

VARIAÇÃO DIMENSIONAL NO ENSAIO DE TORNEAMENTO DO AÇO ABNT 1045 SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE LUBRI-REFRIGERAÇÃO

Ferreira, S. E., Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ - Departamento de Engenharia Mecânica – Praça Frei Orlando,170 -São João Del Rei– MG– Brasil-e-mail: samucaelias@hotmail.com

Santos, C. L., Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ - Departamento de Engenharia Mecânica – Praça Frei Orlando,170 -São João Del Rei– MG– Brasil-e-mail: clsantos@fiemg.com.br

Silva, A. S. C., Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ - Departamento de Engenharia Mecânica – Praça Frei Orlando,170 - São João Del Rei –MG – Brasil - e-mail: achaves@ufsj.edu.br

Braga, D. U., Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ - Departamento de Engenharia Mecânica - Praça Frei Orlando,170 - São João Del Rei –MG – Brasil - e-mail: durval@ufsj.edu.br

Resumo. *Novas tecnologias voltadas para a usinagem dos materiais, assim como a conscientização ambiental e a preservação da saúde humana, têm contribuído para a racionalização do uso do fluido de corte. A análise da capacidade do processo produtivo constitui uma das ferramentas estatísticas para avaliar as condições do processo quanto a um padrão pré estabelecido. O objetivo deste trabalho é avaliar a variabilidade do diâmetro ao longo de um corpo de prova de aço ABNT 1045, no processo de usinagem por torneamento em diferentes condições de lubri-refrigeração. Os meios auxiliares de corte foram o fluido emulsionável e a Mínima Quantidade de Lubrificante - MQL. A condição de usinagem sem fluido de corte ou usinagem a seco serviu como referência para a comparação dos resultados. Os ensaios foram realizados em oito corpos de prova mantendo-se constantes a velocidade de corte, $v_c = 231$ m/min, a profundidade de corte, $a_p = 2$ mm, e o avanço da ferramenta, $f = 0,2$ mm/rot e variando-se os meios lubri-refrigerantes. Os ensaios foram realizados no Centro de Torneamento CENTUR 35II ROMI, com ferramentas intercambiáveis de metal duro, tipo CNMG 120404 GC4025. As medidas dos diâmetros foram extraídas em três diferentes pontos axiais e angulares da peça visando avaliar possíveis divergências na dimensão esperada para a mesma. Como principal resultado, pôde-se observar que na condição em que se utilizou MQL a Capacidade (CP) do processo foi a maior.*

Palavras-chave: Capacidade, Controle Dimensional, Torneamento.

1. INTRODUÇÃO

A análise da capacidade do processo produtivo é uma ferramenta estatística usada para avaliar se as condições de um processo atendem as especificações de uma determinada característica da qualidade do produto o que implica na análise da variabilidade do processo, bem como o exame de sua posição

relativa aos limites e centro do campo de tolerância da característica de interesse, função exercida para manter um processo dentro de uma faixa de capacidade pela retroalimentação e correção exigida pelo controle do processo. Apesar do alto nível de desenvolvimento tecnológico, ainda é impossível obter superfícies perfeitamente exatas devido a avarias no processo de usinagem, nos instrumentos ou nos procedimentos de medição. Uma ferramenta para aprimoramento contínuo é a voz do processo que através de dados estatísticos, que retroalimentam o pessoal do processo para tomar decisões sobre a estabilidade do processo ou capacidade (Bauex, 2001).

Segundo Heisel & Lutz (1998) o fluido de corte é um dos meios mais empregados na indústria que age no sentido de conferir as melhorias de lubrificar e/ou refrigerar a região de corte removendo calor da ferramenta, dos cavacos e da peça, ajudando na remoção dos cavacos, assegurando um bom acabamento superficial e aumentar a vida útil da ferramenta. Porém, o uso do fluidos de corte envolve um certo custo com aquisição, manutenção e descarte do mesmo, podendo chegar a 17% do custo total da produção, ficando inclusive mais caro que o custo de 4% relacionado com o ferramental.

Com a globalização da economia, que requer que as indústrias sejam mais competitivas e não agridam o meio ambiente (legislação ambiental) é necessário para a manutenção da suas sobrevivências: o tecnológico, o econômico e o ecológico. As empresas procuram se adequar ao conceito de tecnologia limpa, o que implica diretamente no uso de novas tecnologias para o uso e o descarte do fluido de corte. (Heisel & Lutz, 1998; Machado e Wallbank, 1997; Dias, 2000).

Para atribuir as novas tendências que seriam a racionalização do uso do fluido de corte sem perder os aspectos: de qualidade da superfície usinada, da potência do motor da máquina e do tempo de vida útil da ferramenta foram realizados ensaios de usinagem do aço ABNT 1045 em diferentes condições de corte sendo assim possível verificar através da “Capabilidade do Processo” os benefícios obtidos com o uso da emulsão, a seco e com a mínima quantidade de lubri-refrigerante (MQL).

O objetivo deste trabalho é mostrar que existe uma alternativa válida e confiável para os diferentes meios de lubri-refrigeração através de uma ferramenta da qualidade que avalia a estabilidade e a variabilidade do diâmetro dos corpos de prova extraídos num ensaio de torneamento, com isso verificar qual condição de corte é mais adequada ao chão de fábrica, de modo a reduzir os riscos ambientais e humanos, bem como os custos operacionais, tornando mais competitivo no mercado globalizado.

2. METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados em um centro de torneamento CENTUR 35 II, com ferramenta de carboneto metálico revestida de TiN e corpo de prova de aço ABNT 1045 na quantidade de 8 corpos para cada variação no sistema de lubri-refrigerante com avanço de 0,2 mm/rev. e 10 corpos para o avanço de 0,25 mm/rot. As medidas foram extraídas utilizando o micrômetro Mitutoyo de 25 a 50 mm e precisão de 0,01 mm. A velocidade de corte utilizada no experimento foi constante juntamente com a profundidade de corte, variando os sistemas de lubri-refrigerantes e os avanços como podem ser observados na tabela 1.

As medidas foram extraídas em três diferentes pontos da peça: início (próximo ao ponto do torno) meio e final (perto da placa). Ao medir cada ponto teve-se o cuidado de rotacionar o micrômetro em 0°, 120° e 240° graus para obter melhor segurança na leitura da medida, devido a ocorrência de possíveis variações quanto a circularidade da mesma. Procedimento usado em todo experimento.

Tabela 1. Mostra as condições de corte utilizadas no processo.

Velocidade de Corte	Sistema Lubri-refrigerante	Avanço (mm/ver.)		Prof. De Corte (mm)
231 m/min	Sem fluido	0,2	0,25	2
	Emulsionado	0,2	0,25	
	MQL	0,2	---	

Na figura 1 é mostrado o corpo de prova utilizado no experimento e a posição onde foram realizadas as medidas para melhor controle de forma e posição relativos às tolerâncias prováveis que conseguiria com o experimento.

Nos ensaios realizados monitorou-se o desgaste da ferramenta com auxílio de uma lente de aumento com resolução de 1/10 da *Sandivik*, a fim de observar as condições de continuar o ensaio sem encontrar problemas de variação dimensional devido ao desgaste da pastilha CNMG 120404.

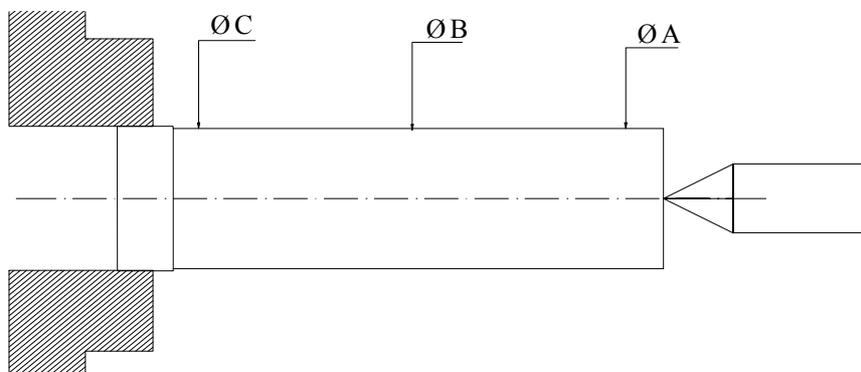


Figura 1. Posição ao longo do corpo de prova de onde foi extraída a medida.

Para o ensaio a seco, devido a um possível aumento de temperatura da peça usinada, foi verificado as condições legais para efetuar a medição devido à dilatação da mesma.

Para o ensaio feito com emulsão abundante usou-se a quantidade de 5% de óleo solúvel atacando diretamente no ponto de contato da aresta de corte da ferramenta com a superfície da peça.

Para o ensaio com MQL usou-se a quantidade de 30 ml/hora de óleo mineral através de um mecanismo onde a liberação do ar comprimido com o óleo mineral é controlada, sendo assim possível o monitoramento da vazão do óleo, afim de que a região de corte receba a refrigeração e a lubrificação simultaneamente em todo o processo de usinagem.

A partir dos três ensaios realizados pode-se fazer um controle dimensional com micrômetro calibrado através de blocos padrões retificados, procedimento usado para cada experimento. Os dados coletados foram armazenados em planilha do EXCEL, onde estes valores foram plotados em gráficos para melhor análise dos resultados obtidos.

A tabela 2 mostra parte de uma planilha com dados do experimento e é subdividida em dois enunciados com os títulos “Diâmetro Inicial” e “Controle Dimensional”. Para o caso “Diâmetro Inicial” é mostrado a organização dos dados obtidos no ensaio de acordo com a ordem do experimento, ou seja, primeiramente foi usinado os corpos de prova a fim de se obter uma superfície regularmente cilíndrica e conseguir uma precisão melhor na profundidade de corte utilizada no experimento a seco com 0,20 mm/rot de avanço, sendo que para os outros experimentos procedeu-se da mesma forma.

Para cada corpo de prova foram recolhidas as medidas no ponto inicial, intermediário e final da peça, sendo que para cada ponto foram retiradas três medidas, rotacionando a peça em 120° como indica na tabela 2 com o título “Controle Dimensional”.

A partir dos dados medidos nos corpos de prova como indicado na tabela 2, pode-se plotar o gráfico mostrado na figura 2. O gráfico mostra a média dos diâmetros em cada ponto onde efetuou-se a medida na peça com o desvio padrão em 3σ calculado para os diâmetros: máximo, mínimo e médio. Este procedimento foi efetuado em todos os experimentos.

Na Tabela 2 é mostrado um exemplo de alocação dos dados recolhidos em todo o experimento sendo que nesta eventualidade mostra os dados do ensaio realizados com 0,20 mm/volta de avanço e na condição a seco.

Tabela 2. Planilha de alocação e estudo dos dados obtidos no experimento.

Dimensão inicial									
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	Média
Ø início	52,95	52,94	52,91	52,94	52,88	52,86	52,860	52,850	52,899
Ø centro	52,98	52,95	52,93	52,97	52,94	52,89	52,890	52,920	52,934
Ø final	53,02	53,01	52,98	52,99	52,98	52,97	52,970	52,960	52,985
Controle Dimensional - Seco f = 0.2						Corpos	Ø início	Ø centro	Ø final
Corpos	Ø a 0°	Ø a 120°	Ø a 240°	Média	a _p	1	49,05	49,08	49,13
A	49,04	49,07	49,04	49,05	1,95	2	49,04	49,07	49,11
C 1 B	49,08	49,08	49,08	49,08	1,95	3	49,04	49,06	49,10
C	49,13	49,13	49,13	49,13	1,95	4	49,06	49,07	49,10
A	49,03	49,05	49,04	49,04	1,95	5	49,02	49,05	49,09
C 2 B	49,07	49,07	49,08	49,07	1,94	6	48,99	49,03	49,08
C	49,11	49,11	49,11	49,11	1,95	7	49,00	49,04	49,09
A	49,03	49,04	49,05	49,04	1,94	8	49,00	49,03	49,09
C 3 B	49,07	49,06	49,06	49,06	1,93	9			
C	49,1	49,1	49,1	49,10	1,94	10			
A	49,05	49,05	49,07	49,06	1,94	Médias	49,025	49,056	49,098
C 4 B	49,07	49,07	49,08	49,07	1,95	Desvio Padrão	0,026	0,019	0,016

Nota: as letras CP... e C... da Tabela 2 significa “corpo de prova”.

Na figura 2 são mostrados os dados recolhidos no experimento realizado com 0,25 mm/volta de avanço na condição úmida, um exemplo do que foi extraído em todos os ensaios.

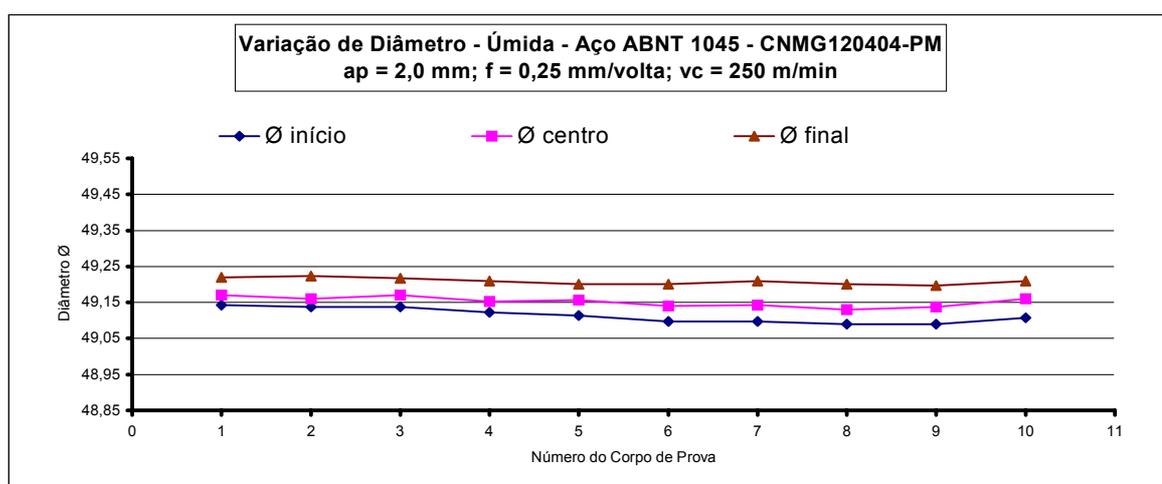


Figura 2. Variação diametral versus número de corpos de prova.

3. RESULTADOS

Utilizando a metodologia acima obteve-se resultados favoráveis à racionalização das emulsões nos processos de usinagem. Os resultados obtidos através do estudo da capacidade para cada etapa do experimento será mostrado a seguir.

A figura 3 nos mostra um exemplo de um gráfico plotado com os dados recolhidos no ensaio a 0,20 mm/rev. e na condição a seco.

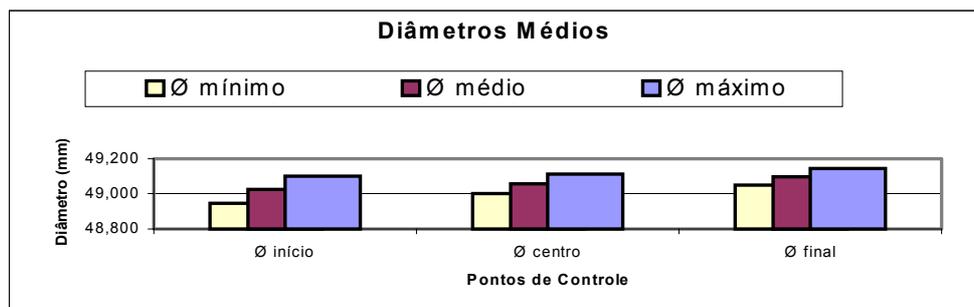


Figura 3. Diâmetros médios em função dos pontos de controle da peça.

3.1. Ensaio a seco com 0,20 mm/ rev.

A tolerância encontrada para este ensaio foi de 127 μm que corresponde a qualidade ISO IT-10 (Novask, 1994).

3.2. Ensaio emulsionável a 5% com 0,20 mm/ rev.

Para esta condição de corte houve maior variabilidade dos diâmetros nos três pontos da peça com isso maior diferença entre o diâmetro mínimo e o máximo encontrado, obtendo-se assim maior Tolerância para capacidade que foi de 200 μm subsequentemente uma qualidade ISO IT-11.

3.3. Ensaio com MQL e 0,20 mm/ rev.

Para esta condição obteve-se o melhor resultado, pode-se observar que a variação do diâmetro para cada ponto foi bem menor, com isso a tolerância para capacidade conseguida foi de 59 μm subsequentemente uma qualidade ISO IT-09 dando melhor estabilidade no diâmetro da peça.

3.4. Ensaio a seco com 0,25 mm/ rev.

Para esta condição a tolerância para capacidade encontrada neste ensaio foi de 96 μm e sua qualidade ISO IT-10.

3.5. Ensaio emulsionável com 0,25 mm/ rev.

Pode-se observar que a variação dimensional foi diminuindo ao longo da peça dando mais estabilidade no final pelo apoio na placa. A tolerância desse ensaio foi de 74 μm e a qualidade ISO IT-09 obtendo-se assim melhor desempenho comparado com o ensaio a seco.

4. CONCLUSÃO

O experimento com MQL proporcionou melhor qualidade da superfície usinada, obteve-se melhor estabilidade no diâmetro da peça, assim sendo, nos possibilitando partir para o uso do mesmo em trabalhos onde uma tolerância mais equilibrada é exigida, sobre estas condições de corte.

Com isso, pode-se alimentar a decisão do uso de uma condição de corte mais adequada, envolvendo assim a redução de custos com lubri-refrigerantes, perda de potência consumida da máquina, desgaste da ferramenta, qualidade da superfície usinada e riscos ambientais e humanos.

No caso do experimento a seco tivemos também uma qualidade boa na superfície usinada principalmente quando usamos o avanço de 0,20 mm/rev. neste caso sobressaindo melhor do que o experimento com emulsão, levando também a racionalização do mesmo, já que além da superfície usinada houve menor desgaste da ferramenta e menor consumo da potência do motor, reduzindo assim o consumo de energia elétrica.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E BIBLIOGRAFIA

- AGOSTINHO, O. L. et al, **Tolerâncias, Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões**. São Paulo: Edgar Blücher Ltda., 1977, 215 p.
- BAYEUX, C. et al. Análise da Capabilidade de Processos (Partes 1,2 e 3). **Banas Qualidade**, Maio, 2001.
- DIAS, A. M. P. **Avaliação Ambiental de Fluidos de Corte Utilizados em Processos Convencionais de Usinagem**. 2000. 102p. Tese de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2000.
- GOODMAN, J. et al. Projeto de Experimentos para Determinar a Capabilidade de um Processo. **Máquinas e Metais**, Julho, 2001.
- HEISEL, U. et al. A Técnica da Quantidade Mínima de Fluidos e sua Aplicação nos Processos de Corte. **Máquinas e Metais**, Fevereiro, 1998.
- MACHADO, A. R.; Walbank. **The Effect of Extremely Low Lubrificant Volumes in Machining**. **Wear**, v210, n1-2, p. 76-82, 1997.
- NOVASK, O. **Introdução à Engenharia de Fabricação Mecânica**. São Paulo: Edgar Blücher Ltda., 119 p,1994.
- RAMOS, C.A.D. et al. Tendências, Utilização e Aspectos Ecológicos. **Máquinas e Metais**, Julho. 2003.

DIMENTIONAL VARIATION IN TURNING OF 1045 ABNT STEEL IN DIFERENTS CUT CONDITIONS

Ferreira, S. E., Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ - Departamento de Engenharia Mecânica – Praça Frei Orlando,170 -São João Del Rei– MG– Brasil-e-mail: samucaelias@hotmail.com

Santos, C. L., Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ - Departamento de Engenharia Mecânica – Praça Frei Orlando,170-São João Del Rei - MG - Brasil-e-mail: clsantos@fiemg.com.br

Silva, A. S. C., Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ - Departamento de Engenharia Mecânica – Praça Frei Orlando,170 - São João Del Rei –MG – Brasil - e-mail: achaves@ufsj.edu.br

Braga, D. U., Universidade Federal de São João Del Rei –UFSJ - Departamento de Engenharia Mecânica - Praça Frei Orlando,170 - São João Del Rei –MG – Brasil - e-mail: durval@ufsj.edu.br

Abstract: *New technologies has been researched about the machining of metallic materials as well as ecological issues, legal demands concerning to the environment, human health and so on, has been contributing to minimization of the use of cutting fluid. For that they are necessary means to prove the efficiency of the machining processes. The analysis of the capability of the productive process constitutes one of the statistical tools to evaluate the conditions of the process as for a pattern established. The objective of this work is to evaluate the variability of the diameter along steel ABNT 1045 work piece, in the turning process in different cooling/lubrication cutting conditions. The cutting condition were a flood of oil-water emulsion and atomized cutting fluid (air-oil mist). The machining condition without cutting fluid or dry machining was used as referene for the comparison of the results. The cutting conditions were $v_c = 231$ m/min, $a_p = 2$ mm, and $f = 0,2$ mm/rev and being varied the lubricant condition. The experiments were carried out in a very rigid CNC turning center - CENTUR 35II ROMI, with inserts of carbide tools, type CNMG 120404 GC4025. The measures of the diameters were extracted in three different axial points. As main result, it could be observed when used atomized cutting fluid condition (minimal quantity lubricant – MQL) hat presented the highest process capability.*

Keywords: *Capability, Dimensional Control, Turning.*