

Monitoramento do desgaste de ferramentas no processo de rosqueamento interno através do sinal de potência

Alexandre Martins Reis

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Bloco 1M, Campus Santa Mônica, Cep: 38400- 089 , Uberlândia- MG- Brasil; amreis@mecanica.ufu.br.

Guilherme Andrade Bichuette Coelho

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Bloco 1M, Campus Santa Mônica, Cep: 38400- 089 , Uberlândia- MG- Brasil; ; gbichuette@bol.com.br.

Fúlvio Queiroz Barbosa

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Bloco 1M, Campus Santa Mônica, Cep: 38400- 089 , Uberlândia- MG- Brasil; fqbarbosa@mecanica.ufu.br

Marcio Bacci da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Bloco 1M, Campus Santa Mônica, Cep: 38400- 089 , Uberlândia- MG; mbacci@mecanica.ufu.br.

Resumo. *Este trabalho tem como principal objetivo verificar o comportamento do sinal de potência do motor do eixo árvore da máquina ferramenta, durante o rosqueamento interno com machos de corte, e sua relação com o estado de desgaste da ferramenta. A potência do motor de rotação do eixo árvore é medida adquirindo-se os sinais de tensão e corrente separadamente, os quais são processados posteriormente para se chegar ao valor da potência ($p=u.i$). Para o sensoriamento da corrente elétrica foi utilizado um sensor de efeito hall Newtronic, modelo NW-SC-50, cuja faixa de amperagem é de 0 a 50 A, e a tensão foi medida com um sensor produzido no LEPU, cuja faixa de tensão é de 0 a 500 V. Foram utilizados quatro tipos de materiais de ferramenta (HSS convencional, HSS com adição de vanádio, HSS nitretado e HSS obtido pela metalurgia do pó) em cinco estágios de desgaste diferentes previamente atingidos (novo, 450, 900, 1350 e 1800 roscas feitas). Os resultados indicam que o sinal de potência pode ser eficiente na caracterização dos três estágios (corte, repouso e retorno), nos quais o rosqueamento se divide. Além disso, verificou-se que existe uma relação significativa entre o estado de desgaste e a magnitude do sinal de potência medido durante o estágio de corte, que depende do material da ferramenta.*

Palavras-chave: Rosqueamento interno, Monitoramento, Potência, Material de ferramenta, Desgaste.

1. INTRODUÇÃO

O rosqueamento interno com macho de corte é uma das operações de usinagem mais comuns, sendo freqüentemente, uma das últimas realizadas sobre a peça de trabalho que neste caso já possui um alto valor agregado (Sha et al, 1990 (a)), ou seja, qualquer problema durante este processo, pode resultar em refugo ou re-trabalho o que implica em grande perda de tempo, e consequentemente, de dinheiro para as empresas. Dentre as peculiaridades deste processo de rosqueamento, está o fato de

ser uma das operações de usinagem mais complicadas, devido aos problemas ocasionados pelas dificuldades de remoção do cavaco e de lubrificação adequadas das arestas de corte do macho, adicionados à necessidade de uma relação fixa e inalterável entre a velocidade de corte e o avanço, definida pelo passo da rosca (SKF, 1987). Além disso, é uma operação transiente onde o ciclo completo dura normalmente alguns segundos e se divide em dois estágios: corte e retorno (Sha et al, 1990 (a)). O estágio de corte por sua vez, pode ser dividido em imersão e estado estável de corte (Mezentsev, 2002). O estado de imersão corresponde ao momento em que os filetes cortantes do macho, ou seja, os filetes da parte côncava mais o primeiro filete da parte cilíndrica (OSG, 1999), entram na peça. Neste estado, os esforços de corte variam com o tempo. No estado estável de corte, todos os dentes da porção cortante do macho, já estão em ação, de tal forma que os esforços se mantêm mais ou menos constantes, sendo, portanto a região mais indicada para prováveis monitoramentos de sinais.

O monitoramento indireto do desgaste de ferramentas de corte, via análise de sinais de parâmetros elétricos (corrente, tensão e potência), já foi bastante estudado e mostrou sua eficiência em processos tais como torneamento, fresamento e furação. Este tipo de monitoramento é fundamentado no fato de que a potência elétrica dos motores de acionamento da máquina ferramenta é diretamente proporcional à potência mecânica gerada pela mesma e reflete as variações dos esforços existentes na região de corte (Bezerra et al, 2002). Contudo, devido em grande parte às características citadas no parágrafo anterior, são poucos os trabalhos que abordam este assunto, em relação ao processo de rosqueamento interno com machos de corte. Assim o presente trabalho, tem por objetivo verificar o comportamento do sinal de potência do motor do eixo árvore da máquina ferramenta, durante todos os estágios do rosqueamento interno com machos de corte, procurando relacioná-lo com o estado de desgaste e avaria da ferramenta de corte, e com o material de ferramenta utilizado.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste trabalho foram utilizadas 15 ferramentas de HSS AISI M7 convencional, 15 de HSS AISI M7 com tratamento superficial de nitretação a plasma (HSS-NI), 15 de HSS-E (aço rápido especial com adições de vanádio), e 15 de HSS AISI M7 fabricadas pelo processo de metalurgia do pó (HSS-PM), totalizando 60 machos de corte. Todos os machos utilizados neste trabalho têm a designação de macho máquina ISO 529 M6 6H, e apresentam as seguintes características geométricas: Canal reto; Nº de canais: 4 canais; Nº de filetes no chanfro: 2 filetes; Ângulo de entrada: 20° ; Ângulo de saída: de 12° a 14° ; Diâmetro externo: 6mm (M6); Passo : 1mm.

O trabalho foi dividido em duas etapas: 1) A primeira etapa consiste em ensaios de usinagem na Fiat GM POWERTRAIN com objetivo de se atingir quatro estágios diferentes de desgaste; 2) A segunda etapa consiste em análises do estado de desgaste das ferramentas, e ensaios de rosqueamento, no laboratório de ensino e pesquisa em usinagem (LEPU) para medição dos sinais de potência elétrica do motor de rotação do eixo árvore.

Os ensaios da primeira etapa foram realizados em uma linha Transfer de Usinagem Huller Hille, onde os machos foram utilizados na fabricação de roscas em furos cegos com 16,65 mm de profundidade em blocos de motores fabricados com ferro fundido cinzento GH-190 (classificação segundo norma FIAT de 1991). As condições de corte no rosqueamento foram as seguintes: $V_c = 8,5 \text{ m/min}$ e $f = 1 \text{ mm}$. Foram utilizadas 12 ferramentas de cada tipo de material, sendo que três ferramentas, cada uma colocada em um eixo diferente da máquina (209, 210 e 211), executaram 450 rosas, outras três 900 rosas, outras três 1350 rosas, e outras três 1800 rosas.

Uma vez realizados os testes que conferiram às ferramentas diferentes graus de desgaste passou-se a etapa de medição e avaliação das formas de desgaste apresentadas nas superfícies de folga das ferramentas. A forma como foram feitas estas análises e medições, juntamente com os resultados alcançados, foram apresentados em um trabalho anterior (Reis et al, 2003).

Sendo assim, no presente trabalho, prosseguiu-se com as medições dos sinais de potência. Os sinais, foram medidos durante a fabricação, a seco, de rosas de 6 mm de diâmetro externo e 8,25

mm de profundidade em furos de 5 mm de diâmetro e 15,65mm de profundidade, utilizando-se 3 ferramentas novas de cada material, e as empregadas na primeira etapa do trabalho. Como corpo de prova foram utilizadas 2 Barras de ferro fundido cinzento GH-190, com as seguintes dimensões 200x120x30 mm. Neste trabalho monitorou-se apenas a potência relativa ao motor de rotação do eixo árvore da máquina ferramenta, visto que o sinal de potência do motor de avanço não fornece informações extras, em relação às diferentes condições do processo, quando comparado ao sinal do motor de rotação Li et al (2003). Os ensaios desta etapa foram realizados em uma Fresadora ROMI Interact IV com potência máxima de 10 KW e rotação máxima do eixo árvore igual a 4000 rpm, utilizando-se um cabeçote flutuante SANCHES BLANES MRCK – 112-7 ISO 40, que tem como função principal evitar a falta de sincronismos entre os movimento de avanço e de rotação do eixo árvore que normalmente ocorrem nas máquinas ferramentas CNC (Sha et all,1990 (b)). A potência do motor de rotação do eixo árvore foi medida adquirindo-se os sinais de tensão e corrente separadamente, os quais eram processados posteriormente para se chegar ao valor potência ($P=U \cdot I$). Para o sensoriamento da corrente elétrica foi utilizado um sensor de efeito hall Newtronic, cuja faixa de amperagem é de 0 a 50 A, com tensão de alimentação de ± 12 V, e sinal de saída de 0 a 5 V. A tensão foi medida com um sensor produzido no LEPU, cuja faixa de tensão é de 0 a 500 V, tensão de alimentação de ± 12 V, e sinal de saída de 0 a 5V.

Com cada macho eram abertas roscas em três furos consecutivos, e durante esse tempo eram adquiridos os sinais potência a uma taxa de 3000 pontos por segundo. Assim, a cada três furos, trocava-se a ferramenta e repetia-se o ensaio. Todas as rosca feitas tanto na primeira quanto na segunda etapa do trabalho, foram checadas periodicamente com um calibre passa-não-passa para rosca M6x1,0 6H (Ferriplax 19264), com o objetivo de verificar se as mesmas obedeciam às tolerâncias especificadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme descrito anteriormente, para se obter o valor de potência consumida pelo motor de rotação do eixo árvore da máquina ferramenta, durante as operações de rosqueamento interno realizadas na segunda etapa, foram medidos os valores de tensão e corrente e calculou-se os valores de potência. Os gráficos da Fig. (1) mostram como os valores dos sinais de tensão, corrente e potência variaram com o tempo durante o rosqueamento. Nos gráficos desta figura além dos estágios de corte e retorno citados por Sha et al (1990 (a)), destaca-se um terceiro estágio no qual se dá a parada da ferramenta no final do furo, para que aí então ela possa iniciar o movimento de retorno. Verifica-se nestes gráficos que a tensão e a corrente mudam de sinal em um determinado momento, indicando a inversão no sentido de rotação da máquina. É neste ponto que se inicia o retorno da ferramenta. O sinal de potência é positivo tanto no corte quanto no retorno, pois esta é igual ao produto entre a tensão e a corrente ($P=U \cdot I$), que por sua vez possuem o mesmo sinal nestes estágios.

Percebe-se no inicio dos gráficos da Fig. (1) uma região denominada de “vazio” que se refere na verdade ao período de tempo que a ferramenta gira livremente fora do furo e se aproxima do mesmo para então iniciar o corte. Nota-se que ao iniciar o corte os picos máximos de potência sofrem um ligeiro aumento, e praticamente se mantém constante, até que se inicie o estágio de repouso. No inicio do estágio de repouso (R1), existem alguns picos de tensão e corrente com sinais contrários, acredita-se que estes picos são o “freio”, que atua no sentido de desacelerar o eixo evitando uma parada brusca do mesmo. Assim, em R1 a velocidade de corte da ferramenta estaria sujeita a uma desaceleração até que chegue a zero no final do furo. Desta forma R2 seria o verdadeiro estágio de repouso, ou seja, é neste intervalo de tempo que a ferramenta fica parada no interior do furo. Após o estágio de repouso, existe um pico de corrente negativa que faz com que o eixo entre em movimento no sentido anti-horário dando início ao movimento de retorno da ferramenta.

Com o objetivo de se verificar em quais estágios do rosqueamento consegue-se detectar uma relação entre o sinal de potência do motor de rotação do eixo árvore com o grau de desgaste da ferramenta, foram plotados os gráficos da média móvel (com um período igual a 100) para

ferramentas novas e ferramentas que usinaram 1800 rosas. Na Fig. (2) são mostrados estes gráficos para os quatro materiais de ferramenta utilizados neste trabalho. Nesta figura observa-se que apenas na região, relativa ao estágio de corte ocorreu uma variação significativa no sinal de potência em relação ao estado de desgaste da ferramenta. Nas demais regiões praticamente não se detectam alterações nestes sinais.

Uma vez verificado que o estado de desgaste influenciou o sinal de potência apenas no estágio de corte, procurou-se determinar um valor que melhor representasse o sinal de potência gerado durante o estágio de corte. Assim para cada condição de corte, tomaram-se aleatoriamente 2000 pontos da região do estágio de corte, mais 2000 pontos da região em “vazio”, calculou-se a média para cada um desses dois conjuntos de pontos, e subtraiu-se uma da outra. O valor encontrado foi denominado de potência média efetiva (PME) gasta durante o estágio de corte, e será usado para verificar se existe relação entre a potência consumida no motor de rotação do eixo árvore, com o número de rosas feitas pela ferramenta, e com o material de ferramenta utilizado. Estes valores para as condições testadas são apresentados na Tab. (1).

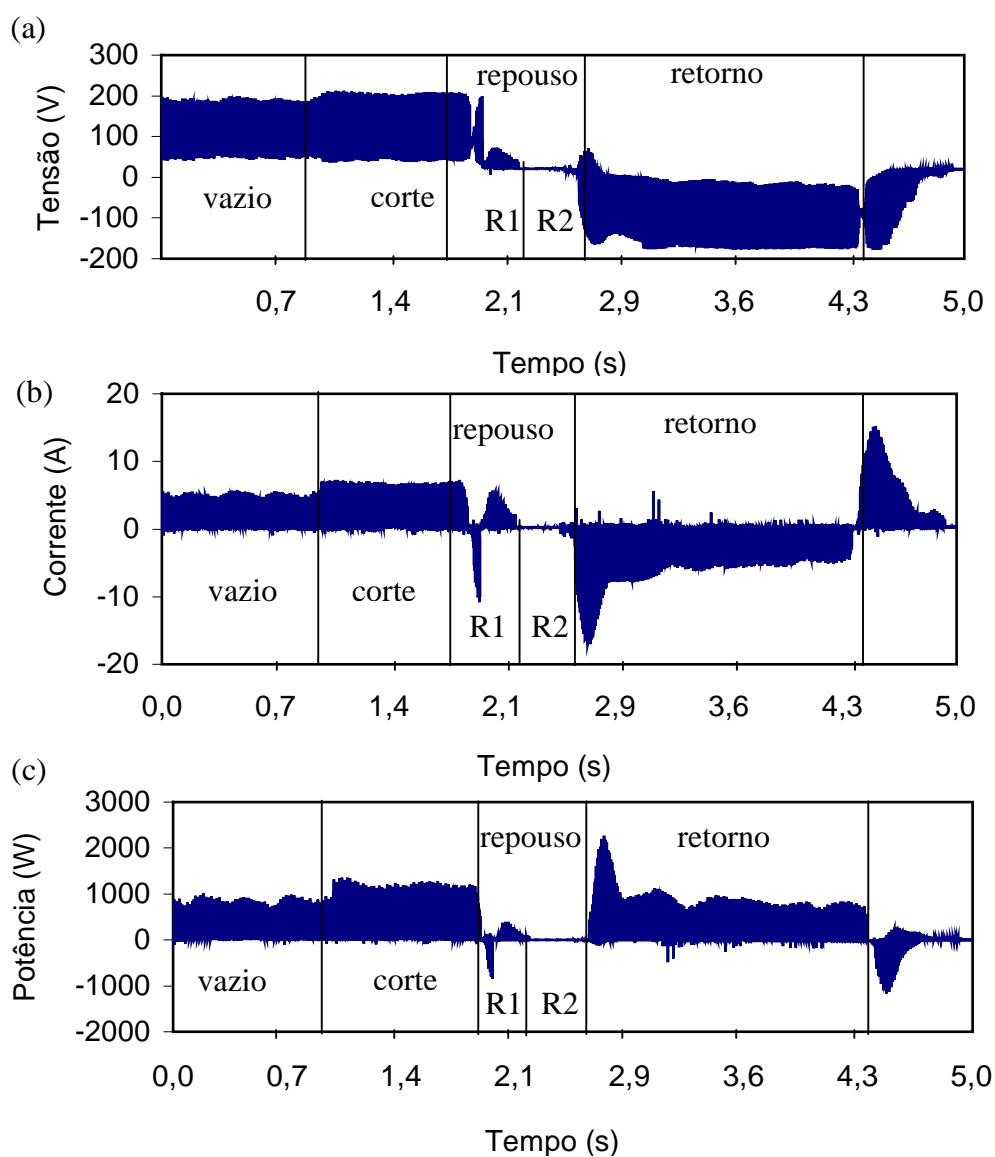


Figura 1. Gráficos dos sinais de tensão (a), corrente (b) e potência (c) em função do tempo, medidos nos ensaios da segunda etapa para uma ferramenta de HSS nova.

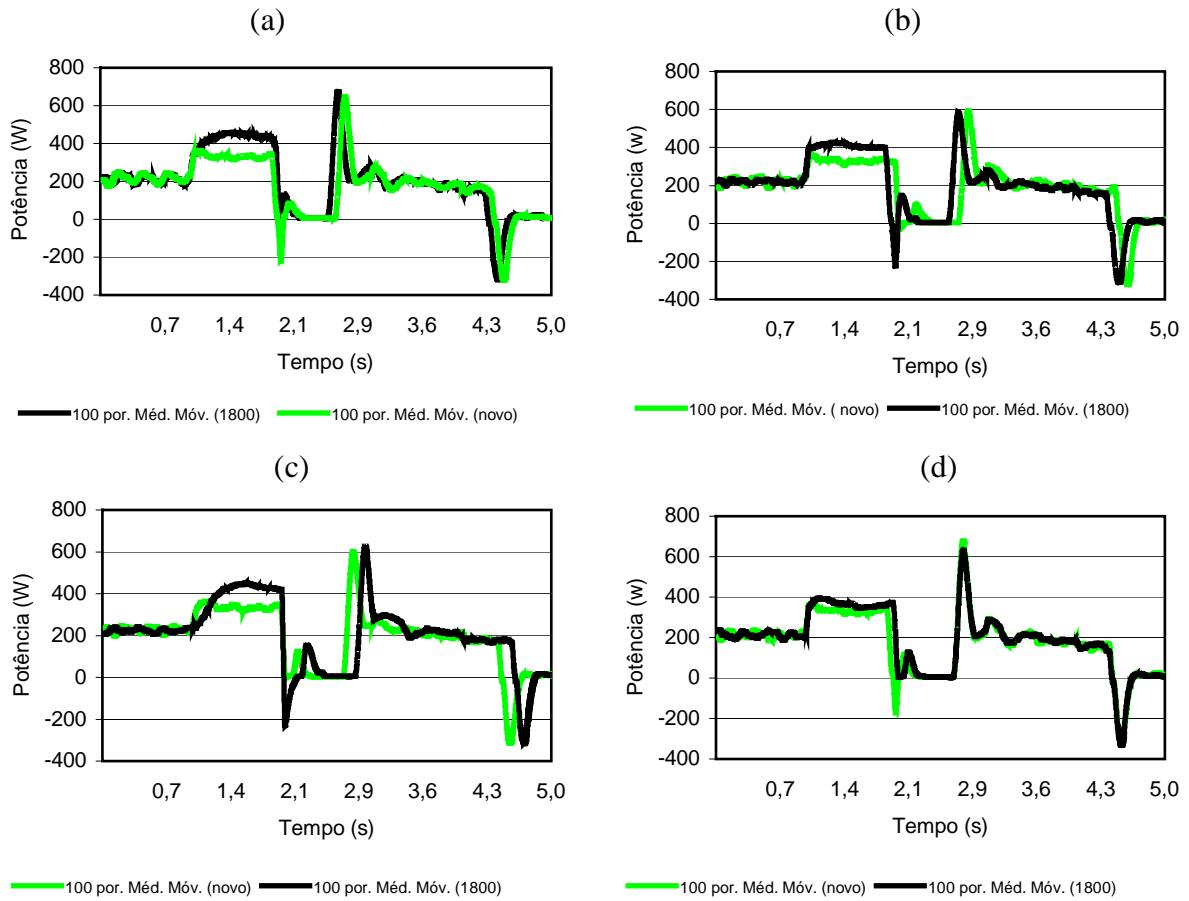


Figura 2. Gráficos da média móvel (período 100) dos sinais de potência para ferramentas novas e desgastadas : (a) HSS; (b) HSS-E; (c) HSS-NI; (d) HSS-PM .

Com os valores de PME apresentados na Tab. (1), foi realizada uma análise de variância de grupo (ANOVA) com repetição, para três fatores (eixo, material, número de roscas), em um intervalo de confiança de 95%. Com isso procurou-se determinar quais dos três fatores apresentavam influência sobre a potência consumida no motor de rotação do eixo árvore. Através da análise de ANOVA, verificou-se que a posição da ferramenta na máquina (eixo) na primeira etapa do trabalho, não exerceu influência na potência consumida ($p>0,05$) enquanto o material da ferramenta e o número de furos roscados (condição de desgaste da ferramenta) tiveram influência significativa sobre o sinal de potência ($p<0,05$).

No gráfico da Fig. (3) a potência é plotada em função do eixo da máquina no qual a ferramenta foi colocada na primeira etapa do trabalho, as barras verticais representam um intervalo de confiança de 95%. Nesta figura pode-se comprovar que esta variável não teve influência nos resultados de potência. Isto, de um certo modo já era esperado, pois os eixos são verificados com freqüência para evitar problemas tais como batimento, que poderiam influenciar de alguma forma no desempenho das ferramentas e consequentemente nos valores de potência relativos a elas.

Tabela 1. Valores de PME obtidos nos ensaios da segunda etapa.

Potência média efetiva em Watts															
		HSS													
Nº do ensaio	EIXO 209					EIXO 210					EIXO 211				
	novo	450	900	1350	1800	novo	450	900	1350	1800	novo	450	900	1350	1800
1	116	162	181	183	230	114	172	180	165	184	120	180	183	154	162
2	117	163	171	185	215	120	165	164	162	170	110	179	161	173	151
3	113	172	162	185	212	119	163	180	153	164	109	185	168	165	156
HSS-E															
Nº do ensaio	EIXO 209					EIXO 210					EIXO 211				
	novo	450	900	1350	1800	novo	450	900	1350	1800	novo	450	900	1350	1800
1	114	130	149	133	191	109	127	148	134	208	114	127	143	132	177
2	105	127	140	132	171	110	141	161	138	216	111	141	160	136	165
3	101	119	150	131	186	102	119	137	139	197	109	119	154	138	169
HSS-NI															
Nº do ensaio	EIXO 209					EIXO 210					EIXO 211				
	novo	450	900	1350	1800	novo	450	900	1350	1800	novo	450	900	1350	1800
1	106	123	151	168	146	100	171	141	170	149	125	127	151	164	211
2	117	146	154	165	151	103	174	145	152	131	100	126	130	171	192
3	102	120	148	163	151	95	152	146	157	144	102	128	138	155	203
HSS-PM															
Nº do ensaio	EIXO 209					EIXO 210					EIXO 211				
	novo	450	900	1350	1800	novo	450	900	1350	1800	novo	450	900	1350	1800
1	117	137	123	138	143	116	124	131	160	149	107	118	134	164	151
2	113	141	129	139	161	114	134	118	144	151	116	127	125	142	141
3	119	126	144	137	177	107	124	139	156	146	109	127	133	142	159

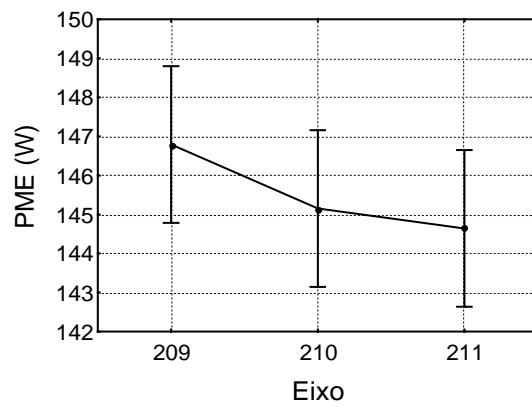


Figura 3. Potência versus o eixo no qual a ferramenta foi colocada na primeira etapa do trabalho (independente do material de ferramenta e do número de roscas feitas).

A Fig. (4 a) apresenta um gráfico da potência consumida versus número de roscas feitas, onde as barras verticais representam um intervalo de confiança de 95%. Através da análise deste gráfico observa-se que o parâmetro PME mostrou-se eficaz no sentido de ilustrar a relação da potência consumida no motor do eixo árvore com o tempo de uso da ferramenta. Percebe-se claramente que o valor deste parâmetro tende a aumentar com esta variável, isso provavelmente acontece porque a magnitude do sinal de potência reflete os esforços de torque e força axial desenvolvidos durante o rosqueamento (Li et al, 2003), e estes por sua vez aumentam com o desgaste da ferramenta de corte (Bezerra et al, 2000). Contudo uma análise mais minuciosa dos dados da Tab. (1) permite verificar dois pontos no mínimo curiosos: 1) Três ferramentas (HSS-209-1800, HSS-E-210-1800, e HSS-NI-211-1800) apresentaram valores médios de PME acima de 200 W; 2) As duas ferramentas que

apresentavam os maiores níveis de desgaste, e foram reprovadas nas análises de tolerância geométricas (HSS-211-1800, e HSS-Ni-209-1800) (Reis et al, 2003), apresentaram níveis médios de potência (entorno de 150 W). Acredita-se que, nestas duas últimas ferramentas o terceiro filete (primeiro filete da região cilíndrica) do macho atingiu um nível de desgaste muito alto que em alguns casos resultou em lascamento e até em “rasgamento”, e consequente perda de contato destes filetes com a peça, com isso o trabalho executado por tais filetes passaram a ser realizados pelos filetes seguintes, que por sua vez se apresentavam em um estágio de desgaste bem inferior, e que, portanto passaram a realizar a retirada de material com menos esforços que o filete anterior e consequentemente a ferramenta passou a consumir uma potência total menor. Já, com as três primeiras ferramentas (HSS-209-1800, HSS-E-210-1800, e HSS-NI-211-1800), além dos elevados valores de potência verificou-se também a presença de um forte ruído durante a usinagem, o que leva a crer que elas poderiam estar passando por um período de perda catastrófica do terceiro filete, ou seja, início de rasgamento, o que estaria provocando o aumento no torque e na potência consumida. Fotos ilustrativas (tiradas no microscópio ferramenteiro) da superfície do terceiro dente destas três ferramentas (Fig. (5)), feitas logo após os ensaios, ajudam a embasar esta hipótese. Desta forma ao se monitorar o sinal de potência durante o rosqueamento, deve-se ficar atento ao fato de que a PME tende a aumentar com a evolução do estado de desgaste da ferramenta, até atingir um valor máximo para um determinado grau de desgaste, e a partir deste momento, ela pode sofrer uma queda com a evolução de avarias (“rasgamento”, e lascamento) nos primeiros filetes do macho. Assim o monitoramento do sinal de potência deve ser contínuo durante toda a vida da ferramenta, permitindo que este ponto de máxima potência seja detectado, pois uma medida aleatória feita em uma fase onde a PME já passou por este ponto de máximo pode dar a impressão de que a ferramenta ainda está em boas condições de uso, o que neste caso não corresponderia à realidade.

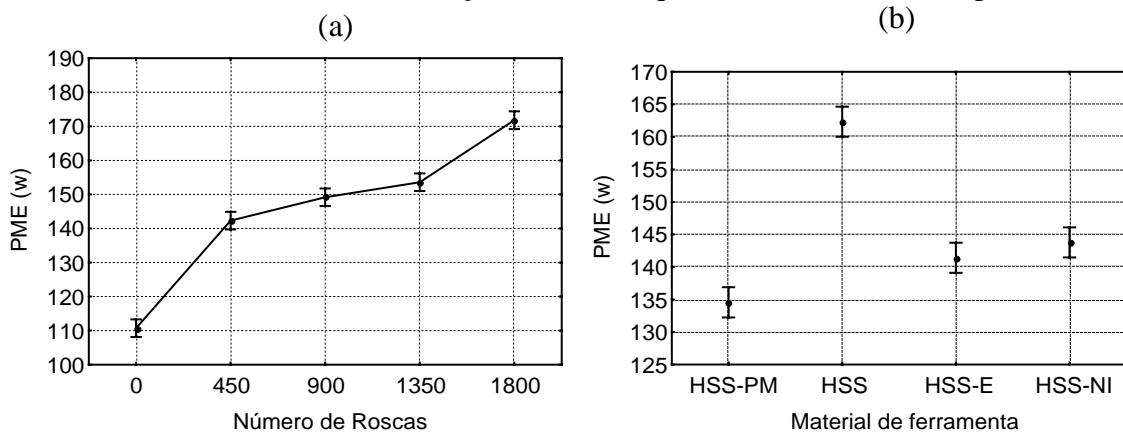


Figura 4. (a) Potência versus número de roscas (independente do material de ferramenta e do eixo); (b) Potência versus o material de ferramenta (independente do eixo e do número de roscas feitas).

A Análise feita no parágrafo anterior permite concluir que o tempo de uso do macho, leva ao desenvolvimento de desgastes e avarias, e que estes por sua vez exercem influências diferentes sobre o sinal de potência. Enquanto o desgaste tende a elevar o sinal de potência, a presença de avaria tais como lascamento e rasgamento podem em alguns casos provocar a queda deste sinal. Isto acontece porque o macho é uma ferramenta multicortante onde cada dente funciona como uma ferramenta, e a potência gasta no corte é dividida entre os vários dentes, assim a medida que se aumenta o desgaste dos dentes, a potência consumida vai aumentando, contudo com a perda de um dente o esforço feito por ele passa a ser realizado pelo dente seguinte o que num primeiro momento provoca uma queda de potência pois este dente está menos desgastado que o anterior, no entanto devido ao acúmulo de esforços, ele logo atinge um nível de desgaste acentuado provocando aumento de potência, desta forma passa a existir um ciclo até que a ferramenta atinja o final de vida, ou por falha catastrófica (quebra da ferramenta) ou por falta de tolerância das roscas produzidas.

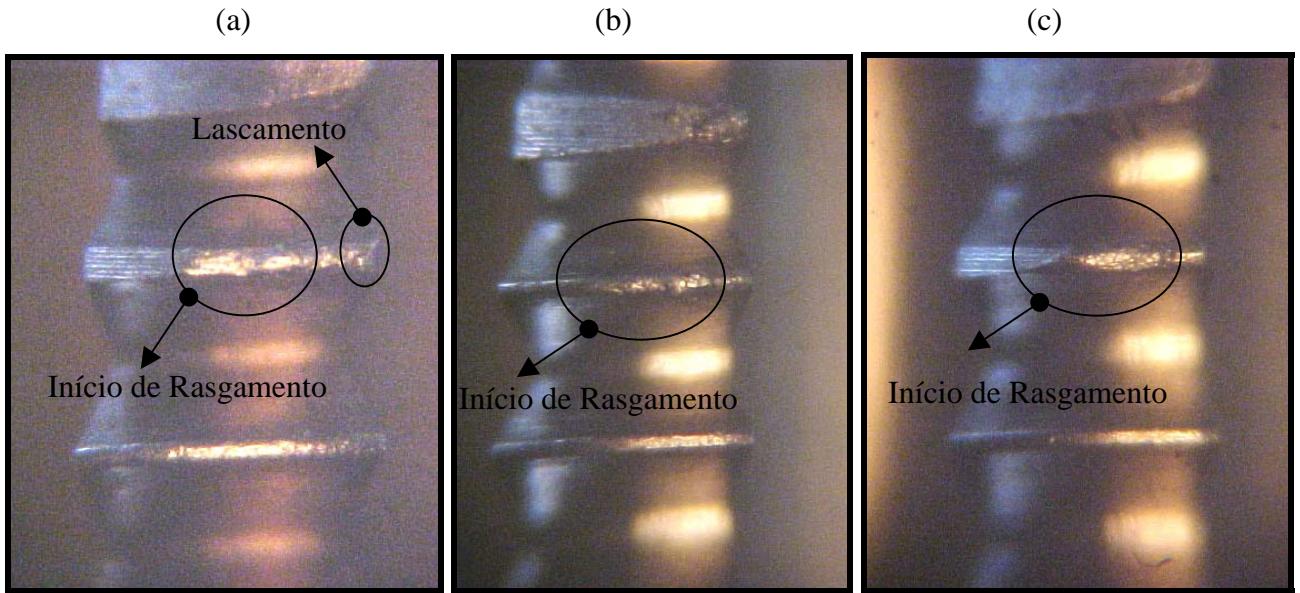


Figura 5. Fotos ilustrativas : a) HSS-NI-211-1800, dentes 3 e 4 da carreira 1; b) HSS-209-1800, dentes 3 e 4 da carreira 3; c) HSS-E-210-1800, dentes 3 e 4 da carreira 2.

No gráfico da Fig. (4 b) percebe-se claramente a influência que cada material de ferramenta exerceu sobre os valores de PME. De uma maneira geral os maiores valores de potência foram registrados com as ferramentas de HSS e os menores com as ferramentas de HSS-PM. As ferramentas de HSS-E e HSS-NI apresentaram valores intermediários de potência. De uma certa forma este resultado confirma as análises feitas sobre a relação dos desgastes e avarias com os sinais de potência medidos, pois as ferramentas de HSS, que apresentaram os maiores níveis de desgaste, segundo os estudos realizados em um trabalho anterior (Reis et al, 2003) foram as que apresentaram os maiores valores de PME, e aquelas com valores intermediários de desgaste (HSS-NI e HSS-E) tiveram também valores intermediários de potência, já as ferramentas de HSS-PM que foram as que menos se desgastaram e também sofreram menos avarias, apresentaram os menores valores de PME.

A influência conjunta que o tempo de usinagem (número de roscas) e que o tipo de material da ferramenta exercem sobre o valor da PME, é ilustrado no gráfico da Fig. (6). Neste gráfico verifica-se que quando a ferramenta está nova, o tipo de material praticamente não influencia no sinal de potência. Como o sinal de potência é proporcional ao torque e este às tensões desenvolvidas nas zonas de cisalhamento (Bezerra, 2002), pelo resultado apresentado, conclui-se que em um primeiro momento onde a ferramenta não apresenta alterações na geometria provenientes de desgaste, as diferenças nas propriedades mecânicas, químicas e térmicas dos materiais do macho, não foram suficientes para causar alterações nos valores de torque e consequentemente de potência produzidos por machos fabricados com cada um deles durante o rosqueamento. Contudo, neste mesmo gráfico verifica-se que a medida em que se aumenta o tempo de usinagem, o tipo de material passa a exercer uma influência significativa no valor da PME. As ferramentas de HSS, por exemplo, após usinarem 450 roscas já atingiram valores de PME elevados (> 160 W), isto acontece porque estas ferramentas já apresentam altos valores de desgaste nestas condições (Reis, et al, 2003). As ferramentas de HSS-NI atingiram valores de PME entorno 160 W, após usinarem 1350 roscas, e as de HSS-E após 1800 roscas produzidas. As ferramentas de HSS-PM, de uma maneira geral, assim como aconteceu com os resultados de desgaste (Reis et al, 2003), apresentaram os menores valores

de potência durante as cinco etapas monitoradas, sendo que mesmo com as ferramentas que fizeram 1800 roscas os valores de PME não ultrapassaram 160 W.

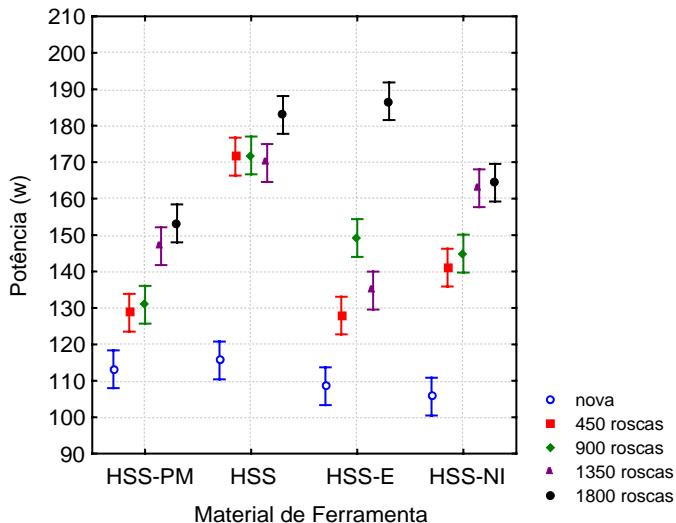


Figura 6. Potência em função do material de ferramenta e do número de roscas feitas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados permitem concluir que:

- ✓ O sinal de potência se mostrou eficiente na caracterização dos três estágios (corte, repouso e retorno), nos quais o rosqueamento se divide;
- ✓ Apenas no estágio de corte se consegue detectar uma relação entre o sinal de potência do motor de rotação do eixo árvore com o grau de desgaste da ferramenta.
- ✓ Análises de ANOVA mostraram que o parâmetro PME definido neste trabalho foi eficaz no sentido de ilustrar a relação da potência consumida no motor do eixo árvore com o tempo de uso da ferramenta, e com o material utilizado.
- ✓ Desgastes e avarias exercem influências distintas sobre o sinal de potência.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a Fapemig pelo auxílio financeiro à pesquisa; aos Srs. Coiti Fukushima e Djair Lugli da empresa OSG FERRAMENTAS DE PRECISÃO LTDA pelo fornecimento das ferramentas utilizadas no trabalho; e à FIAT-GM POWERTRAIN por disponibilizar a linha de produção para realização dos ensaios e fornecimento de material para corpos de prova.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bezerra, A.A., Coelho, R.T., da Silva, L.R, 2000, “Monitoração dos Processos de Roscamento: Revisão da Literatura”, In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM, 1., Natal, Rio Grande Do Norte, Brasil, 2000. *Anais*. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Associação Brasileira de Ciências Mecânicas – Abcm, 10p.
- Bezerra, A. A., Coelho, R.T., Braghni Jr., A., Silva, L. R., Soto, M., 2002, “Investigação do Sensor de Corrente na Monitoração do Roscamento com Alta Velocidade”, II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, João Pessoa – PB, proceedings of CONEM 2002, 10p.
- Li, W., Li, D., Ni, J., 2003, “Diagnosis of tapping process using spindle motor current”, International Journal of Machine Tools & Manufacture 43, pp. 73-79.

- Mezentsev, O. A., Zhu, R., De Vor, R. E., Kapoor, S. G., Kline, W. A., 2002, "Use of Radial Force for Fault Detection in Tapping", International Journal of Machine Tools & Manufacture 42, pp. 479-488.
- OSG, 1999, "Manual Técnico - Machos", OSG ferramentas de precisão ltda. V.1, São Paulo, pp. 1-58.
- Reis, A. M., Violatti, D. C., Seppe Júnior, W., Souza Júnior, A. M., da Silva, M. B., 2003, "Avaliação do Desempenho de Ferramentas de Aço-Rápido no Rosqueamento Interno do Ferro Fundido Cinzento Gh – 190", II Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Uberlândia – MG, proceedings of II COBEF, 10p.
- Sha, J., Ni, J., Wu, S. M., 1990 (a), "Development of a Tap Wear Monitoring Scheme", In: Proceedings of Manufacturing International '90. Part 4: Advances in Materials and Automation, Atlanta, GA, USA, 1990. Proceedings. New York, NY, USA, American Society of Mechanical Engineers (ASME), pp. 137-142.
- Sha, J.; Yuan, J.X. ; Wu, S.M., 1990 (b), "Tapping Process Improvement Through Adaptive Thrust Control. In: WINTER ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Dallas, TX, USA, 1990. Meeting. New York, NY, USA, American Society of Mechanical Engineers (ASME), Production Engineering Division – PED, v.44, p.407-420.
- SKF, 1987, "Manual Técnico SKF", São Paulo: SKF Ferramentas S.A. , 261p.

AN INVESTIGATION ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SIGNAL OF SPINDLE MOTOR POWER AND TOOL WEAR IN TAPPING

Alexandre Martins Reis

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Bloco 1M, Campus Santa Mônica, Cep: 38400- 089 , Uberlândia- MG- Brasil; amreis@mecanica.ufu.br.

Guilherme Andrade Bichuette Coelho

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Bloco 1M, Campus Santa Mônica, Cep: 38400- 089 , Uberlândia- MG- Brasil; ; gbichuette@bol.com.br.

Fúlvio Queiroz Barbosa

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Bloco 1M, Campus Santa Mônica, Cep: 38400- 089 , Uberlândia- MG- Brasil; fqbarbosa@mecanica.ufu.br

Marcio Bacci da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Bloco 1M, Campus Santa Mônica, Cep: 38400- 089 , Uberlândia- MG; mbacci@mecanica.ufu.br.

Abstract: The main purpose of this work is verify the behavior of spindle motor power signal, in tapping, and verify its relation with tool wear. The spindle motor power signal is obtained measuring the electrical current and voltage ($P=U \cdot I$). A hall effect sensor, was used to measure the electrical current. The voltage was measure by means of a sensor produced in our laboratory. Four different material for the taps were used: ordinary high speed steel (HSS); with high vanadium content (HSS-E); treated by nitriding (HSS-NI); and high speed steel taps obtained by powder metallurgy(HSS-PM). All of them with five distinct degree of wear(new and after, 450, 900, 1350 e 1800 machining threads). The results showed that the main spindle motor power signal can be efficient in characterization the three stage of the tapping (cutting, repose and retracting). It, was also verified that exist a significative relationship between the degree of wear and the magnitude of power signal, measured during the cutting stage. This relation depends on the tools materials.

Keywords: Tapping, Wear, Power, Tools Materials, Tap.