

INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE NO TORNEAMENTO INTERNO DE FUROS LONGOS.

INFLUENCE OF ROUGHNESS ON INTERNAL TURNING OF DEEP HOLES

Wallyson Thomas Alves da Silva^{1, i}
Marcus Vinicius Begossi^{2, ii}
Gabriel Guimarães dos Santos^{3, iii}
Aldo Roberto Pereira^{4, iii}

RESUMO

Este estudo avalia experimentalmente a influência do comprimento de balanço da ferramenta na rugosidade superficial no torneamento interno de furos profundos. Foram comparados dois balanços utilizando parâmetros de corte constantes e rotação ajustada para 710 rpm. As medições de rugosidade, indicaram que o balanço menor reduziu o valor de Ra, mas aumentou o Rz. Já o balanço maior elevou o Ra e reduziu o Rz. Os resultados mostram que o balanço impacta de forma distinta os parâmetros de rugosidade, evidenciando a necessidade de otimização conjunta dos parâmetros de corte e fixação para controlar vibrações e obter o acabamento desejado.

Palavras-chave: torneamento interno, rugosidade superficial, balanço.

ABSTRACT

This study experimentally evaluates the influence of tool overhang length on surface roughness during internal turning of deep holes. Two overhang lengths were compared under constant cutting parameters and spindle speed adjusted to 710 rpm. Surface roughness was measured using a profilometer. Results showed that the shorter overhang reduced Ra but increased Rz, while the longer overhang increased Ra and reduced Rz. The findings indicate that overhang length affects roughness parameters differently, highlighting the need for combined optimization of cutting conditions and tool rigidity to control vibrations and achieve the desired surface finish.

Keywords: internal turning, surface roughness, tool overhang.

1 INTRODUÇÃO

Tornear internamente furos profundos dificulta alcançar acabamento superficial de alta qualidade. A configuração da ferramenta, particularmente o comprimento em balanço, exerce uma influência significativa sobre a estabilidade do sistema máquina-ferramenta-peça. Vibrações excessivas, frequentemente induzidas por um balanço

¹ Professor Adjunto II - Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: wallyson.silva@sp.senai.br

² Coordenador de Atividades Técnicas. Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: mbegossi@sp.senai.br

³ Aluno de Graduação. Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: gabriel.santos711@senaisp.edu.br

⁴ Professor Especialista. Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: aldo.pereira@sp.senai.br

inadequado ou por falta de rigidez na fixação, podem comprometer a rugosidade da superfície usinada, impactando a funcionalidade e a vida útil do componente.

1.1 Problema de pesquisa

A principal problemática abordada nesta pesquisa reside na dificuldade em controlar a rugosidade superficial durante o torneamento interno de furos profundos. Especificamente estamos analisando como a variação no comprimento de balanço da fixação da ferramenta afeta a qualidade final da superfície nas peças usinadas. A instabilidade gerada por balanços maiores pode levar a vibrações indesejadas, resultando em um acabamento superficial irregular e fora das especificações desejadas.

1.2 Objetivo(s)

O objetivo central deste estudo é avaliar a influência do comprimento de balanço da ferramenta na rugosidade superficial resultante de operações de torneamento interno em furos profundos.

1.3 Justificativa

A relevância desta pesquisa se dá pela necessidade prática da indústria metalmeccânica por otimizar processos de usinagem interna, visando garantir a qualidade superficial exigida em componentes de precisão. O torneamento interno é uma operação comum, porém complexa, onde a escolha adequada dos parâmetros de corte e da configuração da ferramenta é de suma importância. Compreender o impacto específico do comprimento de balanço da ferramenta sobre a rugosidade permite estabelecer diretrizes mais eficazes para a seleção de ferramentas e condições de usinagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O comprimento de balanço da ferramenta, definido como a distância entre o ponto de fixação da barra e a aresta de corte, é um parâmetro de importância no torneamento interno. À medida que este comprimento aumenta, a rigidez estática da ferramenta diminui, tornando-a mais suscetível a vibrações. Fabricantes de ferramentas, como a Sandvik Coromant (2006, 2009), fornecem recomendações específicas para minimizar esses efeitos. Para garantir uma fixação firme e segura, recomenda-se que a parte da barra de toronar presa no suporte tenha pelo menos de 3 a 4 vezes o diâmetro da barra.

A vibração, uma vez estabelecida, não apenas degrada a rugosidade superficial, criando marcas indesejadas e irregularidades (como esquematizado na Figura 1, adaptada de Jang et al., 1996), mas também pode levar ao desgaste prematuro da ferramenta e, em casos severos, à quebra da pastilha de corte ou danos à máquina. Portanto, a compreensão e o controle dos fatores que influenciam a vibração são fundamentais para o sucesso do torneamento interno de furos profundos.

A seleção adequada do comprimento de balanço, aliada a uma fixação rígida da ferramenta e da peça, e à escolha correta dos parâmetros de corte (como velocidade de corte e avanço), constitui a base para alcançar os níveis de acabamento superficial mais altos.

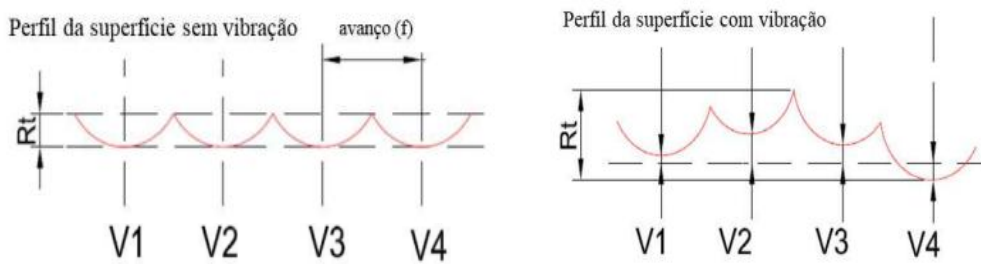


Figura 1. Efeito da vibração nos perfis da superfície na peça usinada (Modificado de Jang et al., 1996).

3 METODOLOGIA

O experimento foi realizado em torno mecânico convencional ROMI, utilizando alumínio 5051 com furo interno de 16 mm, ilustrado suas dimensões na Figura 2 (a). Empregou-se uma barra de torneamento interno com pastilha VMMG 160404-PM IC907. Foram testados, conforme ilustrado na Figura 2 (b) e (c), dois balanços: 30 mm (fixação com três parafusos) e 80 mm (fixação com dois parafusos). Parâmetros de corte: avanço de 0,045 mm/rev, profundidade de corte de 1 mm, rotação de 710 rpm (reduzida de 900 rpm devido à instabilidade) e uso de fluido de corte. A rugosidade foi medida com rugosímetro MAHR 300C, avaliando os parâmetros Ra e Rz.

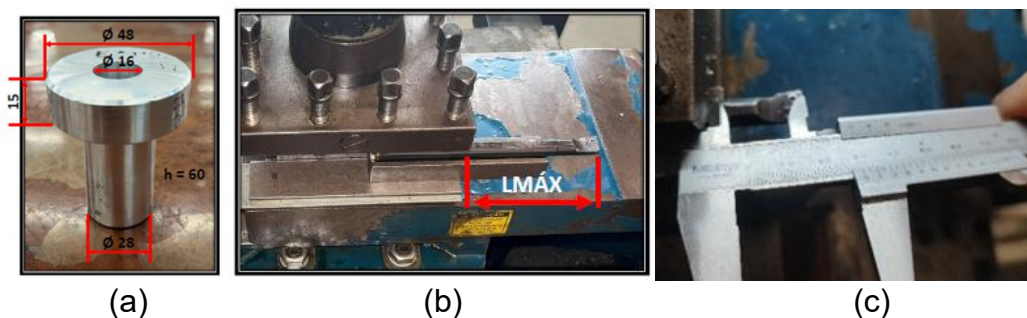


Figura 2. (a) Dimensões da peça e balanço da ferramenta com (b) 30 mm e (c) 80 mm.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os experimentos conduzidos forneceram dados sobre a interação entre os parâmetros de usinagem, o comprimento de balanço da ferramenta e a qualidade superficial resultante no torneamento interno em uma peça de alumínio 5051. Uma observação inicial relevante foi o impacto da velocidade de rotação na estabilidade do processo. Ao utilizar uma rotação de 900 rpm, constatou-se um acabamento superficial com mal resultados, caracterizado por irregularidades visíveis a olho nu, indicativas de vibração excessiva. Em resposta, a rotação foi reduzida para 710 rpm, o que resultou em uma melhora considerável na estabilidade do corte, permitindo uma análise mais controlada do efeito do balanço da ferramenta.

Com a rotação ajustada para 710 rpm e utilizando um comprimento de balanço de 30mm, os resultados das medições de rugosidade indicaram um valor médio aritmético (Ra) de 1,028 μm e uma altura média máxima do perfil (Rz) de 7,353 μm . O perfil de rugosidade correspondente a esta condição é apresentado

na Figura 3, que ilustra a distribuição das irregularidades ao longo da superfície amostrada.



Figura 3. Perfil de rugosidade com balanço de 30mm.

Ao aumentar o comprimento de balanço para 80mm, mantendo a rotação de 710 rpm, observou-se um leve aumento no valor de Ra para 1,160 μm . Contudo, de forma um tanto contraintuitiva, o valor de Rz apresentou uma redução para 6,471 μm , conforme detalhado no perfil de rugosidade da Figura 4.



Figura 4. Perfil de rugosidade com balanço de 80mm.

A aparente contradição entre o aumento da rugosidade média (Ra) e a diminuição da altura máxima do perfil (Rz) ao se utilizar o balanço maior (80mm) merece uma análise mais aprofundada. O aumento em Ra sugere uma deterioração geral do acabamento médio da superfície, provavelmente devido ao aumento da amplitude das vibrações com o maior balanço. No entanto, a redução em Rz indica que, apesar da maior rugosidade média, a ocorrência de picos e vales isolados e mais pronunciados foi menor nesta condição. Uma possível explicação para este fenômeno reside na alteração do comportamento vibratório do sistema. O balanço maior pode ter induzido um modo de vibração diferente, talvez com frequência mais alta e amplitude mais consistentes, resultando em um perfil de rugosidade mais homogêneo, embora com um valor médio ligeiramente superior, mas sem os picos extremos que elevam o Rz. Estes resultados ressaltam a complexidade da dinâmica de usinagem em furos profundos e demonstram que a otimização da qualidade superficial não depende apenas da minimização da rugosidade média, mas também do controle da distribuição e magnitude das irregularidades. Fica evidente que a combinação adequada entre a velocidade de rotação e o comprimento de balanço da ferramenta é um fator fundamental para alcançar o acabamento superficial desejado neste tipo de operação.

5 CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que o balanço menor (30mm) resultou em menor rugosidade média ($R_a = 1,028 \mu\text{m}$) comparado ao balanço maior ($R_a = 1,160 \mu\text{m}$), corroborando a teoria de que maior rigidez (menor balanço) reduz a vibração média. Contudo, uma análise mais detalhada revelou um comportamento inverso para a altura máxima do perfil (R_z), com o balanço de 30mm apresentando um valor maior ($R_z = 7,353 \mu\text{m}$) do que o de 80mm ($R_z = 6,471 \mu\text{m}$). Esta contradição sugere que, embora o balanço maior aumente a rugosidade média geral, ele pode modificar o padrão vibratório, atenuando picos extremos e resultando em um perfil topográfico diferente, mesmo que ligeiramente mais rugoso em média.

REFERÊNCIAS

JANG, D. Y.; CHOI, Y.-G.; KIM, H.-G.; HSIAO, A. Study on the correlation between surface roughness and cutting vibrations in turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 36, n. 4, p. 453-464, 1996.

SANDVIK Coromant. *How to Reduce Vibration in Metal Cutting*. Sandviken: Sandvik, 2006.

SANDVIK Coromant. *Manual Técnico*. Sandviken: Sandvik, 2009.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i WALLYSON THOMAS ALVES DA SILVA (Autor 1)



Possui Pós-doutorado em Engenharia Mecânica no Karlsruhe Institute of technology (KIT) na Alemanha em 2025. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Usinagem dos metais. É Professor Adjunto II da Escola e Faculdade SENAI “Roberto Mange” em Campinas - SP.

ii MARCUS VINICIUS BEGOSSI (Autor 2)



Possui graduação em Ciência da Computação pela Faculdade Anhanguera (2000), Especialização em MBA em Gestão de projetos pela ela Faculdade Anhanguera (2009) e Mestrado (2015) em Engenharia da Produção pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Atualmente é Coordenador Técnico da Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange". Tem experiência na área de Automação, com ênfase em Gestão de projetos.

iii GABRIEL GUIMARÃES DOS SANTOS (Autor 3)



Possui curso de Aprendizagem Industrial (CAI) de Eletricista de Manutenção Industrial pelo SENAI Roberto Mange (2013/2015). Desde janeiro de 2024, cursa o Tecnológico em Mecatrônica no SENAI Roberto Mange. Atualmente, atua como técnico eletromecânico na Ferramentaria Cooperfer.

iv ALDO ROBERTO PEREIRA (Autor 4)



Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Anhanguera de São Paulo (2010), com especialização em Metodologia de Ensino na Educação Superior pela Uninter (2015), cursando atualmente Mestrado em Solidificação de Metais, Ligas e Compósitos pela Unicamp (2024). Experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em projetos de produtos para indústria automotiva e moldes para injeção de termoplásticos. Atualmente é professor especialista da Faculdade SENAI de Tecnologia, lecionando as disciplinas Projeto de Ferramentas no curso Tecnológico em Fabricação Mecânica.