

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO EM AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA E BAIXA LIGA SUBMETIDO AO PROCESSO DE SOLDAGEM SMAW

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.com⁴.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o balanço da Agência Nacional de Petróleo (ANP) do ano de 2016, 88,03% do volume de gás natural em reservatórios comercialmente exploráveis do Brasil se encontram em campos *offshore*, enquanto que para o petróleo, esse número alcança a marca de 95,4% [1]. Estes dados demonstram que a produção nacional de petróleo e gás natural é predominantemente marítima, com reservatórios distantes das refinarias e dos centros de distribuição.

O escoamento da produção de petróleo e derivados através do modal dutoviário se apresenta como a alternativa mais econômica para o transporte de grandes volumes. Contudo, o transporte destes produtos por longas distâncias tem demandado o emprego de maiores vazões de operação, maior segurança e menor potencial poluidor [2]. O atendimento destas demandas de produtividade e segurança foi alcançado graças a evolução dos materiais e processos de fabricação empregados na construção de oleodutos e gasodutos [3].

O presente trabalho tem o objetivo de realizar uma caracterização mecânica de juntas soldadas de aço API 5L X80 pelo processo de soldagem manual por eletrodo revestido (SMAW), nas posições planas e verticais ascendentes. 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 Aquisição do Material

O aço API 5L X80 do estudo foi fornecido pela siderúrgica Usiminas, na forma de chapas de espessura de 19 mm. O corte das chapas foi realizado através do processo de corte por plasma, depois do corte foram usinados chanfros de meio V-45° para a soldagem da junta. A composição química do aço (Tabela 1) foi determinada por espectrometria de massa [4].

Tabela 1 – Composição química do aço API 5L X80 (%)

C	Mn	Si	Al	P	V	Cr	Ni	Mo	S	Cu	Nb	Ti
0,082	1,808	0,242	0,044	0,015	0,028	0,157	0,018	0,197	0,005	0,011	0,076	0,011

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2012)

2.2 Soldagem SMAW

A soldagem das chapas foi realizada pelo processo de soldagem manual por eletrodo revestido (SMAW). O eletrodo celulósico AWS E9010-G, de diâmetro de 3,25 mm, foi utilizado para o passe de raiz (RA) e o eletrodo AWS E9018G, com 4,00 mm de diâmetro, para os passes de enchimento (EN) e acabamento (AC) [5].

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

O processo de soldagem foi realizado conforme os parâmetros de soldagem da Tabela 2, sendo realizado nas Posições Planas (PL) e Verticais Ascendentes (VA). 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.

Tabela 2 – Parâmetros de soldagem

-	Vel. De Sold. (m/s)			Corrente (A)			Tensão (V)			Aporte Térm. (kJ/cm)		
	RA	EN	AC	RA	EN	AC	RA	EN	AC	RA	EN	AC
PL	2,0	2,2	2,6	100	110	110	25,5	26,5	26,5	11,48	11,93	10,09
VA	1,3	1,4	1,4	90	100	100	27,5	27,5	27,5	17,30	17,68	17,06

Fonte: Adaptado de Bronzeado Neto (2017)

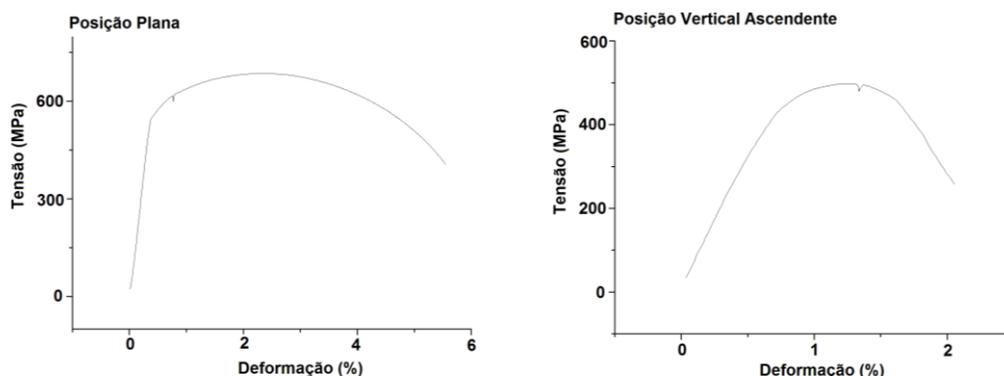
2.3 Ensaio de Tração

Foram usinados corpos de provas das juntas soldadas na posição plana e das juntas soldadas na posição vertical ascendente, 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 do corpo de prova, com aumento de carga gradativo no decorrer do ensaio. Para analisar os dados obtidos foi utilizado o software ORIGIN®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os gráficos de tensão-deformação mostrados na Figura 1, o corpo de prova soldado na posição plana apresenta uma área total sob a curva tensão-deformação maior do que a área do corpo de prova soldado na posição vertical ascendente. Isto demonstra que nos parâmetros de soldagem adotados, a tenacidade dos corpos de provas soldados na posição plana foi maior. O gráfico da posição vertical ascendente demonstra um comportamento atípico, causado por um defeito de soldagem (falta de penetração).

Figura 1 – Gráficos tensão-deformação



As deformações dos corpos de provas (CP) durante o ensaio de tração são apresentadas na Tabela 3. Foi observado que a deformação média dos corpos de provas soldadas na posição plana (9,7%) foi maior do que do que a deformação média dos corpos de provas soldadas na posição vertical ascendente (2,13%), nos parâmetros de soldagem estudados.

Tabela 3 – Deformações do corpo de prova (%)

Posição Plana			Posição Vertical Ascendente		
CP 1	CP 2	CP 3	CP 1	CP 2	CP 3
13,84%	*	5,55%	1,91%	2,42%	2,058%

MÉDIA	9,70%	MÉDIA	2,13%
--------------	-------	--------------	-------

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

O aspecto da fratura dos corpos de prova soldados com a posição vertical ascendente demonstra que os parâmetros de soldagem adotados nesta posição produziram descontinuidades na região da zona fundida. Estas descontinuidades, mostradas na Figura 2, atuam como concentradores de tensão na junta soldada, reduzindo a seção do corpo de prova e aumentando a tensão localizada.

Já para os corpos de provas soldados na posição plana (Figura 3), o aspecto da fratura do corpo de prova 1 e do corpo de prova 3 demonstram um comportamento dúctil caracterizado pela aparência do empescoçamento 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.

Figura 2 – Aspecto da fratura dos corpos de prova soldados na posição vertical ascendente. Ampliação de 500x



Figura 3 – Aspecto da fratura dos corpos de prova soldados na posição plana. 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 na posição plana ofereceram maior deformação do que as amostras soldadas no processo SMAW na posição vertical ascendente, durante o ensaio de tração. As descontinuidades na zona fundida das amostras soldadas na posição vertical ascendente formaram concentradores de tensão que promoveram redução das propriedades da junta soldada. No entanto, faz-se necessário a elaboração de estudos complementares para caracterizar modificações microestruturais e sua influência no comportamento mecânico das juntas soldadas.

REFERÊNCIAS

- [1] ANP. **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>>. Acesso em: 22 de abril de 2018.
- [2] SILVA, P. R. **Transporte Marítimo de Petróleo e Derivados na Costa Brasileira: Estrutura e Implicações Ambientais**. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- [3] SOEIRO JUNIOR, J. C. **Uma Breve Revisão Histórica do Desenvolvimento dos Aços API para Tubulações**. Soldagem e Inspeção. São Paulo, vol. 18 N° 02, p. 176-195, Abr/Jun 2013.
- [4] ALBUQUERQUE, S. F. et al. **Estudo do Comportamento do Aço API 5L X80 quando Submetido à Soldagem por Processo Automatizado**. Soldagem e Inspeção. São Paulo, vol. 17 N° 02, p. 137-146, Abr/Jun 2012.
- [5] 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.