

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DA PEÇA NA RETIFICAÇÃO DO AÇO SAE 52100

Raphael Lima de Paiva, LEPU, raphaellimap@hotmail.com
Christielly Fernandes da Costa, LEPU, christielly.eel@gmail.com
Rosemar Batista da Silva, LEPU, rsilva@mecanica.ufu.br
Luiz Maurício Gonçalves Neto, FACENS, luiz.goncalves@facens.br
Ricardo Roza Vaz Perez, SCHAEFFLER, rirperez@unimep.com.br
Marcelo Kuroda, BLASER, m.kuroda@blaser.com

Resumo. O processo de retificação é peculiar, pois envolve grande quantidade de energia que é transformada em calor, gerando, conseqüentemente, elevadas temperaturas na zona de retificação. Uma vez que estas temperaturas são prejudiciais à peça, a produtividade acaba sendo comprometida, pois é preciso diminuir a penetração do rebolo na peça em até 1000 vezes em relação àquelas empregadas em processos com ferramentas de corte com geometria definida, como é o caso do fresamento. Assim, é importante estimar a temperatura durante o processo de retificação para relacioná-la aos parâmetros de entrada e saída do processo. Neste sentido, este trabalho visa medir a temperatura da peça durante o processo de retificação plana tangencial do aço endurecido SAE 52100 com o auxílio de um termopar fixado a 1 mm da superfície a ser retificada. A temperatura foi medida em 4 diferentes condições de corte: a seco com penetração de trabalho (a_e) iguais a 5 μm e 30 μm , e com fluido de corte com a_e igual a 30 μm e 60 μm . Os resultados mostraram que a temperatura na peça foi maior após a usinagem a seco, mesmo quando utilizado uma menor penetração de trabalho, mostrando a importância do fluido de corte para o processo de retificação. Além disso, a temperatura aumentou com a penetração de trabalho, como o esperado.

Palavras chave: Retificação, Temperatura, Termopar, Aço SAE 52100;

1. INTRODUÇÃO

A retificação é um processo de usinagem que requer uma grande quantidade de energia para a remoção de uma unidade de volume de material. Praticamente toda essa energia é convertida em calor e concentrada na zona de corte (Malkin & Guo, 2008). Embora esse calor seja dissipado também para o cavaco, fluido de corte e rebolo, a maior parte (em torno de 80%) é conduzida para a peça (Klocke, 2009).

Devido à alta quantidade de calor direcionada para a peça, elevadas temperaturas (até 1700 °C segundo Boothroyd e Knight, 2006) são desenvolvidas durante o processo, o que pode causar diversos tipos de danos térmicos como também afetar as dimensões e geométricas finais da peça. Dessa forma, a temperatura durante a retificação e sua influência negativa à qualidade final da peça normalmente limita a taxa de produção do processo, pois é necessário empregar baixos valores de penetração de trabalho quando comparados com outros processos de usinagem, por exemplo, o fresamento (Malkin & Guo, 2008).

Portanto, é importante estimar a temperatura durante o processo de retificação a fim de relacioná-la aos parâmetros de entrada e saída do processo de forma a conciliar a produtividade com a integridade da peça. A dificuldade está no fato de que na retificação, como também nos outros processos de usinagem, o gradiente de temperatura no tempo e no espaço (próximo à superfície usinada) é extremamente alto, ou seja, os níveis de temperatura caem bruscamente a partir da zona de corte. Diversos métodos para medição de temperatura na retificação têm sido desenvolvidos nos últimos anos, principalmente com o auxílio de termopares e sensores de radiação, métodos estes que têm obtido bons resultados (Malkin & Guo, 2008).

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é medir a temperatura da peça durante o processo de retificação plana tangencial do aço endurecido SAE 52100 através de um termopar do tipo k fixado na superfície lateral da peça, a 1 mm da superfície a ser retificada.

3. METODOLOGIA

Os ensaios de retificação plana tangencial foram realizados na retífica de precisão P36, MELO, com 3 HP e rotação máxima de 2400 rpm. Como ferramenta de corte, foi empregado o rebolo do tipo reto de óxido de alumínio branco com especificação AA60K6V e dimensões 300 mm x 25 mm x 76 mm (diâmetro externo x largura x diâmetro interno). Os

corpos de prova são rolos de aço endurecido SAE 52100 (62 HRC) com dimensões 18 mm x 19 mm (diâmetro x altura), componentes reais empregados para rolamentos.

Os parâmetros de corte utilizados foram: velocidade do rebolo (V_s) de 35 m/s, constante em todos os ensaios; velocidade da peça (V_w) de 4700 mm/min, constante em todos os ensaios; atmosfera de corte a seco e com fluido aplicado na forma convencional (jorro); penetração de trabalho (a_e) de 5, 30 e 60 μm , dependendo do tipo de atmosfera de corte. O fluido de corte utilizado é do tipo sintético de base vegetal, VASCO 7000, da fabricante BLASER, que foi diluído em água a uma concentração de 5% e aplicado na zona de corte pela técnica convencional (jorro). Na Tab. (1) é apresentado o resumo das principais informações sobre as condições de retificação.

Tabela 1 – Condições de retificação.

Tipo de operação	Retificação Plana Tangencial
Máquina ferramenta	P36, MELLO, 3 HP, rotação máxima de 2400 rpm
Rebolo	Al_2O_3 – AA46K6V – Φ 300 mm
Corpos de prova	Aço endurecido SAE 52100 (62 HRC)
Velocidade do Rebolo (V_s)	35 m/s
Velocidade da peça (V_w)	4700 mm/min
Penetração de trabalho (a_e) [μm]	5, 30 e 60
Atmosferas de corte	Seco VASCO 7000, concentração 5%, jorro

No total, 4 ensaios foram realizados variando-se a atmosfera de corte e penetração de trabalho:

- Seco, 30 μm : atmosfera de corte a seco e penetração de trabalho $a_e = 30 \mu\text{m}$;
- Seco, 5 μm : atmosfera de corte a seco e penetração de trabalho $a_e = 5 \mu\text{m}$;
- Fluido, 30 μm : atmosfera de corte fluido emulsionável e penetração de trabalho $a_e = 30 \mu\text{m}$;
- Fluido, 60 μm : atmosfera de corte fluido emulsionável e penetração de trabalho $a_e = 60 \mu\text{m}$;

Para medir a temperatura, foi fixado na superfície lateral da peça um termopar do tipo k a 1 mm da superfície retificada, como mostra a Fig. (1a). O termopar foi soldado à peça pelo método de solda capacitiva. Além disso, a fixação do termopar foi reforçada com o auxílio de uma cola universal HYBRID, LOCTITE. A outra ponta do fio termopar foi conectada ao sistema de aquisição de sinais AGILENT 349780A, KEYSIGHT, para aquisição do sinal de temperatura. A Fig. (1b) mostra a configuração de montagem para os ensaios de retificação. A taxa de aquisição utilizada foi de 8 Hz e o tempo de usinagem em todos os ensaios foi de aproximadamente 80 segundos. Após a aquisição dos dados, o sinal de temperatura foi filtrado (filtro do tipo passa-baixa) com auxílio do software Matlab®.

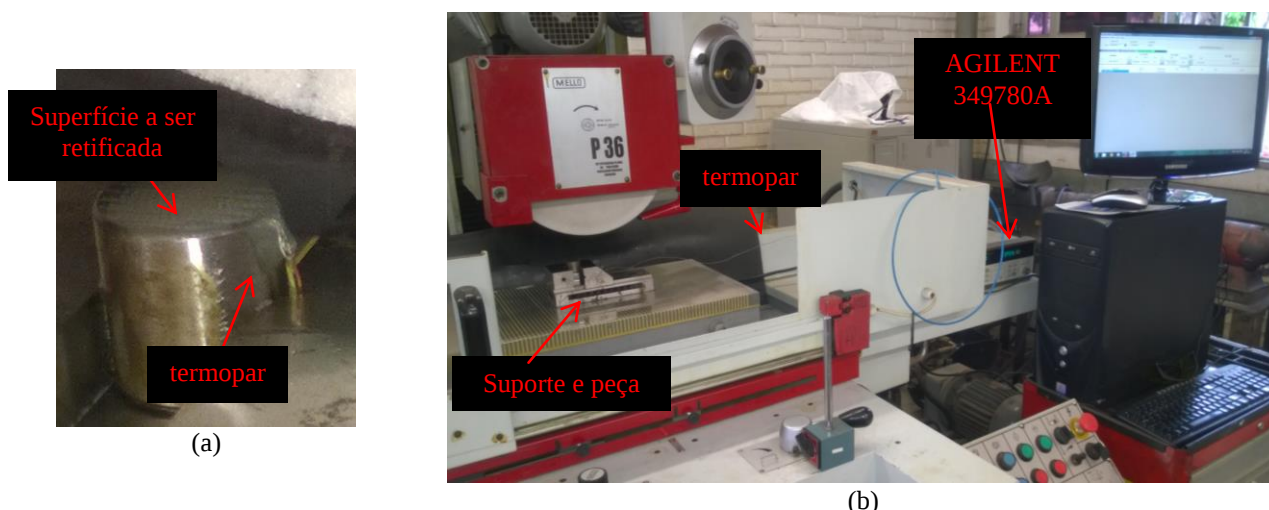


Figura 1 – (a) Posicionamento do termopar no corpo de prova; (b) Configuração de montagem para os ensaios de retificação.

4. RESULTADOS

Na Figura (2) são apresentados os sinais de temperatura adquiridos em todos os ensaios de retificação, já filtrados com o auxílio do software Matlab®. Na Tab. (2) são mostrados os valores de temperatura máxima e média para cada condição de corte.

Da Figura (2) observa-se que para todas as condições de corte a temperatura começa a aumentar à medida que o rebolo se aproxima do termopar, entre 15-20 segundos após o início do ensaio, exceto para a condição com fluido de corte e $a_e = 30 \mu\text{m}$ (Fluido, $30 \mu\text{m}$), condição esta em que não houve alteração significativa na temperatura durante todo o processo de retificação, uma vez que a temperatura da peça se manteve praticamente constante e igual à temperatura ambiente (aproximadamente 26°C). Após alcançar um ponto de máximo quando o rebolo passa pelo ponto mais próximo do termopar (entre 30-40 segundos), a temperatura começa a diminuir à medida que o rebolo se afasta do mesmo. É importante notar que para a condição com fluido de corte e $a_e = 60 \mu\text{m}$ (Fluido, $60 \mu\text{m}$), a temperatura diminuiu rapidamente após o ponto de máximo devido à ação refrigerante do fluido de corte.

Ao analisar o efeito da penetração de trabalho, pode-se observar que as maiores temperaturas foram obtidas para as maiores penetrações de trabalho, tanto para as condições a seco como para as condições com fluido de corte, como mostra a Tab. (2). Segundo Klocke (2009), o aumento na temperatura da peça com a penetração de trabalho pode ser atribuído ao aumento das forças de corte.

Ao analisar a atmosfera de usinagem, fica evidente a importância do fluido de corte no processo de retificação. A condição com fluido de corte obteve menores temperaturas que a condição a seco mesmo utilizando uma penetração de trabalho 11 vezes maior.

Hadad et al. (2012) mediram a temperatura durante a retificação plana tangencial do aço SAE 52100 utilizando rebolo de Al_2O_3 , com $V_s = 30 \text{ m/s}$, $V_w = 2000 \text{ mm/min}$ e $a_e = 30 \mu\text{m}$. Eles utilizaram o método do termopar posicionado em um furo cego a partir do lado inferior da peça até a superfície a ser retificada e observaram que a máxima temperatura medida na superfície retificada (temperatura adquirida quando o rebolo retificou a ponta do termopar) foi de aproximadamente 230°C e 70°C para após a usinagem nas condições a seco e com fluido, respectivamente. Uma vez que as condições de corte utilizadas neste trabalho foram bem semelhantes (mesmo material do rebolo e peça, velocidade de corte bem semelhante e mesma penetração de trabalho) é possível ter uma ideia do quão alto é o gradiente de temperatura em função da distância a partir da superfície retificada. Observa-se da Figura 2 que a 1 mm da superfície retificada a máxima temperatura obtida nos ensaios deste trabalho foi de $36,2^\circ\text{C}$ e $26,7^\circ\text{C}$ para as condições a seco e com fluido de corte, respectivamente. Estes valores são bem inferiores aqueles encontrados por Hadad et al. (2012).

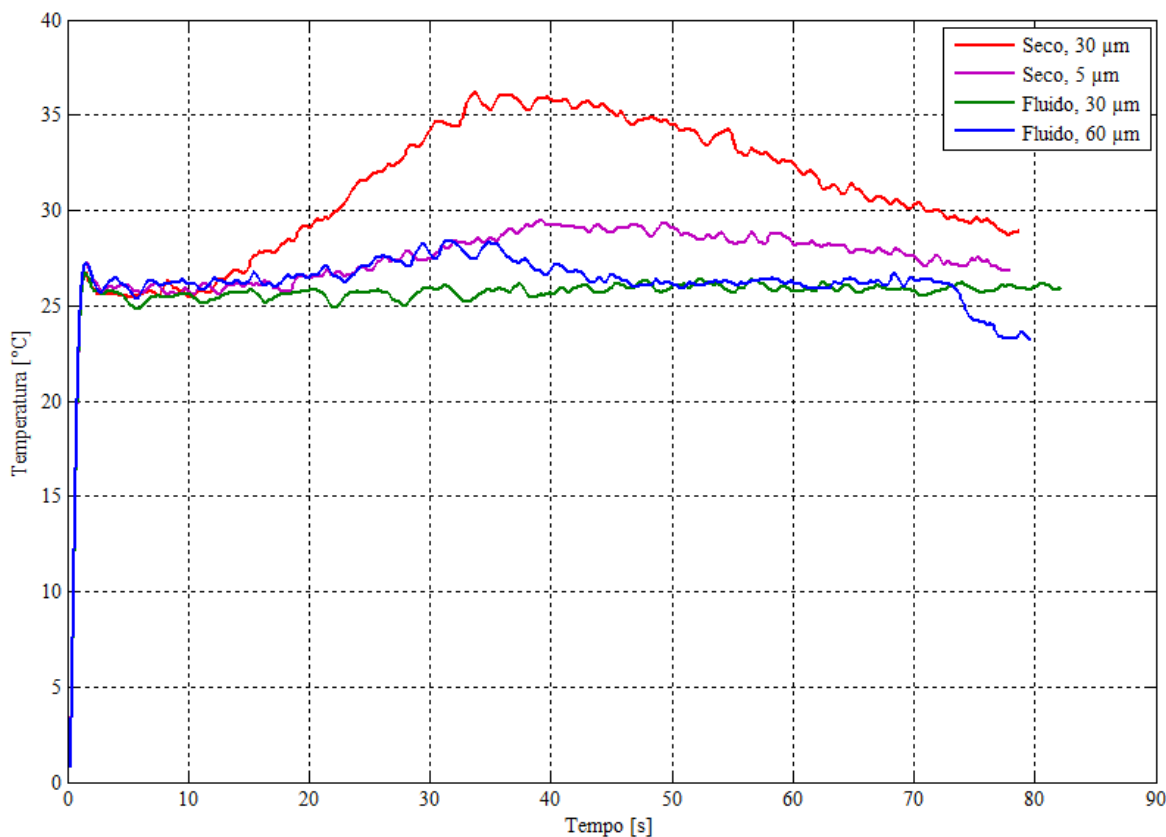


Figura 2 – Resultados de temperatura.

Tabela 2 – Temperaturas máximas e médias para todas as condições de retificação.

	Temperatura [°C]	
	Máxima	Média
Seco, 30 μm	36,2	31,3
Seco, 5 μm	29,5	27,7
Fluido, 30 μm	26,7	25,8
Fluido, 60 μm	28,4	26,3

5. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser retiradas deste trabalho:

- A temperatura da peça aumentou à medida que o rebolo se aproximou do termopar, exceto para a condição ‘Fluido, 30 μm ’, condição na qual não notou-se significativa variação no sinal de temperatura durante o processo de retificação;
- A temperatura da peça aumentou com a penetração de trabalho como o esperado;
- Os menores valores de temperatura da peça foram registrados após a usinagem com fluido de corte em comparação com a condição a seco, mesmo utilizando uma penetração de trabalho 11 vezes maior;

6. REFERÊNCIAS

- Boothroyd, G., Knight, W. A., “Fundamentals of Machining and Machine Tools”, Third Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006;
- Hadad, M.J., Tawakoli, T., Sadeghi, M.H., Sadeghi, B., “Temperature and Energy Partition in Minimum Quantity Lubrication – MQL Grinding Process”, International Journal of Machine Tools & Manufacture – 54-55 (2012) 10-17;
- Klocke, F., “Manufacturing Processes 2 – Grinding, Honing, Lapping”, Ed. Springer, Berlin, 2009, 433 p.;
- Malkin, S., Guo, C., "Grinding Technology, Theory and Applications of Machining with Abrasives", Second Edition, Industrial Press, New York, 2008, 372 p.;

7. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a CAPES, CNPq, FAPEMIG e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da UFU pelo apoio financeiro. Agradecem também ao LEPU e LUC pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho. Às empresas Blaser Swisslube pela de fluido de corte e à Schaeffler Brasil pelo apoio técnico. Agradecem ainda a todos os organizadores, colaboradores e patrocinadores do POSMEC 2015. Um dos autores agradece em especial a FAPEMIG pelo apoio financeiro recebido via PPM-VII, Processo N°: PPM-00265-13.

8. ABSTRACT

Grinding process is peculiar because high quantity of energy is spent during machining and most of it is converted into heat, leading to high temperatures at the cutting zone. Because high temperatures are generated, the workpiece can be adversely affected, once most of heat is directed to it, then compromising productivity in grinding. The common practice is to reduce the depth of cut by 1000 times when compared to machining processes with a defined single-point cut tool, like milling, for example. Thus, it is important to estimate grinding temperatures in order to establish a correct correlation between the input and output machining parameters. In this sense, this work aims to measure the workpiece temperature during surface grinding process of hardened SAE 52100 steel with aid of a thermocouple mounted at 1 mm from the surface being machined. The temperature was measured after machining with different cutting conditions: dry condition at radial depth of cut values of 5 μm and 30 μm ; and with coolant at depth of cut values of 30 μm and 60 μm . The results showed that higher temperatures were recorded after machining in dry condition, even when machining with the least depth of cut, thereby showing the importance of cutting fluid in the grinding process. Furthermore, the workpiece temperature increased with depth of cut, as expected.

9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é(são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.