

DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE TORNEAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL ABNT 304 ATRAVÉS DO ESTUDO DA FORMAÇÃO DO CAVACO

Flávia Cristina Sousa e Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, LEPU, Avenida João Naves de Ávila nº 2160, 38400-089, Uberlândia, MG.
fcss11@hotmail.com

Márcio Bacci da Silva

mbacci@mecanica.ufu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho é estudar o processo de formação do cavaco durante o torneamento do aço inoxidável ABNT 304, dentro de uma diversidade de parâmetros de corte. A partir dos resultados obtidos, conferir a relação existente entre tipo, forma e características do cavaco produzido e as condições de corte, estado de desgaste da ferramenta, temperatura e condições da interface cavaco-ferramenta. Os cavacos serão analisados pela medição da espessura e classificação com relação ao tipo e forma. Serão também realizados ensaios de “quick stop” para obtenção de amostras da raiz do cavaco e análise microestrutural. Pretende-se também correlacionar a coloração do cavaco com a temperatura durante a usinagem. Para isto será utilizado um sensor infravermelho para medição da temperatura na superfície do cavaco. Espera-se estabelecer um diagnóstico do processo de torneamento do material, pelas características dos cavacos produzidos.

Palavras-chave: aço inoxidável ABNT 304, torneamento, formação de cavaco.

1. INTRODUÇÃO

O cavaco pode assumir uma infinidade de formas nas diversas operações de usinagem. O controle da forma de cavacos é um desafio que engenheiros enfrentam. Os cavacos longos não são desejáveis tanto por poder causar acidentes com operadores de máquinas ferramenta, quanto por danificar a própria máquina, ou levar a quebra da ferramenta. Além disso, o transporte e manuseio desse tipo de cavaco são difíceis.

Devido a todos esses fatores, dentro da indústria, numa linha de produção automatizada, a interferência e pausa para remoção do cavaco, tornam o processo oneroso, e, em alguns casos, inviável.

A cinemática da quebra do cavaco também é um fator determinante na caracterização do tipo de cavaco. Através da tensão normal atuante no plano de cisalhamento primário pode-se determinar se o cavaco será do tipo contínuo ou não no corte de materiais. Os cavacos contínuos ocorrem em materiais dúcteis e homogêneos, como os aços, aços forjados, de baixa liga, na usinagem de cobre e alumínio, tanto em baixo quanto médio avanço e em altas velocidades. Cavacos parcialmente contínuos formam-se em usinagem utilizando-se grandes avanços, ângulo de saída pequeno e baixa velocidade. Já os cavacos descontínuos ocorrem na usinagem de materiais frágeis. Os cavacos segmentados são formados em condições de corte específicas e normalmente na usinagem de materiais exóticos como ligas de titânio, que são mal condutores de calor.

Os aços inoxidáveis são materiais que apresentam, em geral, baixa usinabilidade devido principalmente a alta taxa de encruamento durante a usinagem. Apresentam, também, cavacos

longos que levam a um desgaste acelerado da ferramenta. O material da peça e a composição das ligas são os fatores mais significativos na caracterização do tipo de cavaco a ser produzido.

A fabricação de componentes através da usinagem demanda cuidados na qualidade da produção, a fim de que se produza peças com acabamento superficial cada vez melhor, dentro das tolerâncias desejadas, e sempre visando o baixo custo e alta produtividade. Para isto, é necessário que se tenha um profundo conhecimento do processo de usinagem em questão. Deve-se evitar falhas durante o processo e se determinar com exatidão as condições de corte adequadas para a usinagem correta de uma determinada peça. Sendo assim, são pertinentes os estudos que possam dar diagnósticos de processos de usinagem a partir da observação de algum fator que caracterize o processo. O cavaco, por certo, é um dos fatores mais determinantes na caracterização de um processo de usinagem, e dele pode ser extraída uma infinidade de informações a respeito do corte.

2. FORMAÇÃO DO CAVACO

Existem vários estudos sobre formação de cavaco, onde se pode obter informações sobre como são formados os diferentes tipos e formas de cavacos. Basicamente, existem três tipos de cavacos: cavaco contínuo, onde há apenas um deslizamento dos elementos do cavaco; descontínuo, onde o cavaco é um fragmento da peça usinada; e segmentado, no qual o cavaco cisalha, na região de cisalhamento, e posteriormente os segmentos permanecem conectados (Ferraresi, 1977). A literatura, no entanto, apresenta diferentes classificações quanto ao tipo de cavaco. O que determina o tipo de cavaco é, principalmente, o material da peça (Diniz et al, 2000), que é o fator determinante na extensão da propagação da trinca no plano de cisalhamento primário.

No corte a altas velocidades (Marcondes et al, 2003), em geral, tem-se a produção de cavacos contínuos, pois com maiores valores de velocidade a restrição do movimento entre o cavaco e a ferramenta diminui. Altas velocidades de corte significam também altas temperaturas, o que implica num aumento da ductilidade do material da peça, favorecendo a formação do cavaco contínuo. É observado que com a adição de alguns elementos de livre corte, como o chumbo por exemplo, (Oliveira et al, 2005), esta restrição é diminuída e a trinca passa a se propagar mais facilmente.

O avanço e a profundidade de corte também influenciam na formação do cavaco. Quando a profundidade de corte aumenta e o avanço permanece com o mesmo valor, o raio de curvatura do cavaco tende a aumentar, e dificultar a quebra do cavaco. Para pequenos valores de profundidade de corte e baixo avanço, pode-se produzir cavacos longos e finos, ou seja, cavacos contínuos de difícil quebra. Para avanços maiores, a espessura do cavaco aumenta, resultando em um menor raio de curvatura do cavaco e isso simplifica a quebra do cavaco (Karino, 1998), conforme exemplo mostrado na figura 1.

Quanto à forma, uma classificação simplificada dos cavacos pode ser: fita, helicoidal, espiral e em pedaços. Uma classificação mais detalhada pode ser encontrada na norma ISO (1977). O avanço e, principalmente, o material da peça, são os fatores que mais influenciam na forma do cavaco. Já a profundidade de corte é o parâmetro que menos influencia. A figura 2 mostra vários exemplos de diferentes formas de cavaco.

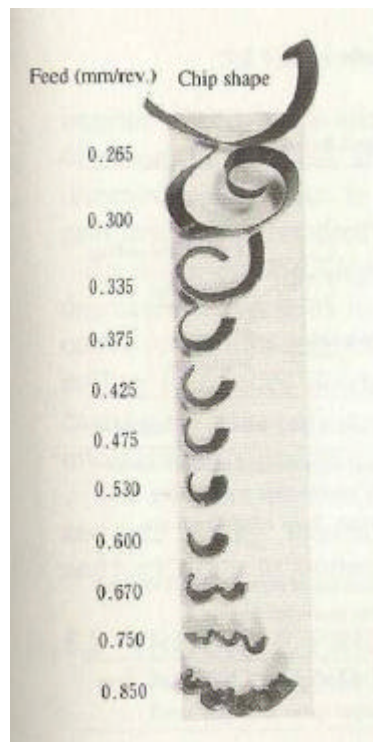


Figura 1 - Variação da forma do cavaco com a variação do avanço no torneamento a seco do aço - carbono C45 (180 HB), $V_c = 120$ m/min, $a_p = 5$ mm (Karino, 1998).

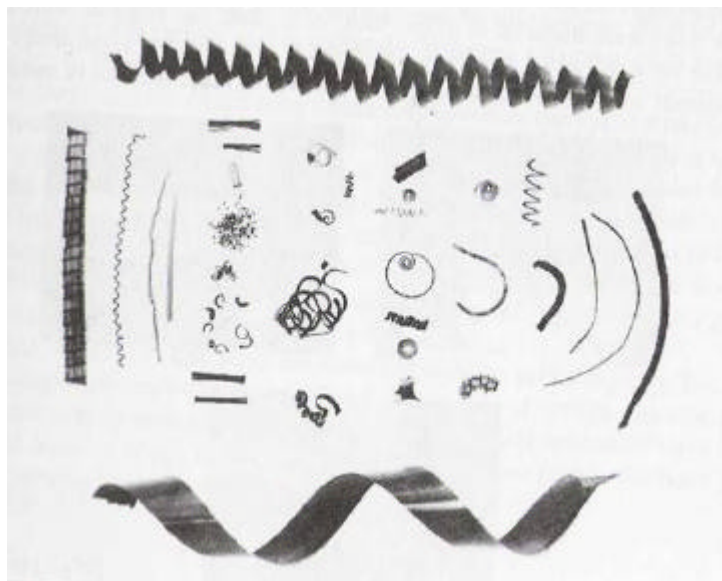


Figura 2 - Formas de cavaco (Trent, 2000).

Em materiais dúcteis, como é o caso dos aços de baixa liga, é importante se destacar não só o interesse na utilização das condições de corte mais adequadas ao processo, mas também o controle do cavaco, pois com o uso de máquinas CNC e velocidades de corte cada vez mais altas há a produção de cavacos longos, que exigem controle na sua produção. Além disso, os cavacos longos podem afetar as forças de usinagem, temperatura de corte e vida das ferramentas (Machado e Da Silva, 2004), influenciando erroneamente na diagnose do processo. Logo, para materiais dúcteis deve-se determinar condições de corte que evitem a produção de cavacos longos e, quando isto não for possível, deve-se utilizar quebra cavacos adequados.

Os aços inoxidáveis são ligas de ferro e cromo, com, pelo menos, 10,5% de cromo. Contêm ainda, na sua composição, níquel e baixas quantidades de carbono. O aço inoxidável ABNT 304 é classificado como um aço inoxidável austenítico, devido à sua matriz austenítica com carbonetos de

cromo e são, geralmente, mais difíceis de usinar que os aços comuns ao carbono e aços de baixa liga. Eles têm uma tendência muito grande de se aderirem na superfície de saída da ferramenta (Figura 3), o que causa maior desgaste por “attrition”, e nos cortes interrompidos pode levar a quebra.

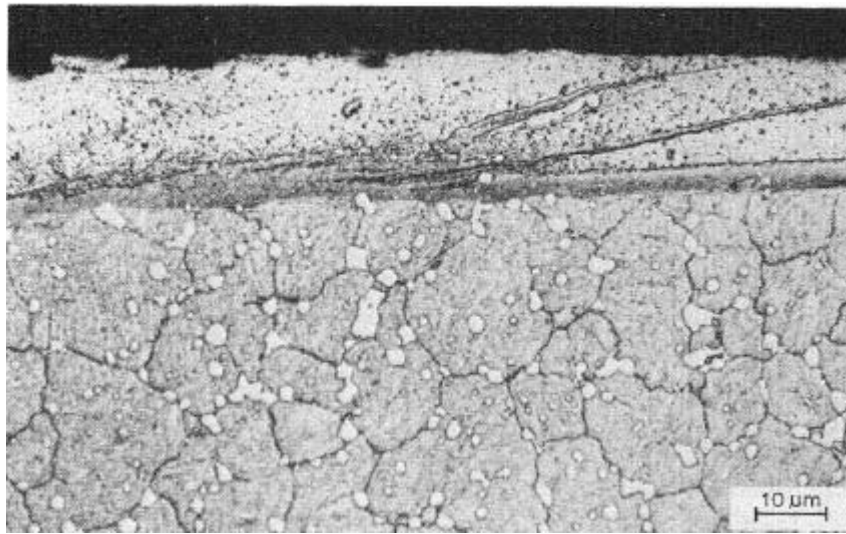


Figura 3 – Seção da superfície de saída da ferramenta de aço – rápido após usinar aço inoxidável austenítico (Trent, 2000).

O principal objetivo deste trabalho é estudar o processo de formação do cavaco durante o torneamento do aço inoxidável ABNT 304, dentro de uma diversidade de parâmetros de corte e tipos de ferramenta. A partir dos resultados obtidos, conferir a relação existente entre tipo, forma e características do cavaco produzido e as condições de corte, desgaste da ferramenta, temperatura da interface cavaco - ferramenta, força de corte e integridade superficial da peça. Objetiva-se estabelecer um diagnóstico do processo de torneamento do material, pelas características dos cavacos produzidos.

4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A metodologia a ser utilizada neste trabalho consistirá na realização de diversos ensaios de torneamento. Quanto ao material a ser usinado, será utilizado o aço inoxidável ABNT 304. As ferramentas de metal duro utilizadas nos ensaios serão selecionadas de acordo com as recomendações do catálogo do fabricante e as restrições de alguns testes experimentais.

Os ensaios serão realizados em um torno com variação contínua de velocidade, Revolution 220, da Deb`Maq, com 7,5 CV de potência, e no ensaio de “quick – stop” será utilizado o torno Imor Max. Os parâmetros de corte a serem variados serão a velocidade de corte e o desgaste da ferramenta. Um planejamento experimental (fatorial completo) será utilizado.

O trabalho será executado em seis etapas, descritas em detalhes a seguir.

4.1. Revisão Bibliográfica

Será feito um estudo prévio dos principais trabalhos e literatura disponíveis no meio científico sobre o estudo e formação do cavaco. Nesta etapa serão necessários, além da utilização dos serviços da biblioteca do campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, as bases de dados mantidas pela CAPES. A Internet também será uma ferramenta indispensável. Os principais temas a serem pesquisados serão:

- O cavaco;
- Técnicas para estudo da formação do cavaco;
- Tipos e formas de cavaco;

- Formação do cavaco;
- A interface cavaco / ferramenta;
- Trabalhos experimentais sobre formação de cavaco.

4.2. Caracterização do Material dos Corpos de Prova

Caracterizar o aço inoxidável a ser utilizado através de análise da microestrutura, dureza e micro dureza e ensaios de resistência mecânica. Os ensaios de resistência mecânica serão realizados para obter alguns valores característicos como limite de resistência mecânica, alongamento, tensão de ruptura, entre outros. Nesta etapa serão necessários materiais de consumo para metalografia e preparação de amostras metalográficas e para ensaios de dureza. Será necessário também a utilização da máquina de ensaios MTS.

4.3. Ensaio de Usinagem

Nesta etapa serão feitos ensaios de torneamento cilíndrico externo, no material selecionado, onde será variada a velocidade de corte (V_c). Destes ensaios, serão medidos os valores da espessura do cavaco (h'), a fim de se calcular o valor do grau de recalque (R_c) e do ângulo de cisalhamento (ϕ). Os cavacos serão recolhidos e fotografados para análise do tipo, da forma, e posterior análise metalográfica.

Para a medição da espessura do cavaco (h') será utilizado um micrômetro e também técnica metalográfica com utilização de um estéreo microscópio com o software de análise de imagem Image Pro. Nestes ensaios, o desgaste da ferramenta será monitorado para verificar o efeito deste parâmetro na formação do cavaco. Os testes serão realizados com diferentes níveis de desgaste da ferramenta. O desgaste da ferramenta também será medido utilizando o estéreo microscópio.

4.4. Medição de Temperatura

Nesta etapa, serão feitos ensaios de torneamento cilíndrico externo, no material selecionado para a medição de temperatura de usinagem. A temperatura será medida através de sensor infravermelho, o que deverá possibilitar a medição da temperatura do cavaco formado. Os resultados serão correlacionados com o tipo e forma do cavaco e desgaste. É provável que nesta etapa também seja utilizado o método do termopar ferramenta-peça, isto vai depender dos resultados obtidos com o sensor infra-vermelho.

4.5. Ensaio com “Quick- Stop”

Nesta etapa, serão feitos ensaios de torneamento cilíndrico externo, no material selecionado, utilizando-se a técnica do “quick-stop”. Serão também variados os mesmos parâmetros anteriores. Observações do cavaco formado e da raiz do cavaco serão feitas com o auxílio do estéreo microscópio, que serão úteis na determinação do ângulo de cisalhamento primário (ϕ). As características da interface serão relacionadas com o tipo e forma dos cavacos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem previsão de conclusão em março de 2007. As etapas 4.1, 4.2 e 4.3 já foram realizadas. Os resultados obtidos ainda estão sendo discutidos e permitirão obter uma correlação entre algumas características macro e microscópicas dos cavacos com o desgaste e condições de corte.

Este trabalho também está inserido no IFM – Instituto Fábrica do Milênio, sub-projeto SP 13, que tem a participação de pesquisadores de outras instituições, com recursos para a execução do mesmo e previsão para conclusão em dezembro de 2008.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer ao CNPq, CAPES, FAPEMIG e ao Instituto Fábrica do Milênio pelo apoio através de bolsas e recursos financeiros, ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem – LEPU e a Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU pelos recursos humanos e infra-estrutura disponíveis.

7. REFERÊNCIAS

- Diniz, A. E., Marcondes, F. C., Coppini, N. L., 2000, “Tecnologia da Usinagem dos Materiais”, Artliber Editora, 2ª Edição.
- Ferraresi, D., 1977, “Fundamentos da Usinagem dos Metais”, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 751págs.
- ISO “Tool Life Testing with Single-Point Turning Tools”, ISO 3685, 1977.
- Karino, K., 1998, “Trouble Shooting for Cutting - Prediction Information to Improve Production Techniques”, Mitsubishi Materials, 335 págs.
- Machado, A. R., Da Silva, M. B., 2004, “Usinagem dos Metais”, Editora UFU, Universidade Federal de Uberlândia, 8ª Edição, 257 págs.
- Marcondes, F.C., et al, 2003, “Usinagem em Altíssimas Velocidades - Como os conceitos HSM/HSC podem revolucionar a indústria metal – mecânica”, Editora Érica.
- Oliveria, J.F.G. et al, 2005, “Tecnologias Avançadas de Manufatura”, Coleção Fábrica do Milênio, vol. 1, Instituto Fábrica do Milênio.
- Trent, E. M., Wright, P.K., 2000, “Metal Cutting”, 4th Edition, Butterworth Heinemann, London, 446 págs.

DIAGNOSIS OF THE TURNING OPERATION OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL ABNT 304 THROUGH ANALYSIS OF THE CHIPS

Flávia Cristina Sousa e Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, LEPU, Avenida João Naves de Ávila nº 2160, 38400-089, Uberlândia, MG.
fcss11@hotmail.com

Márcio Bacci da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, LEPU, Avenida João Naves de Ávila nº 2160, 38400-089, Uberlândia, MG.
mbacci@mecanica.ufu.br

Abstract: *The main objective of this work is the study of chip formation mechanism when cutting austenitic stainless steel ABNT 304 in a range of cutting parameters. The type and shape as well as other characteristics of the chips obtained will be correlated to the cutting conditions, tool wear, cutting temperature and chip/tool interface conditions. The chips formed will be collected to be analyzed and measured the thickness and classified according to the type and shape. Quick stop samples will also be obtained to allow the analyses of the microstructure of chip/tool interface. One of the characteristics of the chips observed will be the colour, which will be correlated to the temperature during the cutting. The temperature will be obtained using an infrared sensor. It is expected to establish a diagnosis of the turning process, studying the characteristics of the chips produced.*

Keywords: *austenitic stainless steel, turning, chip formation.*