

AVALIAÇÃO DA TENACIDADE DO AÇO API 5L X80 SUBMETIDO A DIFERENTES SEQUÊNCIAS TERMOMECÂNICAS

Alisson Soares da Silva, alissonsoaressilva@live.com¹
Deisiane Santos de Oliveira, deisianesantos2017@hotmail.com¹
Pablo Batista Guimarães, pabloguimaraes@recife.ifpe.edu.br¹
José Dásio de Lira Júnior, josedasio@recife.ifpe.edu.br¹
Tiago de Sousa Antonino, tiagoantonino@recife.ifpe.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia de Pernambuco, Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-545

Resumo: Os dutos são responsáveis pelo transporte de petróleo e gás em condições de altas pressões, as quais exigem uma elevada resistência e segurança do material que reveste as tubulações. Para solucionar isso, são utilizados aços microligados (ARBL) por causa de suas melhores características de tenacidade e alta resistência mecânica. Neste trabalho foram avaliadas a tenacidade e a influência das microestruturas obtidas do aço API 5L X80 (tipo de aço ARBL) quando submetido a diferentes rotas termomecânicas. Foram feitas diversas etapas como: o corte do material, usinagem, realização das rotas termomecânicas, fabricação dos corpos de prova e ensaios de tração. Primeiramente, o material de aço API 5L X80 foi cortado em várias partes retangulares. Seguidamente foi feito um processo de fresagem e após isso o tratamento térmico do material dimensionado. Após isso, foram confeccionados 3 corpos de prova para cada rota e o material como recebido. Em seguida, foram feitos os ensaios de tração para confecção de gráficos em função da tensão e deformação específica, e a partir da integração da área abaixo da curva foram calculados os valores da tenacidade. Com os experimentos concluídos, foram feitas comparações e análises acerca das mudanças ocorridas na tenacidade do aço.

Palavras chave: aço API 5L X80, microestrutura, rotas termomecânicas, tenacidade.

Abstract: The pipelines are responsible for transporting oil and gas under conditions of high pressure, which require high strength and safety of the material that lines the pipes. To solve this, microalloyed steels (ARBL) are used because of their better characteristics of toughness and high mechanical resistance. In this work, the toughness and the influence of the microstructures obtained from API 5L X80 steel (type of steel ARBL) were evaluated when subjected to different thermomechanical routes. Several steps were taken, such as: cutting the material, machining, carrying out the thermomechanical routes, fabricating the specimens and tensile tests. First, the API 5L X80 steel material was cut into several rectangular parts. Then a milling process was carried out and thereafter the heat treatment of the dimensioned material. After that, 3 specimens were made for each route and the material as received. Then, tensile tests were performed for making graphs according to the specific stress and strain, and from the integration of the area under the curve, the toughness values were calculated. With the experiments completed, comparisons and analyzes were made about the changes in steel tenacity.

Keywords: API 5L X80 steel, microstructure, thermomechanical routes, toughness

1. INTRODUÇÃO

Os dutos, responsáveis pela maneira mais econômica de transporte de petróleo e gás, são fabricados a partir de tubos fixados por métodos de soldagem através do arco elétrico, sendo que as juntas soldadas podem causar defeitos e acarretar nucleação de trincas (Diaz, 2016). O principal problema no desenho e construção de tubulações está relacionado à forma como as fraturas frágeis se propagam, pois, em altas pressões, estas podem se propagar de forma rápida e fora de controle (Diaz, 2016). Para solucionar essa situação, é necessário um tipo de material que estabeleça segurança e alta resistência para essas estruturas.

O desenvolvimento de aços microligados (ARBL), em aplicações estruturais, navais e petrolíferas, é devido praticamente às melhores características de tenacidade desses materiais para alta resistência mecânica e boa soldabilidade (Fernandes, 2011). Outra questão é que seu preço é menor em relação aos materiais tratados termicamente, uma vez que

suas características mecânicas finais são adquiridas diretamente pelo processo de laminação (Fernandes, 2011). Essa técnica, seguida de um resfriamento monitorado, com a combinação entre temperatura e deformação a quente otimizam os valores de resistência mecânica e a tenacidade (Fernandes, 2011).

Nesta pesquisa foi utilizado o aço API 5L X80, classificado de acordo com a norma API (American Petroleum Institute). Esse material está dentro do grupo dos Aços de Alta Resistência e Baixa Liga (ARBL) e foi estudado com o objetivo de avaliar a sua tenacidade, submetido a diferentes sequências termomecânicas. O Objetivo geral deste trabalho é avaliar a tenacidade do aço ARBL API 5L X80, de grande aplicação na indústria do petróleo, submetido a diferentes sequências termomecânicas.

2. METODOLOGIA

Para o estudo do aço API 5L X80, o trabalho foi dividido em 5 partes: corte do material, usinagem, Tratamentos térmicos, corpo de prova e ensaio de tração.

2.1 CORTE DO MATERIAL

Para o início do trabalho, utilizamos uma serra automática em um dos laboratórios do IFPE Campus Recife com o objetivo de cortar uma amostra do aço API 5L X80 em pequenas peças retangulares como mostra a imagem abaixo:



Figura 1. Serra automática realizando o corte da amostra do aço (Autores, 2020)

2.2 PROCESSO DE USINAGEM

Após o corte da amostra do material, foi utilizado o Centro de Usinagem CNC do instituto, a fim de realizar a fresagem das peças e obter como resultado as seguintes dimensões: 10 mm de largura, 13 mm de espessura e 180 mm de comprimento. Após esse processo foi utilizado um esmeril para o acabamento e retirada dos rebarbos das peças fabricadas.



Figura 2. Máquina CNC utilizada para fresagem (Autores, 2020)

2.3 ROTAS TERMOMECÂNICAS

Após deixar as peças nas dimensões informadas, fomos para a UFPE, onde utilizamos um forno tipo mufla e um laminador para realizar um tratamento térmico com as mesmas fabricadas, estabelecendo assim 3 rotas termomecânicas:

- Primeira rota: Inicialmente, 3 peças foram colocadas no forno a 950°C e permaneceram lá durante 15 minutos; em seguida elas foram posicionadas em um laminador, por onde foi feita uma redução de 10% em suas seções transversais; logo após o término da laminação, foi feito um resfriamento imediato com água a temperatura ambiente, finalizando assim o tratamento térmico.
- Segunda rota: Foi feito o mesmo processo da primeira rota, porém com uma redução de 15% das seções transversais das peças.
- Terceira rota: Foi feito o mesmo processo das últimas rotas, porém com uma redução de 20% das seções transversais das peças.



Figura 3. Peças colocadas no forno tipo mufla para processo de aquecimento (Autores, 2020)



Figura 4. Peça sendo retirada do laminador para imediato resfriamento com água à temperatura ambiente (Autores, 2020)

2.4 FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Após a conclusão das rotas termomecânicas, utilizamos um torno mecânico no laboratório de tornearia do IFPE para realizar a fabricação dos seguintes tipos de corpo de prova: material como recebido (que não sofreu o processo de tratamento térmico), e o material com 10%, 15% e 20% de redução das seções transversais. Foram produzidos 3 corpos de prova para cada categoria.



Figura 5. Processo de fabricação do corpo de prova no torno mecânico (Autores, 2020)



Figura 6. Corpos de Prova fabricados (Autores, 2020)

2.5 ENSAIO DE TRAÇÃO

Por fim, após a fabricação dos corpos de prova, foi realizado em um laboratório do setor de mecânica do IFPE, o ensaio de tração dos mesmos a fim de obter dados sobre a tensão e deformação específica das peças sob a tração aplicada nelas para cada categoria: o material como recebido, com 10% de redução, 15% e 20%.



Figura 7. Máquina utilizada para ensaio de tração. (Autores, 2020)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CÁLCULO E ANÁLISE DA TENACIDADE

A partir dos ensaios de tração, pudemos relacionar a área abaixo da curva dos gráficos com o valor da tenacidade. Abaixo estão os resultados obtidos:

Tabela 1. Resultados dos valores das tenacidades para cada rota (Autores, 2020)

	TENACIDADE MÉDIA [N/m^2]	DESVIO PADRÃO [N/m^2]
MATERIAL C.R	$83,17 \times 10^6$	15,794
ROTA 1	$122,022 \times 10^6$	10,576
ROTA 2	$153,94 \times 10^6$	16,413
ROTA 3	$139,533 \times 10^6$	6,899

Para o cálculo da tenacidade foi utilizado um software gráfico para análise de dados e estatística desenvolvido pela Originlab para execução em plataforma Windows. Analisando os resultados dos dados obtidos, percebe-se que houve um aumento do valor da tenacidade em relação ao material como recebido devido às rotas termomecânicas, as quais provocaram uma redução nas seções transversais do material através do processo de laminação controlada e resfriamento com água à temperatura ambiente. Em outro trabalho, Antonino (2011), através do ensaio de impacto charpy e análise de suas rotas termomecânicas, também observou melhorias na tenacidade a fratura a 20°C de um aço API 5L X70. Segundo ele, em duas de suas rotas, foram destacados melhores resultados de tenacidade a fratura devido a microestruturas formadas por ferrita granular e ferrita acicular.

De acordo com Castro (2015), através de seu estudo de um aço API 5L X80, foi concluído também que em seu teste de impacto Charpy, a tenacidade avaliada apresentou resultados bastante satisfatórios. Em termos de energia absorvida foi evidenciado que mesmo o teste sendo efetuado a uma temperatura mais baixa que a especificada pela norma, seus valores foram, de forma geral, em torno de 8 vezes maior que o valor mínimo requerido.

3.2 ANÁLISE DAS MICROESTRUTURAS DO AÇO API 5L X80 E SUA RELAÇÃO COM A TENACIDADE

Analisando a rota 2 do material estudado, que sofreu uma laminação com redução de 15%, observou-se um aumento da tenacidade passando de 83,17 Mpa para 153,94 Mpa (Tabela 1) em relação ao material “como recebido”. Comparando com o trabalho de Pedrosa (2012), ele observou que seu material também de aço API 5L X80, austenitizado durante 15 min, laminado com redução de 15% e temperado em água apresentou um aumento de tenacidade em relação ao material na condição de “como recebido”, passando de 108,9 MPa para 125,7 MPa. De acordo com ele, este ganho de tenacidade pode ser justificado pela obtenção do constituinte ferrita acicular, observada através de uma micrografia por MEV, uma vez que, uma microestrutura de ferrita acicular tem o potencial de combinar alta resistência e alta tenacidade. Já o material na condição de “como recebido” apresenta uma estrutura formada predominantemente pelo constituinte ferrita poligonal.

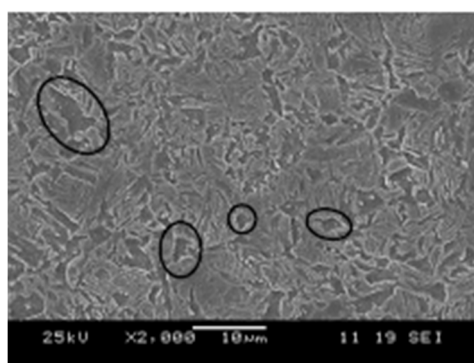


Figura 8. Micrografia do corpo de prova austenitizado durante 15 min, laminado e temperado (Pedrosa, 2012)

4. CONCLUSÃO

Diante das metodologias adotadas e comparações com outros trabalhos, pode-se concluir que o aço API 5L X80 quando austenitizado a uma temperatura de 950°C, durante 15 minutos, laminado e resfriado a temperatura ambiente, apresenta um aumento considerável em sua tenacidade em relação ao material “como recebido”, essa característica pode ser resultado da obtenção da microestrutura ferrita acicular após o processo de tratamento térmico pelas rotas termomecânicas, como foi citado nas discussões.

Assim, compreende-se que o aço API 5L X80 tem sua tenacidade otimizada quando submetido aos tratamentos térmicos, justamente pela formação das microestruturas que potencializam essa propriedade.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, ao técnico Josiel Sobral de Souza por ajudar no fornecimento dos laboratórios para andamento da pesquisa, ao IFPE pelo apoio financeiro através do programa institucional de bolsas de iniciação científica (PIBIC), ao técnico Edilson Eugenio da Silva pela ajuda com a fabricação dos corpos de prova da pesquisa no laboratório de tornearia e por fim, a todos que colaboraram tanto no IFPE quanto na UFPE para realização dessa pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Antonino, Tiago de Sousa. **Estudo da influência de tratamentos termomecânicos conjunto resistência mecânica tenacidade a fratura do aço api 5l x80**. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

Castro, João Paulo Vilano de. **Caracterização microestrutural e mecânica do aço API 5L X80 com distintos projetos de liga**. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

Diaz, Julian Arnaldo Avila. **Determinação da tenacidade à fratura de juntas soldadas por atrito com pino não consumível em chapas de aço API-5L-X80.** 268 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

Fernandes, Paulo Eduardo Alves. **Avaliação da Tenacidade à Fratura da Zona Afetada Pelo Calor (ZAC) do Aço API 5L X80 Soldado pelos Processos SMAW e FCAW.** 109 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Pedrosa, Igor Rafael Vilarouco. **Estudo das transformações de fase no aço api 5l x80 visando o aumento da tenacidade à fratura.** 110 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.