

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CAVACO NO TORNEAMENTO DO AÇO ABNT 1045.

Franco Luiz Castilho de Souza, Alessandro Roger Rodrigues, Wyser José Yamakami, Rafael Gustavo da Rocha Paulo. - Engenharia Mecânica - Departamento de Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia - Campus Ilha Solteira.

A usinagem é um dos processos de fabricação mais empregados na indústria e também um dos mais caros. Os diferentes tipos de operações de usinagem permitem obter produtos nas mais variadas geometrias, quantidades, precisões ou aplicações. Estes fatos sinalizam para a importância das pesquisas científicas sobre esse processo de fabricação, uma vez que causa grande impacto econômico no sistema produtivo. Segundo Machado e Silva (1999), a fabricação nos países industrializados compreende um terço do produto interno bruto. A usinagem, especificamente, emprega milhares de pessoas e transforma em cavaco cerca de 10% de toda produção de metais.

Dentre o rol de processos de usinagem, o torneamento é seguramente um dos mais utilizados, especialmente quando se deseja fabricar peças cilíndricas ou de revolução. Tais peças são obtidas por meio da retirada de material do corpo a ser usinado recorrendo a uma ferramenta monocortante de geometria definida. O material removido da peça durante a usinagem é denominado cavaco.

De acordo com Diniz, Marcondes e Coppini (2000), os cavacos formados em processos de usinagem podem ser classificados segundo três tipos: contínuo, de cisalhamento e de ruptura. O primeiro se caracteriza por lamelas justapostas em uma disposição contínua e agrupada. O segundo tipo apresenta a mesma configuração, porém as lamelas são mais definidas e estão parcialmente soldadas ao longo do cavaco. Já o terceiro tipo tem como característica principal a ruptura completa dos segmentos lamelares. Os cavacos também podem ser diferenciados quanto à sua forma, que podem ser em fita, helicoidal, espiral e em lascas ou pedaços. Estas formas são ilustradas na Figura 1.

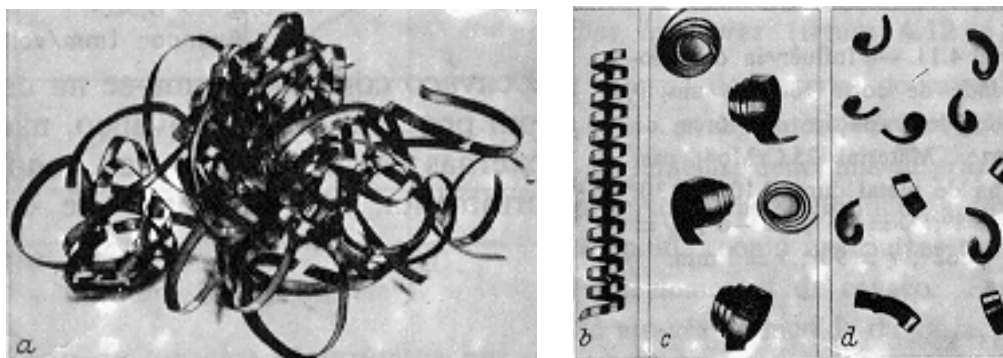


Figura 1 - Formas de cavacos: (a) fita, (b) helicoidal, (c) espiral e (d) em lascas.

O cavaco pode ser um elemento de pesquisa em usinagem extremamente importante, apesar de não parecer e da maioria dos profissionais que lidam com fabricação, sobretudo nas empresas, subestimarem ou descartarem tal fato. Via de regra na indústria o cavaco passa a ser o foco principal somente quando interfere negativamente no produto final, riscando-o na própria máquina-ferramenta pelo volume excessivo durante a usinagem ou se causar dificuldade no armazenamento ou descarte. É claro que o principal resultado a ser alcançado é o produto usinado e não o material removido dele. Entretanto, o estudo do cavaco pode trazer informações relevantes ao conhecimento do processo e, consequentemente, à sua otimização. O presente trabalho apresenta uma investigação do processo de formação de cavaco no torneamento do aço ABNT 1045.

O material do corpo-de-prova empregado nos testes foi o aço ABNT 1045, com diâmetro inicial de 35,8 mm e comprimento de corte de 300 mm. A peça foi fixada em placa universal de três castanhas, com contra-ponta na outra extremidade para proporcionar maior estabilidade durante a usinagem. Os ensaios foram conduzidos a seco em um torno universal, marca NARDINI, modelo MASCOTE, de 3,5 HP de potência. Empregou-se ferramentas de metal duro losangular VBMT 160408 C25 NC320, com revestimento de TiN, raio de ponta $r_e = 0,8$ mm, ângulo de posição $\kappa_r = 72,5^\circ$, ângulo de folga $\alpha = 5^\circ$, ângulo de saída $\gamma = 0^\circ$. Os parâmetros de corte utilizados foram

avanço $f = 0,094$ e $0,19$ mm/rot, profundidade de usinagem $a_p = 0,5$ e $1,0$ mm e velocidade de corte $v_c = 86, 117$ e 134 m/min. A Tabela 1 mostra em detalhe os parâmetros de corte e a classificação dos cavacos obtidos.

Tabela 1 - Síntese dos dados de entrada e da investigação dos cavacos gerados.

Ensaio	Parâmetros de Corte			Classificação do Cavaco		
	v_c [m/min]	a_p [mm]	f [mm/rot]	Tipo	Forma	Cor
1	86	0,5	0,094	contínuo	helicoidal	amarelo
2			0,190	contínuo	helicoidal	amarelo
3		1,0	0,190	contínuo	helicoidal	azul
4				ruptura	lascas	
5	134	0,5	0,094	contínuo	fita	azul escuro e cobre
6					helicoidal	
7		1,0	0,190	contínuo	helicoidal	azul e cobre
8					fita	azul claro
9	117	0,5	0,297	contínuo	helicoidal	azul escuro
10			0,449	contínuo	helicoidal	amarelo dourado

No 1º ensaio, constatou-se que o cavaco formado foi do tipo contínuo e helicoidal. Os baixos valores de avanço e profundidade de usinagem proporcionaram condições para que o cavaco removido fosse longo (de 0,75 a 1,00 m). No ensaio 2, nota-se que o aumento do avanço promoveu a quebra do cavaco em fragmentos menores que o primeiro ensaio (20 a 50 mm). A coloração dos cavacos levemente amarelada em ambos os ensaios retrata que o calor gerado na zona de corte foi pequeno, impedindo maiores oxidações do cavaco removido.

No 3º ensaio, observa-se a presença de cavaco contínuo e de ruptura. O aumento na profundidade de usinagem fez com que aumentasse a temperatura na zona de contato cavaco-ferramenta, caracterizado pela coloração azul do cavaco, que é peculiar nos casos onde há altas temperaturas de corte. O avanço utilizado permitiu que pequenos cavacos helicoidais se formassem (comprimento em torno de 40 mm). Contudo, nota-se a presença de cavaco de ruptura, que é característico das condições de usinagem onde há maiores taxas de cisalhamento. Neste caso, o aumento do avanço em duas vezes pode ter favorecido a formação do cavaco de ruptura.

No 4º ensaio, a coloração azulada mostrou novamente que o aumento da profundidade de usinagem promoveu um aumento da temperatura na região de corte, mas a presença de cavaco em lascas permite estimar que o contato entre o cavaco removido e a superfície de saída foi reduzido. No 5º ensaio, com o aumento da velocidade de corte em 56% verificou-se a formação de cavaco em fita e helicoidal contínuo. Comparando com o primeiro ensaio, onde somente a velocidade de corte é diferente, nota-se que há uma significativa mudança na forma dos cavacos gerados. A coloração azulada indica maior geração de calor entre a peça e a ferramenta, quando comparado com o ensaio 1. Nota-se que o comprimento médio do cavaco helicoidal diminuiu significativamente com o aumento da velocidade de corte (de 0,75 m para 0,2 m).

No ensaio 6, o cavaco obtido é muito parecido com o obtido no ensaio 2, salvo somente a coloração azulada. Mais uma vez, explica-se tal ocorrência devido ao fato do aumento da velocidade de corte promover um aumento na taxa de cisalhamento do material e, conseqüentemente, elevar a temperatura na zona de corte. No ensaio 7, há uma sensível diminuição do tamanho do cavaco

helicoidal contínuo quando comparado com o obtido no ensaio 3 (de 40 para 20 mm). Contudo, neste, há a presença de cavaco lascado, que não se verificou no ensaio 7.

No 8º ensaio, em instantes diferentes notou-se a formação de dois tipos de cavacos. Em um primeiro momento, o cavaco formado foi classificado como helicoidal e longo (superior a 2,0 m). Em seguida, houve a formação de um emaranhado de cavaco em fita que se enrolou no corpo-de-prova. Quando o cavaco em fita era rompido, o cavaco helicoidal contínuo passava a ser gerado, que logo em seguida se rompia e era substituído pelo cavaco em fita. A coloração azul claro indica que houve também considerável geração de calor, porém provavelmente em menores patamares de temperatura se comparado ao ensaio anterior.

Os ensaios 9 e 10 possuem as mesmas características dos anteriores, exceto pelo emprego de taxas de avanço bastante elevadas. O tamanho do cavaco destes dois ensaios diferiu muito pouco, mas a grande diferença foi a sua coloração. No 10º ensaio, a coloração foi bastante amarelada, enquanto no ensaio 9, a tonalidade foi azulada. As Figuras 1 a 5 mostram as imagens dos cavacos coletados.

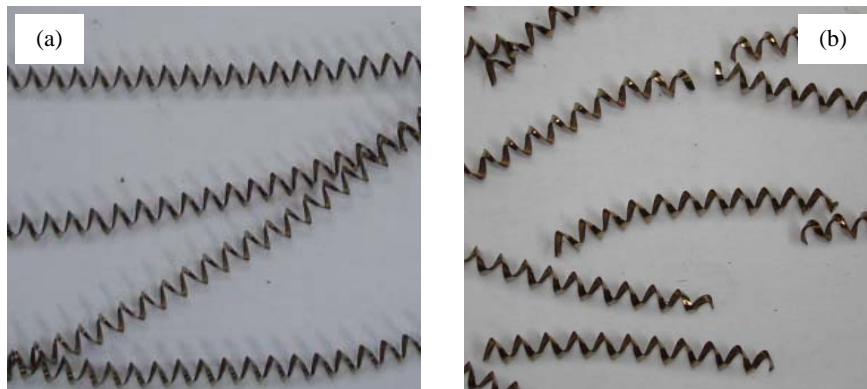


Figura 1 - Cavacos obtidos nos ensaios 1 (a) e 2 (b).



Figura 2 - Cavacos obtidos nos ensaios 3 (c) e 4 (d).



Figura 3 - Cavacos obtidos nos ensaios 5 (e) e 6 (f).



Figura 4 - Cavacos obtidos nos ensaios 7 (g) e 8 (h).



Figura 5 - Cavacos obtidos nos ensaios 9 (i) e 10 (j).

Da análise dos resultados obtidos, verifica-se que todos os parâmetros de corte utilizados como variáveis de entrada no experimento causaram influência na formação de cavaco. Pode-se dizer, em geral, que os resultados apresentaram boa concordância com os apresentados na literatura. O aumento da velocidade de corte fez com que a porção de material da peça removida na forma de cavaco sofresse maiores taxas de cisalhamento, alterando em alguns casos a forma do cavaco de helicoidal para fita. Além disso, o efeito mais pronunciado refere-se à coloração do cavaco, indicando que maiores taxas de cisalhamento geram mais temperatura e calor na interface cavaco-ferramenta. O tipo de cavaco permaneceu tipicamente contínuo, exceção feita aos ensaios 3 e 4 conduzidos em baixa velocidade de corte e maior profundidade de usinagem.

O aumento da profundidade de usinagem pôde ser também mais associado à mudança na forma do cavaco, em lascas para menor v_c e em fita para a maior v_c . Já o aumento do avanço propiciou a formação de cavacos helicoidais, exceto em parte para o ensaio 3. Este resultado, de certa forma, pode ser confirmado analisando-se os ensaios 9 e 10, em que foram empregados grandes avanços, de até metade do raio de ponta do inserto. O presente estudo encontra-se em andamento, tendo como próxima etapa a análise metalográfica dos cavacos. Estes serão embutidos longitudinalmente em resina, lixados, polidos e atacados com reagentes apropriados ao tipo de material. Um estudo mais aprofundado da microestrutura dos cavacos pode fornecer respostas mais precisas sobre os tipos de cavaco gerados, já que a olho nu não foi possível identificar possíveis cavacos de cisalhamento.

Referências Bibliográficas

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2000. 244 p.

MACHADO, Á. R.; SILVA, M. B. da. **Usinagem dos Metais**. 4. ed. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1999. 224 p.