

Influência do Tratamento Térmico Pós-soldagem na resistência a dureza e ao impacto de um aço ferrítico baixa liga ASTM A 335 P91

FERNANDO H. MEIRELLES¹ Prof. Dr CÉSAR AUGUSTO DE JESUS FALCÃO²

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, IFSP, Câmpus Sertãozinho, fhmeirelles@gmail.com

² Prof. Dr no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Sertãozinho, cajfalcao@gmail.com

Apresentado no
8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
06 a 09 de novembro de 2017 - Cubatão-SP, Brasil

RESUMO: Devido ao grande aumento da geração de energia nas usinas sucroenergéticas, por turbinas a vapor, o aumento de materiais adequados para este tipo de equipamento também vem crescendo de forma acelerada. Por serem de tamanhos mais robustos, esses equipamentos geralmente são montados em campo, principalmente quando falamos em linha de vapor, necessitando assim de um processo de soldagem adequado para a união da tubulação, mas nem sempre o mesmo é realizado de forma correta, seguindo um procedimento específico. Pensando que os processos de soldagem não são realizados adequadamente, estudaremos as propriedades quanto a resistência a dureza e ao impacto de um junta soldada do material ASTM A 335 Gr P91, na região da ZTA (zona termicamente afetada). Depois de soldado o tubo, foram retirados três segmentos, para a realização dos tratamentos térmicos e ensaios de dureza e impacto. Os resultados do ensaio de dureza mostraram que o tratamento térmico é de grande importância para uma junta soldada, e para a região da ZTA, tendo uma diminuição significativa na sua resistência a dureza. Já os resultados do ensaio de impacto apesar de já apresentarem uma boa tenacidade do segmento sem tratamento térmico, também apresentou um aumento na sua propriedade. Os valores obtidos nos ensaios mostram que apesar de os tubos ligados já apresentarem boas propriedades pelos seus elementos de liga, o tratamento térmico de revenimento (alívio de tensões) também tem grande influencia no aumento de suas propriedades.

PALAVRAS-CHAVE: revenimento; tratamento térmico; P91, aço ligado, ductilidade, tenacidade.

Influence of post-weld heat treatment on hardness and impact strength of a low ferritic alloy ASTM A 335 P91

ABSTRACT: Due to the great increase in the generation of energy in the sugar-energy plants, by steam turbines, the increase of materials suitable for this type of equipment has also been growing at an accelerated rate. Because they are of a more robust size, these equipments are usually mounted in the field, especially when we speak in the steam line, thus requiring a suitable welding process for the union of the pipe, but not always the same is done correctly, following a specific procedure. Assuming that welding processes are not performed properly, we will study the properties of hardness and impact strength of a welded joint of ASTM A 335 Gr P91 material in the ZTA (thermally affected zone) region. After welding the tube, three segments were removed for the accomplishment of the thermal treatments and tests of hardness and impact. The results of the hardness test showed that the heat treatment is of great importance for a welded joint, and for the ZTA region, having a significant decrease in its resistance to hardness. The results of the impact test, although already showing good toughness of the segment without heat treatment, also showed an increase in its properties. The values obtained in the tests show that although bonded pipes already have good properties due to their alloying elements, the heat treatment of tempering (stress relief) also has a great influence on the increase of their properties.

KEYWORDS: temper, heat treatment, P91, alloy steel, ductility, toughness

INTRODUÇÃO

O grande crescimento das usinas sucroenergéticas, está fazendo com que cada vez mais suas produções de cogeração de energia sejam maiores e mais eficientes. Para que isto aconteça à busca por novas tecnologias e matérias primas de maior qualidade estão crescendo de forma acelerada. Este trabalho tratará de um assunto de extrema importância principalmente para as usinas sucroenergéticas.

Quanto maior a caldeira de uma usina, maior será sua capacidade de produção de vapor, e essa maior geração de vapor exige que a usina trabalhe com materiais de alta eficiência para seus equipamentos. A exigência de matérias com boa ductilidade, tenacidade e bom comportamento trabalhando em altas temperaturas no caso deste tipo de equipamento é de grande valia.

Os equipamentos fabricados com materiais de aço martensíticos ligado ao Cr-Mo, apresentam maior resistência mecânica em relação ao aço carbono comum, possibilitando que tais peças e equipamentos possam ser fabricados com uma menor espessura como por exemplo. E também apresentam um melhor comportamento do material trabalhando em altas temperaturas. Abordaremos neste trabalho uma discussão sobre o quanto é importante o processo de tratamento térmico após o processo de soldagem de um material ligado com baixo teor de carbono. Faremos diferentes tratamentos térmicos em virtude de avaliar se há diferença significativa em realizar ou não o tratamento térmico de revenimento desta liga, quando o processo de soldagem é realizado nas mesmas condições do campo. A região mais crítica dos materiais soldados são as ZTA's, que são geradas devido ao processo de união dos materiais, pois tal região está sujeita a apresentar alterações microestruturais, defeitos, descontinuidades, principalmente gerados por processos de soldagem manuais realizados em campo, (Zampieri, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

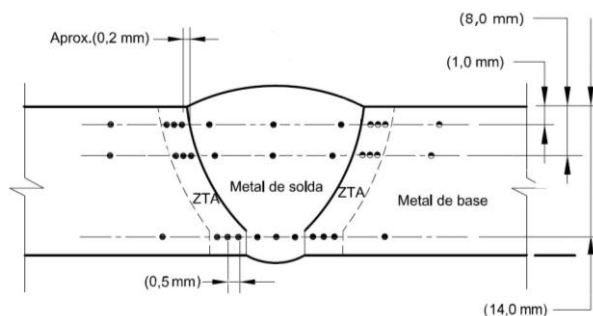
Para a realização deste trabalho utilizou-se de um tubo de material ASTM A 335 Gr P91, com diâmetro de 406,4mm e espessura de 27,0mm, com comprimento de 150,0mm cada parte do tubo.

Depois de realizado o bixel em cada parte dos tubos, foi dado início o processo de soldagem dos tubos, com solda de múltiplos passes. A raiz da solda foi feita com processo TIG (GTAW-Gas-Shielded Tungsten Arc Welding), e para a soldagem dos cordões de enchimento e acabamento foi utilizado o processo de eletrodo revestido (SMAW-Shielded Metal Arc Welding).

Após o processo de soldagem o tubo foi seccionando em três partes, denominadas de Segmentos I, II e III. No segmento I, os ensaios foram realizados como se encontra sem tratamento térmico. Nos segmentos II e III foram realizados tratamento térmico de revenimento (alívio de tensões), de 450°C e 750°, respectivamente. Em ambas as temperaturas o tempo de permanência no patamar foi de 3:00 horas. Em cada segmento foi realizado ensaio de dureza de campo, com equipamento portátil MIC20, com auxílio de uma base magnética graduada, para comparação com a dureza encontrada no durômetro de bancada e verificação da dureza superficial.

Depois de realizado as durezas superficiais, os segmentos foram contados para a confecção dos corpos de prova de impacto seguindo a norma ASTM E 23, como referência, e para o ensaio de microdureza com microdurômetro de bancada, seguindo como referência o desenho da FIGURA 1.

FIGURA 1 – Croqui dos pontos realizado no ensaio de microdureza de bancada.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de dureza com MIC 20, microdurômetro e impacto são apresentados nas tabelas a seguir. Para o resultado do ensaio de dureza com equipamento MIC 20, obtivemos resultados

próximos ao ensaio de microdureza de bancada, com média da região da ZTA de 389, 281 e 246, dos segmentos I, II e III respectivamente, validando assim o ensaio com equipamento portátil.

TABELA 1. Ensaio de dureza dos segmentos do tubo com equipamento de bancada, realizados em escala HV5

Dureza HV5		Linha 1,00mm		Linha 8,00mm		Linha 14,00mm	
	Pontos	ZTA	Média	ZTA	Média	ZTA	Média
Seg. I	Lado A	381 / 401 / 429	404	391 / 396 / 414	400	387 / 401 / 411	400
	Lado B	389 / 401 / 412	401	376 / 396 / 410	394	381 / 407 / 423	404
Seg. II	Lado A	246 / 271 / 287	268	258 / 265 / 284	269	257 / 275 / 286	273
	Lado B	254 / 277 / 288	273	253 / 269 / 287	270	261 / 274 / 286	274
Seg. III	Lado A	239 / 249 / 258	249	244 / 251 / 260	252	247 / 253 / 259	253
	Lado B	232 / 239 / 255	242	236 / 244 / 254	245	236 / 246 / 257	246

** :Ensaio realizado a temperatura ambiente: $\pm 23^{\circ}\text{C}$

Os ensaios realizados mostraram que o tratamento térmico tem grande importância para a região da ZTA, melhorando as propriedades da região, apresentando uma diminuição da dureza e um aumento da tenacidade do material.

TABELA 2. Resultados dos ensaios de impacto.

Ensaio de impacto em Joules – Entalhe em “V”			
	Segmento I	Segmento II	Segmento III
Resultados	128 / 106 / 130	156 / 150 / 160	156 / 160 / 152
Média	121	155	156

** :Ensaio realizado a temperatura ambiente: $\pm 23^{\circ}\text{C}$

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos do ensaio de dureza com equipamento de bancada apresentaram significativa diminuição dos pontos dos segmentos com tratamento térmico em relação ao segmento sem tratamento de alívio de tensões. Já os resultados dos ensaios de impacto apresentaram ótimos valores de tenacidade, mesmo o segmento sem tratamento de revenimento, mostrando que mesmo com altas durezas na região das ZTA's, a resistência ao impacto pode ter ótimos resultados. Os elementos de liga presentes no material P91, são de grande importância, pois contribuem para manter boas propriedades do aço, mesmo que quando soldados não apresentam realização de tratamento térmico.

AGRADECIMENTOS

A empresa Welding Inspeções, Engenharia e Análise de Materiais, por todo apoio prestado.

REFERÊNCIAS

ZAMPIERI JÚNIOR, Carlos Roberto. Determinação da tenacidade à fratura da região da solda de um tubo de aço ferrítico ASTM A 335 Gr. P22 através do Desenvolvimento da Abertura da Ponta da Trinca (CTOD). 2014. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

NORMA PETROBRAS – N-133 Rev. N – Soldagem.

ASME Boiler and Pressure Vessel Code – Section XI – Welding, Brazing, and Fusing Qualifications.

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. SOLDAGEM – Fundamentos e Tecnologia, 3ª Edição. Belo Horizonte, 2009.

BENTO, Emerson Andre Pinto. Influência dos parâmetros de tratamento térmico pós-soldagem nas propriedades mecânicas e na microestrutura de um tubo da liga ASTM A 335 Gr P91 (9Cr1Mo). 2015. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.