

TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS DE PEÇAS USINADAS COM PASTILHAS CERÂMICAS – UM ESTUDO DE CASO

José Eduardo Ferreira de Oliveira

jefo@upe.poli.br

Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade de Pernambuco – PE - Brasil

Noemia Gomes de Mattos de Mesquita

Yogendra Prasad Yadava

ngmm@ufpe.br

yadava@ufpe.br

Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Pernambuco – PE - Brasil

Resumo. *O referido trabalho apresenta um estudo de caso a respeito das tolerâncias dimensionais que podem ser obtidas através da usinagem com o emprego de ferramentas de corte cerâmicas, destacando as principais variáveis de influência sobre a mesma, bem como aspectos ligados à minimização de tais influências em função das exigências funcionais da peça. O estudo procedeu-se com base no trabalho desenvolvido por Kumar que usando a técnica de regressão múltipla, apresentou uma equação que correlacionou o desgaste de flanco de insertos cerâmicos, com a velocidade de corte e o tempo de corte. A partir dessa equação, o nosso trabalho gerou uma outra, correlacionando a tolerância dimensional com a velocidade de corte, o tempo de corte e o ângulo de folga da ferramenta, apresentando ainda um estudo da influência da velocidade de corte e do ângulo de folga na tolerância dimensional para diferentes tempos de corte, considerando-se a usinagem de um aço endurecido (HRC 60) com pastilha cerâmica.*

Palavras-chave: *tolerância dimensional, cerâmica, torneamento.*

1 – INTRODUÇÃO

Nos variados processos de fabricação de peças é impossível em função de uma série de variáveis (homem, máquina, ferramenta, sistema de medição, método, entre outros) a obtenção de dimensões exatamente iguais àquelas de projetos, presentes no desenho da peça. Em função disto, independente de tais peças trabalharem isoladamente ou acopladas, deve-se estabelecer uma faixa de variação para cada uma dessas dimensões que garanta a funcionalidade do referido elemento. A essa faixa, dá-se o nome de tolerância. Segundo Provenza⁽¹⁾, a tolerância ou campo de tolerância é, portanto, a variação permissível da dimensão da peça, dada pela diferença entre as dimensões máxima e mínima.

As tolerâncias dimensionais a serem estabelecidas em projeto dependem, fundamentalmente, das exigências funcionais da peça. Segundo Guimarães⁽²⁾, normalmente adotam-se valores para as tolerâncias em função das dimensões, dos objetivos da peça a ser fabricada e dos equipamentos disponíveis. No projeto de peças, deve-se considerar cada uma das etapas ligadas à especificação geométrica do product (GPS) que envolve também o sistema de medição utilizado, uma vez que, se o mesmo não for capaz de realizar uma medição com confiabilidade, não se saberá ao certo se uma dada peça encontrar-se-á ou não dentro da zona de especificação, ou seja, dentro da zona que abrange os limites superior e inferior de tolerância. A figura 1 apresenta a estrutura básica da GPS, segundo Wang⁽³⁾.

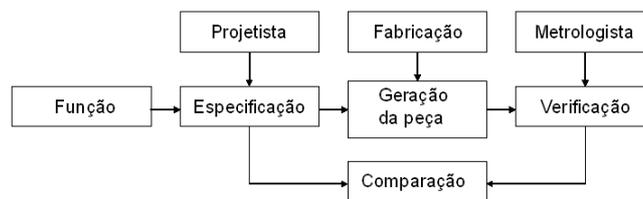


Figura 1 – Estrutura básica de um sistema de especificação geométrica de produto

Analisando-se a figura 1, constata-se que existe um elo entre a especificação de um dado produto (fase de projeto) com a função da mesma, o processo de fabricação e o sistema de medição (fase de verificação). Por sua vez, a fixação das dimensões funcionais, apresentada pela tolerância dimensional, é determinada na fase de projeto, levando-se em consideração não apenas a função da peça, mas também a possibilidade de fabricá-la, bem como, a capacidade de se poder medi-la conforme apresentado na figura 2.

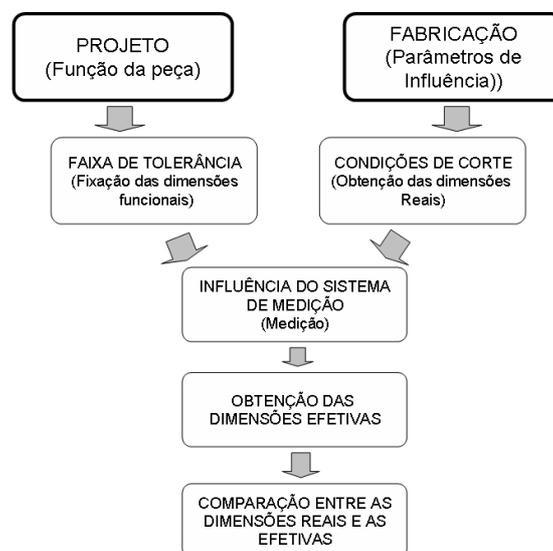


Figura 2 – Etapas ligadas à geração de um projeto

Dentro deste contexto, é possível perceber uma série de variáveis de influência na tolerância do produto final das peças fabricadas por usinagem, conforme apresentado na figura 3.

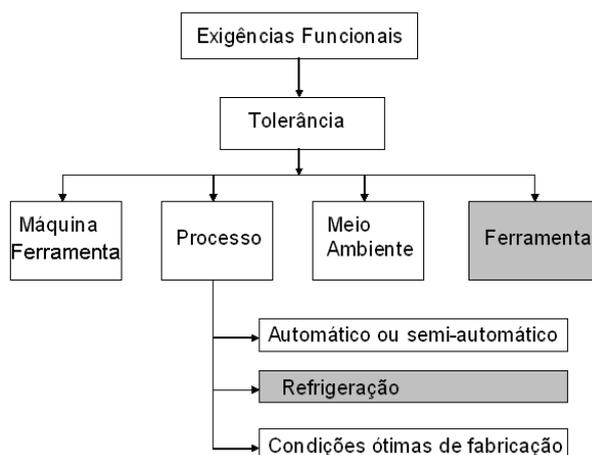


Figura 3 – Variáveis que exercem influência na tolerância de peças fabricadas por usinagem

O referido estudo apresentará uma abordagem a respeito da influência da ferramenta de corte cerâmica na tolerância dimensional de peças fabricadas pelo processo de torneamento.

2 – A USINAGEM COM INSERTOS CERÂMICOS

A influência do processo de usinagem na tolerância dimensional das peças fabricadas com insertos cerâmicos dar-se-á sob dois aspectos distintos:

- variação da tolerância pela não utilização de fluido de corte e
- variação da tolerância devida ao desgaste de flanco da ferramenta.

2.1 – Caracterização das Ferramentas Cerâmicas

As ferramentas cerâmicas são formadas por óxidos metálicos, sendo o seu óxido básico, o óxido de alumínio – Al_2O_3 , sendo classificadas de acordo com sua composição em cerâmica pura, quando a quantidade de Al_2O_3 é superior a 90%, e em cerâmica mista quando o percentual de óxido de alumínio é inferior a 90%, segundo König⁽⁴⁾. De acordo com Ferraresi⁽⁵⁾, essas ferramentas possibilitam usinar com velocidades de corte excepcionalmente elevadas, tendo como características fundamentais a sua resistência ao amolecimento pelo calor gerado às altas temperaturas, elevada dureza e resistência à temperatura ambiente, alta resistência à formação de cratera e baixa condutividade térmica. Segundo Kumar⁽⁶⁾ as ferramentas cerâmicas à base de alumina são largamente empregadas para usinagem de materiais duros como ferros fundidos com larga faixa de dureza, aço carbono e aço-liga com faixa de dureza de 34 a 66 HRC, por possuírem alta dureza a quente e uma estabilidade química muito boa.

Em função dessas características, as ferramentas cerâmicas possuem uma larga aplicabilidade nas operações de usinagem, pois possibilitam a usinagem de materiais altamente resistentes com velocidades de corte elevadas, o que reduz o tempo total de fabricação por peça, sem o expressivo incremento de custo em várias aplicações, devido ao desgaste excessivo e às freqüentes paradas para troca de ferramenta.

2.2 – A Influência na Tolerância Dimensional pela não Utilização de Fluido de Corte

De acordo com Ramos⁽⁷⁾, uma das vantagens de aplicação dos fluidos refrigerantes se dá em operações onde o acabamento superficial e/ou *tolerâncias dimensionais* são críticos, tendo neste caso o fluido, a função tanto de lubrificante quanto de refrigerante, garantindo, respectivamente,

bom acabamento superficial e tolerâncias dimensionais apertadas. Segundo Sales⁽⁹⁾, um dos exemplos clássicos onde a aplicação do fluido prejudica o processo diz respeito à usinagem com ferramentas cerâmicas, uma vez que o fluido pode promover choques térmicos com eventual fratura das ferramentas, com exceção de cerâmicas à base de Si_3N_4 e as whiskers que possuem tenacidade e resistência ao choque térmico superiores. No entanto, uma alternativa para estreitar as tolerâncias dimensionais é a refrigeração apenas da peça. Segundo König⁽⁴⁾ caso seja necessária a refrigeração da peça, deve-se proceder uma refrigeração indireta, como por exemplo, utilizando-se ar comprimido ou estações de resfriamento intermediárias.

Como os problemas econômicos e ecológicos tornaram os fluidos de corte um item cada vez mais indesejável, a usinagem a seco está se tornando cada vez mais popular. As vantagens econômicas para a renúncia aos fluidos de corte ficam evidentes ao se levar em conta os seguintes fatores, Ramos⁽⁷⁾:

- custos de aquisição, manutenção, armazenamento e eliminação dos fluidos. Segundo Sreejith⁽⁸⁾, os lubrificantes e refrigerantes utilizados no corte chegam até a 20% do custo de fabricação;
- riscos ambientais existentes;
- redução do choque térmico, além da redução das trincas e lascamentos.

Um dos inconvenientes da usinagem a seco diz respeito à tolerância dimensional da peça em função da dilatação sofrida pela mesma, face ao seu aquecimento. Na usinagem utilizando-se ferramentas cerâmicas, a dilatação da ferramenta é muito pequena devido ao seu baixo coeficiente de condutividade térmica. Porém, a peça dilata-se, e à medida que a usinagem vai se procedendo e a peça vai gradativamente aquecendo, há uma tendência de se retirar mais material do que o necessário, estipulado através da profundidade de corte. Ao ser resfriada, a peça se contrai, obtendo-se uma dimensão diferente da planejada, podendo gerar peças fora de especificação, dependendo de quão estreita for a faixa de tolerância da referida cota. Trata-se, portanto, de um problema relacionado ao aumento de temperatura, e esta, por sua vez, não é constante ao longo do comprimento da peça, e depende de uma série de fatores, conforme apresentado na equação 1.

$$T = f(v, f, a_p, VB, \alpha, \gamma, d, mat, ferr, maq) \quad (1)$$

onde:

v = velocidade de corte;

f = avanço;

a_p = profundidade de corte;

VB = desgaste de flanco;

α = ângulo de folga da ferramenta;

γ = ângulo de saída da ferramenta;

d = diâmetro da peça;

mat = material da peça (dureza, resistência mecânica, forma, dimensões, coeficiente de atrito);

ferr = ferramenta de corte (material, coeficiente de atrito, forma e dimensões);

maq = máquina operatriz.

É importante salientar que um estudo pormenorizado a respeito do assunto deverá considerar todas as variáveis supracitadas, pois cada uma delas exerce uma influência na temperatura da peça, e, conseqüentemente, nas dimensões finais da mesma. Resta saber se a faixa de tolerância comportará tal desvio, não comprometendo assim, a funcionalidade da peça. A velocidade de corte, por exemplo, tenderá a provocar uma elevação da temperatura com o seu aumento, exceto em situações em que as ferramentas cerâmicas sejam auto-lubrificantes, onde ao se atingir determinadas temperaturas, há uma reação química no inserto, formando uma substância na interface ferramenta-peça, atuando na redução do coeficiente de atrito, como é o caso da ferramenta cerâmica de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiB}_2$, utilizadas na usinagem a seco em alta velocidade de aços endurecidos conforme Jianxin⁽¹⁰⁾. Trata-se de uma ferramenta cerâmica com Titanato de Bário, onde ao contrário do que se poderia imaginar, há um menor desgaste em altas velocidades de corte em comparação

com baixas velocidades. Na referida usinagem, a ferramenta cerâmica possui especificação SNGN 150608 com ângulo de saída de -5° , ângulo de folga de 5° e ângulo de posição de 75° . O material da peça, por sua vez, era um aço endurecido com dureza de 45-50 HRC e diâmetro externo de 150 mm. O avanço utilizado foi de 0,15 mm/volta e a profundidade de corte foi de 0,4 mm. Na atmosfera de ar, ao se atingir a temperatura de 1190°C , a uma velocidade de corte de 210 m/min foi observada a formação de óxido de titânio, através da oxidação do TiB_2 , conforme equação 2, interpondo-se entre a ferramenta e a peça, servindo de lubrificante, baixando o coeficiente de atrito, e conseqüentemente, diminuindo o desgaste da ferramenta e aumentando a sua vida.



2.3 – A Influência do Desgaste de Flanco na Tolerância dimensional

A vida da ferramenta é um importante parâmetro na avaliação da performance das ferramentas de corte. De acordo com Kumar⁽¹¹⁾ et al. (2006), o desgaste da ferramenta afeta as dimensões e a qualidade da superfície da peça, sendo também um importante critério para determinação da vida da ferramenta. Segundo ele, o desgaste da ferramenta é geralmente um processo gradual e a sua taxa depende do material da ferramenta e da peça, da forma da ferramenta, dos fluidos de corte, dos parâmetros de processo e das características da máquina-ferramenta. Segundo Kumar⁽⁶⁾, o desgaste adversamente afeta a vida da ferramenta, a qualidade da superfície usinada, sua exatidão dimensional e, conseqüentemente, a economia das operações de corte. *Os efeitos do desgaste de flanco afetam a tolerância dimensional das peças.* O desgaste de flanco é geralmente atribuído ao atrito da ferramenta ao longo da superfície usinada e altas temperaturas, gerando um desgaste por abrasão e/ou aderência. Ele é usualmente caracterizado por entalhes e sulcos na superfície de flanco, Kumar⁽¹²⁾.

2.3.1 Determinação da tolerância dimensional em função da velocidade de corte e do tempo de usinagem

Kumar⁽¹²⁾ desenvolveu estudos de usinagem com ferramentas cerâmicas em aços endurecidos (HRC 60), determinando o desgaste de flanco e de cratera em função da velocidade de corte e do tempo de corte, com o objetivo de se gerar um modelo generalizado de desgaste baseado na equação de vida da ferramenta de Taylor. As constantes desse modelo são encontradas usando análise de regressão múltipla com os dados de desgaste coletados com várias velocidades de corte e vários tempos de corte. A equação 3 expressa o referido modelo. Para o nosso estudo será considerado apenas o desgaste de flanco, pois o mesmo exerce influência na tolerância dimensional da peça, principalmente no que diz respeito às dimensões radiais.

$$VB = a_1 \cdot v^{b_1} \cdot t^{c_1} \quad (3)$$

onde:

VB = desgaste de flanco (mm);
v = velocidade de corte (m/min)
t = tempo de corte (min);
 a_1 , b_1 e c_1 = constantes.

No referido estudo de Kumar⁽¹²⁾ foram utilizadas quatro ferramentas cerâmicas A, B, C e D, cujas propriedades e composição estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Propriedades e composição das ferramentas cerâmicas utilizadas nos ensaios para relacionar o desgaste de flanco com a velocidade de corte e tempo de corte, Kumar⁽¹²⁾.

Característica	Unidade	Ferramenta A	Ferramenta B	Ferramenta C	Ferramenta D
Composição		Al ₂ O ₃ (96.5%), ZrO ₂ (3.5%)	Al ₂ O ₃ (70%), Ti[C, N] & ZrO ₂ (30%)	Al ₂ O ₃ (70%), TiN (22.5%), TiC (7.5%)	Al ₂ O ₃ (80%), SiCw (20%)
Especificação do inserto		CNGN 12 07 08-T	CNGN 12 07 08-T	CNGN 12 04 08 T01020	CNGN 12 04 08 T01020
Densidade	g/cm ³	4,02	4,25	4,26	3,74
Dureza vickers	HV	1730	1930	1800	2000
Módulo de Young	GPa	380	400	400	390
Condutividade térmica	W/mK	16	20	24	18
Coefficiente de expansão térmica	K ⁻¹ × 10 ⁻⁶	8	8	8,6	6
Tensão de ruptura transversal	MPa	700	620	550	900

O material usinado foi o aço SS410 (HRC 60). Para tal foi utilizado um torno de precisão sem o uso de fluido de corte, um avanço de 0,12 mm/volta, profundidade de corte de 0,5 mm e as seguintes velocidades de corte (m/min): 120, 170, 220 e 270. A tabela 2 apresenta os valores das constantes a_1 , b_1 e c_1 para as quatro ferramentas cerâmicas.

Tabela 2: Valores das constantes a_1 , b_1 e c_1 para cada uma das ferramentas, considerando-se o desgaste de flanco.

Ferramenta	a_1	b_1	c_1	Variância R ²
A	0,0046	0,4805	0,6980	0,996428
B	0,0032	0,5262	0,7138	0,992474
C	0,0041	0,4963	0,6955	0,99246
D	0,0067	0,4497	0,6310	0,995941

O estudo proposto neste artigo utilizará apenas a ferramenta A, uma vez que a forma de processamento matemático será exatamente igual para as outras ferramentas. Portanto, aplicando-se os valores das constantes da tabela 2 na equação 3, obtém-se:

$$VB = 0,0046.v^{0,4805}.t^{0,6980} \quad (4)$$

O desgaste de flanco, por sua vez, é representado conforme figura 4.

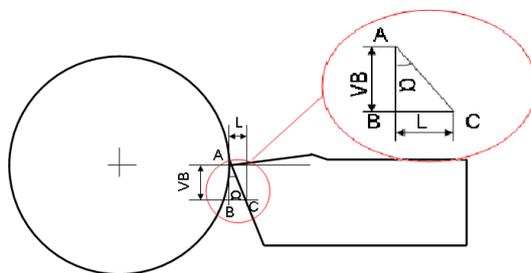


Figura 4 – Representação esquemática do desgaste de flanco na operação de torneamento

Analisando-se a figura 3, verifica-se que à medida que a ferramenta de corte vai-se desgastando, há uma gradual necessidade de realização do movimento de ajuste de ferramenta. Caso o mesmo não ocorra, o maior desgaste possível deverá ser obtido quando o comprimento L atingir o valor de IT/2, sendo IT a tolerância dimensional para o diâmetro da peça. Logo, obtivemos

uma relação direta entre esta tolerância e o desgaste de flanco através do triângulo ABC da figura 3 e geramos assim, a equação 5.

$$VB = \frac{IT}{2.tg\alpha} \tag{5}$$

onde: α = ângulo de folga da ferramenta.

Desta forma, foi obtida uma equação relacionando a tolerância dimensional com a velocidade de corte e tempo de corte, igualando-se as equações 4 e 5, gerando assim a equação 6.

$$IT = 0,0092.v^{0,4805}.t^{0,6980}.tg\alpha \tag{6}$$

A tabela 3 apresenta a aplicação da equação 6 para as velocidades de corte de 120, 170, 220 e 270 m/min, para um ângulo de folga de 6°. A figura 5 representa o gráfico dos valores da tabela 3.

Tabela 3: Valores da tolerância dimensional em função de diferentes velocidades de corte para $\alpha = 6^\circ$

Tempo de corte (min)	IT(v=120) mm	IT(v=170) mm	IT(v=220) mm	IT(v=270) mm
10	0,048134297	0,05690347	0,064408345	0,071068694
20	0,078086071	0,0923119	0,104486716	0,115291495
30	0,103629945	0,122509393	0,138666891	0,153006179
40	0,126675465	0,149753377	0,169504025	0,187032124
50	0,148025213	0,174992652	0,198072054	0,21855432
60	0,168114125	0,19874139	0,224952961	0,248214933

Analisando-se o referido gráfico, constata-se que o maior valor de tolerância dimensional acontecerá com a maior velocidade de corte utilizada, correspondendo a aproximadamente 0,25 mm. Por outro lado, verifica-se que quanto maior o tempo de corte, maior será a variação da tolerância dimensional. No caso da peça ser refrigerada, pode-se utilizar as equações das curvas da figura 4 para se realizar o movimento de ajuste da ferramenta em função do tempo de corte.

A tabela 4 apresenta a aplicação da equação 6, para a velocidade de corte de 220 m/min, variando-se o ângulo de folga da ferramenta. O objetivo do referido estudo é apresentar a influência do ângulo de folga da ferramenta na tolerância dimensional de peças fabricadas com pastilhas cerâmicas. A figura 6 representa o gráfico dos valores da tabela 4.

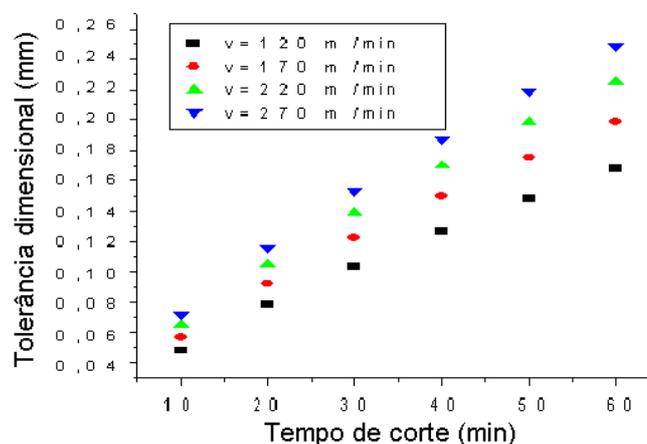


Figura 5 – Gráfico da tolerância dimensional em função do tempo de corte para diferentes velocidades de corte, considerando-se o ângulo de folga da ferramenta igual a 6°.

Tabela 4: Valores da tolerância dimensional em função de diferentes ângulos de folga da ferramenta, considerando-se a velocidade de corte de 220 m/min.

Tempo (min)	IT(alfa 5) mm	IT(alfa 6) mm	IT(alfa 7) mm	IT(alfa 8) mm
10	0,053613444	0,064408345	0,075242928	0,086124052
20	0,086974641	0,104486716	0,122063164	0,139715115
30	0,115426185	0,138666891	0,161993028	0,185419365
40	0,141094986	0,169504025	0,198017494	0,226653447
50	0,164874986	0,198072054	0,231391153	0,264853378
60	0,187250627	0,224952961	0,262793888	0,300797365

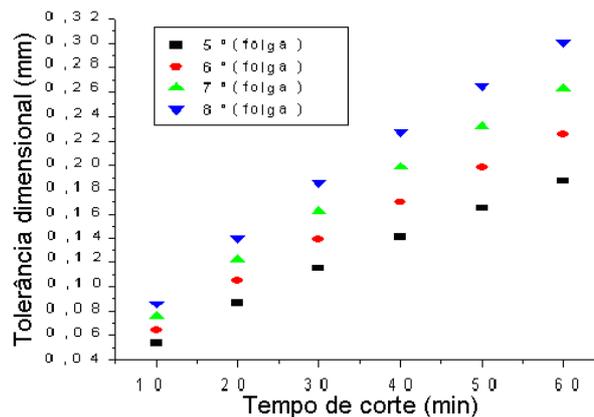


Figura 6 – Gráfico da tolerância dimensional em função do tempo de corte para diferentes ângulos de folga da ferramenta, considerando-se a velocidade de corte de 220 m/min.

Analisando-se a figura 6, verifica-se, inicialmente, que à medida que o ângulo de folga da ferramenta aumenta, há um correspondente e progressivo aumento da tolerância dimensional da peça, o que pode ser explicado pela diminuição do ângulo de cunha da ferramenta, o que provoca uma perda de resistência da mesma, ficando a cunha cortante mais susceptível a quebra. Percebe-se ainda, que na situação do ensaio, a ferramenta A em 20 minutos de corte, gerou uma variação no diâmetro da peça na ordem de décimos de milímetros (0,104 mm), considerando-se um ângulo α de 6°, o que passa a ser considerado algo expressivo em relação ao tempo de corte com o inserto cerâmico.

2.3.2 Valores máximos da tolerância dimensional de peças em função do máximo valor de desgaste de flanco admissível na usinagem com pastilhas cerâmicas

A tabela 5 apresenta os valores máximos de desgaste de flanco em operações de desbaste e acabamento para ferramentas cerâmicas segundo Ferraresi⁽⁵⁾. A partir desses valores e com base na equação 5 é possível apresentar valores máximos de tolerância dimensional ou valores máximos de comprimentos a serem ajustados de modo a compensar o desgaste da ferramenta de corte, conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 5: Valores limites de desgaste de flanco para ferramentas cerâmicas

Ferramenta	Desgaste	Operação de acabamento	Operação de desbaste
Material cerâmico (Al ₂ O ₃)	VB	0,1 – 0,2 mm	0,25 – 0,3 mm
Material cerâmico (Si ₃ N ₄)	VB	0,1 – 0,2 mm	0,25 – 0,5 mm

Tabela 6: Valores máximos de IT, obtidos com ferramentas cerâmicas, considerando-se operações de desbaste e acabamento.

Ferramenta	Ângulo de folga	IT _{max} (mm) Acabamento	IT _{max} (mm) Desbaste
Material cerâmico (Al ₂ O ₃)	5°	0,03	0,05
Material cerâmico (Al ₂ O ₃)	8°	0,06	0,08
Material cerâmico (Si ₃ N ₄)	5°	0,03	0,09
Material cerâmico (Si ₃ N ₄)	8°	0,06	0,14

Analisando-se a tabela 6, constata-se que as tolerâncias dimensionais máximas obtidas em operações de acabamento são exatamente as mesmas para as duas pastilhas cerâmicas, pois os valores máximos de desgaste de flanco são exatamente iguais para ambas. Por outro lado, em operações de desbaste, verifica-se que os valores de IT são maiores para as pastilhas com Si₃N₄. Uma explicação para tal deve-se ao fato de que os insertos com Si₃N₄ possuem tenacidade e resistência ao choque térmico superiores, Ramos⁽⁷⁾.

3. CONCLUSÕES

Um dos inconvenientes da usinagem a seco refere-se à tolerância dimensional da peça devida à dilatação sofrida pela mesma, face ao seu aquecimento. Essa dilatação é função dos parâmetros de usinagem, do desgaste de flanco, da geometria da ferramenta, do material da peça, da máquina ferramenta e, principalmente, da não utilização de fluido refrigerante. No entanto, as ferramentas cerâmicas à base de Si₃N₄ e as “whiskers”, ao contrário das demais, podem trabalhar com o uso de fluido de corte, uma vez que possuem tenacidade e resistência ao choque térmico, superiores.

Foi apresentada por Kumar⁽¹²⁾, uma equação correlacionando o desgaste de flanco com a velocidade de corte e o tempo de corte, através do modelo de análise de regressão múltipla. A partir dessa equação, foi proposta no âmbito deste trabalho, uma outra equação relacionando à tolerância dimensional da peça com a velocidade de corte, o tempo de corte e o ângulo de folga da ferramenta de corte. Com base nesta equação verificou-se a influência da velocidade de corte e do ângulo de folga da ferramenta cerâmica, na tolerância dimensional. A influência dessas variáveis é visualizada, para diferentes tempos de corte, nas figuras 5 e 6. Através de um estudo com a referida equação, constatou-se que o maior valor de tolerância dimensional ocorreu com a maior velocidade de corte utilizada e quanto maior o tempo de corte, maior a variação dimensional sofrida pela peça em função do desgaste da ferramenta. Com relação ao aumento do ângulo de folga da ferramenta, houve um progressivo aumento da tolerância dimensional da peça, o que pode ser explicado pela diminuição do ângulo de cunha da ferramenta, o que provoca uma perda de resistência da mesma. Constatou-se ainda, que na situação do ensaio, considerando-se a velocidade de corte constante e igual a 220 m/min, em 20 minutos de corte, gerou-se uma variação no diâmetro da peça na ordem de décimos de milímetros (0,104 mm), considerando-se um ângulo de folga de 6°, o que passa a ser considerado algo expressivo em relação ao tempo de corte com o inserto cerâmico.

Por fim, com base nos valores máximos de desgaste de flanco para ferramentas cerâmicas, foi possível apresentar valores limites de tolerância para usinagem com tais ferramentas, constatando-se que as tolerâncias dimensionais máximas obtidas em operações de acabamento foram exatamente as mesmas para as duas pastilhas cerâmicas, pois os valores máximos de desgaste de flanco são iguais para ambas. Por outro lado, em operações de desbaste, os valores de IT foram maiores para as pastilhas com Si₃N₄.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Provenza, F. “Tolerâncias ISO”. Editora F. Provenza, São Paulo, 1995.
2. Guimarães, V. A. “Controle dimensional e geométrico: uma introdução à metrologia dimensional”. Editora da Universidade do Passo Fundo, Passo Fundo, 1999.
3. Wang, J.X.; Jiang, X.; Ma, L.M.; Xu, Z.G.; Li, Z.. “Decision rules for workpieces based on total uncertainty”. Int J Adv Manuf Technol (2006) 28: 1169–1174
4. König, W. Fertigungsverfahren – Drehen, Fräsen, Bohren. VDI – Verlag, 1984.
5. Ferraresi, D. “Fundamentos da usinagem dos metais”. Editora Edgard Blücher, 1977.
6. Kumar, A. S.; Raja Duraia, A.; Sornakumar, T. “Yttria ceramics: cutting tool application”. Materials Letters 58 (2004) 1808– 1810
7. Ramos, C. A. D.; Costa, E. S. & Machado, A. R. “Fluidos de corte: tendências, utilização e aspectos ecológicos”. II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, João Pessoa, Brasil, agosto de 2002.
8. Sreejith P.S., Ngoi B.K.A., 2000, “Dry Machining: Machining of the Future”, Journal of Materials Processing Technology, pags 287-291.
9. Sales, W.F., Diniz, A.E., Machado, A.R., 2001, “Application of Cutting Fluids in Machining Processes.” Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences, Vol XXIII, No 2, pp. 227-240.
10. Jianxin, D; Tongkun, C & Lili, L. “Self-lubricating behaviors of Al₂O₃/TiB₂ ceramic tools in dry high-speed machining of hardened steel”. Journal of European Ceramic Society 25, 2005, pp 1073-1079.
11. Kumar, A. S., Raja Durai, A.; Sornakumar, T.. “Wear behaviour of alumina based ceramic cutting tools on machining steels”. Tribology International 39 (2006) 191–197.
12. Kumar, A.S.; Raja Durai, A.; Sornakumar, T.. “The effect of tool wear on tool life of alumina-based ceramic cutting tools while machining hardened martensitic stainless steel”. Journal of Materials Processing Technology 173 (2006) 151–156.

DIMENSIONAL TOLERANCE OF THE PARTS MACHINED BY CERAMIC INSERT – A CASE STUDY

José Eduardo Ferreira de Oliveira

jefo@upe.poli.br

Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade de Pernambuco – PE - Brasil

Noemia Gomes de Mattos de Mesquita

Yogendra Prasad Yadava

ngmm@ufpe.br

yadava@ufpe.br

Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Pernambuco – PE - Brasil

Abstract. *This work presents a case study concerning dimensional tolerance, which can be obtained through the machining by using ceramic cutting tools, highlighting the major influencing variables on the same, such as, aspects related with minimizing the aforesaid influences in function of functional exigency of the part. This study is based on the work developed by Kuma, who using the multiple regression technique, presented an equation that correlated the flank wear of ceramic insert with cutting velocity and cutting time. Beginning with this equation, our work generated another correlation of dimensional tolerance with the cutting velocity, cutting time and clearance angle of the cutting tool, more over presenting a study of the influence of the cutting velocity and clearance angle on dimensional tolerance for different cutting times, concerning the machining of a hardened steel (HRC60) by ceramic insert.*

Keywords: *dimensional tolerance, ceramic insert, turning.*