



# **DOSSIÊ TÉCNICO**

## **Qualidade em Soldagem**

**Fábio Tiburi**

**SENAI-RS**

**Centro Tecnológico de Mecatrônica**

**DEZEMBRO**

**2007**

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>2</b>
<b>3 TERMINOLOGIA DA SOLDAGEM .....</b>	<b>2</b>
<b>4 DEFEITOS DO METAL DE SOLDA.....</b>	<b>9</b>
4.1 Trincas de solidificação .....	9
4.2 Porosidade.....	10
4.3 Inclusões.....	10
4.4 Defeitos de cratera .....	10
4.5 Falta de fusão e perfil do cordão desfavorável .....	11
4.6 A zona termicamente afetada (ZTA).....	11
4.6.1 Defeitos na ZTA .....	12
<b>5 NOÇÕES SOBRE ESPECIFICAÇÕES DA (AWS) .....</b>	<b>15</b>
5.1 Diferença entre especificação e classificação .....	15
<b>6 NORMAS/CÓDIGOS.....</b>	<b>16</b>
6.1 Normas de projeto.....	16
6.2 Normas de qualificação .....	16
6.3 Normas de materiais .....	16
6.4 Normas de consumíveis .....	16
6.5 Siglas.....	16
<b>7 ENSAIOS MECÂNICOS .....</b>	<b>17</b>
<b>8 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>9 DOCUMENTOS TÉCNICOS .....</b>	<b>18</b>
Referências.....	22



## Título

Qualidade em Soldagem

## Assunto

Serviço de solda

## Resumo

Para a fabricação de peças soldadas, o controle de qualidade é fundamental. Não somente no aspecto de padronização de procedimentos mas principalmente na garantia da fabricação de componentes com elevado grau de confiabilidade. No presente dossiê serão abordados os principais elementos referentes ao controle de qualidade no âmbito da soldagem, como a terminologia, normas e códigos, ensaios e procedimentos proporcionando uma visão geral destes elementos.

## Palavras-chave

Controle de qualidade; soldagem; solda

## Conteúdo

### 1 INTRODUÇÃO

A soldagem é um processo de fabricação amplamente utilizado em diversos setores industriais tendo, na maioria das vezes, uma influência significativa no custo e no desempenho do produto. A série de normas NBR ISO 9000 para Sistema de Qualidade considera a soldagem como um processo especial que, dependendo da complexidade da construção soldada, requer métodos de controle que podem abranger as atividades de projeto, de seleção de materiais, de fabricação e de inspeção, a fim de garantir que a qualidade especificada seja atingida. No que concerne à inspeção de soldagem é importante que esta atividade seja desenvolvida por profissionais devidamente qualificados e certificados, cuja sistemática encontra-se estabelecida na norma FBTS N-001 (Qualificação e Certificação de Inspetores de Soldagem). A função da Inspeção de Soldagem é contribuir para a garantia da qualidade de produtos e serviços que utilizam a soldagem como processo de fabricação e montagem

### 2 OBJETIVO

O presente dossiê tem como objetivo apresentar os principais aspectos referentes à qualidade em soldagem apresentando de forma sucinta os principais assuntos relacionados com a inspeção de soldagem antes, durante e após a realização deste processo.

### 3 TERMINOLOGIA DA SOLDAGEM

Em soldagem, no que se refere à terminologia, é difícil a desvinculação dos termos técnicos da língua inglesa. Estes, sempre que possível, são mencionados entre parêntesis para permitir um perfeito entendimento.

Os termos relacionados a seguir são apenas alguns dos mais usuais. Os termos técnicos em língua inglesa e suas definições são encontrados numa abordagem mais completa na norma AWS A3.0.

**Abertura da raiz (*root opening*)** – mínima distância que separa os componentes a serem unidos por soldagem ou processo afins.

**Alívio de tensões (*stress relief heat treatment*)** – aquecimento uniforme de uma estrutura/junta de solda a uma temperatura suficiente para aliviar a maioria das tensões residuais, seguido de um resfriamento uniforme.

**Alma do eletrodo (*core electrode*)** – núcleo metálico de um eletrodo revestido, cuja seção transversal apresenta uma forma circular maciça.

**Ângulo de deslocamento ou de inclinação do eletrodo (*travel angle*)** – ângulo formado entre o eixo do eletrodo e uma linha referência perpendicular ao eixo da solda, localizado num plano determinado pelo eixo do eletrodo e o eixo da solda.

**Ângulo de trabalho (*work angle*)** – ângulo que um eletrodo faz com uma linha de referência posicionada perpendicularmente à superfície da chapa, passando pelo centro do chanfro, localizada em um plano perpendicular ao eixo da solda.

**Ângulo do bisel (*bevel angle*)** – ângulo formado entre a borda preparada do componente e um plano perpendicular à superfície do componente.

**Ângulo do chanfro (*groove angle*)** – ângulo integral entre as bordas preparadas dos componentes.

**Arame** – ver definição de Eletrodo Nu.

**Arame tubular** – ver definição de Eletrodo Tubular.

**Atmosfera protetora (*protective atmosphere*)** – envoltório de gás que circunda a parte a ser soldada ou brazada, sendo o gás de composição controlada com relação à sua composição química, ponto de orvalho, pressão, vazão, etc. Como exemplos temos: gases inertes, gases ativos, vácuo, etc.

**Atmosfera redutora (*reducing atmosphere*)** – atmosfera protetora quimicamente ativa que, a temperaturas elevadas, reduz óxidos de metais ao seu estado metálico.

**Bisel (*bevel*)** – borda do componente a ser soldado, preparado na forma angular.

**Brasagem (*brazing, soldering*)** – processo de união de metais onde apenas o metal de adição sofre fusão, ou seja, o metal de base não participa da zona fundida. O metal de adição se distribui por capilaridade na fresta formada pelas superfícies da junta, após fundir-se.

**Camada (*layer*)** – deposição de um ou mais passes consecutivos situados aproximadamente num mesmo plano.

**Certificando de qualificação de soldador (*welder certification*)** – documento certificando que o soldador executa soldas de acordo com padrões preestabelecidos.

**Chanfro (*groove*)** – abertura ou sulco na superfície de uma peça ou entre dois componentes, que determina o espaço para conter a solda. Os principais tipos de chanfros são os seguintes.

**Chapa de teste de produção (*production test ou vessel test plate*)** – chapa soldada e identificada como extensão de uma das juntas soldadas do equipamento, com a finalidade de executar ensaios mecânicos, químicos ou metalográficos.

**Chapa ou tubo de teste (*test coupon*)** – peça soldada e identificada para qualificação de procedimento de soldagem ou de soldadores ou de operadores de soldagem.

**Cobre-junta (*backing*)** – material ou dispositivo colocado no lado posterior da junta, ou em ambos os lados (caso dos procedimentos eletroescória e eletrogás), cuja finalidade é suportar o metal fundido durante a execução da soldagem.

**Consumível** – material empregado na deposição ou proteção da solda, tais como: eletrodo revestido, vareta, arames, anel consumível, gás, fluxo, entre outros.

**Cordão de solda (*weld bead*)** – depósito de solda resultante de um passe.

**Corpo de prova (*test specimen*)** – amostra retirada e identificada da chapa ou tubo de teste, quando se objetiva conhecer as propriedades mecânicas, entre outras propriedades, do material analisado.

**Corrente elétrica de soldagem (*welding current*)** – corrente elétrica que passa pelo eletrodo na execução de uma solda.

**Corte com eletrodo de carvão (*carbon arc cutting*)** – processo de corte a arco elétrico, no qual metais são separados por fusão devido ao calor gerado pelo arco formado entre um eletrodo de grafite e o metal de base. Para a retirada do metal líquido localizado na região do corte, utiliza-se o ar comprimido.

**Diluição (*dilution*)** - modificação na composição química de um metal de adição causado pela mistura do metal de base ou do metal de solda anterior. É medido pela porcentagem do metal de base ou do metal de solda anterior no cordão de solda.

**Dimensão da solda (*weld size*):**

- Para solda de aresta – é a medida da espessura do metal de solda até a raiz da solda;
- Para solda em chanfro – é a penetração da junta de uma solda em chanfro, ou seja, é a profundidade do bisel, adicionada à raiz, caso esta seja especificada, executando os reforços. Para soldas em ângulo de pernas desiguais, é o comprimento dos catetos de maior triângulo retângulo que pode ser inscrito na seção transversal da solda.

**Eficiência de deposição (*deposition efficiency*)** – relação entre o peso do metal depositado e o peso do consumível utilizado, expressa em percentual.

**Eficiência de junta** – relação entre a resistência de uma junta soldada e a resistência do metal de base, expressa em percentual.

**Eletrodo de carvão (*carbon electrode*)** – eletrodo não consumível usado em corte ou soldagem a arco elétrico, consistindo de uma vareta de carbono ou grafite, que pode ser revestida com cobre ou outros revestimentos.

**Eletrodo nu (*bare electrode*)** – metal de adição consistindo de um metal ligado ou não, produzido em forma de arame, fita ou barra, e sem nenhum revestimento ou pintura nele aplicado, além daquele concomitante à sua fabricação ou preservação.

**Eletrodo revestido (*covered electrode*)** – metal de adição composto, consistindo de uma alma de eletrodo no qual um revestimento é aplicado, suficiente para produzir uma camada de escória no metal de solda. O revestimento pode conter materiais que formam uma atmosfera protetora, desoxidam o banho, estabilizam o arco e que servem de fonte de adições metálicas à solda.

**Eletrodo para solda a arco (*arc welding electrode*)** – componente do circuito de solda através do qual a corrente é conduzida entre o porta-eletrodo e o arco.

**Eletrodo tubular (*flux cored electrode*)** – metal de adição composto, consistindo de um tubo de metal ou outra configuração oca, contendo produtos que formam uma atmosfera protetora, desoxidam o banho, estabilizam o arco, formam escória ou que contribuam com elementos de liga para o metal de solda. Proteção adicional externa pode ou não ser usada.

**Eletrodo de tungstênio (*tungsten electrode*)** - eletrodo metálico, não consumível, usado em soldagem ou corte a arco elétrico, feito principalmente de tungstênio.

**Equipamento (*weldment*)** – produto de fabricação, construção e/ou montagem soldada, tais como: equipamentos de caldeiraria, tubulação, estruturas metálicas, oleodutos e gasodutos.

**Equipamentos de soldagem** – máquinas, ferramentas, instrumentos, estufas e dispositivos empregados na operação de soldagem.

**Escama de solda (*stringer bead, weave bead*)** – aspecto da face da solda semelhante a escamas de peixe. Em deposição sem oscilação transversal (*stringer bead*), assemelha-se a uma fileira de letras V; em deposição com oscilação transversal (*weave bead*), assemelha-se a escamas entrelaçadas.

**Escória (*slag*)** – resíduo não metálico proveniente da dissolução do fluxo ou revestimento e impurezas não metálicas na soldagem e brazagem.

**Face do chanfro (*groove face*)** – superfície de um componente localizada no interior do chanfro.

**Face da raiz (*root face*)** – parte da face do chanfro adjacente à raiz da junta.

**Face de fusão (*fusion face*)** – superfície do metal de base que será fundida na soldagem.

**Face da solda (*weld face*)** – superfície exposta da solda, pelo lado por onde a solda foi executada.

**Fluxo (*flux*)** – composto mineral granular cujo objetivo é proteger a poça de fusão, purificar a zona fundida, modificar a composição química do metal de solda, influenciar as propriedades mecânicas.

**Gabarito de solda (*weld gage*)** – dispositivo para verificar a forma e a dimensão de soldas. Também chamado de “Calibre de Solda”.

**Garganta de solda (*fillet weld throat*)** - dimensão em uma solda em ângulo determinada de três modos:

- Teórica: altura do maior triângulo retângulo inscrito na seção transversal da solda;
- Efetiva: distância mínima da raiz da solda à sua face, excluindo qualquer reforço;
- Real: distância entre a raiz da solda e a face da solda.

**Gás de proteção (*shielding gas*)** – gás utilizado para prevenir contaminação indesejada pela atmosfera.

**Gás inerte (*inert gas*)** – gás que não combina quimicamente com o metal de base ou metal de adição.

**Geometria da junta (*joint geometry*)** – forma e dimensões da seção transversal de uma junta antes da soldagem.

**Goivagem (*gouging*)** – variação do processo de corte térmico que remove metal por fusão com objetivo de fabricar um bisel ou chanfro.

**Goivagem a arco (*arc gouging*)** – goivagem térmica que usa uma variação do processo de corte a arco para fabricar um bisel ou chanfro.

**Goivagem por trás (*back gouging*)** – remoção do metal de solda e do metal de base pelo lado oposto de uma junta parcialmente soldada, para assegurar penetração completa pela subsequente soldagem pelo lado onde foi efetuada a goivagem.

**Inspetor de soldagem (*welding inspector*)** - profissional qualificado, empregado pela executante dos serviços para exercer as atividades de controle de qualidade relativas à soldagem.

**Junta (*joint*)** – região onde duas ou mais peças serão unidas por soldagem.

**Junta de aresta (*edge-joint*)** – junta entre as extremidades de dois ou mais membros paralelos ou parcialmente paralelos.

**Junta de ângulo (*corner joint, T-joint*)** – junta em que, numa seção transversal, os componentes a soldar apresentam-se sob forma de um ângulo. As juntas podem ser:

- Junta de ângulo em quina;
- Junta de ângulo em L;
- Junta de ângulo em T;
- Junta de ângulo em ângulo.

**Junta dissimilar (*dissimilar joint*)** – junta soldada, cuja composição química do metal de base dos componentes difere entre si significativamente.

**Junta sobreposta (*lap joint*)** – junta formada por dois componentes a soldar, de tal maneira que suas superfícies sobrepõem-se.

**Junta soldada (*welded joint*)** – união obtida por soldagem, de dois ou mais componentes incluindo zona fundida, zona de ligação, zona afetada termicamente e metal de base nas proximidades da solda.

**Junta de topo (*butt joint*)** – junta entre dois membros alinhados aproximadamente no mesmo plano.

**Margem de solda (*weld toe*)** – junção entre a face da solda e o metal de base.

**Martelamento (*peening*)** – trabalho mecânico, aplicado à zona fundida da solda por meio de impactos, destinado a controlar deformações da junta soldada.

**Metal de adição (*filler metal*)** – metal ou liga a ser adicionado para a fabricação de uma junta soldada ou brasada.

**Metal de base (*base metal*)** – metal ou liga a ser soldado, brasado ou cortado.

**Metal depositado (*deposited metal*)** – metal de adição que foi depositado durante a operação de soldagem.

**Metal de solda (*weld metal*)** – porção da junta soldada que foi completamente fundida durante a soldagem.

**Operador de soldagem (*welding operator*)** – profissional capacitado a operar equipamento de soldagem automática, mecanizado ou robotizado.

**Passe de solda (*weld pass*)** – progressão unitária da soldagem ao longo de uma junta. O

resultado de um passe: cordão de solda, camada.

**Passe estreito (*stringer bead*)** – depósito efetuado seguindo a linha de solda, sem movimento lateral apreciável.

**Passe oscilante (*weave bead*)** – depósito efetuado com movimento lateral (oscilação transversal), em relação a linha de solda.

**Passe de revestimento (*cover bead*)** – passe ou camada depositada em condições que permitam a modificação estrutural do passe ou camada anterior e de suas zonas afetadas termicamente.

**Penetração da junta (*joint penetration*)** – numa junta de topo, é a profundidade da solda medida entre a face da solda e sua extensão na junta, exclusive reforços. A penetração da junta pode incluir a penetração da raiz. Numa junta em ângulo, é a distância entre a margem e a raiz da solda, tomada de uma reta perpendicular à superfície do metal de base.

**Penetração total da junta (*complete joint penetration*)** – penetração de junta na qual o metal de solda preenche totalmente o chanfro, fundindo-se completamente ao metal de base em toda a extensão das faces do chanfro.

**Penetração da raiz (*root penetration*)** – profundidade com que a solda se prolonga na raiz da junta.

**Perna de solda (*fillet weld leg*)** – distância da raiz da junta à margem da solda em ângulo.

**Poça de fusão (*weld pool*)** – volume localizado de metal líquido proveniente de metal de adição e metal de base de sua solidificação como metal de solda.

**Polaridade direta (*straight polarity*)** – tipo de ligação para soldagem com corrente contínua, onde os elétrons deslocam-se do eletrodo para a peça (a peça é considerada como pólo positivo e o eletrodo como pólo negativo).

**Polaridade inversa (*reverse polarity*)** – tipo de ligação para soldagem com corrente contínua, onde os elétrons deslocam-se da peça para o eletrodo (a peça é considerada como pólo negativo e o eletrodo como pólo positivo).

**Porta-eletrodo (*electrode holder*)** – dispositivos usados para prender mecanicamente o eletrodo revestido, enquanto conduz corrente através dele.

**Pós-aquecimento (*postheating*)** – aplicação de calor na junta soldada, imediatamente após a deposição da solda, com a finalidade principal de remover hidrogênio difusível.

**Posição horizontal (*horizontal position*)** – em soldas em ângulo, posição na qual a soldagem é executada pelo lado superior entre um metal de base posicionado aproximadamente horizontal e um outro posicionado aproximadamente vertical; em soldas em chanfro, posição na qual o eixo da solda está num plano aproximadamente horizontal e a face da solda se encontra em um plano aproximadamente vertical.

**Posição plana (*flat position*)** – posição de soldagem utilizada, quando a junta é soldada pelo seu lado superior, a face da solda se encontra em um plano aproximadamente horizontal.

**Posição vertical (*vertical position*)** – posição de soldagem na qual o eixo da solda é aproximadamente vertical. Na soldagem de tubos, é a posição da junta na qual a soldagem é executada com o tubo na posição horizontal, caso o tubo possa ser girado, é possível que o tubo seja soldado apenas na posição vertical dependendo onde se posicione o soldador. Com o tubo fixo, o soldador terá que soldar nas posições plana, vertical e sobre-cabeça para executar toda a solda.

**Posição sobre-cabeça (*overhead position*)** – posição na qual se executa a soldagem pelo lado inferior da junta.

**Preaquecimento (*preheat*)** – aplicação de calor no metal de base imediatamente antes da soldagem, brasagem ou corte.

**Preaquecimento localizado (*local preheating*)** – preaquecimento de uma porção específica de uma estrutura.

**Procedimento de soldagem ou procedimento de soldagem da executante (*welding procedure, welding procedure specification*)** – documento emitido pela executante dos serviços, descrevendo detalhadamente todos os parâmetros e as condições da operação de soldagem para uma aplicação específica para garantir repetibilidade.

**Processo de soldagem (*welding process*)** – processo utilizado para unir materiais pelo aquecimento deste as temperaturas adequadas com ou sem aplicação de pressão e com ou

sem a participação de metal de adição.

**Profundidade de fusão (*depth of fusion*)** – distância que a fusão atinge no metal de base ou no passe anterior, a partir da superfície fundida durante a soldagem.

**Qualificação de procedimento (*procedure qualification*)** – demonstração pela qual soldas executadas por um procedimento específico podem atingir os requisitos preestabelecidos.

**Qualificação de soldador (*welder performance qualification*)** – demonstração da habilidade de um soldador em executar soldas que atendam padrões preestabelecidos.

**Raiz da junta (*joint root*)** – porção da junta a ser soldada onde os membros estão o mais próximo possível entre si. Em seção transversal a raiz pode ser um ponto, uma linha ou uma área.

**Raiz de solda (*weld root*)** – pontos, nos quais a parte posterior da solda intersecta as superfícies do metal de base.

**Reforço de solda (*weld reinforcement*)** – metal de solda em excesso, além do necessário para preencher a junta; excesso de metal depositado nos últimos passes (ou na última camada), podendo ser a face da solda e/ou na raiz da solda.

**Reforço da face (*face reinforcement*)** – reforço de solda localizado no lado onde a solda foi feita.

**Reforço da raiz (*root reinforcement*)** – reforço da solda localizado no lado oposto por onde a solda foi feita.

**Registro da Qualificação de Procedimentos de Soldagem (RQPS) (*procedure qualification record*)** – documento emitido pela executante dos serviços que fornece as variáveis reais de soldagem usadas para produzir uma chapa ou tubo de teste aceitável, onde também estão incluídos os resultados dos testes realizados na junta soldada para qualificar uma especificação de procedimento de soldagem.

**Revestimento do chanfro (*buttering*)** – também conhecido como “amanteigamento”. Revestimento produzido por uma ou mais camadas de solda depositada na face do chanfro com objetivo de produzir um metal de solda compatível metalurgicamente com o metal de base do outro componente.

**Revestimento do eletrodo (*covering electrode*)** – material sob a forma de pó, extrudado ao redor da alma do eletrodo, consistindo de diferentes tipos de substâncias, que tem como função estabilizar o arco, gerar gases, formar escória, fornecer elementos de liga, fixar o revestimento.

**Seqüência de passes (*joint buildup sequence*)** – ordem pela qual os passes de uma solda multi-passe são depositados com relação à seção transversal da junta.

**Seqüência de soldagem (*welding sequence*)** – ordem pela qual são executadas as soldas em um equipamento.

**Solda (*weld*)** – união localizada de metais ou não-metais, produzida pelo aquecimento dos materiais a temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão, ou pela aplicação de pressão apenas, e com ou sem a utilização de metal de adição.

**Solda autógena (*autogenous weld*)** – solda de fusão sem a participação de metal de adição.

**Solda automática (*automatic welding*)** – soldagem com aquecimento que executa toda a operação sob observação e controle de um operador de soldagem.

**Solda de aresta (*edge weld*)** – solda executada numa junta de aresta.

**Solda de costura (*seam weld*)** – solda contínua executada entre ou em cima de membros sobrepostos, na qual a união pode iniciar e ocorrer nas superfícies de contato ou pode se dar pela parte exterior de um dos membros. A solda contínua pode consistir de um único passe ou de uma série de pontos de solda sobrepostos.

**Solda de selagem (*seal weld*)** - qualquer solda projetada com a finalidade principal de impedir vazamentos.

**Solda de tampão (*plug weld/slot weld*)** – solda executada através de um furo circular ou alongado num membro de uma junta sobreposta ou em T, unindo um membro ao outro. As paredes do furo podem ser ou não paralelas e o furo pode ser parcial ou totalmente preenchido com metal de solda.

**Solda de topo (*butt weld*)** – solda executada em uma junta de topo.

**Solda descontínua (*intermittent weld*)** – solda na qual a continuidade é interrompida por



espaçamentos sem solda.

**Solda descontínua coincidente** – ver definição de solda em cadeia.

**Solda descontínua intercalada** – ver definição de solda em escalão.

**Solda em ângulo (*fillet weld*)** – solda de seção transversal aproximadamente triangular que une duas superfícies em ângulo, em uma junta sobreposta, junta em T, junta em quina.

**Solda em cadeia (*chain intermittent fillet weld*)** – solda em ângulo composta de cordões intermitentes (cordões igualmente espaçados) que coincidem entre si, de tal modo que a um trecho de cordão sempre se opõe a um outro.

**Solda em chanfro (*groove weld*)** – solda executada em um chanfro localizado entre componentes.

**Solda em escalão (*staggered intermittent fillet weld*)** – solda intermitente, em ambos os lados de uma junta, composta de trechos de cordões que se alternam entre si, de tal modo que a um trecho do cordão de um lado se opõe uma parte não soldada do outro lado.

**Solda heterogênea** – solda cuja composição química da zona fundida, difere significativamente do(s) metal(ais) de base, no que se refere aos elementos de liga.

**Solda homogênea** – solda cuja composição química da zona fundida é próxima a do metal de base.

**Solda por pontos (*spot weld*)** – solda executada entre ou sobre componentes sobrepostos cuja fusão ocorre entre as superfícies em contato ou sobre a superfície externa de um dos componentes. A seção transversal da solda no plano da junta é aproximadamente circular.

**Solda provisória (*tack weld*)** – também conhecida como “Ponteamento”, é a solda destinada a manter membros ou componentes adequadamente ajustados até a conclusão da soldagem.

**Soldabilidade (*weldability*)** – capacidade de um metal ser soldado, sob condições de fabricação obrigatórias a uma estrutura específica adequadamente projetada, e de apresentar desempenho satisfatório em serviço.

**Soldador (*welder*)** – profissional capacitado a executar soldagem manual e/ou semi-automática.

**Soldagem (*welding*)** – processo utilizado para unir materiais por meio de solda.

**Soldagem a arco (*arc welding*)** – grupo de processos de soldagem que produz a união de metais pelo aquecimento destes por meio de um arco elétrico, com ou sem a aplicação de pressão e com ou sem o uso de metal de adição.

**Soldagem automática (*automatic welding*)** – processo no qual toda a operação é executada e controlada automaticamente, sem a interveniência do operador.

**Soldagem com passe a ré (*backstep sequence*)** – soldagem na qual trechos do cordão de solda são executados em sentido oposto ao da progressão da soldagem, de forma que cada trecho termine no início do anterior, formando ao todo, um único cordão.

**Soldagem manual (*manual welding*)** – processo no qual toda a operação pe executada e controlada manualmente.

**Soldagem semi-automática (*semiautomatic arc welding*)** – soldagem a arco com equipamento que controla somente o avanço do metal de adição. O avanço da soldagem é controlado manualmente.

**Sopro magnético (*arc blow*)** – deflexão de um arco elétrico, de seu percurso normal, devido a forças magnéticas.

**Taxas de deposição (*deposition rate*)** – peso de material depositado por unidade de tempo.

**Técnica de soldagem (*welding technique*)** – detalhes de um procedimento de soldagem que são controlados pelo soldador ou operador de soldagem.

**Temperatura de interpasse (*interpass temperature*)** – em soldagem multi-passe, temperatura (mínima ou máxima como especificado) do metal de solda antes do passe seguinte ter começado.

**Tensão do arco (*arc voltage*)** – tensão através do arco elétrico.

**Tensão residual (*residual stress*)** – tensão remanescente numa estrutura ou membro, estando este livre de forças externas ou gradientes térmicos.

**Tensão térmica (*thermal stress*)** – tensão no metal resultante de distribuição não uniforme de temperaturas.

**Velocidade de avanço** – é a velocidade de deslocamento da poça de fusão durante a

soldagem.

**Vareta de solda (*welding rod*)** – tipo de metal de adição utilizado para soldagem ou brasagem, o qual não conduz corrente elétrica durante o processo.

**Zona afetada termicamente (*heat-affected zone*)** – região do metal de base que não foi fundida durante a soldagem, mas cujas propriedades mecânicas e microestrutura foram alteradas devido à geração de calor, imposta pela soldagem, brasagem ou corte.

**Zona de fusão (*fusion zone*)** – região do metal de base que sofre fusão durante a soldagem.

**Zona fundida** – região da junta soldada que sofre fusão durante a soldagem.

**Zona de ligação** – região da junta soldada que envolve a zona que sofre fusão durante a soldagem.

## 4 DEFEITOS DO METAL DE SOLDA

Alguns dos defeitos que podem ocorrer no metal de solda são:

- Trincas de solidificação ou trincas a quente;
- Trincas induzidas por hidrogênio no metal de solda;
- Porosidade;
- Inclusões de escória ou outras inclusões;
- Trincas de cratera;
- Falta de fusão;
- Perfil do cordão desfavorável.

### 4.1 Trincas de solidificação

A maioria dos aços pode ser soldada com um metal de solda de composição similar à do metal de base. Muitos aços com alto teor de liga e a maioria das ligas não ferrosas requerem eletrodos ou metal de adição diferentes do metal de base porque possuem uma faixa de temperatura de solidificação maior do que outras ligas. Isso torna essas ligas suscetíveis à fissuração de solidificação ou a quente, que pode ser evitada mediante a escolha de consumíveis especiais que proporcionam a adição de elementos que reduzem a faixa de temperatura de solidificação. A fissuração a quente também é fortemente influenciada pela direção de solidificação dos grãos na solda (FIG. 1).

Quando grãos de lados opostos crescem juntos numa forma colunar, impurezas e constituintes de baixo ponto de fusão podem ser empurrados na frente de solidificação para formar uma linha fraca no centro da solda. Soldas em aços de baixo carbono que porventura possam conter alto teor de enxofre podem se comportar dessa forma, de modo que pode ocorrer fissuração no centro da solda.

Mesmo com teores normais de enxofre pode ainda existir a linha fraca no centro da solda que pode se romper sob as deformações de soldagem, sendo por este motivo que cordões de penetração muito profundos são normalmente evitados.

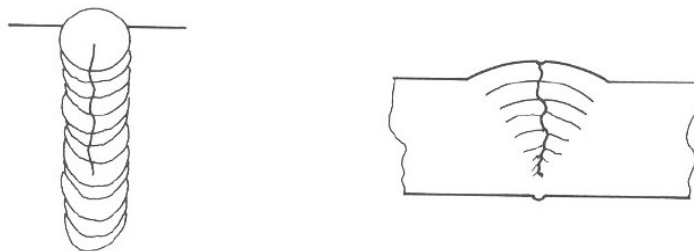


Figura 1 - Fissuração no centro do cordão em um passe único de alta penetração Trincas induzidas por hidrogênio.

Fonte: ESAB, 2004.

Esse modo de fissuração acontece a temperaturas próximas da ambiente, sendo mais comumente observada na zona termicamente afetada. O hidrogênio é introduzido na poça de fusão através da umidade ou do hidrogênio contidos nos compostos dos fluxos ou nas superfícies dos arames ou do metal de base, resultando em que a poça de fusão e o cordão de solda já solidificado tornam-se um reservatório de hidrogênio dissolvido.

Numa poça de fusão de aço o hidrogênio se difunde do cordão de solda para as regiões adjacentes da zona termicamente afetada que foram reaquecidas suficientemente para formar austenita. À medida que a solda se resfria a austenita se transforma e dificulta a difusão posterior do hidrogênio. O hidrogênio retido nessa região adjacente ao cordão de solda pode causar fissuração.

## 4.2 Porosidade

A porosidade pode ocorrer de três modos. Primeiro, como resultado de reações químicas na poça de fusão, isto é, se uma poça de fusão de aço for inadequadamente desoxidada, os óxidos de ferro poderão reagir com o carbono presente para liberar monóxido de carbono (CO). A porosidade pode ocorrer no início do cordão de solda na soldagem manual com eletrodo revestido porque nesse ponto a proteção não é totalmente efetiva. Segundo, pela expulsão de gás de solução à medida que a solda solidifica, como acontece na soldagem de ligas de alumínio quando o hidrogênio originado da umidade é absorvido pela poça e mais tarde liberado. Terceiro, pelo aprisionamento de gases na base de poças de fusão turbulentas na soldagem com gás de proteção, ou o gás evoluído durante a soldagem do outro lado de uma junta em "T" numa chapa com tinta de fundo. A maioria desses efeitos pode ser facilmente evitada, embora a porosidade não seja um defeito excessivamente danoso às propriedades mecânicas, exceto quando aflora à superfície. Quando isso acontece, pode favorecer a formação de entalhes que poderão causar falha prematura por fadiga, por exemplo.

## 4.3 Inclusões

Com processos que utilizam fluxo é possível que algumas partículas desse fluxo sejam deixadas para trás, formando inclusões no cordão de solda. É mais provável de as inclusões ocorrerem entre passes subseqüentes ou entre o metal de solda e o chanfro do metal de base.

A causa mais comum é a limpeza inadequada entre passes agravada por uma técnica de soldagem ruim, com cordões de solda sem concordância entre si ou com o metal de base. Assim como na porosidade, inclusões isoladas não são muito danosas às propriedades mecânicas, porém inclusões alinhadas em certas posições críticas como, por exemplo, na direção transversal à tensão aplicada, podem iniciar o processo de fratura.

Há outras formas de inclusões que são mais comuns em soldas de ligas não ferrosas ou de aços inoxidáveis do que em aços estruturais. Inclusões de óxidos podem ser encontradas em soldas com gás de proteção onde o gás foi inadequadamente escolhido ou inclusões de tungstênio na soldagem *GTAW (TIG)* com correntes muito altas para o diâmetro do eletrodo de tungstênio ou quando este toca a peça de trabalho.

## 4.4 Defeitos de cratera

Já foi mencionado que a granulação no metal de solda é geralmente colunar. Esses grãos tendem a crescer a partir dos grãos presentes nos contornos de fusão e crescem afastando-se da interface entre o metal líquido e o metal de base na direção oposta ao escoamento de calor. Um ponto fundido estacionário teria naturalmente um contorno aproximado no formato circular, porém o movimento da fonte de calor produz um contorno em forma de lágrima com a cauda na direção oposta ao movimento. Quanto maior for a velocidade de soldagem, mais alongado

será o formato da cauda. Se a fonte de calor for repentinamente removida, a poça fundida solidifica com um vazão que é denominado cratera. A cratera está sujeita a conter trincas de solidificação na forma de estrela. As técnicas de soldagem ao final do cordão de solda são desenvolvidas para corrigir esse fenômeno voltando o arco por alguns momentos para preencher a poça de fusão ou até mesmo reduzindo gradualmente a corrente enquanto se mantém o arco estático.

#### **4.5 Falta de fusão e perfil do cordão desfavorável**

Esses são defeitos comuns fáceis de se evitar. A causa pode ser uma corrente de soldagem muito baixa ou uma velocidade de soldagem inadequada.

#### **4.6 A zona termicamente afetada (ZTA)**

Nenhuma solda por fusão pode ser realizada sem acumular um gradiente térmico no metal de base. A difusão de calor para o metal de base é fortemente influenciada pela temperatura da poça de fusão e pela velocidade de soldagem. Soldagem com alta potência e alta velocidade reduz o gradiente térmico.

Num ponto da ZTA logo além da borda da poça de fusão a temperatura aumenta rapidamente a um nível próximo do da poça de fusão e diminui rapidamente produzindo um efeito como o de têmpera.

Em aços essa região torna-se austenítica durante o aquecimento e pode conter o constituinte duro conhecido como martensita quando se resfria. Essa região desenvolve grãos grosseiros (região de crescimento de grão), porém um pouco mais além, onde a temperatura não foi tão alta, entrando na faixa acima da temperatura de transformação mas não atingindo a região austenítica, o tamanho de grão é menor (região de refino de grão). Mais além ainda, não há alteração no tamanho de grão, mas o calor é suficiente para reduzir a dureza dessa região e eliminar até certo ponto os efeitos de qualquer encruamento (região intercrítica). Efeitos metalúrgicos similares são também observados na ZTA após cortes com aporte térmico.

Em materiais endurecíveis por solução sólida como ligas de alumínio, por exemplo, a região próxima à poça de fusão torna-se efetivamente solubilizada por tratamento térmico e terá sua dureza aumentada com o tempo ou com um tratamento térmico subsequente a baixas temperaturas, causando endurecimento por precipitação.

Em materiais que não sofrem transformação, como os aços, nem endurecem por solução sólida, como ligas de alumínio tratáveis termicamente, os efeitos do calor são mais simples, sendo aplicados principalmente para reduzir a dureza e para a eliminação completa ou parcial do encruamento.

Raramente a condição de soldagem é tão simples como foi descrita acima porque os metais de base são freqüentemente imperfeitos quando observados detalhadamente, sendo também possível para a poça de fusão introduzir hidrogênio na zona termicamente afetada.

Esta é, portanto, uma região potencial de defeitos e seu comportamento em um material qualquer é um aspecto importante da consideração de soldabilidade. Soldabilidade, no entanto, é uma propriedade do material que não pode ser definida precisamente porque varia com o processo empregado e com a maneira como o processo é utilizado. Materiais com soldabilidade ruim podem ser soldados satisfatoriamente desde que seja tomado muito cuidado na seleção do consumível, no controle da soldagem e na inspeção final. Isso freqüentemente significa muitos testes antes da produção e naturalmente um aumento nos custos.

#### 4.6.1 Defeitos na ZTA

Alguns dos defeitos que podem ocorrer na ZTA são:

- Fissuração por hidrogênio (designada também por fissuração sob cordão);
- Decoção lamelar;
- Trincas de reaquecimento;
- Fissuração por corrosão sob tensão;
- Trincas de liquação ou microfissuração;
- Fissuração da ZTA por hidrogênio.

Esse tipo de fissuração pode ocorrer nos aços e resulta da presença de hidrogênio numa microestrutura temperada suscetível à fissuração como a martensita, aliada à tensão aplicada. Normalmente pouco pode ser feito sobre a tensão, embora seja conhecido que juntas com aberturas excessivas sejam mais suscetíveis à fissuração. As medidas práticas para evitar a fissuração dependem de reduzir o hidrogênio na poça de fusão e evitar uma ZTA endurecida (FIG. 2).

Anteriormente foi descrito como a poça de fusão pode fornecer uma fonte de hidrogênio que se difunda da fase austenítica para a ZTA. Quando a região próxima à solda se resfria a mobilidade do hidrogênio diminui e ele tende a permanecer onde puder causar fissuração. O nível de hidrogênio é controlado por um tipo adequado de consumível de soldagem e pela garantia de que ele esteja seco. Eletrodos rútilicos depositam metal de solda com teor de hidrogênio maior que eletrodos básicos, que são os preferidos para a soldagem de aços de alta resistência e também para juntas com espessura superior a 25 mm. Quando se soldam aços altamente sensíveis ao hidrogênio difusível pode ser empregado um eletrodo inoxidável austenítico já que esse metal de solda não sofre transformação metalúrgica e resulta em um bom recipiente para o hidrogênio.

Para qualquer aço a dureza atingida na ZTA depende diretamente da taxa de resfriamento e quanto maior a taxa de resfriamento mais facilmente a estrutura pode trincar. Um importante fator influenciando a taxa de resfriamento é a massa de material sendo soldada: quanto maior a espessura da junta, maior a velocidade de resfriamento. O tipo de junta também afeta a taxa de resfriamento pelo número de caminhos ao longo dos quais o calor pode fluir. Numa junta de topo há dois caminhos. Por outro lado, numa junta em ângulo há três caminhos, de tal modo que um cordão de solda de mesmo tamanho nessa junta resfria-se mais rapidamente (FIG. 3).

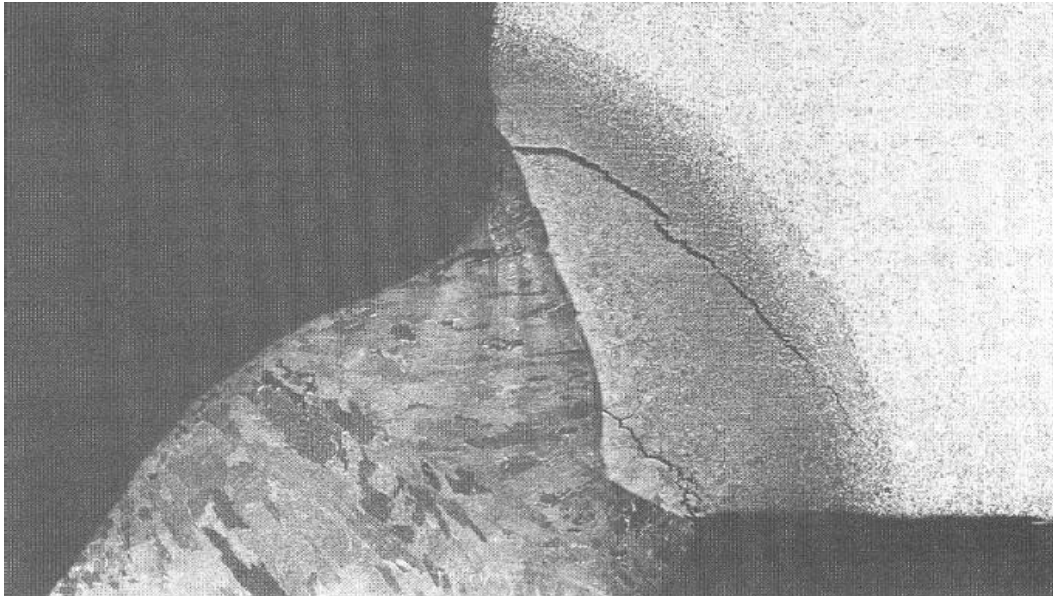


Figura 2 - Trincas por hidrogênio na zona termicamente afetada numa junta em ângulo feita com um eletrodo rutilico.  
Fonte: ESAB 2004.

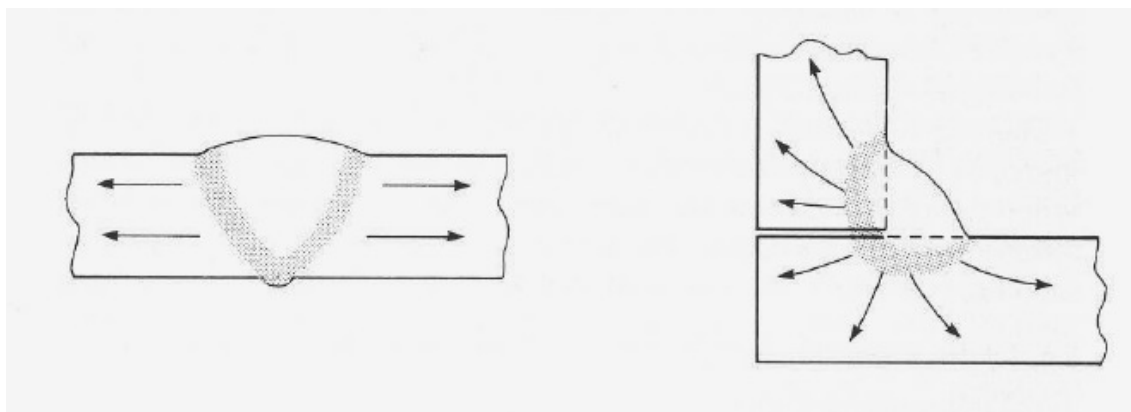


Figura 3 - Caminhos do fluxo de calor em juntas de topo e em ângulo.  
Fonte: ESAB, 2004.

O controle da microestrutura é alcançado principalmente de duas maneiras. Primeiro, escolhendo um aço que tenha uma temperabilidade adequada. A temperabilidade de um aço é determinada por seu teor de carbono e de outros elementos de liga como manganês, cromo, molibdênio e vanádio, existindo várias equações para estimar o carbono equivalente a partir da composição química de um aço. Segundo, a microestrutura pode ser controlada reduzindo-se a taxa de resfriamento que, para qualquer tipo de junta, pode ser conseguido de duas maneiras: elevando o aporte térmico pelo aumento do tamanho do cordão de solda e/ou reduzindo a velocidade de soldagem.

Em termos de soldagem ao arco elétrico, isso significa empregar eletrodos de diâmetro maior ou empregando pré-aquecimento.

A fissuração induzida por hidrogênio ocorre apenas a temperaturas em torno da temperatura ambiente, de modo que, se for realizado um pós-aquecimento (manutenção da temperatura após a soldagem) por um tempo dependente da espessura do aço, haverá a difusão do hidrogênio para fora da região da solda antes que a fissuração possa acontecer.

Um carbono equivalente menor que 0,40% indica que o aço apresenta boa soldabilidade,

porém valores acima desse podem tornar necessárias algumas precauções adicionais com o pré-aquecimento ou com o aporte térmico. Como o pré-aquecimento é caro e difícil de ser empregado, pode ser evitado quando se aplicam eletrodos básicos em vez de rutilicos ou, em casos extremos, aplicando-se eletrodos austeníticos.

Tomando-se cuidado, a fissuração na ZTA pode ser evitada, mas é um defeito difícil de ser notado, particularmente em juntas em ângulo, onde pode aparecer na garganta da junta, que é uma área sujeita a concentração de tensões. Como uma alta taxa de resfriamento é um grande agente contribuinte para a fissuração por hidrogênio, pequenos cordões de solda como pontos de solda (ou mesmo aberturas involuntárias de arco) são sítios potenciais para a ocorrência desse fenômeno, devendo ser tratados com o mesmo cuidado que a solda principal ou definitiva.

- Decoção lamelar

Esse defeito ocorre em chapas grossas como resultado de imperfeições no metal de base acentuadas pelas deformações de soldagem e projeto de junta inadequado. Chapas de aço são provavelmente afetadas devido as suas pobres propriedades ao longo da espessura provenientes de regiões finas de inclusões não metálicas dispostas em camadas paralelas à superfície. Essas são abertas pelas deformações de soldagem, formam trincas próximas à ZTA e se propagam na forma de degraus (FIG. 4). A condição é agravada pela presença de até mesmo pequenas quantidades de hidrogênio. Se existir a suspeita de que o aço possa ser suscetível à decoção lamelar, as juntas devem ser projetadas para evitar ao máximo a contração que ocorre na direção da espessura, isto é, evitando juntas cruciformes ou cordões espessos e empregando eletrodos básicos adequadamente ressecados. Almofoadar para proteger áreas sensíveis é útil antes da solda definitiva ou durante a própria soldagem que seria, na realidade, uma seqüência de passes controlada (FIG. 4). É melhor, contudo, estimar o risco de decoção lamelar antes que a solda comece e, se necessário, pedir a chapa de aço com propriedades apropriadas na direção da espessura.

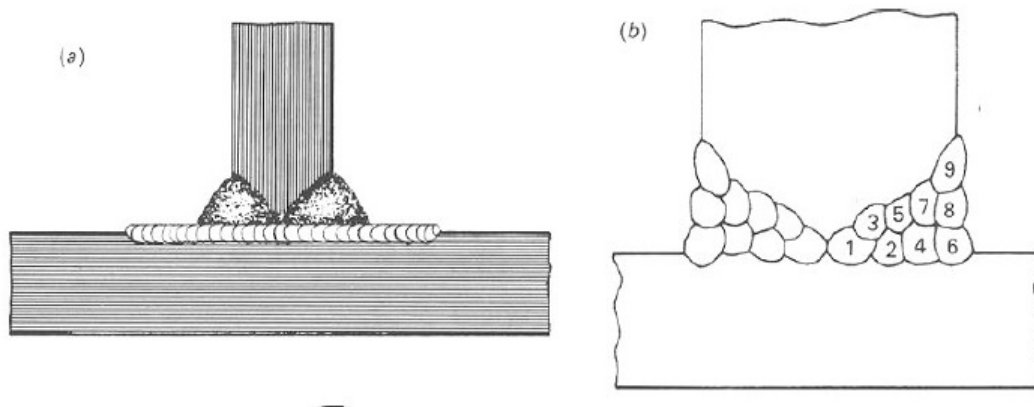


Figura 4 - Princípios de (a) almofadamento e (b) almofadamento durante a própria soldagem para reduzir o risco de decoção lamelar.

Fonte: ESAB 2004.

- Trincas de reaquecimento

Esse fenômeno pode acontecer em alguns aços de baixa liga nos contornos de grão, normalmente na região de granulação grosseira da ZTA, após a solda ter entrado em serviço a altas temperaturas ou ter sido tratada termicamente. As causas reais para esse fenômeno são complexas e não estão completamente entendidas, mas o mecanismo pode envolver endurecimento no interior dos grãos pelos formadores de carbonetos como cromo, molibdênio e vanádio, concentrando a deformação nos contornos de grão que, se contiverem impurezas

como enxofre, fósforo, estanho, antimônio e arsênio, poderá haver colapso nessas regiões.

- Fissuração por corrosão sob tensão

É uma forma de fissuração que pode ocorrer em muitos materiais e está usualmente associada à presença de um meio corrosivo como, por exemplo, sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), podendo atacar a região endurecida da ZTA em tubulações de aço. Por isso é especificada muitas vezes uma dureza máxima. Precauções gerais contra a corrosão sob tensão incluem a seleção cuidadosa do metal de base e de um tratamento pós-soldagem adequado para reduzir as tensões e colocar a ZTA em sua condição microestrutural mais adequada.

- Trincas de liquação

Outros possíveis defeitos na ZTA incluem trincas de liquação causadas pela fusão de constituintes de baixo ponto de fusão presentes nos contornos de grão, resultando em microtrincas que podem posteriormente formar sítios de propagação de trincas maiores.

## **5 NOÇÕES SOBRE ESPECIFICAÇÕES DA (AWS)**

Essa especificação da American Welding Society (AWS) foi desenvolvida ao longo dos anos por um comitê composto de membros que representam os fabricantes de consumíveis, usuários da indústria de soldagem e membros independentes de universidades e laboratórios.

Os metais de adição são agrupados em função da composição química do metal depositado ou do consumível e o processo de soldagem. A especificação indica os requisitos para os consumíveis de acordo com seu emprego.

Para enquadrar-se numa especificação AWS, os consumíveis devem atender os requisitos específicos, tais como:

- Propriedades mecânicas do metal depositado;
- Composição química do metal depositado;
- Sanidade do metal depositado.

### **5.1 Diferença entre especificação e classificação**

A especificação AWS estabelece as condições de testes para os consumíveis a serem realizados pelo fabricante, a fim de verificar se a solda produzida apresenta as propriedades mecânicas mínimas exigidas.

Desta forma, a especificação além de classificar os consumíveis, determina que os mesmos atendam os requisitos de:

- Fabricação;
- Critérios de aceitação;
- Composição química do metal depositado;
- Propriedades mecânicas do metal depositado;
- Exame radiográfico do metal depositado;
- Embalagem;
- Identificação;
- Garantia.

Por outro lado, a classificação AWS refere-se a um consumível e a respeito do mesmo fornece, em valores aproximados, algumas das suas propriedades mecânicas, como também a sua composição química e particularidades, ou seja, fornece ao consumível uma designação lógica,



que permita identificá-lo mais facilmente e suas características principais.

Exemplo AWS A5.18 – Classificação dos Metais de Adição de Aços ao Carbono para Soldagem a Arco com Gás de Proteção

E R XX S - X  
1 2 3 4 5

Dígito 1 – a letra E designa um eletrodo;

Dígito 2 – a letra R designa uma vareta;

Dígito 3 – esses dígitos em número de dois ou três indicam o limite de resistência à tração mínimo do metal de solda em “Ksi”;

Dígito 4 – a letra S designa vareta ou arame sólido;

Dígito 5 – indica a composição química.

## **6 NORMAS/CÓDIGOS**

### **6.1 Normas de projeto**

São aquelas que definem parâmetros recomendados ou obrigatórios para uma obra nos requisitos de:

- Projeto;
- Fabricação;
- Inspeção;
- Testes;
- Certificação.

### **6.2 Normas de qualificação**

São aquelas que definem como deve ser feita a qualificação de procedimento e de pessoal envolvido com o processo de soldagem e técnicas conexas

Exemplos: ASME IX, AWS D1.1 e API1104.

### **6.3 Normas de materiais**

São aquelas que definem os requisitos para a fabricação e identificação de materiais, assim como suas propriedades mecânicas e químicas.

Exemplos: ASNEII A, ASTM SEC1 e API 5L.

### **6.4 Normas de consumíveis**

São aquelas que definem quais são os requisitos para a fabricação englobando testes e ensaios para assegurar as suas propriedades mecânicas e composição química.

Exemplos: AWS 5.1, AWS 5.4, AWS 5.5, AWS 5.18 e AWS 5.22.

### **6.5 Siglas**

- AWS - *American Welding Society* (Sociedade americana de soldagem);
- ASME - *American Society of Mechanical Engineer* (Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos);
- ASTM - *American Society for Test and Materials* (Sociedade Americana de Teste e

Materiais);

- API - *American Petroleum Institute* (Instituto Americano de Petróleo);
- ANSI - *American National Standard Institute* (Instituto Americano de Normalização).

## 7 ENSAIOS MECÂNICOS

Os ensaios mecânicos são considerados como ensaios destrutivos, pois na maioria das vezes provocam a ruptura ou a inutilização da peça ensaiada. As propriedades mecânicas constituem uma das características mais importantes dos metais em suas várias aplicações na engenharia, visto que, o projeto e a execução de estruturas metálicas são baseados no comportamento destas propriedades.

As propriedades mecânicas avaliam o comportamento de um material sujeito a esforços de natureza mecânica e correspondem às propriedades que, num determinado material, determinam a sua capacidade de transmitir e resistir aos esforços que lhe são aplicados, sem romper ou sem que produzam deformações instáveis.

A determinação das propriedades mecânicas dos metais é obtida através de ensaios mecânicos, realizados em corpos de prova (c.p.) de dimensões, forma e procedimento ou especificação de ensaio, padronizados por normas brasileiras e estrangeiras. A solda constitui uma forma de união metálica com continuidade entre componentes de uma estrutura ou equipamento e por esta razão suas propriedades devem ser compatíveis com as propriedades mecânicas do metal de base.

Desta forma, os resultados dos ensaios mecânicos desde que satisfatórios, asseguram a qualidade mínima da solda em termos de propriedades mecânicas, bem como servem de base para qualificações do metal de adição, do procedimento de soldagem, de soldadores e para verificar os testes de produção.

Os principais ensaios mecânicos utilizados no controle de qualidade da soldagem são:

- Tração;
- Dobramento;
- Fratura;
- Dureza;
- Impacto Charpy;
- Impacto Drop-Weigh;
- Macrográfico.

## 8 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Os ensaios não destrutivos (END) são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo executados nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção. São largamente utilizados nos setores petroquímico, químico, aeronáutico, aeroespacial, siderúrgico, naval entre outros.

No processo de soldagem os ensaios não destrutivos ocupam um papel muito importante na detecção de defeitos que ocorrem antes, durante e após a execução da soldagem.

Os principais ensaios não destrutivos no controle de qualidade de juntas soldadas são:

- Ensaio visual;
- Ensaio por líquidos penetrantes;
- Ensaio por partículas magnéticas;

- Ensaio por ultra-som;
- Ensaio radiográfico.

## 9 DOCUMENTOS TÉCNICOS

Definições:

- Procedimento de Soldagem: conjunto de variáveis e condições para a execução de uma solda de acordo com as exigências do projeto.
- Especificação de Procedimento de Soldagem: documento que determina os limites para o conjunto de variáveis e condições de um procedimento de soldagem, que devem ser seguidos na sua execução.
- Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem: documento que prova a qualificação do procedimento de soldagem, registrando os dados de execução de solda da peça de teste, além dos resultados dos ensaios requeridos.
- Peça de Teste: peça soldada e identificada para a qualificação de procedimentos de soldagem e/ou qualificação de pessoal.
- Equipamento: produto soldado de fabricação, construção e/ou montagem a ser inspecionado (ex.: equipamento de caldeiraria, tubulação, estruturas metálicas industriais, estruturas metálicas marítimas, oleodutos e gasodutos).
- Especificação de Procedimento de Soldagem: a Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) é um documento preparado para fornecer aos soldadores e operadores de soldagem as diretrizes para a produção de soldas. Para atingir o seu objetivo, deve conter detalhadamente todos os parâmetros e condições da operação de soldagem.

A Especificação de Procedimento de Soldagem é usada pelo inspetor para o acompanhamento das qualificações e da soldagem de produção, com o objetivo de verificar se os parâmetros e condições estabelecidas estão sendo seguidos, como mostra a FIG. 5.





<b>RQS REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR</b>				RQS Nº	
Empregador:				Data	
Nome:			Sinete:		
EPS:	Revisão:	Peça de teste	<input type="checkbox"/> Solda de produção		
Metal Base:		Espessura:			
<b>Variáveis (QW-350)</b>		<b>Dados do teste</b>		<b>Faixa de Qualificação</b>	
Processo (s) de soldagem		<b>SMAW</b>			
Método de aplicação					
Cobre-junta					
<input type="checkbox"/> Chapa <input checked="" type="checkbox"/> Tubo (colocar Ø)					
Metal base: P ou S-N° com P ou S-N°					
Especificação (SFA) (somente para informação)					
Classificação AWS (somente para informação)					
Metal de adição F-N°					
Consumível "enxerto" (GTAW ou PAW)					
Tipo de consumível (sólido, tubular)					
Espessura do depósito para cada processo					
Posição de soldagem					
Progressão de soldagem					
Tipo de gás combustível					
Gás de purga (GTAW, PAW, GMAW)					
Modo de Transferência (GMAW)					
Tipo de corrente e polaridade (GTAW)					
<b>INSPEÇÃO VISUAL (QW-302.4)</b>					
Data da soldagem:		Laudo	Visto do inspetor		
<b>ENSAIO DE DOBRAMENTO GUIADO</b>					
Transversal <input type="checkbox"/>		Longitudinal <input type="checkbox"/>	Face e raiz <input type="checkbox"/>	Lateral <input type="checkbox"/>	
Figura:		Dimensões (mm):			
Identificação	Ø do cutelo	Distância dos roletes	Ângulo	Identificação e dimensões das descontinuidades	
Laboratório:		Relatório:	Laudo:		
<b>EXAME RADIOGRÁFICO QW-191</b>					
Executante do exame:					
Identificação do filme:		Relatório nº.	Laudo:		
<b>TESTE DE SOLDAGEM EM ÂNGULO QW-181.2</b>					
<b>Teste de fratura:</b> soma total dos comprimentos dos defeitos (mm) e %:					
<b>Teste macrográfico – fusão:</b>					
Dimensão da perna (mm)	x	concauidade (mm)	convexidade (mm)		
Nós, abaixo assinados, certificamos que os valores e informações constantes deste documento estão corretos e que a peça de teste foi preparada, soldada e testada de acordo com os requisitos do código.					
<b>OBSERVAÇÕES</b>					
Elaborado		Verificado		Aprovado	

Figura 7 – Registro de qualificação do soldador (RQS).  
Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI-RS, 2007.

- **Relação de Soldadores/Operadores de Soldagem Qualificados:** é um documento técnico com informações resumidas de abrangência das qualificações dos soldadores e operadores de soldagem qualificados.

O resumo contido nesta relação fornece ao Inspetor de Soldagem os dados que possibilitam saber, de modo rápido, se os soldadores e operadores de soldagem estão trabalhando dentro dos limites da qualificação.

O preenchimento desta relação é feito com os dados dos Registros de Qualificação de Soldadores e Operadores de Soldagem.

- Controle de Desempenho de Soldadores e Operadores de Soldagem: documento técnico para controle de desempenho de soldadores e operadores de soldagem. O controle é feito pela confrontação entre a quantidade de solda inspecionada e a quantidade de solda defeituosa de cada soldador ou operador de soldagem. Este controle deve ser atualizado em períodos de no máximo uma semana, para que, em tempo, sejam tomadas as medidas necessárias à manutenção da qualidade. O controle de desempenho deve ser baseado nos resultados dos exames radiográficos e/ou ultrassônicos.
- Relatório de Inspeção do Produto: o relatório de inspeção é um documento que deve conter informações técnicas, detalhadas, sobre resultados de inspeções em equipamentos ou peças.

As informações devem ser registradas de maneira clara e precisa e dentro da seguinte seqüência: descrição do equipamento ou produto, objetivo de inspeção, comentário e/ou resultado da inspeção e conclusões.

O formulário para relatório de inspeção pode ser padronizado para atividades específicas (ex.: inspeção de recebimento, exame visual, etc.) ou para uso geral.

### **Conclusões e Recomendações**

O controle de qualidade da soldagem permite que as empresas sejam mais competitivas no cenário da globalização e desta forma deve ser conduzido de forma sistêmica e sempre respeitando as técnicas e recomendações normativas.

### **Referências**

AMERICAN WELDING SOCIETY. **Welding Handbook: Section 5 - Application of Welding**. 5. ed. Miami: American Weld Society, 1973.

AMERICAN WELDING SOCIETY. **Structural Welding Code-Steel ANSI /AWS D1.1**. Miami: 1996.

DIAS LOPES, E.M.; MIRANDA, R.M. **Metalurgia da Soldadura**. Lisboa: Instituto de Soldadura e Qualidade, 1993.

ESAB SOLDAGEM E CORTE. **Apostila de Metalurgia da Soldagem Assistência Técnica Consumíveis**. São Paulo, 2004.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE SOLDAGEM. **Apostila técnica: Curso de Inspetor de Soldagem**. 2003.

MACHADO, Ivan Guerra. **Soldagem e Técnicas Conexas: Processos**. Porto Alegre. 1996.

### **Nome do técnico responsável**

Fabio Tiburi – Técnico de Desenvolvimento

### **Nome da Instituição do SBRT responsável**

SENAI-RS / Centro Tecnológico de Mecatrônica

### **Data de finalização**

19 dez. 2007