

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA EM AÇO ABNT 4140 LAMINADO A QUENTE E LAMINADO A QUENTE/NITRETADO

Debora Michelle Amaral, deboramichelle13@hotmail.com¹

Isaac Newton Vieira Filho, isaac_newtonv@hotmail.com¹

Izabela Ângela Santos, izabelasantos72@gmail.com¹

José Rubens Gonçalves Carneiro, joserub@pucminas.br¹

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, Belo Horizonte/MG, Brasil. CEP 30535-901.

Resumo: Falhas, na maioria das oportunidades, em componentes mecânicos ocorrem sob cargas abaixo do escoamento em razão do fenômeno de fadiga. A nitretação é um tratamento termoquímico que aumenta a resistência ao desgaste, à fadiga, à corrosão e ao calor. Este trabalho tem como objetivo analisar e comparar as propriedades mecânicas e a resistência à fadiga do aço ABNT 4140 laminado a quente e laminado/ nitretado em banho de sal. Amostras do aço ABNT 4140 em barra com diâmetro de 3/8" e 6000 mm de comprimento foram cortadas, usinadas em corpos de prova de tração e fadiga, conforme, respectivamente, normas ASTM E8/E8M e E466-15. Confirmou-se que o limite de resistência guardou relação com a dureza Brinell para o substrato. Parte dos corpos de prova usinados para ensaio de tração e fadiga foram nitretados, em temperatura de 570°C em 4 horas em forno de banho de sal. A espessura da camada nitretada atingida para o valor de microdureza de 550HV-245,2mN foi de 235 µm aproximadamente. Amostras dos corpos de prova, com e sem nitretação, foram preparadas para análise química e metalográfica em microscópio ótico, varredura e força atômica. O método utilizado para a avaliação da resistência à fadiga foi o "staircase" e a partir dos valores de tensão máxima, mínima e média encontrado nos ensaios de tração fez-se o ensaio de fadiga. Obteve-se valor médio de fadiga de 752 MPa ± 6 MPa para o aço laminado a quente e de 700 MPa ± 7 MPa para o aço laminado a quente/nitretado.

Palavras-chave: ABNT 4140. Fadiga. Nitretação. Staircase.

1. INTRODUÇÃO

O aço ABNT 4140 é utilizado na indústria em componentes mecânicos tais como eixos e engrenagens, na condição de laminado a quente e temperado/revenido em razão de suas propriedades mecânicas de dureza, resistência ao desgaste e à fadiga. A solicitação por fadiga pode provocar a fratura de componentes mecânicos com cargas abaixo do escoamento do material, gerando riscos aos equipamentos e operadores. Esse fenômeno é influenciado por vários fatores como, a superfície do componente, o meio ao qual ele está exposto e a temperatura, e ocorre em três estágios, início da trinca, propagação da mesma e ruptura do material.

Segundo Callister (2012) o tratamento termoquímico de nitretação é uma maneira eficaz de aumentar a vida em fadiga, uma vez que tal tratamento gera tensões residuais de compressão em uma fina camada da superfície. Quando o material é submetido a tensões de tração, essa será anulada com a tensão residual de compressão gerada pelo tratamento, adiando a probabilidade de formação da trinca e consequentemente a falha por fadiga.

A nitretação é um tratamento termoquímico que pode ser realizado em meio gasoso, líquido ou a plasma. A nitretação líquida consiste na imersão do material em banho de sais de potássio em temperatura constante e usualmente subcrítica. A camada nitretada comercial, geralmente, é de 0,2mm.

A resistência à fadiga pode ser testada através de vários métodos, entre eles está o método "Staircase", no qual o material é submetido a uma tensão para um número de ciclos determinado previamente, que são constantes para todos os corpos de prova, observando-se, como resultado, se houve falha do material. Se não houver falha, o próximo corpo de prova é submetido a uma tensão maior, caso contrário, o corpo de prova é submetido a uma tensão menor, dessa forma todos os corpos de prova são testados. Após os testes, os dados obtidos são estruturados em forma de gráfico para análise dos resultados e obtenção do limite de resistência à fadiga médio.

Este trabalho visa comparar o limite de resistência à tração e à fadiga do aço ABNT 4140 laminado a quente e laminado a quente com tratamento de nitretação em banho de sal através do método "Staircase", uma vez que é um aço amplamente utilizado na indústria e o aumento de sua resistência à fadiga pode gerar economia para empresas com

manutenções corretivas, aquisições de novos equipamentos e influenciar de forma positiva na segurança, visto que acidentes com rupturas repentinas podem ser minimizados.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram usinados corpos de prova do aço ABNT 4140 para o ensaio de tração e de fadiga, e eles foram divididos em dois grupos, nitretados e não nitretados. Os corpos de prova para nitretação foram submetidos a uma mistura com 96% de Tri-hidroxi-s-Triazina, com temperatura controlada de 570°C, onde permaneceram durante 4 horas.

Após a nitretação as amostras foram submetidas ao ensaio de microdureza Vickers por penetração. Utilizou-se um durômetro com penetrador de diamante e uma carga 245,2 mN, para a realização do ensaio.

Três corpos de prova do aço ABNT 4140 laminado a quente e três corpos de prova do aço ABNT 4140 laminado a quente/nitretado foram submetidos ao ensaio de tração. O equipamento utilizado para realização do ensaio de tração foi uma máquina Instron, modelo 4487, com acionamento servo-hidráulico e células de carga de 300kN. Foi utilizado um medidor de deformação (“strain-gage”), instalado ao longo do comprimento do corpo de prova. Os sinais de força e deslocamento na direção do comprimento do corpo foram enviados ao computador, e, posteriormente, disponibilizados através de um arquivo “.txt”.

Mediu-se o comprimento e diâmetro inicial dos corpos de prova (base de medida) com auxílio de um paquímetro, marca Mitutoyo, cuja resolução é de 0,1mm. A base de medida foi utilizada para cálculo da deformação convencional através da Eq. (1).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (1)$$

Onde Δl é a variação da base de medida e l_0 é a base de medida.

Como o programa da máquina de ensaio envia os resultados de força, os valores de tensão convencional σ_c foram calculados por meio da Eq. (2)..

$$\sigma_c = \frac{F}{S_0} \quad (2)$$

Onde F é a força axial e S_0 é a área inicial do corpo de prova.

O valor do limite de escoamento σ_{esc} foi obtido a partir do gráfico tensão convencional versus deformação para a deformação de 0,02%. A tensão de escoamento foi obtida pela Eq. (3).

$$\sigma_{esc} = \frac{F_{esc}}{S_0} \quad (3)$$

Onde F_{esc} é a força de escoamento e S_0 é a área inicial do corpo de prova.

O valor do limite de resistência σ_{res} foi obtido a partir do gráfico tensão convencional versus deformação para a deformação correspondente à carga máxima. O limite de resistência à tração foi obtido pela Eq. (4).

$$\sigma_{res} = \frac{F_{max}}{S_0} \quad (4)$$

Onde F_{max} é a força máxima e S_0 é a área inicial do corpo de prova.

A deformação verdadeira foi obtida através da Eq. (5), entre as deformações correspondentes as cargas de escoamento e máxima.

$$e_v = \ln(1+\varepsilon) \quad (5)$$

Onde e_v é a deformação verdadeira.

A tensão verdadeira foi obtida pela Eq. (6) entre as forças de escoamento e máxima.

$$\sigma_v = \sigma_c \cdot (1+\varepsilon) \quad (6)$$

Onde σ_v é a tensão verdadeira.

A partir da Eq. (7), também conhecida como equação de Hollomon, foi possível obter valores de K (coeficiente de resistência) e n (coeficiente de encruamento).

$$\sigma_v = K \cdot (e_v)^n \quad (7)$$

Linearizando, Eq. (8),

$$\ln(\sigma_v) = \ln(K) + n \cdot \ln(e_v) \quad (8)$$

Em corpos de prova (CP) cilíndricos do aço ABNT 4140 que passou pelo ensaio de tração, do material com e sem nitretação, tirou-se amostras para estudo da microestrutura, fez-se então um corte nas regiões de fratura dos corpos de prova para analisar a estrutura após a deformação do material, nos sentidos transversal e longitudinal da peça.

Após o corte nos materiais, realizou-se o embutimento a quente com utilização de resina acrílica em pó, temperatura de 180°C, garantindo firmeza e facilidade para o manuseio da amostra. Após o embutimento, fez-se o lixamento, em lixa d'água passando pela sequência cujo os números são: 180, 220, 320, 400, 600, 1200, 2500, e em seguida foi feito o polimento em uma politriz de disco giratório de feltro impregnado de suspensão de diamante de 3µm, para se obter uma superfície plana e polida. Os CPs polidos foram atacados com o reagente químico Nital 4% (4% Ácido Nítrico + 96% Álcool) para evidenciar a microestrutura a ser analisada em microscópio ótico marca OLYMPUS BX 60 e dotado de objetiva de aumentos de 12,5x, 100x, 200x e 500x.

Para realização do ensaio de fadiga foi utilizado o equipamento servo-hidráulico INSTRON, modelo 8801, com carregamento uniaxial e célula de carga de 100 kN, com frequência de 25 Hz. A determinação do limite de fadiga foi baseada no método "Staircase" por meio de sucessivos ensaios variando o nível de tensão em função da ocorrência ou não de ruptura do corpo de prova. No caso da não ocorrência de ruptura do corpo de prova, considerou-se que este apresenta vida infinita em fadiga.

Os carregamentos foram por tração-tração, curva senoidal, com razão de carregamento igual a R=0,1 constante em todo o ensaio. Foram ensaiados 20 corpos de prova laminados a quente e 15 laminados a quente/nitretados, com o fim de teste em cinco milhões de ciclos, 5×10^6 , alterando a tensão d (d - degrau da escada) em 5,0 MPa para cima ou para baixo. O teste iniciou com uma tensão de 780 MPa no primeiro corpo de prova laminado a quente e de 700MPa para o corpo de prova laminado a quente/nitretado, tais valores representam o limite de escoamento do material, obtidos no ensaio de tração. Os dados coletados no ensaio foram processados segundo o método staircase, modelado segundo as Eq. (12) e Eq. (13).

$$A = \sum_{i=0}^{imax} m_i \quad (9)$$

$$B = \sum_{i=0}^{imax} i m_i \quad (10)$$

$$C = \sum_{i=0}^{imax} i^2 m_i \quad (11)$$

$$\mu = S_0 + s \left(\frac{B}{A} \pm 0.5 \right) \quad (12)$$

$$\sigma = 1.62 s \left(\frac{AC - B^2}{A^2} + 0.029 \right) \quad (13)$$

$$\text{Se } \frac{AC - B^2}{A^2} \geq 0.3 \quad (14)$$

Onde A, B e C são variáveis auxiliares para o cálculo de μ que representa a média de resistência à fadiga e σ que caracteriza o desvio padrão.

O i são as faixas de tensão do teste, o i é numerado de forma crescente, iniciando de zero até o último nível de tensão. Em seguida, conta-se o número de corpos de prova do evento menos frequente, se for o evento de falha o sinal considerado na Eq. (9) é o negativo, caso contrário o sinal positivo será utilizado, a quantidade obtida na contagem caracterizará o m_i .

S_0 é a menor tensão a qual os corpos de prova foram submetidos, a tensão relativa a $i=0$, e s é o degrau do ensaio, 5 MPa no presente trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ensaio de microdureza

Com a finalidade de medir a espessura da camada nitretada, utilizou-se o ensaio de microdureza. Segundo a norma ISO 4507, o fim da camada nitretada total corresponde a uma dureza especificada de 550HV, onde a camada total encontrada, observa-se na Fig. 1, foi de 235µm.

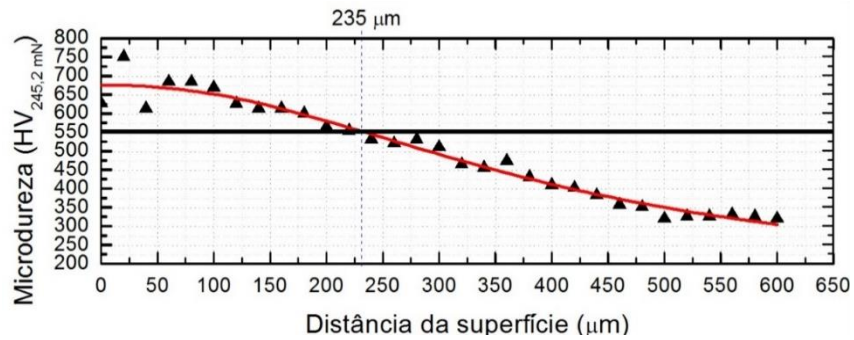


Figura 1. Gráfico da curva de microdureza x distância da superfície.

3.2. Ensaio de Tração

Através dos dados obtidos pela análise de tração dos corpos de prova, foi possível traçar as curvas de Tensão x Deformação, do material laminado a quente e do material laminado a quente/nitretado, representados na Fig. 2.

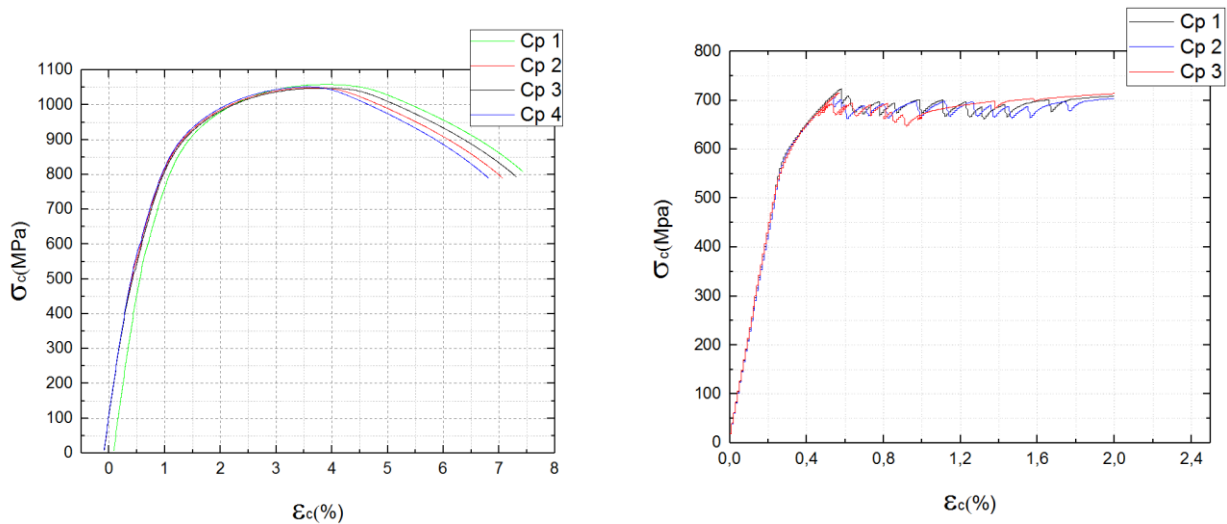


Figura 2. Gráficos de curva de tensão x deformação a) ABNT 4140 laminado a quente. b) ABNT 4140 laminado a quente/nitretado.

A tensão do aço ABNT 4140 laminado a quente atingiu tensão máxima de aproximadamente a 1052 MPa e o aço ABNT 4140 laminado a quente/ nitretado atingiu tensão máxima de aproximadamente 725 MPa, tensão muito abaixo da esperada.

3.3. Microscopia ótica

A Fig. 3 apresenta a micrografia de uma amostra do aço ABNT 4140 laminado a quente no estado bruto de conformação. Ataque com reagente químico Nital 4%.

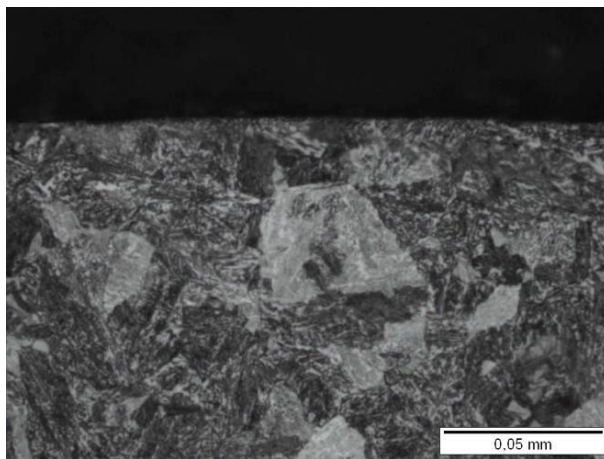


Figura 3. Micrografia da amostra no estado laminado a quente. Ampliação de 100x.

A Fig. 4 apresenta micrografias das amostras do aço ABNT 4140 laminado a quente/ nitretado, atacado com reagente químico Nital 4%. É possível notar a zona total da camada nitretada, que é composta pela zona de camada branca e a zona de difusão dos nitretos, que não se apresenta uniforme.

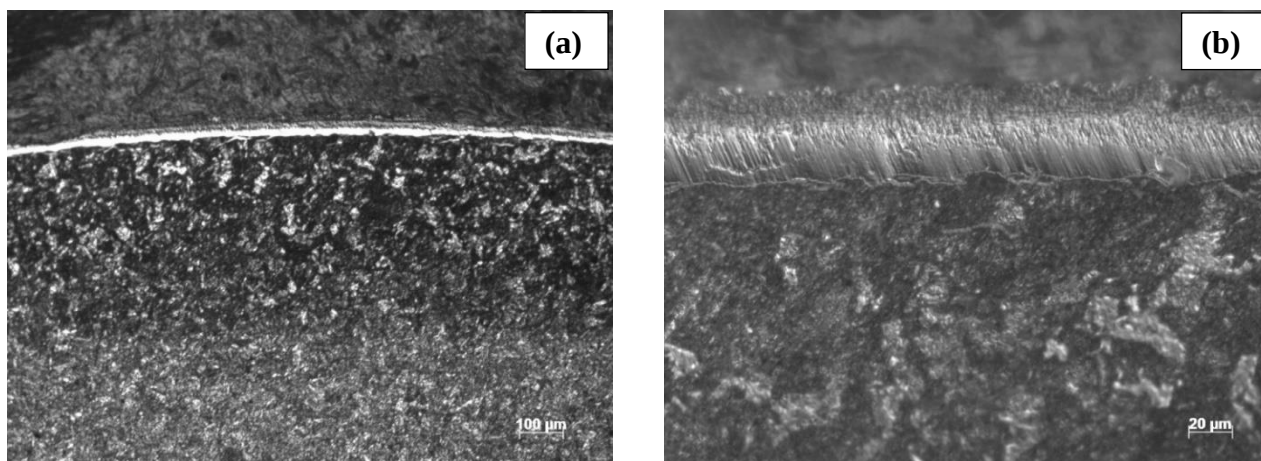


Figura 4. Micrografia da amostra no estado laminado a quente/nitretado. Ampliação de 100x (a) e 500x (b).

3.4. Ensaio de Fadiga

A partir do ensaio de fadiga, pelo método Staircase, obteve-se os dados das tabelas 1 e 3. Os corpos de prova laminados a quente válidos são 16, de acordo com a Tab. 1, pois, o corpo de prova que não rompeu foi considerado o primeiro válido.

Tabela 1. Ensaio de fadiga do aço ABNT 4140 laminado a quente

LE (Mpa): 780,59 LR (Mpa): 1052,16 Al(%): 3,91 RAZÃO: 0,1 FREQUÊNCIA: 25 Hz								
Cp's	Parâmetros do ensaio							
	μ (Mpa)	Fmax (N)	Fmin (N)	Fmédia (N)	Famplitude (N)	ΔF (N)	μ /LR (%)	Nº Ciclos
1	780	39777	3978	21877	17900	35799	74,1	327122
2	770	39170	3917	21543	17626	35253	73,2	449268
3	760	38757	3876	21317	17441	34882	72,2	1455815
4	750	37869	3787	20828	17041	34082	71,3	5000000
5	755	38789	3879	21334	17455	34911	71,8	124408
6	750	38247	3825	21036	17211	34423	71,3	382288
7	745	37992	3799	20896	17097	34193	70,8	5000000
8	750	37869	3787	20828	17041	34082	71,3	345301
9	745	37804	3780	20792	17012	34024	70,8	5000000
10	750	38247	3825	21036	17211	34423	71,3	5000000
11	755	38311	3831	21071	17240	34480	71,8	5000000
12	760	38854	3885	21369	17484	34968	72,2	297284
13	755	38216	3822	21019	17197	34395	71,8	5000000
14	760	38661	3866	21264	17398	34795	72,2	675186
15	755	38216	3822	21019	17197	34395	71,8	122076
16	750	38437	3844	21141	17297	34594	71,3	124246
17	745	37616	3762	20689	16927	33855	70,8	259616
18	740	37550	3755	20653	16898	33795	70,3	172692
19	745	37616	3762	20689	16927	33855	70,8	5000000

A partir do ensaio foram processados os dados da Tab. 2 através do método Staircase.

Tabela 2. Dados do método staircase do aço 4140 laminado a quente

Aço ABNT 4140 SEM NITRETAÇÃO																					
	μ (MPa)	Corpo de prova																			
i		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	i	mi	imi	i²mi
4	760									X		X						4	0	0	0
3	755		X						O		O		X					3	2	6	18
2	750	O		X		X		O						X				2	2	4	8
1	745				O		O								X		O	1	3	3	3
0	740															X		0	0	0	0
Nº de ciclos 10 ⁶		5,000	0,124	0,382	5,000	0,345	5,000	5,000	5,000	0,297	5,000	0,675	0,122	0,124	0,260	0,173	5,000		A= 7	B= 13	C= 29

Utilizando-se as Eq. (12) e Eq. (13), verifica-se que o valor de probabilidade de falha por fadiga, do aço ABNT 4140 laminado a quente, para 50%, é de 752 MPa com um desvio de ± 6 MPa, valor menor que o limite de ruptura do material de 1052 MPa, e que o valor de escoamento de 781 MPa.

Na Tab. 3 estão representados os dados do ensaio de fadiga dos corpos de prova laminado a quente/nitretado. Foram ensaiados 15 corpos de prova, onde 14 deles foram válidos.

Tabela 3. Ensaio de fadiga do aço ABNT 4140 laminado a quente/ nitretado

LE (Mpa): 705,04 LR (Mpa): 725,98 Al(%): 1,95 RAZÃO: 0,1 FREQUÊNCIA: 25 Hz								
Cp's	Parâmetros do ensaio							
	μ (Mpa)	Fmax (N)	Fmin (N)	Fmédia (N)	Famplitu de (N)	ΔF (N)	μ /LR (%)	Nº Ciclos
1	700	35256	3526	19391	15865	31730	96,4	101296
2	695	35004	3500	19252	15752	31504	95,7	5.000.000
3	700	35609	3561	19585	16024	32048	96,4	5.000.000
4	705	35685	3569	19627	16058	32117	97,1	5.000.000
5	710	35760	3576	19668	16092	32184	97,8	122.121
6	705	35597	3560	19578	16018	32037	97,1	14.628
7	700	35432	3543	19488	15945	31889	96,4	5.000.000
8	705	35685	3569	19627	16058	32117	97,1	88.093
9	700	35609	3561	19585	16024	32048	96,4	70.090
10	695	35004	3500	19252	15752	31504	95,7	5.000.000
11	700	35432	3543	19488	15945	31889	96,4	5.000.000
12	705	35952	3595	19774	16179	32357	97,1	7.229
13	700	35609	3561	19585	16024	32048	96,4	103.046
14	695	35267	3527	19397	15870	31740	95,7	56340
15	690	35013	3501	19257	15756	31512	95	5.000.000

A partir do ensaio foram processados os dados da Tab. 4 através do método Staircase.

Tabela 4. Dados do método staircase do aço 4140 laminado a quente/nitretado

	μ (MPa)																		
i		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	i	mi	imi	i ² mi
4	710				X											4	0	0	0
3	705			O		X		X				X				3	1	3	9
2	700		O				O		X		O		X			2	3	6	12
1	695	O								O				X		1	2	2	2
0	690														O	0	1	0	0
Nº de ciclos 10 ⁶		5,000	5,000	5,000	0,122	0,015	5,000	0,088	0,070	5,000	5,000	0,007	0,103	0,006	5,000		A= 7	B= 11	C= 23

Utilizando a equações 12 e 13, verifica-se que o valor de probabilidade de falha do material em fadiga para a 50% é de 700 MPa com um desvio padrão de ± 7 MPa. Valor menor que o limite de ruptura do material de 726 MPa e que o valor de escoamento de 705 MPa. O valor de resistência à fadiga no material laminado a quente foi superior ao laminado a quente/nitretado, fator contrário ao esperado, uma vez que a bibliografia diz que a nitretação aumenta a vida em fadiga.

3.5. Microscópio de força atômica (AFM)

Após a análise dos resultados de fadiga do material nitretado, valor muito abaixo do esperado, foram realizadas análises superficiais de uma amostra nitretada, para encontrar as possíveis causas, como defeitos superficiais, que afetem negativamente no resultado de fadiga para tais resultados. As imagens feitas no AFM se encontram nas Fig. 5 e 6.

A Fig. 5 representa a análise AFM, de 0 a aproximadamente 15 μm na vertical tem-se a superfície do aço aproximadamente lisa em relação a camada nitretada, de aproximadamente 15 a 30 μm .

A Fig. 6 é a representação 3D da foto 3, onde estão representados os picos e vales em uma escala entre -200 e 200 μm .

Através das figuras do AFM, é possível ver que a superfície da camada nitretada apresenta várias imperfeições, picos e vales, características que diminuem a vida em fadiga de um material, sendo então, a superfície um fator colaborador para a falha precoce em fadiga do material nitretado por banho de sal.

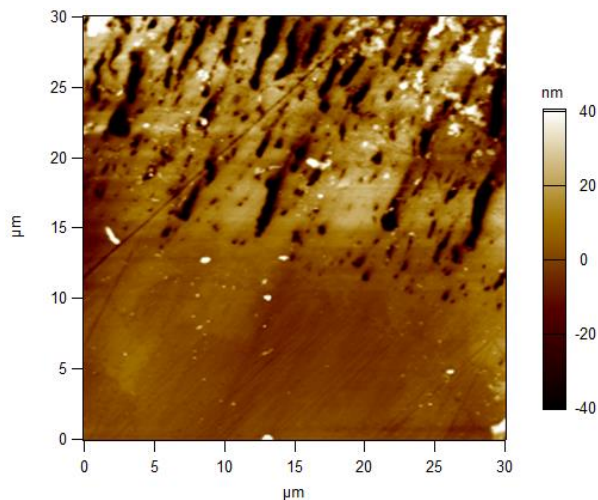


Figura 5. Análise AFM aço ABNT 4140 laminado a quente/nitretado.

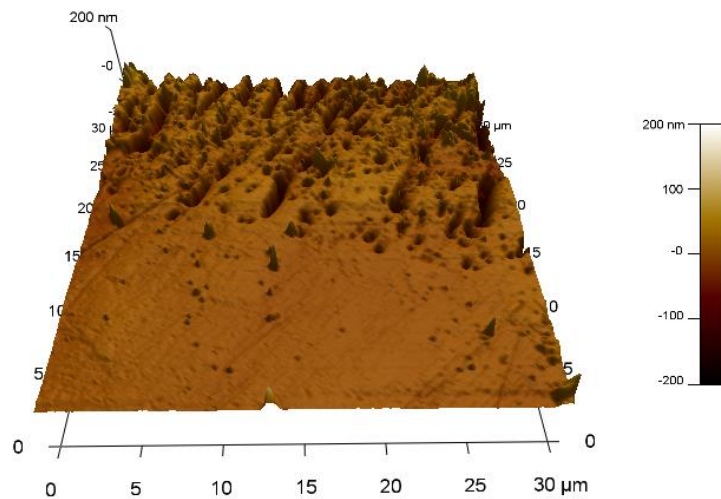


Figura 6. Análise 3D AFM aço ABNT 4140 laminado a quente/nitretado.

4. CONCLUSÕES

Embora, teoricamente o processo de nitretação influencie positivamente na vida em fadiga, devido as tensões de compressão, na prática o resultado inverso foi observado. A camada nitretada atingiu o valor de 235μm, aproximadamente o esperado que era de 200 μm.

O valor da tensão máxima média no ensaio de tração para o material nitretado foi de 726 MPa, valor muito abaixo do encontrado para o material sem nitretação, de 1052 MPa. O resultado da probabilidade de falha por fadiga para 50% se apresentou abaixo do limite de ruptura e de escoamento em ambos os aços, sendo que o aço laminado a quente/nitretado alcançou um valor de 700 MPa com um desvio de ± 7 MPa, abaixo do valor do material laminado a quente de 752 MPa com um desvio de ± 6 MPa. Tais características, tanto na redução da tensão máxima quanto em uma menor tensão de probabilidade de falha em 50% em fadiga do aço nitretado, foram resultados contrários àqueles apresentados na literatura. Um dos fatores que influenciam na vida em fadiga são as condições da superfície do material, a superfície do material nitretado apresentou trincas na camada branca, como mostrado na micrografia, fator que reduziu o valor da resistência a tração e os valores da probabilidade de falha por fadiga em 50%. Além das trincas na camada branca, o aço nitretado apresentou irregularidades na superfície que foram confirmadas através da análise do AFM, que mostra que na camada nitretada do aço ABNT 4140 existe uma grande quantidade de picos e vales, concentradores de tensão que tendem a reduzir a vida em fadiga.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) pela oportunidade e aprendizado, a Engenharia de Materiais da Fiat Chrysler Automobiles (FCA) pela execução das análises experimentais,

a Metaltemper pela execução do tratamento termoquímico de nitretação, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

6. REFERÊNCIAS

- Callister, William. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- Muller, Christian et al. Accuracy of fatigue limits estimated by the staircase method using different evaluation techniques. International Journal of Fatigue, Germany, v. 100, n.12, p. 296-307, March. 2017.
- Silva, Sinval Pedroso. Avaliação da resistência à fadiga axial do aço ABNT 4140 nitretado por descargas elétricas. 2016. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, CEFET-MG, Minas Gerais.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EVALUATION OF FATIGUE RESISTANCE IN STEEL ABNT 4140 HOT ROLLING AND A HOT ROLLING/NITRITED

Debora Michelle Amaral, deboramichelle13@hotmail.com¹

Isaac Newton Vieira Filho, isaac_newtonv@hotmail.com¹

Izabela Ângela Santos, izabelasantos72@gmail.com¹

José Rubens Gonçalves Carneiro, joserub@pucminas.br¹

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, Belo Horizonte/MG, Brasil. CEP 30535-901.

Abstract. *Flaws, in most opportunities, in mechanical components occur under loads below the flow because of the fatigue phenomenon. The fatigue happens due to application of loads or deformations that vary in a time interval. The nitriding is a thermochemical treatment that increases the resistance to wear, fatigue, corrosion and heat. This paper objective is to analyse and compare the mechanical properties and fatigue resistance of a hot rolling and a hot rolling/nitrited in salt bath ABNT 4140 steel. Samples of ABNT 4140 steel with a diameter of 3/8 and a length of 6000mm bars were cut, machined in traction and fatigue body proofs, according, respectively, to ASTM E8/E8M and E466-15 norms. It was confirmed that the resistance limit is related to the Brinell toughness for the substrate. Part of the the samples machined for testing of traction and fatigue were also nitrited, in a heat of 570°C and four hours in a furnace of salt bath. The thickness of the nitrated layer for the microhardness value of 550HV245,2mN was nearly 235 µm. Samples of the body proofs, with and without nitriding, were prepared for chemical analysis and metallography in a optical microscopy, eletronic scan and atomic force before and after the fatigue tests. Based on the results of traction tests in the conditions of hot rolling and hot rolling/nitrated, the maximum, minimum and medium tension values used in the fatigue tests were chosen. The method used to evaluate the resistance to fatigue was the "staircase". The medium value obtained in the fatigue test was 752 MPa with a detour of ± 6 MPa for the rot rolling steel and 700 MPa ± 7 MPa for the hot rolling/nitrated steel.*

Keywords: ABNT 4140. Fatigue. Nitriding. Staircase.