

PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE UM SIMULADOR TÉRMICO DE SOLDAGEM

Otávio Monteiro de Oliveira

Laprosolda, UFU. omoliveira@mecanica.ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório para o desenvolvimento dos processos de soldagem – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160 Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG

Renata Campello Scotti

Laprosolda, UFU. renatascotti@yahoo.com.br

Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório para o desenvolvimento dos processos de soldagem – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160 Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG

Valtair Antônio Ferraresi

Laprosolda, UFU. valtairf@mecanica.ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório para o desenvolvimento dos processos de soldagem – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160 Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG

Resumo: *Com o objetivo de facilitar o estudo da soldabilidade dos aços, principalmente quanto às propriedades mecânicas e características metalúrgicas da região grosseira da zona afetada pelo calor (ZAC), está sendo proposto o desenvolvimento de um simulador de ciclo térmico o qual permitirá obter corpos de prova com propriedades similares às condições reais. Estes corpos de prova têm a vantagem de oferecer uma ZAC maior que a real, facilitando o estudo micro-estrutural e de resistência mecânica. A obtenção dessa maior ZAC é através da passagem de uma alta corrente elétrica pelo corpo de prova, que pelo efeito joule sofrerá um aquecimento semelhante ao ocorrido em uma soldagem real. O objetivo dessa pesquisa é desenvolver um equipamento a partir de uma fonte de soldagem por resistência a ponto, onde será desenvolvido um controle do tempo de passagem de corrente e de resfriamento do corpo de prova. Neste artigo será apresentada uma revisão bibliográfica sobre o tema proposto.*

Palavras-chave: *Soldabilidade, (ZAC), Efeito Joule, Corpos de Prova.*

1. INTRODUÇÃO

O aço é um dos materiais mais usados no mundo moderno, no entanto existe uma grande variação de tipos deste material. Elementos químicos, ou de liga, podem ser adicionados a eles para melhorar propriedades como resistência a corrosão, à tração, ao impacto entre demais outras que são projetadas de acordo com o trabalho requerido da peça final.

O processo de fabricação de soldagem é um dos que mais é trabalhado, devido a exigência de união rápida e segura em diversos tipos de obras, todavia este processo exige um grande cuidado quanto ao material a ser soldado por cada tipo de material comportar diante este processo diferentemente. Na soldagem ocorre um aquecimento para fundir as partes a serem unidas e um resfriamento a partir do momento da coalescência, mas as velocidades de aquecimento e resfriamento são muito altas, ao contrário do próprio processo de fabricação do aço.

Este fato na soldagem traz muitos problemas como crescimento de grão e criação de estruturas meta-estáveis como a martensita e a bainita. Traz também a criações de tensões internas que podem criar fissuras e/ou deformações.

Além disso na união soldada existe dois tipos de regiões que são denominadas como: Zona Fundida - ZF e Zona Afetada pelo Calor – ZAC. A zona fundida é a região onde o metal de adição funde junto como metal de base ou somente o metal de base quando autógena. Já a zona afetada pelo calor tem a mesma composição do metal de base mas tem a morfologia dos grãos e a sua micro estrutura modificada pelo ciclo térmico.

Apesar da zona fundida ser a região onde atinge a maior temperatura não é a mais problemática, pois pode adicionar elementos de liga nesta região através do metal de adição que são benéficos para sanar os problemas criados pela soldagem, ao contrário da ZAC. Desta forma A ZAC é a região mais estudada por poder trazer tantos problemas à soldagem.

O estudo da soldabilidade dos aços encontra ainda dificuldades de controlar e medir os ciclos térmicos que sofre um material durante a soldagem. Existe várias formas de obter ciclos térmicos, entre elas estão a colocação de termopares em regiões bem definidas, simulação computacional seguido de testes de soldagem. (Scotti 1987)

O método com termopares apresenta dificuldades em relação ao seu correto posicionamento na região que se deseja estudar. Além disso, apresenta um tamanho de ZAC pequeno dificultando a sua análise.

O método proposto de um simulador térmico consiste no aquecimento de um corpo de prova de formato pré-definido através da passagem de uma corrente elétrica, que por efeito Joule aquecerá até a uma temperatura estabelecida em um sistema de controle. Em seguida, o corpo de prova é resfriado, simulando um ciclo térmico completo de uma determinada região da ZAC. Esse resfriamento pode ser feito pela circulação de água nas garras onde estão presas as extremidades do corpo de prova.

Como um maior volume de material fica submetido ao mesmo ciclo térmico, simulando uma determinada região da ZAC, é possível analisar a microestrutura e até fazer alguns ensaios como o Charpy, resistência ao desgaste, resistência a corrosão, medida de dureza, etc., que no método convencional de soldagem fica praticamente impossível.

Para a construção do equipamento simulador de ciclo térmico de soldagem, opinou-se pela utilização do transformador de soldagem por resistência a ponto, que normalmente suporta elevada corrente elétrica por determinado tempo. Vale a pena ressaltar que o equipamento de solda ponto não será inutilizado podendo trabalhar nos dois modos.

Dessa forma o corpo de prova é preso em blocos onde há uma corrente de água que permitirá o corpo de prova ter um resfriamento rápido. A vazão de água será mantida constante, sendo a velocidade de resfriamento variada pela geometria do corpo de prova.

Apesar de que este método de variação de velocidade de resfriamento escolhido não pode esperar uma faixa ampla com intervalos curtos entre valores é o método mais simples.

A passagem de alta corrente consegue simular um aquecimento rápido como em uma soldagem real.

O controle e monitoramento das velocidades de resfriamento e aquecimento são feitos por um aparelho eletrônico, onde um termopar recebe o sinal de temperatura e um relê controla o acionamento do trafo. Mais detalhes estão presentes no item 2 deste artigo: Proposta de Projeto.

1.1. Problemas apresentados na soldagem

Durante a soldagem o material sofre transformações no estado sólido, principalmente o aço. Essas transformações dependem principalmente do pico de temperatura alcançada durante a soldagem e do tempo acima de uma determinada temperatura.

A microestrutura final do metal de solda depende do teor de elementos de liga, concentrações, composições químicas, distribuições de inclusões não metálicas, micro-estruturas de solidificação, tamanho de grão e ciclo térmico de soldagem. (Brandi 1997).

Essas transformações do metal de solda durante o resfriamento ocorrem em condições fora do equilíbrio e com velocidade de resfriamento bem alto. Sendo assim os gráficos de diagrama de fase

não são válidas, neste caso, as curvas de resfriamento contínuas é o tipo de gráfico adequado para as análises de mudanças micro-estruturais durante o resfriamento da junta soldada.

A zona fundida embora seja a região onde há o maior gradiente térmico, não é a mais problemática, por na soldagem poder adicionar elementos de liga que podem propiciar uma união com boas características mecânicas nesta região.

Embora já a ZTA, localizada entre a zona fundida e o metal base, compreendida por ser parte do metal que não solubilizou na zona fundida, que sofreu mudanças de caráter metalúrgico devido a temperatura aumentada repentinamente e super-resfriada posteriormente, é influenciada pela troca de calor e não tem envolvimento com o metal de adição, impedindo assim uma possível adição de elementos de liga em sua composição.

O calor fornecido depende basicamente do nível de energia de soldagem, que por sua vez depende do processo (através dos parâmetros de soldagem) e do soldador (que impõem a velocidade de soldagem em processos manuais ou semi-automáticos).

Outro problema apresentado comumente em uniões soldadas são as tensões residuais. O nível de tensões residuais que permanece em uma junta soldada depende do material (Tensão limite de escoamento) e das características térmica da soldagem (energia de soldagem, temperatura de pré-aquecimento e característica do tratamento térmico de alívio de tensões). (Brandi 1997).

Desta forma quanto maior a energia de soldagem maior é a possibilidade de ocorrência de problemas na região da ZAC, e maior a área afetada pelo calor.

Para processo a arco elétrico podemos afirmar que a energia de soldagem é diretamente proporcional a Eficiência do processo 'e', a corrente elétrica 'I', e a tensão 'V' e inversamente proporcional a velocidade de soldagem 'v'. Matematicamente pode se explicar pela Eq. (1).

No Gráfico 1 é ilustrado o comportamento do calor em função do tempo e é possível interpretar o comportamento da velocidade de aquecimento e resfriamento.

$$E = \frac{e \times V \times I}{v} \quad (1)$$

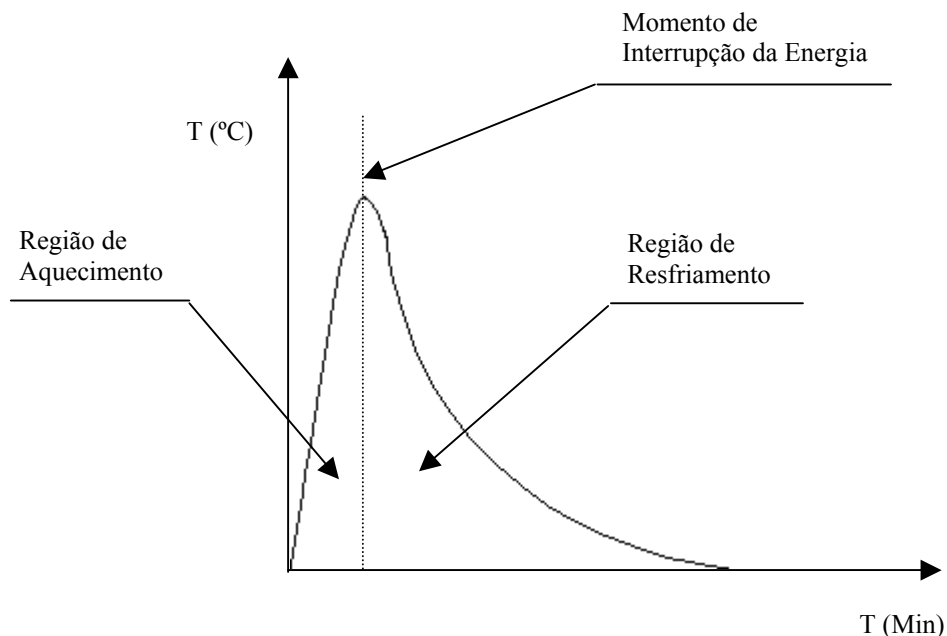


Gráfico 1: Temperatura *Versus* Tempo

Logo estes problemas estão presentes no dia a dia da soldagem, portanto a construção do simulador térmico de soldagem irá ajudar a compreender as características térmicas de vários materiais a serem estudados, ajudando assim a otimização dos mesmos.

2. PROPOSTA DE PROJETO

Neste trabalho será utilizado uma fonte de solda ponto que servirá como a geradora de calor, outros componentes da adaptação da máquina de solda ponto serão fabricados e/ou adquiridos na própria universidade. Estes componentes são:

- Blocos de refrigeração;
- Cabos de cobre isolados com terminais;
- Mangueiras de água de ½”;
- Bornes adaptados para o simulador de soldagem;
- Corpos de prova;
- Mesa;
- Unidade eletrônica de controle.

Estes artefatos são necessários para a realização do ensaio de simulação de ciclo térmico de soldagem e são dispostos da seguinte maneira como na fig. 2. Na fig. 3 é ilustrada uma vista em corte de um dos blocos que são responsáveis pela condição elétrica e resfriamento rápido do corpo de prova.

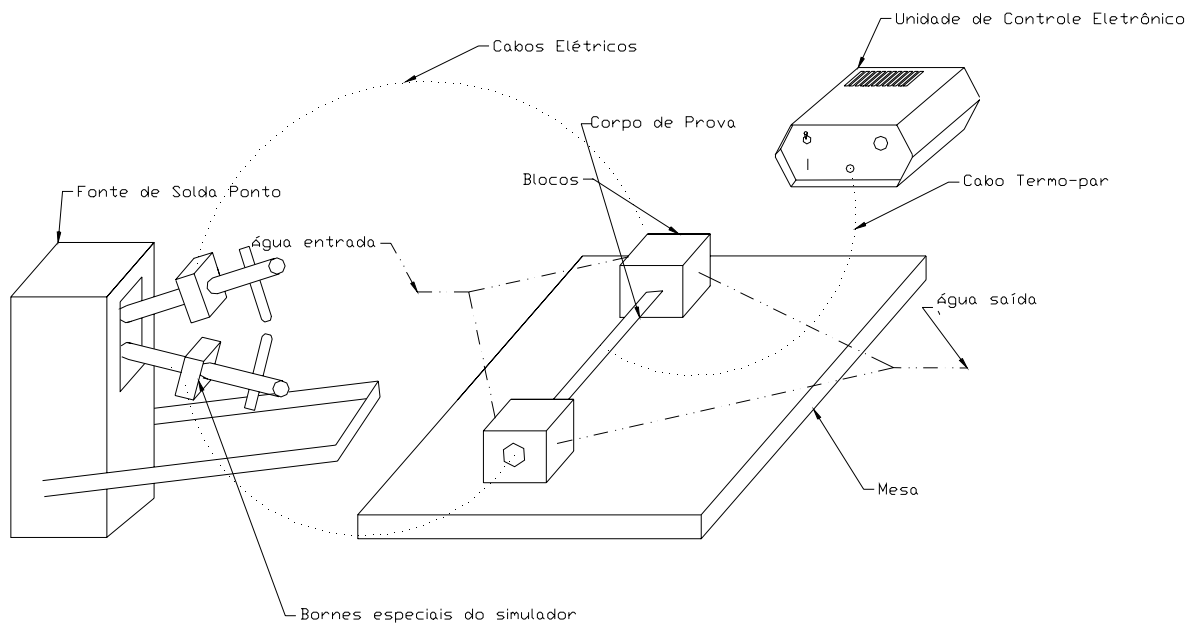


Figura 2: Esquema de montagem do Simulador Térmico

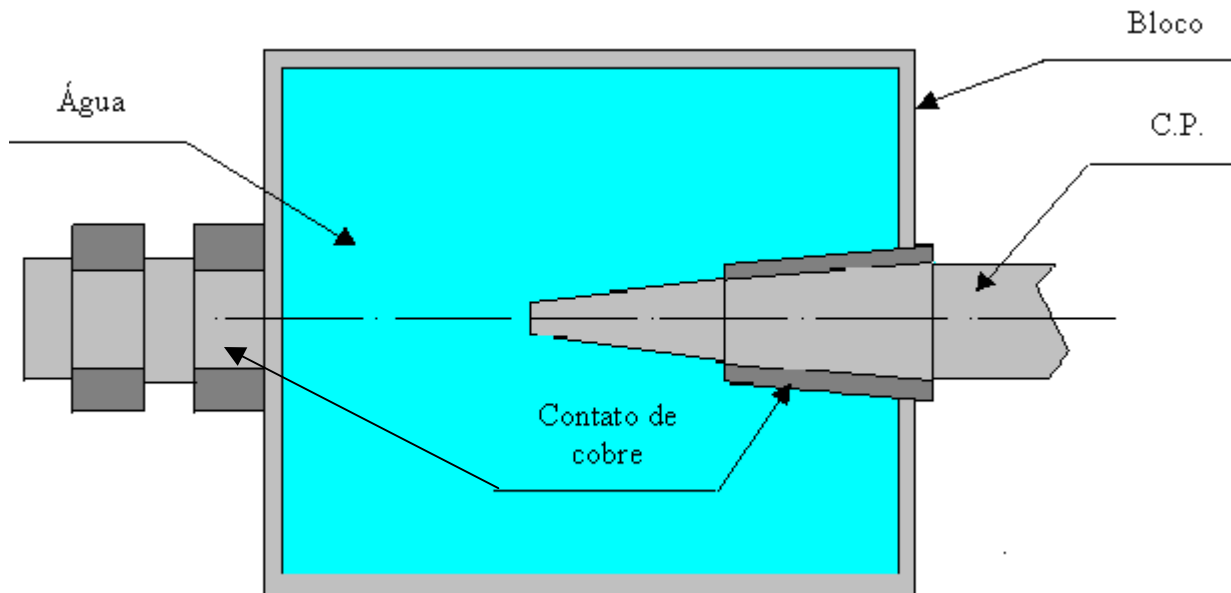


Figura 3: Vista em corte do bloco do simulador

O esquema acima mostra a disposição e a simplicidade dos componentes tornando projeto barato. A máquina de solda ponto somente terá dois blocos presos por parafuso que conduzirá a corrente elétrica para o corpo de prova, deixando o equipamento de solda ponto intacto não inutilizando a sua função anterior.

O acionamento e desligamento da fonte de soldagem são controlados pela unidade eletrônica, que por um termopar ligado à unidade faz um circuito de malha fechada, ou seja, ao atingir uma temperatura definida no aparelho, o mesmo manda um sinal elétrico para um contator na fonte de soldagem que a desligará. O acionamento de um novo ciclo será feito ao pressionar uma botoeira na unidade eletrônica.

O resfriamento é feito pela passagem de uma corrente de água pelos blocos sendo a sua vazão constante e temperatura ambiente. A velocidade de resfriamento é variada a partir da geometria dos corpos de prova que podem ser variados em sua espessura, comprimento, e/ou diâmetro. Com isto pode se ter variações micro-estruturais ao longo do comprimento do corpo de prova, ou seja diferentes tipos de ZTA.

Cada corpo de prova pode se definir qual a temperatura a atingir e qual taxa de resfriamento a ser submetido, dependendo da geometria principal 'A' e ' $\varnothing 1$ '. Veja figura abaixo:

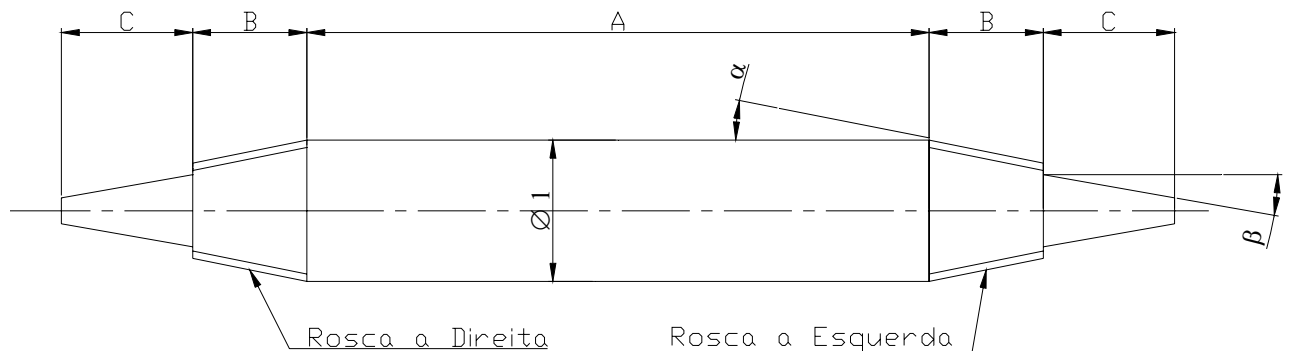


Figura 3: Corpo de prova

Os corpos de prova serão acoplados nos blocos de por rosca “B” e terá uma parte exclusiva para a refrigeração que estará em contato direto com a água “C”. O restante é a parte ativa do corpo de prova que será estudado.

O monitoramento dos parâmetros da água não é necessário devido a variação do resfriamento ser feito pela geometria do corpo de prova. A vazão e temperatura da água deve ser considerada constante. A vazão da água não terá grandes variações por causa do uso de uma só bomba na malha hidráulica. A temperatura da água será a ambiente que não sofre muitas variações.

Em casos de chapas será desenvolvido garras que possam transmitir corrente elétrica e calor com eficiência para não perder o propósito da experiência. Veja abaixo uma possibilidade de garras para chapas.

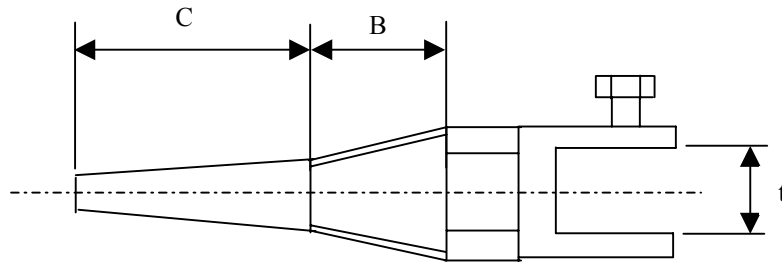


Figura 4: Garras para chapas

Este tipo de garras são úteis quando não for possível o confeccionamento de corpos de prova com as dimensões apresentadas abaixo. Estas garras serão desenvolvidas para chapas pois é interessante no ponto de vista da soldagem por usar mais este tipo de formato. A dimensão 't' na ilustração da figura 4 é a mesma da chapa a ser usada, o qual a mesma entra sobre pressão na fenda da garra e é pressionada para obter melhor área de contato, com isso a condução elétrica e térmica são otimizadas.

3. MATERIAL A SER ESTUDADO

Primeiramente será utilizado um aço bastante conhecido na soldagem para comprovar a eficiência do simulador assim como o aparelho em si. O aço ABNT 1020 é o mais recomendado neste caso. Posteriormente será realizado vários testes que definirão as velocidade de aquecimento e resfriamento de cada tipo de geometria assumida pelos corpos.

Em seguida outros tipos de materiais serão testados no simulador entre eles o aço inoxidável ferrítico que a sua soldagem é problemática devido a segregação. A segregação é a precipitação de carbonetos nos contornos de grãos que fragilizam o material provocado pelo calor na soldagem ou seja na ZAC. Logo são desenvolvidos aços com menor quantidade de carbono que possam reduzir este problema. Outros tipo de aço são criados com frequência e necessitam ser estudados quanto a sua soldabilidade.

4. AGRADECIMENTOS

Ao Laprosolda.

5. REFERÊNCIAS

- Modenesi, P.J., Marques, P.V., Santos, D.B., 1992, “Curso de Metalurgia da Soldagem”, Laboratório de Soldagem e ensaios não destrutivos, Departamento de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Folkhard, E., 1984, “Welding Metalurgy of Stainless Steels”, Srpinger-Velag Wien New York.

- Brandi, S.D., 1997, “Soldagem dos Aços Inoxidáveis” ,ACESITA.
ABS, 2003 “Revista da Soldagem”, Ano I, N^oI, Pág.18.
Scotti, A., 1987, “Soldabilidade dos Aços Inoxidáveis” , Universidade Federal de Uberlândia.
Barbosa, R.P., Oliveira, T.R., 1996, “Soldagem dos Aços Inoxidáveis” ACESITA.
Wainer E., Brandi, S.D., Homem de Mello, F.D., “Soldagem Processos e Metalurgia” , Editora Edgard Blücher LTDA.
Scotti, A., 1987, “Simulador Térmico de Soldagem”, Universidade Federal de Uberlândia.

OFFER OF A THERMAL CYCLE SIMULATOR

Otávio Monteiro de Oliveira

Laprosolda, UFU. omoliveira@mecanica.ufu.br

Federal University of Uberlândia, Laboratório para o desenvolvimento dos processos de soldagem – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160 Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG, Brazil.

Renata Campello Scotti

Laprosolda, UFU. renatascotti@yahoo.com.br

Federal University of Uberlândia, Laboratório para o desenvolvimento dos processos de soldagem – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160 Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG, Brazil.

Valtair Antônio Ferraresi

Laprosolda, UFU. valtairf@mecanica.ufu.br

Federal University of Uberlândia, Laboratório para o desenvolvimento dos processos de soldagem – Laprosolda-UFU, Av . João Naves de Ávila 2160 Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG, Brazil.

Abstract: *With the objective to easer the study of weldability of irons, principally the mechanical proprieties and the metallurgical characteristics of HAZ – Heat Affected Zone, are being offer a development of a thermal cycle simulator that it could do some proof bodies seem to real condition. This proof bodies has the advantages to offer an HAZ larger than in a real situation, easing the study of micro-structural and the mechanical resistance. The acquisition of this bigger HAZ is due to a constant and high electric current by proof body, that the Joule effect will go to get hot similarly as in a real condition of welding. The equipment that should be used is a power source of a resistance spot welding machine, and the heatment and cooler will be controlled. The variation of thermal cycle is possible because of can vary the proof bodies dimensions.*

Keywords: *weldability, HAZ, Thermal, cycle, proof bodies.*