

Estudo da Integridade Superficial do Inconel 718 após Fresamento

André Rezende de Figueiredo Oliveira*, Leonardo Rosa Ribeiro da Silva;
Joaquim Júnior Lopes Dias; Vitor Rodrigues Amorim; Giorgio Gomes da Fonseca.

*Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, arfoliveira@ufu.br

Palavras-chave

Integridade Superficial; Inconel 718, Ferramenta de Metal Duro, Tensões Residuais

1. INTRODUÇÃO

Tensões residuais superficiais presentes em componentes de engenharia podem interferir de forma significativa na resistência à fratura, na vida em fadiga e na capacidade desses materiais suportar carregamento. As tensões residuais se sobrepõem à tensão aplicada ao equipamento, podendo aumentar ou reduzir a tensão efetiva aplicada, conforme a sua natureza tratativa ou compressiva.

As tensões residuais podem ser introduzidas deliberadamente ou de forma acidental durante os diversos processos de fabricação. No fresamento de ligas de níquel, tensões residuais compressivas e trativas podem ser introduzidas na superfície do material, aumentando ou diminuindo a vida em fadiga e a resistência à iniciação e à propagação de trincas. Por se tratar de material nobre e, normalmente, aplicado em componentes da área aeronáutica, onde a falha em serviço deve ser evitada a qualquer custo, para preservar vidas humanas, este trabalho propõe estudar o comportamento das tensões residuais deixadas na peça após usinagem em diversas condições de corte.

Este trabalho se propõe a estudar o fresamento de ligas de Inconel 718 em condições de desbaste e acabamento, com ferramentas de metal duro novas e desgastadas. Para avaliar a integridade superficial das mesmas os autores propõem a avaliações por difração de Raios-X e rugosidade superficial.

2. METODOLOGIA

Para este trabalho utilizou-se o processo de fresamento frontal, ferramenta de metal duro (WC-Co) classe S20 e fluido de corte aplicado na forma de jorro, utilizando-se óleo solúvel semissintético ME-1 da Quimatic Tapmatic, uma emulsão leitosa branca, com vazão de 1268 ± 117 L/h. A ferramenta de corte utilizada foi uma fresa com capacidade para fixação de 5 insertos, marca Sandvik modelo CoroMill 490, para cantos a 90° , com 63 mm de diâmetro. Possui sistema de fixação cone ISO 40 e piloto de travamento de 22 mm. Utilizou-se um Centro de Usinagem CNC, marca Romi, modelo Discovery 760, com 11 kW de potência e rotação máxima de 10.000 rpm. Como configuração de usinagem utilizou-se para acabamento: velocidade de corte de 30 e 40 m/min; profundidade de corte de 0,25 e 0,50 mm; avanço de 0,05 e 0,10 mm/dente. Como configuração de usinagem utilizou-se para desbaste: velocidade de corte de 20 e 25 m/min; profundidade de corte de 1,00 e 1,50 mm; avanço de 0,20 e 0,30 mm/dente. A penetração de trabalho (ae) foi de 20 mm.

Para cada condição de usinagem avaliou-se a influencia o nível de tensão residual, sendo que o processo de fresamento foi realizado em condições de acabamento e desbaste. Verificou-se também a influencia do desgaste de flanco médio sobre a indução de tensões residuais na peça. Os desgastes iniciais nas ferramentas foram produzidos via fresamento de aço VP20 (aço para matriz). A utilização deste aço ocorreu por escassez do material Inconel 718. As condições de desgaste VB_B iniciais foram pré-definidas em quatro condições: VB_B 0 (0,0 mm - ferramenta nova); VB_B 1 (0,1 mm); VB_B 2 (0,2 mm); VB_B 3 (0,3 mm); VB_B 4 (0,4 mm). Para realização da caracterização topográfica da peça, foi utilizado um rugosímetro Mitutoyo SJ-201. Este equipamento determina parâmetros de rugosidade R_a , R_q , R_t e R_z pelo perfil bidimensional obtido pela varredura linear da sonda e flexão de *cantilever* mediante a variação topográfica da peça. Foram avaliadas também as condições de tensão residual da rede por difração de raios-X.

3. RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO

A Figura 1 mostra os resultados dos parâmetros de rugosidade para usinagem em condições de acabamento com ferramenta nova, onde foram plotados os parâmetros: R_a , R_z , R_q e R_t , todos com média e desvio padrão (DP). Considerando a condição de desbaste os parâmetros apresentam magnitude 2 vezes maior do que para o parâmetro de acabamento. Os resultados para os parâmetros de rugosidade para usinagem em condições de acabamento mostram valores R_a variando de 0,07 a 0,18 μm , R_z de 0,49 a 1,04 μm , R_q de 0,10 a 0,21 μm e R_t de 0,71 a 1,31 μm .

Para as condições de desbaste os valores são praticamente o dobro, Ra variando de 0,23 a 0,44 μm , Rz de 1,31 a 2,33 μm , Rq de 0,29 a 0,54 μm e Rt de 1,90 a 2,58 μm . Observa-se que com o desgaste de flanco da ferramenta, há uma redução dos parâmetros de rugosidade para usinagem de acabamento (Figura 2), isto pode ser explicado pelo arredondamento da ponta da ferramenta com o desgaste. Porém para usinagem em condição de desbaste (Figura 3), há um acréscimo dos valores dos parâmetros de rugosidade, ou seja, o acabamento superficial da peça aumenta com o desgaste da ferramenta.

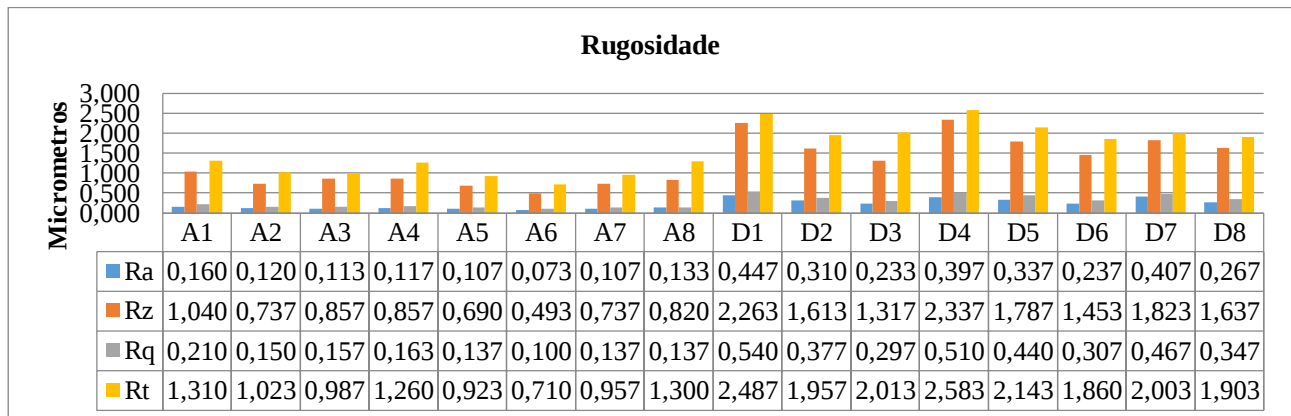


Figura 1. Parâmetros de rugosidade para condições de usinagem de acabamento e desbaste com ferramenta nova.

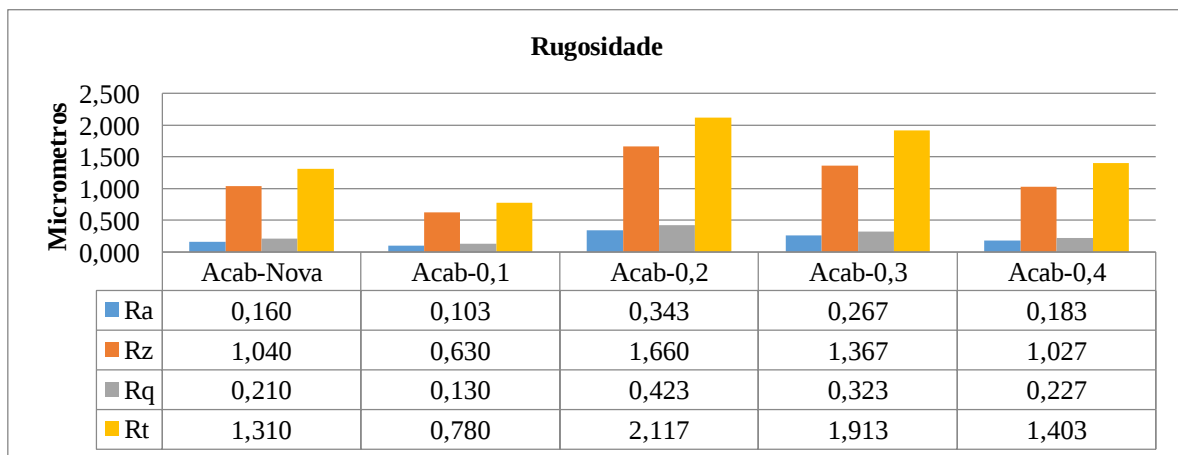


Figura 2. Parâmetros de rugosidade para condições de usinagem de acabamento com ferramenta nova e desgastada.

A Figura 3 mostra os resultados para os parâmetros de rugosidade para usinagem em condições de desbaste com ferramenta nova e usada (desgastada).

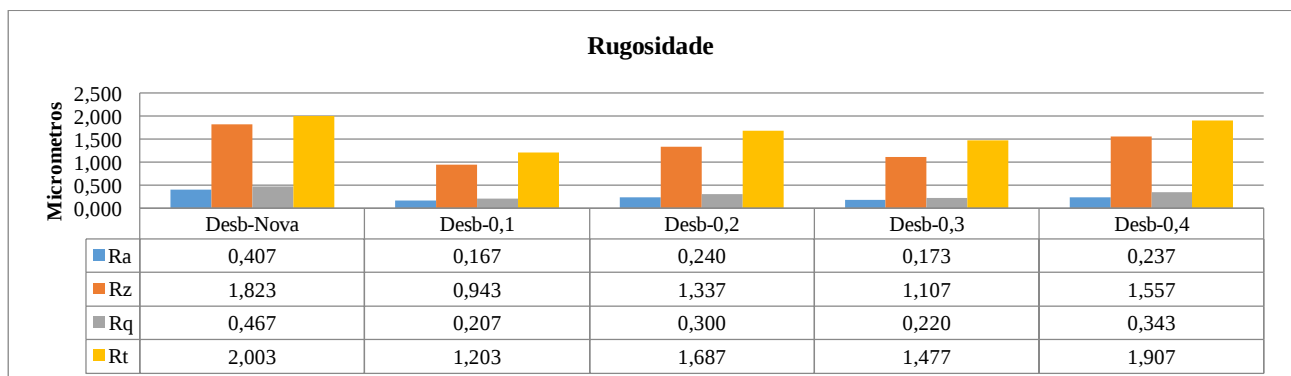


Figura 3. Parâmetros de rugosidade para condições de usinagem de desbaste com ferramenta nova e desgastada.

Para todos os ensaios realizados com ferramenta nova observou-se tensões residuais negativas, ou seja, tensões residuais compressivas. Lembrando que todos os ensaios foram realizados com fluido de corte (Figura 4).

A Figura 5 mostra os resultados das tensões residuais (transversais e longitudinais) para o processo de fresamento do Inconel 718 com ferramentas usadas (desgastadas), nas configurações de acabamento e desbaste. A condição de acabamento utilizada nesta avaliação foi a A1: $V_c = 40 \text{ m/min.}$; $a_p = 0,25 \text{ mm}$; $f = 0,1 \text{ mm/dente}$ e condição de desbaste utilizada nesta comparação foi a D7: $V_c = 20 \text{ m/min.}$; $a_p = 1,5 \text{ mm}$; $f = 0,3/\text{dente}$.

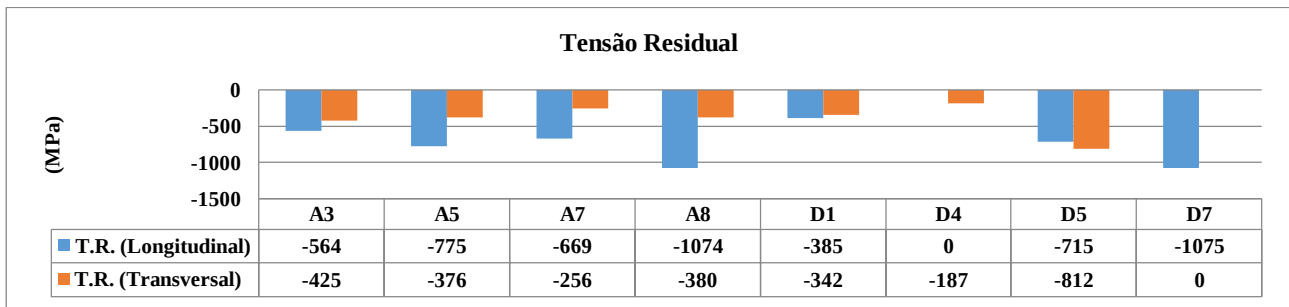


Figura 4. Resultados para tensões residuais (TR), fresamento do Inconel 718 nas configurações de acabamento e desbaste, ferramenta nova.

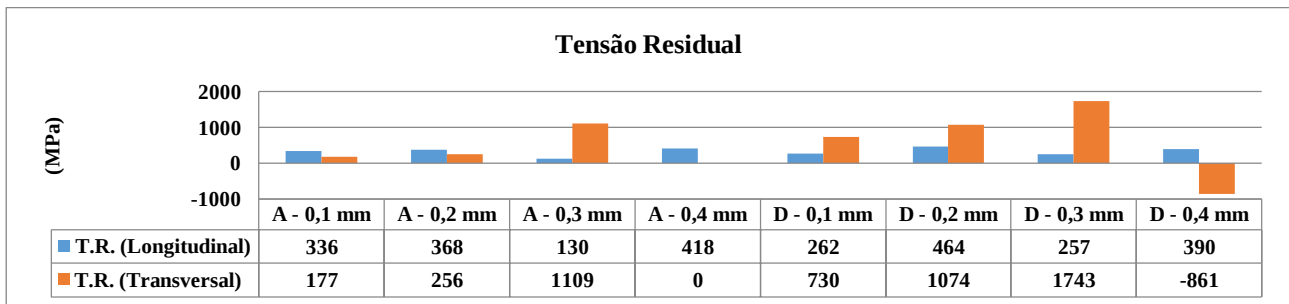


Figura 5. Resultados para tensões residuais, fresamento do Inconel 718 nas configurações de acabamento (A) e desbaste (D), ferramenta usada com 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 mm de desgaste.

Para os resultados com ferramenta nova e tensões residuais longitudinais nas condições D4 e tensões residuais transversais D7, observaram-se erros no registro de sinal, desta forma os mesmos foram desconsiderados. O mesmo ocorreu para os resultados para tensões residuais transversais com ferramenta usada na configuração de acabamento e desbaste da ferramenta de 0,4 mm.

Para as ferramentas desgastadas, quase todos os ensaio realizados apresentaram tensões residuais positivas, ou seja, tensões residuais trativas. Estes resultados são importante e preocupantes, pois diminuem a resistência à fadiga e à fratura do componente.

Para ferramentas novas os resultados mostram que tensões residuais compressivas.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que os processos de usinagem em ligas a base de níquel (Inconel 718) inferem defeitos na integridade superficial da peça.

Os processos de indução de tensão residual na superfície e subsuperfície podem ser controlados pela configuração de usinagem e/ou pelo grau de desgaste de ferramenta do corte.

De uma forma geral, obteve-se tensões compressivas para ferramentas novas e tensões residuais trativas para ferramentas desgastadas.

5. AGRADECIMENTOS

À Capes, CNPq e FAPEMIG pelo auxílio financeiro aos pesquisadores. À Villares Metals pelo fornecimento do material e à Sandvik pela doação das ferramentas de corte.

6. REFERÊNCIAS

- Abkowitz, S.; Burke, J. J.; Hiltz Jr., R. H.; Technology of Structural Titanium. D. Van Nostrand Company; 1995.
- Devillez, A., Le Coz, G., Dominiak, S., Dudzinski, D.; Dry machining of Inconel 718, workpiece surface integrity, Journal of Materials Processing Technology; p. 1590 – 1598; 2011.
- Ezugwu, E. O., Wang, Z. M., Machado, A. R.; The Machinability of Nickel-Based Alloys: A Review. Journal of Materials Processing Technology; 1999.
- Lodini, A.; “Analysis of Residual Stress by Diffraction using Neutron and Synchrotron Radiation”. Taylor & Francis; 2003

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.