

ANÁLISE DA DEFLEXÃO DE MICROFRESAS COM PROLONGAMENTO PARALELO NA FORMAÇÃO DE MICROCANAIS EM UM AÇO INOXIDÁVEL 316L

LARA SOUZA M. FERNANDES¹, CLEITON L. F. DE ASSIS²

¹Técnico em Mecatrônica Integrado ao Ensino Médio, IFSP, Campus Votuporanga, 18071arafernandes@gmail.com

²Doutor em Engenharia Mecânica, Docente, IFSP, Campus Votuporanga, fazolocla@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.03.07-9 - Usinagem

Apresentado no
9º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
11 a 13 de dezembro de 2018 - Boituva-SP, Brasil

RESUMO: O desenvolvimento tecnológico possibilitou a miniaturização de dispositivos aplicados na medicina, química, mecânica e elétrica. Nesse cenário, o microfresamento surge como alternativa para a redução dimensional de componentes com complexidade geométrica. As ferramentas utilizadas no microfresamento apresentam diâmetros de corte muito reduzidos e sujeitas a mecanismos de deflexão resultantes dos esforços envolvidos no corte do material da peça. Neste trabalho foram usinados microcanaís com mudança de trajetória durante a usinagem com microfresas de topo esféricas, com prolongamento paralelo, e diâmetros de corte de 600 e 800 μm . Velocidade de corte e profundidade de usinagem foram mantidas constantes, e os avanços por dente foram de 0,5, 1 e 3 $\mu\text{m}/\text{z}$. Mudanças de trajetória de 60, 90 e 120 graus durante as usinagens foram realizadas para avaliação do efeito da deflexão das microfresas na formação dos microcanaís. Os resultados indicaram que a deflexão das microfresas é mais acentuada na redução do diâmetro de corte e intensificado pela redução do avanço por dente e mudanças de trajetória com ângulos agudos. Uma combinação adequada de avanço por dente, diâmetro de corte e mudança de direção de corte com ângulos retos e oblíquos são mais indicados para o microfresamento de canais com geometria controlada.

PALAVRAS-CHAVE: microusinagem; microfresamento; trajetória de corte; avanço por dente.

ANALYSIS OF MICROMILLS DEFLECTION WITH PARALLEL PROLONGMENT IN THE MICROCHANNELS FORMATION IN A STAINLESS STEEL 316L

ABSTRACT: The technological development enabled the miniaturization of devices applied in medicine, chemical, mechanical and electrical. In this scenario, micromilling appears as an alternative for the dimensional reduction of components with geometric complexity. The tools used in micromilling have very small cutting diameters and are subject to deflection mechanisms resulting from the machining forces involved in cutting of the workpiece material. In this research, microchannels with trajectory change were machined with ball-nose micromills, with parallel prolongation, and cutting diameters of 600 and 800 μm . Cutting speed and depth of cut were kept constant, and feeds per tooth were 0.5, 1 and 3 $\mu\text{m}/\text{z}$. Trajectory changes of 60, 90 and 120 degrees during machining were performed to evaluate the effect of micromills deflection in the formation of microchannels. The results indicated that the micromills deflection is more pronounced in the reduction of the cutting diameter and intensified by the reduction of the feed per tooth and changes of trajectory with acute angles. A suitable combination of feed per tooth, cutting diameter and cutting direction with right and oblique angles are a good agreement for micromilling channels with controlled geometry.

KEYWORDS: micromachining; micromilling; cutting path; feed per tooth.

INTRODUÇÃO

A demanda por componentes com dimensões reduzidas tem crescido nos últimos anos nos mais diversos campos, principalmente em áreas como a médica e a mecânica, com a exigência de componentes de elevado grau de precisão (De CRISTOFARO *et al.*, 2012). Deste modo a microusinagem se apresenta como uma solução á essa miniaturização.

Segundo Takács, Verö e Mészáros (2003), a adaptação dos processos convencionais de remoção de material para escalas micrométricas, principalmente o fresamento, é uma alternativa viável de produção. Apesar de diversas semelhanças com o processo convencional de fresamento, algumas dificuldades específicas surgem com a redução das dimensões envolvidas nas operações de microfresamento, como a deflexão das microfresas, por exemplo (PICARELLI, 2015). A deflexão da ferramenta de corte que ocorre durante a usinagem e, especialmente, quando são usadas ferramentas flexíveis, como fresas de topo com prolongamento paralelo, pode resultar em erros dimensionais nas peças microusinadas (DÉPINCÉ; JEAN-YVESHASCOËT, 2006).

Neste estudo a interferência da deflexão da ferramenta de corte no microfresamento de microcanais com ângulos agudos, retos, e oblíquos foi realizado. Foram também considerados os diâmetros das microfresas e a variação do avanço por dente na qualidade geométrica dos microcanais usinados durante a mudança de trajetória das ferramentas de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

Microcanais foram usinados em corpos de prova de aço inoxidável 316L com auxílio de um centro de usinagem CNC Kern D-824118, com velocidade máxima de rotação do eixo-árvore de 50000 rpm. Foi aplicada a operação de microfresamento com microfresas de topo esférico de metal duro de 600 e 800 μm de diâmetro de corte (DC), e comprimento de prolongamento paralelo (LU) de 6 e 4 mm, respectivamente. A Figura 1 ilustra a geometria das microfresas. A velocidade de corte de 60 m/min e a profundidade de usinagem de 100 μm foram constantes em todos os ensaios. Os avanços por dente foram 0,5, 1,0 e 3,0 $\mu\text{m}/\text{z}$. Todas as operações foram realizadas sem uso de fluido de corte.

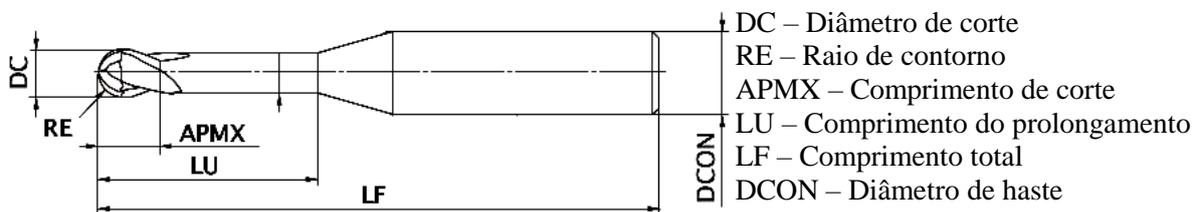


FIGURA 1. Referência para as dimensões das microfresas de topo esférico utilizadas.

O material dos corpos de prova é uma liga de aço inoxidável 316L, com microestrutura austenítica de formato lenticular e isenta das fases ferrita delta, chi e sigma. As principais propriedades mecânicas são limite de escoamento de 528 MPa e resistência à tração de 607 MPa.

Os microcanais foram usinados com mudanças de trajetórias de 60, 90 e 120 graus em relação a direção de início da microusinagem, para cada valor de avanço por dente. Cada teste foi realizado três vezes. As imagens dos microcanais foram feitas com auxílio de um microscópio confocal laser 3D da marca Olympus, modelo OLS4000. A medição dos ângulos reais, impressos pela trajetória das microfresas nos corpos de prova, foram feitas com uso do software de livre acesso *Ergonomics Ruler*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta imagens representativas de microcanais usinados com microfresas de diâmetros de corte de 600 e 800 μm , para o avanço por dente de 0,5 $\mu\text{m}/\text{z}$ e mudança de trajetória da ferramenta de corte em 60, 90 e 120 graus. As análises indicaram que o diâmetro de corte, o avanço por dente e o ângulo de trajetória podem distorcer a geometria dos microcanais, principalmente com a redução do diâmetro das microfresas.

O avanço por dente de 1,0 $\mu\text{m}/\text{z}$ resultou em menor distorção geométrica na usinagem com microfresas de 600 μm de diâmetro de corte, assim como a mudança de trajetória com ângulos retos e oblíquos. Além disso, maior formação de rebarbas foram observadas na usinagem com avanço por

dente de $0,5 \mu\text{m/z}$, e houve deformação severa de material nas bordas dos microcanais na usinagem com avanço por dente de $3,0 \mu\text{m/z}$.

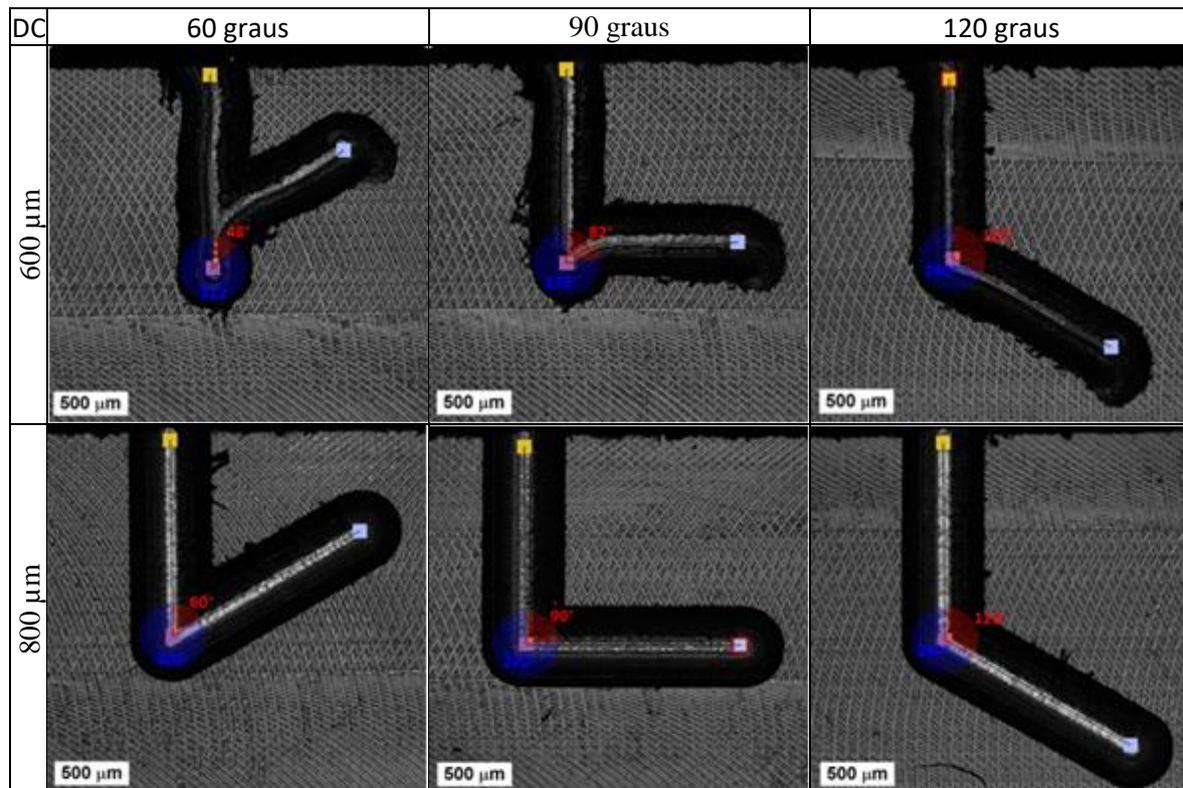


FIGURA 2. Microcanais usinados com microfresas de 600 e 800 μm de diâmetro, considerando a mudança de trajetória de 60, 90 e 120 graus e avanço por dente de $0,5 \mu\text{m/z}$.

CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, microfresas de topo esférico com prolongamento paralelo, mais suscetíveis a deflexão, usinaram corpos de prova de aço inoxidável 316L, visando verificar o efeito da mudança de trajetória e avanço por dente na formação de microcanais. A redução do diâmetro de corte tendeu a prejudicar a geometria dos canais, principalmente nas mudanças de trajetória com ângulos agudos e baixos valores de avanço por dente. O uso de microfresas com diâmetro de corte de 800 μm formaram microcanais sem desvios geométricos, mesmo com a mudança de trajetória e variação do avanço por dente. Na continuidade desta pesquisa será a avaliado o efeito da deflexão das microfresas no perfil e acabamento dos microcanais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LAPRAS, sediado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) pelo uso do microscópio laser confocal 3D, ao IPT de São Paulo pelo uso da microfresadora, a MMC Metal do Brasil pelas microfresas e ao CNPq pelo fomento (Processo 468309/2014-4).

REFERÊNCIAS

- DE CRISTOFARO, S.; FUNARO, N.; ROSTAGNO, M.; COMOGLIO, M.; MERLO, A.; STEFANNI, C.; DARIO, P. High-speed micro-milling: Novel coatings for tool wear reduction, *International Journal of Machine Tools & Manufacturing*, v. 63, p. 16-20, 2012.
- DÉPINCÉ, P.; HASCOËT, J-Y. Active integration of tool deflection effects in end milling. Part 1. Prediction of milled surfaces, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, v. 46, p. 937-944, 2006.
- PICARELLI, Tiago Cacossi. Microfresamento: Estudo e Aplicação do Processo. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Unimep, Santa Bárbara D'oeste, Sp, 2015.
- TAKACS, M.; VERÖ, B.; MESZAROS, I. Micromilling of metallic materials, *Journal of Materials Processing Technology*, v. 138, p. 152-155, 2003.