

EDUARDO LUIZ DE GODOI

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UMA FERRAMENTA HÍBRIDA
DE USINAGEM E ROLETEAMENTO**

Relatório de Pós-doutorado
realizado na Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
(UNESP), Faculdade de Engenharia
Bauru.

Supervisor: Prof. Dr. Luiz Eduardo de Angelo Sanchez

PROGRAMA DE PÓS-DOUTORADO DA UNESP

Bauru

2026

Relatório final

Este relatório refere-se ao projeto de pós-doutorado, Desenvolvimento de uma Ferramenta Híbrida de Usinagem e Roleteamento: Projeto, Fabricação e Resultados Experimentais.

A pesquisa abrangeu o período de junho de 2024 a maio de 2026, sob a supervisão do professor Dr. Luiz Eduardo de Ângelo Sanchez.

Ao longo do período de vigência procurou-se atender ao cronograma de atividades estabelecido. Segue a relação das atividades realizadas.

O desenvolvimento da ferramenta híbrida de usinagem e roleteamento iniciou-se a partir da necessidade de integrar operações de usinagem e acabamento superficial em um único processo, visando aumentar a produtividade industrial, reduzir tempos de fabricação e melhorar a qualidade superficial das peças usinadas. O projeto foi desenvolvido durante o pós-doutorado realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Bauru, em parceria com instituições colaboradoras IFSP.

A primeira etapa do desenvolvimento consistiu na revisão bibliográfica sobre processos híbridos de usinagem, técnicas de roleteamento, usinagem de superligas metálicas e métodos de melhoria da integridade superficial. Foram analisados trabalhos relacionados ao comportamento mecânico do Inconel 718, aos efeitos do roleteamento na rugosidade e microdureza, bem como às limitações dos processos convencionais de acabamento superficial.

Com base nos estudos teóricos, foi realizado o projeto mecânico da ferramenta híbrida utilizando software de modelagem tridimensional. O sistema foi concebido para integrar, em uma única estrutura, um porta-ferramenta de torneamento e um sistema de roleteamento por compressão superficial. O projeto priorizou rigidez estrutural, facilidade de regulagem e compatibilidade com tornos convencionais.

Após a conclusão do projeto mecânico, iniciou-se a fabricação do protótipo. Foram produzidos blocos estruturais em aço SAE 1045 conforme os desenhos técnicos elaborados. Os componentes foram usinados, ajustados e montados de forma a garantir o correto alinhamento entre a pastilha de corte e o sistema de roleteamento. Posteriormente, a ferramenta foi instalada em um torno mecânico ROMI para realização dos testes experimentais.

Os ensaios experimentais foram realizados utilizando corpos de prova em Inconel 718, material escolhido devido à sua elevada resistência mecânica, baixa condutividade térmica e grande dificuldade de usinagem. Durante os testes foram avaliados parâmetros como velocidade de corte, avanço, pressão de contato do rolete e comportamento do conjunto durante a operação híbrida.

Os resultados demonstraram o funcionamento adequado da ferramenta híbrida, sem ocorrência de falhas estruturais ou instabilidades durante o processo de usinagem. Observou-se redução significativa da rugosidade superficial das peças após a aplicação do roleteamento integrado ao torneamento. Os

resultados experimentais demonstraram uma redução significativa da rugosidade superficial após a aplicação do processo híbrido, evidenciando a eficiência do sistema desenvolvido

RESUMO

O presente trabalho descreve o desenvolvimento, fabricação e validação preliminar de uma ferramenta híbrida de usinagem e roleteamento projetada para realizar simultaneamente operações de torneamento e acabamento superficial em uma única etapa de fabricação. A ferramenta híbrida foi desenvolvida para aplicação em materiais de difícil usinagem, especialmente a superliga Inconel 718. Os testes experimentais preliminares demonstraram redução significativa da rugosidade superficial, passando de aproximadamente de (média de R_a igual a $1,0 \mu\text{m}$), após o torneamento convencional para cerca de $R_a = 0,335 \mu\text{m}$ após a aplicação do processo híbrido. Os resultados de circularidade permaneceram dentro dos padrões de tolerância estabelecidos de $3,5 \mu\text{m}$, indicando estabilidade geométrica e dimensional do processo. A tecnologia apresenta potencial aplicação nas indústrias aeroespacial, energética e de manufatura avançada.

Palavras-chave: Usinagem híbrida; Roleteamento; Inconel 718; Rugosidade superficial; Integridade superficial; Torneamento.

1. INTRODUÇÃO

As superligas à base de níquel, especialmente o Inconel 718, são amplamente utilizadas nos setores aeroespacial, energético e nuclear devido à elevada resistência mecânica, estabilidade térmica e resistência à corrosão em altas temperaturas. Entretanto, esses materiais apresentam elevada dificuldade de usinagem em razão da baixa condutividade térmica, do endurecimento por deformação e do intenso desgaste das ferramentas de corte.

A superliga Inconel 718 destaca-se entre os materiais de difícil usinagem devido à elevada resistência mecânica, baixa condutividade térmica e grande capacidade de endurecimento por deformação. De acordo com Akca e Gursel (2015), o Inconel 718 é amplamente utilizado em turbinas aeronáuticas, motores-foguete, componentes estruturais aeroespaciais e sistemas nucleares devido à sua excelente resistência mecânica e estabilidade térmica em temperaturas elevadas.

Entretanto, a usinagem dessa superliga continua sendo um grande desafio devido às elevadas temperaturas geradas na zona de corte, ao desgaste acelerado das ferramentas e à redução da eficiência do processo produtivo (THAKUR; GANGOPADHYAY, 2016). Devillez et al. (2011) observaram ainda que a usinagem do Inconel 718 pode provocar degradação da integridade

superficial da peça e intensa solicitação térmica na aresta de corte. Além disso, Shi et al. (2018) destacaram que a microestrutura complexa da liga, associada à presença de precipitados endurecedores, contribui para o aumento das forças de corte e para a redução da vida útil das ferramentas convencionais.

Diante dessas dificuldades, diversos pesquisadores têm buscado alternativas para melhorar a usinabilidade do Inconel 718. Sanchez et al. (2014) investigaram a usinagem assistida por aquecimento infravermelho e verificaram redução das forças de corte e melhoria do comportamento do material durante a usinagem. Posteriormente, Sanchez et al. (2017) demonstraram que operações de burnishing assistidas por aquecimento infravermelho promoveram maior deformação plástica superficial e redução mais acentuada da rugosidade quando comparadas às operações convencionais.

Os processos de acabamento superficial possuem grande importância na fabricação de componentes mecânicos de alta precisão, principalmente em aplicações aeroespaciais, automotivas e metalúrgicas. Entre os processos mais utilizados destacam-se o polimento, a retificação, o jateamento e o roleteamento, sendo este último considerado um processo promissor devido à sua capacidade de melhorar simultaneamente a rugosidade superficial, a dureza da camada subsuperficial e o comportamento em fadiga dos materiais metálicos.

O roleteamento, conhecido internacionalmente como roller burnishing, consiste em um processo de deformação plástica superficial no qual um elemento rolante exerce pressão sobre a superfície previamente usinada da peça. Segundo El-Axir (2000), durante o processo ocorre o deslocamento dos picos microscópicos para os vales da superfície, promovendo significativa redução da rugosidade superficial sem remoção adicional de material. Estudos realizados por Akkurt (2011), Akkurt e Ovali (2014) e Boozarpour e Teimouri (2021) demonstraram que o roleteamento é capaz de melhorar a integridade superficial e aumentar a resistência mecânica de diversos materiais metálicos.

Além da redução da rugosidade, o processo promove deformação plástica superficial acompanhada por encruamento da camada subsuperficial. Capello (2005, 2006), Caruso et al. (2011) e Mondelin et al. (2012) observaram aumento da densidade de discordâncias cristalinas após operações de burnishing, resultando em aumento da dureza superficial e introdução de tensões residuais compressivas favoráveis ao desempenho em fadiga. Segundo Schulze et al. (2016), os processos de modificação superficial por deformação mecânica apresentam vantagens importantes em relação aos métodos tradicionais de acabamento devido à redução da rugosidade e ao aumento da vida útil dos componentes mecânicos.

Nos últimos anos, os processos híbridos de usinagem têm recebido destaque devido à possibilidade de combinar diferentes mecanismos de corte e acabamento em uma única operação. Denkena et al. (2010) destacaram que os processos híbridos permitem ganhos de produtividade, redução de etapas produtivas e melhoria da qualidade superficial dos componentes. Da mesma forma, Chaudhari, Awari e Khandare (2015) demonstraram que a integração

entre torneamento e burnishing pode reduzir significativamente a rugosidade superficial e melhorar a textura da superfície usinada.

Apesar dos avanços observados na literatura, a maior parte dos estudos concentra-se em ligas de alumínio e aços convencionais, existindo ainda poucas investigações relacionadas à aplicação de processos híbridos em superligas de níquel. Casarin et al. (2022) analisaram as propriedades do Inconel 718 após operações de roller burnishing e observaram melhorias significativas na rugosidade superficial, dureza subsuperficial e tensões residuais compressivas, evidenciando o potencial dessa técnica para aplicações em materiais de difícil usinagem.

Dessa forma, observa-se crescente interesse científico no desenvolvimento de processos híbridos capazes de integrar usinagem e acabamento superficial em uma única operação. Entretanto, ainda existem limitações relacionadas à aplicação desses processos em superligas de elevada resistência mecânica, especialmente em operações de torneamento externo associadas ao roleteamento.

2. OBJETIVOS

Desenvolver uma ferramenta híbrida capaz de integrar simultaneamente os processos de torneamento e roleteamento durante a usinagem da superliga Inconel 718, visando melhorar o acabamento superficial, manter a estabilidade geométrica da peça e aumentar a eficiência produtiva do processo.

2.1 Objetivos Específicos

Projetar e fabricar uma ferramenta híbrida que permita a realização simultânea das operações de torneamento e roleteamento em uma única configuração de usinagem;

Avaliar a viabilidade da integração dos processos de corte e acabamento superficial em uma única operação;

Analisar a influência da ferramenta híbrida na redução da rugosidade superficial do Inconel 718;

Verificar a capacidade do processo em manter a estabilidade geométrica das peças usinadas;

Comparar os resultados obtidos com os processos convencionais realizados em etapas separadas;

Investigar o potencial da ferramenta híbrida para redução do tempo de fabricação, dos custos operacionais e da necessidade de múltiplos setups de máquina;

Contribuir para o desenvolvimento de tecnologias de usinagem híbrida aplicadas a materiais de difícil usinagem utilizados na indústria aeroespacial e de alta tecnologia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Desenvolvimento da Ferramenta Híbrida

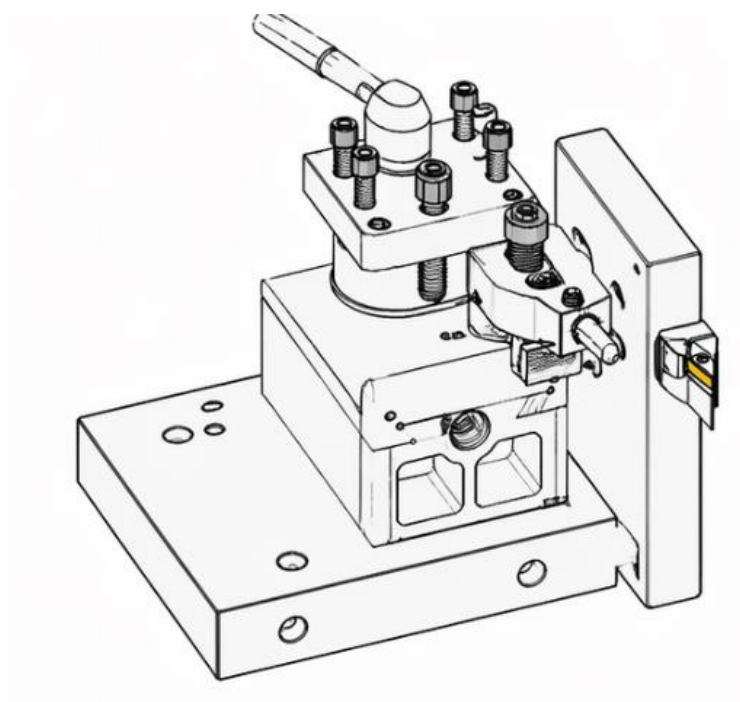
A ferramenta híbrida foi projetada utilizando software CAD tridimensional e fabricada com blocos estruturais em aço SAE 1045. O conjunto mecânico foi desenvolvido para integrar simultaneamente um sistema de torneamento e um sistema de roleteamento em uma única estrutura montada em torno mecânico.

A configuração da ferramenta posiciona a pastilha de corte anteriormente ao sistema de roleteamento, permitindo que a superfície recém-usinada seja imediatamente submetida ao processo de deformação plástica superficial.

O sistema de roleteamento foi projetado para operar com pressão controlada sobre a superfície da peça, promovendo compactação superficial sem remoção adicional de material. Figura 1.

O material utilizado na fabricação dos corpos de prova foi liga à base de níquel Inconel 718 na forma de barras cilíndricas com 50 mm de diâmetro e 250 mm de comprimento com dureza inicial de 40 HRC. Inicialmente as amostras foram usinadas em torno universal para regularização da superfície. O equipamento para as operações de usinagem híbrida. O equipamento foi montado no mesmo torno utilizado para usinagem dos corpos de prova figura 2, o RB usa uma ferramenta de usinagem modelo de raio de ponta da ferramenta de 1,5 mm de raio de ponta.

Figura 1 - Ferramenta híbrida de usinagem e roleteamento



Fonte: Próprio Autor

3.2 Montagem Experimental

Os ensaios foram realizados em torno mecânico ROMI utilizando corpos de prova cilíndricos em Inconel 718. Durante os testes preliminares foram utilizados os seguintes parâmetros de usinagem:

Tabela 1: Parâmetros de torneamento

Parâmetros torneamento e roleteamento					
Material	Avanço – f mm/Rev	Velocidade corte (m/min)	Profundidade de corte a_p (mm)	Ra corpo de prova torneado do (μm)	Circularidade (μm)
Inconel 718	0,06	180	1,0	1,0	5,2

Fonte: Próprio autor

Tabela 2: Parâmetros de roleteamento

Parâmetros do roleteamento					
Material	Avanço – f mm/Rev	Velocidade corte (m/min)	Profundidade de corte a_p (mm)	Ra corpo de prova roleteamento (μm)	Circularidade (μm)
Inconel 718	0,06	180	1,0	0,335	3,5

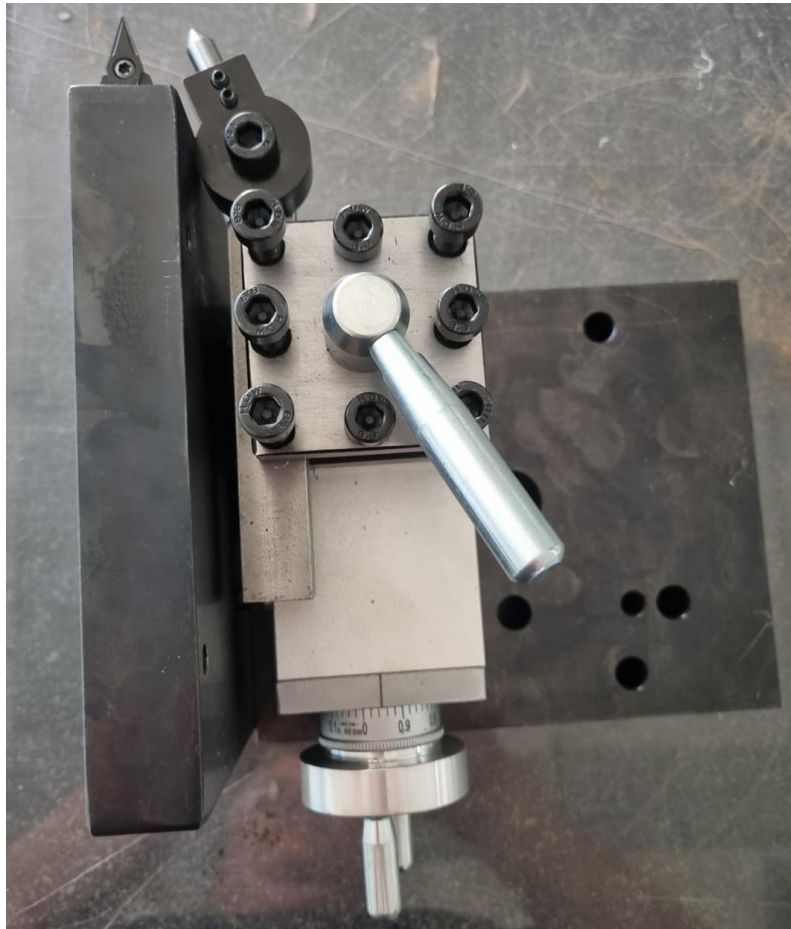
Fonte: Próprio autor

Uma das principais características da ferramenta é a presença de movimentos independentes para a ferramenta de corte e para o sistema de roleteamento, permitindo que cada elemento atue de forma controlada e em momentos distintos do processo. Essa configuração possibilita que a ferramenta de corte realize inicialmente a remoção do material, gerando a geometria desejada da peça. Em seguida, o sistema de roleteamento é acionado para atuar sobre a superfície recém-usinada, promovendo a deformação plástica controlada dos picos de rugosidade e melhorando o acabamento superficial.

O mecanismo de ajuste independente oferece maior flexibilidade operacional, permitindo regular separadamente os parâmetros de usinagem e de roleteamento, tais como profundidade de corte, posição do rolete e força aplicada durante o processo de deformação superficial. Dessa forma, é possível otimizar as condições de trabalho para diferentes materiais e geometrias, garantindo maior eficiência e repetibilidade dos resultados.

Processo híbrido: torneamento + roleteamento simultâneo. Figura 2.

Figura 2 – Montagem do conjunto de Ferramenta híbrida de usinagem e roleteamento.



Fonte: Próprio autor

Montagem da ferramenta no torno para os testes de usinagem e roleteamento.
Figura 3.

Figura 3: Montagem do conjunto no torno mecânico



Fonte: Próprio autor

Realização dos testes de usinagem seguido de roleteamento Figura 4.

Figura 4: Usinagem e roleteamento do material inconel 718.



Fonte: Próprio autor

4. RESULTADOS

4.1 Rugosidade Superficial

A independência dos movimentos evita interferências entre as operações, assegurando que o rolete entre em contato com a superfície apenas após a conclusão da etapa de corte. Esse aspecto é fundamental para a execução da usinagem híbrida, pois permite que a superfície gerada pela ferramenta de corte seja imediatamente submetida ao processo de acabamento mecânico, reduzindo significativamente a rugosidade superficial.

A peça submetida apenas ao torneamento apresentou rugosidade média aproximada de: $R_a = 1,0 \mu\text{m}$,

Após a aplicação do processo híbrido de torneamento e roleteamento, a rugosidade foi reduzida para: $R_a = 0,335 \mu\text{m}$.

Nessa medição foi utilizado o rugosímetro da marca Taylor Hobson, modelo Taylorsurf 50, com filtro Gaussiano e cutt – off de 0,8 mm.

A redução da rugosidade ocorreu devido à deformação plástica superficial promovida pelo sistema de roleteamento, responsável pelo deslocamento dos picos superficiais para os vales da superfície usinada.

Os resultados indicam elevada eficiência da ferramenta híbrida na melhoria do acabamento superficial, reduzindo a necessidade de operações posteriores de acabamento, como retificação ou polimento.

4.2 Circularidade

As análises preliminares de circularidade demonstraram que as peças permaneceram dentro dos padrões de tolerância especificados após o processo híbrido.

A amostra torneada apresentou um desvio de circularidade médio ($RON_p + RON_v$) de $5,20 \mu\text{m}$ e a amostra submetida ao processo híbrido de usinagem e roleteamento ficou em $3,5 \mu\text{m}$ mantendo a estabilidade geométrica da peça dentro dos limites aceitáveis para a aplicação proposta.

Os resultados indicam que a pressão aplicada pelo sistema de roleteamento e a rigidez estrutural do conjunto foram adequadas para manter a estabilidade geométrica da peça sem introduzir deformações excessivas.

Para medir o desvio de circularidade foram considerados a circularidade RON_p (maior desvio de pico local), circularidade RON_v (maior desvio de vale local) e circularidade RON_t (desvio de pico e vale), onde $RON_t = RON_p + RON_v$. Estes parâmetros de circularidade foram obtidos utilizando um equipamento Taylor Hobson, modelo Taylor Round 131, com filtro Gaussiano 1 -150 UPR (Ondulação por Revolução).

5. DISCUSSÃO

Desempenho Operacional da Ferramenta

Durante os ensaios experimentais não foram observadas falhas estruturais, instabilidades ou vibrações excessivas no conjunto híbrido.

A integração entre torneamento e roleteamento permitiu redução de etapas produtivas e eliminação da necessidade de uma segunda operação independente de acabamento superficial.

Além disso, a ferramenta demonstrou potencial para aplicação em materiais de elevada resistência mecânica e difícil usinagem, como o Inconel 718.

A ferramenta híbrida desenvolvida foi capaz de integrar com sucesso os processos de torneamento e roleteamento em uma única operação de fabricação.

Os resultados preliminares demonstraram:

Redução significativa da rugosidade superficial;

Manutenção da circularidade dentro dos limites de tolerância;

Estabilidade geométrica do processo;

Potencial redução de etapas produtivas;

Possibilidade de aplicação em superligas metálicas de difícil usinagem.

A concepção da ferramenta também contribui para a redução do número de setups de máquina, minimizando erros de posicionamento e diminuindo os tempos improdutivos associados à troca de ferramentas e operações de acabamento convencionais. Como resultado, o sistema híbrido apresenta potencial para aplicação em materiais de difícil usinagem, como o Inconel 718, amplamente utilizado nos setores aeroespacial, energético e petroquímico, onde elevados requisitos de qualidade superficial e precisão dimensional são exigidos.

A utilização da ferramenta híbrida de usinagem e roleteamento resultou em melhorias significativas tanto na integridade superficial quanto na qualidade geométrica das amostras analisadas. O processo promoveu a redução da rugosidade superficial devido à deformação plástica dos picos gerados pela operação de torneamento, produzindo uma superfície mais uniforme. Adicionalmente, verificou-se uma melhora na circularidade das peças após o roleteamento, evidenciando a capacidade da ferramenta em contribuir simultaneamente para o acabamento superficial e para a estabilidade geométrica do componente usinado. Essas melhorias confirmam o potencial da tecnologia desenvolvida para aplicações que exigem elevados padrões de qualidade superficial e precisão dimensional.

Dessa forma, a ferramenta híbrida desenvolvida representa uma solução inovadora para a manufatura avançada, combinando em um único dispositivo as

vantagens da usinagem convencional e do roleteamento, com possibilidade de ajustes independentes e atuação sequencial controlada, permitindo a realização eficiente do processo de usinagem híbrida e contribuindo para a obtenção de superfícies com melhores características funcionais e tribológicas.

A tecnologia apresenta elevado potencial de aplicação industrial em setores que exigem alta precisão dimensional e qualidade superficial, especialmente nas indústrias aeroespacial, automotiva, energética e de manufatura avançada.

CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu o desenvolvimento, fabricação e validação preliminar de uma ferramenta híbrida de usinagem e roleteamento para aplicação em superligas de níquel.

Os resultados demonstraram que a ferramenta apresentou desempenho satisfatório durante os ensaios realizados, possibilitando a integração das operações de torneamento e roleteamento em uma única etapa de fabricação.

Verificou-se melhoria significativa da qualidade superficial das amostras processadas, bem como manutenção da estabilidade geométrica das peças usinadas.

Além dos resultados experimentais, o projeto resultou em publicação científica e no depósito de pedido de patente, evidenciando o potencial tecnológico e científico da solução desenvolvida.

Os resultados obtidos abrem perspectivas para novas pesquisas envolvendo caracterização microestrutural, integridade superficial e avaliação do envelhecimento do Inconel 718 processado pela ferramenta híbrida.

Como continuidade desta pesquisa, será desenvolvido um novo projeto de pós-doutorado voltado à caracterização microestrutural, análise da integridade superficial e avaliação do envelhecimento térmico do Inconel 718 processado pela ferramenta híbrida desenvolvida, visando compreender os mecanismos metalúrgicos responsáveis pelas melhorias observadas.

Produção Científica e Tecnológica

Publicação e submissão de artigos científicos em periódicos internacionais.

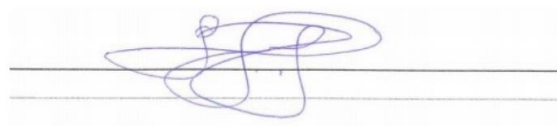
CASARIN, SAMUEL JOSÉ; **DE GODOI, EDUARDO LUIZ**; DE MAGALHÃES BENTO GONÇALVES, GILBERTO ; DE ANGELO SANCHEZ, LUIZ EDUARDO . Microstructural Characterization of an Inconel 718 Alloy After Roller Burnishing Operations. JOM **JCR**, v. 7, p. 115, 2024.

Solicitação de registro de Patente requerida.

Foi iniciado processo para registro de patente da ferramenta desenvolvida junto a AUIN - Agência Unesp de Inovação.

Processo número: 26CI068 - Desenvolvimento de um protótipo de uma ferramenta híbrida de usinagem e roleteamento.

Bauru, junho de 2026.



Dr. Eduardo Luiz de Godoi
Pós doutorando Feb Unesp - Bauru



Prof. Dr. Luiz Eduardo de Angelo Sanchez
Prof. Titular da FEB Unesp Bauru - Supervisor

Referências

- A. SEQUERA, C. H. FU, Y. B. GUO, and X. T. WEI, **“Surface Integrity of Inconel 718 by Ball Burnishing,”** J. Mater. Eng. Perform., vol. 23, no. 9, pp. 3347–3353, 2014.
- AKCA, E.; GURSEL, A. **A Review on Superalloys and IN718 Nickel-Based INCONEL Superalloy.** Periodicals of Engineering and Natural Sciences, v. 3, n. 1, p. 15-27, 2015.
- AKKURT, A. **Comparison of Roller Burnishing Method with Other Hole Surface Finishing Processes Applied on AISI 304 Austenitic Stainless Steel.** Journal of materials engineering and performance, v. 20, n. 6, p. 960-968, 2011.
- AKKURT, A.; OVALI, İ. **Improving the surface topography of mild steel with the burnishing process.** International Journal of Materials Research, v. 105, n. 10, p. 1004-1016, 2014.
- ANBARASAN N, GUPTA B. K., PRAKASH S, MUTHUKUMAR P, OYYARAVELU R, JOHN FELIX K. R., JEROME S. **Effect of Heat Treatment on the Microstructure and Mechanical Properties of Inconel 718.** Materials Today: Proceedings 5 (2018) 7716–7724
- ARZT, E.; SINGER, R. F. The effect of grain shape on stress rupture of the oxide dispersion strengthened superalloy INCONEL MA 6000. **Proceedings of the Seven Spring Conference on Superalloys, The Metallurgical Society of AIME**, Warrendale, PA, pp. 367-76, 1984.
- AVILÉS, R; ALBIZURI, J.; RODRÍGUEZ, A.; LACALLE, L. L. **Influence of low-plasticity ball burnishing on the high-cycle fatigue strength of medium carbon AISI 1045 steel.** International journal of fatigue, v. 55, p. 230-244, 2013.
- Baldin, V., Baldin, C.R.B., Machado, A.R. *et al.* **Machining of Inconel 718 with a defined geometry tool or by electrical discharge machining.** *J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* **42**, 265 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40430-020-02358-7>
- BALLAND, P.; TABOUROT, L.; DEGRE, F.; MOREAU, V. **An investigation of the mechanics of roller burnishing through finite element simulation and experiments.** International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 65, p. 29-36, 2013.
- BARROW, G. **Use of electric current for hot machining of high strength steels.** Machinery and Production Engineering, v. 114, p. 370-374, 1969.
- BEI, H., XIA, Y.Z., BARABASH, R.I.,GAO, Y.F. **A tale of two mechanisms: Strain-softening versus strain-hardening in single crystals under small**

stressed volumes. Scripta Materialia, Vol.110, 1 January 2016, Pages 48-52.
<https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2015.07.043>

BOOZARPOOR, M., TEIMOURI, R. **Parametric study of multi-roller rotary burnishing process.** International Journal of Lightweight Materials and Manufacture, Vol. 4, Issue 2, June 2021, Pages 179-194.
<https://doi.org/10.1016/j.ijlmm.2020.10.001>

BROITMAN, E. **Indentation Hardness Measurements at Macro-, Micro-, and Nanoscale: A Critical Overview.** Tribology Letters, v. 65, n. 1, p. 23, 28 dez. 2016

CAPELLO E. **Residual stresses in turning Part I:** Influence of process parameters. Journal of Materials Processing Technology 160 (2005) 221–228.

CARUSO S., UMBRELLO D., OUTEIRO J.C., FILICE L., MICARI F. **An experimental investigation of residual stresses in hard machining of AISI 52100 steel.** Procedia Engineering 19 (2011) 67 – 72. www.sciencedirect.com
Procedia Engineering Procedia Engineering 1st CIRP Conference on Surface Integrity (CSI)

CASARIN, S.J., GODOI, E.L., SANCHEZ L.E.A., ALCANTARA, A. C. M., GONÇALVES, A. C ; **Analysis of the Inconel 718 properties after roller burnishing.** Int. J. Machining and Machinability of Materials, Vol. 24, No. 6, 2022 466-490

CHAMANFAR A., SARRAT L., JAHAZI M., ASADI M., WECK A., KOUL A.K. **Microstructural characteristics of forged and heat treated Inconel-718 disks.** Materials Design 52 (2013) 791–800

CHAUDHARI, P.; AWARI, G. K.; KHANDARE, S. S. **Investigation of effectiveness of combined turning and burnishing operations performed on lathe machine on an aluminium alloy for the modification of surface texture.** International Research Journal of Engineering and Technology, v. 2, n. 6, p. 1316-1320, 2015.

CHEN, C. H.; SHIOU, F.-J. **Determination of optimal ball-burnishing parameters for plastic injection moulding steel.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 21, n. 3, p. 177-185, 2003.

CHEN, N. N. S; LO, K. C. **Factors affecting tool life in hot machining of alloy steels,** International Journal of Machine Tools & Manufacture, v. 14, p. 161-173, 1974.

CHOMIENNE, V.; VALIORGUE, F.; RECH, J.; VERDU, C. **Influence of ball burnishing on residual stress profile of a 15-5PH stainless steel.** CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, v. 13, p. 90-96, 2016.

CINDRA FONSECA, M. P. **Evolução do Estado de Tensões Residuais em Juntas Soldadas de Tubulação Durante Ciclos de Fadiga,** Tese de Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE/UFRJ, 2000.

COBANOGLU, T.; OZTURK, S. **Effect of burnishing parameters on the surface quality and hardness**. Journal of Engineering Manufacture, v. 9, p. 1-9, 2014.

Cole, J.; **What Is Roller Burnishing** Modern Mach Shop. 2018, 90(9), 60–61. [Google Scholar]

D. Smithberg, **Inconel 718 machining manual**, Report 6M59-559, Manufacturing Research and Development, Boeing Commercial Airplane Company, 1987.

DENKANA, B.; BREIDENSTEIN, B.; DE LEON, L.; DEGE, J. **Development of combined manufacturing technologies for high-strength structural components**. Advanced Materials Research. Trans Tech Publications, v. 137, p. 219-246, 2010.

DEVILLEZ A., LE COZ G., DOMINIAK S., DUDZINSKI D. **Dry machining of Inconel 718: workpiece surface integrity**. Journal of Materials and Process Technology. 211 (2011) 1590–1598

DIETER, G.E. **Metalurgia Mecânica**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois. Cap. 4, 1981.

EL-AXIR M.H. **An investigation into roller burnishing**. International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 40, n. 11, p. 1603-1617, 2000.

EL-AXIR, M. H. **An investigation into the ball burnishing of aluminium alloy 6061-T6**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, v. 221, n. 12, p. 1733-1742, 2007.

EL-KHABEERY, M. M.; EL-AXIR, M. H. **Experimental techniques for studying the effects of milling roller-burnishing parameters on surface integrity**. International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 41, n. 12, p. 1705-1719, 2001.

EL-TAYEB, N. S. M.; LOW, K. O.; BREVERN, P. V. **Influence of roller burnishing contact width and burnishing orientation on surface quality and tribological behaviour of Aluminium 6061**. Journal of materials processing technology, v. 186, n. 1, p. 272-278, 2007.

FU, T., PENG, X., CHEN, X., WENG, S., HU, N., LI, Q., WANG, Z. **Molecular dynamics simulation of nanoindentation on Cu/Ni nanotwinned multilayer films using a spherical indenter**. Scientific Reports, 2016, | 6:35665 | DOI: 10.1038/srep35665

GHARBI, F.; SGHAIER, S.; HAMDI, H.; BENAMEUR, T. **Ductility improvement of aluminum 1050A rolled sheet by a newly designed ball burnishing tool device**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 60, n. 1-4, p. 87-99, 2012.

GHODAKE, A. P.; RAKHADE, R. D.; MAHESHWARI, A. S. **Effect of Burnishing Process on Behavior of Engineering Materials-A Review**. IOSR

Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), v. 5, n. 5, p. 09-20, 2013.

GIGGINS, C. S.; PETTIT, F. S. **The effect of alloy grain-size and surface deformation on the selective oxidation of chromium in Ni-Cr alloys at temperatures of 900 and 1100o C (Ni-Cr alloys effects of grain size and surface deformation on oxidation properties at high temperature).** METALLURGICAL SOCIETY OF AIME, TRANSACTIONS, v. 245, p. 2509-2514, 1969.

GILL A., TELANG A., MANNAVA S.R., QIAN D., PYOUN Y.S., SOYAMA H. **Comparison of mechanisms of advanced mechanical surface treatments in nickel based superalloy.** Materials Science Eng. A (2013).

GRIGOR'YANTS, A. G.; SAFONOV, A. H. **Laser technique for surface modification.** Laser Techniques and Technology, 1989.

LOH, N. H.; TAM, S. C.; MIYAZAWA, S. **A study of the effects of ball-burnishing parameters on surface roughness using factorial design.** Journal of Mechanical Working Technology, v. 18, n. 1, p. 53-61, 1989.

M. Balazinski, V. Songmene, **Improvement of tool life through variable feed milling of Inconel 600,** Annals of CIRP 44 (1) (1995) 55–58.

(1995) 55–58.

MALLESWARA, R. J. N.; REDDY, A. C. K. ;RAO, P. V. R. **The effect of roller burnishing on surface hardness and surface roughness on mild steel specimens.** International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul, v. 1, n. 4, p. 777-785, 2011.

R. Komanduri, F. Flom, M. Lee, **Highlights of the DARPA advanced machining research program,** Journal of Engineering for Industry 107 (1985) 325–335.

SALEM, B. W.; MELHAOUI, A.; COHEN, P.; AHDAD, F.; LONGUEMARD, J. P. **Laser-assisted machining.** Mecanique Industrielle et matériaux, v. 48, Iss. 1, p. 29-30, 1995.

SANCHEZ L.E.A., GIARETTA F., NOGUEIRA L.G., INGRACI NETO R.R. **Effect of hot burnishing aided by infrared radiation on the modification of surface and subsurface of AISI 1045 steel.** Procedia CIRP, 58 463–468, 2017.

SANCHEZ, L. E. A.; MELLO, H. J.; NETO, R. R. I.; DAVIM, J. P.; **Hot turning of a difficult-to-machine steel (saexev-f) aided by infrared radiation.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 73, n. 5-8, p. 887-898, 2014.

SARITHA, P. **A Study On Assessment Of Theories For Contact Stress Distribution At Roller- Work Piece Contact In Roller Burnishing.**

International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 3, Issue 1, January 2014. 100- 106.SHI et al., 2018

SCHULZE. V., BLEICHER, F., GROCHE, P., GUO, Y.B., PYUN, Y.S. **Surface modification by machine hammer peening and burnishing**. CIRP Annals, Vol. 65, Issue 2, 2016, Pages 809-832.

<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.005>

SHI XIAO, DUAN SHENGCHAO, YANG WENSHENG, GUO HANJIE, GUO JING. **Solidification and Segregation Behaviors of Superalloy IN718 at a Slow Cooling Rate**. Materials 2018, 11, 2398; doi:10.3390/ma11122398

SHIM, S.; BEI, H.; GEORGE, E. P.; PHARR, G. M. **A different type of indentation size effect**. Scripta Materialia, v. 59, n. 10, p. 1095–1098, 1 nov. 2008.

SMIRNOV, A. V.; KUZNETSOV, V. A. **Factors affecting the surface roughness in burnishing**. ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research, 2018, Vol. 38, No. 10, pp. 814–817. © Allerton Press, Inc., 2018.

SUI Feng-Li, XU Li-Xia, CHEN Li-Qing, LIU Xiang-Hua. **Processing map for hot working of Inconel 718 alloy**. Journal of Materials Processing Technology 211 (2011) 433–440.

SUNDER, R. **Fatigue as a process of cyclic brittle microfracture**. Fatigue & fracture of engineering materials & structures, v. 28, n. 3, p. 289-300, 2005.

T. KLOTZ, S. BLAS, M. LÉVESQUE, M. BROCHU, **1D cyclic yield model independent of load spectrum characteristics and its application to Inconel 718**, Mechanics of Materials, Volume 109, 2017, Pages 34-41, ISSN 0167-6636,
<https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2017.03.011>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167663616302745>)

TABAIE, S., RÉZAÏ-ARIA, F., JAHAZI, M. **Microstructure evolution of selective laser melted Inconel 718: Influence of high heating rates**. 20p. Metals 2020, 10, 587; doi:10.3390/met10050587

TAN Y.B.; MA Y.H.; ZHAO F. **Hot deformation behavior and constitutive modeling of fine grained Inconel 718 superalloy**. Journal of Alloys and Compounds 741 (2018) 85 – 96.

THAKUR A.; GANGOPADHYAY S. **State-of-the-art in surface integrity in machining of nickel-based super alloys**. International Journal of Machine Tools & Manufacture (100), 2016, 25-34

THOMAS, A.; EL-WAHABI, M.; CABRERA, J.M.; PRADO, J.M. **High temperature deformation of Inconel 718**. Journal of Materials Processing Technology, 177, p.469-472, 2006

VILLARES METALS. **Specialty alloys**. Villares Metals, 2008. 8p.

W. Pentland, C. Mehl, J. Wennbery, **Hot machining, American Machinist/Metalworking Manufacturing** 1 (1960) 117–132.