



Caracterização do fresamento frontal do ferro fundido nodular austemperado classe 3 por tensometria por difração de raios – X

Pedro Paulo Rosa de Paula^a <https://orcid.org/0009-0002-2188-5736>

Lucas Benini^a <https://orcid.org/0000-0002-5850-1399>

Maria Cindra Fonseca^a <https://orcid.org/0000-0001-9584-8394>

José Mauro Moraes Júnior^a <https://orcid.org/0000-0002-0355-2682>

^a Universidade Federal Fluminense - UFF, Departamento de Engenharia Mecânica, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: O emprego do ferro fundido nodular austemperado (ADI) em projetos de engenharia tem ganhado bastante notoriedade, em virtude de suas propriedades mecânicas melhoradas, como aumento da resistência mecânica e ao desgaste, decorrente da submissão do ferro fundido nodular ao tratamento térmico de austêmpera. Apesar das propriedades mecânicas melhoradas, a produção de componentes com geometrias específicas ainda não é totalmente dominada. Há escassez de informações sobre a influência das condições de usinagem nas tensões residuais de componentes fabricados deste material. O conhecimento acerca das tensões residuais incidentes após a usinagem pode anteceder falhas do componente em serviço, visto que a incidência das tensões residuais concebe efeitos deletérios quando tratativas ou benéficos quando compressivas em componentes usinados. Este trabalho tem por objetivo estudar a relação entre a variação dos parâmetros de corte no fresamento frontal do ADI classe 3 na geração de tensões residuais. O fresamento foi realizado sob análise fatorial de três variáveis em dois níveis. A velocidade de corte foi o parâmetro que mais influenciou as tensões residuais, uma vez que o aumento da velocidade de corte tornou as tensões menos compressivas.

Palavras-chave: ferro fundido nodular austemperado, fresamento, tensões residuais.

Abstract: The use of austempered nodular cast iron (ADI) in engineering projects has gained considerable notoriety due to its improved mechanical properties, such as increased mechanical and wear resistance from subjecting nodular cast iron to austempering heat treatment. Despite improved mechanical properties, manufacturing components with specific geometries has not yet been fully mastered. There is a lack of information about the influence of machining conditions on the residual stresses of components manufactured from this material. Knowledge about the residual stresses incident after machining can precede failures

of the component in service since the incidence of residual stresses has harmful effects when tensile or beneficial when compressive in machined components. This work aims to study the relationship between the variation of cutting parameters in face milling of ADI class 3 in generation residual stresses. Milling was carried out under factor analysis of three variables at two levels. Cutting speed was the parameter that most influenced residual stresses since increasing cutting speed made stresses less compressive.

Keywords: austempered ductile iron, milling, residual stresses.

Como citar: DE PAULA, P. P. R., BENINI, L., FONSECA, M. C., MORAES JR, J. M. **Caracterização do fresamento frontal do ferro fundido nodular austemperado classe 3 por tensometria por difração de raios – x.** *Engevista*, vol. 22, n.1, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, 2024.

Autor para contato: Pedro de Paula. E-mail: pedrordepaula@gmail.com

Financiamento: Nenhum.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

1 INTRODUÇÃO

A usinagem é um tipo de processo de fabricação amplamente difundido na indústria de manufatura e tem por finalidade conferir as peças acabadas: formato, dimensão e acabamento superficial. Sua classificação advém da utilização ou não de ferramentas de corte para remoção de cavacos da matéria prima, estas ferramentas ainda podem apresentar geometria definida ou não (Rodríguez *et al.*, 2017). O fresamento é um tipo de processo de fabricação em que se utiliza de uma ferramenta com geometria definida, denominada fresa, e de acordo com sua disposição em relação a peça usinada é classificada como frontal e tangencial. Por conta da sua versatilidade este tipo de usinagem é aplicado aos mais diversos tipos de materiais da indústria metal mecânica (Groover, 2017).

Segundo Callister (2016) os ferros fundidos são materiais comumente utilizados na indústria em projetos de engenharia devido às suas propriedades mecânicas, ocorre que estas podem ser melhoradas submetendo este material a tratamento térmico. O ferro fundido nodular austemperado (ADI) é obtido quando submetemos o ferro fundido nodular ao tratamento térmico de austêmpera, e sua classe é determinada de acordo com os parâmetros de temperatura e tempo empregados (Cakir *et al.*, 2005). O ADI é um material que vem ganhando notoriedade na indústria metal mecânica por conta de suas propriedades

melhoradas, destacando-se a resistência à tração, fadiga, ductilidade e ao desgaste. Entretanto, seu emprego é reduzido pela escassez de informações sobre sua usinagem e caracterização através de ensaios não destrutivos capazes de mensurar tensões residuais após o processo de fresamento frontal (Wang, 2022).

A crescente utilização deste material na indústria automotiva, agrícola, aeroespacial, construção civil e de mineração faz com que ele seja submetido a diferentes processos de usinagem. A retificação do ADI foi objeto de estudo de Benini (2017). Já a furação foi analisada no trabalho de Barbosa (2009). Enquanto que Lacalle *et al.* (2020) verificaram o desempenho de pastilha cerâmicas no fresamento do ADI. Katuku (2022) elaborou uma pesquisa acerca do torneamento deste material. Apesar destas pesquisas apresentarem uma discussão da usinagem do ADI, o presente trabalho se justifica pela lacuna existente no estudo das tensões residuais geradas após o fresamento frontal deste material.

As tensões residuais são as tensões que permanecem nos componentes após a retirada de carregamentos e/ou gradientes de temperaturas (Kajal *et al.*, 2022). A deformação plástica ou elástica de um modo permanente, causadas por efeitos térmicos e mecânicos oriundos da usinagem é uma das principais causas do surgimento deste tipo de tensão (Zhijun, 2022). Na engenharia o conhecimento aprofundado das tensões residuais incidentes no material pode anteceder falhas de equipamentos em serviço, principalmente por fadiga (James *et al.*, 2007). Uma das alternativas mais eficiente para medir tensões residuais em peças que serão sujeitas a variados tipos de carregamentos é a realização de ensaios não destrutivos, visto que os mesmos não inviabilizam a utilização futura da peça ensaiada (Dive e Lakade, 2021; Gunes, 2023).

A incidência dessas tensões residuais pode ocorrer em materiais cristalinos ou não cristalinos e sua distribuição pode favorecer ou prejudicar a vida útil do componente. Por este motivo, a quantificação e distribuição das tensões residuais ao longo de peças acabadas é de suma importância aos projetos de engenharia, visto que a presença destas tensões auto equilibradas altera substancialmente o comportamento de falha da peça. Especificamente, essas tensões são geradas por variações nas propriedades mecânicas de forma macroscópica, tais como a rigidez elástica e o coeficiente de Poisson, e ainda de forma microscópica quando ocorrem

sobreposições dos limites e desorganização dos grãos que compõem o material (Same *et al.*, 2023; Lodh, 2022).

O objetivo deste trabalho é estudar a influência da variação dos parâmetros de corte nas tensões residuais incidentes no ADI classe 3 após a usinagem por fresamento frontal, empregando o ensaio não destrutivo de tensometria por difração de raios-X, para quantificar e qualificar em magnitude e direção as tensões residuais incidentes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de ADI classe 3, obtidas por fundição contínua, e posteriormente submetidas ao tratamento térmico de austêmpera com parâmetros necessários para obtenção do ferro fundido nodular austemperado classe 3. As amostras foram fornecidas pela empresa Tupy Fundições S.A., em formato de tarugos cilíndricos, torneados na dimensão de $\varnothing 90 \times 250$ mm. A Figura 1 demonstra o ciclo de austêmpera realizado no material, a micrografia e as propriedades mecânicas do ADI classe 3. A Tabela 1 apresenta a composição química deste material.

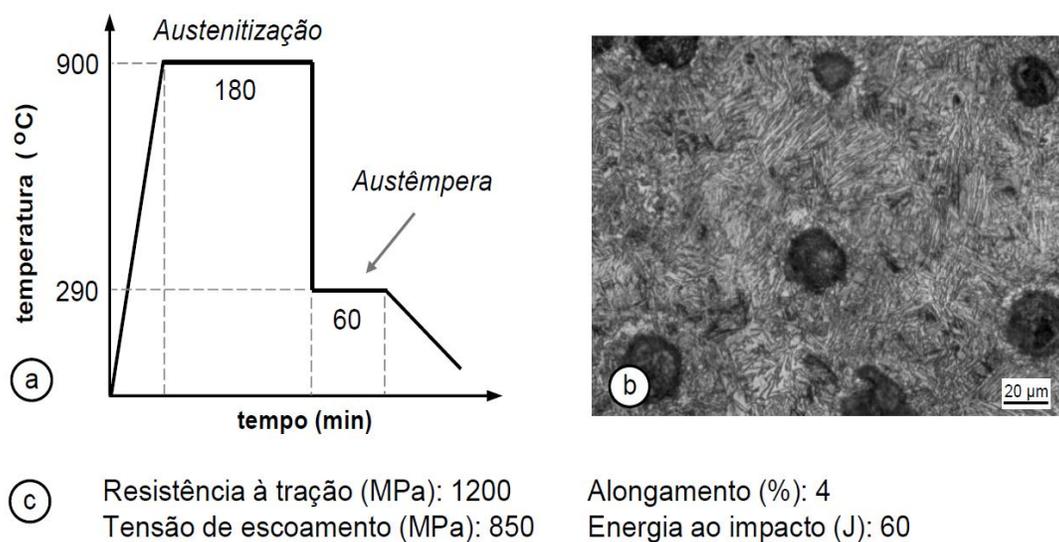


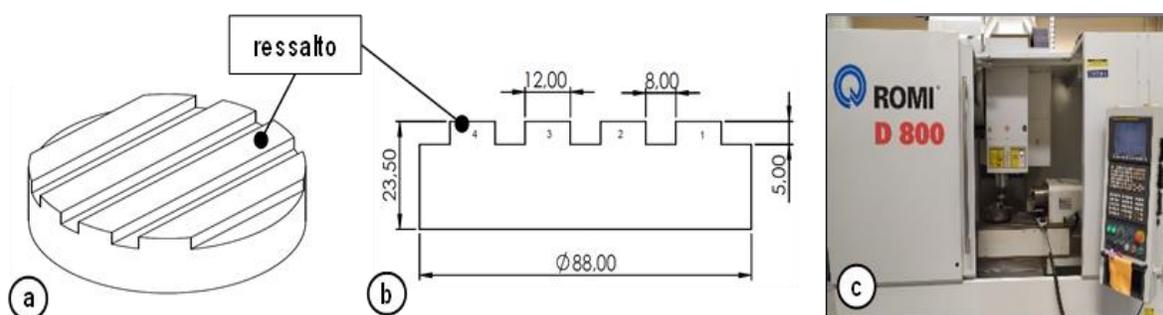
Figura 1. ADI classe 3: (a) ciclo de austêmpera; (b) micrografia; (c) propriedades mecânicas.

Fonte: o autor.

Tabela 1. Composição química do ADI classe 3.

C	Mn	Si	Cr	Mo	Cu	Mg
3,1%	0,2%	2,3%	0,03%	0,3%	0,7%	0,04%

Para o fresamento frontal, foram preparadas 4 (quatro) amostras de ADI classe – 3 contendo 4 (quatro) ressaltos em cada uma das amostras, a vista isométrica das amostras e suas dimensões são apresentadas na Figura 2 (a) e (b), respectivamente. A preparação das mesmas foi realizada no Laboratório de Usinagem – USI/UFV da Universidade Federal de Viçosa. Posteriormente foi realizado o fresamento frontal empregando parâmetros de corte segundo a matriz experimental de 3 (três) condições sendo variadas em 2 (dois) níveis, conforme Tabela 2. Os ensaios de fresamento frontal nos ressaltos foram realizados no Centro de Usinagem ROMI D800 Figura 2 (c), pertencente ao Laboratório de Manufatura - MAN/UFV com uma fresa de metal duro inteiriça, de quatro cortes, diâmetro de 10 mm, sem revestimento, modelo S904 e ângulo de hélice de 30°.

**Figura 2.** (a) Amostras preparadas; (b) geometria das amostras; (c) centro de usinagem.

Fonte: Do autor.

As tensões residuais incidentes nos ressaltos fresados das amostras de ADI foram mensuradas pelo equipamento de tensometria por difração de raios-x, pelo método $sen^2 \psi$. As medições foram realizadas no Laboratório de Tensões (LAT/UFF) da Universidade Federal Fluminense, utilizando o analisador de tensões XStress3000, do fabricante Stresstecc, Figura 3 (a). Foram mensuradas as tensões residuais nas direções Transversais (T) e Longitudinais (L) por difração de raios-X nos 4 (quatro) ressaltos fresados de cada uma das amostras, na posição central de ambas, após o fresamento das mesmas e suas respectivas réplicas,

conforme a Figura 3 (c). Os parâmetros de calibração deste equipamento são listados na Tabela 3.

Tabela 2. Condições de corte empregadas nos experimentos.

Ressalto	a_p (mm)	v_c (m/mm)	Fluido lubri-refrigerante
A1	0,37	120	Jorro
A2	1	120	Jorro
A3	0,37	160	Jorro
A4	1	160	Jorro
B1	0,37	120	A seco
B2	1	120	A seco
B3	0,37	160	A seco
B4	1	160	A seco

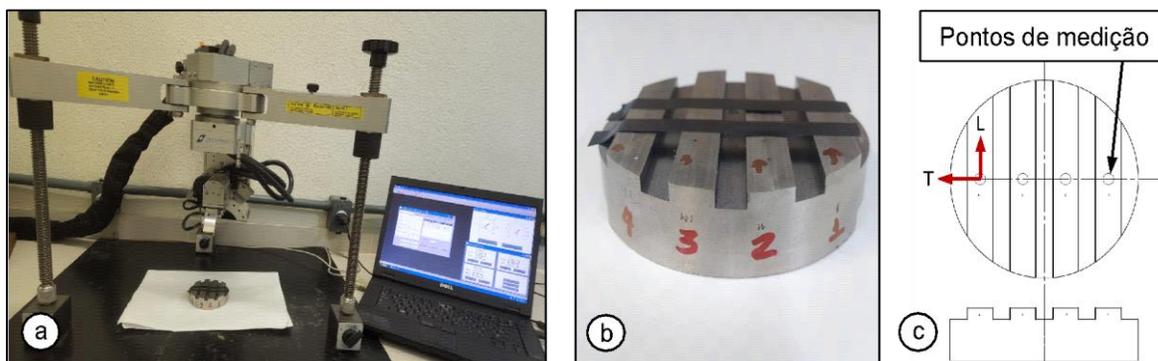


Figura 3. Medição das tensões residuais: (a) Equipamento utilizado; (b) Amostras; (c) Medições das tensões residuais e respectivas orientações: Longitudinal (L) e Transversal (T).

Fonte: o autor.

Tabela 3. Parâmetros do analisador de tensões residuais por difração de raios-X.

Diâmetro do colimador (mm)	2
Ângulo de incidência 2θ (°)	156,42
Ângulo de inclinação ψ (°)	0;18;27;33;45
Radiação	CrK α
Comprimento de onda λ (Å)	2,29092
Plano de difração (hkl)	[2 1 1]
Corrente (mA)	7
Tensão (kV)	30

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 4 e na Figura 5 são apresentados os resultados obtidos nas medições das tensões residuais pelo método de difração de raios-X, de acordo com as respectivas direções longitudinal (L) e transversal (T), em cada um dos ressaltos fresados. Ma *et al.* (2016) afirmam que para cada tipo de tensão residual gerada após a usinagem ocorre a hipótese de prevalência de efeitos térmicos ou mecânicos, de acordo com os parâmetros e condições de cortes adotados nos ensaios de usinagem. Segundo Rossini (2012), nas tensões residuais trativas a predominância é de efeitos térmicos, enquanto que nas tensões residuais compressivas ocorre uma sobreposição dos efeitos mecânicos. Neste caso, há indícios de que nesta pesquisa os efeitos mecânicos da usinagem do ADI prevaleceram na direção longitudinal, uma vez que todas as tensões residuais mensuradas foram compressivas. Na direção transversal ocorre uma possibilidade de que houve a predominância dos efeitos térmicos.

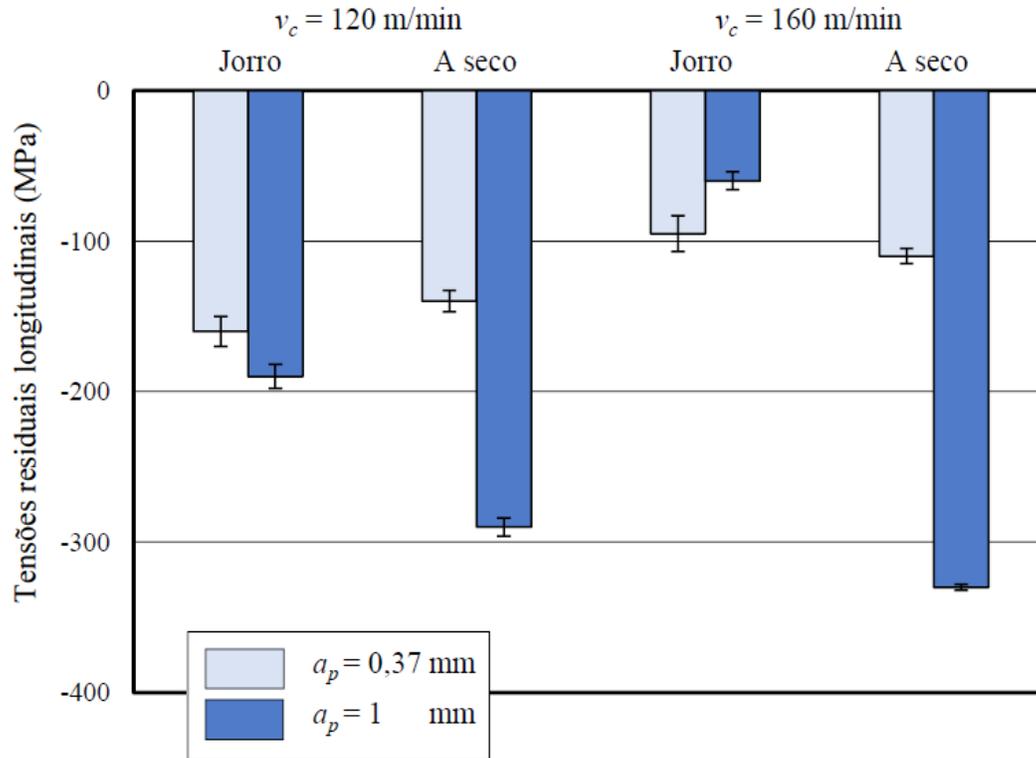


Figura 4. Influência dos parâmetros de corte nas tensões residuais longitudinais.

Fonte: o autor.

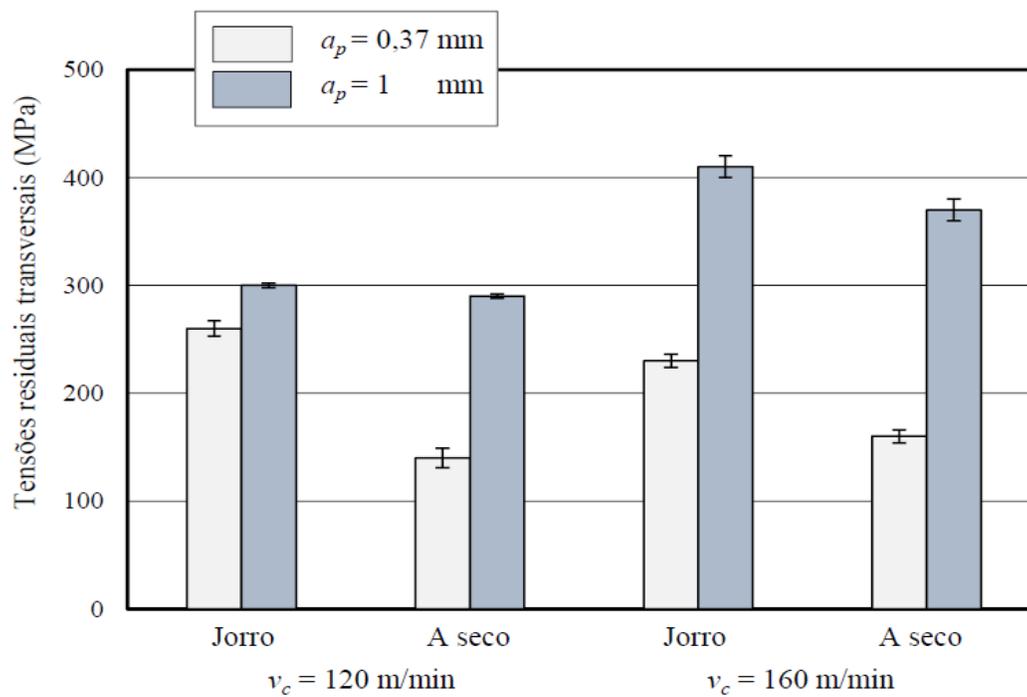


Figura 5. Influência dos parâmetros de corte nas tensões residuais transversais.

Fonte: o autor.

Destaca-se que o uso do fluido lubri-refrigerante foi a condição de menor influência significativa na maioria das tensões residuais mensuradas em ambas direções. Este fenômeno está de acordo com os resultados da pesquisa elaborada por Leppert e Peng (2012), nos quais indicam que na usinagem a seco com o emprego de parâmetros de corte adequados, é possível gerar tensões residuais comparáveis à usinagem com o uso do fluido lubri-refrigerante, tornando o processo ecológico e economicamente correto. Para Outeiro *et al.* (2002) uma justificativa para este fenômeno é que na usinagem a seco ocorre um aumento da temperatura de corte na zona de formação do cavaco, o que pode ocasionar uma queda de dureza localizada nesta região e, eventualmente, uma diminuição das forças de corte culminando na diminuição das tensões residuais geradas.

Observa-se na Figura 4 que o aumento da velocidade de corte foi o principal fator responsável por gerar tensões residuais menos compressivas na maioria dos ensaios, corroborando com os resultados de Jang *et al.* (1996) que mensuraram as tensões residuais variando experimentalmente os parâmetros de velocidade de corte, profundidade de corte e avanço na usinagem do aço inoxidável 304. Entretanto estes resultados se opuseram aos encontrados no trabalho de Outeiro *et al.* (2002), onde as tensões residuais diminuíram aproximadamente 150 MPa quando a velocidade de corte foi aumentada em aproximadamente 66%.

De acordo com Brown *et al.* (2018) o aumento da velocidade de corte nos processos de usinagem tende a gerar uma maior taxa de deformação nas zonas de cisalhamento, ocasionando um aumento considerado da taxa de trabalho mecânico que proporciona maiores gradientes de temperatura na superfície da peça usinada. Isto culminará na geração de tensões residuais mais trativas oriundas deste efeito térmico.

O aumento da profundidade de corte se mostrou mais significativo na geração de tensões residuais em ambas direções considerando a velocidade de corte de 160 m/min, evidenciando que quanto mais severo for o processo de usinagem o aumento da profundidade de corte tenderá a gerar tensões residuais mais trativas e menos compressivas, respectivamente. Mendonça (2016) obteve estes mesmos resultados ao estudar a influência da variação de parâmetros de corte na integridade da superfície do aço SAE 4340, quando usinado por fresamento de topo, usando ferramentas de metal duro.

Segundo Sadeghifar *et al.* (2023), este efeito pode estar atrelado ao conceito de que ao aumentar a profundidade de corte ocorre uma maior taxa de remoção de material por passe, aumentando a área de contato, podendo causar um atrito maior na interface ferramenta – peça – cavaco o que eleva as temperaturas de corte e, por consequência, a geração de tensões residuais trativas.

Considerando os resultados obtidos nas medições de tensões residuais após o fresamento do ADI classe 3, sob as condições e parâmetros de corte adotados no presente trabalho, e comparando-as aos resultados do trabalho de Strodict *et al.* (2022), destaca-se que a seleção dos parâmetros de corte tem grande influência na geração de tensões residuais.

As informações acerca da seleção de parâmetros de corte que mais influenciam na geração de tensões residuais devem ser observadas nos projetos de engenharia. Na presente pesquisa o aumento da velocidade de corte foi o parâmetro que mais influenciou a geração de tensões residuais mais trativas na direção transversal e menos compressiva na direção longitudinal.

De acordo com Martell *et al.* (2014), Lodh *et al.* (2022), Li *et al.* (2022) e Masmiasi *et al.* (2016), as tensões residuais trativas promovem efeitos deletérios pois elas podem se somar às tensões do carregamento aplicado, levando-os a falha prematuras e/ou distorções geométricas inesperadas, quando em serviço. Contudo, na existência de tensões residuais compressivas pode ocasionar um aumento considerado na vida útil do componente em serviço, principalmente por fadiga, configurando um caso de efeitos benéficos.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da variação dos parâmetros de corte nas tensões residuais incidentes no ADI classe 3 após a usinagem por fresamento frontal. Com os resultados alcançados, conclui-se que:

- As tensões residuais mensuradas após a usinagem do ADI classe 3 assumiram naturezas distintas, visto que a incidências das mesmas se apresentaram trativas e compressivas no material fresado na direção transversal e longitudinal, respectivamente;

- A variação da velocidade de corte foi o parâmetro que mais contribuiu para as alterações nas tensões residuais, visto que o seu aumento culminou em tensões residuais mais trativas na direção transversal e menos compressivas na direção longitudinal;
- O aumento da profundidade de corte tendeu a gerar tensões residuais mais trativas na direção transversal e mais compressivas na direção longitudinal;
- O uso do fluido lubri-refrigerante no fresamento frontal do ADI classe 3, sob as condições empregadas neste trabalho é dispensável, pois sua utilização não exerceu influência significativas na geração de tensões residuais, quando comparado à usinagem a seco;
- Considerando os parâmetros de cortes avaliadas neste trabalho, seu impacto ambiental e econômico, a condição de usinagem a seco, com velocidade de corte de 120 m/min e profundidade de corte de 1 mm é mais adequada para o fresamento frontal do ADI classe 3, pois foram mensuradas tensões residuais mais compressivas. Isso indica que um componente fresado sob estes parâmetros teria um melhor desempenho na vida útil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Tensões (LAT-UFF) da Universidade Federal Fluminense pela realização dos ensaios de tensometria por difração de raios-x, pelo método $sen^2 \psi$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, P. A. **Furação de ferros fundidos austemperados e nodular perlítico**. 2009. 124 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, Uberlândia, 2009.

BENINI, L. **Influência do teor de grãos microcristalinos de Al_2O_3 em rebolos convencionais na retificação de ADI**. 2017. 176 f. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC. Florianópolis, 2017.

CAKIR, M.C.; BAYRAM, A.; ISIK, Y.; SALAR, B. The effects of austempering temperature and time onto the machinability of austempered ductile iron. **Materials Science and Engineering: A**, v. 407, p. 147–153, 2005.

CALLISTER, D.; RETHWISCH, D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução** William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch ; tradução Sergio Murilo Stamile Soares.- 9. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

DIVE, V.; LAKADE, S. Recent Research Progress on Residual Stress Measurement Using Non-Destructive Testing. **Materials Today: Proceedings**, v. 47, Part 11, p. 3282-3287, 2021.

GROOVER, M. P. **Fundamentos da Moderna Manufatura**. vol. 2. GEN: LTC, 5ª edição, 2017.

GUNES, B.; KARATOSUN, S.; GUNES, O. Drilling resistance testing combined with SonReb methods for nondestructive estimation of concrete strength. **Construction and Building Materials**, v. 362, p.129700, 2023.

JAMES, M.N.; HUGHES, D.J.; CHEN, Z.; LOMBARD, H.; HATTINGH, D.G.; ASQUITH, D.; YATES, J. R.; WEBSTER, P. J. Residual stresses and fatigue performance. **Engineering Failure Analysis**. v. 14, Issue 2, p. 384-395, 2007.

JANG, D.Y.; WATKINS, T.R.; KOZACZEK, K.J.; HUBBARD, C.R.; CAVIN, O.B. Surface residual stresses in machined austenitic stainless steel. **Wear**, vol. 194, p. 168-173, 1996.

KAJAL, G.; TYAGI, M.R.; KUMAR, G. A review on the effect of residual stresses in incremental sheet metal forming used in automotive and medical sectors. **Materials Today: Proceedings**, 2022.

KATUKU, K. Regime features of austempered ductile iron cutting. **Journal of Manufacturing Processes**. v. 83, p. 374-386, 2022.

LACALLE, L.; VALDIVIELSO, L; AMIGO, A.; SASTOQUE, F. Milling with ceramic inserts of austempered ductile iron (ADI): process conditions and performance. **Int J Adv Manuf Technol**, v.110, p. 899–907, 2020.

LEPPERT, T.; PENG, R. L. Residual stresses in surface layer after dry and MQL turning of AISI 316L steel. **Prod. Eng. Res. Devel**. vol. 6, p. 367–374, 2012.

LI, Y.; YAO, E.; WANG, P.; SHI, Y. Method of measuring the stress of ferromagnetic materials based on EMAT and magnetic Barkhausen noise characteristic parameters. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 562, 169848, 2022.

LODH, A.; THOOL, K.; SAMAJDAR, I. X-ray Diffraction for the Determination of Residual Stress of Crystalline Material: An Overview. **Trans Indian Inst Met**, v.75, p. 983–995, 2022.

MA, Y.; FENG, P.; ZHANG, J.; WU, Z.; YU, D. Prediction of surface residual stress after end milling based on cutting force and temperature. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 235, p. 41–48, set. 2016.

MARTELL, J. J.; LIU, C. R.; SHI, J. Experimental investigation on variation of machined residual stresses by turning and grinding of hardened AISI 1053 steel. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 74, n. 9–12, p. 1381–1392, 2014.

MASMIATI, N.; SARHAN, A. A. D. Optimizing cutting parameters in inclined end milling for minimum surface residual stress – Taguchi approach. **Measurement**, v. 60, p. 267–275, jan. 2016.

MENDONÇA, L. B. **Influência dos Parâmetros de Corte nas Tensões Residuais Geradas no Fresamento do Aço SAE 4340**. 2016. 37 f. Projeto final – Centro Federal De Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, Rio de Janeiro, 2016.

OUTEIRO, J. C.; DIAS, A. M.; LEBRUN, J. L.; ASTAKHOV, V. P. Machining residual stresses in AISI 316l steel and their correlation with the cutting parameters. **Machining Science and Technology**, vol. 6:2, p. 251-270, 2002.

RODRÍGUEZ, J.M.; CARBONELL, J.M.; CANTE J.C.; OLIVER, J. Continuous chip formation in metal cutting processes using the Particle Finite Element Method (PFEM). **International Journal of Solids and Structures**, v. 120, p. 81–102, 2017.

ROSSINI, N.S.; DASSISTI, M.; BENYOUNIS, K.Y.; OLABI, A.G. Methods of measuring residual stresses in components. **Materials and Design**, v. 35, p. 572–588, 2012.

SADEGHIFAR, M.; JAVIDIKIA, M.; LOUCIF, A.; JHAZI, M.; SONGMENE, V. Experimental and numerical analyses of residual stress redistributions in large steel dies: Influence of tempering cycles and rough milling. **Journal of Materials Research and Technology**, vol. 24, p. 395-406, 2023.

SAME, S.A.; KHAN, K.; SMYTH, N.A. Comparison between a predicted and an experimentally measured residual stress field generated by side-punching of API X65 steel. **International Journal of Pressure Vessels and Piping**, 104943, 2023.

STRODICK, S.; VOGEL, F.; TILGER, M.; DENSTORF, M.; KIPP, M.; BAAK, N.; KUKUI, D.; BIERMANN, D.; BARRIENTOS M. M.; WALTHER, F. Innovative X-ray diffraction and micromagnetic approaches for reliable residual stress assessment in deep rolled and microfinished AISI 4140 components. **Journal of Materials Research and Technology**, Volume 20, 2022.

WANG, X.; Yuzhou Du, Y.; Liu, C.; Hu, Z.; Li, P.; Gao, Z.; Guo, H.; Jiang, B. Relationship among process parameters, microstructure, and mechanical properties of austempered ductile iron (ADI). **Materials Science and Engineering: A**, v. 857, 2022.

ZHIJUN, C.; LINGYUN, Q.; RUIKANG C.; JISHENG L.; ZHANG, Q. Machining-induced residual stress analysis and multi-objective optimization for milling process of Mg–Li alloy. **Measurement**, v. 204,112127, 2022.

Contribuição dos autores: PP: Análise formal, redação, revisão e edição. LB: Supervisão, análise formal, metodologia, redação, revisão e edição. MCF: experimento. JMMJR: revisão e edição.

Editores: Bruno Campos Pedroza, Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro.