

ANÁLISE DO TORNEAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL ABNT 304 ATRAVÉS DA TEMPERATURA DO CAVACO

Flávia Cristina Sousa e Silva

Universidade Federal de Uberlândia – Avenida João Naves de Ávila nº 2160 Campus Santa Mônica Bloco 1M
Uberlândia - MG
flavia_cris11@hotmail.com

Janaína Aparecida Pereira

Universidade Federal de Uberlândia – Avenida João Naves de Ávila nº 2160 Campus Santa Mônica Bloco 1M
Uberlândia - MG
janaina_eng@yahoo.com.br

Camila Corrêa Martins Ferreira

Universidade Federal de Uberlândia – Avenida João Naves de Ávila nº 2160 Campus Santa Mônica Bloco 1M
Uberlândia - MG
biacorrea_mg@hotmail.com

Márcio Bacci da Silva

Universidade Federal de Uberlândia – Avenida João Naves de Ávila nº 2160 Campus Santa Mônica Bloco 1M
Uberlândia - MG
mbacci@mecanica.ufu.br

Resumo: Os aços inoxidáveis são materiais que apresentam, em geral, baixa usinabilidade, devido principalmente à alta taxa de encruamento durante a usinagem, e produção de cavacos longos que levam a um desgaste acelerado da ferramenta. Por isso, torna-se importante identificar a relação entre a evolução do desgaste e a morfologia do cavaco. Foram realizados testes onde se mediu a temperatura do cavaco através de um sensor infravermelho. Nestes ensaios, o desgaste foi monitorado. Os resultados mostram que é possível estabelecer uma relação entre os estágios do desgaste e a temperatura com a morfologia do cavaco.

Palavras-chave: Formação do cavaco, Aço Inoxidável Austenítico ABNT 304, Desgaste de Ferramenta, Temperatura do Cavaco.

1. INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis são materiais de suma importância na indústria e têm grande emprego em equipamentos de processo, devido às suas excelentes propriedades químicas como alta resistência a corrosão e resistência a temperaturas elevadas. Contudo, são materiais de difícil usinabilidade e os aços inoxidáveis austeníticos estão na classe dos mais difíceis de se usar. É de extremo interesse da indústria conhecer técnicas para se monitorar a usinagem desses materiais, já que os aços de usinabilidade melhorada podem ser uma alternativa, porém, algumas vezes, não possuem o mesmo campo de aplicação.

As condições de corte, quando possível, são escolhidas a fim de se evitar ou minimizar a formação de cavacos de características indesejáveis e, portanto, prejudiciais. Os aços inoxidáveis austeníticos apresentam, em geral, cavacos longos que levam a um desgaste acelerado da ferramenta. Sendo assim, estudos que tem como objetivo desenvolver métodos de controle do cavaco para minimizar problemas durante a usinagem se tornam interessantes.

A evolução do desgaste em ferramentas, principalmente na usinagem de aços inoxidáveis austeníticos é um fator inevitável, devido ao fato destes materiais serem considerados de difícil usinabilidade pela elevada capacidade de encruamento. O contato entre cavaco e ferramenta possui uma extensa área. Altas temperaturas são geradas, acelerando o processo de desgaste.

Poder determinar o nível de desgaste da ferramenta através de algum método de monitoramento que não necessitasse interromper o processo de corte seria uma alternativa para evitar custos adicionais e diminuição da produtividade.

Como todo o processo de formação do cavaco gera deformação e acréscimo de temperatura, que ocorrem diretamente na interface cavaco-ferramenta, o cavaco pode ser relacionado diretamente ao desgaste da ferramenta.

Este trabalho tem por objetivo determinar a relação entre a morfologia e temperatura dos cavacos produzidos no torneamento cilíndrico externo do aço inoxidável austenítico ABNT 304 com os diferentes níveis de desgaste em ferramenta de metal duro revestida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MECANISMO DE FORMAÇÃO DO CAVACO

Apesar de bastante conhecido, o mecanismo de formação do cavaco não é um processo óbvio, pois as velocidades e as deformações que ocorrem são muito grandes comparadas com aquelas tratadas na teoria da plasticidade [Ferraresi, 1970]. Por conseguinte, através do modelo do corte ortogonal, pode-se determinar as forças atuantes e os fenômenos envolvidos no processo de formação do cavaco e estender os resultados ao corte tridimensional, às vezes, com algumas ressalvas [Machado e Da Silva, 2004].

Através do diagrama proposto por Trent [2000], mostrado na figura 2.1, o mecanismo de formação do cavaco é representado, considerando o volume de material “klmn” se movendo em direção à aresta cortante.

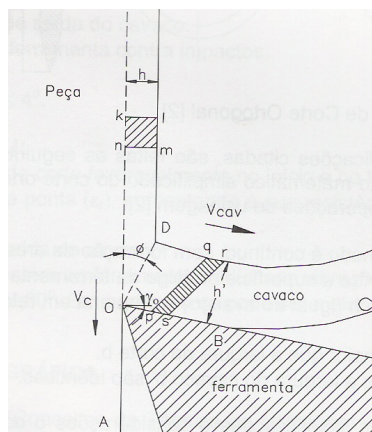


Figura 2.1 – Diagrama da aresta cortante [Trent, 2000]

O material se move até que a ferramenta começa a recalcar a porção de material “klmn”, que passa a sofrer deformações elásticas neste ponto. Como o processo é contínuo, o limite de escoamento do material é ultrapassado, até que o material começa a se deformar plasticamente. As deformações plásticas continuam ocorrendo de forma que as tensões não são mais suficientes para manter esse regime. Neste ponto, define-se a zona de cisalhamento primária, que na figura 2.1 é representada pelo segmento OD. Devido ao avanço da ferramenta, as tensões ultrapassam o limite de resistência do material dentro da zona de cisalhamento primária. Desta forma, inicia-se uma trinca no ponto O, que pode se estender até o ponto D. A ductilidade ou fragilidade do material virá determinar a propagação da trinca e, conseqüentemente, determinar também se o tipo de cavaco será contínuo ou descontínuo.

Quando a porção “klmn” atravessa a zona de cisalhamento primária, ela se move sobre a superfície de saída da ferramenta, e as conseqüentes deformações plásticas que ela continua sofrendo a fazem se transformar no volume “pqrs”. Essa nova porção de material atravessa a superfície de saída da ferramenta ainda sofrendo altíssimas deformações plásticas cisalhantes [Machado e Da Silva]. Essa região é definida como a zona de cisalhamento secundária, que na figura 2.1 está definida pelo segmento OB.

Ao se completar todo esse ciclo de transformações sofrido por cada porção de material que adentra a zona de cisalhamento primária, tem-se a formação de uma lamela de cavaco. E como depois de cada porção vem seguindo outra, similar, que atravessa todo o ciclo novamente, dá-se, assim, o mecanismo de formação do cavaco.

2.2. TEMPERATURA DE CORTE

A maioria dos mecanismos de desgaste é de origem térmica, e os mecanismos de origem mecânica também são influenciados pela temperatura. Desta forma, as altas temperaturas atingidas na interface cavaco-ferramenta e no contato da ferramenta com a peça são uma das principais causas do desgaste das ferramentas de corte, e isto limita a aplicação de regimes de corte mais altos, fixando, portanto, as condições máximas de produtividade e duração das ferramentas [Ferraresi, 1970]. Logo, é de extrema importância a tentativa de conhecer as temperaturas envolvidas no corte, a fim de se obter dados para redimensionar a ferramenta, para que ela tenha uma vida útil prolongada, gerando economia no processo.

2.2.1. Geração de Calor

Em usinagem, quase todas as energias envolvidas são convertidas em forma de calor. Apenas uma pequena porcentagem, de 1 a 3%, não é convertida em energia térmica. Parte fica retida no sistema, como energia elástica e a outra porção, associada à geração de novas superfícies. O aumento da temperatura de corte na usinagem se deve a dois fatores: a formação do cavaco na zona de cisalhamento primária e o atrito entre o cavaco e a superfície de folga da ferramenta.

Trent [1988] determina o calor gerado em três zonas distintas, a saber:

- A – Zona de Cisalhamento Primária;
- B e C – Zona de Cisalhamento Secundária;
- D – Interface entre a peça e a superfície de folga da ferramenta.

Estas três zonas estão mostradas na figura 2.2.

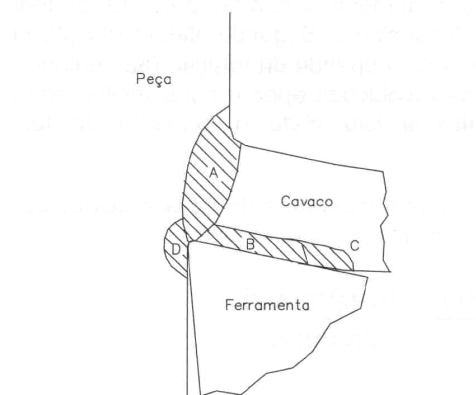


Figura 2.2. Zonas de geração de calor em usinagem [Machado e Da Silva, 2004]

Vale ressaltar que a geração de calor na região C da figura 2.2 somente apresentará um diferencial quando a aresta de corte já estiver desgastada ou se o ângulo de folga for pequeno.

A quantidade de calor produzida por estas zonas é dissipada através do cavaco, da peça, da ferramenta e para o meio. Por conseguinte, a equação do balanço energético do processo de corte é expressa desta forma, onde o calor Q é dado em [kcal/min] [Ferraresi, 1970]:

$$Q_z + Q_{a1} + Q_{a2} = Q_c + Q_p + Q_{ma} + Q_f \quad (2.1)$$

Onde:

Q_z : calor gerado na zona A

Q_{a1} : calor gerado na zona B

Q_{a2} : calor gerado na zona C

Q_c : calor dissipado pelo cavaco

Q_p : calor dissipado pela peça

Q_{ma} : calor dissipado pelo meio

Q_f : calor dissipado pela ferramenta de corte

Boa parte do calor gerado na zona de cisalhamento primária é dissipada pelo cavaco, e a outra pequena parte é conduzida à peça. Esta pequena parcela de calor é responsável por uma elevação da temperatura superficial da mesma peça, que conforme Wick [1987] é percebida quando há um aumento da rotação da peça.

O calor gerado nesta zona praticamente não tem influência nenhuma na temperatura da ferramenta, pois o calor gerado aqui se deve a formação do cavaco, e o tempo que uma porção do cavaco passa sobre a superfície de saída da ferramenta é muito pequeno para poder conduzir calor [Trent, 2000].

Na zona de cisalhamento secundária é onde se desenvolve a maior fonte de calor para o aumento da temperatura da ferramenta. É também a zona mais próxima da ferramenta. O aumento da temperatura causa efeito direto na taxa de remoção de material, que não vem a ser um problema na usinagem de materiais macios e de baixo ponto de fusão. Mas, na usinagem de materiais duros é extremamente danoso [Shaw, 1984]. As altas temperaturas atingidas nesta região são determinantes na evolução dos mecanismos de desgaste que se dá por efeito térmico e levam à redução do limite de escoamento da ferramenta, diminuindo, assim, sua vida útil. Quando há o aparecimento de zona de fluxo, a quantidade e a taxa de deformação são muito altas e complexas. Essas altíssimas taxas de deformação ocorrem sem promover o encruamento do material usinado devido ao amolecimento adiabático do material causado pelo aumento da temperatura. Portanto, a temperatura na zona de fluxo e da ferramenta são dependentes da quantidade de trabalho necessária para realizar o cisalhamento do material e da quantidade de material que passa pela zona de fluxo. Isto varia de acordo com o material da peça. A temperatura da ferramenta pode chegar, em certos casos, a 1100 °C, e elas precisam ser projetadas para suportar essas temperaturas.

2.2.2. Efeito dos Parâmetros de Corte sobre a Temperatura de Corte

A temperatura de corte é influenciada por alguns parâmetros de corte e da interação entre essas variáveis, que é uma situação complexa. A seguir, é mostrado o efeito desses parâmetros na temperatura.

- **Velocidade de Corte:** O aumento da velocidade de corte gera um aumento na temperatura de corte, pois aumenta a geração de calor. Esse aumento de temperatura acelera com o aumento do desgaste da ferramenta, o que, conseqüentemente, faz aumentar o atrito entre a peça e a ferramenta, e resulta num aumento da força de corte.
- **Avanço:** O efeito do avanço é analisado juntamente com a velocidade de corte. Para baixos valores de avanço e baixas velocidades de corte, em geral, há a presença de aresta postiça de corte, e quando esta se faz presente, a principal fonte de calor está afastada da superfície da

ferramenta. Porém, com o aumento da velocidade de corte, a aresta postiça de corte perde estabilidade e a temperatura da ferramenta volta a aumentar com o aumento da velocidade.

- Profundidade de Corte: O aumento da profundidade de corte, assim como o avanço, altera as áreas dos planos de cisalhamento primário e secundário, e isso resulta num aumento da força de corte. A quantidade de calor gerado é resultado da força de corte. Logo, um aumento da profundidade de corte implica num aumento da temperatura.
- Ângulo de Folga: As evidências indicam que as interações entre o efeito do ângulo de folga, α_0 , a velocidade de corte e o avanço podem ser muito significativas, trazendo resultados ótimos para a redução da temperatura de corte.

2.2.3. Medição Experimental da Temperatura de Usinagem

A temperatura de corte é um dado muito importante na usinagem, pois influi diretamente no desgaste da ferramenta. Conhecê-la, por certo, é ter um dado bastante relevante em mãos. E, devido a este fato, existem várias maneiras para tentar estima-la. Nessas tentativas, já foram utilizados métodos práticos e analíticos. A radiação infravermelha é um dos métodos práticos utilizados.

A radiação ocorre quando acontece fluxo de calor entre dois objetos, via ondas eletromagnéticas. Os aparelhos que utilizam o sistema de radiação infravermelha para medição de temperatura medem apenas o calor transferido por radiação.

Nicholas e White [1994] descrevem o princípio de funcionamento do sensor infravermelho assim: as ondas de calor atingem a câmera, passam por lentes especiais e, através de um detector, criam sinais elétricos, transformando um espectro infravermelho em um espectro visível, permitindo ver ou medir o calor transferido. Os detectores mais utilizados são os térmicos e os de fóton. Os primeiros mudam sua temperatura quando ocorre variação na quantidade de radiação infravermelha. Isso porque a mudança na temperatura instantânea dentro do detector produz o sinal elétrico necessário para criar imagens. Os detectores de fóton criam sinais elétricos pela absorção da energia infravermelha na forma de fótons, ou seja, através do efeito fotoelétrico. O detector de fóton é mais utilizado, pois é mais sensível que o térmico e possui foco plano.

2.3. MONITORAMENTO DE PROCESSOS DE USINAGEM

A evolução do desgaste nas ferramentas causa distorções na dimensão dos componentes fabricados, gerando, muitas vezes, custos adicionais. Portanto, a necessidade da instalação de sistemas de monitoramento *on-line* adequados nos processos de usinagem é um importante requisito no desenvolvimento de sistemas de usinagem completamente automatizados [Dolinsek e Kopac, 1999].

Os três tipos de sistema de monitoramento mais comuns em uma máquina-ferramenta são os monitoramentos da peça, da ferramenta e da máquina.

Segundo Blum et al [1988], as avarias e desgastes de ferramentas são os maiores fatores que influenciam na qualidade e ritmo de produção. Além disso, com o emprego de ferramentas de alto custo, sua utilização otimizada torna-se imprescindível. Com isso, surgiram vários métodos de monitoramento da ferramenta de corte, que podem ser divididos conforme Blum et al [1988]:

- Métodos diretos (off line): medição direta do desgaste ou detecção da quebra da ferramenta, após a interrupção da usinagem;
- Métodos indiretos (on line): medição indireta do desgaste ou detecção da quebra da ferramenta, através de sinais que possuem correlações com o processo de corte. A é realizada durante a usinagem.

2.4. USINAGEM DE AÇOS INOXIDÁVEIS

Aço inoxidável é a denominação dada a ligas de ferro, resistentes à corrosão, à oxidação e ao calor e que contêm, no mínimo, 10,5% de cromo. Outros elementos também integram essas ligas, porém o cromo é o elemento de liga mais importante, responsável por criar uma camada passivadora de óxido e hidróxido de cromo, que é resistente e uniforme, tem excelente aderência e plasticidade, baixa porosidade e volatilidade além de solubilidade praticamente nula [Metals Handbook, 1972].

Existe uma grande variedade de aços inoxidáveis, com níveis progressivamente maiores de resistência à corrosão, devido principalmente ao cromo, e resistência mecânica, propriedade obtida pela presença de níquel, além da adição de outros elementos de liga, originando propriedades específicas com relação à possibilidade de resistir a diferentes meios.

As características dos aços inoxidáveis que exercem grande influência na usinabilidade são:

- Alto limite de resistência à tração;
- Alta taxa de encruabilidade, particularmente das ligas austeníticas;
- Alta ductilidade.

Esses fatores explicam a tendência do material de formar aresta postiça de corte na ferramenta durante as operações tradicionais de usinagem. Os cavacos removidos durante o corte exercem altas pressões na aresta de corte. Estas pressões, quando combinadas com altas temperaturas na interface cavaco-ferramenta causam a aderência de porções de cavacos na ferramenta. Além disso, a baixa condutividade térmica dos aços inoxidáveis contribui com o aumento do calor durante o corte.

2.4.1. Aços Inoxidáveis Austeníticos

Os aços inoxidáveis austeníticos contêm na sua composição cromo, níquel e manganês, ou apenas cromo e níquel como elementos principais, e são identificados pela ordem AISI 200 ou a série 300, respectivamente.

O endurecimento por encruamento nos aços inoxidáveis austeníticos é acompanhado pelas mudanças parciais na estrutura, com a conformação de uma fase de martensita ferromagnética, que explica o porquê de, com a deformação a frio ocorrer os chamados “aços austeníticos magnéticos”.

São caracterizados por apresentar excelente resistência à corrosão e uma ótima conformabilidade.

O exemplo típico deste grupo é o 304, também conhecido por aço inoxidável 18-8, que se refere à porcentagem de cromo, 18%, e a de níquel, 8%.

A usinabilidade dos aços inoxidáveis é substancialmente diferente da usinabilidade dos aços carbonos e outras ligas. Em vários aspectos, a maioria dos aços inoxidáveis é mais difícil de usinar, primeiramente por causa da sua ductilidade e por fim devido a sua capacidade de encruar muito rapidamente.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os trabalhos experimentais foram realizados no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem – LEPU, sendo que as medições de desgaste, fotografias e análises de imagens foram feitas no Laboratório de Metrologia, todos pertencentes à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

3.1. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Foi utilizada uma barra cilíndrica de aço inoxidável ABNT 304, pertencente ao LEPU, de 70,9 milímetros de diâmetro e 500 milímetros de comprimento. Este aço se encontra dentro da classificação ABNT 304.

As ferramentas utilizadas nos ensaios foram insertos de metal duro revestido SNMG 120404 MF 431, da Sandvik Coromant. O suporte usado foi o PSSNR 2020 K12, também da Sandvik.

Durante o teste utilizou-se o torno com variação contínua de velocidade, Revolution 220, da Deb`Maq, com 7,5 CV de potência.

O desgaste da ferramenta foi medido utilizando-se estéreo microscópio com o software de análise de imagem Image Pro.

Para medição de temperatura foi utilizado um sensor infravermelho Raytek e para a análise dos sinais de temperatura foi utilizado o programa Data Temp Multidrop.

Todas as fotos dos cavacos foram feitas pelo estéreo microscópio e pelo analisador de imagem Image Pro.

3.2. METODOLOGIA

Os parâmetros de corte utilizados foram os seguintes: profundidade de corte (a_p) com o valor de 1 milímetro e o avanço (f_n) de 0,15 milímetros por revolução. Utilizou-se velocidades de corte de 120 m/min, 130 m/min, 150 m/min, 160 m/min e 170 m/min. O teste de torneamento cilíndrico externo foi realizado a seco.

As ferramentas utilizadas foram desgastadas previamente numa barra do próprio material, para que não mudasse o seu mecanismo de desgaste. Usou-se, inicialmente, uma aresta nova, sem desgaste, para cada velocidade pré-determinada. Logo após, os testes foram realizados para cada velocidade de corte com desgastes diferentes, que variaram de 0,1 mm até 0,5 mm, com acréscimo de 0,1 mm a cada passe. Após o término do passe, retirava-se a ferramenta e monitorava-se o desgaste.

O sensor infravermelho foi montado de forma que a superfície da sua lente ficasse a 76 milímetros da superfície de saída da ferramenta, a fim de se ajustar o foco mais preciso. Fez-se a mira do local onde o sensor captaria as temperaturas através de um feixe luminoso que se encontrava num suporte adaptado ao sensor, como é mostrado na figura 3.1.

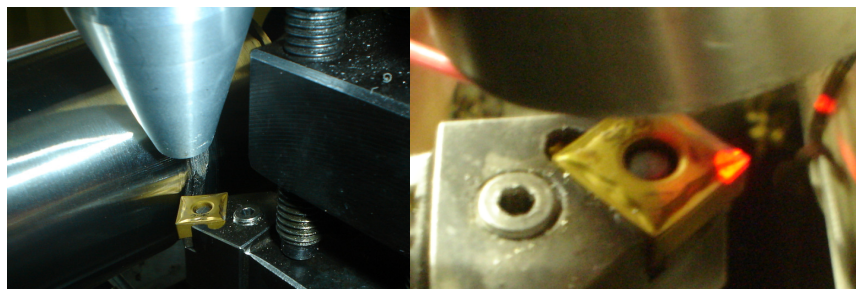


Figura 3.1. Mira da posição de medida de temperatura do sensor infravermelho.

Após posicionar o sensor no local certo de medição, trocou-se o suporte adaptado com o feixe luminoso pelo suporte que tem a finalidade de proteger a lente do sensor.

Todos os passes foram dados na peça durante 30 segundos. Durante esse tempo, era captado o sinal enviado pelo sensor, que é mostrado no programa Data Temp Multidrop como gráficos de temperatura.

Foram realizados 30 passes para coleta de cavacos e medição da temperatura atingida na superfície dos cavacos, com velocidades de corte diferentes e diversos níveis de desgaste determinados.

Fez-se fotos de amostras dos cavacos obtidos de cada ensaio, para se relacionar o tipo e a forma com os gráficos de temperatura medida.

4. RESULTADOS

As figuras 4.1 e 4.2 trazem uma análise dos valores da temperatura máxima dos cavacos obtidos nos ensaios realizados, e as variações de velocidade de corte e desgaste de flanco da ferramenta.

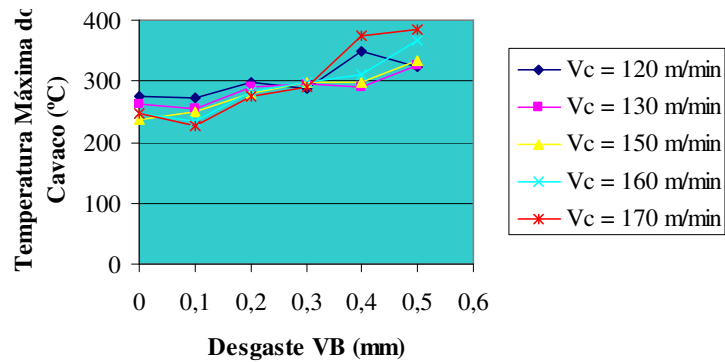


Figura 4.1. Efeito do desgaste na temperatura do cavaco.

Através da figura 4.1 pode-se perceber que, para todas as velocidades de corte escolhidas, a temperatura máxima que os cavacos atingiram, de uma maneira geral, aumentou com o aumento do desgaste.

No cavaco é dissipada a maior parte do calor gerado na zona de cisalhamento primária. E com o aumento do desgaste, aumenta-se a quantidade de deformações na zona de cisalhamento primária, consequentemente, o calor nela gerado e a temperatura do cavaco.

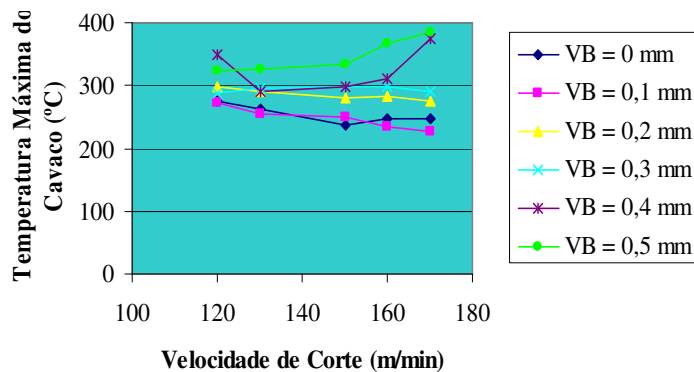


Figura 4.2. Efeito da velocidade de corte na temperatura do cavaco.

Pela análise do gráfico da figura 4.2, nota-se que apenas para os desgastes mais altos, de 0,4 mm e 0,5 mm é que o acréscimo da velocidade de corte é significativo no aumento da temperatura máxima atingida pelo cavaco. Para os demais níveis de desgaste esse efeito não ocorre. Ao contrário, observa-se um ligeiro decréscimo nos valores da temperatura do cavaco.

Boothroyd [1981] propõe um método que permite cálculos aproximados do aumento da temperatura do cavaco devido ao calor gerado na zona de cisalhamento primária. Através dela constatou-se que o aumento de temperatura no cavaco não é muito influenciado pela velocidade de corte. Os resultados dos ensaios comprovam este fato. Praticamente, não houve variações

significativas da temperatura do cavaco com o aumento da temperatura, a não ser para os ensaios realizados com as ferramentas de maior nível de desgaste.

Pela análise da morfologia do cavaco, nota-se que para todos os testes realizados os cavacos são do tipo contínuo, por ser característica dos aços inoxidáveis austeníticos, devido a sua grande ductilidade. Porém, quanto à forma, obteve-se arcos conectados para menores desgastes e helicoidal bem distorcido para desgastes maiores. A coloração é um fato bem característico das temperaturas atingidas, devido a formação dos óxidos na superfície dos cavacos. Para velocidades mais baixas, a coloração é sempre amarelada. E para a condição mais severa de velocidade e desgaste, a coloração se aproxima do vermelho.

5. CONCLUSÃO

- A temperatura do cavaco do aço inoxidável ABNT 304 aumenta com o aumento do desgaste de flanco da ferramenta de metal duro.
- A velocidade de corte não é um fator determinante da temperatura do cavaco do aço inoxidável ABNT 304.
- O cavaco do aço inoxidável ABNT 304 no torneamento cilíndrico externo a seco é do tipo contínuo, independente do valor de desgaste de flanco da ferramenta, da velocidade de corte e da temperatura.
- A coloração dos cavacos do aço inoxidável ABNT 304 muda com o aumento da velocidade de corte e do desgaste de flanco, devido às temperaturas atingidas. Para temperaturas mais baixas, a coloração do cavaco é de tom amarelado. Para temperaturas mais altas, o tom é avermelhado.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a Universidade Federal de Uberlândia, ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica e ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem – LEPUS, pela oportunidade de realização deste trabalho. Às agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro. E ao Instituto Fábrica do Milênio – IFM, do qual este trabalho faz parte.

7. REFERÊNCIAS

- Boothroyd, G. Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools. International Student Edition, 2nd ed., Marcel Dekker Inc., New York, 1989.
- Ferraresi, D. Fundamentos da Usinagem dos Metais, 1^a ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1970. 754 f.
- Machado, A. R.; Da Silva, M. B. Usinagem dos Metais. 8^a ed. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2004, 257 f.
- Trent, E. M.; Wright, P. K. Metal Cutting. 4th edition, Boston, USA, Butterworths, 2000, 446 f.
- Trent, E. W. Metal Cutting and the Tribology of Seizure: part I, II and III. Wear, 128, 1988.
- Wick, C. Coated Carbide Tools Enhances Performance. Manufacturing Engineering, p. 45-50, 1987.
- Shaw, M. C. Principles of Metal Cutting. Oxford University Press, 1984
- Nicholas, J. V.; White, D. R. Traceable Temperatures: An introduction to temperature measurement and calibration. Ed. John Wiley e Sons, 1994, 654 f.
- Dolinsek, S.; Kopac, J., Acoustic Emission Signals for Tool Wear Identification. Wear. v. 225-229, pp. 295-303, 1999.
- Blum, T.; Suzuki, I.; Inasaki, I. Development of a Condition Monitoring System for Cutting Tools Using an Acoustic Emission Sensor. Bulletin of the Japan Society of Precision Engineering, v. 22, n. 4, p. 301-8, 1988.

Metals Handbook. Atlas of Microstructures of Industrial Alloy. Ohio American Society for Metals, 8th ed., vol. 7, 1972.

ANALISYS OF THE TURNING OF ABNT 304 STAINLESS STEEL BY THE CHIP TEMPERATURE

Flávia Cristina Sousa e Silva

Universidade Federal de Uberlândia – Avenida João Naves de Ávila nº 2160 Campus Santa Mônica Bloco 1M
Uberlândia - MG
flavia_cris11@hotmail.com

Janaina Aparecida Pereira

Universidade Federal de Uberlândia – Avenida João Naves de Ávila nº 2160 Campus Santa Mônica Bloco 1M
Uberlândia - MG
janaina_eng@yahoo.com.br

Camila Corrêa Martins Ferreira

Universidade Federal de Uberlândia – Avenida João Naves de Ávila nº 2160 Campus Santa Mônica Bloco 1M
Uberlândia - MG
biacorrea_mg@hotmail.com

Márcio Bacci da Silva

Universidade Federal de Uberlândia – Avenida João Naves de Ávila nº 2160 Campus Santa Mônica Bloco 1M
Uberlândia - MG
mbacci@mecanica.ufu.br

Abstract: *The stainless steels are materials that generally present low machinability due mainly the high ability to workharden during the turning and the production of long chips that lead to a speed up tool wear. Therefore, it is important to identify the relation between the evolution of the wear and the chip morphology. The turning experiments were carried out in ABNT 304 stainless steel using cemented carbides tools. The turning experiments which the temperature was monitored by infrared sensor were carried out. In these experiments, the tool wear was monitored too. The results show that it is possible to establish a relation between the periods of tool wear and the chip morphology.*

Keywords: *Chip Formation, ABNT 304 Austenitic Stainless Steel, Toll Wear Monitoring, Chip Temperature*