

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE DIFERENTES GEOMETRIAS DE BROCAS NO PROCESSO DE FURAÇÃO EM FERRO FUNDIDO VERMICULAR

Alexandre Goedert¹, Douglas Kunz¹, Daniel Vinícius Mistura^{1*}, Anderson de Carvalho Fernandes¹, Gilberto Paulo Zluhan¹, Alexander Bittencourt¹, Thiago Rosa Soares¹, Carla Regina Kuss Ferreira¹, Giovani Silveira de Magalhaes Martins¹, Bruna Zappelino Camillo¹

¹Centro Universitário Senai de Santa Catarina – UniSENAI – Campus Joinville

1. Introdução

A busca pela competitividade industrial em polos metalmeccânicos como Joinville exige a constante otimização de processos de fabricação por remoção de material. No âmbito da usinagem, a furação é um dos métodos mais utilizados^[1], estando presente em grande parte das peças industriais^[2]. O desempenho deste processo é intrinsecamente ligado à geometria da ferramenta de corte, especialmente à configuração da sua ponta, que dita a dinâmica do cisalhamento, a formação do cavaco e a integridade superficial do furo gerado^[3].

Este estudo foca no ferro fundido vermicular (CGI), uma liga ternária composta de ferro, carbono e silício^[4]. O CGI destaca-se por possuir grafita mais compacta que o ferro cinzento, o que lhe confere uma combinação superior de resistência mecânica e condutibilidade térmica. Tais propriedades tornam o material ideal para componentes que operam sob altas tensões térmicas e mecânicas, como blocos e cabeçotes de motores automotivos^[5]. O objetivo desta pesquisa é comparar o desempenho de três geometrias distintas de brocas de metal duro: a detalonada (Tipo 1), a escalonada (Tipo 2) e a com ponteira intercambiável (Tipo 3), avaliando qual configuração oferece o melhor equilíbrio entre qualidade de acabamento e durabilidade.

2. Experimento

Os ensaios experimentais foram conduzidos em um ambiente industrial real, utilizando um centro de usinagem CNC Mazak HCN 8800. O material usinado consistiu em cabeçotes de ferro fundido vermicular. Foram empregadas brocas de metal duro com diâmetro nominal de 25 mm, realizando furos com profundidade constante de 50 mm. Todas as ferramentas operaram com refrigeração interna, assegurando o controle térmico necessário para evitar a deterioração prematura das arestas de corte.

Os parâmetros de corte foram controlados para garantir a repetibilidade dos resultados: a broca escalonada operou com velocidade de corte (V_c) de 75 m/min e avanço de 0,25 mm, enquanto as geometrias detalonada e intercambiável utilizaram V_c de 80 m/min e avanço de 0,30 mm. A avaliação da qualidade foi centrada na integridade superficial, utilizando o parâmetro de rugosidade Rz. A escolha do Rz justifica-se por sua alta sensibilidade na detecção de picos e vales extremos, permitindo identificar defeitos localizados ou arranhões que o parâmetro médio Ra poderia ocultar. As medições foram realizadas com um rugosímetro Mitutoyo SJ-210 em três pontos distintos de cada furo após ciclos de 30 furações.

3. Resultados e Discussão

A análise dos dados coletados revelou que a variação geométrica da ponta da broca exerce uma influência determinante na evolução da rugosidade superficial (Tabela 1). Durante o processo de usinagem, as vibrações no sistema peça-ferramenta e o desgaste natural das arestas refletem-se diretamente no acabamento final.

A broca intercambiável demonstrou a maior estabilidade operacional entre as três geometrias testadas. Ela registrou o menor valor inicial de rugosidade (12,653 μm) e manteve a menor variação ao longo do uso, atingindo 18,812 μm na sexta medição, resultando em um incremento total de apenas +6,159 μm . Esse desempenho superior é atribuído à sua geometria de corte otimizada e arestas de alta precisão, que promovem um controle mais eficiente do escoamento do cavaco e minimizam vibrações parasitas durante a penetração no material.

*daniel.mistura@edu.sc.senai.br

Em contrapartida, a broca detalonada apresentou os resultados mais críticos para a aplicação em CGI. Embora tenha iniciado com um valor de rugosidade semelhante as demais ferramentas (13,934 μm), sofreu um aumento acentuado, chegando a 23,983 μm . Esse incremento de +10,049 μm evidencia uma tendência acelerada ao desgaste sob as condições de ensaio, indicando que sua geometria pode ser excessivamente agressiva ou menos estável para manter a integridade da superfície usinada em longos ciclos de produção.

A broca escalonada apresentou um comportamento intermediário e constante. Iniciou com a maior rugosidade inicial (14,501 μm), mas demonstrou uma variação controlada de +6,270 μm até o final dos testes. Isso sugere que a geometria escalonada oferece um avanço progressivo na remoção de material, o que contribui para a estabilidade do processo, embora não atinja o refino de acabamento da broca intercambiável.

Medição	Detalonada (μm)	Escalonada (μm)	Intercambiável (μm)
1	13,934	14,501	12,653
2	14,803	16,168	13,418
3	16,168	18,224	14,621
4	17,529	19,509	16,565
5	21,403	20,183	17,421
6	23,983	20,771	18,812

Tabela 1: Valores de Rugosidade em Rz. Fonte: Os autores

Conclui-se que a rugosidade superficial desempenha um papel vital no desempenho mecânico posterior das peças, influenciando desde a resistência à fadiga até a vedação e o atrito entre componentes. Para a furação de cabeçotes em ferro fundido vermicular, a geometria intercambiável se mostrou mais eficiente, garantindo maior previsibilidade industrial e qualidade final superior.

4. Referências

- [1] Diniz, A. E; Marcondes, F. C; Coppini, N. L. *Tecnologia da Usinagem dos Materiais*. São Paulo: Artliber, (2008).
- [2] Nascimento, F. A. *Análise do Ferro Fundido Vermicular: Estrutura e Aplicações Industriais*. Belo Horizonte: UFMG (2016).
- [3] Stemmer, C. *Processos de Fabricação por Remoção de Material*. Florianópolis: UFSC (2005).
- [4] Button, S. T. *Propriedades Mecânicas e Microestrutura de Ligas Ferrosas*. São Paulo: Unicamp (2004)
- [5] Cavaco, P. *Textura Superficial e Desempenho em Usinagem*. Lisboa: IST (2004).

Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa parceira pela infraestrutura cedida e ao UniSENAI pelo suporte técnico-científico.