

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

AVALIAÇÃO DA SANIDADE NA JUNTA SOLDADA ENTRE OS AÇOS SAE 1020 E SAE 1045 POR ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

CON-2016-0949

Resumo: Este trabalho trata de um estudo de caso sobre a sanidade de juntas soldadas. Alterações no material, nem sempre desejáveis ou aceitáveis, tais como microestrutura de baixa tenacidade, podem ocorrer na região de uma junta soldada, devido à aplicação localizada de calor. Durante a operação de uma máquina carregadeira modelo 938H, observou-se, em uma parte da sua estrutura metálica, a presença de trincas na região próxima aos furos de fixação dos parafusos. Devido a este problema, decidiu-se por um processo de recuperação da mesma. O procedimento de recuperação do aro foi a substituição da área trincada, que é de material de aço SAE 1020, por um material de aço SAE 1045, através do processo de soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding), também conhecido como MIG/MAG (Metal Inert Gas / Metal Active Gas). Este processo possui como característica a alta produtividade, devido à alta taxa de fusão, e alta taxa de deposição do material de adição. Estes aspectos possibilitam maiores velocidades de soldagem, cedendo menos calor ao substrato e, por conseguinte, apresentando menores deformações e menor zona termicamente afetada (ZTA). A sanidade da junta soldada na estrutura após a recuperação é analisada por meio dos ensaios não destrutivos de líquidos penetrantes (ASTM E165/E165M-12) e de ultrassom (ASTM E164-13). Além disso, também foram aplicados os ensaios semi destrutivos de espectrometria de emissão ótica e de metalografia (macrografia). Os ensaios não destrutivos apresentaram resultados satisfatórios, possibilitando qualificar a solda como aprovada, pois a mesma não apresentou defeitos, segundo as normas.

Palavras-chave: soldagem, aço SAE 1020, aço SAE 1045, processo GMAW, ensaios não destrutivos.

1. INTRODUÇÃO

Durante a operação de uma máquina carregadeira modelo 938H, observaram-se trincas na estrutura de aço de um aro na região próxima aos furos de fixação dos parafusos. Neste foi realizado o procedimento de recuperação o qual consiste na substituição da área trincada – que é de aço SAE 1020 – por um aço SAE 1045, através do processo de soldagem GMAW. Este processo, por sua vez, foi escolhido por possuir alta produtividade, comparado aos demais processos de soldagem a arco elétrico, como: o eletrodo revestido, soldagem por arco submerso e TIG (Tungsten Inert Gas). As figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, o modelo da máquina que ocorreu a falha e a área trincada no aro da roda.



Figura 1. Máquina Carregadeira modelo 938H.



Figura 2. Área trincada próximo aos furos de fixação dos parafusos do Aro da 938H.

Marques, Modenesi e Bracarense (2009, p. 81) dizem que "A soldagem geralmente é realizada com a aplicação localizada de calor e/ou deformação plástica. Como resultado, alterações das propriedades do material, nem sempre desejáveis ou aceitáveis, podem ocorrer na região da junta".

Diante deste fato, o presente estudo de caso analisa a sanidade da junta (união do aço SAE 1020 com 1045) soldada na estrutura após a recuperação por meio de ensaios não destrutivos. Estas técnicas são utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los. São estas: líquidos penetrantes - obedecendo à norma ASTM E165/E165M-12, ultrassom - obedecendo a norma ASTM E164-13; e semi destrutivos: espectrometria de emissão ótica, metalográfico (macrografia).

2. PROCESSO DE SOLDAGEM GMAW

O processo de soldagem GMAW, mais conhecido como MIG/MAG ilustrado na fig. 3, utilizado na recuperação do aro "[...] é um processo em que a união de peças metálicas é produzida pelo aquecimento destas com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico nu, consumível, e a peça de trabalho. A proteção do arco e da região da solda contra a contaminação pela atmosfera é feita por um gás ou mistura de gases, que podem ser inertes ou ativos." (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2009, P.233).

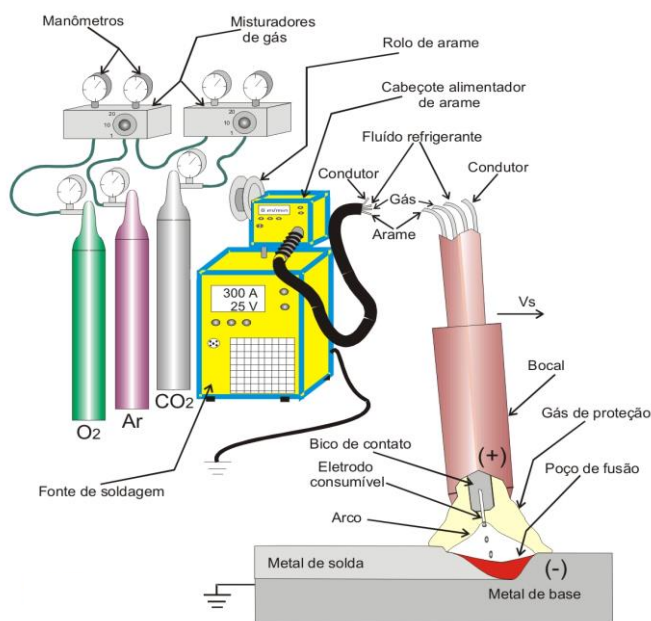


Figura 3. Ilustração do processo GMAW (BARRA, 2003).

São muitas as vantagens deste processo, o que o torna muito utilizado nas indústrias na soldagem da maioria dos metais como os aços, o alumínio, aços inoxidáveis, cobre e vários outros. Algumas das vantagens são: não há necessidade de remoção de escória, tempo total de execução de soldagem é cerca da metade do tempo se comparado ao eletrodo revestido, alta taxa de deposição de material de solda, alta taxa de soldagem.

3. CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS

Para Modenesi (2011) "[...] um sistema muito usado para a classificação de aços é a Designação Numérica de Aços Carbono e Aços Ligados do American Iron and Steel Institute. Este é conhecido como o sistema de classificação AISI ou como sistema SAE, uma vez que foi desenvolvido originalmente pela Society of Automotive Engineers [...]"

Na tabela 1 são mostrados exemplos de designações de aços deste sistema que também é adotado no Brasil pela ABNT, sem alterações expressivas.

Tabela 1. Exemplo de designações pelo sistema AISI - SAE Aços Carbonos (MODENESI, 2011).

Nº SAE	C	Mn	P (max)	S (max)	Nº AISI
1006	0,08 max.	0,25-0,40	0,040	0,050	C1006
1010	0,08-0,13.	0,30-0,60	0,040	0,050	C1010
1015	0,13-0,18	0,30-0,60	0,040	0,050	C1015
1016	0,13-0,18.	0,60-0,90	0,040	0,050	C1016
1020	0,18-0,23.	0,30-0,60	0,040	0,050	C1020
1022	0,18-0,23	0,70-1,00	0,040	0,050	C1022
1025	0,22-0,28	0,30-0,60	0,040	0,050	C1025
1030	0,28-0,34	0,60-0,90	0,040	0,050	C1030
1040	0,37-0,44	0,60-0,90	0,040	0,050	C1040
1045	0,43-0,50	0,60-0,90	0,040	0,050	C1045
1050	0,48-0,55	0,60-0,90	0,040	0,050	C1050
1055	0,50-0,60	0,60-0,90	0,040	0,050	C1055
1060	0,55-0,65	0,60-0,90	0,040	0,050	C1060
1065	0,60-0,70	0,60-0,90	0,040	0,050	C1065
1070	0,65-0,75	0,60-0,90	0,040	0,050	C1070
1074	0,70-0,80	0,50-0,80	0,040	0,050	C1074

4. DESCONTINUIDADES

Durante os processos de fabricação é possível o aparecimento de descontinuidades que é uma interrupção da estrutura, de longo ou curto alcance, na macro e microestrutura do material. No processo de fabricação por soldagem as descontinuidades são provocadas por elementos presentes no ar atmosférico, ou umidade no metal de base e/ou adição. Na soldagem do aço carbono, o oxigênio, por exemplo, provoca porosidades que são vazios arredondados e podem ser concentradores de tensões; estas podem acarretar falha precoce na estrutura. O hidrogênio pode provocar trincas quando na estrutura do aço existir microestrutura frágil.

Trincas também podem ser geradas por altas velocidades de solidificação ou por segregação de soluto que é conhecido como trincas a quente ou de solidificação. Outras descontinuidades podem ser observadas como falta de fusão, mordeduras, falta de penetração.

Segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2009, p. 100) "[...] será considerado como descontinuidade uma interrupção ou uma violação da estrutura típica ou esperada de uma junta soldada. De acordo com as exigências de qualidade para a junta soldada (baseadas m normas ou em contratos), uma descontinuidade pode ser considerada como prejudicial para a utilização futura da junta, constituindo-se, desta forma, em um defeito e exigindo ações corretivas."

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Devido ao histórico de trincas ocorridas ao redor dos furos de fixação dos parafusos, para verificar a composição química da estrutura de aço SAE 1020, uma secção do aro é submetida à ensaios de análise química por espectrometria de emissão ótica. O equipamento utilizado foi um espectrômetro Foundry Master Xpert (marca Oxford Instruments), apresentado na fig. 4 (a). Para este ensaio quatro amostras do aro são retiradas, mais especificamente do flange sacado da estrutura. A figura 4 (b) mostra o flange sacado.

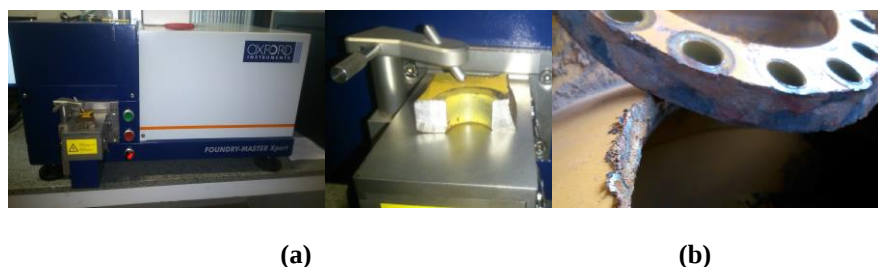


Figura 4. (a) Análise química por espectrometria na peça de aço SAE 1020 (b) Aro da 938H após falha.

O material de base (MB) do aro da carregadeira 938H é de aço SAE 1020 e possui espessura de 13 mm, já o flange fabricado como ilustra a fig. 5, substitui a área trincada, é de aço SAE 1045 este flange possui espessura de 23 mm, com diâmetro externo de 340 mm e diâmetro interno de 230 mm, sendo que os 16 furos de fixação dos parafusos são usinados após a soldagem.

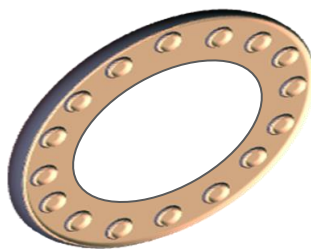


Figura 5. Flange de aço SAE 1045 para substituir a área trincada no aro.

O flange é encaixado junto ao aro, conforme mostra a fig. 6, com um chanfro duplo V formando um ângulo de 60°, tanto na parte externa do aro, onde é identificado como lado A, quanto na sua parte interna que é identificado como lado B.

Na recuperação do aro, o material de adição (MA) utilizado foi o arame sólido cobreado para soldagem MAG de aços carbonos AWS (American Welding Society) A5.28 com diâmetro de 1,6 mm, utilizou-se uma fonte de soldagem com corrente máxima de soldagem de 600A, com velocidade de alimentação do arame de adição $\pm 0,159$ m/s, vazão do gás Ar+30%CO₂ $\pm 18,5$ l/min. na posição 1G - posição plana.



Figura 6. Aro da roda lado externo e interno com chanfro duplo V.

Após a união pelo processo de soldagem GMAW, respeitando o tempo natural de resfriamento da peça a junta passa pelo ensaio de líquidos penetrantes (LP) baseado na norma ASTM E165/E165M-12, utilizando o penetrante Metal-Chek VP 30 e o revelador não aquoso Metal-Chek D 70, voltados à verificar discontinuidades, como poros e trincas. A figura 7 apresenta o ensaio aplicado.

Após isso, o desbaste superficial na junta soldada para a remoção do ângulo de molhamento, é feito utilizando uma esmerilhadeira angular 9" GWS 26-230.

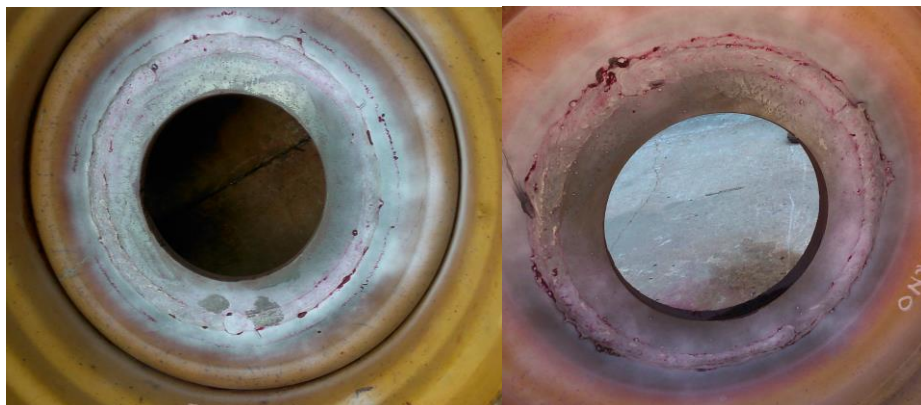


Figura 7. Ensaio de líquidos penetrantes.

Em seguida a peça é submetida ao processo de usinagem para a abertura dos 16 furos e finalizada esta operação a junta passa pelo ensaio de ultrassom.

O ensaio por ultrassom caracteriza-se num método não destrutivo que tem por objetivo a detecção de defeitos ou discontinuidades internas, presentes nos mais variados tipos ou forma de materiais ferrosos ou não ferrosos (ANDREUCCI, R. 2014).

Baseado na norma de referência ASTM E164-13 o ensaio é realizado utilizando um aparelho detector ultra-sônico MFD350B e um transdutor angular de 60° e 70° aplicando a técnica do "V" sônico. A figura 8 mostra a ilustração da técnica.



Figura 8. Técnica geral para inspeção de soldas de topo, por ultrassom (ANDREUCCI, R. 2014).

Já a última avaliação a ser realizada é o ensaio macrográfico, pois por meio deste ensaio é possível examinar a superfície da peça a olho nu ou ainda utilizando pouca ampliação e com isso se ter uma idéia de características como homogeneidade do material, natureza de falhas, impurezas, qualidade da solda, entre outras, isso após devidamente passar pelo processo de polimento e ataque por um reagente adequado.

Na preparação para esta etapa da avaliação retira-se um corpo de prova da junta soldada, o qual passa pelo processo de lixamento utilizando lixas metalográficas de grãos 80, 120, 220, 320, 400, 500, 600 e 800 com diâmetros de 200 mm na politriz da marca TECLAGO modelo PL01. Após este processo, a macroestrutura do corpo de prova é revelada utilizando o reativo metalográfico Nital 5% (solução composta por 5 % de ácido nítrico e 95% de etanol em volume). Após isto foi aquisitada uma imagem da superfície do corpo de prova por um scanner Ink Advantage 2546 (HP Deskjet).

6. RESULTADOS

O resultado da análise química por espectrometria realizada em quatro amostras do aço SAE 1020 pode ser observado na tab. 2 deste item. Se comparado com a tab. 1 do item 3 deste artigo referente às designações pelo sistema AISI e SAE para aços carbonos, percebe-se que nas amostras de 0 à 3 os percentuais de carbono das amostras não chegaram ao valor mínimo de 0,18 % para serem classificados como aço SAE 1020 indicado pelo sistema SAE. Esse baixo teor de carbono pode estar prejudicando a resistência dessa estrutura, pois o carbono é essencial para o aumento da resistência ao escoamento do material, mas essa influência só poderá ser comprovada com estudos mais aprofundados em estatística e ensaios mecânicos. Esse fato não influenciou na soldabilidade do material e nem provocou descontinuidades macroestruturais como ilustrado na fig. 9.

Tabela 2. Resultados da análise química do aço SAE 1020.

Especificação do Aço		
Amostra	Quantidade de Carbono (%)	Aço
0	0,174	SAE 1016
1	0,117	SAE 1010
2	0,174	SAE 1016
3	0,116	SAE 1010

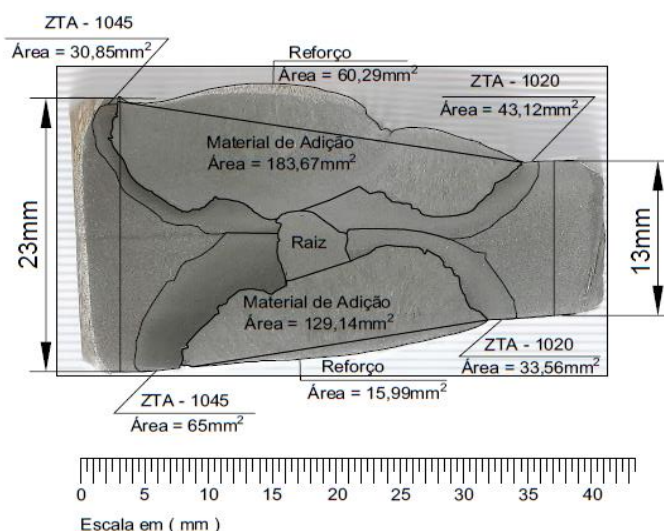


Figura 9. Macrografia da junta soldada.

O ensaio de LP, realizado após a soldagem, foi bem sucedido e o resultado não detectou alterações de acordo com os padrões de aceitação AWS D1 P.1.

O resultado da avaliação por ultrassom não detectou descontinuidades na junta soldada. Por outro lado, na região próxima a junta da estrutura de aço SAE 1020 o aparelho ultrassônico detectou um ponto de alta tensão residual caracterizada pela atenuação sônica representada pela perda de sinal como mostrado na fig. 10, mas não foi possível mensurar esta tensão ou determinar seu tipo, se surgiu no momento da fundição ou até mesmo devido à operação da máquina. Para obtenção de tais resultados seria necessária uma avaliação com o método ultrassônico mais avançado de birrefringência acústica.



Figura 10. Resultado do END por ultrassom.

A macrografia mostrada pela fig. 9 não apresenta descontinuidades internas como já comprovado pelo END de ultrassom. A zona termicamente afetada (ZTA) é a parte do metal de base que não funde, mas aquece a temperatura de austenização. Dependendo da severidade do ciclo térmico a ZTA apresentara diferentes características metalúrgicas e propriedades mecânicas (Albuquerque, et al, 2011).

A ZTA apresentou tamanho médio próximo, tanto para o MB SAE 1045 quanto o SAE 1020, com exceção da área de 65mm^2 , a qual representa quase o dobro das médias das outras ZTAs. A alteração pode ter relação com alguma variação de parâmetros do procedimento de soldagem. Essa alteração na ZTA deverá ser mais bem discutida avaliando-se essa região por microscopia ótica e se houver alteração microestrutural nesta região deverá ser investigado o procedimento de soldagem.

7. CONCLUSÃO

Visto que o objetivo do presente artigo é avaliar, a junta soldada, entre os aços SAE 1020 e SAE 1045 com o método do END tem-se que os resultados relatados no item 6, deste artigo, possibilitam qualificar a solda como aprovada, pois a mesma não apresentou defeitos, segundo normas.

Os aros danificados pelas trincas ocorridas passam pelo procedimento de soldagem e em seguida são montados nas máquinas para retornarem ao seu campo de trabalho, até o presente momento não se tem o surgimento de novas trincas.

Quanto ao histórico de falha que vem ocorrendo na estrutura do aro, é necessário ampliar o campo de avaliação, procedendo com outros métodos de ensaios.

8. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Caracterização de Materiais Metálicos – LCAM, por ceder seu espaço e ferramentas para a elaboração deste artigo.

9. REFERÊNCIAS

Andreucci, R. "Ensaio por ultrassom." Ed. Mai. de 2014.

Albuquerque, Siderley Fernandes, et al. "Avaliação da microestrutura e propriedades mecânicas de metais de solda obtidos por processos de soldagem manual e automatizado utilizado na soldagem de aço API 5L X80." Soldag Insp 16, p. 322-332, 2011.

Barra, Sergio R. "Site da soldagem." Disponível em: <<http://www.sitedasoldagem.com.br/conceito%20basico/>>. Acesso em: 23 Mai. 2015.

Marques, Paulo Villani; Modenesi, Paulo José; Bracarense, Alexandre Queiroz. "Soldagem Fundamentos e Tecnologia." 3ª edição atualizada, Belo Horizonte, UFMG, 2009.

10. RESPONSABILIDADE AUTURAL

ASSESSMENT ON THE KILTER OF WELDED JOINT BETWEEN THE STEELS 1020 AND 1045 FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING.

Marielle Maria Medeiros Vital, mariellemd@gmail.com¹

Josifran da Silva Araújo, josifran34araujo@gmail.com¹

Victor Oliveira Pereira, victorof9@hotmail.com²

Paulo D'Ângelo Costa Assunção, dangeloassuncao@bol.com.br²

¹Faculdade Estácio de Belém, Avenida Governador José Malcher 1148, Nazaré – CEP 66055-260. Belém - PA

²Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa 1 - Campus Universitário Guamá – CEP 66075-110. Belém- PA

Abstract: This work is a case study on the kilter of welded joints. Changes in the material, not always desirable or acceptable, such as low strength microstructure may occur in the region of a welded joint, due to the application of localized heat. During operation of a loader machine model 938H, it was observed, in a part of its metallic structure, the presence of cracks in the region close to the mounting screw holes. Due to this problem, a process of recovery was decided to be done on this machine. The rim recovery procedure was to replace the cracked area, which is made of steel 1020, by a steel 1045, through GMAW process (Gas Metal Arc Welding), also known as MIG / MAG welding (Metal Inert Gas / Metal Active Gas). This process has as a characteristic the high productivity, due to the high fusion rate and high deposition rate of the filler material. These aspects allow greater welding speeds, losing less heat to the substrate and, therefore, showing smaller deformations and smaller heat-affected zone (HAZ) than the other process. The kilter of the welded joint in the structure after the recovery is analyzed by means of non-destructive testing of penetrant (ASTM E165 / E165M-12) and by ultrasound (ASTM E164-13). In addition, semi-destructive testings of optical emission spectrometry and metallography (macrography) were applied. The nondestructive testing showed satisfactory results, allowing to qualify welding as approved, because it did not show defects, according to the rules.

Keywords: welding, steel 1020, steel 1045, GMAW process, non-destructive testing.

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.