



## INVESTIGAÇÃO DA OPERAÇÃO DE TORNEAMENTO A QUENTE UTILIZANDO RESISTÊNCIA ELÉTRICA EM QUARTZO

**Hamilton José de Mello\***

**Luiz E. A. Sanchez\***

**Wagner Vanci\***

**Gilberto de M. B. Gonçalves\***

**Paulo R. Aguiar\*\***

Universidade Estadual Paulista – Unesp – Faculdade de Engenharia

\* Departamento de Engenharia Mecânica

\*\* Departamento de Engenharia Elétrica

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n, CEP 17033-360, Bauru – SP.

**Resumo.** *Um dos grandes problemas encontrados na usinagem relaciona-se ao desgaste da ferramenta de corte, uma vez que a redução de sua vida acarreta aumento dos custos de fabricação. Atualmente, um dos importantes caminhos para o aumento da vida da ferramenta aponta para o desenvolvimento de materiais mais resistentes ao desgaste, como as pastilhas de PCBN, no entanto, o custo unitário destas ferramentas é consideravelmente alto, cerca de 10 a 20 vezes ao da pastilha de metal duro revestida, além de que seu melhor desempenho se dá à altas velocidades exigindo modernas máquinas ferramentas. Outra opção, ainda muito menos estudada, é o aquecimento da peça com a finalidade de diminuir as tensões de cisalhamento e consequentemente reduzir as forças de usinagem, o que permite um aumento da vida da ferramenta. Neste trabalho são utilizadas resistências elétricas em quartzo, de baixo custo, colocadas ao redor da peça aquecendo-a durante a operação de torneamento. Nos ensaios são usinados dois materiais de diferentes condutividades térmica, o aço ABNT 1045 e o aço inox AISI 420. Como resultado são obtidos o comportamento da potência de usinagem em função da profundidade de corte, avanço e velocidade de corte. Em adição é analisado o efeito da condutividade térmica na usinagem a quente. Os resultados obtidos levaram a concluir que no torneamento a quente é possível obter menores forças de usinagem.*

**Palavras chave:** *usinagem a quente, taxa de remoção de material, vida de ferramenta.*

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente busca da indústria metal-mecânica por materiais metálicos de melhores propriedades mecânicas têm levado ao desenvolvimento de aços especiais, os aços ligas, de elevada resistência mecânica, alta dureza, resistência à quente, resistência à corrosão, entre outras. Apesar das diversas características positivas, esses materiais geralmente apresentam grandes dificuldades em serem usinados, causando acentuado desgaste das ferramentas de corte, altas forças de usinagem e baixa taxa de remoção de material (Chen & Lo, 1974). Para contornar esses problemas pode-se submeter a peça à processos de tratamentos térmicos antes e depois da usinagem visando o coalescimento e refinamento dos grãos, respectivamente ou, então, empregar usinagem com ferramentas de corte superabrasivas exigindo máquinas suficientemente rígidas para isso. Em ambas alternativas os custos de fabricação da peça podem inibir ou mesmo inviabilizar o emprego desses materiais (Chou, 1988).

Além da dificuldade na usinagem desses materiais, a peça acabada pode conter defeitos superficiais e/ou subsuperficiais como microtrincas, aliadas à queima superficial, decorrentes das transformações microestruturais na camada mais externa da peça e invariavelmente atingindo também regiões abaixo dela. Tais defeitos são deletérios tanto à resistência mecânica da peça quanto ao acabamento superficial podendo, naturalmente, comprometer ou mesmo inviabilizar a peça em serviço (Sullivan & Smith, 1977 e Yen, 1986).

Na tentativa de melhorar a usinabilidade de materiais duros alguns pesquisadores como Salem et al (1995), Salem et al (1998) e Vali et al (1998) utilizam a técnica de aquecimento de uma camada da peça imediatamente antes de sua remoção pela ferramenta de corte. Com o auxílio da energia laser incidindo sobre a superfície da peça, através de um estreito feixe luminoso conseguem o amolecimento do material e sua conseqüente remoção pela ferramenta de corte de maneira fácil, sob menores forças de corte e aumento da vida da ferramenta. Em contrapartida, o alto custo da técnica de usinagem a laser praticamente inviabiliza seu uso, além de exigir grande espaço físico ao redor da máquina ferramenta.

Na tentativa de diminuir o custo da usinagem a quente alguns pesquisadores como Hinds & De Almeida (1981), Kitagawa & Maekawa (1990) e Madhavulu & Ahmed (1994) utilizam a energia produzida por um plasma, com atmosfera de argônio para aquecimento da peça. Ao que pese o menor custo em relação ao laser, esta técnica exige equipamento de alto consumo de energia, uma fonte de gás e um sistema de refrigeração, exigindo um considerável espaço em torno da máquina ferramenta.

Como alternativa aos sistemas de aquecimento da peça em usinagem desenvolvidos até o momento busca-se um que tenha como característica o baixo custo e uma pequena intrusividade, ou seja, ocupando menor espaço na máquina ferramenta e ao redor dela. Atualmente, há possibilidade de se empregar uma fonte de calor produzida por resistência de quartzo, a qual emite exclusivamente radiação infravermelha, tendo a importante propriedade de aquecer somente corpos opacos e não a atmosfera transparente, ou mesmo translúcida, ao seu redor.

Este trabalho tem como objetivo a investigação do comportamento do torneamento a quente utilizando-se resistências de quartzo como fonte de aquecimento. Para isso são utilizados corpos de prova confeccionados em dois aços de diferentes condutividades térmicas variando-se as condições de usinagem como avanço, velocidade de corte e profundidade de corte. Como parâmetro de saída foi analisado o comportamento da potência de corte na operação de torneamento.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A primeira patente sobre a idéia de aquecer previamente a peça para usiná-la foi creditada a B. C. Tilghman em 1889. Tilghman aumentou a temperatura da peça fazendo passar por ela uma corrente elétrica de intensidade elevada, dando a esse método o nome de usinagem a quente por corrente elétrica. O estudo da usinagem a quente teve seu apogeu no fim dos anos 40 e início dos anos 50, período em que pesquisadores como Krabacher e Merchant se destacaram (Mielnik, 1994).

Em trabalho apresentado no Congresso da SME (Society of Manufacturing Engineers) em 1994, o pesquisador Edward M. Mielnik faz um apanhado de diversas técnicas de usinagem a quente quando a definiu como um processo de corte de metais utilizando-se uma ferramenta de corte sólida, onde uma peça metálica é usualmente aquecida por várias centenas de graus acima da temperatura ambiente por uma fonte externa de calor, visando reduzir a resistência ao cisalhamento de materiais metálicos com alta resistência e de difícil usinagem, garantindo um aumento na taxa de remoção de metal e aumentando a vida da ferramenta em relação a usinagem convencional.

De acordo com Barrow (1969), o processo de usinagem a quente tem duas principais funções na usinagem de materiais de alta resistência: possibilitar a produção pelo processo de usinagem cujos componentes só podem ser feitos por outros processos mais caros; e aumentar a produtividade e economia na usinagem de materiais que não podem ser usinados normalmente, mas somente com baixas velocidades de corte e avanço.

Desde o advento da usinagem a quente, numerosas técnicas de aquecimento da peça tem sido usadas. Segundo Ozler et all (2001), a escolha do método de aquecimento para obter um aquecimento ideal para usinar a peça é crítico, visto que um método inadequado pode induzir a uma indesejável mudança de estrutura do material. Para Mielnik (1994), as técnicas de aquecimento podem ser divididas em duas principais categorias: aquecimento localizado e aquecimento total da peça. Dentre o grupo do aquecimento localizado, encontra-se o método da corrente elétrica, onde uma corrente elétrica de intensidade elevada é transmitida por uma fonte de alimentação para a superfície da peça através de um terminal de cobre revestido de grafite, utilizando-se de uma mola para manter constante a pressão do terminal na peça. Para se obter o aquecimento na interface peça-ferramenta é necessário isolar a ferramenta das outras partes do torno e conectá-la na fonte de alimentação, fechando assim o circuito elétrico (Barrow, 1969 e Chen & Lo, 1974).

Okoshi & Uyehara (1963), mostram a relação entre a força de corte e a corrente elétrica utilizada no método de usinagem a quente de um aço inoxidável com 13% de Cromo, conseguindo diminuir as forças de corte utilizando intensidades de corrente elétrica acima de 300 ampères. Contrariamente, Sullivan et all (1977), afirmam que as medições da força de corte não são um bom critério para avaliar a usinagem a quente, pois quando usinam o aço austenítico com manganês obtém-se uma diminuição da força de corte e têm um aumento dela quando usinam o aço inox 321, mostrando resultados díspares.

No método de aquecimento assistido por plasma, uma tocha de gás é instalada a frente da aresta de corte, através desta tocha um jato de plasma incide na superfície que será usinada produzindo um amolecimento localizado da peça. O jato de plasma é gerado no interior da tocha, entre um eletrodo de tungstênio com polaridade negativa e o bocal da tocha com polaridade positiva. O bocal é refrigerado com água devido as altas temperaturas que atinge, de aproximadamente 1200 °C. Após a usinagem a superfície da peça fica levemente aquecida, sendo possível tocá-la com a mão imediatamente após o corte.

Utilizando a usinagem a quente por plasma, König et all (1990) relatam pesquisas sobre a usinagem de novos materiais, conseguindo reduzir em aproximadamente 40 % o desgaste na superfície de saída da ferramenta quando usinam ligas à base de cobalto. Kitagawa et all (1988) realizam experimentos envolvendo insertos de carbeto de tungstênio e metais com alta dureza, entre eles um aço com 12% de Mn e um ferro fundido com 2,25% de Cr, e demonstram que o custo do corte total é reduzido em mais de 50% graças a diminuição do desgaste da ferramenta. Já Kitagawa e Maekawa (1990) usinam cerâmicas avançadas, como a alumina, e mostram a mudança do mecanismo de formação do cavaco que passa do tipo descontínuo, característico do modo de remoção frágil para o tipo contínuo, típico da remoção de material dúctil. Este processo ocasiona uma redução no desgaste das ferramentas de diamante e de CBN e ainda uma melhora na rugosidade superficial da peça. Bhattacharyya e Scrutton (1971), mostram a diminuição da taxa de desgaste adesivo com o aumento da temperatura de usinagem do aço austenítico com manganês quando examinam o fluxo plástico do metal adjacente na interface cavaco-ferramenta de peças usinadas a quente. Novak et all (1997), realizam testes de usinagem com o Inconel 718 e constataam a redução das forças de corte obtidas na usinagem a quente em 20 % comparada com a usinagem convencional, além da rugosidade superficial ser melhorada em 4 vezes.

No método de aquecimento por chama, assim como no método por plasma, um maçarico é posicionado à frente da ferramenta de corte, mas neste caso as chamas são geradas pela mistura de oxigênio-acetileno ou oxigênio-GLP (gás liquefeito de petróleo), sendo que a vazão da mistura é controlada por medidores de fluxo. No trabalho de Ozler et all (2001), utiliza-se este sistema de torneamento verificando a diminuição da vida da ferramenta com o correspondente aumento da velocidade de corte. Neste trabalho as velocidades de corte empregadas variam de 22 m/min a 75 m/min obtendo-se a maior e menor vida para a velocidade inferior e superior, respectivamente. Ainda de acordo com os autores, esse fenômeno acontece devido a diminuição da área de contato na interface cavaco-ferramenta, causado pela diminuição do comprimento de contato do cavaco com a ferramenta provocando um menor atrito nessa área. Comparando os dois processos de usinagem, a quente e convencional, na velocidade de 22 m/min, observam que o aumento da temperatura de

corte alcançado na usinagem a quente favorece a diminuição do desgaste da ferramenta, verificando porém que após 400 °C o desgaste se estabiliza. Os autores notam ainda que o aumento da velocidade de avanço causa uma diminuição na vida da ferramenta, visto que na usinagem a quente essa diminuição é mais acentuada, este fato deve-se aparentemente a ineficiência da transferência de calor na zona de corte durante a usinagem com altas velocidades de avanço.

No método de usinagem assistida por laser, um material metálico é aquecido por um feixe de laser de alta densidade de energia (cerca de 2 a 5 kW de potência) para ser usinado por uma ferramenta de corte convencional. O laser é usado para amolecer o material da peça no plano de cisalhamento sem mudar a microestrutura do restante do material da peça. O controle da aplicação do feixe de laser permite concentrar o fluxo de calor precisamente na parte posterior do cavaco, em suas costas, prestes a ser retirado, o que permite a diminuição da tensão de escoamento da superfície a usinar.

No trabalho de Salem et al (1995), os autores usinam o aço austenítico com manganês temperado por indução e revenido com dureza superficial de 720 HV, utilizando um feixe de laser com intensidade de 3 kW, para um avanço de 0,1 mm/rev e uma penetração de 0,2 mm. Os resultados mostram que entre as velocidades de 60 e 90 m/min, a redução das forças de usinagem chegam a 65%, sem afetar a microestrutura do material da peça, com a vantagem de minimizar suas tensões residuais.

Quanto a tecnologia de usinagem a quente empregado-se resistência elétrica verifica-se grande escassez de literatura a esse respeito talvez pela baixa eficiência térmica deste tipo de fonte de calor. Hoje, no entanto, dispõe-se de resistências à quartzo cuja eficiência pode ser satisfatória no aquecimento da peça na usinagem a quente.

### **3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

#### **3.1 Materiais e métodos**

A metodologia proposta neste trabalho consiste na usinagem de corpos de prova que são aquecidos por meio de uma fonte infravermelha de calor produzida por aquecedores de resistência a quartzo de 500 Watts de potência modelo FTRZ 500/125 da Eletrothermo, distantes 10 mm da superfície do corpo de prova, como mostrado na Fig. (1). A temperatura do conjunto de resistências é controlado por um potenciômetro de 10 ampères. Na seqüência do ensaio é feita a aquisição da corrente do motor principal do torno através de um sensor de efeito Hall, que é um componente que tem como objetivo medir a corrente elétrica de um dispositivo elétrico qualquer. O sensor de efeito Hall é composto de um elemento piezoelétrico que recebe a corrente do motor trifásico do acionamento do motor principal do torno (até 20 A para o sensor escolhido) e que pela interação entre o campo magnético produzido por esta corrente e uma corrente de controle produzida pelo circuito interno do sensor, produz uma força eletromotriz entre os terminais do elemento piezoelétrico denominada tensão de efeito Hall, a qual é utilizada para a medida da corrente. Como os sinais de saída da tensão e da corrente são baixos e insuficientes para uma medição precisa na placa de aquisição de dados, foi necessária a construção de um amplificador de sinais para tensão e corrente. Na seqüência, os sinais foram analisados pelo Software Labview.

Para a realização dos ensaios de usinagem utiliza-se um torno convencional Romi, modelo Tormax 30, de 5,5 kW e faixa de rotação de 45 a 2240 rpm. São empregados insertos de metal duro classe P30 (TPAN – ISO 1832), de geometria triangular, sem furo para fixação, raio de ponta de 0,8 mm com ângulo de folga de 7° e ângulo de saída nulo, sem recobrimento e sem quebra cavacos.

Os corpos de prova são feitos de aço ABNT 1045 e aço inox AISI 420, com dureza de 197 HB e 179 HB, respectivamente, com diâmetro de 50 mm por 150 mm de comprimento; sendo que o comprimento de corte foi de aproximadamente 100 mm.

Os mecanismos de desgaste da ferramenta foram analisados através de um estéreomicroscópio ZEISS, modelo Citoval 2.

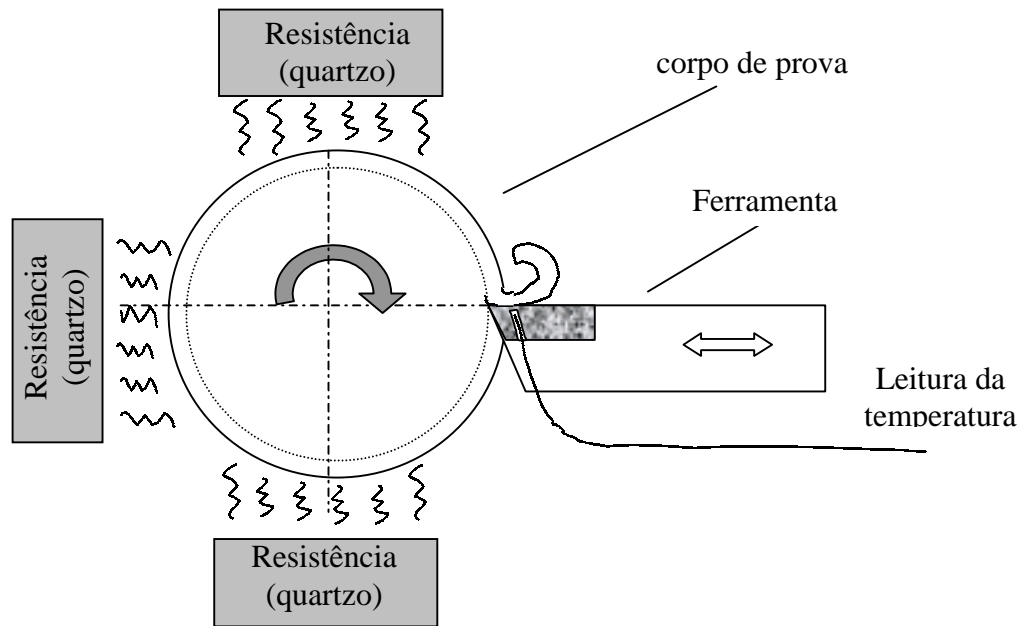


Figura 1 – Representação esquemática do experimento

Os parâmetros de corte: velocidade de corte ( $V_c$ ), avanço ( $f$ ) e profundidade de corte ( $a_p$ ) são selecionados mediante recomendação da literatura técnica, sendo que os mesmos são ajustados de acordo com a capacidade técnica da máquina. As condições de corte selecionadas para a realização dos testes são apresentadas na Tab. (1).

Tabela 1. Condições de corte utilizadas nos ensaios experimentais.

Ensaio	$f$ (mm/rev)	$V_c$ (m/min)	$a_p$ (mm)	Ensaio	$f$ (mm/rev)	$V_c$ (m/min)	$a_p$ (mm)
1°	0,201	65	0,05	19°	0,372	65	0,05
2°			0,1	20°			0,1
3°			0,2	21°			0,2
4°			0,3	22°			0,3
5°			0,4	23°			0,4
6°			0,5	24°			0,5
7°		105	0,05	25°		105	0,05
8°			0,1	26°			0,1
9°			0,2	27°			0,2
10°			0,3	28°			0,3
11°			0,4	29°			0,4
12°			0,5	30°			0,5
13°		165	0,05	31°		165	0,05
14°			0,1	32°			0,1
15°			0,2	33°			0,2
16°			0,3	34°			0,3
17°			0,4	35°			0,4
18°			0,5	36°			0,5

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no trabalho mostram, em geral, o comportamento do torneamento a quente em relação à usinagem convencional, cujo principal parâmetro de saída é a potência elétrica.

A Figura (2) mostra os valores médios da potência elétrica medida no motor principal do torno para o aço ABNT 1045, em função da profundidade de corte, comparando-se o processo de usinagem convencional com a usinagem sob as mesmas condições, ou seja avanço 0,372 m/min, velocidade de corte 105 m/min, porém sob o efeito do aumento da temperatura do corpo-de-prova.

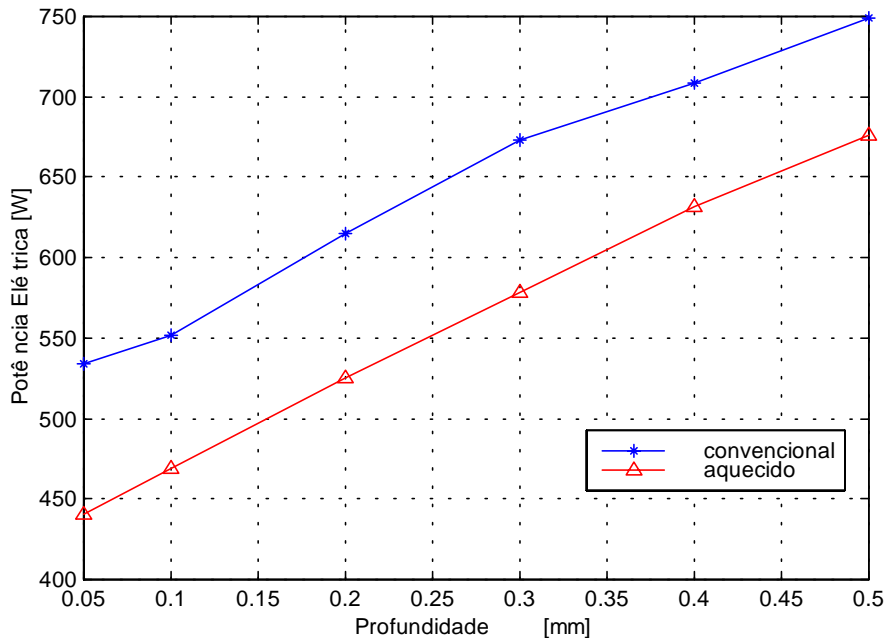


Figura 2. Potência elétrica no torneamento a quente e convencional para diferentes profundidades de corte.

Observa-se na Fig. (2) que, para estas condições de usinagem, o aquecimento do corpo de prova reduz a potência consumida, ou seja, para um mesmo valor de potência pode-se remover maiores quantidades de material. Este fenômeno pode ser atribuído a um possível efeito de favorecimento do mecanismo de deformação plástica na remoção do material originado durante o torneamento a quente.

O aquecimento da peça propicia melhores resultados sob algumas condições de usinagem. Os efeitos observados não foram constantes sob diferentes parâmetros de ensaio, sendo que a velocidade de corte e o avanço tem grande influência na comparação entre os métodos convencional e aquecido.

Na Figura (3), por sua vez, verifica-se a influência da profundidade de corte sobre a potência elétrica medida no transcorrer dos ensaios com o aço ABNT 1045, utilizando uma velocidade de corte de 105 m/min e dois avanços diferentes. Inicialmente foi suposto que o aquecimento seria eficaz para operações de acabamento, pois acreditava-se que a camada de material aquecido fosse de pequena espessura e por isso os efeitos da temperatura não teriam grande influência para operações de desbaste. Entretanto, como observa-se na Fig. (3), para a condição de maior avanço ( $f = 0,372$  mm/rev), as diferenças de potências foram mais significativas do que no menor avanço ( $f = 0,201$  mm/rev), sendo que em ambos os casos a potência elétrica para peça aquecida mostrou valores médios menores do que no processo convencional. Este fato indica uma tendência à utilização deste processo em usinagem de desbaste e não de acabamento como foi previamente admitido.

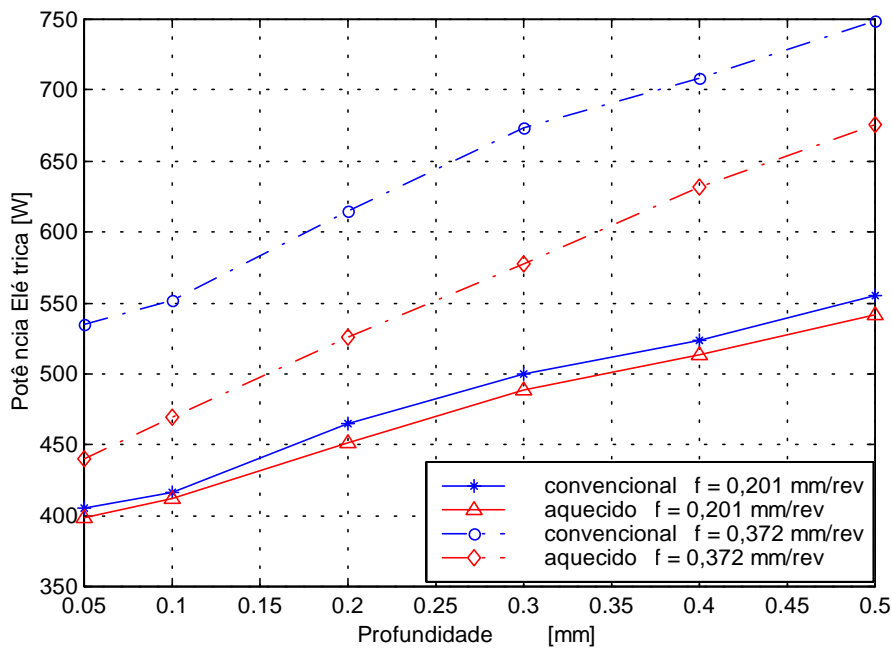


Figura 3. Potência elétrica em função da profundidade de corte sob dois avanços diferentes.

A velocidade de corte também mostra as diferenças entre os processos convencional e aquecido ensaiados, essa influência é apresentada na Fig. (4).

A Figura (4) apresenta três diferentes velocidades de corte com diversas profundidades de corte e avanços. Nota-se que para velocidades de corte baixas (65 m/min), a potência elétrica é maior com o aquecimento, ou seja, o processo de aquecimento do corpo de prova não é indicado para estas condições, isto pode ser atribuído a grande deformação plástica do material que é empurrado contra a superfície de saída da ferramenta de corte dificultando a sua remoção e, conseqüentemente, produzindo maiores esforços de usinagem. Por outro lado, aumentando-se a velocidade de corte observa-se que este fenômeno não ocorre em nenhuma das condições ensaiadas. Além disso, sabe-se que o aumento da temperatura pode favorecer a adesão de material usinado na ferramenta formando aresta postiça de corte com provável aumento dos esforços de corte.

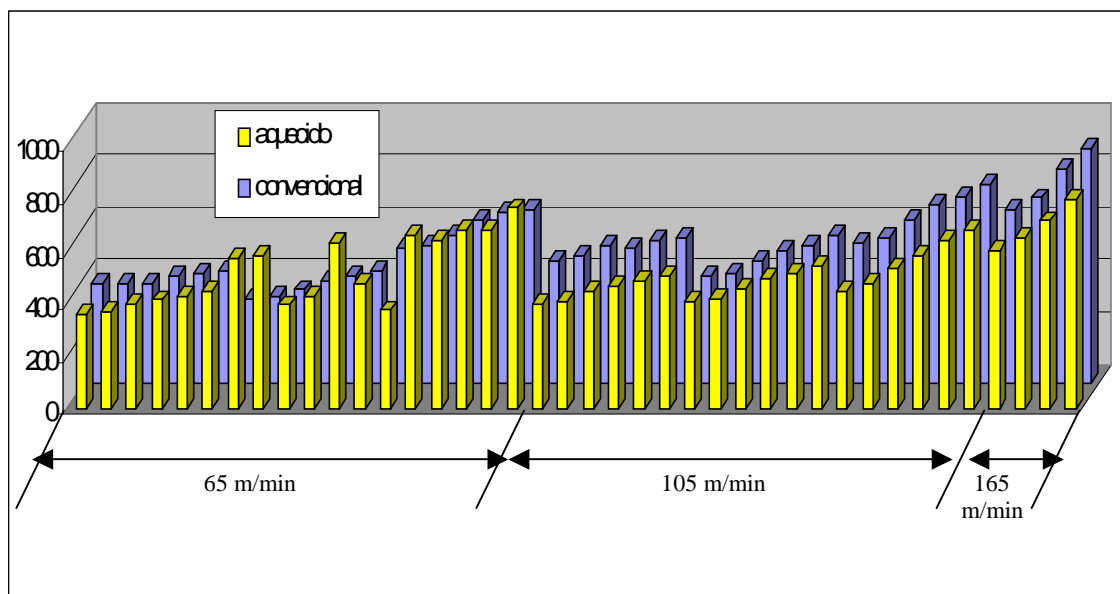


Figura 4. Potência elétrica no torneamento a quente e convencional para diferentes velocidades de corte

Definindo-se a taxa de remoção como o produto entre os valores de avanço, profundidade de corte e velocidade de corte, obtemos a Fig. (5), dada pela potência elétrica em função da taxa de remoção de material.

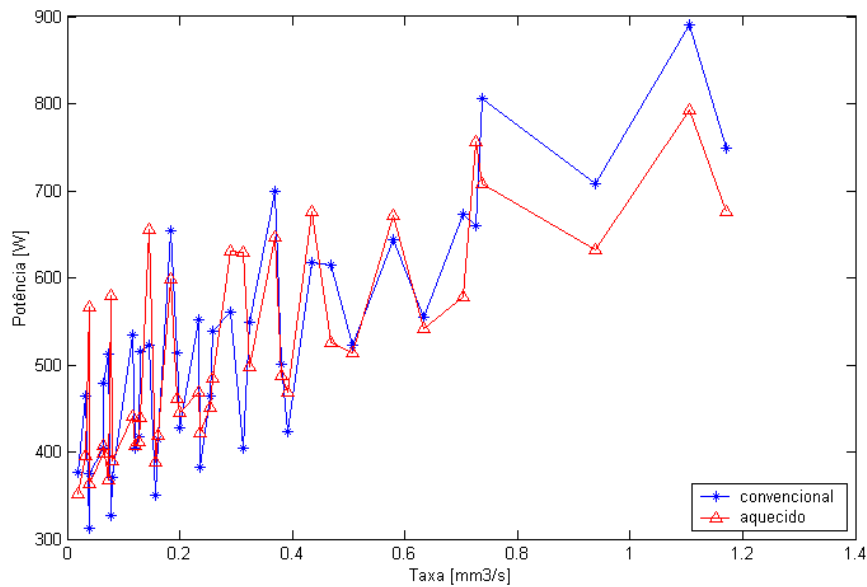


Figura 5. Potência elétrica no torneamento a quente e convencional em função da taxa de remoção

A Figura (5) apresenta uma região onde não é possível definir se o aquecimento é eficaz ou prejudicial, porém para taxas superiores a 0,8 mm³/s, as curvas tem um comportamento aproximadamente paralelo, onde é possível observar claramente uma redução nas potências para o torneamento com aquecimento comparadas às do torneamento convencional.

A influência do material pode ser detectada através do ensaio com o aço inox 420, cuja condutividade térmica é de 24,9 W/m.K e a do aço carbono ABNT 1045 de 51,9 W/m.K.

A Figura (6), traz uma comparação do efeito do aquecimento nos aços Inox 420 e o aço ABNT 1045.

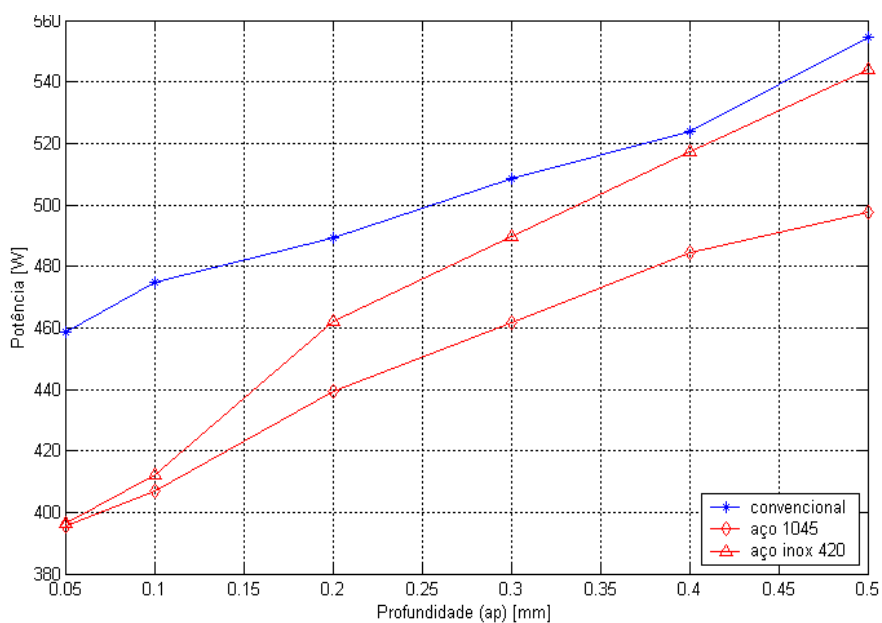


Figura 6. Potência elétrica para materiais de diferentes condutividades térmicas.



Como a condutividade térmica do aço inox é menor do que o aço carbono, a camada que sofre o efeito do aquecimento no inox é menor, desta forma com o aumento da profundidade de corte as curvas de potência para os torneamentos convencional e aquecido tendem a convergir tornando-se praticamente iguais depois de alcançada a profundidade de aproximadamente 0,5 mm, isto é, o aquecimento não causa influência significativa após esta profundidade.

Já no aço ABNT 1045, por sua condutividade térmica maior, o comportamento das curvas é quase paralelo e provavelmente também exista uma profundidade limite, no entanto esta profundidade não foi detectada para as condições de ensaio utilizadas.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados e analisados no trabalho em que se baseia este artigo levaram às seguintes conclusões:

- O aumento da velocidade de corte e do avanço favorecem a diminuição da potência elétrica consumida no processo de torneamento a quente quando comparado com o convencional;
- O avanço é o parâmetro de corte que mais influencia na potência elétrica, alcançando a melhor condição quando  $f = 0,372$  mm/ver;
- O comportamento mais desfavorável observado nos ensaios ocorre quando utiliza-se a velocidade de corte,  $V_c = 65$  m/min.

## 6. AGRADECIMENTOS

À Eletrothermo pelo fornecimento das resistências elétricas à quartzo.

## 7. REFERÊNCIAS

- Barrow, G., 1969, "Use of electric current for hot machining of high strength steels", *Machinery and Production Engineering*, Vol. 114, pp. 370-374.
- Bhattach, B.; Scrutton, R. F. : – Plastic Flow at chip tool interface during hot machining - *Journal of Engineering for Industry* 1971, Vol 93, Iss 2, pp 437-&
- Chen, N. N. S. and Lo, K. C., 1974, "Factors affecting tool life in hot machining of alloy steels", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 14, pp 161-173.
- Chou, J. G., 1988, "On line estimation of tool/chip interface temperatures for a turning operation", *Trans. ASME Journal of Engineering Industry*, Vol. 110 (1), pp. 56-64.
- Hinds, B. K. and De Almeida, S. M., 1981, "Plasma-Arc heating for hot machining", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 21, pp 143-152.
- Kitagawa, T., Katsuhiko, K. and Kubo, A., 1988, "Plasma hot machining for high hardness metals", *Bulletin Japan Society of Precision Engineering*, Vol. 22, N° 2, pp 145-151.
- Kitagawa, T. and Maekawa, K., 1990, "Plasma hot machining for new engineering materials", *Wear*, Vol 139, pp 251-267.
- König, W., Cronjäger, L., Spur, G., Tönshoff, H. K., Vigneau, M. and Zdeblick, W. J., 1990, *Annals of the CIRP*, Vol. 39, N° 2, pp. 673-681.
- Machado, A. R., 1988, "A evolução dos materiais para ferramentas de corte", *Máquinas e Metais*, N° 265, p. 92-97.
- Madhavulu, G. and Ahmed, B., 1994, "Hot machining process for improved metal removal rates in turning operations", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 44, pp. 199-206.
- Mielnik, E. M., 1994, "Hot machining in retrospect and review", *SME Technical Paper*, p. 64 – 75.
- Novak, J. W., Shin, Y. C. and Incropera, F. P., 1997, "Assessment of plasma enhanced machining for improved machinability of Incomel 718", *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, Vol. 119: (1), pp. 125-129.

- Okoshi, M. and Uyehara, K., 1963, "Hot machining by electric current", Proceedings of the International Production Research Conference, pp. 264-271.
- Özler, L., Inan, A. and Özel, C., 2001, "Theoretical and experimental determination of tool life in hot machining of austenitic manganese steel", International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 41, pp. 163-172.
- Salem, B. W., Bastie-Cohen, P., Ahdad, F., Contencin, F. X. and Moisan, A., 1998, "Interaction laser matière lors de L'usinage assisté por laser", Soudage et Tecchniques Connexes, Vol. 52, N° 11/12, Paris, pp. 17-21.
- Salem, B. W.; Melhaoui, A.; Cohen, P.; Ahdad, F.; Longuemard, J. P. : – Laser-assisted machining – Mecanique Industrielle et materiaux 1995, Vol 48, Iss 1, pp 29-30
- Sullivan, K. F. and Smith, P. D., 1977, "Relationship between work material properties and cutting conditions in hot-machining", Inst. of Eng. Aust. Publ. (77/7), pp. 77-82.
- Vali, A., Longuemard, J. P., Marot, G. and Litwin, J., 1998, "État des contraintes résiduelles en usinage assisté laser", Soudage et Tecchniques Connexes, vol. 52, n° ¾, Paris, pp. 11-16.
- Yen, D. W., 1986, "A remote temperature sensing technique for estimating the cutting interface temperature distribution", Trans. ASME Journal of Engineering for Industry, Vol. 108, pp. 252-263.

## **INVESTIGATION ON HOT TURNING USING QUARTZ ELECTRIC RESISTANCE**

**Hamilton José de Mello\***

**Luiz E. A. Sanchez\***

**Wagner Vanci\***

**Gilberto de M. B. Gonçalves\***

**Paulo R. Aguiar\*\***

Universidade Estadual Paulista – Unesp – Faculdade de Engenharia

\* Departamento de Engenharia Mecânica

\*\* Departamento de Engenharia Elétrica

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n, CEP 17033-360, Bauru – SP.

**Abstract.** *This paper study the hot machining process with the aim to improve material removal rates in the metal machining. In this work is used two types of steel samples with thermal conductivity differents: ABNT 1045; and AISI 420, a stainless steel martensitic. It is Known that the heating of metal reduce its shear strength which increase the tool live and the material removal rate. The heating source used is a electrical resistance of quartz that produce infrared waves. This electrical resistance is capable to produce workpiece heating hundred degrees above room temperature and the electrical resistance has the important property of just heating opaque bodies and not the air around the workpiece during the turning. As output parameter is mesuared the electrical power on machine motor under severals cutting conditions to compare the hot turning with the convencional turning. The results show that the hot turning is specially indicated to high material removal rates because produce lower levels of elctrical power. In addition, it is also seen that the stainless steel presents lower electrical power than the carbon steel.*

**Keywords:** *Hot machining, material removal rate, tool life.*