

VIABILIDADE DO USO DE FERRAMENTAS PADRONIZADAS DE METAL DURO NO TORNEAMENTO DO NYLON¹

Karen Juliana Vanat²

Aldo Braghini Junior³

Resumo

No mercado de ferramentas de corte não se encontram ferramentas específicas para a usinagem de polímeros, onde a maior dificuldade está no controle dos cavacos. As ferramentas de corte disponíveis são apenas para a usinagem de metais. Neste estudo, foram realizados ensaios de torneamento de nylon, com a utilização de ferramentas de metal duro padronizadas, com a finalidade de identificar geometrias de ferramenta e parâmetros de corte capazes de realizar a usinagem do referido material controlando o cavaco da melhor forma possível. O critério de comparação utilizado foi a formação de cavacos; uma vez que normalmente para o nylon, ocorre em fita contínua. As ferramentas que obtiveram os melhores resultados foram a TNMG 160408-PF, padronizada para aços, com os parâmetros de corte: velocidade de corte de 450 m/min, profundidade de usinagem de 2,0 mm e avanço de 0,35 mm/rot.; cujo cavaco formou-se tubular longo emaranhado, e a ferramenta CCGT 120408-BAL, padronizada para alumínio, com os mesmos parâmetros de profundidade e avanço, porém com velocidades de 600 m/min e 750 m/min, proporcionando a formação de cavacos fragmentados.

Palavras-chave: Nylon; Ferramentas de corte; Parâmetros de corte; Formação de cavaco.

VIABILITY OF THE USE OF THE TOOLS STANDARDIZED OF HARD METAL ON BAR TURNING OF NYLON

Abstract

In the cutting tools market no specific tools for machining polymers are found, where the greatest difficulty is in the controlling the chip. The cutting tools are only available for machining metals. In this study, were performed tests of the bar turning of nylon, with the use cemented carbide tools standard, in order to identify tool geometries and cutting parameters able to accomplish the machining of the said material, controlling the chip of the better form possible. The comparison criterion used was the chips formation, since that, usually for the nylon occurs in continuous tape. The tools that had the best results were the TNMG 160408-PF, standardized for steels with cutting parameters: cutting speed of 450 m/min, depth of cutting of 2.0 mm and advance of 0.35 mm/rev; whose the chip formed was tubular long tangle, and the tool CCGT-120408 BAL, standardized for aluminum, with the same parameters of depth and advance, but with cutting speeds of 600 m/min and 750 m/min, providing the formation of fragmented chips.

Keywords: Nylon; Cutting tools; Parameters of cutting; Chip formation.

¹ *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Acadêmica de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Ponta Grossa, PR, Brasil.*

³ *Engenheiro mecânico. Dr. Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR). Ponta Grossa, PR, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

As poliamidas ou nylons pertencem a uma classe de polímeros adequada para aplicações em engenharia, devido à combinação de propriedades como: estabilidade dimensional, boa resistência ao impacto e excelente resistência química.⁽¹⁾ O nylon é muito utilizado na indústria metal mecânica na fabricação de: engrenagens, mancais, buchas, rosca-sem-fim, perfis, guias, cremalheiras, polias, entre outros componentes que não exigem alto desempenho mecânico.⁽²⁾

Informações sobre a usinagem do nylon, não são facilmente encontradas, porém a usinagem não difere, em sua essência, da realizada com metais e suas ligas, podendo ser utilizadas as mesmas máquinas-ferramentas, permitindo todos os tipos de operações.^(3,4) As poucas recomendações encontradas simplesmente dizem que as ferramentas de usinagem selecionadas para o nylon devem possuir ângulos de saída negativos ou nulos, devem ser bem afiadas e fabricadas em aço rápido.⁽²⁾

A experiência adquirida com a usinagem dos metais, não pode ser utilizada diretamente para os polímeros, uma vez que estes apresentam características diferentes.⁽⁵⁾ A formação de cavacos dos metais ferrosos e não ferrosos já é bem conhecida, como também a influência de alguns parâmetros de corte (velocidade de corte, avanço, profundidade de usinagem e ângulos da ferramenta) na formação do cavaco dos metais. Como os polímeros são menos resistentes a aplicações de cargas pontuais do que os metais, este material não segue a mesma regra de formação de cavaco. Durante a usinagem do nylon em um processo de corte contínuo (por exemplo, o torneamento), o cavaco normalmente forma uma fita contínua que não se rompe. Este rompimento ocorre quando o cavaco enrola na peça ou em alguma parte da máquina ferramenta, tornando a formação de cavaco um grande problema para a usinagem deste material.

O objetivo deste trabalho é estudar o desempenho, quanto a formação de cavacos, de ferramentas de metal duro padronizadas para usinagem de materiais metálicos, no torneamento de nylon 6. Assim, busca-se opções de ferramentas de corte que permitam realizar a usinagem com maior controle sobre a formação do cavaco.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o nylon 6 como matéria prima para os corpos de prova. Estes foram preparados em torno mecânico convencional, com as dimensões apresentadas na Figura 1. Alguns conceitos de usinagem foram utilizados conforme a norma NBR 6162.⁽⁶⁾

A preparação dos corpos de prova foi realizada com uma ferramenta para alumínio (TNUX 160408-R), e para o encaixe do contraponto, foi efetuado um furo de centro com uma broca de centro, cujo ângulo de ponta é de 60° e diâmetro de corte 5 mm.

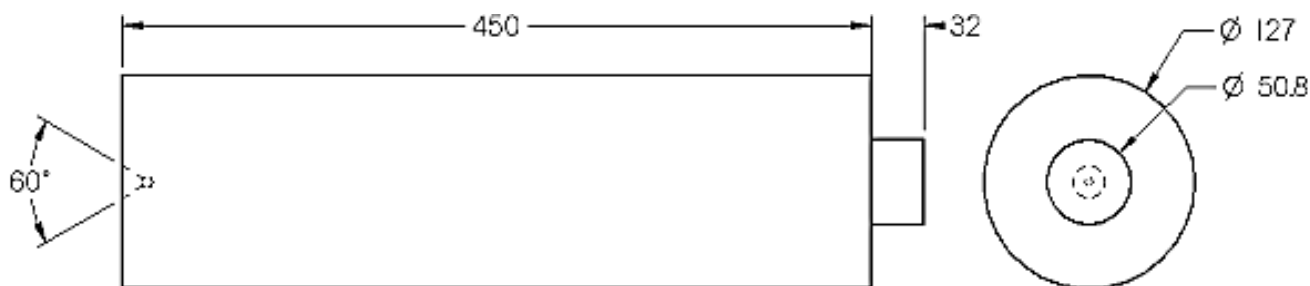


Figura 1. Dimensões do corpo de prova.

Os ensaios foram realizados em um torno CNC ROMI, modelo Galaxy 15S, comando MACH 9. Toda a experimentação foi realizada com aplicação de fluido de corte (emulsão de base vegetal). As ferramentas utilizadas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Ferramentas padronizadas selecionadas para os ensaios

Ferramenta	Código ISO	Descrição	Classe
	Inserto: CCGT 120408-BAL Suporte: SCLCR 2525 M12	Rômbica 80°, positiva para acabamento de alumínio	LW610 K10
	Inserto: CCMT 120408-BSM Suporte: SCLCR 2525 M12	Rômbica 80°, positiva, de usinagem média de aços	LC235C P35
	Inserto: TNMG 160408-PA Suporte: MTJNR 2525 M16	Triangular 60°, negativa, semi- acabamento de aços	STN25 P15-30
	Inserto: TNMG 160408-PF Suporte: MTJNR 2525 M16	Triangular 60°, negativa, para acabamento de aços	SPA15MC P05-25
	Inserto: TNUX 160408-R Suporte: MTJNR 2525 M16	Triangular 60°, negativa, semi- acabamento	LT10 Classe indicada para todos os materiais
	Inserto: VCMT 110304-PS4 Suporte: PVJBR 2525 M11	Rômbica 35°, positiva, acabamento de aços	WAP20 P20

A seleção dessas ferramentas foi realizada com base nas geometrias mais utilizadas no mercado para operações de acabamento. Buscou-se utilizar diferentes geometrias e micro-geometrias de quebra-cavaco. Especial atenção dá-se os quebra-cavacos, pois segundo Stemmer⁽⁷⁾ os quebra-cavacos têm o objetivo de guiar ou quebrar os cavacos, consistindo quer de uma ranhura integrada na ferramenta, quer de uma obstrução integrada ou postiça.

Na parte inicial dos experimentos, os passes foram realizados até a metade do corpo de prova, um comprimento de 225 mm. Posteriormente, foi usinada a outra metade. Este procedimento foi adotado, pois este comprimento foi suficiente para estabilizar a formação de cavacos. Deste modo, a análise do cavaco gerado já poderia ser feita. A Figura 2 mostra o procedimento adotado, com as dimensões em mm e a seta representando a ferramenta de corte.

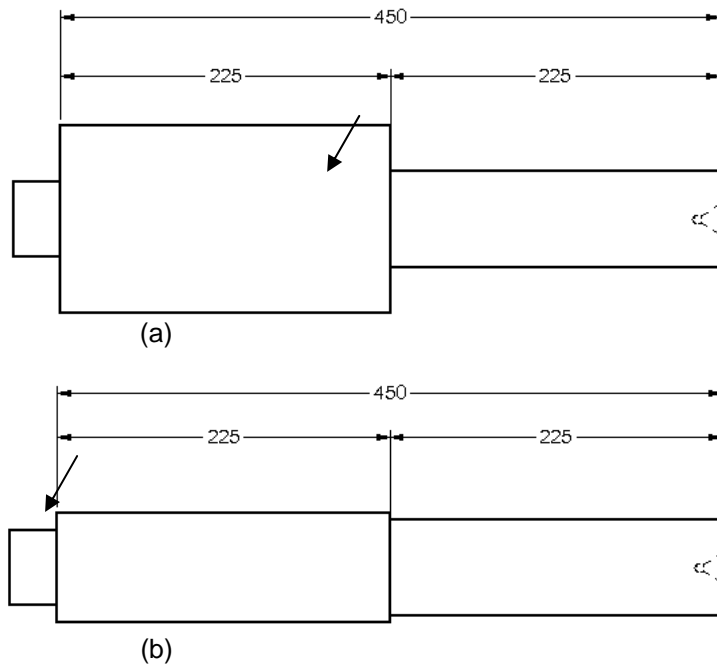


Figura 2. Procedimento de usinagem adotado. (a) Primeira parte, (b) Segunda parte.

O planejamento experimental foi realizado considerando três velocidades de corte, (v_c) 150, 300 e 450 m/min, três profundidades de usinagem (a_p) 0,5; 1,0 e 2,0 mm e três avanços (f_n) 0,15; 0,25 e 0,35 mm/rot. Foi feito um fatorial completo de 3^3 . Como experimentos complementares, utilizou-se $v_c=600$ m/min e $v_c=750$ m/min. Foram realizados também experimentos sem o uso do fluido de corte para verificar a influência deste na formação de cavacos.

Em cada ensaio, foram recolhidos os cavacos do passe, para posterior análise visual e comparação com a Figura 3. Esta apresenta a classificação detalhada, norma ISO 3685,⁽⁸⁾ quanto à forma de cavacos para metais. Foi utilizada esta referência, pois não há uma específica para a classificação de cavacos de polímeros. Foi verificado também se o cavaco enrolou ou não no corpo de prova/máquina e o rompimento.

1- Cavaco em fita	2- Cavaco tubular	3- Cavaco espiral	4- Cavaco hel. tipo arruela	5- Cavaco hel. cônico	6- Cavaco em arco	7- Cavaco fragmentado	8- Cavaco tipo agulha
1-1- Longo	2-1- Longo	3-1- Plana	4-1- Longo	5-1- Longo	6-1- Conect.		
1-2- Curto	2-2- Curto	3-2- Cônico	4-2- Curto	5-2- Curto	6-2- Solto		
1-3- Emaranhado	2-3- Emaranhado		4-3- Emaranhado	5-3- Emaranhado			

Figura 3. Classificação detalhada da forma dos cavacos segundo a norma ISO 3685.⁽⁸⁾

3 RESULTADOS

Serão apresentados a seguir apenas os resultados representativos, devido ao grande número de ensaios realizados.

Para a ferramenta TNMG 160408-PF os melhores resultados foram obtidos com os parâmetros de corte: $v_c = 450$ m/min, $a_p = 2,0$ mm e $f_n = 0,35$ mm/rot. A formação dos cavacos é tubular emaranhada. Não houve rompimento durante o passe, e os cavacos não enrolaram no corpo de prova. A Figura 4 ilustra este resultado.

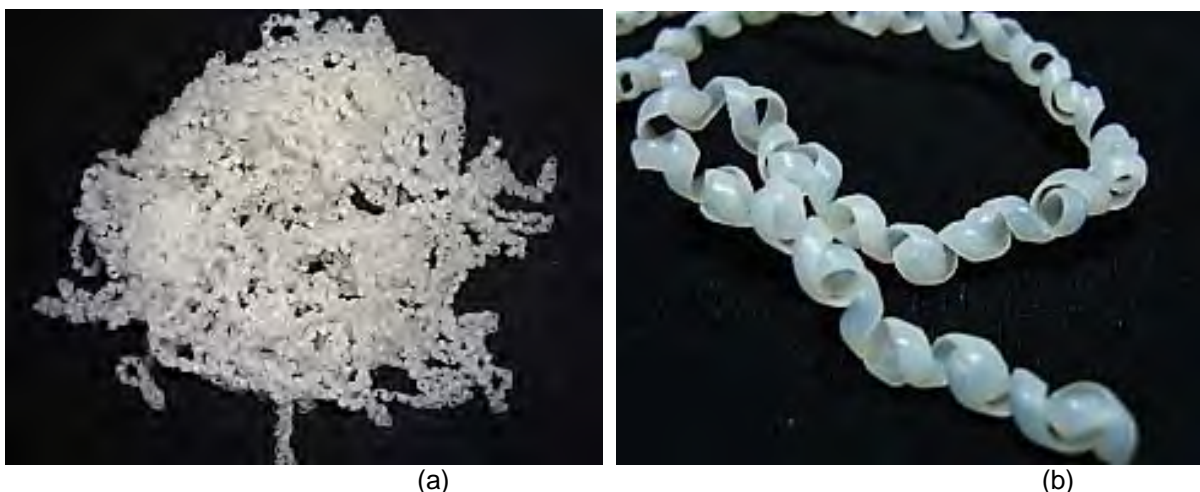


Figura 4. Cavaco produzido pela ferramenta TNMG 160408-PF, (a) Volume total, (b) Ampliação.

A ferramenta TNMG 160408-PA produziu cavacos que não enrolaram no corpo de prova (Figura 5) com o uso dos parâmetros de corte $v_c = 450$ m/min, $a_p = 2,0$ mm e $f_n = 0,35$ mm/rot., o cavaco formou-se em fita emaranhada e não se rompeu.

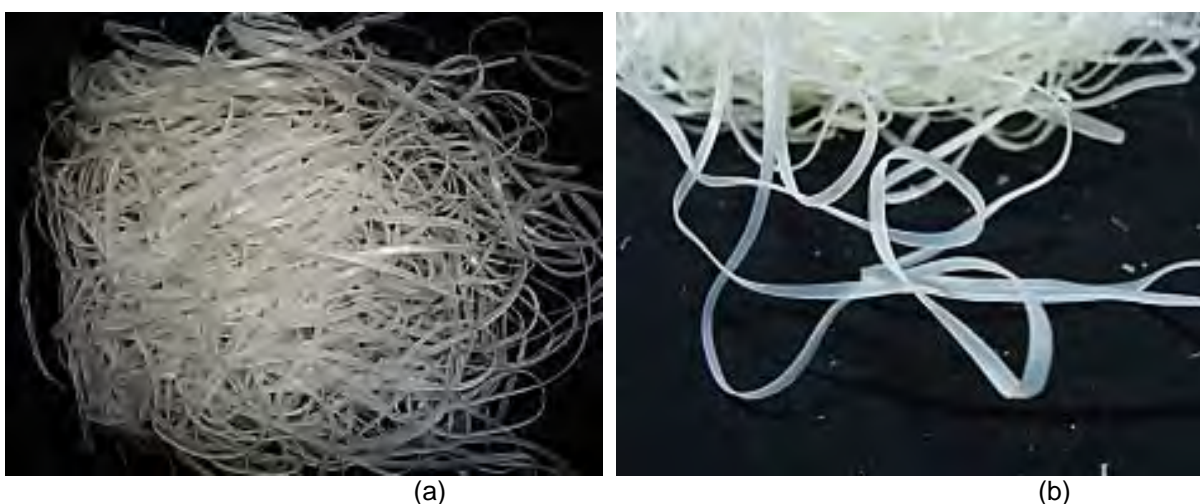


Figura 5. Cavaco produzido pela ferramenta TNMG 160408-PA, (a) Volume total, (b) Ampliação.

Usinando-se com a ferramenta CCMT 120408-BSM, os cavacos formados foram em espiral plano e fita emaranhada, e não romperam durante o passe. Os parâmetros de corte utilizados foram $v_c = 450$ m/min, $a_p = 2,0$ mm e $f_n = 0,35$ mm/rot. Este resultado pode ser visualizado na Figura 6.

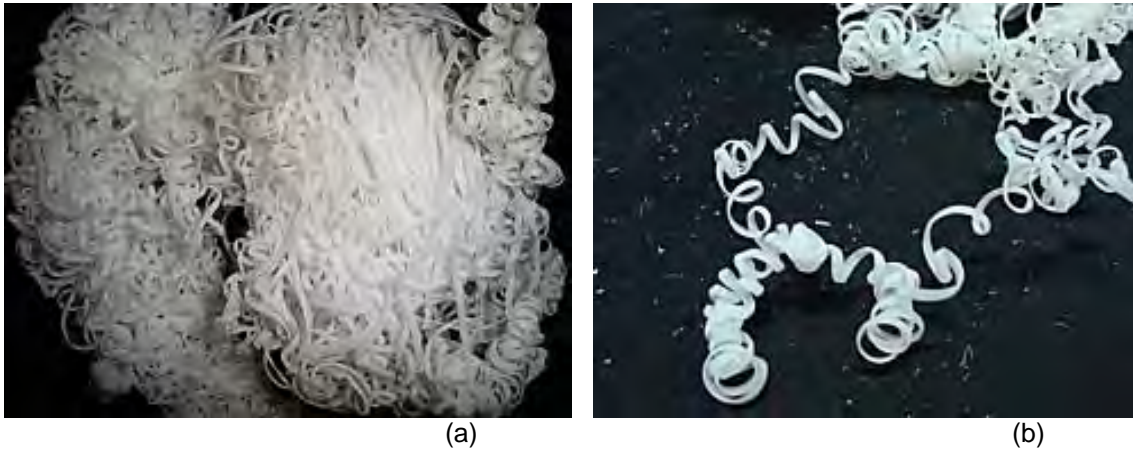


Figura 6. Cavaco produzido pela ferramenta CCMT 120408-BSM, (a) Volume total, (b) Ampliação.

Com utilização de $a_p = 2,0$ mm e $f_n = 0,35$ mm/rot e $v_c = 450$ m/min, a ferramenta CCGT 120408-BAL produziu cavacos na forma de espiral plano e hélice emaranhada, conforme demonstrado na Figura 8. Não houve rompimento.

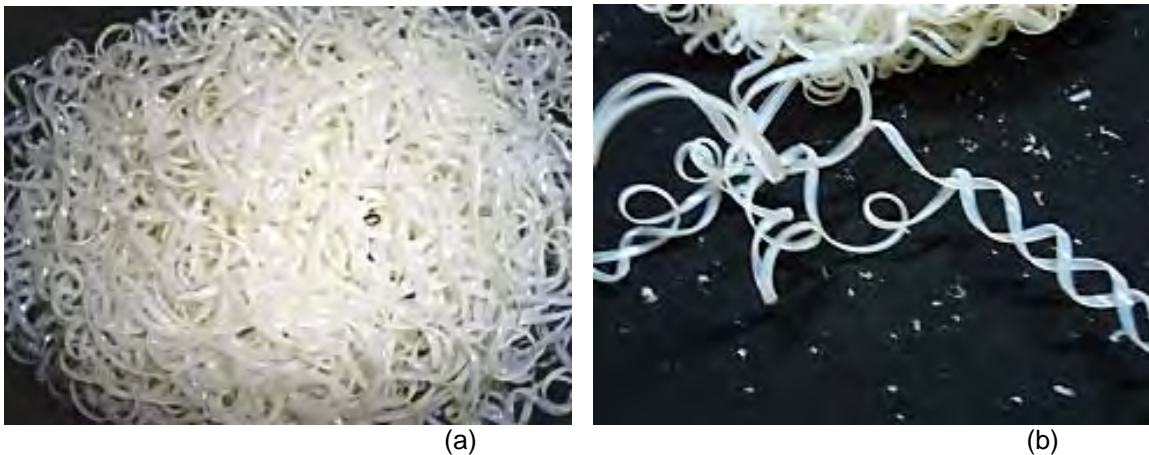


Figura 8. Cavaco produzido pela ferramenta CCGT 120408-BAL, (a) Volume total, (b) Ampliação.

A ferramenta TNUX 160408-R obteve uma formação de cavacos em fita emaranhada, não sofrendo rompimento durante o passe. A Figura 9 mostra os cavacos formados com parâmetros $v_c = 450$ m/min, $a_p = 2,0$ mm e $f_n = 0,35$ mm/rot.

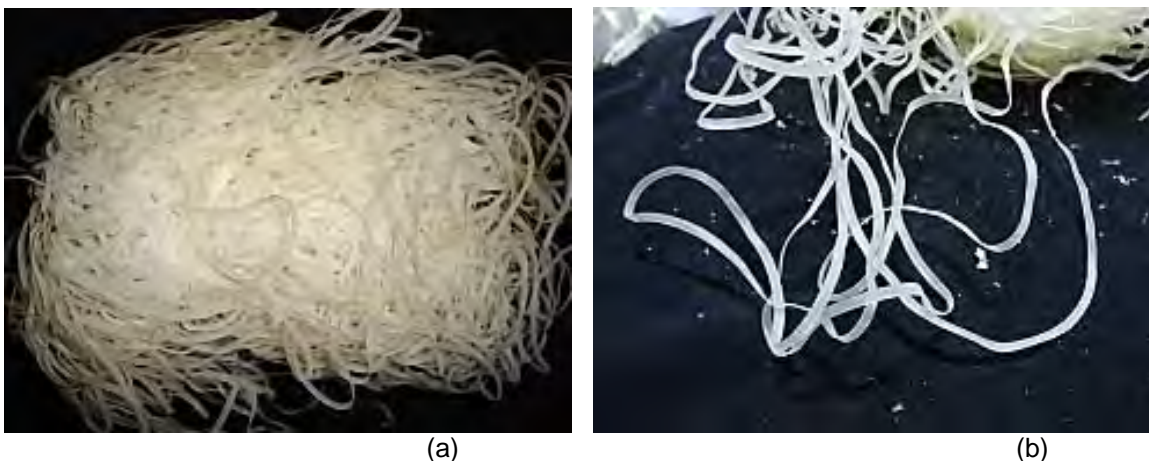


Figura 9. Cavaco produzido pela ferramenta TNUX 160408-R, (a) Volume total, (b) Ampliação.

A ferramenta VCMT 110304-PS4, com $v_c = 450$ m/min, produziu cavaco sem que enrolasse no corpo de prova. A Figura 10 mostra cavacos formados com a utilização de $a_p = 2,0$ mm e $f_n = 0,35$ mm/rot, em fita emaranhada e sem romper.

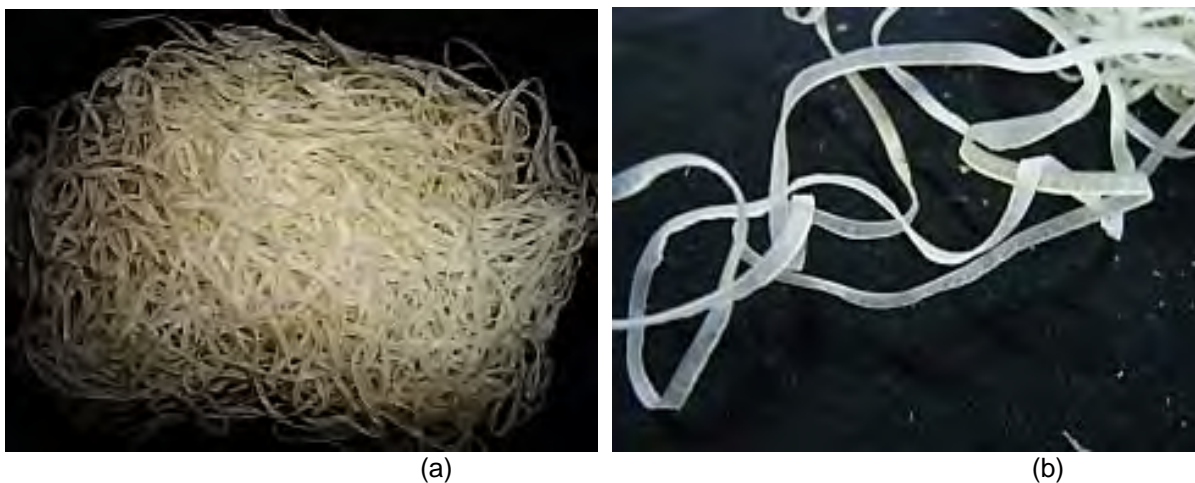


Figura 10. Cavaco produzido pela ferramenta VCMT 110304-PS4, (a) Volume total, (b) Ampliação.

Com a utilização dos parâmetros mais baixos e médios; v_c de 150 e 300 m/min, a_p de 0,5 e 1,0 mm e f_n de 0,15 e 0,25 mm/rot; a formação de cavacos ocorreu em fita longa emaranhada, sendo semelhante para todas as ferramentas combinadas a estes parâmetros. A Figura 11 demonstra um exemplo destes resultados.

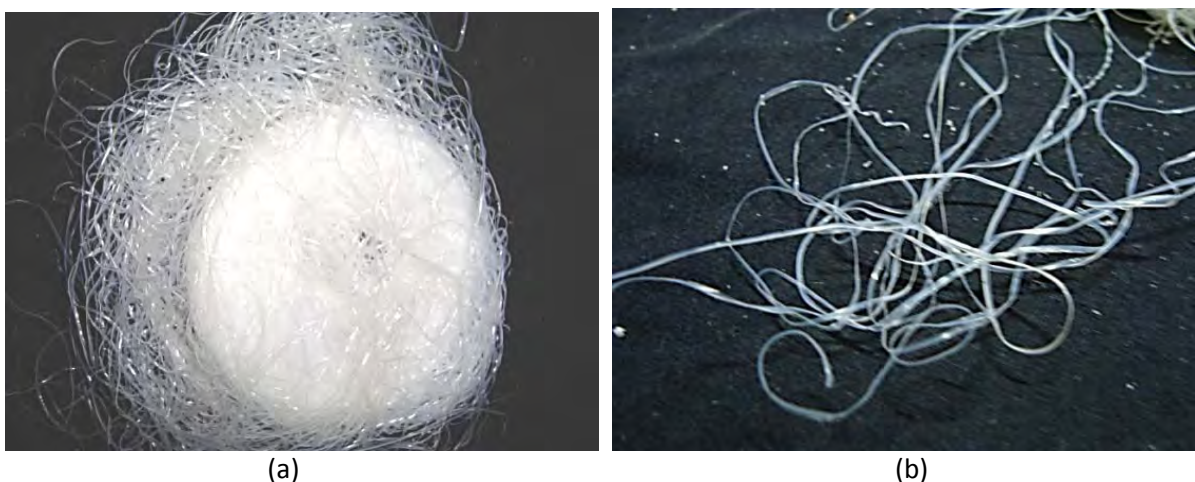


Figura 11. Cavaco produzido com parâmetros de corte médios e baixos. (a) Volume total, (b) Ampliação.

3.1 INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE CORTE

Para verificar se a velocidade de corte poderia influenciar a formação de cavaco com valores mais elevados, foram realizados ensaios adicionais com as ferramentas de corte apresentadas na Tabela 1. Nestes ensaios, foram utilizadas velocidades de corte de 600 m/min e 750 m/min, combinadas com profundidade de usinagem de 2,0 mm e avanço de 0,35 mm/rot.

A ferramenta CCGT 120408-BAL, destacou-se com uma formação de cavacos inesperada, pois o cavaco ficou fragmentado, conforme a classificação utilizada

(Figura 3). Este resultado surpreendente (Figuras 12 e 13) evidencia que não houve cavacos enrolados no corpo de prova e na máquina.

Para as ferramentas CCMT 120408-BSM, TNMG 160408-PA, TNMG 160408-PF, TNUX 160408-R e VCMT 110304-PS4, a alta velocidade de corte propiciava o lançamento dos cavacos para longe do corpo de prova, com isso, mesmo em forma de fita contínua, os cavacos não enrolaram na máquina.



Figura 12. Ferramenta CCGT 120408-BAL, utilizando $v_c = 600$ m/min. (a) Volume total, (b) Ampliação.

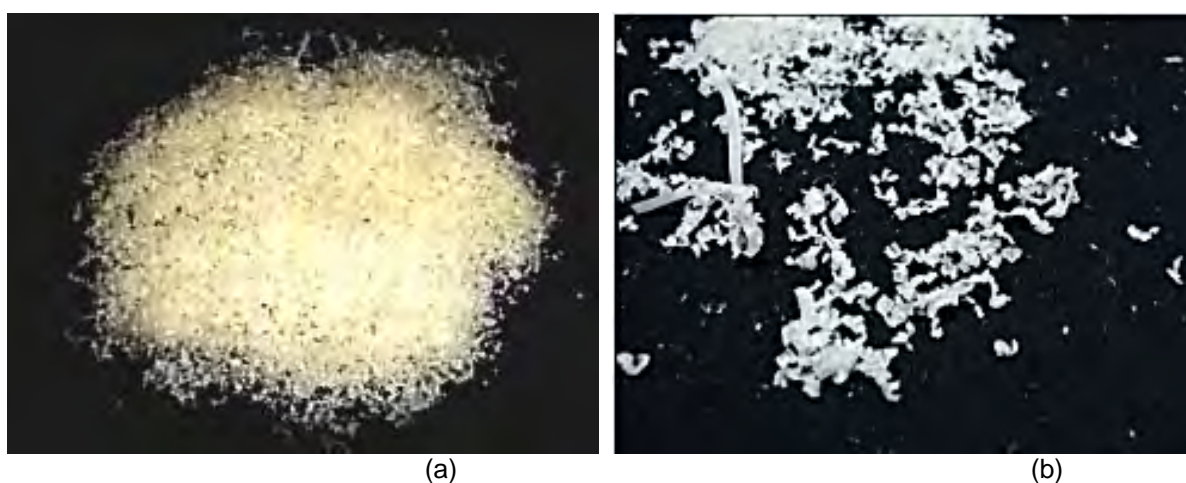


Figura 13. Ferramenta CCGT 120408-BAL, utilizando $v_c = 750$ m/min. (a) Volume total, (b) Ampliação.

3.2 INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE

Para verificar a influência do fluido de corte, foram realizados quatro ensaios, dois ensaios com a ferramenta CCGT 120408-BAL e dois com a ferramenta TNMG 160408-PF, sem a utilização do fluido.

De forma comparativa, nas Figuras 14 e 15 pode-se visualizar como foi o resultado, antes e depois, para cada respectiva ferramenta, utilizando os parâmetros $v_c = 450$ m/min, $a_p = 2,0$ mm, $f_n = 0,35$ mm/rot.

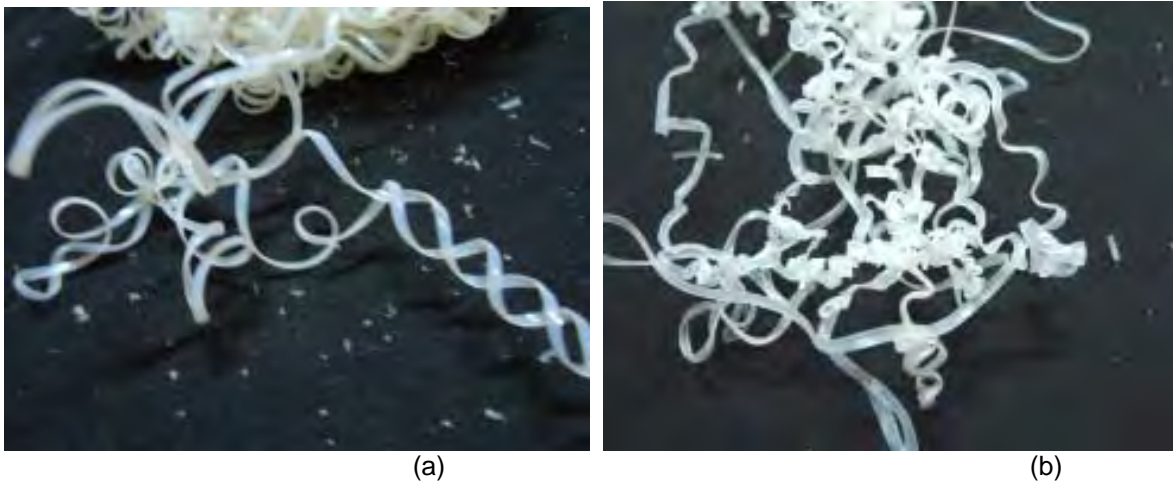


Figura 14. Ferramenta CCGT 120408-BAL. (a) Com uso de fluido de corte, (b) Sem fluido de corte.

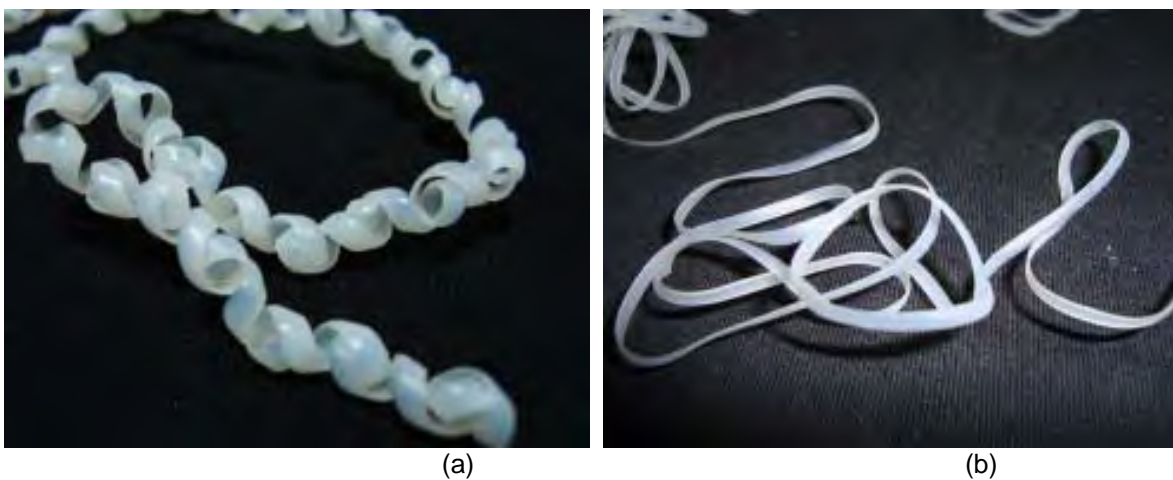


Figura 15. Ferramenta TNMG 160408-PF. (a) Com fluido de corte, (b) Sem fluido de corte.

Na Figura 14 (b), sem fluido de corte, obteve-se a formação de cavacos em fita emaranhada, e conforme a Figura 15 (b), a formação de cavacos foi em fita. Através destes resultados, pôde-se observar que o uso do fluido de corte é indispensável para melhorar o controle do cavaco.

4 DISCUSSÃO

A profundidade de usinagem mais elevada (2 mm) produz um cavaco mais largo, e o valor mais alto do avanço (0,35 mm/rot.), produz um cavaco mais espesso. Este resultado é importante, pois somando esses dois fatores com a alta velocidade e utilização de fluido de corte, a formação de cavacos se torna mais controlada.

A velocidade de corte influencia dentro da faixa de 150 a 450 m/min, e de forma mais significativa quando utilizada com valores de 600 m/min e 750 m/min, pois através do aumento da velocidade tangencial, o cavaco é lançado para longe do corpo de prova, evitando assim que o cavaco enrole no corpo de prova/máquina.

A utilização do fluido de corte é importante para obter o encurvamento do cavaco, sendo mais significativa quando combinada aos parâmetros de corte mais elevados de $v_c = 450$ m/min, $a_p = 2$ mm e $f_n = 0,35$ mm/rot.

Utilizando a combinação destes parâmetros, o cavaco forma-se mais espesso e mais largo, e a alta velocidade faz com que ele tenha sua temperatura aumentada, com isso, ao encontrar o fluido de corte com uma temperatura mais baixa, a

superfície do cavaco exposta ao fluido de corte, sofre uma contração, promovendo um encurvamento do cavaco.

O desempenho das ferramentas de corte é melhor quando os parâmetros de corte combinados, estejam selecionados em valores mais elevados, isto é, velocidade de corte de 450 m/min, profundidade de usinagem de 2,0 mm e avanço de 0,35 mm/rot. Este fato pode ser reforçado por Waack,⁽⁹⁾ que recomenda a utilização da velocidade de corte o mais alta possível, para a usinagem de nylon.

Na utilização dos parâmetros mais baixos e médios; v_c de 150 e 300 m/min, a_p de 0,5 e 1,0 mm e f_n de 0,15 e 0,25 mm/rot; a formação de cavacos ocorreu em fita longa emaranhada. Para velocidade de corte de 150 m/min, o cavaco acabou enrolando no corpo de prova/máquina. Quando foi utilizada a velocidade de corte de 300 m/min, os cavacos formados foram lançados mais longe da máquina e não enrolaram do corpo de prova.

5 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

- A velocidade de corte influencia na distância a qual os cavacos são lançados.
- O fluido de corte influencia de forma positiva na formação dos cavacos, inclusive quando combinado às altas velocidades de corte.
- As ferramentas de corte que tiveram melhor controle dos cavacos foram a TNMG 160408-PF (usinagem em acabamento de aços) para a faixa de velocidade de corte de 150 a 450 m/min, produzindo cavacos tubulares longos, sem enrolar no corpo de prova e na máquina. e a CCGT 120408-BAL (usinagem em acabamento de alumínio), que conseguiu fragmentar o cavaco de nylon, quando combinada à velocidade de corte de 600 e 750 m/min.
- Ao utilizar-se parâmetros médios e baixos, a formação de cavacos é semelhante para todas as ferramentas utilizadas no trabalho, fita longa e emaranhada. Quando aumenta-se a velocidade, de 150 para 300 m/min, ocorre influência na distância em que o cavaco é lançado, evitando desta forma, que este enrole no corpo de prova e na máquina.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa, pela disponibilização da estrutura de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 KOHAN, M. I. Nylon Plastics. John Wiley & Sons, New York, 1973.
- 2 Boletim técnico (última alteração em 2002): Nylon 6.0, corte e usinagem. Disponível em: <<http://www.vick.com.br/vick/novo/datasheets/datasheet-nylon60.pdf>> Acesso em: 26fev. 2013.
- 3 ALBUQUERQUE, J. A. C. Planeta Plástico: Tudo o que você precisa saber sobre plásticos. 1ªed. Ed. Sagra Luzzatto. Porto Alegre, 2000.
- 4 BLASS, A. Processamento de polímeros, 2ª Ed, Ed. DAUFSC. Florianópolis, 1988.
- 5 MICHAELI, Walter; GREIF, Helmut; KAUFMANN, Hans; VOSSEBÜEGER, Franz-Josef. Tecnologia dos plásticos. 1ª Ed. Ed. Edgard Blücher LTDA. São Paulo, 2000.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6162: Movimentos e relações geométricas na usinagem dos metais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

- 7 STEMMER, C. E. Ferramentas de corte I. 3^aed. Ed. DAUFSC. Florianópolis, 1993.
- 8 ISO. International Organization for Standardization. Tool Life Testing with Single Point Turning, ISO 3685:1993, 1993.
- 9 WAAK, G. Machining Nylon and Acetal Parts from Stock Shapes. The Plastics Distributor and Fabricator, may/jun. 2006. Disponível em:
<<http://www.plasticmag.com/features.asp>> Acesso em: 20 fev. 2013.