



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA  
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING  
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil  
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

## ANÁLISE DA RUGOSIDADE EM RELAÇÃO AO SENTIDO DE GIRO DO DRESSADOR NO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO CENTERLESS DE PASSAGEM

<sup>1</sup>Hamilton Funes Junior, hamilton\_funes@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Rômulo Marcellus Gonçalves, romuloblz@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Luiz Maurício Gonçalves Neto, goncalui@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Paulo Roberto Aguiar, Aguiarpr@feb.unesp.br

<sup>5</sup>Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Ciências de Bauru, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Cx Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ – Campus Santo Antônio, Praça Frei Orlando, 170, centro, CEP 36307-352, São João del-Rei, MG, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Ciências de Bauru, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Cx Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

<sup>4</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Elétrica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Cx Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

<sup>5</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Cx Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

**Resumo:** A operação de afiação de rebolos, comumente conhecida como dressagem, visa restaurar a capacidade de remoção de material, restabelecer sua concentricidade e em algumas operações, a forma da superfície do rebolo. A dressagem pode ser efetuada de várias maneiras dependendo do tipo de dressador. Os parâmetros decisivos no processo de dressagem com ferramentas rotativas são, o grau de recobrimento " $U_d$ ", o avanço de penetração " $a_{ed}$ ", o avanço axial " $f_{ad}$ " e a relação de velocidade " $q_d$ ". A relação de velocidade " $q_d$ " é definida pela razão entre a velocidade do rolo dressador e a velocidade do rebolo. Esta relação pode variar a formação topográfica do rebolo de corte, de modo a influenciar o comportamento das forças de corte no processo de retificação e os resultados da rugosidade superficial da peça. Este trabalho visou estudar a influência da rotação do rolo dressador na rugosidade final da peça. Este estudo foi feito através das variáveis de entrada do processo de retificação centerless de passagem, velocidade axial de dressagem " $V_{fad}$ ", rotação do disco dressador " $n_s$ " e a variável de saída, rugosidade.

**Palavras-chave:** Retificação centerless, dressagem, rugosidade.

### 1. INTRODUÇÃO

A retificação centerless vem sendo muito utilizada dentro das indústrias de manufatura. Essa tecnologia possibilita a obtenção de tolerâncias diamétricas extremamente fechadas sob circunstâncias de uma produção seriada elevada e largamente utilizada para o processamento de peças em formato cilíndrico, como rolos, pinos, eixos e outros componentes (FRIEDRICH, 2004). A versatilidade desse processo evidencia a possibilidade de usar uma variedade de materiais, incluindo diversas ligas de aço, os tipos mais comuns de materiais ferrosos, bem como diversos materiais não metálicos como cerâmica, vidros, plásticos, porcelana, borracha e a madeira (SCHMIDT, 1989).

De acordo com Gonçalves Neto (2008), o processo de retificação centerless de passagem envolve uma gama de parâmetros e variáveis que podem facilmente influenciar o processo. Trata-se de um processo de exatidão e importância, visto que o processo tem como objetivo determinar as características finais de qualidade ao produto, uma vez que é inaceitável perder uma peça nessa etapa devida às etapas que antecedem a retificação.

Deste modo, este trabalho vem analisar a influência da dressagem no sentido concordante/discordante com disco dressador na rugosidade da peça. Para tanto, fará-se o monitoramento do processo através do parâmetro de dressagem grau de recobrimento, relação de velocidades " $q_d$ " e a variável de saída rugosidade.

## 2. GRAU DE RECOBRIMENTO

O grau de recobrimento é um parâmetro importante na retificação, por ser um excelente caracterizador das condições de afiação de um rebolo, pois engloba todas as condições de dressagem (MINKE, 1999).

Segundo König (2005), os parâmetros decisivos no processo de dressagem com ferramentas rotativas são, o grau de recobrimento " $U_d$ ", o avanço de penetração " $a_{ed}$ ", o avanço axial " $f_{ad}$ " e a relação de velocidades " $q_d$ ".

A Figura 1 ilustra o mecanismo cinemático do processo de dressagem, no qual o dressador desloca-se transversalmente ao rebolo penetrando a uma profundidade de dressagem " $a_{ed}$ " gerando uma largura de atuação de dressagem " $b_d$ ". De acordo com Catai (2004), Este processo gera o corte e a fratura dos grãos abrasivos pelo dressador, além de provocar o surgimento de uma rosca na superfície do rebolo.

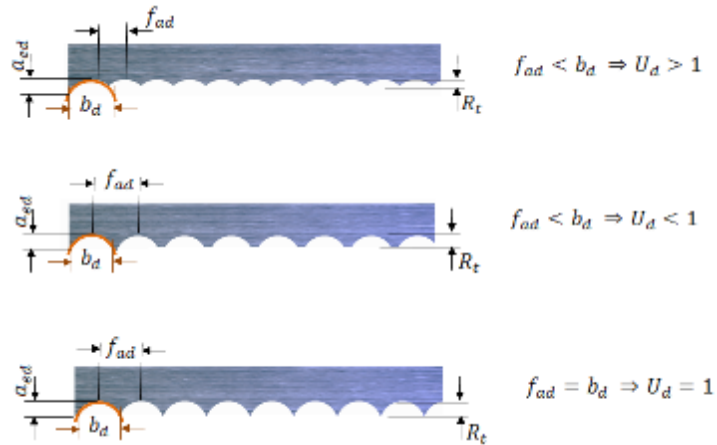


Figura 1. Mecanismo cinemático do processo de dressagem (MINKE, 1999)

Minke (1999), Klocke e König (2005), Linke (2008), determinaram o grau de recobrimento " $U_d$ " simplesmente pelo quociente da largura da ferramenta de dressagem " $b_d$ " pelo avanço axial " $f_{ad}$ ", sendo:

$$U_d = \frac{b_d}{f_{ad}} \quad (1)$$

O produto do avanço de dressagem " $f_{ad}$ " por rotação do rebolo de corte " $n_s$ " resulta na velocidade axial de dressagem " $V_{fad}$ ".

$$V_{fad} = f_{ad} \cdot n_s \quad (2)$$

De acordo com König (2005), os parâmetros decisivos no processo de dressagem com ferramentas rotativas são, o grau de recobrimento " $U_d$ ", o avanço de penetração " $a_{ed}$ ", o avanço axial " $f_{ad}$ " e a relação de velocidades " $q_d$ ". A relação de velocidade " $q_d$ " pode ser obtida através da razão entre a velocidade do rebolo de corte e a velocidade do rolo dressador (LINDSAY, 1999; GRAF, 2009):

$$q_d = \pm \frac{V_r}{V_s} \quad (3)$$

A relação de velocidade " $q_d$ " e o sentido de rotação da ferramenta de dressagem rotativa influenciam a agressividade do rebolo. Para " $V_r/V_s$ " (+), significa que o dressador rotativo e o rebolo giram no mesmo sentido, ou seja, sentido concordante. Para " $V_r/V_s$ " (-), significa que o dressador rotativo e o rebolo giram em sentido contrário, ou seja, sentido discordante. Segundo Klocke e König (2005), a dressagem no sentido concordante deixa o rebolo mais agressivo do que a dressagem no sentido discordante.

### 3. DRESSADORES ROTATIVOS

Os dressadores rotativos, além do movimento de translação, ocorre um movimento de rotação quando em contato com rebolo.

Os discos dressadores são constituídos de material abrasivo, tem como função fornecer um giro coaxial aos rebolos de diamante e CBN, e também para os rebolos para operações de desbaste. Segundo Catai, Bianchi, Aguiar (2002), a escolha do disco dressador é determinada pelo tipo de operação a ser realizada. Os discos com grãos mais finos devem ser usados para dressar e perfilar rebolos diamantados, enquanto os que possuem grãos mais grossos são aplicados em rebolos de outros abrasivos.

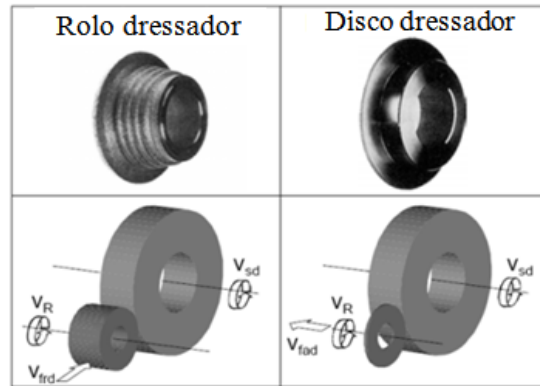


Figura 2. Dressadores Rotativos (KLOCKE, KÖNIG, 2005)

### 4. RUGOSIDADE

De acordo com Ali & Zhang (1999), a retificação é um processo de acabamento, e a rugosidade é um dos fatores mais importantes para se obter um componente com qualidade. Segundo Catai (2004), rugosidades são micro-irregularidades decorrentes do processo de fabricação. Sua quantificação é feita pelos parâmetros de altura e largura das irregularidades. Sua magnitude está diretamente relacionada com as propriedades físicas do material como: coeficiente de atrito, desgaste, lubrificação, transmissão de calor, resistência mecânica dentre outras.

Os processos de usinagem, em especial os processos de retificação afetam diretamente a rugosidade das peças e o controle deste parâmetro é feito pelo monitoramento e otimização dos processos.

De acordo com Oliveira *et al.* (1992), a rugosidade de uma peça está relacionada com o processo de remoção de material executado, o qual depende das condições de dressagem. No caso de dressagens grosseiras (pequeno valor de grau de recobrimento e reduzido número de arestas atuantes), tem-se um aumento na profundidade dos sulcos formados durante a retificação, ocasionando valores elevados de rugosidade. Porém, se a dressagem for fina (elevado grau de recobrimento e número de arestas atuantes), a maior quantidade de arestas atuantes divide melhor os esforços, fazendo com que cada grão abrasivo penetre menos na peça, gerando menores valores de rugosidade.

### 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em uma retificadora *centerless* de passagem fabricada pela empresa Mikrosa, modelo *Kronos M 400*, equipado com um comando numérico computadorizado CNC.

O material dos corpos de prova foi o aço liga ABNT 52100 com dimensões de 10,2 mm (diâmetro) x 11,5 mm (comprimento), temperado e revenido com dureza de 60 HRC.



Figura 3. Corpos de prova utilizados durante os experimentos

O rebolo de corte utilizado foi um rebolo de carbureto de silício de liga resinóide, com dimensões de 610 mm (diâmetro externo) x 250 mm (largura) x 305 mm (diâmetro interno), granulometria 120, dureza da liga K, especificação C120 LB24 da empresa Sivat Abrasivos Ltda.

O rebolo de arraste utilizado foi um rebolo de borracha com dimensões de 300 mm (diâmetro externo) x 200 mm (largura) x 120 mm (diâmetro interno), especificação ARR 120 da empresa Sivat Abrasivos Ltda.

Foi utilizado como fluido de corte, uma emulsão sintética com concentração de 4%, especificação Syntilo 290 BR da empresa Castrol Ltda. Neste fluido de corte já há, na sua composição, propriedades anti-corrosivas, isento de parafina clorada, nitritos e fenóis, entre outros.

Para a dressagem do rebolo de corte foi utilizado o dressador rotativo tipo disco com diâmetro de 150 mm e largura de atuação " $b_d$ " de 10 mm, especificação D213-BZW-C125.

Os valores de rugosidade apresentados são médias de 10 medições em posições diferentes, para cada ensaio realizado. A captação da rugosidade superficial foi obtida através de um rugosímetro modelo Perthometer M2, do fabricante Mahr Ltda, com comprimento de onda do filtro (*cutt-off*) de 0,8, que fez a medição direta do parâmetro Ra.

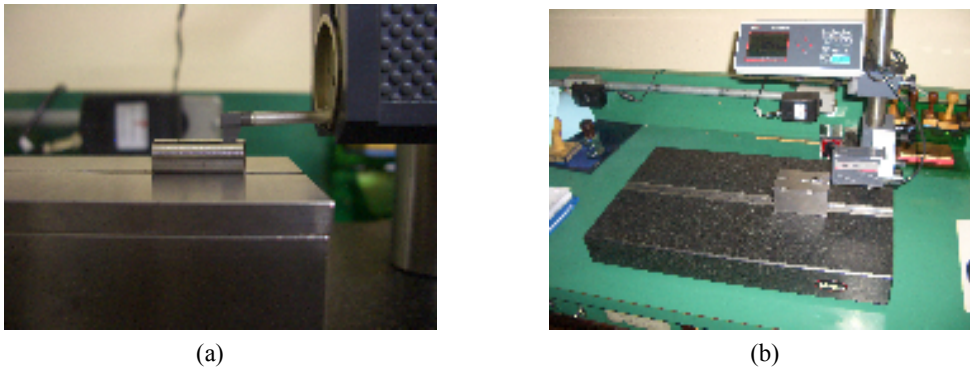


Figura 4. Rugosímetro utilizado durante os experimentos

Para os ensaios foram estabelecidos as seguintes condições de usinagem conforme Tabela 1.

Tabela 1. Condições de usinagem utilizadas para o sentido de rotação do disco dressador

Ensaio	Disco dressador				$V_s$ (m/s)	$q_d$	$V_{fad}$	$V_{fad}$
	Sentido	$\varnothing$ (mm)	rpm	$V_r$				
1	Concordante	150	5000	39,3	45	0,9	1000	2000
2		150	4500	35,3	45	0,8	1000	2000
3		150	4000	31,4	45	0,7	1000	2000
4		150	3500	27,5	45	0,6	1000	2000
5		150	3000	23,6	45	0,5	1000	2000
6		150	2000	15,7	45	0,3	1000	2000
7		150	1000	7,9	45	0,2	1000	2000
8		150	500	3,9	45	0,1	1000	2000
9	Discordante	150	-500	-3,9	45	-0,1	1000	2000
10		150	-1000	-7,9	45	-0,2	1000	2000
11		150	-2000	-15,7	45	-0,3	1000	2000
12		150	-3000	-23,6	45	-0,5	1000	2000
13		150	-3500	-27,5	45	-0,6	1000	2000
14		150	-4000	-31,4	45	-0,7	1000	2000
15		150	-4500	-35,3	45	-0,8	1000	2000
16		150	-5000	-39,3	45	-0,9	1000	2000

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos de rugosidade média, para cada condição de dressagem estabelecida.

### 6.1. Rugosidade

Na figura 3 (a) e (b), são apresentados os resultados de rugosidade média (Ra), sendo que para cada ensaio foram efetuadas dez medições na superfície, possibilitando deste modo a determinação da média dos valores.

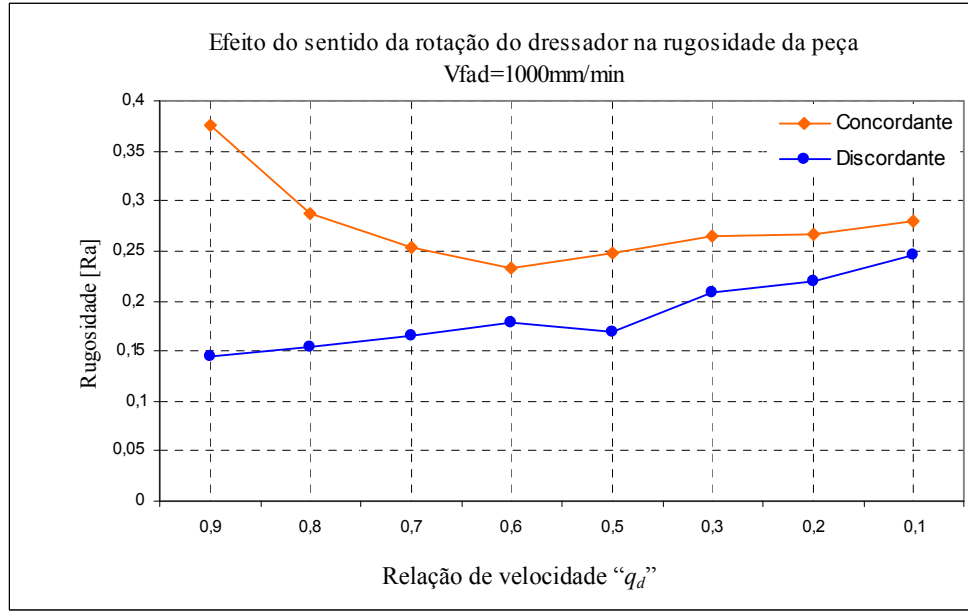


Figura 3 (a) . Efeito do sentido da rotação do dressador na rugosidade da peça para  $V_{fad}$  de 1000 mm/min

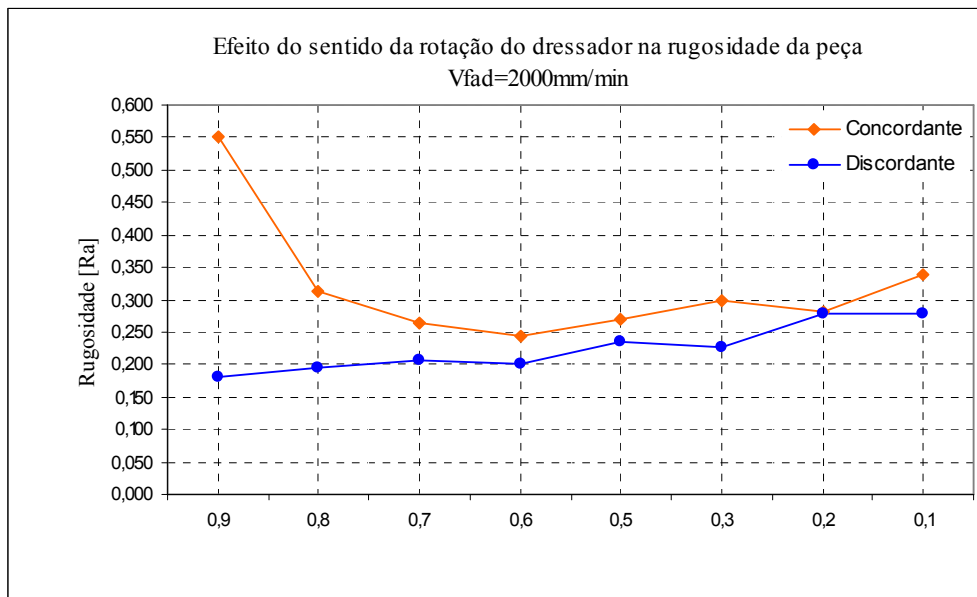


Figura 3 (b). Efeito do sentido da rotação do dressador na rugosidade da peça para  $V_{fad}$  de 2000 mm/min

Analisando a Figura 3 (a) e (b), observa-se os menores valores de rugosidade para o sentido de rotação discordante e velocidade axial de dressagem " $V_{fad}$ " de 1000 mm/min, conseqüentemente um acabamento superficial melhor à peça,

já os maiores valores de rugosidade são para o sentido de rotação concordante e velocidade axial de dressagem " $V_{fad}$ " de 2000 mm/min. De acordo com estudos realizados por Graf (2009), onde se analisou a influência da dressagem no sentido de rotação discordante/concordante, isto ocorre porque no sentido de rotação concordante, o ângulo de penetração do diamante para dentro do rebolo é muito mais acentuado, portanto resultando em uma maior agressividade no rebolo do que na dressagem no sentido discordante. Os resultados obtidos são justos, pois, para maiores taxas de velocidade axial de dressagem, a rugosidade deve ser maior.

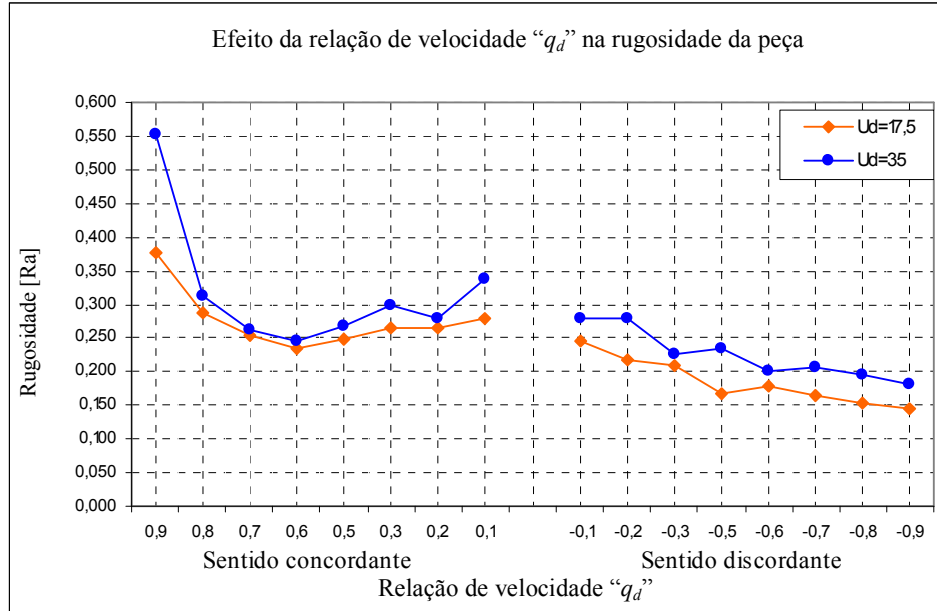


Figura 4. Efeito da relação de velocidade " $q_d$ " na rugosidade da peça

A partir deste gráfico pode-se notar a influência da relação de velocidade " $q_d$ " na rugosidade da peça. Notou-se que quanto menor for a relação de velocidade, menor será os valores de rugosidade.

Segundo estudos realizados por Linke (2008), onde se analisou a influência da relação de velocidade " $q_d$ " na rugosidade da peça, os valores de rugosidade diminuíam com o decréscimo da relação de velocidade, provando que a relação de velocidade pode influenciar no acabamento superficial da peça.

Com relação ao grau de recobrimento " $U_d$ ", baseado nos resultados obtidos por Oliveira *et al.* (1992), a rugosidade de uma peça está relacionada com a remoção de material executado, ou seja, com as condições de dressagem. É importante ressaltar que para dressagens grosseiras (pequeno valor de grau de recobrimento e reduzido número de arestas atuantes), tem-se um aumento na profundidade dos sulcos formados durante a retificação, ocasionando valores elevados de rugosidade. Porém, se a dressagem for fina (elevado grau de recobrimento e número de arestas atuantes), a maior quantidade de arestas atuantes divide melhor os esforços, fazendo com que cada grão abrasivo penetre menos na peça, gerando menores valores de rugosidade.

## 7. CONCLUSÕES

Através desta pesquisa pode se observar a influência da relação de velocidade " $q_d$ ", velocidade axial de dressagem " $V_{fad}$ " e sentido de rotação do disco dressador na rugosidade da peça utilizando retificação centerless de passagem. Uma análise geral dos resultados indica que a dressagem no sentido de rotação do disco dressador discordante, menores valores de velocidade axial de dressagem " $V_{fad}$ " e menores valores de relação de velocidade " $q_d$ " é a que garante menor valor de rugosidade, conseqüentemente um melhor acabamento superficial da peça.

O aumento da velocidade axial de dressagem " $V_{fad}$ " associado a um aumento da relação de velocidade " $q_d$ " e sentido de rotação do disco dressador concordante, produziu maior valor de rugosidade superficial.

No caso das indústrias, portanto, o mais indicado para se obter menores valores de rugosidade é realmente a utilização das condições de dressagem no sentido discordante, menores valores de velocidade axial de dressagem e menores valores de relação de velocidade.

## 8. REFERÊNCIAS

- Aly, Y. M., Zhang, L. C., 1999, Surface roughness prediction of ground components using fuzzy logic approach. *Jornal of Material Processing Technology* 89-90, p. 561-568.
- Bianchi, E. C., Aguiar, P.R., Catai, R. E., 2004, Estudo da Importância dos Métodos e Processos de Dressagem e Perfilamentos, bem como dos Principais tipos de Dressadores Utilizados nas Operações de Retificação. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, CONEM 2004, Campina Grande, PB.
- Catai, R. E., 2004, Otimização das condições de refrigeração/lubrificação no processo de retificação cilíndrica de mergulho. Tese de doutorado, UNESP – Universidade Estadual Paulista, SP, Brasil.
- Friedrich, D., 2004, Prozessbegleitende Beeinflussung des geometrischen Rundungseffektes bem spitzenlosen Aussenrundeinstechschleifen. Shaker Verlag, D82 (Dissertation, RWTH-Aachen).
- Gonçalves Neto, L. M., 2008, Estudo das correlações dos parâmetros e fenômenos do processo de retificação centerless de passagem com a circularidade da peça. 130. f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Tecnologia dos Materiais e Processos de Fabricação, Universidade de Taubaté.
- Graf, W., 2009, Handbook Centerless Grinding, Copyright Winterthur Technology Group Schleiftechnik AG, Switzerland.
- Klocke, F., König, W., 2005, Fertigungsverfahren: Schleifen, Honen, Läpen. VDI Verlag, GMBH, Düsseldorf.
- Lindsay, R., 1999, Fundamentals of Precision Production Grinding, SME, Society of Manufacturing Engineers, Detroit.
- Linke, B., 2008, Wer nicht Konditionieren Kann, braucht mit dem Schleifen gar nicht erst anzufangen. Abrichten Werkmechanismen.
- Minke, E., 1999, Handbuch zur Abricht Technik, Riegger Diamantwerkzeuge GMBH.
- Oliveira, J. F. G., Bianchi, E. C., Souza, G. F., 1992, O Desempenho de Rebolos Pode ser Controlado pela Dressagem. *Revista Máquinas e Metais*, Ano XXVII, nº 317, Junho, 1992.
- Schmidt, E., 1989, Standzeituntersuchung an Schleifscheiben. Diplomarbeit, Fachhochschule des Landes Rheinland Pfalz.

## 9. DIREITOS AUTORAIS

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



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA  
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING  
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil  
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

## ANALYSIS OF ROUGHNESS IN RELATION TO DIRECTION OF TURN OF DRESSER IN THROUGH FEED CENTERLESS GRINDING

<sup>1</sup>Hamilton Funes Junior, hamilton\_funes@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Rômulo Marcellus Gonçalves, romuloblz@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Luiz Maurício Gonçalves Neto, goncalui@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Paulo Roberto Aguiar, Aguiarpr@feb.unesp.br

<sup>5</sup>Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Ciências de Bauru, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Cx Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ – Campus Santo Antônio, Praça Frei Orlando, 170, centro, CEP 36307-352, São João del-Rei, MG, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Ciências de Bauru, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Cx Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

<sup>4</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Elétrica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Cx Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

<sup>5</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Cx Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

**Abstract:** *The operation of grinding wheels sharpening, in general acquaintance with dressing, aim to restore the capacity of removal of material of tool, rebuild your concentricity and, in any operations, the shape of surface of grinding wheel. The dressing can be done in several ways depending of kind of dresser. The parameters decisives on dressing process with rotary tools are the dressing ratio “ $U_d$ ”, the advance “ $a_{ed}$ ”, the advance “ $f_{ad}$ ” and the relation to velocities “ $q_d$ ”. The relation to velocities “ $q_d$ ” is defined for reason between the velocity of disc dresser and of grinding wheel. This relation can vary the topographical formation of cut grinding wheel, of way the influence the behavior of cut forces on grinding process and the results of surface roughness of piece. With this, the work aim to study the influence of the rotation of the disc dresser on the direction concordance/discordance in the final roughness of piece. This work was done through of variables of input through feed centerless grinding process with the axial dressing velocity “ $V_{fad}$ ”, rotation of disc dresser “ $n_s$ ” and the variable output, roughness.*

**Keywords:** *centerless grinding, dressing, roughness.*

### RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.