

## AVALIAÇÃO DA USINABILIDADE DO POLIETILENO DE ULTRA ALTO PESO MOLECULAR (UHMWPE)

Dalberto Dias da Costa, [dalbertoddc@gmail.com](mailto:dalbertoddc@gmail.com)<sup>1</sup>

José Nogueira Athayde, [jnathayde@ufpr.br](mailto:jnathayde@ufpr.br)<sup>1</sup>

Sávio de Arruda Alencar, [savio.aalencar@gmail.com](mailto:savio.aalencar@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná – Departamento de Engenharia Mecânica. Rua Francisco H. dos Santos, nº. 210 - Centro Politécnico / Setor de Tecnologia - Bairro: Jardim das Américas - Curitiba-PR - CEP: 81531-980 - Caixa Postal: 19011

**Resumo:** A variação dos parâmetros de corte permite considerável adaptação na usinagem de materiais com diferentes propriedades sem a necessidade de se utilizar ferramentas específicas para cada um deles. Apesar do bom domínio desses parâmetros para a usinagem de materiais metálicos, sabe-se que poucas pesquisas abordam a influência deles sobre a usinabilidade dos polímeros de engenharia. O objetivo deste trabalho foi avaliar como as condições de corte, análogas aquelas comumente empregadas na usinagem dos metais, afetam os esforços, a rugosidade e a forma do cavaco durante o torneamento por faceamento do polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE). Os experimentos foram planejados a partir do método de Taguchi com três variáveis independentes em três níveis, seguindo um arranjo ortogonal L9. Todos os ensaios foram executados em um torno CN, com ferramentas de metal duro. A principal conclusão foi que a formação irregular de cavacos, a qual pode ser creditada à geometria da ferramenta, comprometeu muito a qualidade da superfície usinada. Não obstante, se a usinabilidade do UHMWPE for avaliada apenas pelo aspecto dos esforços de corte, pode-se afirmar que, para as condições aqui estudadas, os valores medidos foram muito baixos e estão muito próximos daqueles reportados na literatura especializada.

**Palavras-chave:** Usinagem de polímeros; Polímeros de engenharia; UHMWPE

### 1. INTRODUÇÃO

A seleção de materiais poliméricos, como alternativa aos metais, é uma prática crescente dentro do meio industrial. Do ponto de vista mecânico, por exemplo, isto se justifica pela expressiva melhora que alguns desses materiais tem apresentado no tocante a suas propriedades mecânicas (Ebewele, 2000).

Alguns materiais, por exemplo o PEKK (poli (éter-cetona-cetona)), possuem boas propriedades mecânicas, quando comparadas entre os polímeros, tais como: módulo de elasticidade ( $\approx 3,4$  GPa) e temperatura em serviço da ordem de 250 °C (Mazur et al, 2008). Nos casos em que as solicitações termomecânicas não sejam elevadas, tais materiais tornam-se bons candidatos à substituição dos metais, pois além dessas boas propriedades eles possuem baixa densidade.

Outro importante campo de utilização dos polímeros é a bioengenharia. Alguns polímeros, tais como o polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) e o polimetilmetacrilato (PMMA) são, reconhecidamente, aceitos como substitutos de tecidos duros em aplicações como a artroplastia (Kurtz et al 2009) e a cranioplastia (Da Costa e Lajarin, 2012). Essa aceitação se justifica pelas boas propriedades mecânicas desses materiais, quando comparadas aos ossos, aliadas a sua boa biocompatibilidade.

Na indústria, de um modo geral, os produtos à base de polímeros são produzidos em larga escala, praticamente uma produção em massa. Nesse tipo de produção, os processos de moldagem, como por exemplo a injeção e a extrusão são os mais utilizados, pois implicam em baixo custo de manufatura.

Entretanto, dependendo do tipo de polímero, a sua produção em um estado “pronto para uso”, a partir de técnicas de injeção é impraticável. Um bom exemplo disso é o UHMWPE (Kurtz et al 2009). Este material é geralmente fornecido na forma de pós ou barras, obtidas por extrusão direta. Diante disso, o seu emprego para fabricação de componentes com maior complexidade geométrica requer o uso de processos de usinagem.

Associada às limitações impostas na injeção de alguns polímeros, existe ainda o aspecto do tamanho do lote a ser fabricado. Na produção de lotes pequenos ou de peças sob medida, como por exemplo a fabricação de implantes, a usinagem a partir de blocos é muito vantajosa do ponto de econômico, pois não existe o alto investimento necessário à produção das matrizes de injeção (Da Costa e Lajarin 2012).

Sob vários aspectos, dentre os quais destacam-se os esforços de corte e a vida das ferramentas, a usinabilidade dos polímeros é considerada relativamente alta, quando comparada, por exemplo à usinagem dos materiais metálicos (Jagtap e Hemant, 2015). Entretanto, se a usinabilidade dos polímeros for avaliada por outros critérios, tais como: a rugosidade da superfície usinada; os problemas causados pelo cavaco; e a repetibilidade dimensional; o resultado, em relação aos metais, pode ser inferior (Jagtap e Hemant, 2015).

As propriedades que mais influenciam a usinabilidade dos polímeros são o módulo de elasticidade, a condutividade térmica e a temperatura de transição vítrea. De acordo com Kobayashi (1967), a recuperação elástica que ocorre durante a usinagem de certos polímeros provoca o contato da superfície de folga da ferramenta com a superfície já usinada. Por conseguinte, o atrito entre essas duas superfícies aumenta o calor gerado durante o corte. Ainda segundo ele, a recuperação elástica explica, porque, em operações de furação, o diâmetro do furo é sempre menor que o diâmetro da broca.

O calor gerado durante a usinagem é inevitável e independe do material e das condições de corte. Todavia, no caso específico dos materiais poliméricos, os efeitos de uma maior geração de calor são extremamente prejudiciais para a integridade das superfícies usinadas.

Devido à baixa condutividade térmica dos polímeros, o calor gerado durante o corte tende a se dissipar, em maior parte, para a ferramenta. A parte que se dissipa pela peça é pequena, mas suficiente para aumentar significativamente sua temperatura em uma camada muito fina abaixo da superfície (Kobayashi, 1967).

Alguns autores consideram a temperatura de transição vítrea ( $T_G$ ) uma propriedade determinante da usinabilidade dos polímeros. A estrutura dos materiais poliméricos varia de acordo com a  $T_G$ . Abaixo dela, a estrutura é mais rígida (vítrea). A usinagem nessa região é mais difícil e a rugosidade tende a ser mais alta. Um pouco acima dessa temperatura, denominada por “escoamento frio” a usinagem é favorável e uma rugosidade menor é possível de ser obtida. Se a temperatura continua a subir, o material vai atingir um estado “borrachoso” e a superfície usinada deve apresentar uma textura com elevada ondulação e aparência de “arrancamento” (Ghosh et al, 2007; Carr e Ferge, 1993).

Dependendo do tipo de polímero, após o estado “borrachoso” ocorrerá uma região de escoamento. Nessa região, a usinagem pode ser realizada com bons resultados de rugosidade (Carr e Ferge, 1993). Se a usinagem ocorrer em temperaturas elevadas (muito acima da  $T_G$ ) poderá ocorrer um derretimento do material, e a superfície usinada, assim como o cavaco, deverão apresentar uma textura típica de empastamento.

Segundo Kobayashi (1967), a geometria da ferramenta, e em especial o ângulo de saída, é determinante para que a usinagem seja satisfatória, tanto do ponto de vista de um bom acabamento, como também para um bom controle dimensional. Na avaliação feita por ele, a usinagem de polímeros demanda o uso de ferramentas dedicadas.

Diante do contexto aqui exposto, pode-se pensar na seguinte questão: o que deve acontecer se a usinagem de um dado polímero for realizada com ferramentas e condições de corte análogas aquelas comumente empregadas na usinagem dos metais?

O objetivo deste trabalho é tentar responder essa questão. Em uma primeira abordagem, a qual será reportada aqui, uma avaliação dos esforços de corte, da rugosidade e da forma do cavaco será empreendida. Na segunda etapa, a ser reportada futuramente, a integridade das superfícies usinadas sob diferentes condições de corte será comparada com superfícies processadas antes da usinagem.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios aqui reportados foram baseados em operações de faceamento com velocidade de corte constante. O motivo para a escolha desse tipo de operação advém da facilidade que as superfícies planas oferecem para a medição da rugosidade, como descrito a seguir, e avaliação da integridade da superfície usinada, a ser apresentado em um trabalho futuro.

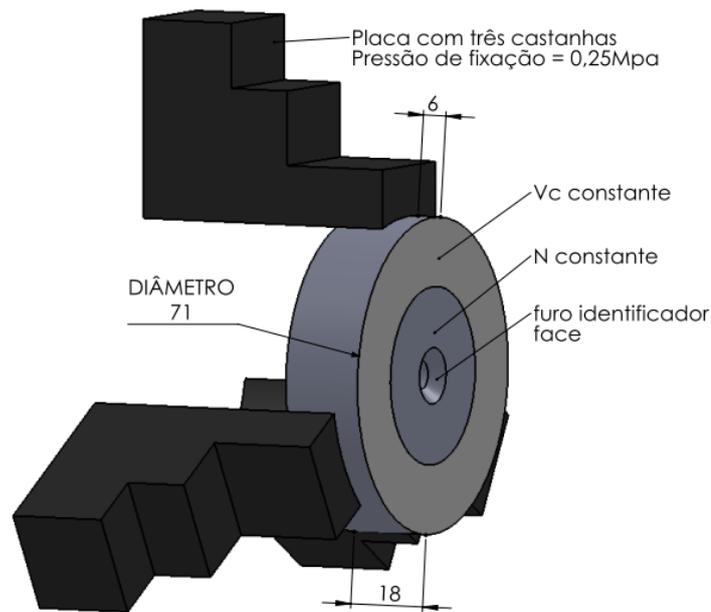
A máquina-ferramenta utilizada nos ensaios foi um torno equipado com comando numérico computadorizado (CNC), modelo QTN 100II, marca Mazak. O CNC utilizado foi o Mazatrol-Nexus, que possibilita a programação do movimento de corte com velocidade ( $V_c$ ) constante. Entretanto, como é de conhecimento geral, para que o valor de  $V_c$  permaneça constante, a rotação ( $N$ ) deve variar em função do diâmetro ( $d$ ), o qual depende da posição da ferramenta em relação à peça. Essa dependência é dada pela Eq. (1).

$$N(d) = \frac{1000V_c}{\pi d} \quad (1)$$

O material polimérico utilizado neste trabalho foi adquirido na forma de uma barra redonda de polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), comercializado pela empresa Nitaplast com o nome de Nitadur® (Nitaplast, 2016). A barra fornecida foi serrada em peças menores e os corpos de prova foram preparados nas medidas indicadas na Fig (1). A fixação no torno CNC foi feita por meio de uma placa de três castanhas com acionamento hidráulico (pressão = 0,25MPa), tal como esquematizado na Fig. (1).

Após a fixação do corpo de prova, uma operação preliminar de faceamento foi executada para garantir que a profundidade de corte ( $a_p$ ) permanecesse constante durante o ensaio final.

Pode ser observado na Fig. (1) que existem duas regiões:  $V_c$  constante e  $N$  constante. A região com  $N$  constante se inicia quando a placa atinge o limite imposto no programa, que neste estudo foi de 4000rpm. O diâmetro que limita essas regiões varia conforme o valor de  $V_c$  adotado.



**Figura 1. Esquema da montagem do corpo de prova na máquina e indicação das regiões de interesse. Peça em UHMW ( $\phi 71 \times 18$ )mm fixada por placa de três castanhas.**

A ferramenta utilizada em todos os experimentos foi composta por uma pastilha de metal duro (modelo WNMG060404-NF – IC907 – marca ISCAR) e um porta-ferramenta (modelo MWLNL2020-K06 – marca Sandvik).

Apesar de não ser uma ferramenta específica para a usinagem de polímeros, faz parte do escopo deste trabalho avaliar a possibilidade de se empregar um ferramental desenvolvido para o corte de metais. Segundo o fabricante da pastilha, a classe de metal duro (IC907) e o formato do quebra cavaco (NF) são recomendados para a usinagem de aços inoxidáveis em operações de acabamento e semi-acabamento (Iscar, 2016).

Os experimentos foram planejados em conformidade com método proposto por Taguchi, em um arranjo ortogonal do tipo L9, para investigar os efeitos da velocidade de corte ( $V_c$ ), do avanço ( $f$ ) e da profundidade de corte ( $a_p$ ) sobre a rugosidade da superfície usinada ( $R_a$ ) e sobre as três componentes da força de usinagem ( $F_c$  – corte;  $F_f$  – avanço e  $F_p$  – passiva). Os três níveis de interesse, adotados para as três variáveis, estão indicados na Tab. (1).

Apesar de ser recomendada uma execução aleatória das combinações, a ordem apresentada na Tab. (1) foi definida em função do valor de  $a_p$ . Isto se justifica, pela segurança da operação e facilidade para alteração do programa CN. Após a execução dos ensaios, os dados obtidos foram analisados com o auxílio do software Minitab® (Minitab Inc. USA).

**Tabela 1. Condições de ensaio, conforme método Taguchi, arranjo L9**

Ordem do ensaio	$V_c$ (m/min)	$a_p$ (mm)	$f$ (mm/v)
1	250	0,5	0,1
2	400	0,5	0,15
3	600	0,5	0,22
4	250	0,75	0,15
5	400	0,75	0,22
6	600	0,75	0,1
7	250	1,25	0,22
8	400	1,25	0,1
9	600	1,25	0,15

Na literatura especializada, vide por exemplo Ghosh et al (2007), existe a recomendação para, em situações práticas, se empregar um fluido com o propósito de se reduzir a temperatura da peça. Entretanto, nos ensaios aqui realizados, optou-se pela usinagem a seco, tendo em vista a necessidade de redução do número de variáveis passíveis de controle.

Os cavacos gerados foram recolhidos da bandeja da máquina após o término de cada uma das condições ensaiadas. Uma amostra de cada um deles foi armazenada para avaliações, quando possível, de sua espessura, largura e forma. Todas as medições foram executadas por meio de um micrômetro. Todas as amostras foram fotografadas.

As medições de rugosidade foram realizadas com o auxílio de um rugosímetro de contato (modelo SJ-201, marca Mitutoyo). Apesar de o referido instrumento possibilitar a caracterização da rugosidade por meio de vários parâmetros; neste trabalho apenas o parâmetro Ra foi registrado. Todas as medições foram realizadas com um “cut-off” de 0,8.

Três medições equidistantes de rugosidade foram efetuadas na região aonde a velocidade de corte permaneceu constante, tal como indicado na Fig. (1). O restante da superfície usinada (N constante) não foi avaliado.

As três componentes da força de usinagem – corte ( $F_c$ ), avanço ( $F_f$ ) e passiva ( $F_p$ ) - foram medidas com o auxílio de um dinamômetro piezoelétrico (modelo 9129A, marca Kistler), um conversor/amplificador de carga (modelo 5070A, marca Kistler.), uma placa de conversão analógico/digital (modelo CIO-DAS08 marca Measuring Computing) e um microcomputador. Os dados brutos foram adquiridos com um programa dedicado, implementado em MS Visual Basic®, a uma taxa de amostragem de 300 Hz.

As componentes da força de usinagem foram registradas durante todo o percurso de avanço, compreendendo os trechos com  $V_c$  constante e  $V_c$  variável (N constante). Devido ao conteúdo dinâmico, inerente à medição dos esforços de usinagem, os dados brutos foram filtrados utilizando o critério da média móvel com janela de 20 leituras. Somente os valores obtidos no trecho com  $V_c$  constante foram utilizados na análise dos experimentos planejados. Não obstante, gráficos do tipo “Força versus tempo” foram gerados para todo o percurso de avanço.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Influência das Condições de Corte Sobre a Rugosidade

Após a realização da primeira rodada de testes, com as nove condições estabelecidas conforme método de Taguchi (arranjo L9), observou-se uma formação de cavaco muito irregular. Aparentemente isto interferiu nos resultados obtidos, em especial, nos valores de rugosidade. Diante disso, optou-se por não executar mais replicações desse arranjo. Ao invés disso, foram realizados mais 27 testes com variação individual dos três fatores.

A análise da variância, obtida a partir do planejamento de Taguchi (arranjo L9 com única rodada), não revelou nenhuma influência significativa dos três fatores analisados sobre a rugosidade. O melhor valor ( $p < 0,2$ ) foi observado para o avanço (f). Diante disso, optou-se por analisar a influência do avanço (vide Fig. (2)) sobre a rugosidade (Ra) para cada uma das três combinações entre a velocidade ( $V_c$ ) e a profundidade de corte ( $a_p$ ).

A partir da análise da Fig. (2), é possível observar que existe uma tendência de aumento da rugosidade em função do aumento do avanço. Embora essa tendência não possa ser confirmada para as demais combinações de  $V_c$  e  $a_p$ , ela ocorreu para a velocidade de corte mais baixa ( $V_c = 250$  m/min) nos três valores de profundidade de corte.

O valor médio de todas as rugosidades medidas (MRa) foi de  $2,366 \mu\text{m}$  com desvio padrão (s) de  $0,564 \mu\text{m}$ . A distribuição desses valores indica que mais de 95% estão na faixa de  $\text{MRa}^{\pm 2s}$ . Essa distribuição é análoga aos resultados reportados em outros trabalhos sobre o mesmo material aqui estudado, por exemplo (Salles e Gonçalves, 2003; Kaddeche et al., 2012). Entretanto, esses valores podem ser considerados elevados, dependendo da aplicação do produto usinado. Na área de artroplastia, por exemplo, a rugosidade das superfícies em contato afeta muito o desgaste das próteses. Nesses casos, a rugosidade desejável, situa-se na faixa de um vigésimo a um décimo dos valores obtidos aqui (Kurtz et al., 1999).

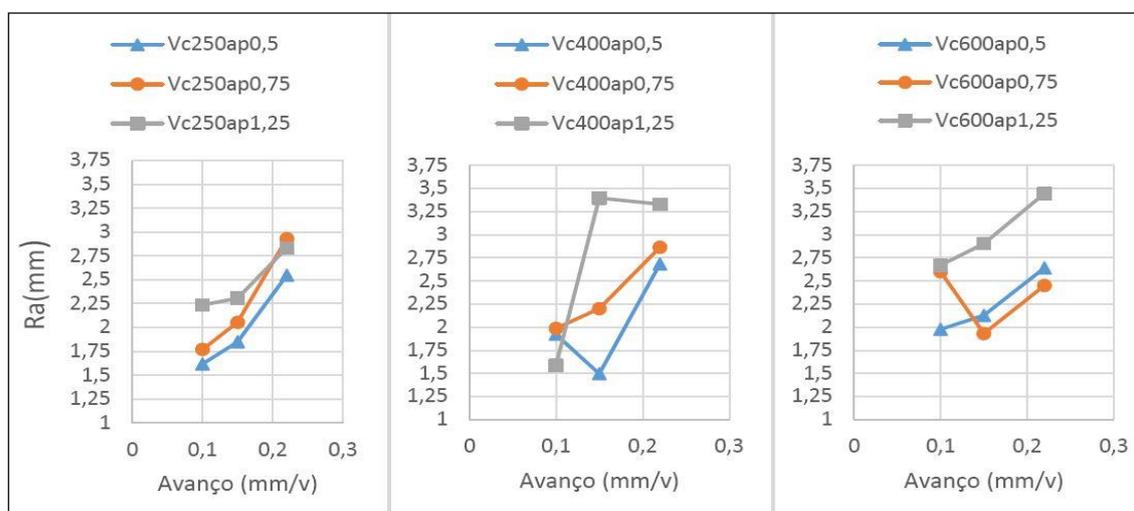


Figura 2. Variação da rugosidade para diferentes condições de corte.

#### 3.2. Influência das Condições de Corte sobre os Esforços de Corte

Obviamente que a formação irregular de cavacos, tal como reportado anteriormente, também afetou os valores das componentes da força de usinagem, em especial as forças de corte e a passiva.

A análise da variância, obtida a partir do planejamento de Taguchi (arranjo L9 com única rodada e  $\alpha = 0,10$ ), revelou que o avanço exerce influência sobre a força de avanço ( $p < 0,09$ ) e sobre a força passiva ( $p < 0,04$ ). A profundidade de corte teve uma influência significativa apenas sobre a força de corte ( $p < 0,09$ ). Por sua vez, não foi constatado nenhum efeito significativo da velocidade de corte sobre quaisquer uma das componentes da força de usinagem.

A Fig. (3) contém, na forma gráfica, os valores médios dos efeitos dos parâmetros estudados sobre as três componentes da força de usinagem. As forças correspondem a uma média aritmética dos valores medidos durante o trecho de faceamento com  $V_c$  constante.

Pode ser observado que o aumento do avanço implica na redução das forças de avanço e passiva. Uma possível explicação para esse comportamento advém da formação irregular do cavaco, a qual será tratada na Seção 3.3.

Ainda pela Fig. (3), observa-se que o aumento da profundidade de corte implica no aumento da força de corte. Este comportamento está em conformidade com os resultados reportados por Kaddeche et al (2012). Apesar dos elevados valores adotados neste estudo (250;400 e 600) m/min; o efeito da velocidade ( $V_c$ ) sobre os esforços de corte foi, do ponto de vista prático, insignificante. Resultados semelhantes, embora para o torneamento de outros polímeros, foram reportados na literatura corrente. Vide, por exemplo, Lazarević et al. (2015) e Aldwell et al. (2014).

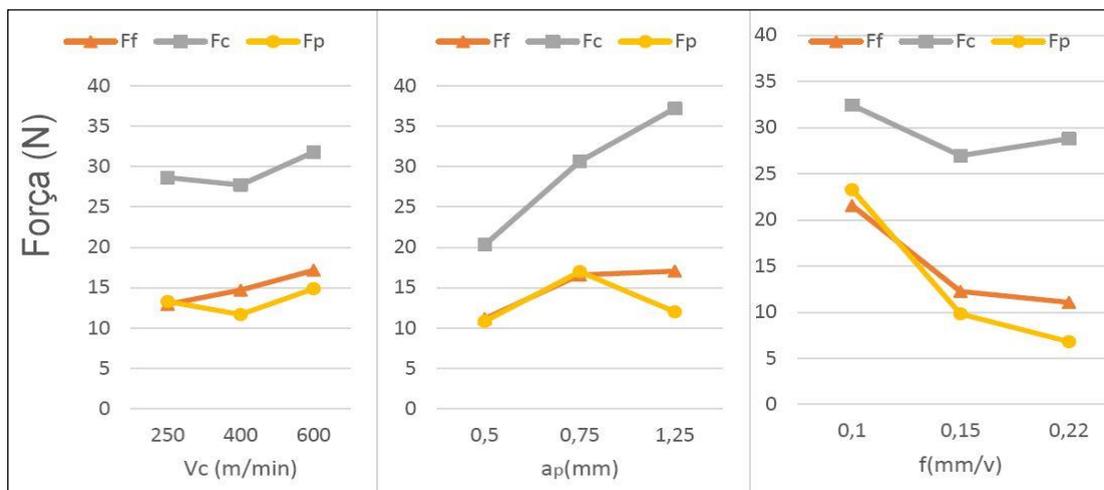


Figura 3. Efeitos médios dos parâmetros de corte ( $V_c$ ,  $a_p$ ,  $f$ ) sobre as três componentes da força de usinagem.

### 3.3. Avaliação da Forma do Cavaco

Nas seções anteriores, foi comentado que a forma do cavaco variou bastante em função das condições de corte empregadas. Em alguns casos, o cavaco (avaliado após a usinagem) apresentou a forma de fita (vide Fig. (4a)) em outros casos houve uma combinação das formas de fita com um anel (Fig (4b)). Para o avanço de 0,10mm/v e profundidade de 0,5mm foi observado a formação de um anel com diâmetro externo bem elevado (Fig. (4c)).

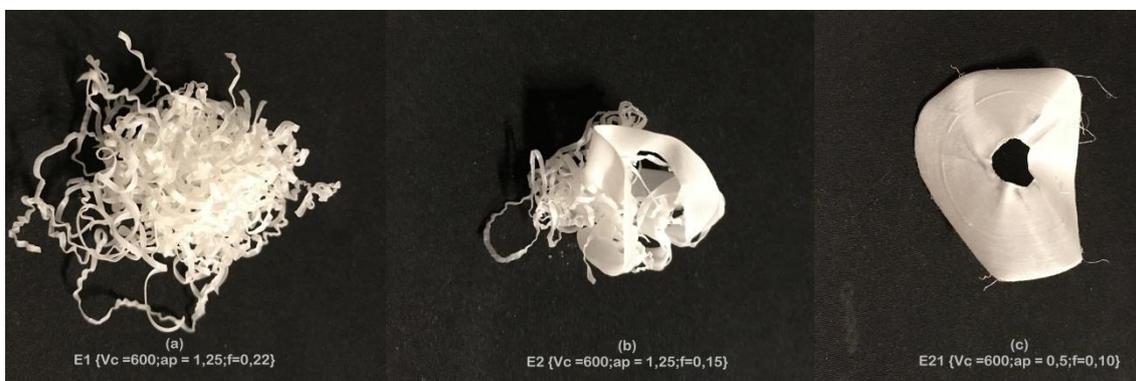


Figura 4. Amostras de cavacos obtidos sob diferentes com condições de corte.

A rigor, o material na forma de anel não resulta da formação de cavaco em si, mas do efeito de dobramento da extremidade livre da peça, tal como ilustrado na Fig. (5). Devido ao fato do ângulo de posição ( $\kappa$ ) ser maior que  $90^\circ$ , a parte que primeiro toca a peça é a ponta arredondada da ferramenta ( $r_e = 0,4\text{mm}$ ). Neste instante, inicia-se a formação de cavaco propriamente dita. Entretanto, devido ao baixo módulo de elasticidade do UHMWPE, a parte retilínea da aresta principal de corte induz o aparecimento de uma região deformada elasticamente (RDE), a qual dará origem ao dobramento da parte livre da peça.

Durante o corte, a RDE assume a forma de um pires, porém recupera-se elasticamente e assume a forma de um anel quando se rompe por completo da peça.

A medida que a ferramenta avança, a altura do pires ( $g$ ) vai aumentando até que, para algumas combinações de  $V_c$ ,  $a_p$ ,  $f$ , ele se rompe. Durante esse estágio, observou-se que a força de corte aumentou com o aumento de  $g$ . No instante da ruptura do pires, a  $F_c$  volta ao valor inicial (apenas formação de cavaco). Caso a ferramenta não tenha atingido o centro do corpo de prova, o processo de dobramento se reinicia, combinando com o aumento da força. Em alguns casos, esse processo se repetiu até quatro vezes para o mesmo corpo de prova. Essa combinação de formação de cavaco, dobramento e ruptura dos pires, obviamente conduz a uma instabilidade da operação de faceamento, o que foi confirmado pela variação da força de corte (vide Fig. 5). Por conseguinte, isto implicou em ondulações e grande variação da rugosidade da superfície usinada.

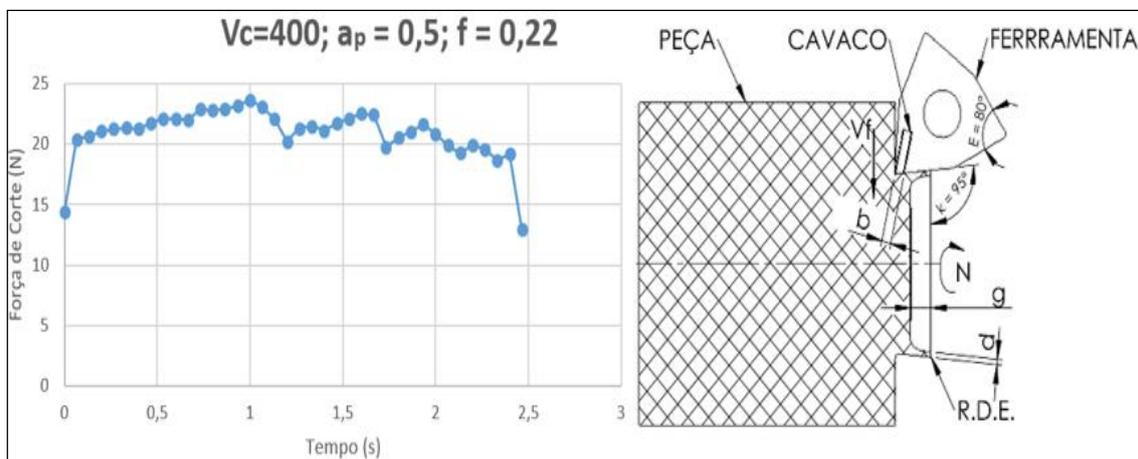


Figura 5. Variação da força de corte em função da região de deformada elasticamente (R.D.E)

#### 4. CONCLUSÕES

A partir dos experimentos realizados e dos resultados obtidos, pôde-se responder, parcialmente, à questão formulada na Introdução deste trabalho, qual seja: o que deve acontecer se a usinagem de um dado polímero for realizada com ferramentas e condições de corte análogas aquelas comumente empregadas na usinagem dos metais? A resposta foi que uma formação muito irregular de cavaco, a qual pode ser creditada à geometria da ferramenta, comprometeu muito a qualidade da superfície usinada.

Não obstante, se a usinabilidade do UHMWPE for avaliada apenas pelo aspecto dos esforços de corte, pode-se afirmar que, para as condições aqui estudadas, os valores medidos foram muito baixos e estão muito próximos daqueles reportados na literatura especializada para o torneamento desse mesmo material, mas com ferramentas dedicadas.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Aldwell, B., Hanley, R., O'Donnell, G.E., 2014, "Characterising the machining of biomedical grade polymers", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture.
- Carr, J.W., Feger C. "Ultraprecision machining of polymers". Precision Engineering 1993;15:221-3
- Da Costa, D. D.; Lajarin, S. F., 2012, "Comparison of cranioplasty implants produced by machining and by casting in a gypsum mold". International journal of advanced manufacturing technology, v. 58, n. 1, p. 1-8.
- Ebewele, O., 2000, "Polymer Science and Technology", CRC Press, Boca Raton, FL.
- Ghosh, J.A. Knopf, D.J. Gibson, T. Mebrahtu, G. Currie, 2007, "Cryogenic machining of polymeric biomaterials: An intraocular lens case study", in: Medical Device Materials IV: Materials and Processes for Medical Devices

Conference 2007, September 23, 2007 -September 25, 2007, ASM International, Palm Desert, CA, United states, 2008, pp. 54-64.

Iscar. Catálogo eletrônico, consultado em dezembro de 2016 e disponível no link: <https://www.iscar.com/ecatalog/>

Jagtap, T.U., Hemant, A.M., 2015, "Machining of plastics: a review. International Journal of Engineering and General Science" 3:2091–2730.

Kaddeche, M. Chaoui, K., Yallese, M. A. 2012, "Cutting parameters effects on the machining of two high density polyethylene pipes resins", Mechanics & Industry 13(05): 307-316.

Kobayashi A., 1967, "Machining of Plastics". McGraw-Hill, New York.

Kurtz, S.M., Muratoglu, O.K., Evans, M., Edidin, A.A., 1999, "Advances in the processing, sterilization, and crosslinking of ultra-high molecular weight polyethylene for total joint arthroplasty". Biomaterials. 20(18):1659–1688.

Lazarevic, D., Jankovic, P., Madic, M. and Lazarevic, A., 2015, "Robust conditions for cutting force minimization in polyamide turning process", Faculty of mechanical engineering Transactions 43, pp 114-118.

Mazur, R. L., Botelho, E. C., Costa, M. L., Rezende, M. C., 2008, "Avaliações térmica e reológica da matriz termoplástica PEKK utilizada em compósitos aeronáuticos". Polímeros, 18(3), 237-243.

Nitaplast. Catálogo do produto Nitadur, consultado em dezembro de 2016 e disponível no link: <http://www.nitaplast.com.br/propriedades/nitadur.pdf>

Salles, J.L.C., Gonçalves, M.T.T., 2003, "Effects of machining parameters on surface quality of the ultra high molecular weight polyethylene", revista Matéria, v. 8, n. 1, pp 1-10.

## 6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

# MACHINABILITY EVALUATION OF ULTRA HIGH MOLECULAR WEIGHT POLYETHYLENE (UHMWPE)

Dalberto Dias da Costa, [dalbertoddc@gmail.com](mailto:dalbertoddc@gmail.com)<sup>1</sup>

José Nogueira Athayde, [jnathayde@ufpr.br](mailto:jnathayde@ufpr.br)<sup>1</sup>

Sávio de Arruda Alencar, [savio.aaalencar@gmail.com](mailto:savio.aaalencar@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná – Departamento de Engenharia Mecânica. Rua Francisco H. dos Santos, nº. 210 - Centro Politécnico / Setor de Tecnologia - Bairro: Jardim das Américas - Curitiba-PR - CEP: 81531-980 - Caixa Postal: 19011

**Abstract:** *The variation of the cutting parameters allows considerable adaptation in the machining of materials with different properties without the need to use specific tools for each of them. In spite of the good mastery of these parameters for the machining of metallic materials, it is known that few studies address their influence on the machinability of engineering polymers. The objective of this work was to evaluate how the cutting conditions, analogous to those commonly used in the machining of metals, affect the forces, roughness and the chip form during the face turning of ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE). The experiments were designed using the Taguchi method with three independent variables at three levels in a L9 orthogonal arrangement. All tests were carried out on a CNC lathe with carbide tools. The main conclusion was that irregular chip formation, which can be attributed to the geometry of the tool, greatly compromised the quality of the machined surfaces. However, if the machinability assessment of the UHMWPE is based only on the machining forces, it can be stated that, for the conditions studied here, the measured values were very low and are very close to those reported in the specialized literature.*

**Keywords:** *Polymer machining; Engineering polymers; UHMWPE*