



**Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica 3

Atena
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

**Impactos das Tecnologias na
Engenharia Mecânica**
3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

I34 Impactos das tecnologias na engenharia mecânica 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica; v.3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7247-248-7

DOI 10.22533/at.ed.487190504

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. III. Série.

CDD 670.427

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

APRESENTAÇÃO

A engenharia mecânica está em constante mudança, sendo uma das mais versáteis, se olhar desde seu surgimento durante a Revolução Industrial até os dias de hoje é visível a modernização e modificação dos métodos e das tecnologias empregadas.

Nesta evolução um dos pontos de destaque é a área de materiais e dos modos de obtenção dos mesmos, sendo responsável por grande parte desta modernização da área. Neste livro são tratados alguns assuntos ligados diretamente a área de matérias, bem como os processos de transformação dos mesmos em produtos finais.

A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas de desempenho técnico e econômico. Ainda são base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais e no processo de fabricação do mesmo.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a seleção, desenvolvimento e processos de obtenção e fabricação são apresentados nesse livro.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DAS LIGAS Al-3%Si E Al-9%Si ATRAVÉS DO PROCESSO “SQUEEZE-CASTING”, E A INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA DUREZA, MACRO E MICROESTRUTURA	
<i>Diógenes Linard Aquino Freitas</i> <i>Cláudio Alves de Siqueira Filho</i> <i>José Joelson de Melo Santiago</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905041	
CAPÍTULO 2	12
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CEMENTANTES ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DE MICRODUREZA VICKERS	
<i>Bernardo Rota</i> <i>Alisson Geovane Silva de Souza</i> <i>Annemarie Henker</i> <i>Daniel Amoretti Gonçalves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905042	
CAPÍTULO 3	22
ESTIMATIVA DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO USANDO O MÉTODO DO FIO QUENTE	
<i>Alisson Augusto Azevedo Figueiredo</i> <i>Jefferson Gomes do Nascimento</i> <i>Luís Henrique da Silva Ignácio</i> <i>Vinicius Soares Medeiros</i> <i>Fernando Costa Malheiros</i> <i>Henrique Coelho Fernandes</i> <i>Gilmar Guimarães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905043	
CAPÍTULO 4	27
PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE NANOFUIDOS TiO ₂	
<i>Letícia Raquel de Oliveira</i> <i>Stella Rodrigues Ferreira Lima Ribeiro</i> <i>David Fernando Marcucci Pico</i> <i>Alessandro Augusto Olimpio Ferreira Vittorino</i> <i>Enio Pedone Bandarra Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905044	
CAPÍTULO 5	35
DESENVOLVIMENTO DE UM INDENTADOR INSTRUMENTADO PARA MEDIÇÕES DE PROPRIEDADES ELÁSTICAS E PLÁSTICAS	
<i>Lucas dos Reis Heni Madeira</i> <i>Vinicius Carvalho Teles</i> <i>Washington Martins da Silva Junior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905045	

CAPÍTULO 6 43

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL EM HIDROXIAPATITA COMERCIAL E SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCA DE OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marcelo Vitor Ferreira Machado
José Brant de Campos
Marilza Sampaio Aguilar
Vitor Santos Ramos

DOI 10.22533/at.ed.4871905046

CAPÍTULO 7 53

PARAMETRIZAÇÃO DE TEXTURIZAÇÃO VIA MECT EM METAL PATENTE

Túlio Alves Rodrigues
Erika Michele Damas
Gabriela Caixeta Alcarria
Náthaly Nascimento Sousa
Washington Martins da Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.4871905047

CAPÍTULO 8 59

CORRELAÇÃO ENTRE DIFERENTES FORMAS DE AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DE FERROS FUNDIDOS E SEU COEFICIENTE DE ATRITO

Luiz Eduardo Rodrigues Vieira
Guilherme de Oliveira Castanheira
Leonardo Rosa Ribeiro da Silva
Wisley Falco Sales
Álisson Rocha Machado
Wilson Luiz Guessser

DOI 10.22533/at.ed.4871905048

CAPÍTULO 9 69

MANUFATURA DE LIGA DE AL5%CU PELO PROCESSO DE METALURGIA DO PÓ

André Pereira da Silva
Juliano de Lemos Navarro
Leonardo Almeida Lopes
Felipe Antônio Viana de Araújo
Gabriel Aires Honorato
Sérgio Mateus Brandão

DOI 10.22533/at.ed.4871905049

CAPÍTULO 10 85

ANÁLISE DO FENÔMENO DAS BOLHAS EM SOLDAGEM SUBAQUÁTICA MOLHADA COM ARAME TUBULAR AUTOPROTEGIDO

Camilla Mara Mendonça
Alexandre Queiroz Bracarense
Douglas de Oliveira Santana
Marcelo Teodoro Assunção

DOI 10.22533/at.ed.48719050410

CAPÍTULO 11	99
O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS NA SIMULAÇÃO DE OPERAÇÕES DE SOLDAGEM	
<i>Heitor Abdias da Silva Pereira</i>	
<i>Marcelo Cavalcanti Rodrigues</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050411	
CAPÍTULO 12	114
ANÁLISE EXPERIMENTAL DA USINAGEM COM AÇO INOXIDÁVEL	
<i>Gabriella Arruda Martins</i>	
<i>Lays Edinir da Cunha</i>	
<i>Luís Gustavo Moreira</i>	
<i>Mikael Henrique Morais</i>	
<i>Thomas Ernst de Goes Ferreira Kohler</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050412	
CAPÍTULO 13	123
AVALIAÇÃO DO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE R_v DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS USINADOS PELO PROCESSO DE BRUNIMENTO FLEXÍVEL	
<i>Leandro Carvalho Pereira</i>	
<i>Leonardo Rosa Ribeiro da Silva</i>	
<i>Rosenda Valdés Arencibia</i>	
<i>Luciano José Arantes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050413	
CAPÍTULO 14	131
INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO DESGASTE DE MICROFRESAS DE METAL DURO NA MICROUSINAGEM DO AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS S32205	
<i>Aline Gonçalves dos Santos</i>	
<i>Daniel Fernandes da Cunha</i>	
<i>Mayara Fernanda Pereira</i>	
<i>Bruno Souza Abrão</i>	
<i>Mark James Jackson</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050414	
CAPÍTULO 15	139
GERAÇÃO E PARTIÇÃO DE CALOR EM USINAGEM POR MEIO DO MÉTODO CALORIMÉTRICO: UMA REVISÃO	
<i>Ivanilson Sousa da Costa</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050415	
CAPÍTULO 16	153
GERAÇÃO DE CALOR NA FURAÇÃO DO FERRO FUNDIDO CINZENTO POR MEIO DO MÉTODO CALORIMÉTRICO	
<i>Ivanilson Sousa da Costa</i>	
<i>Guilherme Henrique Alves Andrade</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	

DOI 10.22533/at.ed.48719050416

CAPÍTULO 17 168

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE USINAGEM EM AÇOS DE CORTE FÁCIL POR MEIO DO MÉTODO DO TERMOPAR FERRAMENTA- PEÇA

Ivanilson Sousa da Costa

Márcio Bacci da Silva

DOI 10.22533/at.ed.48719050417

CAPÍTULO 18 177

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE POTÊNCIA NO PROCESSO DE FRESAMENTO UTILIZANDO SENSORES POR EFEITO HALL

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Kenji Fabiano Ávila Okada

Gabriel Marçal de Carvalho

Eder Silva Costa

Álisson Rocha Machado

DOI 10.22533/at.ed.48719050418

CAPÍTULO 19 187

INFLUÊNCIA DE VÁRIOS PARÂMETROS OPERACIONAIS EM RETIFICAÇÃO NO ACABAMENTO E NA TEXTURA DA SUPERFÍCIE DE FERRO FUNDIDO CINZENTO

Bruno Souza Abrão

Mayara Fernanda Pereira

Mariana Landim Silveira Lima

Eduardo Carlos Bianchi

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.48719050419

CAPÍTULO 20 193

INFLUÊNCIA DA PENETRAÇÃO DE TRABALHO E VELOCIDADE DA PEÇA NO ACABAMENTO DO FERRO FUNDIDO VERMICULAR APÓS A RETIFICAÇÃO COM REBOLO DE SIC

Lurian Souza Vieira da Silva

Rosemar Batista da Silva

Mariana Landim Silveira Lima

Deborah de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.48719050420

CAPÍTULO 21 202

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE USINAGEM DO BRUNIMENTO FLEXÍVEL NA QUALIDADE GEOMÉTRICA DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS

Leandro Carvalho Pereira

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Rosenda Valdés Arencibia

Luciano José Arantes

DOI 10.22533/at.ed.48719050421

CAPÍTULO 22 210

USINAGEM ELETROQUÍMICA SUPERFICIAL EM AMOSTRAS DE FERRO FUNDIDO

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Leandro Carvalho Pereira

Henara Lilian Costa

DOI 10.22533/at.ed.48719050422

SOBRE O ORGANIZADOR..... 219

INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO DESGASTE DE MICROFRESAS DE METAL DURO NA MICROUSINAGEM DO AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS S32205

Aline Gonçalves dos Santos

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – Minas Gerais

Daniel Fernandes da Cunha

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – Minas Gerais

Mayara Fernanda Pereira

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – Minas Gerais

Bruno Souza Abrão

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – Minas Gerais

Mark James Jackson

Kansas State University
Salina – Kansas

Márcio Bacci da Silva

Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – Minas Gerais

RESUMO: Nas operações de usinagem convencional, desgaste de ferramenta é um tema bastante discutido, entretanto, no processo de microusinagem, este é um assunto ainda pouco explorado. As considerações feitas para desgaste de ferramenta na macrousinagem podem não ser válidas para o processo de microusinagem devido às pequenas dimensões envolvidas neste. Um pequeno desgaste em uma microferramenta pode eliminar metade de

uma de suas arestas, podendo duplicar a força de corte na outra aresta. Sendo assim, destaca-se a importância de estudar o desgaste de ferramenta no processo de microusinagem e de encontrar formas de minimizá-lo, sendo, geralmente, uma das maneiras possíveis a utilização de fluido de corte. A possibilidade do fluido de corte atuar de forma positiva no desgaste de microferramenta, minimizando-o, motivou a realização do presente trabalho, que tem como principal objetivo analisar a influência do fluido de corte no desgaste em microfresas de metal duro no processo de microfresamento do aço inoxidável duplex UNS S32205. Para tanto, foram realizados ensaios para fabricação de microcanais, utilizando uma microfresadora CNC de 4 eixos e microfresas de metal duro revestidas com TiN de 381 μm de diâmetro. Pré-testes foram realizados a fim de escolher a condição de corte mais adequada. A ferramenta foi examinada, antes e após cada ensaio, no microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostram que o uso do fluido de corte exerceu influência negativa no desgaste da ferramenta, ou seja, o seu uso implicou em menor tempo de vida da ferramenta.

PALAVRAS-CHAVE: Microfresamento, desgaste, fluido de corte, aço inoxidável duplex.

ABSTRACT: In conventional machining operations, tool wear is an important subject and

is discussed in the literature, however, in the micromachining process, this is a subject still little explored. Some considerations for tool wear from macromachining point of view may not be valid for micromachining process because of the small dimensions involved, the size effect may be applied also to tool wear. A small wear land on a microtool can eliminate half of its edges, and could double the shear force at the other edge. Therefore, it is necessary to discuss the wear types and wear mechanism for tools used in micromachining. This work deals with the end of life criteria and discusses the evolution of wear on carbide micromill tools when cutting UNS S32205 duplex stainless steel. Experimental tests were performed to manufacture micro channels, using a 4-axis CNC micromilling machine and TiN coated carbide tools with 0.381 mm in diameter. Previous tests were performed in order to choose the most appropriate cutting conditions for evaluation of tool wear. The tool was examined before and after each test into the scanning electron microscope. The results show that tool wear curve for micromachining process is similar to the tools used in macromachining, however the wear type or wear land and the end of life criterion must be specific for this process.

KEYWORDS: Micromilling, Wear, Cutting fluid, Duplex stainless steel

1 | INTRODUÇÃO

Desgaste de ferramenta é considerado como a ocorrência de deformação ou de perda gradual de material, durante o corte, ocasionando alteração da geometria da ferramenta a partir da sua forma original (ISO 3685, 1993).

Nas operações de usinagem convencional, desgaste de ferramenta é um tema bastante discutido, entretanto, as considerações feitas podem não ser válidas para o processo de microusinagem devido às pequenas dimensões envolvidas neste processo e as suas influências nos diversos desenvolvimentos que não são considerados no caso da macrousinagem (Rahman; Kumar; Prakash, 2001).

Um pequeno desgaste em uma ferramenta convencional pode aumentar uma pequena porcentagem da força de corte, podendo danificar o acabamento superficial. Já na microusinagem, um pequeno desgaste pode eliminar metade de uma das arestas da microferramenta, podendo duplicar a força de corte na outra aresta de corte. Sendo assim, se faz necessário discutir o mecanismo de desgaste das ferramentas utilizadas na microusinagem (Rahman; Kumar; Prakash, 2001). Dessa forma, destaca-se a importância de estudar o desgaste de ferramenta no processo de microusinagem e de encontrar formas de minimizá-lo, sendo, geralmente, uma das maneiras possíveis a utilização de fluido de corte.

Nesse sentido, alguns pesquisadores têm desenvolvido trabalhos que englobam os efeitos das condições de refrigeração e lubrificação no processo de microfresamento como, por exemplo, Vazquez *et al.* (2015). Os autores realizaram ensaios a seco, utilizando emulsão convencional (a jato), MQL na direção de avanço e MQL na direção

oposta à de avanço, sendo o material usinado a liga Ti-6Al-4V. Em cada condição, o desgaste da ferramenta foi analisado através da perda no diâmetro da ferramenta. Foi observado que, na aplicação a jato, o desgaste da ferramenta foi em torno de três vezes maior do que o atingido nas demais condições de lubrificação/refrigeração. Analisando o desgaste, apenas numericamente, notou-se que no ensaio realizado a seco e com MQL (em ambas as direções), o desgaste foi semelhante e pequeno. Entretanto, ao observar as imagens da ferramenta, os autores notaram que ela, ao se utilizar MQL na direção de avanço, se mostrou em melhores condições do que as demais ferramentas. Com relação à formação de rebarba, foi observado que esta é reduzida quando a técnica de MQL é utilizada. De forma geral, a utilização de MQL na direção de avanço mostrou resultados melhores que as técnicas tradicionais de refrigeração (Vazquez *et al.*, 2015).

Já Zhang e Jun (2013) desenvolveram um sistema de aplicação do fluido e verificaram o desempenho de quatro fluidos diferentes: água atomizada por ultrassom; óleo de canola nebulizada; água e óleo misturados; e solução a 5% TRIM. Os pesquisadores concluíram que as condições em que se utilizou somente água e água mais óleo foram as que atuaram de forma que um número maior de canais fosse feito até que a fratura da ferramenta fosse atingida. Resultado diferente do esperado, em que ao utilizar apenas água foi fornecido um melhor resultado em comparação com a condição de se utilizar apenas óleo. De acordo com os autores, isso significa que para o material usinado (aço 1018), o aumento da temperatura atua de maneira mais expressiva, sendo a capacidade de refrigeração mais importante para melhorar o processo de corte e vida útil da ferramenta (Zhang; Jun, 2013).

Apesar de já estar sendo estudado por demais pesquisadores, o efeito do uso do fluido de corte no desgaste de ferramenta no processo de microssinagem é um assunto ainda pouco explorado. Além disso, a análise do desgaste se restringe normalmente à verificação da mudança no raio de aresta e diâmetro da ferramenta. Sendo assim, há muitas análises a serem feitas no que se refere à influência do fluido de corte no desgaste ocorrido durante o processo de microssinagem. Dessa forma, o presente trabalho tem como principal objetivo analisar a influência do fluido de corte no desgaste em microfresas de metal duro no processo de microfresamento do aço inoxidável duplex UNS S32205.

2 | METODOLOGIA

O material utilizado nos ensaios foi o aço inoxidável duplex UNS S32205 fornecido pela empresa Aperam. Primeiramente, foi realizada uma análise microestrutural dele e, para tanto, foram feitos os procedimentos de lixamento, polimento e ataque químico, em que foram observadas a presença das duas fases características desse tipo de

aço inoxidável, ferrita (fase escura) e austenita (fase clara), como pode ser visto na imagem da Fig. (1).

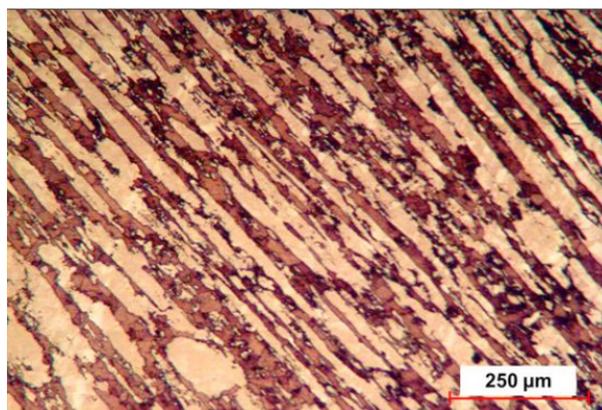


Figura 1. Microestrutura do aço inoxidável duplex UNS 32205

O processo utilizado para realização dos ensaios foi o microfresamento. Para tanto, utilizou-se uma microfresadora CNC de 4 eixos (Fig. (2)) do fabricante Minitech Machinery Corporation. A característica mais importante desta máquina ferramenta é a rotação máxima do eixo árvore, 60000 rpm. Esta máquina tem resolução de posicionamento de $0,1 \mu\text{m}$. Foram realizados ensaios a seco e utilizando fluido de corte, com o objetivo de verificar sua influência no desgaste da microfresa. Quanto à aplicação de fluido, utilizou-se da técnica de MQL, sendo a vazão utilizada de $40,7 \text{ ml/h}$ e pressão de 33 psi ($0,23 \text{ MPa}$). Utilizou-se um sistema de aplicação de fluido específico para microusinagem, conforme pode ser observado na Fig. (2). A fim de garantir a elevada velocidade de escoamento do fluido, uma agulha hipodérmica foi colocada no bocal. O fluxo do fluido foi direcionado em sentido contrário à formação do microcanal. O fluido utilizado na realização dos ensaios foi um óleo de base vegetal puro com aditivos EP do fabricante UNIST.

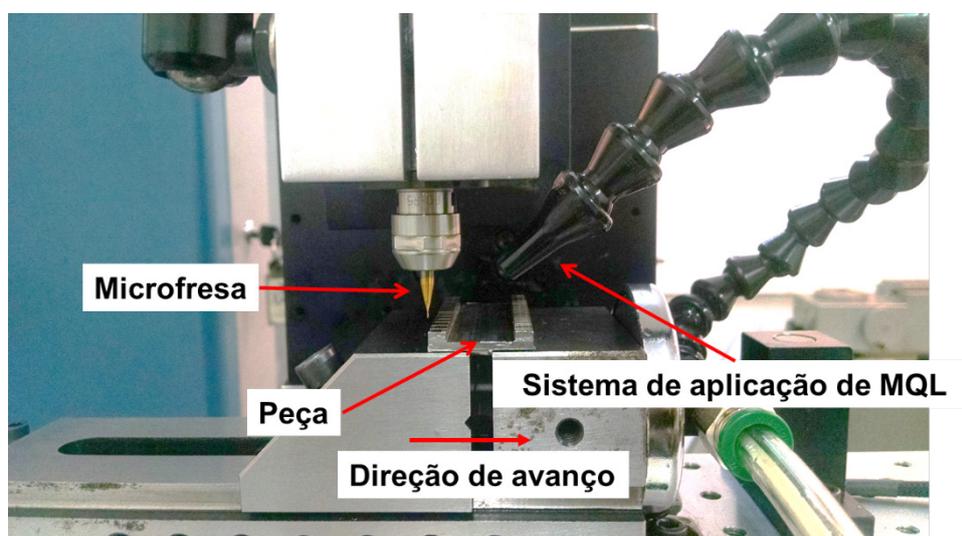


Figura 2. Microfresadora e sistema de aplicação de fluido de corte utilizados nos ensaios

No que se refere às ferramentas empregadas, estas foram microfresas de metal duro de $381\ \mu\text{m}$ de diâmetro revestidas com TiN, fabricadas pela empresa Performance Microtools.

A condição de corte empregada, escolhida por meio de oito pré-testes realizados, foi: avanço de $1,5\ \mu\text{m}/\text{dente}$; profundidade de corte de $30\ \mu\text{m}$; e rotação de 30000 rpm.

Para que fosse possível a análise do desgaste da ferramenta, foi necessária a preparação do corpo de prova de maneira que o comprimento de corte fosse pequeno. Para tanto, foi feito um ressalto na barra fornecida, dividindo a face superior (a ser usinada) em duas partes, nas extremidades, de, aproximadamente, 4,3 milímetros cada. A Fig. 2 mostra o corpo de prova preparado e fixado na morsa.

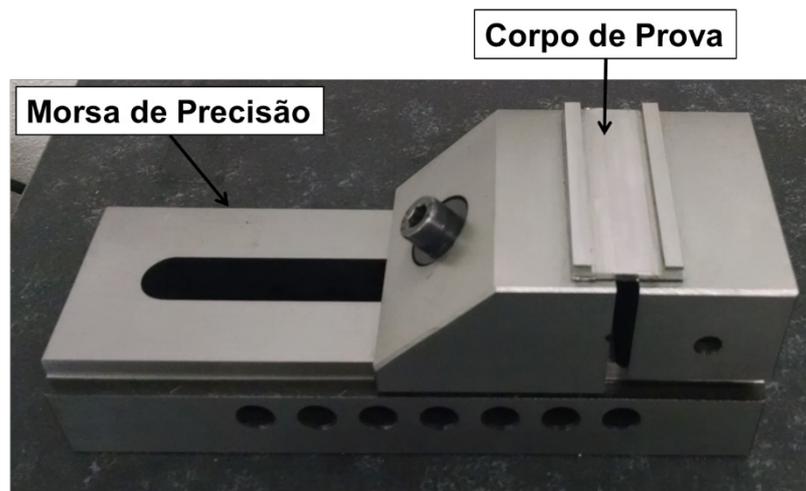


Figura 3. Corpo de prova para análise do desgaste

Para posterior análise do desgaste, por meio da comparação das ferramentas desgastadas com as novas, fotos de cada microfresa nova foram tiradas. Foram feitas imagens do topo da ferramenta e das duas arestas de corte da mesma. Além disso, verificou-se a integridade das microfresas, analisando se apresentavam alguma não conformidade, desgaste ou até mesmo quebra. Para tanto, utilizou-se o Microscópio Eletrônico de varredura (MEV). Subsequente à análise das ferramentas novas, os ensaios foram conduzidos, sendo utilizadas as condições de corte escolhidas por meio dos pré-testes realizados.

Após a usinagem de cada microcanal, a ferramenta foi retirada da microfresadora e levada ao MEV para análise. Ressalta-se que foram feitas imagens das ferramentas desgastadas nas mesmas posições e escala das ferramentas novas. Além disso, imagens da superfície de saída da ferramenta foram obtidas, a fim de possibilitar posterior análise dos mecanismos de desgaste.

Para possibilitar a medição do desgaste, as imagens das ferramentas desgastadas foram sobrepostas às novas, utilizando o *software* Adobe Photoshop CC. Cabe ressaltar que se tentaram diversas maneiras de realizar esse procedimento, sendo a mais adequada, a utilização desse programa.

Posterior à realização dessa etapa, em que foi feita a sobreposição da imagem

da ferramenta desgastada sobre a nova, pôde-se medir o desgaste após a usinagem de cada microcanal. O desgaste foi medido na superfície principal de folga por meio da distância encontrada através da diferença do tamanho da ponta da ferramenta nova com a desgastada. Para tanto, utilizou-se o *software* ImageJ.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura (4) mostra a evolução do desgaste para rotação de 30000 rpm na usinagem a seco. Observa-se que o comportamento do desgaste apresentado pela microferramenta foi semelhante ao que é apresentado por uma ferramenta na usinagem convencional, em que se pode identificar três regiões distintas. A região um, no gráfico analisado, se refere ao desgaste que vai de 0 a 7,57 μm , desgaste este que aparece logo após o primeiro passe. Nessa região, onde ocorrem os primeiros instantes do corte, a ferramenta experimenta um desgaste acelerado (Machado et al., 2011). A região dois, onde o desgaste cresce de maneira constante, é determinada pelos pontos em que o desgaste foi de 7,57 a 12,65 μm . Nesse estágio, a ferramenta já está adaptada ao processo e os mecanismos de desgaste atuam de maneira uniforme até uma nova inflexão ser atingida (Machado et al., 2011). Quando essa inflexão é atingida, se inicia a região três, que no gráfico, se dá a partir do desgaste de 12,65 μm , no qual nota-se uma aceleração do desgaste, até que a quebra da ferramenta fosse atingida.

Ressalta-se que, ao analisar o último canal usinado, observou-se que, desde o início deste, a rebarba de topo foi bem maior do que nos outros canais, o que sugere que a ferramenta quebrou ao entrar na peça ou logo no início do canal. Vale destacar também que o desgaste para as duas arestas de corte apresentou o mesmo comportamento.

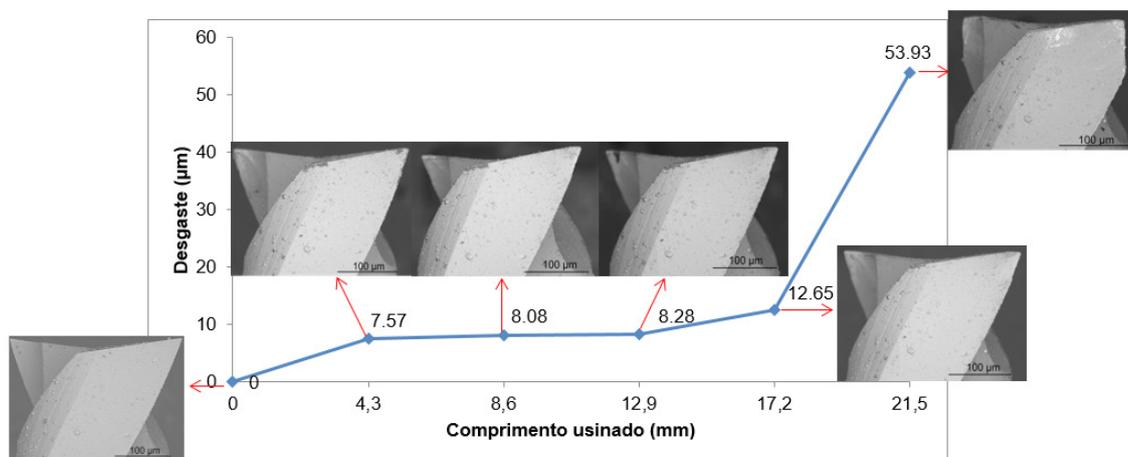


Figura 4. Comportamento do desgaste na superfície principal de folga da microfresa em função do comprimento usinado, ao utilizar a rotação de 30000 rpm no ensaio a seco

A Figura (5) mostra a evolução do desgaste da microferramenta no transcórre

dos ensaios, utilizando fluido de corte. Como pode ser observado, após o quarto passe ou durante o fresamento deste comprimento de usinagem, de 12,9 a 17,2 mm, a ferramenta quebrou. Ao se comparar esse comportamento com o apresentado pelo desgaste da ferramenta nos ensaios realizados a seco, nota-se que, ao utilizar fluido de corte, a ferramenta usinou um comprimento menor até a sua quebra ser atingida. Entretanto, vale ressaltar que a diferença foi pequena, tendo em vista que a ferramenta, nos ensaios a seco, quebrou logo no início da usinagem do quinto canal, ou seja, o comprimento usinado até a sua quebra também foi próximo de 17,2 mm.

Esse resultado se difere do que geralmente é esperado e apresentado pela usinagem convencional, tendo em vista que neste processo o fluido, normalmente, atua de forma positiva, reduzindo o desgaste da ferramenta. Sugere-se que o uso do fluido de corte por meio da técnica de MQL atuou como refrigerante do material do corpo de prova, tornando-o mais resistente e aumentando a força de cisalhamento, o que leva ao maior desgaste da ferramenta. Uma futura análise para buscar o entendimento da influência negativa do fluido de corte no desgaste da ferramenta será feita com maior detalhamento.

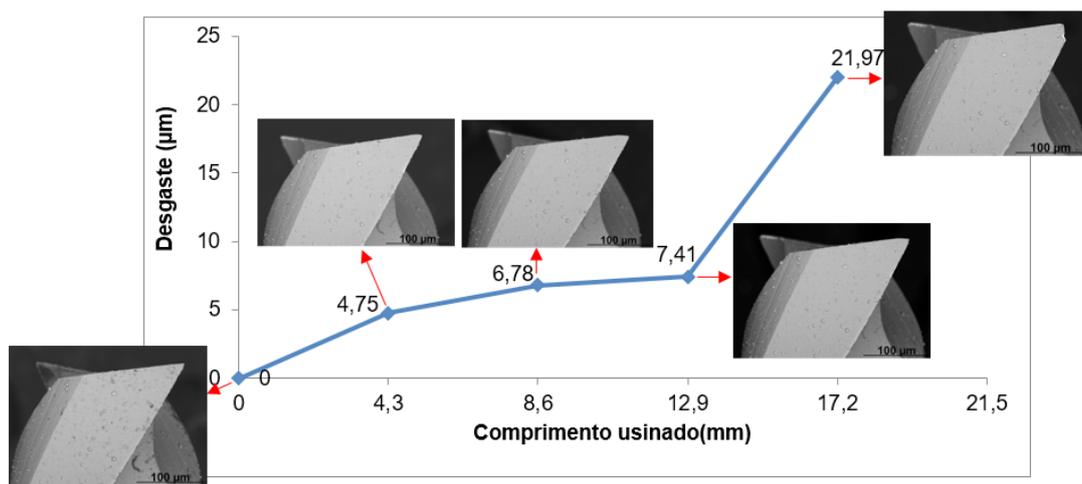


Figura 5. Comportamento do desgaste na superfície principal de folga da microfresa em função do comprimento usinado, ao usar a 30000 rpm utilizando fluido

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao comparar o gráfico da evolução do desgaste para os ensaios a seco e utilizando fluido de corte, foi observado que o uso do fluido de corte exerceu influência negativa no desgaste da ferramenta, ou seja, o seu uso implicou em menor tempo de vida da microfresa.

Além disso, ao analisar o gráfico obtido para o desgaste em função do comprimento usinado, nos ensaios a seco, se observa que o seu comportamento é semelhante ao desgaste em macroferramentas, com três regiões de taxa de desgaste diferentes.

REFERÊNCIAS

IMOA International Molybdenum Association. **Orientações práticas para processamento dos aços inoxidáveis duplex**. Londres, p. 64, 2009.

ISO 3685. **Tool-life testing with single-point turning tools**, 1993.

MACHADO, A.R., COELHO, R.T., ABRÃO, A.M., DA SILVA, M.B. **Teoria da Usinagem dos Materiais**, Edgard Blucher, São Paulo, 2011.

RAHMAN, M.; KUMAR, S.; PRAKASH, J. R. S. **Micro milling of pure copper**. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 116, p. 39–43, 2001.

VAZQUEZ, E.; GOMAR, J.; CIURANA, J.; RODRÍGUEZ, C. A. **Analyzing effects of cooling and lubrication conditions in micromilling of Ti6Al4V**. *Journal of Cleaner Production*, v. 87, p. 906 – 913, 2015.

ZHANG, Y.; JUN, M. B. G. **Mixed jet of independently atomized water and oil sprays as cutting fluids in micro-milling**. *Manufacturing Letters*. v. 1, p. 13–161, 2013.

SOBRE O ORGANIZADOR

Henrique Ajuz Holzmann - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-248-7

