

ANÁLISE DA CIRCULARIDADE E DA QUALIDADE DIMENSIONAL DE REBOLOS DE CBN VITRIFICADOS NA RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA INTERNA DO AÇO 18CrNi8

Bruno Azeredo Passigatti

Milton Luiz Polli

Luciano de Oliveira Arantes

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba (Sede Ecoville) - R. Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 - Cidade Industrial de Curitiba, Curitiba - PR, 81280-340.

passigatti.bruno@gmail.com, polli@utfpr.edu.br, luciano.arantes@br.bosch.com

Resumo. A retificação cilíndrica interna de precisão é geralmente a última etapa de um processo de manufatura que envolve operações de usinagem, com isso nesta fase as peças já possuem alto valor agregado, tornando seu descarte por erros de fabricação ainda mais onerosos para as empresas. Da mesma maneira, as ferramentas adotadas nesses processos possuem alto custo e devem ser utilizadas em sintonia com parâmetros de corte que favoreçam seu melhor desempenho. Em virtude disso, este artigo visa analisar o erro dimensional de diâmetro e o erro geométrico de circularidade como parâmetros de desempenho de rebolos segmentados de CBN vitrificados na retificação cilíndrica interna de bicos injetores de combustível fabricados em aço DIN 18CrNi8. Foram utilizadas, além da granulometria, diferentes velocidades de oscilação axial do rebolo e velocidades periféricas da peça. Os resultados obtidos indicaram que, em regras gerais, o rebolo com especificação de granulometria 400 obteve desempenho comparativamente melhor do que o rebolo com granulometria 360, especialmente com relação a qualidade dimensional do diâmetro, principalmente quando empregado com maiores taxas de velocidade de oscilação e de rotação da peça. As combinações e variações de parâmetros e de granulometria propostas neste artigo indicaram bons resultados de circularidade, porém sem alterações consideradas significativas entre os ensaios.

Palavras chave: Retificação Interna. Rebolo de CBN. Erro Geométrico.

1. INTRODUÇÃO

O processo de retificação é uma das operações de usinagem mais amplamente utilizadas na remoção de material para produção de componentes de precisão (AZIZI *et al.*, 2009). A retificação é um processo de usinagem abrasivo, no qual a remoção do material ocorre através da interação entre grãos abrasivos e a peça de trabalho, e visa obter melhor qualidade do acabamento da superfície (BELENTANI *et al.*, 2013). Os rebolos são compostos por três elementos, as partículas abrasivas para contato e remoção do material, o espaço intergranular para o armazenamento do material removido e o fluxo do líquido de lubri-refrigeração e o material ligante para reter o grão no rebolo (WEGENER *et al.*, 2011). Os abrasivos podem ser classificados em naturais, convencionais e superabrasivos. Neste último grupo, salienta-se o CBN, que foi adotado na execução do experimento desta pesquisa. Durante a retificação, cada grão remove um pequeno cavaco da superfície do material da peça de trabalho, gerando assim um determinado acabamento superficial, ademais, a retificação é geralmente considerada um processo de acabamento na fabricação de componentes com alta precisão geométrica e qualidade superficial (KOPAC & KRAJNIK, 2006 e CHEN *et al.*, 2002). Portanto, na maioria dos casos, é o último processo de uma sequência de operações de usinagem (DANESHI *et al.*, 2014 e FERNANDES *et al.*, 2018). O tipo de superfície a ser gerada, a cinemática da operação de usinagem, bem como a forma ou o perfil do rebolo, são propriedades que caracterizam os tipos de processo de retificação, na qual destaca-se nesta pesquisa a retificação cilíndrica interna.

A retificação interna é comumente usada para o acabamento de furos cilíndricos, cônicos e complexos, tanto na produção única quanto na produção em massa. Pode servir como estágio intermediário ou final na usinagem, com aumento da precisão dimensional e da forma do furo. O processo de retificação interna possui áreas de tolerância muito precisas e estreitas, tanto nas dimensões quanto nas características geométricas da peça (D'YAKONOV, 2014; OH & SO, 2012 e POPOVA, 2015).

A cinemática da retificação cilíndrica interna é idêntica a dos métodos de retificação cilíndrica externa, excetuando-se apenas na fixação da peça de trabalho, que, no caso da retificação interna, deve ser fixada na borda externa, pois a acessibilidade ao orifício interno deve ser garantida. As equações derivadas para a taxa de remoção de material específica também são válidas neste processo.

Pesquisadores como MARINESCU *et al.* (2007) consideram a retificação interna um sistema muito delicado, onde a principal fraqueza é a montagem do rebolo, pois este sistema pode facilmente se desviar durante a retificação, causando

problemas de conicidade e forma. As condições de retificação são impulsionadas principalmente pela rigidez do sistema e pelo nível da força normal de retificação.

Na retificação interna, o eixo-ferramenta e a haste de fixação do reboło constituem os pontos críticos, uma vez que sua rigidez equivalente é substancialmente menor que a destes componentes na retificação externa. Esta baixa rigidez se reflete no erro dimensional e de forma do furo produzido (ANDRETTA, 2012).

Segundo TAWAKOLI *et al.* (2007), no processo de retificação interna, é necessário ter não apenas o movimento usual de corte e avanço do reboło, mas também o movimento periférico e longitudinal de avanço (Fig. 1). O movimento de avanço pode ser alcançado pela rotação da peça de trabalho e/ou pela rotação periférica da ferramenta, já o movimento de avanço longitudinal é uma resultante do reboło. Além disso, em alguns casos, há a necessidade de se utilizar um eixo prolongador. Nestas situações, a ferramenta é fixada na extremidade do eixo e este é fixado na máquina, com isso, criam-se tensões de deflexão relativamente altas, especialmente quando o eixo é pouco rígido, muito longo ou possui um diâmetro pequeno. A alta tensão resultante, a flexão elástica correspondente, e também a deformação elástica na extremidade livre da ferramenta levam à evasão da mesma no ponto de contato e isso pode causar imprecisão dimensional e inúmeros erros de forma.

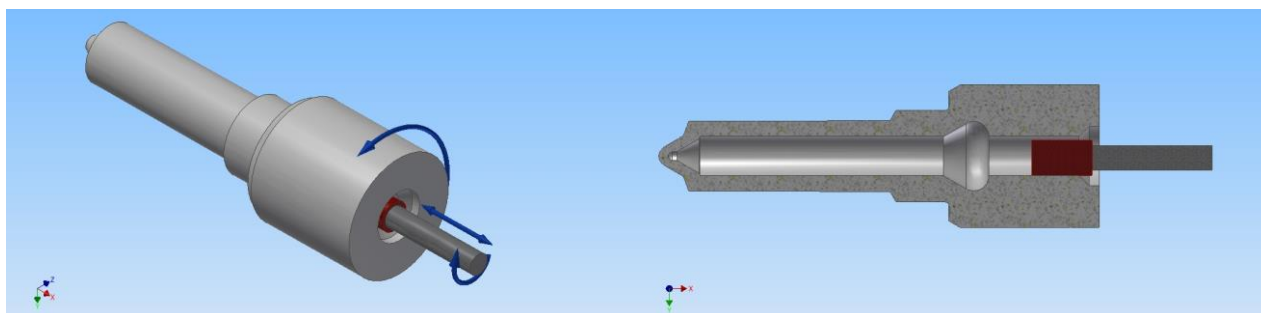


Figura 1 – O princípio de retificação cilíndrica interna empregado nesta pesquisa.

O nitreto cúbico de boro (CBN), juntamente com o diamante, são denominados de superabrasivos. Estes, como o próprio nome indica, são abrasivos mais duros, mais resistentes ao desgaste e com uma vida útil mais longa quando aplicados de maneira adequada (KOPAC & KRAJNIK, 2006). O CBN é um abrasivo sintético usado comumente na retificação de materiais ferrosos, principalmente aços e ligas endurecidos. Comparado ao diamante, o CBN é mais resistente a impactos, ao calor e é quimicamente menos ativo, como resultado, o CBN pode retificar peças que envolvam corte interrompido, materiais que geram um cavaco mais longo e componentes que são reativos quimicamente a outras ferramentas de corte.

Conforme relatado por AZIZI *et al.* (2009), os rebolos de CBN podem ser uma boa alternativa na retificação de superligas e ligas endurecidas devido à sua alta resistência ao desgaste e boa característica térmica durante o processo. Os benefícios da dureza do CBN só podem ser alcançados através da aplicação simultânea de métodos e condições de dressagem apropriados. O reboło CBN vitrificado, por exemplo, é amplamente aceito devido à alta relação custo-benefício de retificação. Isso se deve principalmente à maior vida útil do reboło, melhor acabamento superficial, facilidade de preparação e retenção de forma, e a capacidade de resistir bem as altas temperaturas do processo de retificação (JACKSON *et al.*, 2001).

Em virtude disso, este artigo visa analisar o erro dimensional e o erro geométrico circularidade como parâmetros de desempenho de rebolos segmentados de CBN vitrificados na retificação cilíndrica interna de bicos injetores de combustível fabricados em aço DIN 18CrNi8.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As operações de retificação foram executadas na linha de produção de uma empresa multinacional com filial na cidade de Curitiba no estado do Paraná. As medições de diâmetro e dos erros geométricos também foram feitas na referida empresa.

A peça de trabalho é um bico injetor de combustível para motores a diesel. A retificação se dá no diâmetro da guia, conforme destacado na Fig. 2. O furo-guia serve para orientar a trajetória da agulha, enquanto não há corrente elétrica passando pela bobina, os orifícios de injeção são obstruídos pelo contato entre a agulha e o assento do cilindro do bico injetor (ANDRETTA, 2012).

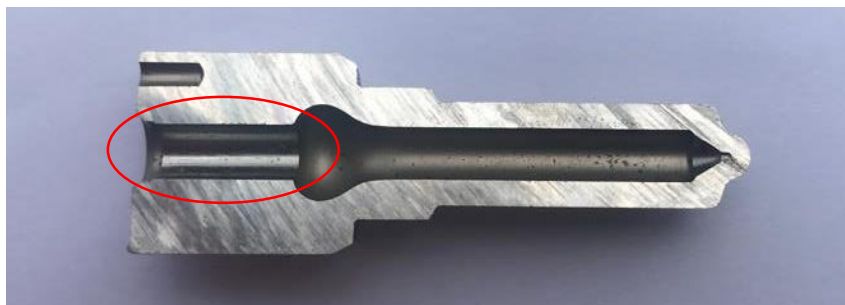


Figura 2 – Corte transversal do bico injetor de combustível com destaque para o diâmetro de guia

O material da peça em estudo é o aço DIN 18CrNi8, uma liga com alto teor de cromo e níquel (Tab. 1), projetado como matéria-prima de elementos de máquinas que exigem alta resistência a cargas variáveis, fadiga, resistência ao impacto e ductilidade do núcleo.

Tabela 1 - Composição química do aço DIN 18CrNi8 em fração de massa (%)
(Empresa Multinacional)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0,13 – 0,22	≤ 0,20	0,36 – 0,64	≤ 0,030	≤ 0,040	1,74 – 2,16	1,75 – 2,15

A retificadora cilíndrica interna utilizada neste estudo é a UVA U88 NMA, da *UVA Lidköping*, uma empresa sueca que desenvolve soluções para retificação de precisão. A máquina é equipada com uma unidade de indexação carregando duas estações de trabalho, o que oferece a capacidade de retificar simultaneamente duas superfícies diferentes em dois componentes, no caso, guia e sede de um bico de injeção de combustível, e alternar automaticamente os componentes entre as duas operações de retificação.

Foram utilizados 18 rebolos de CBN vitrificado segmentados de 3 canais e diferentes granulometrias (360 e 400) com 3,60 mm de diâmetro e 9,00 mm de comprimento fornecidos pela empresa japonesa *Asahi Diamond*, sendo eles: VBF 360 K 195 RCP3M VFPC (9 rebolos) e VBF 400 K 195 KCP3M VFPC (9 rebolos).

Um disco dressador diamantado foi utilizado no condicionamento do rebolo de CBN em intervalos preestabelecidos de 16 de peças usinadas, sendo duas dressagens por ensaio. A dressagem foi feita em processo, ou seja, com um sistema indexado na própria retificadora. A cinemática de dressagem exerce grande influência sobre os erros geométricos, principalmente o de circularidade, pois é no condicionamento do rebolo, por exemplo, que os erros de geometria e batimento são corrigidos. Os parâmetros de dressagem são listados na Tab. 2.

Tabela 2 – Parâmetros de dressagem

PARÂMETRO	VALORES	UNIDADE
Intervalo de dressagem	16	peças
Profundidade de dressagem	0,001	mm
Rotação do dressador	1.600 ± 200	rpm
Sentido de rotação do dressador	anti-horário	-
Velocidade de dressagem	450 ± 50	mm/min

O fluido lubri-refrigerante adotado durante a operação de retificação foi o óleo integral ECOCUT HFN 5B da *Fuchs Lubrificantes*. Segundo o fabricante, o fluido gera pouca névoa de óleo e apresenta baixa perda de evaporação. O fluido é injetado no furo através de um canal que se estende da haste de prolongamento até a face axial do rebolo.

Para as medições dos erros de formas geométricas, especificamente os desvios de circularidade, foi utilizado o sistema de medição de forma e posição MarForm MFU100 da *Mahr*. Para a composição dos resultados dimensionais do diâmetro foi utilizado um sistema de medição de diâmetro semiautomático de bancada da *Logic Equipamentos de Medição* com resolução de 0,0001 mm e faixa de medição de 3,5000-4,5000 mm.

Tendo em vista a realização desta pesquisa, foram retificadas 576 peças ao longo de 18 ensaios sendo 32 peças por ensaio, na qual variou-se a rotação da peça e a velocidade de oscilação da ferramenta, bem como a utilização de duas granulometrias distintas de rebolo. O planejamento estatístico se deu por um fatorial completo e as condições de usinagem são apresentadas na Tab. 3 a seguir. Além dos desvios dimensionais do diâmetro do furo, os parâmetros de saída analisados também incluem os erros geométricos de circularidade.

Tabela 3 – Condições de usinagem dos ensaios

EXPERIMENTO	ROTAÇÃO DA PEÇA (rpm)	VELOCIDADE DE OSCILAÇÃO DO REBOLO (mm/min)	GRANULOMETRIA
1	1600	800	360
2	1600	1000	360
3	1600	600	360
4	1400	800	360
5	1400	1000	360
6	1400	600	360
7	1800	800	360
8	1800	1000	360
9	1800	600	360
10	1600	800	400
11	1600	1000	400
12	1600	600	400
13	1400	800	400
14	1400	1000	400
15	1400	600	400
16	1800	800	400
17	1800	1000	400
18	1800	600	400

A rotação do fuso do rebole é de 80000 rpm no sentido horário, já a rotação da placa ocorre no sentido anti-horário.

O furo possui 4 mm de diâmetro nominal e 10 mm de comprimento, porém, o alvo considerado ideal para este estudo foi de 4,0030 mm de diâmetro com tolerância máxima de 4,0060 mm e mínima de 4,0000 mm. Os valores adotados foram a média dos diâmetros mínimos e máximos medidos em 12 peças por ensaio, amiúde, analisou-se duas medidas de cada peça, diâmetro mínimo e máximo, obtendo-se 24 valores por ensaio.

Para a aquisição dos parâmetros geométricos foram medidas 6 peças por ensaio, sendo elas as peças 1,9,16,17,24 e 32, totalizando 108 peças analisadas.

Para a composição estatística das medições de diâmetro e do erro de circularidade foi adotado um intervalo de confiança de 95% com base na distribuição Gaussiana.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Medições de diâmetro

Quanto às medições do diâmetro, considera-se o melhor desempenho o experimento que apresentar a média dos diâmetros mínimos e máximos mais próximas do alvo de 4,0030 mm. Neste sentido, o ensaio 9 exibiu o melhor resultado obtendo média exatamente igual ao alvo (Fig. 3).

Os valores mais distantes foram encontrados no ensaio 4, com média de diâmetro de 4,0020 mm.

A média dos valores do ensaio 17, embora denotado um desvio padrão maior, foi mais próxima do alvo do que nos ensaios 6, 10, 11, 13 e 14.

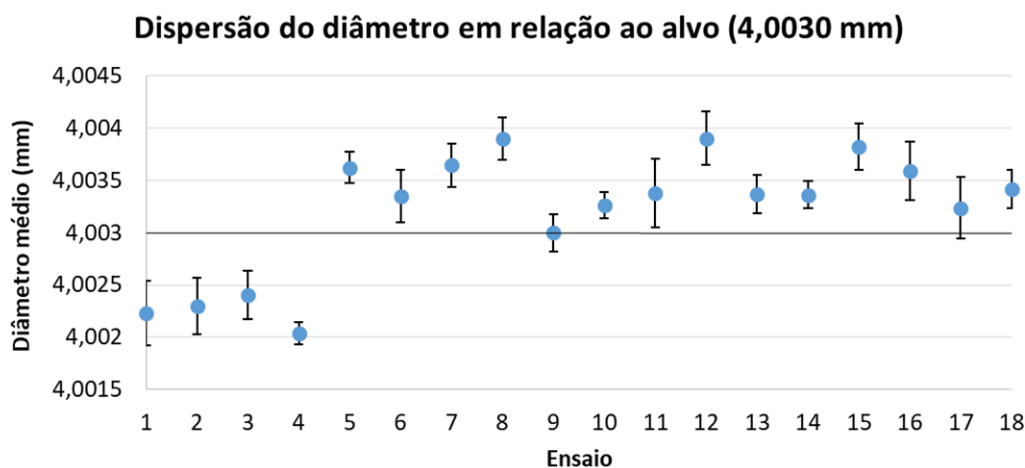


Figura 3 – Gráfico de dispersão do diâmetro em relação ao alvo – Intervalo de Confiança de 95%

Em relação a diferença média dos diâmetros máximos e mínimos destaca-se boa performance quando este retratar valores mais próximos de zero, o que, dependendo da situação, acarretaria em menores picos de rugosidade ou índices quase nulos de conicidade.

Neste caso, analisando a variação da velocidade de oscilação da ferramenta, observou-se que o rebolo com especificação de granulometria 400 apresentou os melhores resultados do estudo a 1000 mm/min com a peça girando a 1400 rpm e retornou valores mais estáveis quando utilizado com a peça em 1600 rpm. O pior resultado foi encontrado no rebolo de granulometria 360 a 1000 mm/min. Notou-se também que em todas as rotações ensaiadas, ao passar de 800 mm/min para 1000 mm/min, as ferramentas obtiveram desempenhos antagônicos. Enquanto o rebolo de granulometria 360 piorou significativamente sua performance, o de 400 melhorou. O aumento da velocidade de oscilação do rebolo no interior do furo durante a retificação HSG (*High Speed Grinding*) impulsiona um aumento da flexão e deformação elástica do sistema de fixação e prolongamento da ferramenta, o que pode ocasionar desvios na qualidade dimensional. Tal comportamento é notado no rebolo com granulometria 360 e também descrita no estudo de TAWAKOLI *et al.* (2007). Contudo, observou-se que tamanhos de grãos comparativamente menores, como no rebolo com especificação de granulometria 400, não só mitigaram esses efeitos como melhoraram a qualidade dimensional do diâmetro. Assim, o fato do rebolo 360 ter tamanhos de grãos comparativamente maiores permite o emprego de maiores taxas de remoção de material em detrimento de se obter melhores acabamentos, tal fato, somado a valores mais altos da velocidade de oscilação da própria ferramenta impossibilita o rebolo usar de forma eficaz ao longo de todo o furo, retornando desempenho inferior na qualidade dimensional no diâmetro da peça retificada.

De maneira geral, o rebolo de granulometria 400 apresentou melhor desempenho quando variado a oscilação da ferramenta e fixado a rotação da peça sendo o melhores valores em 1000 mm/min.

Quando se observa a mudança de rotação da peça, é possível perceber variações pouco significativas entre os rebolos testados quando adotamos uma velocidade de oscilação da ferramenta fixa em 800 mm/min ou 1000 mm/min. Já em 600 mm/min, observa-se um ponto de inflexão em 1600 rpm em ambos rebolos e alterações relativamente mais significativas da diferença média do diâmetro.

Os valores da diferença média entre os diâmetros mínimos e máximos em relação a variação da velocidade de oscilação da ferramenta e em relação a variação da rotação da peça são elucidados nos gráficos da Fig. 4 a seguir.

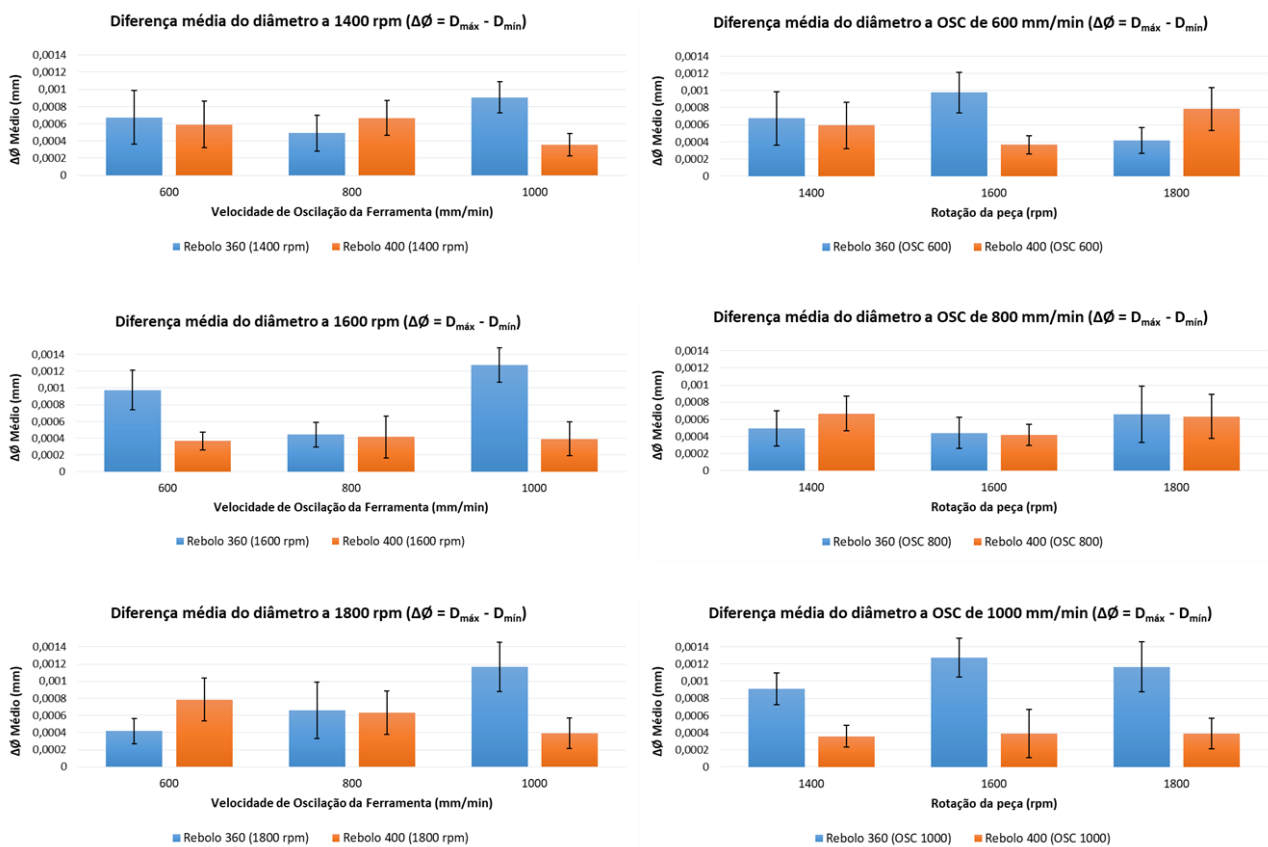


Figura 4 – Gráficos da diferença média entre os diâmetros mínimos e máximos em relação a variação da velocidade de oscilação da ferramenta (esquerda) e em relação a variação da rotação da peça (direita) - Intervalo de Confiança de 95%

3.2. Erros geométricos de circularidade

Inúmeros fatores influenciam diretamente no erro geométrico de circularidade no processo de retificação interna, por exemplo, a rigidez do sistema (placa, fuso, peça de trabalho, rebolo, haste de prolongamento do rebolo, sistemas de fixação e etc.), as características do rebolo (tipo de ligante, tipo de grão abrasivo, estrutura, granulometria, geometria e etc.), o tipo de material a ser usinado (estrutura cristalina, composição química e etc.) e os parâmetros e condições de usinagem (rotação, velocidade de corte, velocidade de oscilação, centelhamento, profundidade de corte e etc.).

Levando em consideração os parâmetros de rotação da peça e da velocidade de oscilação do rebolo os testes obtiveram bons resultados de circularidade para ambas granulometrias, sendo que a diferença entre a melhor e a pior performance foi de 0,08 μm . Entretanto, aprofundando-se o nível de criticidade na análise dos dados é possível destacar que o ensaio 18 apresentou os melhores resultados, diferente do ensaio 8 que demonstrou os piores. Os valores das medições de circularidade por ensaio são expostos no gráfico da Fig. 5 abaixo.

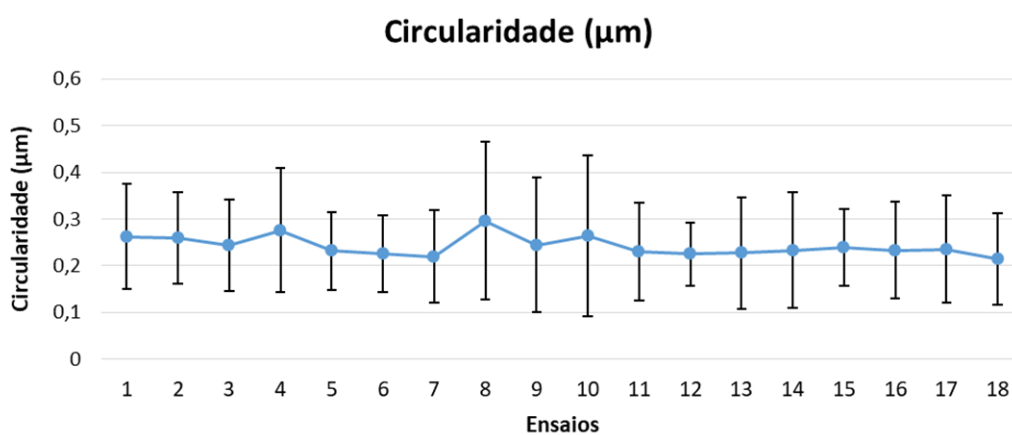


Figura 5 – Gráfico das medições de circularidade por ensaio - Intervalo de Confiança de 95%

A circularidade foi medida em três pontos distintos ao longo do furo guia com esfera de prova de diâmetro 0,8000 mm e força de 0,04 N. A tolerância de circularidade estabelecida pelo projeto foi de 0,8 μm . A Fig. 6 ilustra os testes para a melhor (ensaio 18) e pior (ensaio 8) situação.

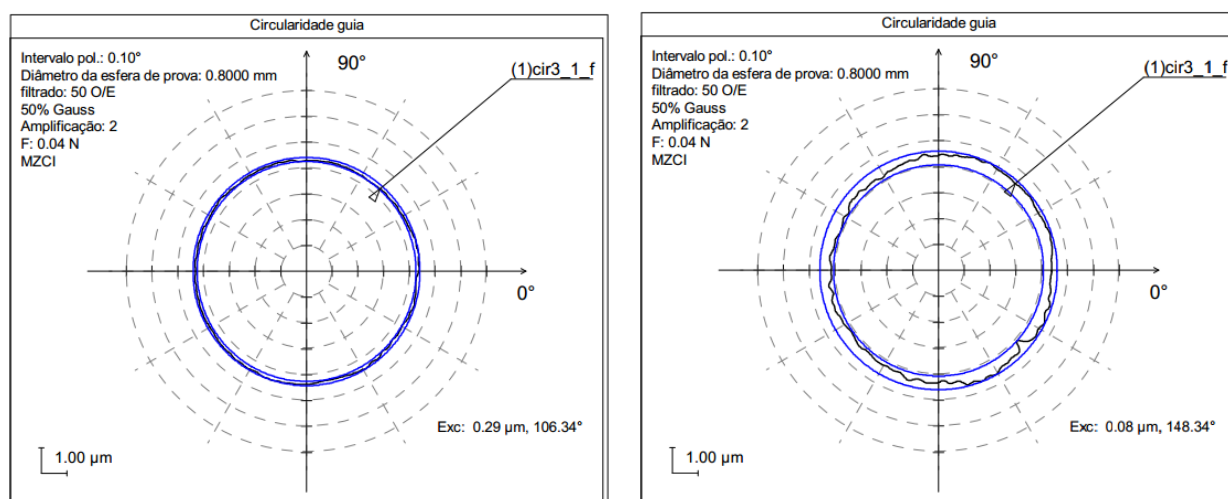


Figura 6 – Teste de circularidade do rebolo de granulometria 400, rotação da peça em 1800 rpm e velocidade de oscilação em 600 mm/min (esquerda), e do rebolo de granulometria 360, rotação da peça em 1800 rpm e velocidade de oscilação em 1000 mm/min (direita)

A figura 7 a seguir mostra os gráficos com a composição média dos valores de circularidade aferidos no decorrer dos ensaios. Tais gráficos ilustram os resultados com base no desempenho de cada rebolo estudado em virtude da variação da velocidade de oscilação da ferramenta (mm/min) e da rotação da peça (rpm).

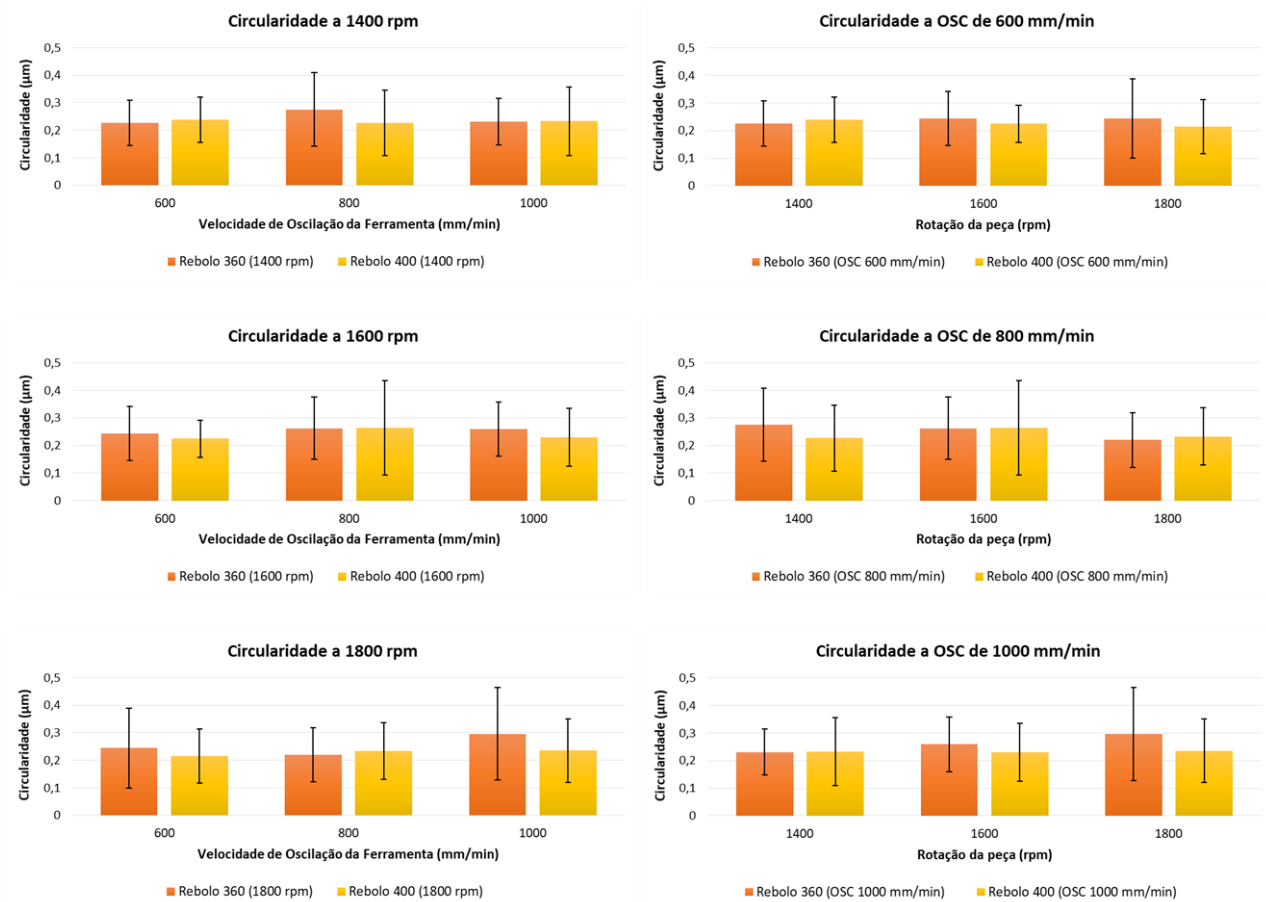


Figura 7 – Gráficos das medições de circularidade em relação a variação da velocidade de oscilação da ferramenta (esquerda) e em relação a variação da rotação da peça (direita) - Intervalo de Confiança de 95%

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista a realização deste estudo comparativo entre dois rebolos de CBN segundo a metodologia apresentada bem como os resultados expostos, é possível concluir:

O rebolo com granulometria 400 ostenta peças com uma melhor qualidade dimensional em velocidades de oscilação maiores, além de manter resultados mais estáveis com a variação da rotação da peça. Isso deve-se ao tamanho do grão abrasivo ser menor e por consequência a estrutura da ferramenta ser comparativamente mais fechada, ocasionando maior estabilidade dimensional e geométrica da própria superfície ativa do rebolo.

Embora o ensaio que gerou peças com o diâmetro mais próximo do alvo estabelecido tenha sido com o rebolo de granulometria 360, este ocorreu de forma isolada e não garantiu necessariamente bons resultados da diferença entre o diâmetro mínimo e máximo de cada peça, independentemente da variação da velocidade de oscilação da ferramenta e da rotação da peça de trabalho. Diferentemente do rebolo de granulometria 400 que denotou os melhores resultados para este caso. É possível inferir em um possível erro sistemático do rebolo de granulometria 400 que é passível de correção em estudos futuros.

A circularidade obteve alterações pouco relevantes com as variações de rotação e velocidade de oscilação propostas neste trabalho, todavia, é admissível afirmar que, neste caso, as demais características de influência sobre o erro geométrico de circularidade se sobrepõem quando comparadas aos parâmetros de usinagem adotados e a escolha da granulometria do rebolo, tendo estes últimos, pouco domínio sobre os resultados de circularidade advindos deste processo de retificação.

Em regras gerais o rebolo com granulometria 400 obteve um melhor desempenho nos testes realizados, especialmente pela ótica da qualidade dimensional do diâmetro, principalmente quando empregado com maiores taxas de velocidade de oscilação e de rotação da peça.

Por fim é sabido que, de maneira generalista, pequenas granulometrias tendem a produzir melhores acabamentos superficiais. Contudo, rebolos com diâmetros pequenos e que operam com rotações muito altas tendem a ter parâmetros de saída significativamente influenciados e intensificados pelo processo de HSG, na qual, por exemplo, pequenas variações na granulometria implicam em resultados dimensionais e geométricos com relativa diferença.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRETTA, Jakson M. Análise do erro de forma na retificação interna de assentos de bicos injetores. 2012. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.
- AZIZI, A., Rezaei, S. M., & Rahimi, A. (2009). Study on the rotary cup dressing of CBN grinding wheel and the grinding performance. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47(9-12), 1053–1063.
- BELENTANI, R. de M., Funes Júnior, H., Canarim, R. C., Diniz, A. E., Hassui, A., Aguiar, P. R., & Bianchi, E. C. (2013). Utilization of minimum quantity lubrication (MQL) with water in CBN grinding of steel. *Materials Research*.
- CHEN, X., Rowe, W. B., & Cai, R. (2002). Precision grinding using CBN wheels. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(5), 585–593.
- D'YAKONOV, A. A. (2014). Capabilities of internal-grinding wheels. *Russian Engineering Research*, 34(12), 781–784.
- DANESHI, A., Jandaghi, N., & Tawakoli, T. (2014). Effect of Dressing on Internal Cylindrical Grinding. *Procedia CIRP*.
- FERNANDES, L. M., Lopes, J. C., Volpato, R. S., Diniz, A. E., de Oliveira, R. F. M., de Aguiar, P. R., ... Bianchi, E. C. (2018). Comparative analysis of two CBN grinding wheels performance in nodular cast iron plunge grinding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 98(1-4), 237–249.
- JACKSON, M. J., Davis, C. J., Hitchiner, M. P., & Mills, B. (2001). High-speed grinding with CBN grinding wheels — applications and future technology. *Journal of Materials Processing Technology*, 110(1), 78–88.
- KOPAC, J., & Krajnik, P. (2006). High-performance grinding—A review. *Journal of Materials Processing Technology*, 175(1-3), 278–284.
- MARINESCU, I. D.; Hitchiner, M.; Uhlmann, E.E.; Brian Rowe, W.; Inasaki, I. *Handbook of machining with grinding wheels*, 1st ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2007.
- OH, S. H., & So, B. (2012). Internal Grinding Characteristics with Ceramic and CBN in Nitriding Treated Steel. *Computer Applications for Modeling, Simulation, and Automobile*, 271–275.
- POPOVA, A. V. (2015). Design of optimal internal-grinding cycles. *Russian Engineering Research*, 35(5), 378–380.
- TAWAKOLI, T., Rasifard, A., & Rabiey, M. (2007). High-efficiency internal cylindrical grinding with a new kinematic. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47(5), 729–733.
- WEGENER, K., Hoffmeister, H.-W., Karpuschewski, B., Kuster, F., Hahmann, W.-C., & Rabiey, M. (2011). Conditioning and monitoring of grinding wheels. *CIRP Annals*, 60(2), 757–777.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

Analysis of Circularity and Dimensional Quality of Vitrified CBN Grinding Wheels in Internal Cylindrical Grinding of 18CrNi8 Steel

Bruno Azeredo Passigatti

Milton Luiz Polli

Luciano de Oliveira Arantes

UTFPR - Federal University of Technology - Paraná – Campus Curitiba (Sede Ecoville) - R. Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 - Cidade Industrial de Curitiba, Curitiba – PR (Brazil), 81280-340.

passigatti.bruno@gmail.com, polli@utfpr.edu.br, luciano.arantes@br.bosch.com

Abstract. Precision internal cylindrical grinding is usually the last stage of a manufacturing process that involves machining operations, so at this stage the parts already have high added value, making their disposal due to manufacturing errors even more costly for companies. In the same way, the tools adopted in these processes have a high cost and must be used in line with cutting parameters that favor their best performance. This article aims to analyze the dimensional error of diameter and the geometric error of circularity as performance parameters of segmented CBN grinding wheels vitrified in the internal cylindrical grinding of fuel injector nozzles manufactured in DIN 18CrNi8 steel. In addition to granulometry, different axial oscillation speeds of the wheel and peripheral speeds of the part were used. The results obtained indicated that, in general rules, the grinding wheel with granulometry specification 400 obtained comparatively better performance than the grinding wheel with specification of size 360, especially with respect to the dimensional quality of the diameter, particularly when used with higher rates of oscillation speed and rotation of the part. The combinations and variations of parameters and granulometry proposed in this article indicated good circularity results, however without significant changes between the tests.

Keywords: Internal Cylindrical Grinding. CBN grinding wheel. Geometric Error.

RESPONSIBILITY NOTICE

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