



Workshop de Pesquisa
em Manufatura

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA



EDITORA
OMNIS SCIENTIA



Workshop de Pesquisa
em Manufatura

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA



EDITORA
OMNIS SCIENTIA

Editora Omnis Scientia

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA

Volume 1

1ª Edição

TRIUNFO – PE

2021

PROMOÇÃO:

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEMec/UFSCar)

Apresentadores (as):

Adailton Gomes Pereira

Alana Carla Miranda Araújo

Bruna Oliveira da Silva

Bruno Alexandre Roque

Caique de Castro Gonçalves

Cassiano da Silva Tavares

Cristie Luis Kugelmeier

Gustavo Roberto dos Santos

Henrique A. C. Durello

Hugo Emanuel de Andrade Costa

Jonatan Augusto da Silva

Leones Contini Junior

Marco Gabriel Lorenzoni

Matheus Luis Manfredo

Paulo De Tarso Durigan

Rafael Fernando Teixeira

Talia Gibim

Tony Emerson Marim.

Participantes do painel:

Carlos Eiji Hirata Ventura

Danielle Cristina Camilo Magalhães

Rodrigo da Silva (“PPGEMec: Presente e futuro”).

Palestrante:

Yayue Pan - University of Illinois Chicago (“Field-assisted Photopolymerization-based Additive Manufacturing for Productions of Multi-Functional Materials and Devices”)

Comitê científico:

Alexandre Tácito Malavolta

Carlos Eiji Hirata Ventura

Danielle Cristina Camilo Magalhães

Flávio Yukio Watanabe

Marcos Roberto Monteiro

Rodrigo da Silva

Sérgio Henrique Evangelista.

Comissão organizadora:

Adailton Gomes Pereira

Armando Ítalo Sette Antonialli

Bruna Oliveira da Silva

Edson Bruno Lara Rosa

Sidney Bruce Shiki.

Imagem de Capa

Freepik

Edição de Arte

Vileide Vitória Larangeira Amorim

Revisão

Os autores



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

O conteúdo abordado nos artigos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

W912a Workshop de Pesquisa em Manufatura (5 : 2021)
Anais do [...] / V Workshop de Pesquisa em Manufatura, 10
dezembro 2021. – Triunfo, PE: Omnis Scientia, 2021.
52 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-88958-78-0

DOI 10.47094/978-65-88958-78-0

1. Engenharia mecânica – Brasil – Congressos. 2. Manufaturas.
I. Título.

CDD 621.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Editora Omnis Scientia

Triunfo – Pernambuco – Brasil

Telefone: +55 (87) 99656-3565

editoraomnisscientia.com.br

contato@editoraomnisscientia.com.br



PREFÁCIO

A exemplo do ensino e da extensão, a pesquisa no âmbito da Engenharia Mecânica apresenta-se bastante ampla e diversificada. A ramificação mais canônica dessa modalidade de engenharia aponta para três áreas fundamentais: Projeto de Sistemas Mecânicos, Ciências Fluidotérmicas e Processos de Fabricação. Outras subdivisões, como Dinâmica e Vibrações, Mecatrônica e Metrologia, flutuam entre as três grandes áreas. Sendo assim, a nucleação e o crescimento do Grupo de Pesquisa em Manufatura Inteligente (GPMI), devidamente registrado no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq e reconhecido pela UFSCar, têm sido salutar no sentido da consolidação do Departamento de Engenharia Mecânica (DEMec) e do curso de graduação em Engenharia Mecânica. Da mesma forma, O GPMI se mostra essencial enquanto alicerce para o recém-criado curso de mestrado acadêmico dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEMec), conferindo-lhe vocação e identidade. Finalmente, a comunicação e a difusão dos resultados obtidos pelo grupo propiciam o alinhamento do mesmo ao lema da UFSCar: excelência acadêmica e compromisso social. O objetivo geral do "V Workshop de Pesquisa em Manufatura" consiste em disseminar os trabalhos em andamento dentro do Grupo de Pesquisa em Manufatura Inteligente (GPMI) e de outros grupos afins à área de Manufatura, promovendo discussões profícuas e de alto nível com o público interno e externo à universidade. Como objetivos específicos, destacam-se a exposição dos estudantes de graduação e pós-graduação a um ambiente de conferência científica sem sair de casa e a oportunidade de contar com convidados com grande potencial de contribuição a essa área do conhecimento. O evento foi realizado ao longo do dia 10 de dezembro de 2021, de forma online, de maneira a viabilizar e fomentar a participação de uma parcela significativa de estudantes.

SUMÁRIO

INFLUÊNCIA DA SENSIBILIDADE DE PARÂMETROS DOS MODELOS DE AVRAMI NAS CINÉTICAS DE RECRISTALIZAÇÃO SOBRE O TAMANHO DE GRÃO EM UM PROCESSO DE LAMINAÇÃO A QUENTE DE LIGA DE AÇO SAE 4140.....	10
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA EXTRUSÃO EM CANAL ANGULAR COM TORÇÃO (ECA-T): INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA NA DEFORMAÇÃO.....	13
OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA APLICADA NO CONTEXTO DE PRÓTESES HUMANAS.....	15
PROCESSO DE DOBRAMENTO A FRIO DE CHAPAS FINAS METÁLICAS: ANÁLISES POR ELEMENTOS FINITOS, EXPERIMENTOS E MODELO MATEMÁTICO PARA COMPENSAÇÃO DO RETORNO ELÁSTICO.....	17
FORÇAS NA ESTAMPAGEM INCREMENTAL DE CHAPA FINA METÁLICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS E ANÁLISES POR ELEMENTOS FINITOS.....	19
MODELAGEM DE CURVAS DE FLUXO PLÁSTICO DE UM AÇO BIFÁSICO UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	22
APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE MACHINE LEARNING PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PEÇAS IMPRESSAS EM 3D.....	24
ESTUDO DA PREVISIBILIDADE DO ERRO DE TRANSMISSÃO DE ENGRENAGENS DE DENTES RETOS PARA PROJETO DE MODIFICAÇÕES DE MICROGEOMETRIA.....	26
CONTRIBUIÇÃO DO PRÉ-AQUECIMENTO DO SUBSTRATO NA PREVENÇÃO DE TRINCAS EM REVESTIMENTOS GERADOS POR LASER CLADDING.....	28
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE CORTE SOBRE O ESTADO DE SUPERFÍCIE NO TORNEAMENTO DA LIGA TI-6AL-4V ELI.....	30
INFLUÊNCIA DO TAMANHO DO GRÃO DO REBOLO NA QUALIDADE SUPERFICIAL DO INSERTO DE CORTE DE METAL DURO RETIFICADO.....	36
INVESTIGAÇÃO DOS MECANISMOS DE REMOÇÃO DE MATERIAL NA RETIFICAÇÃO DE INSERTOS DE CORTE.....	38
SHUNT PIEZOELÉTRICO PARA CONTROLE PASSIVO DE CHATTER NO PROCESSO DE TORNEAMENTO DE LIGAS DE TITÂNIO.....	40
AVALIAÇÃO DE TEXTURAS INDUZIDAS POR VIBRAÇÃO NO TORNEAMENTO DURO DE UM AÇO FERRAMENTA.....	42
INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CONTROLE TÉRMICO ATIVO SOBRE A RESISTÊNCIA MECÂNICA E QUALIDADE SUPERFICIAL DE PEÇAS IMPRESSAS PELA TÉCNICA FPM.....	44

ATUALIZAÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA ANTIGAS ATRAVÉS DE INSTRUMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO: UM ESTUDO SOBRE O EFEITO DO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE TORNEAMENTO NA QUALIDADE SUPERFICIAL.....	46
AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DO AÇO INOXIDÁVEL LEAN DUPLEX 2404 APÓS SIMULAÇÕES DE CICLOS TÉRMICOS DE ZONAS TERMICAMENTE AFETADAS REALIZADAS POR GLEEBLE.....	48
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ACABAMENTO SUPERFICIAL NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO 1020 EM BIODIESEL E SUAS MISTURAS COM ÓLEO DIESEL.....	50

INVESTIGAÇÃO DOS MECANISMOS DE REMOÇÃO DE MATERIAL NA RETIFICAÇÃO DE INSERTOS DE CORTE

Bruna Oliveira da Silva¹

Prof. Dr-Ing. Carlos Eiji Hirata Ventura²

¹ Mestranda em Engenharia Mecânica na Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil

² Docente em Engenharia Mecânica na Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil

bruna.oliveira@estudante.ufscar.br; ventura@ufscar.br

Resumo: Após os processos de prensagem e sinterização, insertos de corte devem ser retificados a fim de se obter o acabamento superficial e as tolerâncias necessárias para sua aplicação em processos de usinagem. O correto planejamento do processo de acabamento destes insertos torna necessária uma investigação detalhada dos mecanismos de remoção de material, de modo a não apenas se obter um bom acabamento superficial, mas também um processo eficiente. Neste contexto, espera-se que o gasto energético forneça indicativos da eficiência do processo e informações para a escolha correta dos parâmetros de operação. Com isso, tem-se como objetivo a validação do uso deste parâmetro para maior compreensão e monitoramento do processo. Preliminarmente, foram realizados testes de retificação de insertos de corte de metal duro classe ISO K10, de maneira a se associar o acabamento dos insertos à energia do processo. Maiores forças normais e tangenciais totais foram observadas para o rebolo com menor tamanho de grão, mas a energia específica foi maior para baixas espessuras de cavaco e se estabilizou a partir de $h_{cu} \cong 0,25 \mu\text{m}$, embora nenhuma alteração significativa da qualidade do inserto tenha sido observada a partir dessa faixa.

Palavras-chaves: Retificação, Inseto de corte, Integridade superficial.

1. INTRODUÇÃO

Após o processo de compactação e sinterização na fabricação dos insertos de corte, eles devem ter suas superfícies retificadas, de maneira a garantir suas dimensões e integridade superficial. Esta última característica possui influência significativa sobre o desempenho do inserto, pois elevadas rugosidades afetam o atrito entre peça, cavaco e ferramenta, geram pontos de concentração de tensão e tensões residuais de tração, que podem reduzir a vida útil da ferramenta ao contribuir para o desgaste e avarias (Diniz et. al, 2014). Deve-se ainda mencionar que elevadas rugosidades e lascamentos na aresta demandam maiores raios de aresta ou chanfros para eliminação dos defeitos, formas geométricas que, além de necessitarem de processo adicional para sua produção, tornam a ferramenta mais negativa, aumentando a deformação do material e provocando maiores esforços e temperaturas durante a aplicação do inserto (Zhan, 2012).

Neste contexto, há pesquisas que indicam parâmetros para aplicação, mas pouco tem sido encontrado no sentido de

melhorar sua integridade superficial.

Considerando-se as dificuldades associadas à

retificação de materiais de ferramenta, a importância de um planejamento de processo fundamentado para a obtenção de produtos finais com elevada qualidade e de forma eficiente e a existência de sensores de força embutidos em máquinas para este tipo de operação, o projeto tem como objetivo principal validar de maneira fundamentada o uso da energia para monitoramento da eficiência do processo e como indicativo para escolha dos parâmetros de operação em diferentes materiais de ferramenta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na retificação de materiais frágeis, como aqueles utilizados para ferramentas de corte, ocorre formação de micro trincas radiais e laterais. As últimas são responsáveis pela remoção efetiva do material, enquanto as primeiras danificam a camada superficial (Klocke e König, 2005). Bifano et al. (1991) afirmam que a remoção de material de maneira dúctil, com a consequente melhora da qualidade superficial, é possível em materiais frágeis, desde que certa espessura crítica de cavaco em cada grão abrasivo não seja ultrapassada. Com base no modelo de Friemuth (1999), Cruz et al. (2020) propõem que a espessura média de cavaco por grão h_{cu} na retificação plana transversal de mergulho, utilizada para acabamento de insertos de corte, seja calculada pela Equação 1, com auxílio da Equação 2.

$$h_{cu} = \left(\frac{1}{C_2+1}\right)^{C_2} \cdot \left[\frac{(C_2+1) \cdot v_{fa}}{N_{GV} \cdot f_c \cdot C_1 \cdot v_c}\right]^{C_2+1} \quad (1)$$

$$N_{GV} = \frac{6 \cdot C}{\rho \cdot \pi \cdot d_G^3} \quad (2)$$

A redução da espessura do cavaco por meio da diminuição da velocidade de avanço resultará em maiores tempos de usinagem. Por isso, Marinescu et al. (2007) sugerem o uso de maiores velocidades de corte para a obtenção do mesmo efeito.

Blanks de metal duro da classe ISO K10 (WC-5%Co), com dimensões 12,5 mm x 12,5mm x 4,7 mm, tiveram suas superfícies de folga retificadas com aplicação de óleo mineral integral em uma retificadora para preparação de insertos Agathon DOM Plus (potência máxima de 16 kW

e rotação máxima de 3400 rpm) equipada com rebolo e dressador do tipo copo, como mostrado na Figura 1.



Figura 1 - Retificadora de insertos de corte utilizada nos experimentos (Fonte: próprio autor)

Antes da realização de cada teste, a fim de se garantir a topografia inicial da camada abrasiva, o rebolo foi dressado com condições constantes. De maneira a não se ter desgaste significativo do rebolo, um volume de material de aproximadamente 25 mm³ foi removido de cada inserto. Cada teste, relacionado a determinado conjunto de condições, foi realizado nos quatro lados do inserto, sendo os valores médios e respectivos desvios-padrão das variáveis de saída utilizados para análise.

Para escolha dos parâmetros, foram considerados os limites da máquina e os rebolos disponíveis, de concentração C100 (0,88 g/cm³), vc de 60m/s e 12m/s, para vfa de 2mm/min e 25mm/min respectivamente. Com isso, espera-se observar o comportamento nas diferentes situações. Os valor máximo da componente da força tangencial da força de retificação foi utilizado para o cálculo da energia específica (Equação 3).

$$e = \frac{F_t v_c}{v_{fa}} \quad (3)$$

3. RESULTADOS PRELIMINARES

A energia específica corresponde a um parâmetro frequentemente utilizado na análise de eficiência do processo e, em diversos casos, permite determinar a espessura de cavaco limite, a partir da qual passa a haver remoção de material no modo frágil, fenômeno que é caracterizado pela estabilização do valor de energia no gráfico. A Figura 2 apresenta o comportamento obtido para os testes realizados, onde se nota um aumento acelerado da energia com menores espessuras de cavaco por grão e valores mais estáveis a partir de uma espessura crítica de aproximadamente 0,25 µm.

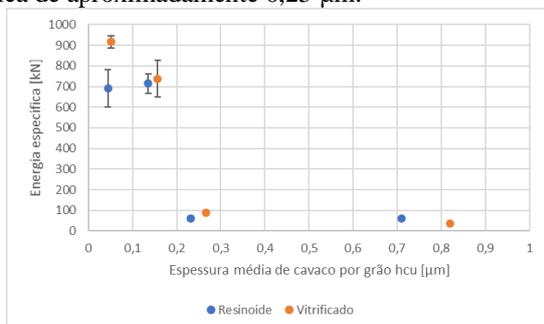


Figura 2 - Relação entre energia específica e espessura média de cavaco por grão

Considerando o comportamento da energia específica, pode-se afirmar que maiores espessuras de cavaco levam

à necessidade de menores níveis de consumo de energia para retirada de determinado volume de material. Assim, tal parâmetro pode ser considerado um indicador de eficiência na retificação. No entanto, valores mais altos de espessura de cavaco danificam a qualidade da superfície, já que causam sulcos mais profundos e podem provocar trincas, devido às maiores cargas mecânicas envolvidas, principalmente no caso de insertos de metal duro. Como resultado, um equilíbrio entre os dois efeitos deve ser encontrado.

4. CONCLUSÃO

O aumento da espessura de cavaco por grão elevou as componentes da força, independentemente da composição do rebolo.

A energia específica teve comportamento padrão, de redução com o aumento da espessura de cavaco por grão, indicando uma espessura crítica de aproximadamente 0,25 µm, a partir da qual seus valores se estabilizaram.

Houve pequena tendência de crescimento da rugosidade com o aumento da espessura de cavaco, que foi mais notável para o rebolo com ligante vitrificado.

A alteração esperada na qualidade do inserto a partir da espessura crítica de cavaco não foi observada de forma clara a partir dos parâmetros avaliados, sendo necessárias análises por microscopia eletrônica de varredura para detecção de uma possível mudança na forma de remoção de material.

5. REFERÊNCIAS

- Bifano, T.G.; Dow, T.A.; Scattergood, R.O. Ductile-regime grinding: a new technology for machining brittle materials. *Journal of Engineering for Industry*, v. 133, n. 2, p. 184-189, 1991.
- Cruz, D. C.; Sordi, V.L.; Ventura, C.E.H. Surface analysis of WC-5%Co cemented tungsten carbide cutting inserts after plunge-face grinding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, [s.l.], v. 108, n. 1-2, p. 323-330, 2020.
- Diniz, A. E.; Marcondes, F. C.; Coppini, N. L. Materiais para ferramenta. Tecnologia da usinagem dos materiais. Edição 9. São Paulo: Artliber Editora, 2014. Cap. 5, pag. 75-106.
- Frimemuth, T. Schleifen hartstoffverstärkter keramischer Werkzeuge. Tese de doutorado, Universität Hannover, VDI-Verlag, 1999. 133 S.
- Klocke, F.; König, W. *Fertigungsverfahren – Schleifen, Honen, Läppen*. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 494S.
- Marinescu, I. D.; Hitchiner, M.; Uhlmann, E.; Rowe, W. B.; Inasaki, I. *Handbook of machining with grinding wheels*. 1 st. ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. 596p.
- Zhan, Y. J; Xu, X. P. An experimental investigation of temperatures and energy partition in grinding of cemented carbide with a brazed diamond wheel. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, [s.l.], v. 61, p.117–125, 2012.



editoraomnisscientia@gmail.com 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 (87) 9656-3565 



editoraomnisscientia@gmail.com 
<https://editoraomnisscientia.com.br/> 
@editora_omnis_scientia 
<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 
+55 (87) 9656-3565 