca de 6,5 mm e broca de 7,5 mm
✓ Ferramenta de rebiteagem cega
✓ Rebites cegos Corpo com 6,4 mm de diâmetro, faixa de aderência adequada para a espessura da pilha de chapas (são necessários no mínimo 10 rebites cegos)
✓ Grampos autoblocantes
✓ Gabaritos
Saúde e Segurança
Uso: roupa de trabalho, luvas de borracha ou plástico impermeável, óculos de proteção.
Devem ser tomadas medidas para evitar que materiais não curados entrem em contato com a pele, pois pessoas com peles especialmente sensíveis podem ser afetadas.
Normalmente, é necessário o uso de luvas de borracha ou plástico impermeável, bem como o uso de proteção para os olhos.
A pele deve ser limpa com água morna e sabão ao final de cada período de trabalho. Evite o uso de solventes na pele.
Papel descartável deve ser usado para secar a pele, e não toalhas de pano.
Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.
Siga os procedimentos de trabalho para perfuração.
Siga procedimentos de trabalho seguros para aplicação de rebites cegos, use as instruções dos operadores para operação da ferramenta de rebiteagem.

Processo do trabalho**Preparar a peça de teste**

Prepare a peça de teste conforme indicado

Fazer os furos

1. Posicione as chapas de alumínio conforme mostrado no diagrama, com a sobreposição correta de 35 mm,
2. Prenda as chapas de alumínio a uma bancada de trabalho ou mesa de perfuração adequada,
3. Verifique se há uma área aberta ou bloco de madeira sob a área a ser perfurada,
4. Faça os furos em 3 chapas com uma broca de 6,5 mm,
5. Faça os furos em 1 chapa com uma broca de 7,5 mm.

Especificações de segurança do adesivo estrutural

Leia as especificações de segurança do produto e observe o kit de segurança que a pessoa que aplica o produto deve usar.

Folha de especificações técnicas do produto

Leia as especificações técnicas do adesivo estrutural e anote o procedimento de aplicação e os tempos de manuseio e secagem.

Verifique a data de validade do produto

Verifique o prazo de validade do produto e descarte-o se já tiver passado da data.

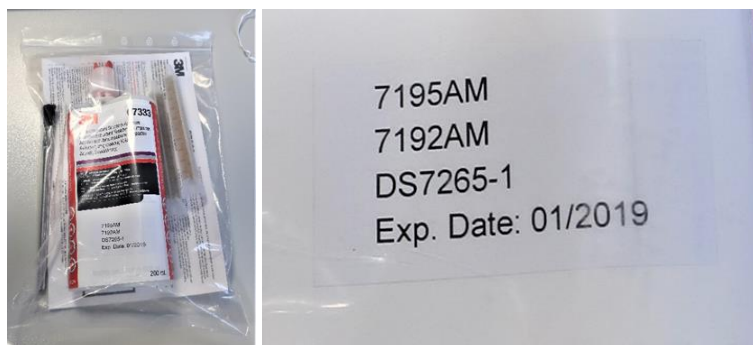


Figura 121 – Data de validade. Fonte: CESVIMAP

Cordão de teste

Um cordão de teste deve ser realizado assim que o produto tiver sido adequadamente preparado, de acordo com as instruções de uso do fabricante. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Isso deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Depois que o ciclo de secagem indicado estiver concluído (15 minutos a uma temperatura de 80 ° C ou à temperatura ambiente por 24 horas), o técnico da carroçaria poderá observar a cor do cordão e realizar um teste de toque para garantir que o produto secou e é firme.

Pré-tratamento - Preparação do substrato

As superfícies a serem unidas devem ser previamente limpas com um bom agente anti gorduras, em especial o recomendado nas especificações do fabricante, a fim de eliminar qualquer vestígio de

óleo, graxa ou sujeidade. Álcoois de baixo grau, gasolina ou solventes de tinta nunca devem ser usados como agentes anti gorduras.

As junções mais fortes são obtidas após da exposição das superfícies, já desengorduradas, a tratamentos mecânicos de abrasão ou tratamentos químicos de decapagem. Um tratamento de abrasão mecânica envolveria um novo processo de desengorduramento após este tratamento.

Aplicação do adesivo

A mistura de resina e endurecedor deve ser aplicada diretamente ou com uma espátula nas superfícies secas e pré-tratadas.

Uma camada de adesivo com uma espessura de 1 mm em cada superfície a ser unida fornecerá a força mecânica máxima para a união. As superfícies a serem unidas devem ser posicionadas numa posição fixa e definitiva após a aplicação do adesivo.

Coloque dois grampos de pressão no lugar, um de cada lado da junta, durante todo o processo de secagem.

Fixação dos rebites cegos - Parte A, orifícios de 6,5 mm nas chapas superior e inferior

1. Verifique se os orifícios estão alinhados corretamente nas peças teste (os orifícios superior e inferior têm 6,5 mm de diâmetro),
2. Limpe qualquer excesso de adesivo que sai dos orifícios,
3. Siga os procedimentos de operação dos fabricantes de ferramentas de rebites,
4. Insira um rebite na ferramenta,
5. Coloque a ferramenta e rebite no furo, verifique se a ferramenta é perpendicular,
6. Aplique força para baixo,
7. O gatilho da ferramenta de rebite é pressionado (ou mecanismo operado numa ferramenta manual), o mandril se solta e o rebite é acionado,
8. Verifique se a cauda do rebite prendeu corretamente a folha inferior, verifique se a cabeça do rebite está nivelada com a folha superior, verifique se o mandril se soltou na posição correta dentro da cabeça do rebite.

Ajuste dos rebites cegos, furo de 7,5 mm na chapa superior, furo de 6,5 mm na chapa inferior

1. Verifique se os orifícios estão alinhados corretamente nas peças teste (orifícios inferiores têm 6,5 mm de diâmetro; orifícios superiores têm 7,5 mm de diâmetro),
2. Limpe qualquer excesso de adesivo que sai dos orifícios,
3. Siga os procedimentos de operação dos fabricantes de ferramentas de rebites,
4. Insira um rebite na ferramenta,
5. Coloque a ferramenta e rebite no furo, verifique se a ferramenta é perpendicular,
6. Aplique força para baixo,
7. O gatilho da ferramenta de rebite é pressionado (ou mecanismo operado numa ferramenta manual), o mandril se solta e o rebite é acionado,
8. Verifique se a cauda do rebite prendeu corretamente a chapa inferior, verifique se a cabeça do rebite está nivelada com a folha superior, verifique se o mandril se soltou na posição correta dentro da cabeça do rebite.

Manutenção das ferramentas

Todas as ferramentas podem ser limpas com água quente e sabão antes da “cura” do adesivo. A eliminação do resíduo do adesivo, uma vez “curada”, é difícil e leva tempo. Se forem utilizados solventes como acetona para a limpeza, as medidas de proteção necessárias devem ser tomadas e o contato com os olhos e a pele deve ser evitado.

2.4 Juntas híbridas na ligação por adesivos

2.4.1. Colagem adesiva e soldadura por ponto de resistência

A técnica de união de solda adesiva combina o uso de adesivos com a soldadura por ponto de resistência e é normalmente chamada de colagem-solda.

A eficácia da junta é muito maior do que quando é estabelecida por qualquer um dos sistemas individualmente. Uma junta combinada melhora a distribuição das tensões e a possibilidade de minimizar os problemas de fadiga, além de permitir que o adesivo seja fixado no lugar até “curar”.

As duas técnicas mais frequentemente utilizadas são adesivas-soldadura por pontos, comumente denominadas colagem-solda e rebitagem adesiva, comumente conhecidas como colagem-rebites; o primeiro é mais comum em carroçarias de veículos de aço e o segundo em carroçarias de alumínio.

Muitos componentes num veículo de aço são soldados por meio de um adesivo na linha de produção original do OEM. A maioria dos adesivos e selantes de epóxi usados em aplicações de carroçarias de carros são soldáveis por pontos. A ordem usual do processo na linha de montagem da carroçaria é:

- Posicionamento inicial do painel.
- Aplicação de adesivo do sistema de distribuição.
- Posicionamento do segundo (e às vezes terceiro) painel.
- Solda a ponto aplicada.

A força do eletrodo quando a solda a ponto através de um adesivo deve ser suficiente para deslocar o adesivo sob o eletrodo, nas instalações de soldadura de carroçarias de

automóveis, são usadas forças maiores que 2kN (2000N ou 200kg). A formulação adesiva flui para fora da área sob o elétrodo e permite que a corrente passe.

A passagem da corrente derrete o aço e queima localmente quaisquer resíduos restantes do adesivo. Os gases liberados pelo epóxi queimado podem ser tóxicos, pelo que podem ser utilizados sistemas de extração.

Em geral, poucas alterações no programa de soldadura a ponto são necessárias para a soldadura através de um adesivo epóxi. No entanto, se houver dificuldades em obter uma solda a ponto de qualidade adequada através de um adesivo, as seguintes ações podem ser tomadas:

- Aumentar a força de soldadura: Isso ajuda a comprimir o adesivo, permitindo que a corrente de soldadura flua normalmente entre as chapas de aço.
- Aumente o tempo de compressão: Isso permite um pouco mais de tempo para espremer o adesivo antes da soldadura (tempo de solda).
- Aumente o tempo de solda: um tempo de solda mais longo permite uma taxa mais suave de crescimento da solda, que pode ser mais estável que o crescimento rápido num curto período.
- Reduza a corrente de soldadura: se espirrar ou expulsar for um problema ao soldar através de um adesivo, o uso de uma corrente mais baixa (geralmente em combinação com maior força e tempo de solda) pode estabilizar o crescimento da solda sem sobreaquecer.
- Use uma corrente de pré-pulso: Alguns equipamentos de soldadura têm a possibilidade de programar uma corrente de 'pré-pulso', que é um pulso inicial de baixa corrente, que pode ser usada para aquecer e amaciar as placas de material e aquecer o adesivo para ajudá-lo a fluir da área da junta antes que o pulso principal da corrente de soldadura seja aplicado.

É muito importante observar que adesivos contendo esferas de vidro não são adequados para soldadura a ponto.

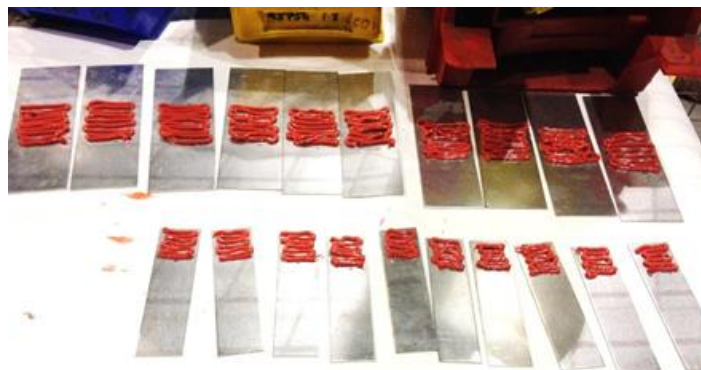


Figura 122- Preparação de amostras pequenas para ligação por solda a ponto, ensaios de desenvolvimento de parâmetros.

Fonte: TWI

Ao soldar por um adesivo, os seguintes itens são importantes:

- Verifique se, com os elétrodos disponíveis na máquina de solda, é possível alcançar a área do veículo a ser soldado e pode alcançar facilmente os flanges num ângulo perpendicular.
- Uma quantidade suficiente de adesivo é aplicada nas abas a serem unidas, espalhando-as, se necessário, com o auxílio de uma espátula. A aplicação de adesivo deve ser suficiente para cobrir todas as superfícies. A aplicação excessiva de adesivo resultará em expulsão de adesivo e contaminação de outras partes da carroçaria.
- O painel é disponibilizado e ajustado, colocando-o no lugar com grampos autoblocantes.
- Com a ajuda de uma espátula, remova qualquer excesso de adesivo que possa ter transbordado para fora da área da articulação.
- Depois disso, a solda é realizada dentro do tempo de manuseio do adesivo. É muito importante que o adesivo não comece a curar antes da soldadura, pois isso significa que uma solda bem-sucedida não pode ser feita.
- Se o equipamento de soldadura tiver uma função de pré-aquecimento, a aplicação de um pulso de aquecimento de baixa corrente curto antes do pulso de soldadura principal pode ajudar a deslocar o adesivo, permitindo uma solda de melhor qualidade.
- É importante que o adesivo não contamine a ponta do eletrodo, pois isso resultará em queima da superfície e superaquecimento da solda.

Nome do operador: Data: Máquina de solda: Normas / procedimentos seguidos: Veículo / componente:					Material 1: Material 2: Material 3:	
Detalhes do eletrodo Refrigeração a água Dimensões da peça de teste: Passo da solda: Adesivo usado: Data de validade do adesivo:					Tempo de compressão: Tempo de solda: Tempo de espera: Força / pressão do eletrodo: Força do transformador:	
Solda Nº	Corrente (kA ou calor %)	Diâmetro da solda d1 (mm)	Diâmetro da solda d2 (mm)	Diâmetro médio d1+d2/2 (mm)	Respingo de solda (expulsão)	Comentários e observações

Tabela 19- Exemplo de folha de dados de soldadora por resistência

2.4.2 Controlo de qualidade

Processo para garantir controlo de qualidade e inspeção de junção (testes não destrutivos, como inspeção visual)

Existe uma variedade de falhas possíveis em juntas adesivas, rachas, fissuras, descontinuidades etc, devido principalmente a erros que ocorrem durante o pré-tratamento da superfície. Depois da junta ter sido projetada e o adesivo aplicado, existem vários métodos de controlo para verificar a qualidade final, como ultrassom, raios-x, sinal acústico, inspeção térmica ou infravermelha e termográfica, qualidade do selo etc. A inspeção visual é a técnica mais utilizada nos processos de colagem da carroçaria.

Na reparação de carroçarias de automóveis onde o adesivo está envolvido, deve-se verificar a área colada para ver se:

- O adesivo cobre adequadamente todas as superfícies a serem unidas sem deixar nenhuma superfície livre de adesivo.
- A "cura" do adesivo foi aplicada corretamente.

Para garantir que esses dois parâmetros estejam corretos, as seguintes verificações devem ser realizadas:

1. Após a realização de uma ligação adesiva em combinação com a soldadura por rebite ou por resistência, é necessário verificar se o adesivo transborda por toda a área de união do adesivo.
 - a. Um fabricante de veículos indicará no manual da oficina para o veículo que adesivo excedente ou transbordante deve ser removido da junta com os consumíveis recomendados. Apesar desse aviso, é muito importante que o adesivo transborde ao longo da junção, pois isso será um sinal de que o adesivo atingiu todas as superfícies a serem unidas. A dosagem correta durante a aplicação do adesivo é importante.
2. "Cura" do cordão de teste
 - a. Antes de aplicar o adesivo nas superfícies a serem unidas, é importante realizar um teste de "cura" que atenda às seguintes características e procedimentos de desempenho:
 - i. Depois doo cartucho adesivo estrutural ter sido preparado e os componentes do adesivo terem sido empurrados para fora através do bocal do cartucho, o bocal de mistura é colocado no lugar e é produzida uma esfera de teste de cura num substrato descartável. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Ele deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Em outras palavras, se a junta for deixada secar ao ar, a esfera de teste será deixada secar ao ar e se a junta for seca forçando a secagem por meio de calor, a esfera de teste deverá

ser colocada no veículo e sujeita à mesma condições de cura pela temperatura conforme o veículo.

- ii. Depois de seco e curado, o técnico de reparação da carroçaria poderá observar a cor do cordão (consulte as indicações do fabricante dos adesivos) e realizar um teste de toque para garantir que o produto tenha secado e esteja firme.

Procedimentos de trabalho

Os processos de trabalho utilizados regularmente na reparação da carroçaria são: substituição de janelas coladas, substituição das peças metálicas da carroçaria, reparações de plásticos, colagem de peças pequenas, etc.

Substituição de peças metálicas da carroçaria

Na reparação de veículos danificados por acidentes, é muito comum substituir um ou mais dos componentes que compõem a carroçaria do veículo. Essas operações envolvem, em certas ocasiões, trabalho trabalhoso e manipulações significativas de zonas da carroçaria, excessivamente desproporcionais em relação ao tamanho dos danos que precisam ser reparados.

A substituição da carroçaria por secções parciais é operações executadas por todos os fabricantes de automóveis; ao executá-los, é possível preservar ao máximo o desempenho original do veículo, mantendo, tanto quanto possível, as articulações criadas durante o fabrico.

Entre as principais propriedades da ligação adesiva estão sua adequação para unir materiais diferentes, uma vez que essas juntas não alteram ou deformam folhas finas de metais, como é o caso da soldadura. Eles também selam as articulações e distribuem as forças uniformemente. A substituição de um telhado na maioria dos casos tem apenas uma alternativa, por meio de adesivo.

Quando se trata de colar uma parte da outra, as partes precisam receber tratamento prévio, a fim de aumentar a adesão.

Antes de tudo, qualquer resíduo de pintura, cera ou adesivo que possa existir deve ser eliminado.



Figura 123 –Lixar. Fonte: CESVIMAP

Em seguida, as superfícies a serem unidas são lixadas, usando grãos P80 ou P100, somente quando necessário; nas peças que possuem revestimento de zinco original, isso não é necessário porque elas têm boa aderência.

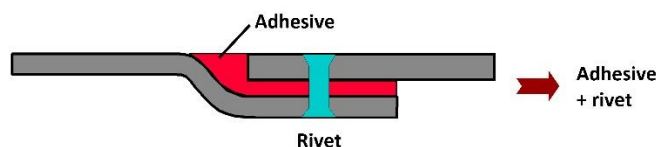


Figura 124 – Junção sobreposta híbrida. Fonte: CESVIMAP

O design da junta depende da geometria da peça; na carroçaria, a junta mais comum é a junta sobreposta, que pode ser executada com um dispositivo de sobreposição manual ou pneumático.

Depois de lixada, a superfície é desengordurada com solventes específicos ou acetona.



Figura 125 – Desengorduramento. Fonte: CESVISMAP

Os tratamentos de superfície a serem realizados dependerão das instruções do fabricante do adesivo; quando a aplicação de “primer” é recomendada, uma camada fina é aplicada na carroçaria e na peça de reposição, nos casos em que a limpeza não é suficiente.



Figura 126 – Aplicação de tratamento de superfície. Fonte: CESVISMAP

Novas peças de reposição não precisam ser tratadas, pois a cola adere perfeitamente à superfície; a superfície só precisa ser limpa e, se o fabricante do adesivo recomendar, aplique o “primer”.



Figura 127 – Aplicação. Fonte: CESVISMAP

A aplicação deve ser realizada com um cordão adesivo de 3,5 mm, a fim de espalhá-lo por toda a junta com uma espátula ou escova para garantir a proteção anticorrosiva, fixando as peças num período máximo de 30 minutos (ou tempo de abertura específico na folha de dados adesiva). Se a cola fluir através da junta ao longo de todo o seu comprimento, isso significa que cola suficiente foi usada e o excedente deve ser removido em qualquer caso.



Figura 128 – Fixação. Fonte: CESVISMAP

A peça deve ser fixada imobilizada até o adesivo endurecer completamente; na zona de uma junta de sobreposição, são utilizados parafusos e porcas, braçadeiras de pressão para permitir a colocação de rebites cegos.



Figuras 129, 130 e 131 – Aplicação. Fonte: CESVISMAP

No arco da roda, a aba é dobrada antes que o adesivo endureça

197



Figura 132 – Dobras. Fonte: CESVIMAP

O tempo de cura do adesivo varia entre 8/12 horas, de acordo com o fabricante e a temperatura ambiente, e o processo pode ser acelerado por meio da aplicação de calor. Depois que o adesivo está seco, a junta é lixada, eliminando o excesso de adesivo e, quando necessário, uma massa de acabamento é aplicada.



Figura 133 –Lixar. Fonte: CESVIMAP

A lixa final deixa a carroçaria pronta para a pintura do veículo.



Figura 134 – Depois de lixar. Depois de pintar. Fonte: CESVIMAP

Remoção de juntas coladas

O método geral consiste em cortar a cola com lâminas ou por meio de espátulas. Alguns adesivos amolecem com a aplicação de calor, facilitando a operação acima mencionada porque a junta fica menos forte.

2.4.3 Saúde, Segurança e Segurança Ambiental

Os principais riscos que um operador pode encontrar na aplicação de adesivos são devidos, basicamente, a contaminantes de um tipo químico, diretamente relacionados aos produtos utilizados. Estes podem aparecer na forma de gases e vapores ou na forma de líquidos, e seus principais caminhos de entrada no corpo humano são as vias respiratórias e através da pele.

Certos produtos utilizados como agentes de “cura” de resinas epóxi contêm aminas alifáticas, que causam irritação na pele, olhos e vias respiratórias e podem até causar asma.

Os poliuretanos são compostos, em grande parte, de isocianatos, que causam sensibilidade mucosa e, em menor grau, irritação cutânea e sensibilidade cutânea.

A volatilidade de certos isocianatos aumenta com a reação de polimerização.

- Aplique os produtos em locais equipados com boa ventilação.
- Não execute reparações perto de chamas ou corpos incandescentes, pois certos produtos são inflamáveis.
- Não fume durante as aplicações.
- Evite colocar os produtos em contato com a pele ou os olhos; para evitar isso, serão usados óculos de segurança e luvas adequadas.
- As vias respiratórias deverão ser protegidas da inalação de vapores ou gases, usando máscaras adequadas para cada uso.

As medidas de proteção e segurança a serem usadas na substituição do vidro do veículo são:

- O risco de cortes com vidro ou com as ferramentas deve ser evitado pelo uso de luvas de trabalho.
- O tratamento de resíduos deve atender à regulamentação estabelecida em cada país e seguir as recomendações do fabricante do adesivo.

Controlo de qualidade da junta adesiva

A qualidade das juntas adesivas é estabelecida por regulamentos (EN-UNE, ASTM, ISO e regulamentos internos dos fabricantes de adesivos). Estes regulamentos são acordos documentados; eles contêm especificações técnicas usadas como regras para criar linhas de ação, definição de características, para garantir que a junta seja adequada à finalidade e padronizada.

Esses regulamentos realizam ensaios mecânicos para obter dados para o projeto, comparar ou otimizar juntas, geometria da junta, tratamento de superfície, cura, processamento, formulação dos adesivos, etc. Para medir o modo de carregamento: descascamento, cisalhamento, etc, a forma do carregamento: impacto, fluência, fadiga, etc, condições de serviço: temperatura, humidade, etc.

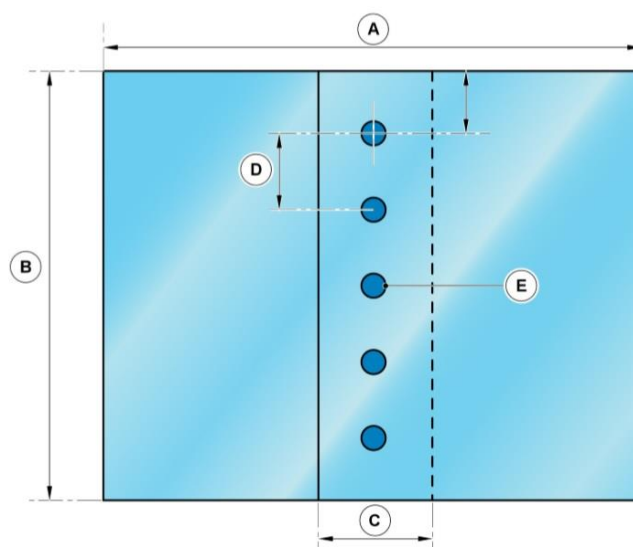
4º Exercício Prático

Juntas híbridas aço-aço: Soldadura de resistência + adesivo estrutural na peça de teste

(3 horas)



Figura 135 - Adesivo estrutural. Fonte: CESVIMAP



Item	Description	Item	Description
A	Overall length - 115mm (4.5 inches)	B	Width - 180mm (7.0 inches)
C	Overlap - 35mm (1.3 inches)	D	Pitch - 30mm (1.1 inches)
E	Resistance spot weld		

Figura 136 – Peça teste. Fonte: CESVIMAP



Figura 137 – Grampos autoblocantes. Fonte: CESVIMAP

Consumíveis

- ✓ Kit de adesivos estruturais
- ✓ 2 flanges de aço macio de 75 x 180 x 0,9 mm.
- ✓ Limpador de superfície recomendado pelo fabricante do adesivo estrutural.

- ✓ Papel descartável para limpar superfícies.
- ✓ Fita adesiva ou fita para trabalhadores em chapa.

Ferramentas

- ✓ Pistola de aplicação adesiva.
- ✓ Grampos autoblocantes.
- ✓ Máquina de solda a ponto por resistência.

Saúde e Segurança

- ✓ Uso: roupa de trabalho, luvas de borracha ou plástico impermeável, óculos de proteção.

Devem ser tomadas medidas para evitar que materiais não curados entrem em contato com a pele, pois pessoas com peles especialmente sensíveis podem ser afetadas.

O uso de luvas de borracha ou plástico impermeável será necessário. Da mesma forma, o uso de proteção para os olhos.

A pele deve ser limpa com água morna e sabão ao final de cada período de trabalho. Evite o uso de solventes na pele.

Papel descartável deve ser usado, e não toalhas de pano, para secar a pele.

Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.

Procedimento de Trabalho**Preparar a peça teste**

Prepare a peça teste conforme indicado

Especificações de segurança do adesivo estrutural

Leia as especificações de segurança do produto e observe o kit de segurança que a pessoa que aplica o produto deve usar.

Folha de especificações técnicas do produto

Leia as especificações técnicas do adesivo estrutural e observe o procedimento de aplicação e os horários de manuseio e secagem.

Verifique a data de validade do produto

Verifique o prazo de validade do produto e descarte-o se já tiver passado da data.

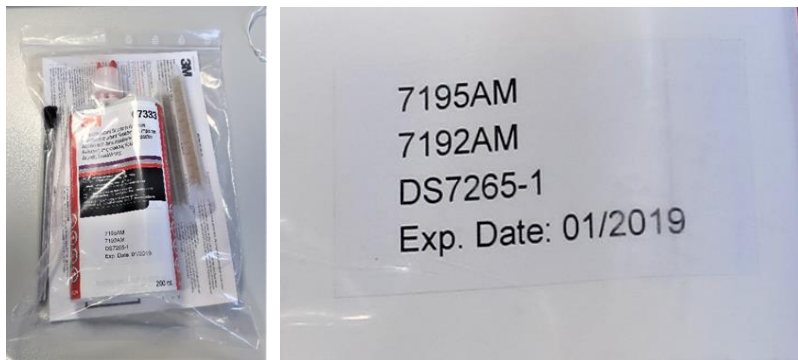


Figura 138 – Data de Validade. Fonte: CESVIMAP

Cordão de teste

Um cordão de teste deve ser realizado assim que o produto tiver sido adequadamente preparado, de acordo com as instruções de uso do fabricante. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Isso deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Depois que o ciclo de secagem indicado estiver concluído (15 minutos a uma temperatura de 80 ° C ou à temperatura ambiente por 24 horas), o técnico da carroceria poderá observar a cor do cordão e realizar um teste de toque para garantir que o produto secou e é firme.

Pré-tratamento - Preparação do substrato

As superfícies a serem unidas devem ser previamente limpas com um bom agente desengordurante, em especial o recomendado nas especificações do fabricante, a fim de eliminar qualquer vestígio de óleo, graxa ou sujeira. Álcoois de baixo grau, gasolina ou solventes de tinta nunca devem ser usados como agentes desengordurantes.

As junções mais fortes são obtidas após a sujeição das superfícies, já desengorduradas, a tratamentos mecânicos de abrasão ou tratamentos químicos de decapagem. Um tratamento de abrasão mecânica envolveria um novo processo de desengorduramento após este tratamento.

Aplicação do adesivo

A mistura de resina e endurecedor deve ser aplicada diretamente ou com uma espátula nas superfícies secas e pré-tratadas.

Uma camada de adesivo com uma espessura de 1 mm em cada superfície a ser unida fornecerá a força mecânica máxima para a união. As superfícies a serem unidas devem ser posicionadas numa posição fixa e definitiva após a aplicação do adesivo.

Coloque dois grampos de pressão no lugar, um de cada lado da junção, durante todo o processo de secagem.

Realizar a solda por ponto de resistência

Após as medições da peça de teste, execute a solda por ponto de resistência

Manutenção das ferramentas

Todas as ferramentas podem ser limpas com água quente e sabão antes que o adesivo permaneça curado. A eliminação do resíduo adesivo, uma vez curado, é difícil e leva tempo. Se forem utilizados solventes como acetona para a limpeza, as medidas de proteção necessárias devem ser tomadas e o contato com os olhos e a pele deve ser evitado.

5º Exercício Prático

Junta híbrida Alumínio-Alumínio: Adesivo estrutural + Rebite Na peça de teste.

(2 horas)

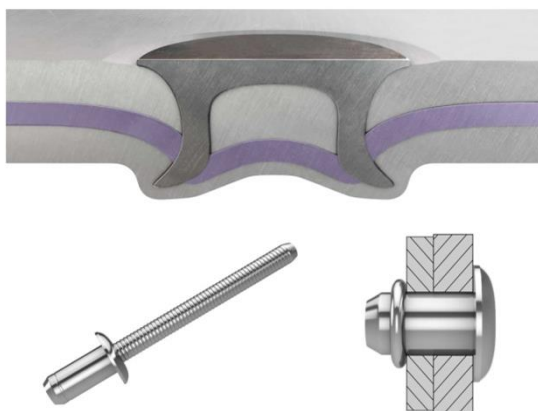
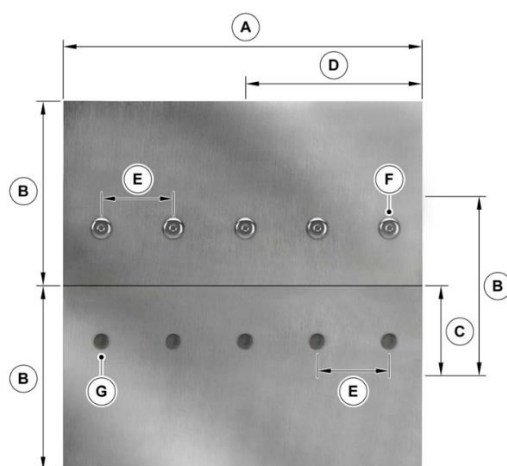


Figura 139 - Rebite cego e quebra de pino. Fonte: CESVIMAP



Figura 140 – Adesivo estrutural. Fonte: CESVIMAP



Item	Description
A	150mm (6.0 inches)
B	75mm (3.0 inches)
C	37.5mm (1.4 inches)
D	75mm (3.0 inches)
E	30mm (1.1 inches)
F	Breakstem Fasteners
G	Self Piercing Rivets (SPR)

Figura 141 e Tabela 20 – Peça de Teste. Fonte: CESVIMAP



Figura 142 – Grampo autoblocante. Fonte: CESVIMAP



Figura 143 - Dispositivos de rebite para rebites de pino de pressão. Fonte: CESVIMAP



Figura 144 - Dispositivo de rebiteagem auto-perfurante. Fonte: CESVIMAP

Consumíveis
✓ KIT de adesivos estruturais.
✓ 3 flanges de alumínio de 100 x 75 x 1 mm.
✓ Limpeza da superfície recomendada pelo fabricante do adesivo estrutural.
✓ Papel descartável para limpar superfícies.
✓ Fita adesiva ou fita de chapa metálica.
Ferramentas
✓ Pistola de aplicação adesiva.
✓ Broca de 6,5 mm.
✓ Máquina de rebites autoperfurantes. Rebites.
✓ Máquinas de rebite para rebitar os pinos de engate. Rebites de 6 mm de diâmetro.
✓ Grampos autoblocantes.
Saúde e segurança
✓ Uso: roupas de trabalho, luvas de borracha ou plástico impermeável, óculos de proteção.
Devem ser tomadas medidas para evitar que materiais não curados entrem em contato com a pele, pois pessoas com peles especialmente sensíveis podem ser afetadas.
Normalmente, será necessário o uso de luvas de borracha ou plástico impermeável. Da mesma forma, o uso de proteção para os olhos.
A pele deve ser limpa com água morna e sabão ao final de cada período de trabalho. Evite o uso de solventes na pele.
Papel descartável deve ser usado, e não toalhas de pano, para secar a pele.
Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.
Processo de trabalho
Prepare a peça de teste
Prepare a peça de teste conforme indicado

Especificações de segurança do adesivo estrutural

Leia as especificações de segurança do produto e observe o kit de segurança que a pessoa que aplica o produto deve usar.

Folha de especificações técnicas do produto

Leia as especificações técnicas do adesivo estrutural e anote o procedimento de aplicação e os tempos de manuseio e secagem.

Verifique a data de validade do produto

Verifique o prazo de validade do produto e descarte-o se já tiver passado da data.

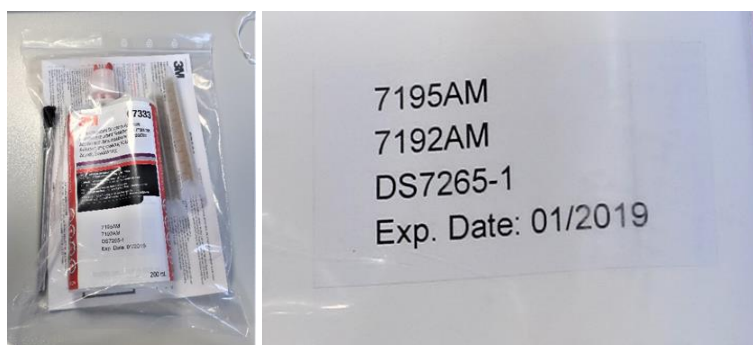


Figura 145 – Data de validade. Fonte: CESVIMAP

Cordão de teste

Um cordão de teste deve ser realizado assim que o produto tiver sido adequadamente preparado, de acordo com as instruções de uso do fabricante. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Isso deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Depois que o ciclo de secagem indicado estiver concluído (15 minutos a uma temperatura de 80 ° C ou à temperatura ambiente por 24 horas), o técnico da carroceria poderá observar a cor do cordão e realizar um teste de toque para garantir que o produto secou e é firme.

Pré-tratamento - Preparação do substrato

As superfícies a serem unidas devem ser previamente limpas com um bom agente desengordurante, em especial o recomendado nas especificações do fabricante, a

fim de eliminar qualquer vestígio de óleo, graxa ou sujeira. Álcoois de baixo grau, gasolina ou solventes de tinta nunca devem ser usados como agentes desengordurantes.

As junções mais fortes são obtidas após a sujeição das superfícies, já desengorduradas, a tratamentos mecânicos de abrasão ou tratamentos químicos de decapagem. Um tratamento de abrasão mecânica envolveria um novo processo de desengorduramento após este tratamento.

Aplicação do adesivo

A mistura de resina e endurecedor deve ser aplicada diretamente ou com uma espátula nas superfícies secas e pré-tratadas.

Uma camada de adesivo com uma espessura de 1 mm em cada superfície a ser unida fornecerá a força mecânica máxima para a união. As superfícies a serem unidas devem ser posicionadas numa posição fixa e definitiva após a aplicação do adesivo.

Coloque dois grampos de pressão no lugar, um de cada lado da junção, durante todo o processo de secagem.

Execução da rebiteagem com rebites de pino de pressão.

Realize a rebiteagem de acordo com o plano da peça de teste.

Realizar a rebiteagem auto-perfurante

Realize a rebiteagem de acordo com o plano da peça de teste.

Manutenção de ferramentas

Todas as ferramentas podem ser limpas com água quente e sabão antes da cura do resíduo adesivo. A eliminação do resíduo adesivo, uma vez curada, é difícil e leva tempo. Se forem utilizados solventes como acetona para a limpeza, as medidas de proteção necessárias devem ser tomadas e o contato com os olhos e a pele deve ser evitado.

6º Exercício Prático

Substituição de um elemento estético de uma carroçaria de alumínio – tejadilho (Substrato: alumínio - alumínio) por meio de adesivo estrutural e rebiteagem.

208

(6 horas)



Figura 146 – Exemplo de tejadilho de alumínio. Fonte: CESVIMAP

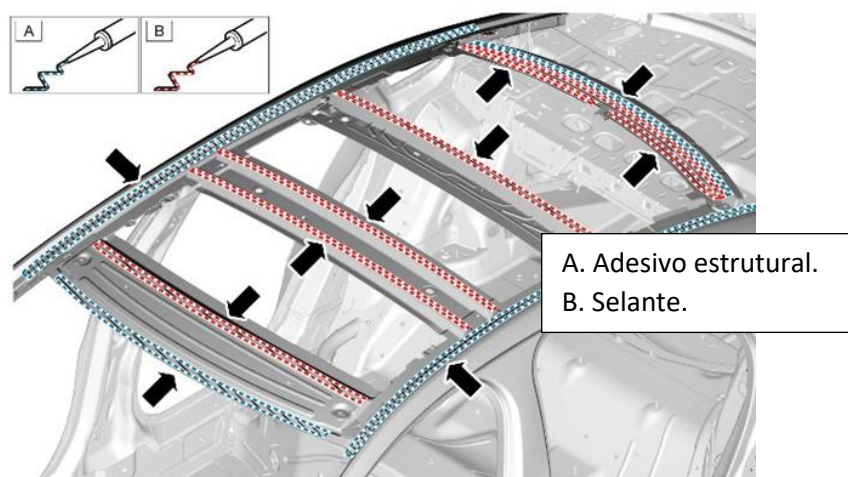


Figura 147 – Zonas de aplicação de adesivos nas juntas do tejadilho. Fonte: CESVIMAP

Principais consumíveis
Carroçaria em alumínio
Cobertura de substituição da carroçaria anterior
Saúde e segurança.
✓ Uso: roupas de trabalho, luvas de borracha ou luvas de plástico impermeáveis, óculos de proteção.

Devem ser tomadas medidas para evitar que materiais não curados entrem em contato com a pele, pois pessoas com peles especialmente sensíveis podem ser afetadas.

Normalmente, será necessário o uso de luvas de borracha ou plástico impermeável. Da mesma forma, o uso de proteção para os olhos.

A pele deve ser limpa com água morna e sabão ao final de cada período de trabalho. Evite o uso de solventes na pele.

Papel descartável deve ser usado, e não toalhas de pano, para secar a pele.

Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.

Procedimento de trabalho

Especificações de segurança do adesivo estrutural

Leia as especificações de segurança do produto e observe o kit de segurança que a pessoa que aplica o produto deve usar.

Folha de especificações técnicas do produto

Leia as especificações técnicas do adesivo estrutural e anote o procedimento de aplicação e os tempos de manuseio e secagem.

Verifique a data de validade do produto

Verifique o prazo de validade do produto e descarte-o se já tiver passado da data.

Cordão de teste

Um cordão de teste deve ser realizado assim que o produto tiver sido adequadamente preparado, de acordo com as instruções de uso do fabricante. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Isso deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Depois que o ciclo de secagem indicado estiver concluído (15 minutos a uma temperatura de 80 ° C ou à temperatura ambiente por 24 horas), o técnico da carroçaria poderá observar a cor do cordão e realizar um teste de toque para garantir que o produto secou e é firme.

Manual da oficina - procedimento de substituição do tejadilho

Leia o manual da oficina que indica o procedimento para a substituição do teto de alumínio na carroçaria de um veículo de alumínio e obtenha as seguintes informações:

- Obtenha informações sobre os utensílios e ferramentas necessárias para executar o processo.
- Obtenha os consumíveis necessários para executar o processo.

Oficina de reparações - Realize o procedimento de substituição conforme indicado

Siga o procedimento de substituição do teto de alumínio numa carroçaria de veículo de alumínio passo a passo.

Manutenção de ferramentas

Todas as ferramentas podem ser limpas com água quente e sabão antes que o adesivo permaneça curado. A eliminação do resíduo adesivo, uma vez curada, é difícil e leva tempo. Se forem utilizados solventes como acetona para a limpeza, as medidas de proteção necessárias devem ser tomadas e o contato com os olhos e a pele deve ser evitado.

7º Exercício Prático

Substituição de um elemento estético de uma carroçaria de alumínio – Painel traseiro (Substrato: alumínio - alumínio) por meio de adesivo estrutural, rebiteagem.

(9 horas)

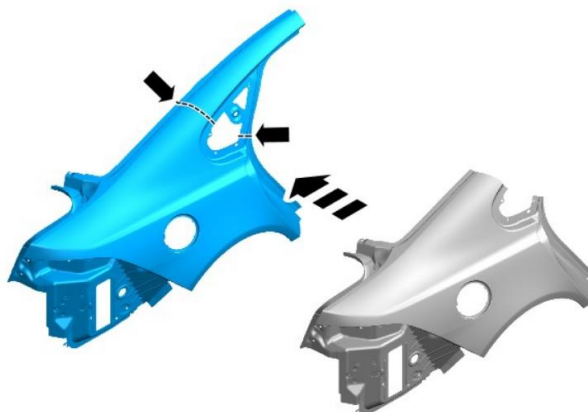


Figura 148 – Exemplo de painel traseiro. Fonte: CESVIMAP

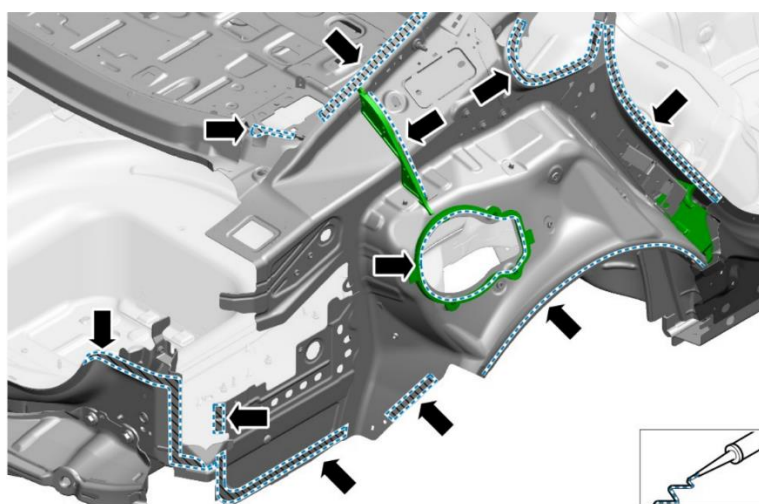


Figura 149 – Zonas de aplicação dos adesivos nas juntas. Fonte: CESVIMAP

Principais consumíveis
Carroçaria em alumínio
Substituição dum painel traseiro na carroçaria anterior
Saúde e segurança
Uso: roupas de trabalho, luvas de borracha ou luvas de plástico impermeáveis, óculos de proteção.
Devem ser tomadas medidas para evitar que materiais não curados entrem em contato com a pele, pois pessoas com peles especialmente sensíveis podem ser afetadas.
Normalmente, será necessário o uso de luvas de borracha ou plástico impermeável. Da mesma forma, o uso de proteção para os olhos.
A pele deve ser limpa com água morna e sabão ao final de cada período de trabalho. Evite o uso de solventes na pele.
Papel descartável deve ser usado, e não toalhas de pano, para secar a pele.
Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.
Procedimento de trabalho
Especificações de segurança do adesivo estrutural
Leia as especificações de segurança do produto e observe o kit de segurança que a pessoa que aplica o produto deve usar.
Folha de especificações técnicas do produto
Leia as especificações técnicas do adesivo estrutural e anote o procedimento de aplicação e os tempos de manuseio e secagem.
Verifique a data de validade do produto
Verifique o prazo de validade do produto e descarte-o se já tiver passado da data.
Cordão de teste
Um cordão de teste deve ser realizado assim que o produto tiver sido adequadamente preparado, de acordo com as instruções de uso do fabricante. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Isso deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Depois que o ciclo de secagem indicado estiver concluído (15 minutos a uma temperatura de 80 ° C ou à temperatura ambiente por 24 horas), o técnico da carroceria poderá observar a cor do cordão e realizar um teste de toque para garantir que o produto secou e é firme.
Manual da oficina - procedimento de substituição da asa traseira
Leia o manual da oficina que indica o procedimento para a substituição do painel traseiro numa carroçaria de alumínio e obtenha as seguintes informações:
Obtenha informações sobre os utensílios e ferramentas necessárias para executar o processo.
Obtenha os consumíveis necessários para executar o processo.

Oficina de reparações - Realize o procedimento de substituição conforme indicado

Siga o procedimento de substituição do painel traseiro de alumínio numa carroçaria de veículo de alumínio passo a passo.

Manutenção de ferramentas

Todas as ferramentas podem ser limpas com água quente e sabão antes que o adesivo permaneça curado. A eliminação do resíduo adesivo, uma vez curada, é difícil e leva tempo. Se forem utilizados solventes como acetona para a limpeza, as medidas de proteção necessárias devem ser tomadas e o contato com os olhos e a pele deve ser evitado.

8º Exercício Prático

Substituição de um elemento ESTRUTURAL de uma carroçaria de alumínio - REFORÇO PILAR-B (Substrato: alumínio - alumínio) por meio de adesivo estrutural, rebiteagem.

(5 horas)



Figura 150 – Exemplo de reforço do pilar B. Fonte: CESVIMAP

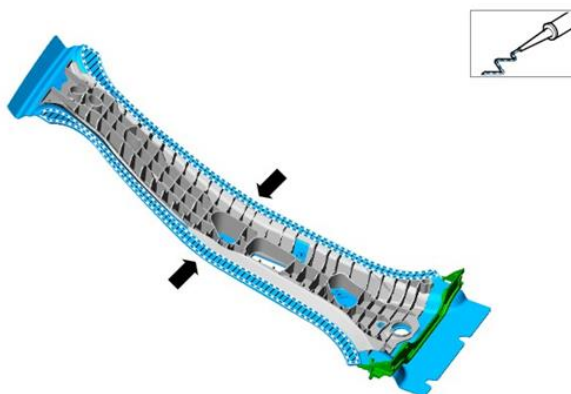


Figura 151 – Zonas de aplicação de adesivo na junta. Fonte: CESVIMAP

Principais consumíveis
Corpo do veículo em alumínio.
Reforço do pilar B de substituição correspondente à carroçaria do veículo anterior.
Saúde e segurança
Uso: roupas de trabalho, luvas de borracha ou luvas de plástico impermeáveis, óculos de proteção.
Devem ser tomadas medidas para evitar que materiais não curados entrem em contato com a pele, pois pessoas com peles especialmente sensíveis podem ser afetadas.
Normalmente, será necessário o uso de luvas de borracha ou plástico impermeável. Da mesma forma, o uso de proteção para os olhos.
A pele deve ser limpa com água morna e sabão ao final de cada período de trabalho. Evite o uso de solventes na pele.
Papel descartável deve ser usado, e não toalhas de pano, para secar a pele.
Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.
Procedimento de trabalho
Especificações de segurança do adesivo estrutural

Leia as especificações de segurança do produto e observe o kit de segurança que a pessoa que aplica o produto deve usar.

Folha de especificações técnicas do produto

Leia as especificações técnicas do adesivo estrutural e anote o procedimento de aplicação e os tempos de manuseio e secagem.

Verifique a data de validade do produto

Verifique o prazo de validade do produto e descarte-o se já tiver passado da data.

Cordão de teste

Um cordão de teste deve ser realizado assim que o produto tiver sido adequadamente preparado, de acordo com as instruções de uso do fabricante. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Isso deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Depois que o ciclo de secagem indicado estiver concluído (15 minutos a uma temperatura de 80 ° C ou à temperatura ambiente por 24 horas), o técnico da carroçaria poderá observar a cor do cordão e realizar um teste de toque para garantir que o produto secou e é firme.

Manual da oficina - procedimento de substituição do pilar B

Leia o manual da oficina que indica o procedimento para a substituição do pilar B numa carroçaria de alumínio e obtenha as seguintes informações:

Obtenha informações sobre os utensílios e ferramentas necessárias para executar o processo.

Obtenha os consumíveis necessários para executar o processo.

Oficina de reparações - Realize o procedimento de substituição conforme indicado

Siga o procedimento de substituição do reforço de pilar B de alumínio numa carroçaria de veículo de alumínio passo a passo.

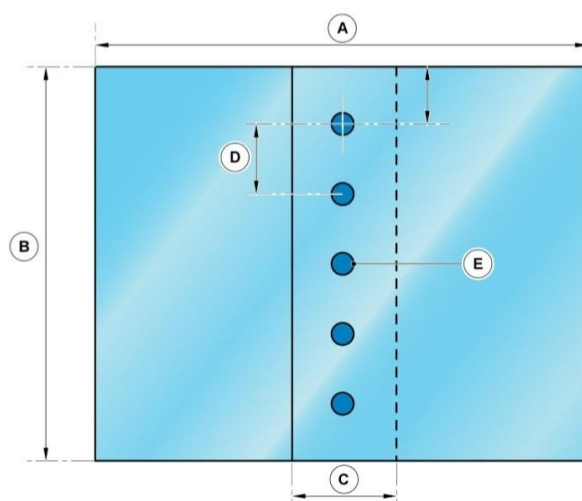
Manutenção de ferramentas

Todas as ferramentas podem ser limpas com água quente e sabão antes que o adesivo permaneça curado. A eliminação do resíduo adesivo, uma vez curada, é difícil e leva tempo. Se forem utilizados solventes como acetona para a limpeza, as medidas de proteção necessárias devem ser tomadas e o contato com os olhos e a pele deve ser evitado.

9º Exercício Prático

Soldadura por ponto de resistência do aço ao aço através de um adesivo nas peças de teste (3horas)

O seu exercício prático envolverá a execução de soldas por ponto de resistência em duas placas de aço sobrepostas (Figura 128). O material deve ser duas vezes chapas de aço com uma espessura de chapa única de 0,6 - 1,5 mm, as chapas podem ser não revestidas ou revestidas de zinco. Um adesivo epóxi soldável será aplicado entre as placas e os ensaios de soldadura por pontos serão realizados através do adesivo.



Item	Descrição	Item	Descrição
A	Comprimento total - 120 mm (4,5 polegadas)	B	Largura - 180 mm (7,0 polegadas)

C	Sobreposição - 20 mm (1,3 polegadas)	D	Passo - 30 mm (1,1 polegadas)
E	Solda por ponto de resistência		

Figura 152 e tabela 21 – Peça Teste. Fonte: CESVIMAP



Figura 153 – Adesivo Estrutural. Fonte: CESVIMAP



Figura 154 – Grampos autoblocantes. Fonte: CESVIMAP



Figura 155 – Alicates e pegas. Fonte: CESVIMAP



Figura 156 – Pinça de Vernier. Fonte: CESVIMAP

Consumíveis
Kit de adesivos estruturais.
10 chapas de aço de 70 x 180 x 0,9 mm.
Limpador de superfície recomendado pelo fabricante do adesivo estrutural.
Papel descartável para limpar superfícies.
Fita adesiva ou fita de chapa metálica.
Ferramentas
✓ Pistola de aplicação adesiva.
✓ Grampos autoblocantes.
✓ Máquina de solda a ponto por resistência.
✓ Alicates ou pegas.
✓ Pinça Vernier.
Saúde e segurança
Uso: roupa de trabalho, luvas de borracha ou plástico impermeável, óculos de proteção.
Devem ser tomadas medidas para evitar que materiais não curados entrem em contato com a pele, pois pessoas com peles especialmente sensíveis podem ser afetadas.
Será necessário o uso de luvas de borracha ou plástico impermeável, bem como o uso de proteção para os olhos.
A pele deve ser limpa com água morna e sabão ao final de cada período de trabalho. Evite o uso de solventes na pele.
Papel descartável deve ser usado, e não toalhas de pano, para secar a pele.
Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.
Procedimento de trabalho
Prepare a peça de teste
Prepare a peça de teste conforme o indicado
Especificações de segurança do adesivo estrutural

Leia as especificações de segurança do produto e observe o kit de segurança que a pessoa que aplica o produto deve usar.

Folha de especificações técnicas do produto

Leia as especificações técnicas do adesivo estrutural e observe o procedimento de aplicação e os horários de manuseio e secagem.

Verifique a data de validade do produto

Verifique o prazo de validade do produto e descarte-o se já tiver passado da data.

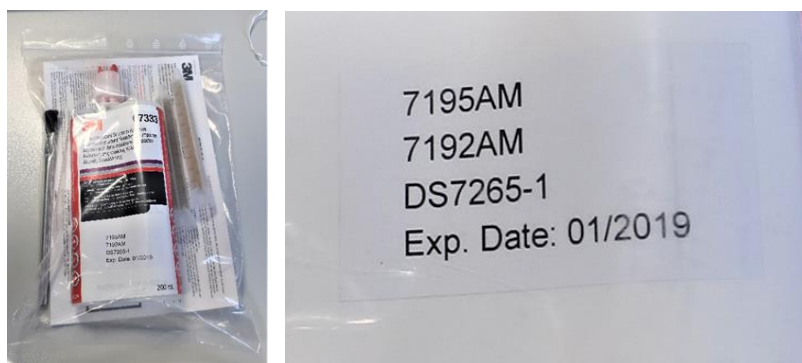


Figura 157 – Data de validade. Fonte: CESVIMAP

Cordão de teste

Um cordão de teste deve ser realizado assim que o produto tiver sido adequadamente preparado, de acordo com as instruções de uso do fabricante. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Isso deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Depois que o ciclo de secagem indicado estiver concluído (15 minutos a uma temperatura de 80 ° C ou à temperatura ambiente por 24 horas), o técnico da carroceria poderá observar a cor do cordão e realizar um teste de toque para garantir que o produto secou e é firme.

Pré-tratamento - Preparação do substrato

As superfícies a serem unidas devem ser previamente limpas com um bom agente desengordurante, em especial o recomendado nas especificações do fabricante, a fim de eliminar qualquer vestígio de óleo, graxa ou sujeira. Álcoois de baixo grau, gasolina ou solventes de tinta nunca devem ser usados como agentes desengordurantes.

As junções mais fortes são obtidas após a sujeição das superfícies, já desengorduradas, a tratamentos mecânicos de abrasão ou tratamentos químicos de decapagem. Um tratamento de abrasão mecânica envolveria um novo processo de desengorduramento após este tratamento.

Preparar as placas e apertar

Posicione as placas numa configuração em que uma se sobreponha à outra com uma largura de flange de 35 mm, conforme mostrado na Figura.

Prenda as placas na posição nas duas bordas com as presilhas autoblocantes.

Aplicação do adesivo

A mistura de resina e endurecedor deve ser aplicada diretamente ou com uma espátula nas superfícies secas e pré-tratadas.

Uma camada de adesivo com uma espessura de 1 mm em cada superfície a ser unida fornecerá a força mecânica máxima para a união. As superfícies a serem unidas devem ser posicionadas numa posição fixa e definitiva após a aplicação do adesivo.

Coloque dois grampos de pressão no lugar, um de cada lado da junção, durante todo o processo de secagem.

Configurar o programa de solda por ponto de resistência

Após as medições da peça de teste, execute a solda por ponto de resistência. Selecione os parâmetros de soldadura de acordo com uma instrução ou padrão, selecione inicialmente um baixo valor de corrente ou percentagem de calor. Posicione a peça de teste entre os elétrodos e faça a primeira solda. Se ocorrer um respingo da solda (expulsão de metal líquido), reduza a corrente de soldadura (ou a percentagem de calor) em aproximadamente 10% do valor inicial.

Executar o teste de soldadura a ponto (parte A)

Registre todos os parâmetros numa folha de teste, como mostrado abaixo:

1. Posicione a peça de teste entre os elétrodos e faça a primeira solda (a distância (passo) entre as soldas subsequentes deve ser de 30 mm).
2. Se ocorrer um respingo da solda (expulsão de metal líquido), reduza a corrente de soldadura (ou % de calor) em aproximadamente 50% do valor inicial.
3. Se uma solda for feita sem a ocorrência de respingos, aumente a corrente em pequenas etapas (0,2kA ou + 2,5% de calor).
4. Continue aumentando a corrente em pequenas etapas e soldando as peças de teste até que respingos ocorram.
5. No final do teste, segure um lado do corpo de prova num grampo e abra o outro lado usando um alicate ou alça.
6. Meça o tamanho da solda pontual com uma pinça Vernier, conforme mostrado na Figura.
7. Registre o maior e menor diâmetro da área de solda e calcule a média; registre os dados na folha de dados.
8. Verifique se o requisito de tamanho mínimo de solda pode ser atendido numa condição de soldadura estável antes do respingo (ocorreu expulsão de metal líquido).

9. No final da soldadura, verifique as condições do eletrodo quanto a contaminação por adesivo (ou desgaste excessivo como resultado do revestimento de zinco, se o aço revestido foi usado). Se necessário, repare a superfície do eletrodo com uma ferramenta de limpeza de ponta ou substitua o eletrodo por um novo.

Repetir o teste de soldadura por ponto (Parte B - Maior força e tempo de solda)

Na Parte A, uma janela do processo de soldadura a ponto foi definida para um conjunto fixo de parâmetros. Na parte B, os parâmetros de soldadura a ponto serão variados selecionando-se um tempo de solda 200% do tempo usado na parte A e uma força (pressão) de solda 200% da força usada na parte A.

1. Posicione a peça de teste entre os eletrodos e faça a primeira solda (a distância (passo) entre as soldas subsequentes deve ser de 30 mm).
2. Se ocorrer um respingo da solda (expulsão de metal líquido), reduza a corrente de soldadura (ou a percentagem de calor) em aproximadamente 50% do valor inicial.
3. Se uma solda for feita sem a ocorrência de respingos, aumente a corrente em pequenas etapas (0,2kA ou + 2,5% de calor).
4. Continue aumentando a corrente em pequenas etapas e soldando as peças de teste até que respingos ocorram.
5. No final do teste, segure um lado do corpo de prova num grampo e abra o outro lado usando um alicate ou alça.
6. Meça o tamanho da solda pontual com uma pinça Vernier, conforme mostrado na Figura.
7. Registe o maior e menor diâmetro da área de solda e calcule a média; registe os dados na folha de dados.
8. Verifique se o requisito de tamanho mínimo de solda pode ser atendido numa condição de soldadura estável antes do respingo (ocorreu expulsão de metal líquido).
9. Compare os resultados com o teste da Parte A para ver a influência do aumento do tempo e da força de solda no processo.
10. No final da soldadura, verifique as condições do eletrodo quanto a contaminação por adesivo (ou desgaste excessivo como resultado do revestimento de zinco, se o aço revestido foi usado). Se necessário, repare a superfície do eletrodo com uma ferramenta de limpeza de ponta ou substitua o eletrodo por um novo.

Manutenção de ferramentas

Todas as ferramentas podem ser limpas com água quente e sabão antes que o adesivo permaneça curado. A eliminação do resíduo adesivo, uma vez curado, é difícil e leva tempo. Se forem utilizados solventes como acetona para a limpeza, as medidas

de proteção necessárias devem ser tomadas e o contato com os olhos e a pele deve ser evitado.

221

10º Exercício Prático

Rebitagem cega em juntas Alumínio-Alumínio com um Adesivo usando uma peça de teste plana

(2 horas)

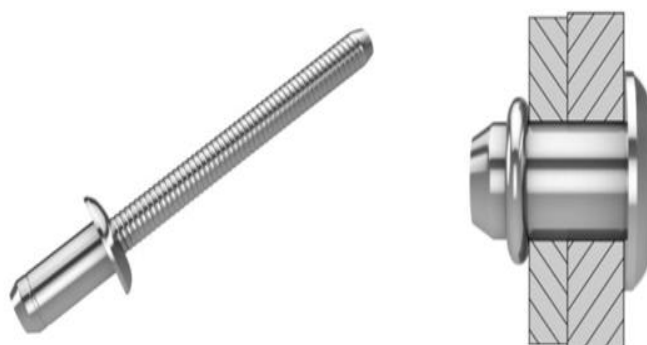


Figura 158 – Rebite cego. Fonte: CESVIMAP



Figura 159 -Adesivo estrutural. Fonte: CESVIMAP

Descrição	
Item	
A	150 mm (6.0 polegadas)
B	75 mm (3.0 polegadas)
C	37.5 mm (1.4 polegadas)
D	75 mm (3.0 polegadas)

E	30 mm (1.1 polegadas)
F	Rebites cegos

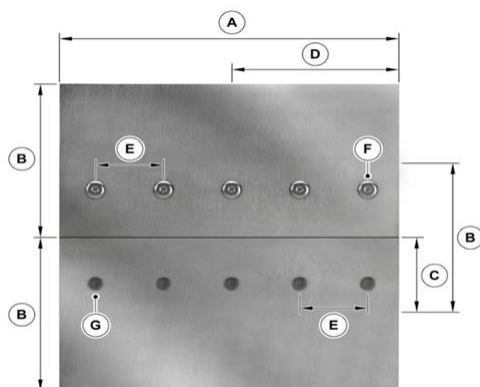


Figura 160 e Tabela 22 -Peça teste. Fonte: CESVIMAP



Figura 161 -Grampos autoblocantes. Fonte: CESVIMAP



Figura 162 -Gabarito. Fonte: TWI



Figuras 163 e 164 -Broca de mão e broca. Fonte: TWI



Figura 165 – Ferramentas de rebitação cega. Fonte: TWI

Consumíveis
✓ Kit de adesivos estruturais
✓ 4 chapas de alumínio de 100 x 70 mm (espessura de 1,0 - 3,0 mm)
✓ Produto de limpeza para superfícies recomendado pelo fabricante do adesivo estrutural
✓ Papel descartável para limpar superfícies
✓ Fita adesiva ou fita de chapa metálica
Ferramentas
✓ Pistola de aplicação adesiva
✓ Broca
✓ Broca de 6,5 mm e broca de 7,5 mm
✓ Ferramenta de rebitagem cega
✓ Rebites cegos Corpo com 6,4 mm de diâmetro, faixa de aderência adequada para a espessura da pilha de chapas (são necessários no mínimo 10 rebites cegos)
✓ Grampos autoblocantes
✓ Gabarito
Saúde e segurança
Uso: roupa de trabalho, luvas de borracha ou plástico impermeável, óculos de proteção.
Devem ser tomadas medidas para evitar que materiais não curados entrem em contato com a pele, pois pessoas com peles especialmente sensíveis podem ser afetadas.
Normalmente, é necessário o uso de luvas de borracha ou plástico impermeável, bem como o uso de proteção para os olhos.
A pele deve ser limpa com água morna e sabão ao final de cada período de trabalho. Evite o uso de solventes na pele.
Papel descartável deve ser usado para secar a pele, e não toalhas de pano.
Recomenda-se ventilação adequada do local de trabalho.
Siga os procedimentos de trabalho para perfuração.
Siga procedimentos de trabalho seguros para aplicação de rebites cegos, use as instruções dos operadores para operação da ferramenta de rebitagem.
Procedimento de trabalho
Prepare a peça de teste
Prepare a peça de teste conforme indicado
Fazer os furos
1. Posicione as chapas de alumínio conforme mostrado no diagrama, com a sobreposição correta de 35 mm,

2. Prenda as chapas de alumínio a uma bancada de trabalho ou mesa de perfuração adequada,
3. Verifique se há uma área aberta ou bloco de madeira sob a área a ser perfurada,
4. Faça os furos em 3 chapas com uma broca de 6,5 mm,
5. Faça os furos em 1 chapa com uma broca de 7,5 mm.

Especificações de segurança do adesivo estrutural

Leia as especificações de segurança do produto e observe o kit de segurança que a pessoa que aplica o produto deve usar.

Folha de especificações técnicas do produto

Leia as especificações técnicas do adesivo estrutural e anote o procedimento de aplicação e os tempos de manuseio e secagem.

Verifique a data de validade do produto

Verifique o prazo de validade do produto e descarte-o se já tiver passado da data.

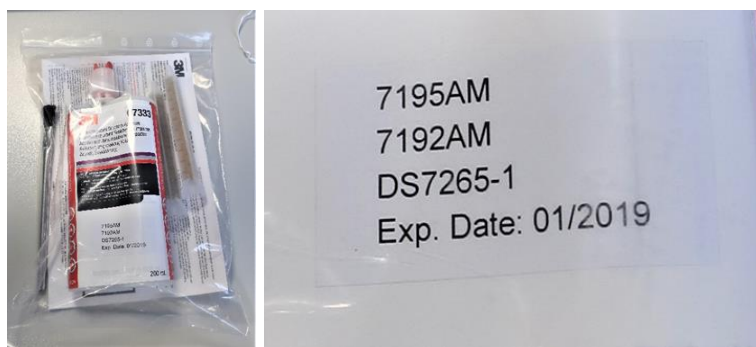


Figura 166 -Data de Validade. Fonte: CESVIMAP

Cordão de teste

Um cordão de teste deve ser realizado assim que o produto tiver sido adequadamente preparado, de acordo com as instruções de uso do fabricante. O cordão de teste deve ter aproximadamente 300 mm de comprimento. Isso deve ser colocado num substrato descartável e deixado secar em condições semelhantes às da reparação real. Depois que o ciclo de secagem indicado estiver concluído (15 minutos a uma temperatura de 80 ° C ou à temperatura ambiente por 24 horas), o técnico da carroceria poderá observar a cor do cordão e realizar um teste de toque para garantir que o produto secou e é firme.

Pré-tratamento - Preparação do substrato

As superfícies a serem unidas devem ser previamente limpas com um bom agente desengordurante, em especial o recomendado nas especificações do fabricante, a fim de eliminar qualquer vestígio de óleo, graxa ou sujidade. Álcoois de baixo grau,

gasolina ou solventes de tinta nunca devem ser usados como agentes desgordurantes.

As junções mais fortes são obtidas após a sujeição das superfícies, já desgorduradas, a tratamentos mecânicos de abrasão ou tratamentos químicos de decapagem. Um tratamento de abrasão mecânica envolveria um novo processo de desgorduramento após este tratamento.

Aplicação do adesivo

A mistura de resina e endurecedor deve ser aplicada diretamente ou com uma espátula nas superfícies secas e pré-tratadas.

Uma camada de adesivo com uma espessura de 1 mm em cada superfície a ser unida fornecerá a força mecânica máxima para a união. As superfícies a serem unidas devem ser posicionadas numa posição fixa e definitiva após a aplicação do adesivo.

Coloque dois grampos de pressão no lugar, um de cada lado da junta, durante todo o processo de secagem.

Fixação dos rebites cegos - Parte A, orifícios de 6,5 mm nas chapas superior e inferior

1. Verifique se os orifícios estão alinhados corretamente nas peças de teste (os orifícios superior e inferior têm 6,5 mm de diâmetro),
2. Limpe qualquer excesso de adesivo que sai dos orifícios,
3. Siga os procedimentos de operação dos fabricantes de ferramentas de rebites,
4. Insira um rebite na ferramenta,
5. Coloque a ferramenta e rebite no furo, verifique se a ferramenta é perpendicular,
6. Aplique força para baixo,
7. O gatilho da ferramenta de rebite é pressionado (ou mecanismo operado numa ferramenta manual), o mandril se solta e o rebite é acionado,
8. Verifique se a cauda do rebite prendeu corretamente a chapa inferior, verifique se a cabeça do rebite está nivelada com a chapa superior, verifique se o mandril se soltou na posição correta dentro da cabeça do rebite.

Ajuste dos rebites cegos, furo de 7,5 mm na chapa superior, furo de 6,5 mm na chapa inferior

1. Verifique se os orifícios estão alinhados corretamente nas peças de teste (orifícios inferiores têm 6,5 mm de diâmetro; orifícios superiores têm 7,5 mm de diâmetro),
2. Limpe qualquer excesso de adesivo que sai dos orifícios,
3. Siga os procedimentos de operação dos fabricantes de ferramentas de rebites,
4. Insira um rebite na ferramenta,
5. Coloque a ferramenta e rebite no furo, verifique se a ferramenta é perpendicular,
6. Aplique força para baixo,
7. O gatilho da ferramenta de rebite é pressionado (ou mecanismo operado numa ferramenta manual), o mandril se solta e o rebite é acionado,
8. Verifique se a cauda do rebite prendeu corretamente a chapa inferior, verifique se a cabeça do rebite está nivelada com a chapa superior, verifique se o mandril se soltou na posição correta dentro da cabeça do rebite.

Manutenção de ferramentas

Todas as ferramentas podem ser limpas com água quente e sabão antes da cura do resíduo adesivo. A eliminação do resíduo adesivo, uma vez curada, é difícil e leva tempo. Se forem utilizados solventes como acetona para a limpeza, as medidas de proteção necessárias devem ser tomadas e o contato com os olhos e a pele deve ser evitado.