

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DA SOLDAGEM ROBOTIZADA DE AÇO ARBL.

Fellipe Bruno Barbosa Bandeira¹; Jonas Fernando de Souza Fernandes²; Thiago Rodrigues de Sales³; Epitácio Bronzeado Neto⁴.

UNINASSAU, fellipebbb@gmail.com¹, jjoonnaass.jonas@gmail.com², thiagosales.engenharia@gmail.com³
[Universidade Federal de Campina Grande, netoebn@gmail.com](mailto:netoebn@gmail.com)⁴.

1. INTRODUÇÃO

Os aços de alta resistência e baixa liga (ARBL) constituem uma família de aços de grande aplicação na construção de gasodutos e oleodutos, graças ao bom equilíbrio entre resistência mecânica e tenacidade. Este equilíbrio é alcançado através da combinação de tratamentos termomecânicos e microadições de elementos como o nióbio, vanádio e titânio em detrimento ao incremento do percentual de carbono no aço [1].

Contudo, o processo de soldagem empregado na montagem de tubulações em campo pode comprometer as propriedades mecânicas do material na região soldada. O emprego de processos robotizados de soldagem, em comparação aos processos manuais, tem permitido um maior controle dos parâmetros de soldagem e a manutenção das propriedades mecânicas originais do material [2].

O presente trabalho tem o objetivo de realizar uma caracterização mecânica de juntas soldadas do aço API 5L X80 na posição plana, soldadas pelos processos de soldagem manual por eletrodo revestido (SMAW) e soldagem robotizada de arame tubular com proteção gasosa (FCAW-G). Posterior ao processo de soldagem, foram usinados corpos de provas com dimensões previstas pela norma ASTM E8 para avaliar o comportamento mecânico através do ensaio de tração.

2. METODOLOGIA

2.1 Soldagem

A soldagem das chapas pelo processo de soldagem manual por eletrodo revestido (SMAW) foi realizado com o eletrodo celulósico AWS E9010-G, de diâmetro de 3,25 mm, para o passe de raiz e o eletrodo AWS E9018-G com 4,00 mm de diâmetro para os passes de enchimento e acabamento. O processo de soldagem foi realizado conforme os parâmetros de soldagem mostrados na Tabela 1 [3].

No processo de soldagem robotizada, o processo GMAW foi empregado no passe de raiz e os passes de enchimento e acabamento foram realizados com o processo de soldagem com arame tubular e proteção gasosa (FCAW-G). No processo GMAW foi utilizado o arame ER120S-G com 1,00 mm de diâmetro. Nos passes de enchimento e acabamento (FCAW-G.), o arame utilizado foi o E101T1-K7M H4 com diâmetro de 1,2 mm e proteção gasosa de Ar com 25% de CO₂. Os parâmetros são encontrados na Tabela 1, de forma semelhante ao processo de soldagem manual [3].

Tabela 1 – Parâmetros do processo de Soldagem

PROCESSO	Manual			Robotizado		
	SMAW			GMAW	FCAW	
PASSE	Raiz	Enchi.	Acaba.	Raiz	Enchi.	Acaba.
Corrente (A)	100	110	110	200	220	220
Tensão (V)	25,5	26,5	26,5	23,0	23,0	23,0

Velo. de sold. (m/s)	2,0	2,2	2,6	4,5	5,0	5,0
Aporte térm.(kj/cm)	11,48	11,93	10,09	8,69	8,6	8,6

Fonte: Adaptado de Bronzeado Neto (2017).

A escolha dos consumíveis e dos parâmetros de soldagem, bem como do acompanhamento do processo de soldagem, constituem parte do estudo de Albuquerque (2012) [4], em processos de soldagem no aço API 5L X80.

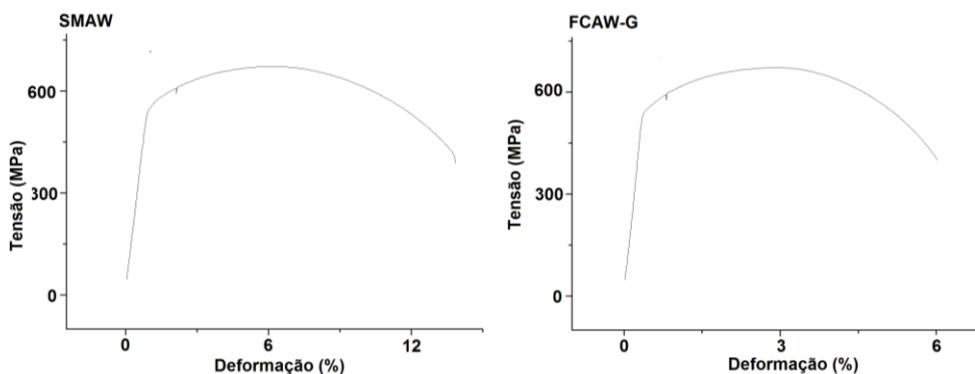
2.2 Ensaio de Tração

Foram usinados corpos de provas das juntas soldadas pelo processo SMAW e das juntas soldadas pelo processo FCAW-G, conforme as dimensões da norma ASTM E8. Os corpos de prova foram deformados até a sua ruptura por meio de uma carga de tração aplicada uniaxialmente ao longo do eixo corpo-de-prova, aumentando a carga gradativamente ao decorrer do ensaio. Para analisar os dados obtidos foi utilizado o software ORIGIN®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A propriedade mecânica da tenacidade determina a quantidade de energia absorvida durante o ensaio de tração até a fratura, dessa forma representada pela área do gráfico tensão-deformação. De acordo com os gráficos de tensão-deformação mostrados na Figura 1, o corpo de prova soldado pelo processo de soldagem manual (SMAW) apresenta uma área total sob a curva tensão-deformação maior do que a área do corpo de prova soldado pelo processo robotizado. Por isso, a tenacidade do corpo de prova soldado pelo processo manual é maior do que a do corpo de prova produzido através da soldagem robotizada.

Figura 1 – Gráficos tensão-deformação



As deformações dos corpos de provas (CP) durante o ensaio de tração são apresentadas no Tabela 2, onde foi observado que a deformação média dos corpos de provas soldadas pelo processo de soldagem manual (9,7%) foi maior do que a deformação média dos corpos de provas soldadas pelo processo de soldagem robotizada (3,60%), nos parâmetros de soldagem estudados.

Tabela 2 – Deformações do corpo de prova (%)

SMAW			FCAW-G		
CP 1	CP 2	CP 3	CP 1	CP 2	CP 3
13,84%	*	5,55%	6,02%	2,24%	2,53%
MÉDIA	9,70%		MÉDIA	3,60%	

* O corpo de prova 2 soldado na posição plana apresentou comportamento não uniforme, sendo excluído do estudo de deformação.

Nos corpos de provas soldados pelo processo SMAW (Figura 2), o corpo de prova 1 e o corpo de prova 3 demonstraram um comportamento dúctil caracterizado pelo fenômeno de empescoamento da amostra. Outro fenômeno observado nestes corpos de provas foi a ovalização das amostras, demonstrando um comportamento anisotrópico das propriedades mecânicas, provavelmente causado pelo processo de laminação. O corpo de prova 2 demonstrou comportamento atípico de fratura, devido a defeitos de soldagem (falta de penetração).

O aspecto da fratura dos corpos de provas do processo robotizado demonstra que os parâmetros de soldagem adotados neste processo produziram descontinuidades na região da zona fundida. Estas descontinuidades, mostradas na figura 3, atuam como concentradores de tensão na junta soldada, através da diminuição da área da seção da amostra e aumentando a tensão localizada.

Figura 2- Aspecto da fratura dos corpos de prova soldados pelo processo SMAW. Ampliação de 500x



Figura 3- Aspecto da fratura dos corpos de prova soldados pelo processo FCAW-G. Ampliação de 500x



CONCLUSÕES

O aço API 5L X80 é um material que combina elevada resistência mecânica como boa soldabilidade. Contudo, foi observado que nas condições de aporte térmico deste estudo, as amostras soldadas pelo processo SMAW ofereceram maior deformação do que as amostras soldadas pelo processo robotizado FCAW-G. As descontinuidades na zona fundida das amostras soldadas no processo formaram concentradores de tensão que promoveram redução na tenacidade. No entanto, é imprescindível a elaboração de estudos complementares para caracterizar modificações microestruturais e sua influência no comportamento mecânico das juntas soldadas.

REFERÊNCIAS

- [1] CIRINO, J. A. et al. **Caracterização Microestrutural do Aço API 5L X80 em Amostras Submetidas a Diferentes Ataques Químicos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS. Cuiabá, 2014.
- [2] PINTO, P. M. S. **Soldagem Circunferencial de Tubo API 5L X80 Empregando Processos Manual / Semi-Automático**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e Materiais) Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

[3] BRONZEADO NETO, E. et al. **Avaliação da Microestrutura de Juntas Soldadas do Aço API 5L X80 Utilizando Processos GMAW/FCAW e SMAW.** In: CONGRESSO NACIONAL DE SOLDAGEM. Joinville, 2017.

[4] ALBUQUERQUE, S. F. **Estudo do Comportamento do Aço API 5L X80 quando Submetido à Soldagem por Processo Automatizado.** Soldag. Insp. São Paulo, vol. 17 N° 02, p. 137-146, Abr/Jun 2012.