

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BROCA HELICOIDAL REAFIADA NA FURAÇÃO DE AÇO ABNT 1045

Virgílio Pires Teixeira

Augusto Carneiro e Caixeta

Raphael Silva Lins

Vitor Tomaz Guimarães Naves

Luciano Antônio Fernandes

Universidade Federal do Triângulo Mineiro – R. Edmundo Borges de Araújo, 539 – B. São Benedito CEP 38020-600 Uberaba-MG
tel. (34) 3700:6663
d201810859@uftm.edu.br
augustocarneiro.edu@gmail.com
raphael.lins@uftm.edu.br
vitor.naves@uftm.edu.br
luciano.fernandes@uftm.edu.br

Cleudes Guimarães

Instituto Federal do Triângulo Mineiro (Campus Ituiutaba) – Rua Belarmino Vilela Junqueira, s/ Nº – Bairro: Novo Tempo 2
CEP 38305-200 Ituiutaba – MG, tel. (34) 3271-4000
cleudes@iftm.edu.br

Armando Marques

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Av. Vitória, 1729, Jucutuquara, Vitória – ES CEP 29040-780
amarques@ifes.edu.br

Resumo. A operação de furação é muito importante para a maioria dos setores industriais, desvios geométricos como circularidade e cilindridade devem ser minimizados. Estes desvios aumentam com o desgaste da broca e uma das formas de minimizar tais desvios é por meio de reafiação. Este trabalho faz um comparativo entre o desempenho de brocas helicoidais reafiadas e novas. Para isso utilizou-se uma broca helicoidal de aço rápido sem revestimento com 7,5 mm de diâmetro. Foi realizada uma sequência de furação sobre um corpo de prova, aço ABNT 1045, até o momento em que a ferramenta atingisse aproximadamente 0,3 mm de desgaste de flanco. Tal procedimento repetiu-se com a mesma ferramenta após ser reafiada por meio de afiadora universal. Os parâmetros para avaliar o desempenho foram a qualidade dos furos em termos de rugosidade superficial e desvios geométricos e constatou-se que o desempenho das ferramentas reafiadas foi similar ao de brocas novas.

Palavras chave: Furação. Broca helicoidal. Reafiação. Qualidade dos furos.

1. INTRODUÇÃO

O processo de furação é considerado uma das operações mais complexas de serem realizadas dentre os processos de usinagem. Isto se dá devido à geometria da ferramenta, a limitação da retirada do cavaco, acesso limitado do fluido de corte a região do corte, maior área de atrito da ferramenta, bem como dos cavacos, com a parede da peça, o que conduz a um aumento nos esforços de corte, podendo levar à quebra da broca. A utilização de brocas especiais, com canais de refrigeração interna, contribuem para a remoção do cavaco e facilitam a condução do fluido lubri-refrigerante até a região de corte, local este onde há o aumento de temperatura devido ao atrito produzido entre a broca e a peça, esse aumento de temperatura colabora para a aceleração do desgaste, diminuindo, assim, a vida útil da broca (Sousa, J.A.G, 2011., Apud Peng et al., 2007; Stemmer, 2001; Wang e Zhang, 2008).

Com a finalidade de realizar o trabalho de corte de forma eficiente, as brocas helicoidais devem possuir uma geometria definida apropriada para cada tipo de trabalho. Neste contexto classificam-se os principais ângulos de uma broca helicoidal (Stemmer, 1992):

- Ângulo de hélice (γ): O ângulo de hélice é o ângulo da helicóide formada pelos canais da broca. As hélices usualmente são à direita;
- Ângulo de ponta (σ): O ângulo de ponta é o ângulo formado entre as partes cortantes do gume principal que devem estar simetricamente posicionados em relação ao eixo da broca;

- Ângulo de incidência (α): O ângulo de incidência é gerado por uma afiação adequada e obtido pelo rebaixamento da superfície de incidência;
- Ângulo do gume transversal (ψ): O ângulo do gume transversal é o ângulo formado entre os gumes cortantes e o gume transversal;

A Figura 1 ilustra os principais ângulos de uma broca helicoidal.

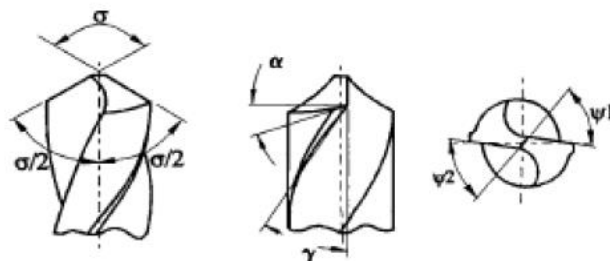


Figura 1. Principais ângulos da broca helicoidal (Teixeira, 1995).

Todavia, como em qualquer processo mecânico existe o desgaste da ferramenta, diante disso, é necessário a reafiação da ferramenta para garantir boa qualidade do furo.

A reafiação de brocas é o processo que possui a capacidade de restabelecer as arestas de corte da ferramenta. Desta maneira, é possível reduzir custos. Tanto que a título de exemplo, uma broca helicoidal tem condições de readquirir até 90% de sua capacidade, depois da reafiação, a um custo que pode ser de até 10% de uma nova (Ostronoff, 2007; Moura e Machado, 2013).

Para afiar os ângulos ilustrados anteriormente, são utilizados tipos de afiação diferentes para perfis específicos. A Figura 2 representa os principais tipos de afiação aplicáveis em uma broca helicoidal.

Afiação Normal	Formato A	Formato B
Formato C	Formato D	Formato E

Figura 2. Principais tipos de afiação (adaptado de Klocke, 2011).

A norma ABNT-NBR 6176 (DIN 1412) padroniza seis tipos de afiação que são usualmente empregados, são eles:

- Afiação normal: Consiste na afiação da broca com duplo tronco de cone, com a forma mais adequada;
- Afiação em formato A: Consiste em uma afiação normal, com a execução de uma redução do gume transversal;
- Afiação em formato B: Consiste em uma afiação com formato A, com a execução de uma correção no ângulo de saída ao longo da cunha de corte;
- Afiação em formato C: Consiste em uma afiação normal, com a eliminação completa do gume transversal;
- Afiação em formato D: Consiste em uma afiação com formato A, com a redução do tronco cone, definido pelo flanco das cunhas de corte e execução de outro tronco de cone com uma inclinação menor;
- Afiação em formato E: É uma afiação onde o ângulo de ponta é de 180° , com uma ponta de centragem;

Conforme a Figura 2, neste trabalho adotou-se o tipo de afiação normal com objetivo de reproduzir a afiação de fábrica de brocas disponíveis no mercado.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se uma broca helicoidal não revestida com 118° de ângulo de ponta. Após atingir o critério de fim de vida, ($VB_{BM\acute{a}x} = 0,3 \text{ mm}$) esta mesma broca foi reafiada deixando as suas arestas em condições geométricas originais. Foram executadas duas sequências de furação, uma com a ferramenta no estado de nova e outra após a reafiação. Dados referentes à qualidade dos furos usinados e de evolução do desgaste das brocas foram coletados até ambos os testes chegarem à condição de desgaste de flanco máximo, considerado como critério de fim de vida da ferramenta de acordo ISO 3685.

2.1. Análise da geometria das brocas reafiadas

Para este fim foi utilizado projetor de perfil modelo ISP-D3000, fabricante INSIZE. Durante a medição notou-se a necessidade de utilizar um gabarito para garantir confiabilidade durante a medição do ângulo de ponta da ferramenta 118° e do comprimento das arestas principais de corte. O mecanismo está ilustrado na Figura 3.

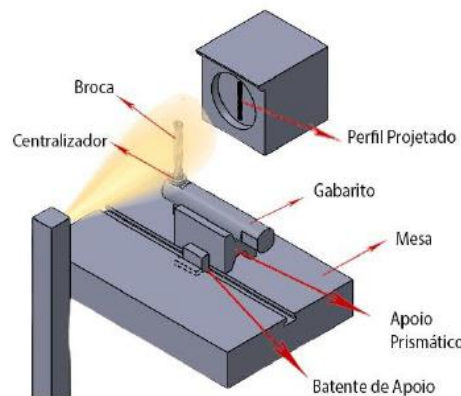


Figura 3. Montagem ilustrativa do conjunto a ser utilizado na medição do ângulo de ponta e arestas de corte.

2.2. Furação dos corpos de prova

A furação dos corpos de prova foram executadas em uma fresadora CNC, Modelo: Discovery 1250 AP, Fabricante: ROMI, com parâmetros de corte definidos, sendo que o avanço máximo foi determinado utilizando a expressão empírica de Kronenberg que relaciona o diâmetro da ferramenta de corte com o material da peça a ser usinada. Foi verificado o batimento radial das brocas helicoidais, dado pela diferença na posição radial das pontas de corte das mesmas, com relógio comparador analógico (resolução de $0,001 \text{ mm}$), marca DIGIMESS, os valores obtidos estão na faixa de $\pm 0,01 \text{ mm}$ para um comprimento em balanço de 70 mm . Foi utilizado um avanço de $0,15 \text{ mm/rot}$. O avanço máximo tem por objetivo alcançar o desgaste de flanco citado anteriormente após a execução de 81 furos distribuídos sobre o corpo de prova com as dimensões: $100 \times 100 \times 25 \text{ mm}$. Uma estratégia de furação contínua foi adotada para os ensaios com aplicação de fluido de corte tipo jorro, na concentração de 1:20, com vazão de 5 L/min . A distribuição dos furos sobre o corpo de prova está ilustrada na Figura 4. A velocidade de corte adotada foi de 20 m/min .

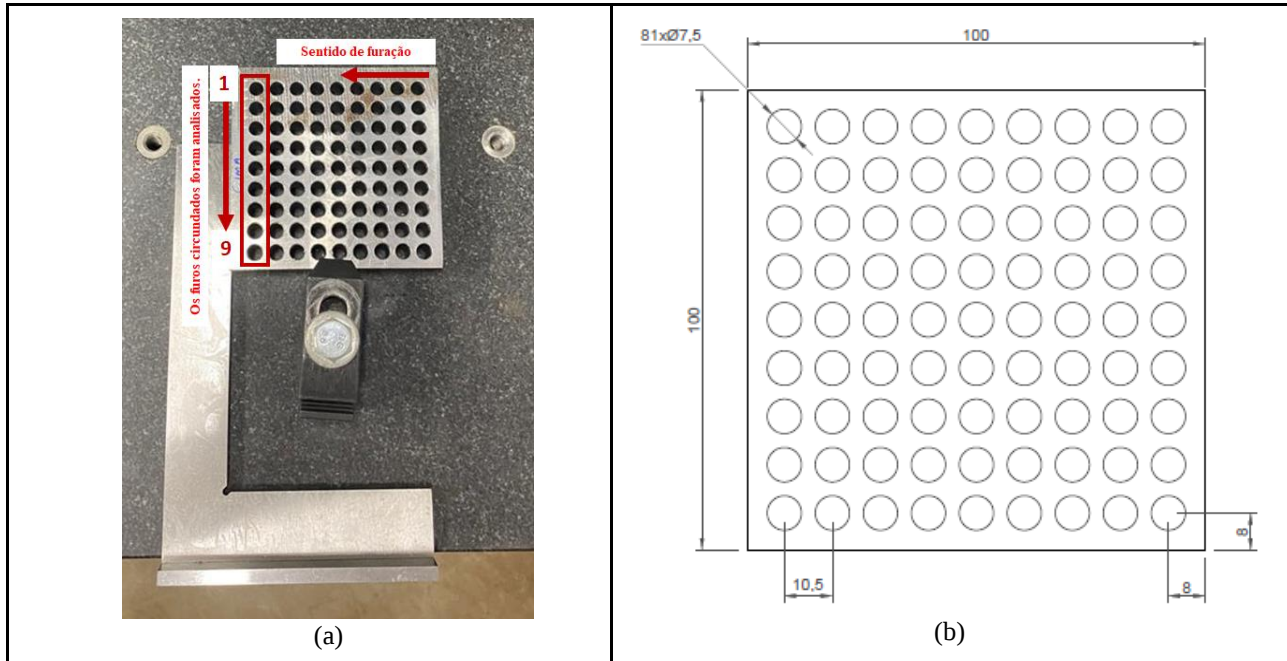


Figura 4. Distribuição dos furos sobre o corpo de prova (a) Montagem na máquina de medição por coordenadas com indicação do sentido de furacão e destaque para os furos inspecionados por medição e (b) Desenho esquemático da distribuição dos furos.

2.3. Análise do desgaste da ferramenta

Para verificar o desgaste da broca helicoidal foi desenvolvido um conjunto composto por: um suporte para microscópio USB portátil, modelo G600, um suporte para receber a ferramenta e o microscópio USB. O conjunto mencionado está ilustrado na Figura 5.



Figura 5. Conjunto utilizado para a medição do desgaste da broca.

Foram medidos os desgastes de flanco máximo nas duas arestas de corte da broca, sendo adotado o maior valor entre elas como referencial de desgaste ($VB_{BMáx}$). Os quais são determinados por *software Image G*, para o tratamento das imagens obtidas via microscópio USB. Com base na Figura 4, as medições dos desgastes das arestas principais de corte foram realizadas a cada sequência de 9 furos, para garantir a repetibilidade das imagens. A Figura 6 é a foto de uma das arestas de corte da broca nova após a primeira sequência completa de furos. Observe que na imagem há uma linha de referência para a medição de desgaste.

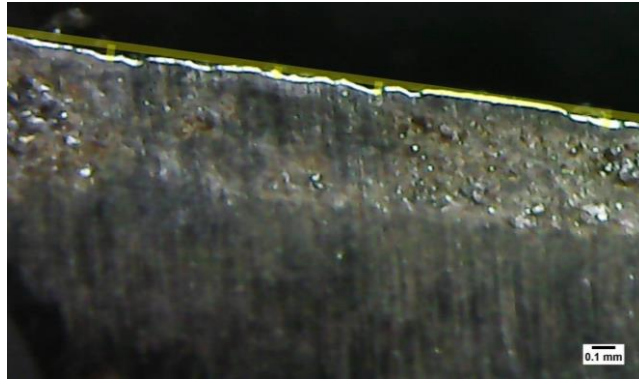


Figura 6. Imagem do microscópio USB utilizada para a medição de desgaste.

2.4. Análise da rugosidade superficial dos furos usinados

As leituras de rugosidades R_a , R_t e R_z foram realizadas com o auxílio do perfilômetro, modelo TESA RUGOSURF 90G, utilizando um *cut off* de 2,5 mm com um comprimento de avaliação de 10 mm. Foi escolhido o último furo de cada fileira para a análise da rugosidade, sendo que para cada furo foi coletada uma réplica.

2.5. Análise de circularidade e cilindridade dos furos

A circularidade e a cilindridade foram obtidas por meio de máquina de medição por coordenadas (MMC) modelo 7.4.4, fabricante TESA.

As medições de circularidade e cilindridade foram obtidas em duas cotas na direção z , bem como, suas réplicas. Foram realizadas 5 medições ao longo do perímetro do furo em cada cota. A Figura 4 ilustra a montagem do corpo de prova sobre a mesa da máquina de medição por coordenadas, observando a perpendicularidade e o paralelismo com a mesa.

2.6. Reafiação da ferramenta de corte

As ferramentas foram reafiadas na máquina afiadora universal de brocas Modelo: PP-U2, Fabricante: Victor Buono. Para efetuar a reafiação das brocas, a máquina possui um rebolo do tipo copo reto nas dimensões – 100 mm diâmetro x 50 mm largura x 31,8 mm furo de fixação, e rotação de 5.000 rpm. Empregando rebolo de óxido de alumínio branco na especificação A80K6V8. O mecanismo possibilita as ferramentas de corte uma gama de ângulos de perfil de 0° a 180° , sendo assim, a preparação prévia do equipamento consiste em selecionar o ângulo de ponta pretendido por meio de anéis graduados pela fixação das brocas com o auxílio de batentes, pinças.

O processo de afiação foi considerado como concluído, quando as duas superfícies primárias de folga não apresentassem irregularidades visíveis e por sua vez a geometria das arestas principais atingissem dimensões iguais para formar o ângulo de ponta correto de acordo com as encontradas nas brocas novas.

3. RESULTADOS

A Figura 7 ilustra a evolução dos valores de desgaste $VB_{B_{Max}}$ da broca nova em comparação com a reafiada, para nove sequências de furos, cada sequência totalizando também 09 furos, o desgaste foi avaliado, até atingir os 81 furos por corpo de prova.

O desgaste da ferramenta reafiada foi maior e constante durante a furação. Entretanto, na última sequência de furos a broca nova atingiu o critério de fim de vida, enquanto que a reafiada atingiu 0,24 mm de desgaste.

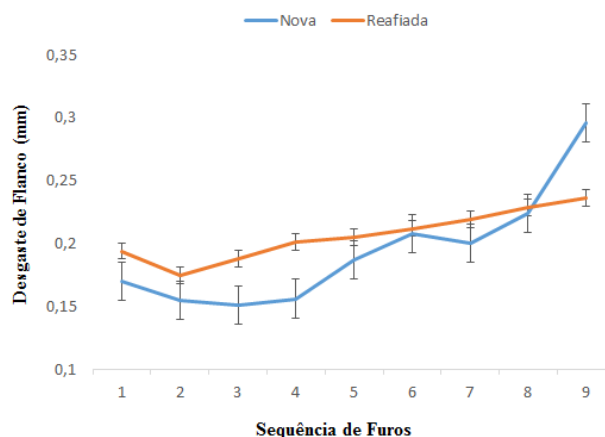


Figura 7. Evolução do desgaste da ferramenta nova e reafiada ao longo da sequência de furação.

Durante o processo de reafiação da ferramenta, não foi levado em consideração o ângulo de folga, isto pode ter influenciado no processo de usinagem com a ferramenta reafiada, uma vez que, quanto maior for esse ângulo, menor será o ângulo da cunha de corte e mais afiada ela se torna, facilitando a remoção do cavaco e consequentemente reduz o calor gerado na interface cavaco/ferramenta. Segundo Machado *et al.* (2015), o calor gerado no processo de usinagem depende das propriedades do material, tanto da peça como da ferramenta, das condições de corte e também da geometria da ferramenta.

Observou-se que o desgaste da broca reafiada distribui-se uniformemente ao longo da aresta principal de corte, enquanto que na ferramenta nova o desgaste foi localizado em pontos específicos da aresta principal de corte.

A Figura 8 representa o comportamento dos parâmetros de amplitude R_a , R_t e R_z da broca nova e reafiada, utilizando a média dos valores obtidos ao final de cada série de 9 furos realizados no corpo de prova.

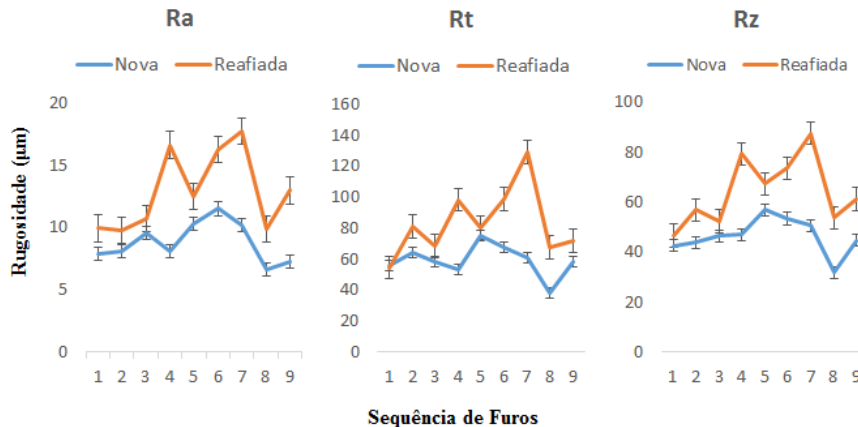


Figura 8. Comparativo entre broca nova e a reafiada em relação ao comportamento dos parâmetros de amplitude R_a , R_t e R_z .

É possível observar que a broca nova apresentou valores de rugosidade inferiores aos da broca reafiada para todas as séries de furos avaliadas. Inclusive os valores de R_a da broca reafiada se encontram acima da faixa de aplicação normal do processo de furação, o que não ocorre com a broca nova (METALS HANDBOOK, 1989).

De acordo com a literatura, a expectativa era que a medida que a medição por fileiras aproximasse do fim resultaria em maiores rugosidades superficiais médias, já que próximo do fim da sequência de furação o desgaste da ferramenta é de maior e consequentemente o acabamento superficial dos furos é inferior (SOUSA, 2011). Da mesma forma, os valores de R_t e R_z seguiram o mesmo comportamento do R_a .

A Figura 9 representa o comportamento dos valores dos desvios de circularidade e de cilindridade dos furos usinados com a ferramenta nova e reafiada, respectivamente. Nota-se que os valores do desvio de circularidade e cilindridade não apresentam diferenças significativas, exceto para a sequência de furos número 7, para a circularidade e as sequências 1 e 9 para a cilindridade. Os desvios de forma podem estar associados ao desgaste da ferramenta.

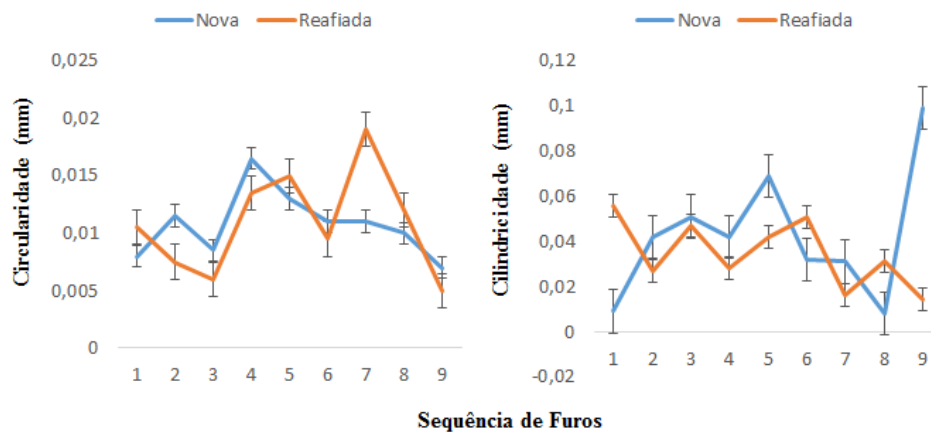


Figura 9. Comportamento da circularidade e da cilindridade dos furos obtidos com broca nova e reafiada.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta um estudo sobre o desempenho da reafiação de broca de aço rápido sem revestimento em comparação com a broca nova, as seguintes conclusões podem ser retiradas:

A broca reafiada apresentou um desempenho superior ao da broca nova com relação a desgaste de flanco $VB_{BMáx}$, ficando em torno de 20%.

A broca nova apresentou valores de rugosidade inferiores e dentro da faixa usual de operação. Porém, a broca reafiada deixou a desejar quanto aos resultados relacionados aos parâmetros de amplitude investigados.

A circularidade e a cilindridade apresentaram valores similares para ambas as brocas, com pequena variação favorável para a broca nova.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições: a Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM Campus Uberaba - MG, e os Institutos Federais do Espírito Santo – IFES Campus Vitória - ES e do Triângulo Mineiro - IFTM Campus Ituiutaba.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 6176 (DIN 1412), 1978. "Brocas Helicoidais". Rio de Janeiro, p. 3.
- ABNT NBR ISO 3685, 2017, "Ensaio de vida da ferramenta de ponta única para torneamento". Rio de Janeiro, p. 22.
- Machado, A. R.; Abrão, A.; Coelho, R. T.; Silva, M. B. Teoria da usinagem dos materiais. 2ª edição, Editora. Blucher, São Paulo, Brasil, 2015.
- METALS HANDBOOK – Volume 16, 1989, Machining, ninth edition, ASM International.
- Moura, R.R., Machado, A.R., 2013. "Machining of VP20ISO steel with resharpened carbide tools in end milling", International Proceeding of the ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference, Madison, Wisconsin, USA.
- Ostronoff, H., 2007, "Recondicionar ao invés de trocar". Revista "O mundo da usinagem". São Paulo, p 6-11.
- Peng, Y., Zhang, W., He, F., Xiong, D., 2008, "Drill flank measurement and flank/flute intersection determination". Vol. 18. p 666-678.
- Sousa, J.A.G., 2011, "Desempenho de Ferramentas Reafiadas - Furação". Dissertação Submetida à Universidade Federal de Uberlândia para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Uberlândia. p 5.
- Stemmer, C.E., 1992, "Ferramentas de Corte II: Brocas, Alargadores, Ferramentas de Roscar, Fresas, Brochas, Rebolos e Abrasivos". Florianópolis, Ed. da UFSC. 314 p.
- Stemmer, C.E., 2001, "Ferramentas de Corte I". 5ª Edição. Florianópolis, Ed. da UFSC. 249 p.
- Teixeira, C.R., 1995, "Influência dos Erros Geométricos de Afiação nas Brocas Helicoidais de Aço Rápido na Qualidade dos Furos Produzidos". Dissertação Submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Florianópolis, pp. 28-30.
- Wang, J., Zhang, Q., 2008, "A study of high-performance plane rake faced twist drills. Part 1: Geometrical analysis and experimental investigation". International Journal of Machine Tools e Manufacture. Vol. 48. p 1276-1286.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

EVALUATION OF RE-SHARPED HELICOIDAL DRILL PERFORMANCE IN ABNT 1045 STEEL DRILLING

Virgílio Pires Teixeira

Augusto Carneiro e Caixeta

Raphael Silva Lins

Vitor Tomaz Guimarães Naves

Luciano Antônio Fernandes

Federal University of Triângulo Mineiro – Edmundo Borges de Araújo street, 539 – São Benedito Zip-code: 38020-600 Uberaba-MG
phone (34) 3700:6663

d201810859@uftm.edu.br

augustocarneiro.edu@gmail.com

raphael.lins@uftm.edu.br

vitor.naves@uftm.edu.br

luciano.fernandes@uftm.edu.br

Cleudes Guimarães

Federal Institute of Triângulo Mineiro (Campus Ituiutaba) – Belarmino Vilela Junqueira street, s/ N°, Novo Tempo 2, Zip-code 38305-200 Ituiutaba – MG, phone: (34) 3271-4000; Federal University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, João Naves de Ávila Avenue, 2121, Santa Mônica Zip-Code 38408-014 Uberlândia – MG

cleudes@iftm.edu.br

Armando Marques

Federal Institute of Education Science and Technology of Espírito Santo, Vitória Avenue, 1729, Jucutuquara, Vitória – ES, zip-code 29040-780

amarques@ifes.edu.br

Abstract. In general, the drilling process have an important role in metal cutting operation, due to high quality of manufactured parts related to the precision geometric holes. Researches have proposed analyze the geometric deviations such as roundness and cylindricity must be minimized. These deviations increase with the wear of the drill and one of the ways to minimize such deviations is through regrinding. This work compares the quality of through holes, in terms of cylindricity and surface roughness when different tools sharpening. Uncoated HSS twist drills with 7.5 mm of diameter were used to drill. The drilling test were carried out in ABNT 1045 steel, were used worn tools with approximately 0.3 mm of flank wear. The tests were compared with the same tool after being re-sharpened by means of a universal sharpener. This works evaluated the performance thought the quality of the holes in terms of surface roughness and geometric deviations. The results showed that machining of through holes produced by re-sharped tools revealed surface finish and error of cylindricity, similar to that of new drills.

key words: Drilling. Helicoidal drill. Re-Sharped. Hole quality.

RESPONSIBILITY NOTICE

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