



**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
Álison 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

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

Ivanilson Sousa da Costa

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais

Márcio Bacci da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais

RESUMO: A temperatura de usinagem é um importante parâmetro que influencia todo o processo de corte de metais. Assim, a temperatura é um dos parâmetros utilizados para avaliação da usinabilidade de metais. O objetivo deste trabalho foi medir a temperatura de usinagem de aços de corte fácil resulfurados, ABNT 1214 e ao chumbo ABNT 12L14, por meio do método termopar ferramenta-peça. A metodologia utilizada nos ensaios e na calibração do método foi detalhada. O aço de corte fácil ABNT 12L14 apresentou menores temperaturas de usinagem que o aço de corte fácil ABNT 1214 em toda faixa de avaliação.

PALAVRAS-CHAVE: temperatura, aços de corte fácil, termopar ferramenta-peça.

ABSTRACT: Cutting temperature is an important parameter that influences the entire process of machining. Thus, cutting temperature is

one of the parameters used to evaluate the machinability of metals. The objective of this paper was to measure the cutting temperature of resulfurized free-machining steels, ABNT 1214 and ABNT 12L14 (lead), using the tool-work thermocouple technique. The methodology used in the tests and the calibration of the technique was detailed. The ABNT 12L14 free-machining steel presented lower cutting temperatures than ABNT 1214 free-machining steel throughout the evaluation range.

KEYWORDS: temperature, free-machining steel, tool-work thermocouple technique.

1 | INTRODUÇÃO

Em usinagem de metais praticamente toda a energia mecânica associada à formação do cavaco se transforma em energia térmica (calor). Grande parte deste calor gerado é dissipada pelo cavaco, uma pequena porcentagem é dissipada pela peça e outra pelo meio ambiente. O calor restante é transferido para a ferramenta de corte e muito contribui para o desgaste da ferramenta (Trent; Wright, 2000; Diniz; Marcondes; Coppini, 2008; Machado et al., 2015).

O monitoramento e controle de temperaturas em usinagem são imprescindíveis

para o bom desenvolvimento do corte de metais. Inclusive, a temperatura de usinagem pode ser um parâmetro para avaliação da usinabilidade de metais. O objetivo deste trabalho foi medir a temperatura de usinagem de dois aços de corte fácil resulfurados, o ABNT 1214 e ABNT 12L14 (ao chumbo), por meio do método termopar ferramenta-peça e apresentar a metodologia para medição de temperatura de usinagem utilizada no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

2 | MÉTODO DO TERMOVAR FERRAMENTA-PEÇA

O método do termopar ferramenta-peça mede a temperatura da interface cavaco-ferramenta por meio do fenômeno físico denominado efeito Seebeck. A experiência mostra que um circuito constituído por dois materiais diferentes é percorrido por uma corrente elétrica i desde que os contatos ou junções destes materiais estejam a temperaturas diferentes. Um circuito deste tipo, apresentado na Fig.(1) e denominado par termoelétrico ou termopar, é uma fonte de força eletromotriz. O valor desta força eletromotriz gerada depende somente da natureza dos condutores e da diferença de temperatura entre os dois contatos (Borchardt; Gomes, 1979).

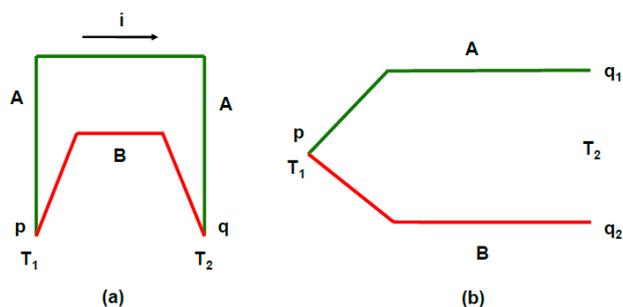


Figura 1. Princípio dos termopares, onde p e q representam as junções às respectivas temperaturas T_1 e T_2 , A e B representam os materiais: a) corrente termoelétrica i ; b) circuito termoelétrico onde a junção q foi aberta (adaptado de Borchardt; Gomes, 1979)

Utilizando o princípio do efeito Seebeck, a temperatura de usinagem pode ser medida. O material da peça e o material da ferramenta constituem um termopar. Isto ocorre porque, durante a usinagem, a zona de aderência entre a ferramenta e o cavaco garante a formação de uma junção (junta quente). Uma conexão elétrica para uma parte de menor temperatura da ferramenta forma a junção fria (junta fria).

Na Figura 2 é apresentado um esquema geral do método do termopar ferramenta-peça. O ponto de contato da peça com a ferramenta (Q) representa a junta quente, onde ocorrem os fenômenos de geração de calor. Os pontos F1, F2, F3 e F4 representam as juntas frias. A cuba é preenchida com mercúrio até que seja estabelecido o contato elétrico do disco de contato com o elemento E, garantindo desta forma o fechamento do circuito. Os fios A1 e A2 fazem a conexão do sistema com o milivoltímetro V que indica o valor da força eletromotriz gerada (Machado et al., 2015).

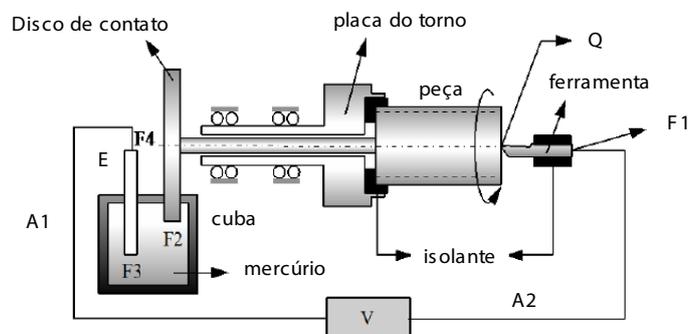


Figura 2. Esquema geral do método do termopar ferramenta-peça (adaptado de Machado; Da Silva, 2004)

A relação entre a força eletromotriz gerada pelo termopar ferramenta-peça e a temperatura da junta é obtida através da calibração do sistema. Esta calibração é realizada para cada par de materiais e em faixas de temperaturas a que estes materiais estarão submetidos na usinagem. Um sistema de aquisição de dados é utilizado para medição da força eletromotriz e da temperatura gerada na junta quente, para posterior obtenção da curva de calibração.

A calibração do sistema termopar ferramenta-peça pode ser realizada por meio de um aquecimento produzido por chama de maçarico a gás oxi-acetileno (Kaminise, 2012). O princípio é semelhante à difundida calibração utilizando banho de sal aquecido por resistência elétrica (Ferraresi, 2012), entretanto, a calibração com maçarico a gás oxi-acetileno pode ser realizada na própria máquina-ferramenta, com os mesmos elementos usados em um ensaio de usinagem: ferramenta de corte, porta-ferramenta, corpo de prova e um elemento de aquecimento (pino metálico do material da peça ou cavaco).

No esquema da Fig. (2), o conjunto do disco de contato e a cuba de mercúrio são condensados em uma contra ponta modificada especialmente para conferir a isolação elétrica do corpo da máquina-ferramenta e permitir a continuidade do circuito elétrico, sem comprometer a sustentação do corpo de prova na usinagem. A continuidade elétrica do circuito foi obtida por meio do alojamento de uma cápsula de Teflon® com armazenamento de mercúrio no interior do cone morse da contra ponta (Kaminise, 2012). Na Figura 3 são apresentados os elementos da contra ponta rotativa modificada.

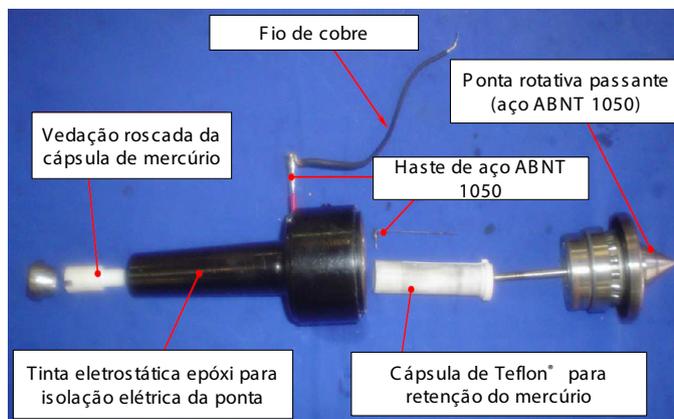


Figura 3. Conta ponta rotativa modificada para o método termopar ferramenta-peça
(adaptado de Kaminise, 2012)

A ponta rotativa e a haste metálica da Fig. (3) fazem contato com o mercúrio retido na cápsula de Teflon[®], uma vez que ambos foram confeccionados com aço SAE 1050, a junta formada é de mesmo material. Desta forma, não há força eletromotriz adicional no sistema termopar ferramenta-peça proveniente desta junta. O cone morse foi isolado eletricamente através de pintura eletrostática à base de resina epóxi. O fio de cobre soldado à haste metálica da conta ponta fecha o circuito elétrico (Kaminise, 2012).

3 | METODOLOGIA

Os ensaios de temperatura de usinagem foram realizados em torno eletrônico universal Diplomat[®] modelo Revolution RV-220 de rotação máxima de 2500 rpm e potência de 8 kW, apresentado na Fig. (4).



Figura 4. Torno mecânico universal Diplomat[®] modelo Revolution RV-220 utilizado nos ensaios de temperatura de usinagem

A medição de temperatura de usinagem foi realizada com o método do termopar ferramenta-peça. No Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU) todo

o sistema de medição de temperaturas é montado no torno mecânico da Fig. (4), inclusive a contra ponta modificada da Fig. (3).

Os ensaios de temperatura e a calibração do termopar ferramenta-peça foram realizados com ferramentas de metal duro classe P, na forma de barra, cuja geometria e dimensões são apresentadas na Tab.(1).

Classe ISO	P	
Ângulo de saída (γ_o)	0°	
Ângulo de posição (χ_r)	75°	
Ângulo de inclinação (λ_s)	0°	
Ângulo de ponta (ϵ_r)	90°	
Ângulo de folga (α_o)	5°	
Raio de ponta (r_s)	-	
Dimensões (mm)	100 × 10 × 10	

Tabela 1. Geometria das ferramentas de metal duro utilizadas nos ensaios de temperatura de usinagem e na calibração do termopar ferramenta-peça

O equipamento para medição de temperatura em usinagem consistiu de uma unidade de aquisição, comutação e registro de dados Agilent Technologies® modelo 34970A comandado pelo programa computacional Agilent BenchLink Data Logger. Este sistema é utilizado para adquirir os sinais dos termopares e da força eletromotriz gerada pelo termopar ferramenta-peça, tanto na calibração do método quanto na execução dos experimentos de usinagem.

Nas pesquisas mais recentes do LEPU, tem-se optado pela calibração do termopar ferramenta-peça pelo aquecimento gerado por chama de maçarico a gás oxí-acetileno, de acordo com Kaminise (2012), em detrimento à calibração utilizando banho de sal aquecido por resistência elétrica (Ferraresi, 2012). Assim, a montagem experimental utilizada na calibração do termopar ferramenta-peça é apresentada na Fig. (5).

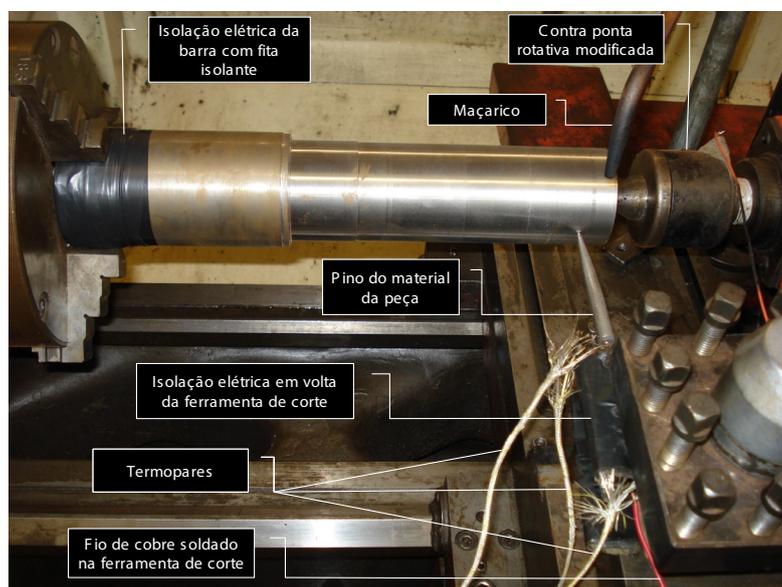


Figura 5. Montagem experimental da calibração do sistema termopar ferramenta-peça através do aquecimento gerado por chama de maçarico a gás oxí-acetileno

Um pino metálico do material da peça foi utilizado como elemento de aquecimento, ver Fig. (6). Isso ocorre caso o material da peça não produza cavacos contínuos. A função deste elemento de aquecimento é receber diretamente o calor (a chama do maçarico) e conduzi-lo até a junta formada pelo contato entre pino metálico e ferramenta. Foi produzido um pino para cada material estudado.

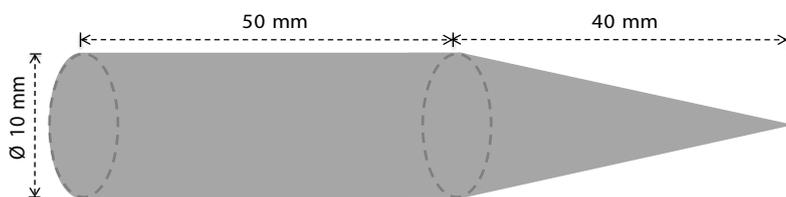


Figura 6. Geometria de pino metálico (elemento de aquecimento) utilizado na calibração do termopar ferramenta-peça

Durante a calibração, o aumento de temperatura induzido na junta pino metálico-ferramenta por meio da chama do maçarico é medido por termopares tipo K. Estes termopares são soldados sobre a cunha cortante da ferramenta, na superfície principal de folga e na superfície de saída, visando obter os valores de temperatura gerados na ponta da ferramenta. Também é soldado um termopar na face oposta à cunha da ferramenta, para controle da temperatura desta região, ver Fig. (5). Os termopares são fixados por meio de soldagem por descarga capacitiva.

A força eletromotriz originada pela variação de temperatura imposta pela calibração é medida através do sistema de aquisição de sinais utilizando um fio de cobre (bitola de 2 mm) soldado por descarga capacitiva na face oposta à cunha cortante, ver Fig. (5). De posse dos valores de temperatura da junta pino metálico-ferramenta e da força eletromotriz gerada, essas variáveis são correlacionadas, obtendo-se a curva de calibração do termopar ferramenta-peça.

A isolamento elétrica é realizada utilizando folhas de lixa e fita isolante, entre a peça e a placa do torno. Da mesma forma, a ferramenta de corte é isolada do carro porta-ferramenta. A eficiência da isolamento é examinada por meio de testes de continuidade elétrica utilizando multímetro digital.

Foram realizados 15 ensaios de usinagem em cada material. O avanço e a profundidade de corte foram mantidas constantes em 0,15 mm/volta e 2,0 mm, respectivamente. A velocidade de corte variou de 10 m/min a 200 m/min. A usinagem foi mantida até a estabilização da força eletromotriz originada pelo termopar ferramenta-peça. Todos os ensaios de usinagem foram realizados sem a presença de fluido de corte.

4 | RESULTADOS

4.1. Calibração do método termopar ferramenta-peça

As curvas de calibração apresentadas na Fig. (7) e Fig. (8) representam os resultados obtidos na calibração de aço de corte fácil ABNT 1214 (material I) e aço de corte fácil ABNT 12L14 (material II) utilizando a metodologia apresentada. Esta calibração foi realizada com a mesma ferramenta de corte utilizada nos ensaios de medição de temperatura.

Por meio de regressão linear foram obtidas as seguintes curvas de calibração:

$$T = 39,946x + 16,324 \quad (\text{material I}) \quad (1)$$

$$T = 32,819x + 33,897 \quad (\text{material II}) \quad (2)$$

A variável x representa a diferença de potencial elétrico (mV) e a variável T representa a temperatura média da interface cavaco-ferramenta ($^{\circ}\text{C}$).

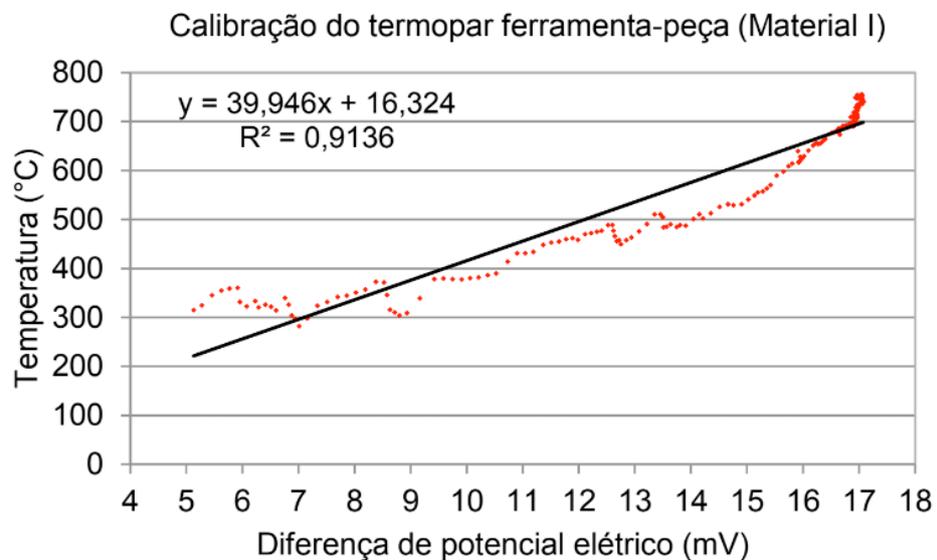


Figura 7. Curva de calibração para material I para $f = 0,15$ mm/volta e $a_p = 2,0$ mm

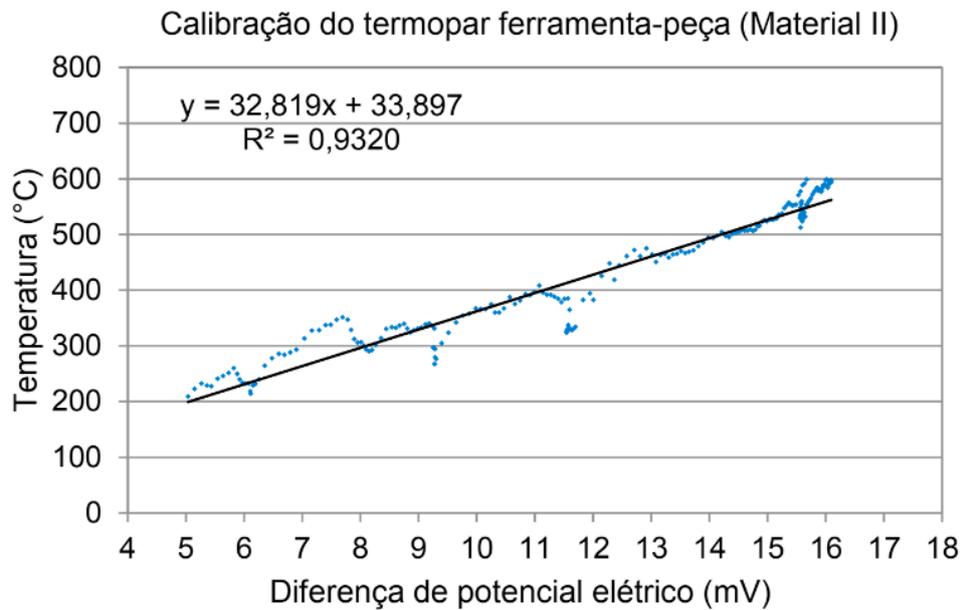


Figura 8. Curva de calibração do material II para $f = 0,15$ mm/volta e $a_p = 2,0$ mm

4.2 Temperatura de usinagem

Na Figura 9 são apresentados os resultados de temperatura de usinagem em função da velocidade de corte obtidos pelo método do termopar ferramenta-peça para o material I e material II, levando em consideração as respectivas curvas de calibração apresentadas.

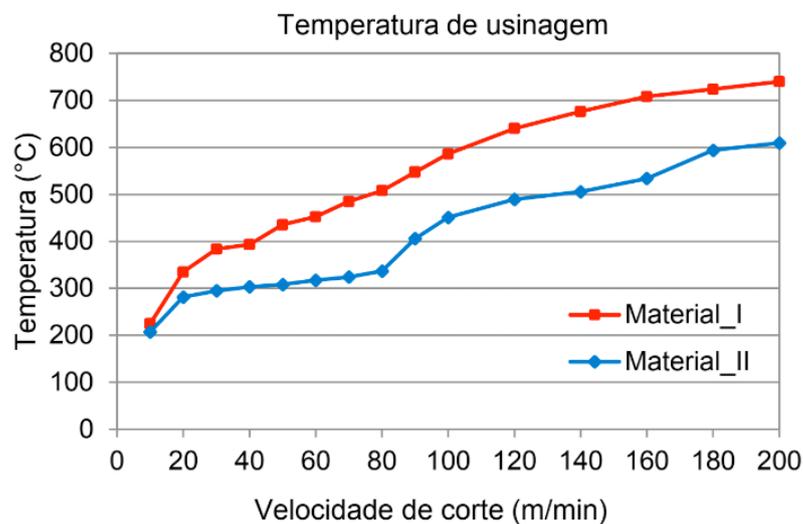


Figura 9. Temperatura de usinagem obtida pelo método do termopar ferramenta-peça para o material I e material II. Condições de corte: $f = 0,15$ mm/volta e $a_p = 2,0$ mm

O material I apresentou maiores temperaturas médias na interface cavaco-ferramenta em toda faixa de velocidade de corte (10 m/min a 200 m/min). Desconsiderando os erros de medição do sistema, que não foram estimados, a temperatura máxima alcançada pelo material I foi superior a 700 °C, enquanto que para o material II a temperatura de usinagem máxima foi de 600 °C, ambos à velocidade de

corte de 200 m/min.

Desta forma, o aço de corte fácil ao chumbo ABNT 12L14 apresentou melhor usinabilidade que o aço de corte fácil resulfurado ABNT 1214. Esse fenômeno deve ter ocorrido devido ao efeito benéfico das inclusões de chumbo para a usinabilidade, reduzindo os esforços necessários para o corte do metal, conforme diz a literatura (Yaguchi, 1988; Hashimura et al., 2003).

5 | CONCLUSÕES

Por meio dos ensaios de medição de temperatura de usinagem realizados concluiu-se que o aço de corte fácil resulfurado ABNT 1214 (material I) apresentou maiores temperaturas de usinagem que o aço de corte fácil ao chumbo ABNT 12L14 (material II) em toda faixa de velocidade de corte ensaiada. O aço ABNT 12L14 apresentou melhor usinabilidade devido às inclusões de chumbo presentes em sua microestrutura. O método do termopar ferramenta-peça foi detalhado e pode ser utilizado para avaliação da temperatura em processos de usinagem com bom desempenho, inclusive da calibração por meio de aquecimento produzido por chama de maçarico a gás oxiacetileno.

REFERÊNCIAS

- BORCHARDT, I. G.; GOMES, A. F. **Termopares**: Termometria Termoelétrica. Porto Alegre: Sagra, 1979.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem de Materiais**. 6ª ed. São Paulo: Artliber, 2008.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.
- HASHIMURA, M.; HIRATA, H.; KANISAWA, H.; NAITO, K. Development of Lead Free Micro Alloyed Steel for Crank Shafts. **Nippon Steel Technical Report**, n. 88, p. 76-80, 2003.
- KAMINISE, A. K. **Estudo da Influência do Material do Porta-ferramenta sobre as Temperaturas de Usinagem no Torneamento**. 105 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
- MACHADO, Á. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.
- MACHADO, Á. R.; SILVA, M. B. **Usinagem dos Metais**. Versão 8. Uberlândia: edição própria, 2004.
- TRENT, E. M.; WRIGHT, P. K. **Metal Cutting**. 4ª ed. London: Butterworths, 2000.
- YAGUCHI, H. Effect of Soft Additives (Pb, Bi) on Formation of Built-up-edge. **Materials Science and Technology**, v.4, p. 926-931, 1988.

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

