



## ANÁLISE DO GRAU DE RECALQUE NO PROCESSO DE ROSCAMENTO EM AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L

Emerson da S. Seixas<sup>2\*</sup>, Milton L. Polli<sup>1</sup> e Carlos E. Costa<sup>3</sup>

1, 2, 3 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGEM, Curitiba, PR, (UTFPR)  
*emerson.s@uninter.com*

### RESUMO

*A fabricação de roscas é um processo de grande complexidade. Sendo que na usinagem de roscas em aço inoxidável austenítico AISI 304L, tal processo requer maior precaução devido ao fato de desgastar mais a ferramenta de corte, o que envolve em redução de produtividade. Diante do fato, há tempos tem se utilizado de diversos sistemas em busca de soluções para o caso, com destaque à vida da ferramenta, qualidade da peça e mitigação de danos ao meio ambiente e operador da máquina-ferramenta. É sabido que benefícios consideráveis são observados quando empregado a lubrificação em abundância, porém estes podem causar problemas ao meio ambiente e à saúde do operador. Como desafio, este artigo apresenta resultados, obtidos durante o roscamento em aços inoxidáveis austenítico AISI 304L por meio da usinagem a seco, e a usinagem com mínima quantidade de lubrificação – MQL. Levando em consideração o grau de recalque dos cavacos obtidos, e desgastes das ferramentas, por meio de análises no microscópio eletrônico de varredura. O grau de recalque aumentou à medida que as peças foram usinadas, em função do desgaste e aderências sobre a ferramenta. Maior número de peças aprovadas e menores valores do grau de recalque foram observados durante o roscamento com MQL quando comparados ao corte a seco.*

**Palavras-chave:** roscamento, usinagem a seco, MQL, grau de recalque.

### INTRODUÇÃO

A usinagem dos materiais é classificada como processo secundário, sendo um dos métodos de fabricação mais empregados na manufatura de peças. Este processo de fabricação é o mais versátil e preciso dentre todos os processos de fabricação. Isso se deve à sua capacidade de produzir peças com características geométricas bem diversas<sup>(4)</sup>.

É praticamente impossível imaginar uma peça ou produto, que não tenha passado direto ou indiretamente por pelo menos uma operação de usinagem. Em países industrializados, a atividade manufatureira responde por 20% a 30% do PIB (Produto Interno Bruto) sendo indicativo confiável do padrão de vida<sup>(5)</sup>.

De acordo com a ABNT a usinagem é definida como a operação que determina a geometria da peça, através da remoção de materiais, considerados como sobremetal, durante movimentos relativos entre peça e ferramenta<sup>(1)</sup>. Outra situação de relevância, resultante da usinagem refere-se ao acabamento superficial, ressaltando a ligação deste, especialmente, com os parâmetros de usinagem empregados<sup>(7)</sup>. Tão importante quanto a usinagem, também observa-se a necessidade da união de peças, especialmente às metálicas, sendo para este caso, a rosca como o meio mais utilizado.

Durante a operação de roscamento cuidados especiais devem ser tomados, tendo em vista o perfil necessário da ferramenta para a reprodução da rosca. A falha em qualquer uma das medidas pode provocar o refugo da peça e perda do valor até então agregado, especialmente em materiais considerados nobres, pois esta operação normalmente é uma das últimas a ser realizada. Além disso, o avanço corresponde ao passo da rosca, resultando em um valor que é consideravelmente maior do aplicado no torneamento convencional. Isto influencia diretamente sobre a formação do cavaco. O fato é ainda mais relevante, durante a usinagem de materiais considerados de baixa usinabilidade, como é o caso do aço inoxidável austenítico 304L<sup>(2)</sup>. O roscamento especialmente deste material é realizada sob jorro de grande volume de um meio lubrificante, em busca de maior vida da ferramenta. Porém situações vinculadas à legislação sobre o meio ambiente e segurança, caminham rumo à usinagem verde, buscando mitigar influências danosas<sup>(3)</sup>.

Nesta linha, este estudo investiga o roscamento do aço inoxidável austenítico 304L, através da usinagem a seco, e por meio do sistema de lubrificação MQL levando em conta o grau de recalque e o desgaste da ferramenta.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para os experimentos de roscamento com penetração radial do aço inoxidável austenítico 304L (Tabela 1), utilizou-se como máquina-ferramenta o torno CNC ROMI Centur 30D comando Siemens com a rotação máxima de 4000 rpm, e insertos de metal duro revestido classe M - R166.OG-16UNO1-200 (ISO S15-S25).

Tabela 1: Composição química

C	Cr	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si	Fe
0,024	18,25	1,570	0,500	0,085	8,040	0,037	0,028	0,280	bal.

A usinagem foi realizada a seco, e por meio do sistema de lubrificação MQL. Na Figura 1 está ilustrado o sistema nebulizador. O Sistema MQL utilizado foi desenvolvido pela empresa chinesa Succkey com viscosidade líquida aplicável de até 68 mm<sup>2</sup>/s a 40 °C. Possui um canal de 1 mm de diâmetro interno do bico nebulizador, uma mangueira flexível de 300 mm e base magnética acoplada ao corpo da válvula. O meio lubrificante para os testes com MQL utilizado foi o Lubrix - Luxol A15. O volume de névoa da micropulverização foi ajustado para 50 ml/h com uma pressão de 4,5 bar, conforme informado no catálogo do fabricante.



Figura 1: Sistema MQL.

A rosca usinada foi a M16 x 2, sendo utilizada a velocidade de corte de 51 m/min e aplicando 16 passes. Periodicamente o roscamento era interrompido, e cavacos eram coletados, para posteriores medições e cálculo do grau de recalque. As medições dos cavacos foram realizadas por meio de um micrômetro digital de pontas (0-25 mm, resolução 0,001mm) sendo realizada a média de cinco medições para cada conjunto de cavaco.

O cálculo do grau de recalque foi obtido por meio de equação 1<sup>(7)</sup>.

$$Rc = \frac{h'}{h} \quad (1)$$

Sendo  $h$  = espessura de corte;  $h'$  = espessura do cavaco.

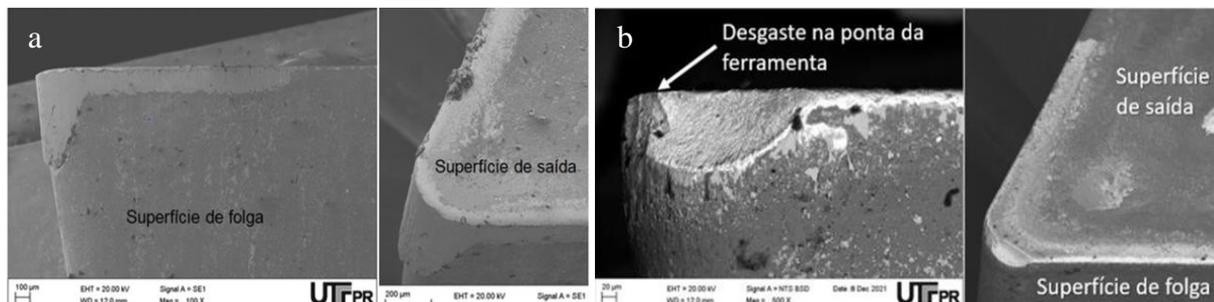
As ferramentas foram analisadas por meio do microscópio eletrônico de varredura (MEV), modelo EVO MA 15 do Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais (CMCM) da UTFPR. Foi estabelecido como critério de fim de vida da ferramenta o número de peças aprovadas por meio de verificação com calibrador P-NP (passa e não-passa).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades dos materiais da peça, da ferramenta e revestimento da mesma, os parâmetros de usinagem, a operação, e a presença do sistema de lubrificação, ou não, influenciam diretamente sobre a formação do cavaco. Salienta-se, que a ductilidade ou fragilidade do material irá determinar a ruptura do cavaco, e conseqüentemente se o cavaco será contínuo ou descontínuo<sup>(6)</sup>, sendo que o fato influencia diretamente sobre o grau de recalque do mesmo.

Por ser um material de baixa condutibilidade térmica, o aço inoxidável austenítico provoca elevadas temperaturas durante a usinagem, fato que causa alta aderência do material da peça sobre as arestas da ferramenta. Este material aderido sobre as superfícies da ferramenta interferem diretamente, sobre o fluxo do cavaco, afetando conseqüentemente o grau de recalque. A Figura 2a, ilustra a aderência de materiais da peça sobre a superfície de folga, raio de ponta e superfície de saída da ferramenta, para a sexta peça obtida por meio do roscamento a seco. Este material aderido influencia sobretudo o fluxo do cavaco sobre a mesma. A resistência ao deslocamento do cavaco é resultante do atrito das irregularidades do material aderido, e o cavaco em deslocamento, que simultaneamente sofre restrição ao fluxo, especialmente no caso do roscamento.

A Figura 2b, ilustra o desgaste da ponta da ferramenta, por meio do emprego do sistema de lubrificação MQL, para oitava peça, através do método de penetração radial. Neste caso, a superfície de saída permaneceu praticamente intacta, verificando-se apenas a saída parcial do revestimento, mesmo após a usinagem de duas peças a mais do que quando usinado a seco.



Na sequência, a Figura 3 ilustra os valores do grau de recalque. Ressalta-se que o grau de recalque, representa o percentual de deformação sofrido pelo cavaco no plano de cisalhamento primário. Por meio da figura, observa-se que os valores de grau de recalque crescem à medida que aumentam o número de peças roscadas. Além dos desgastes prematuros da ferramenta, devido às características intrínseca do aço inoxidável austenítico 304L, a aderência de materiais sobre a aresta de corte e superfície da ferramenta, favorece o aumento do grau de recalque. Por meio da mesma figura observa-se que o grau de recalque já na primeira peça do método de penetração radial tanto a seco, como com o sistema MQL já era relativamente considerável, esse fato ocorre porque o corte é realizado em simultaneamente pelos flancos e raio de ponta da ferramenta.

Com a aplicação de MQL foi possível aprovar dez peças, ao passo que com a usinagem a seco foram aprovadas sete após a verificação com o calibrador. Nota-se que para os números de peças iguais, o grau de recalque se manteve superior para o roscamento a seco. Interessante também observar que apesar de ter usinado três peças a mais do que a seco, a aplicação de MQL apresentou grau de recalque próximo à sexta peça que, foi a penúltima aprovada pela usinagem a seco.

O emprego de MQL proporciona melhor escorregamento do cavaco, quando comparado ao roscamento a seco em função da lubrificação proporcionada pelo óleo, promovendo deste modo, cavacos com menores deformações, com consequentes menores valores de grau de recalque.

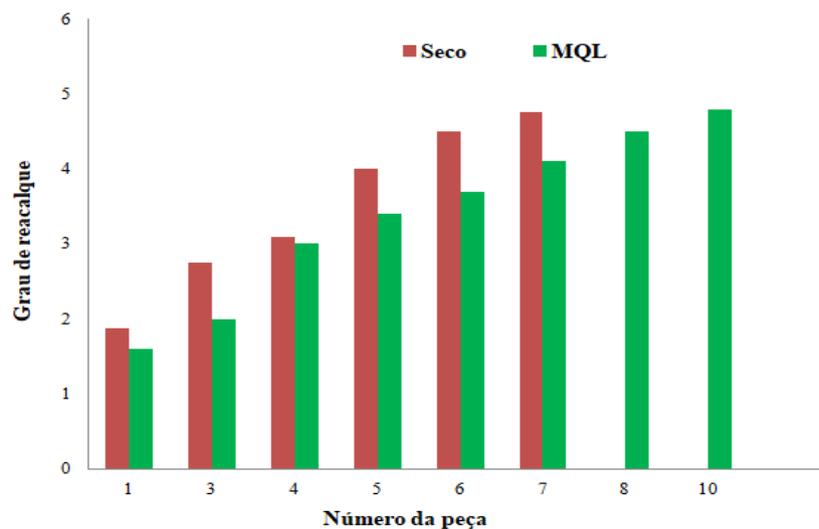


Figura 3: Grau de recalque em função do método de penetração radial durante o último passe para o roscamento a seco e sistema lubrificante MQL

## CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados foi possível observar que o grau de recalque aumentou à medida que as peças foram usinadas, em função de aderências e desgastes da ferramenta. Maiores valores do grau de recalque foram obtidos durante o roscamento a seco. Em função da lubrificação proporcionada pelo filme de óleo associada ao uso do sistema MQL, o fluxo do cavaco foi favorecido, contribuindo para que os valores do grau de recalque se mantivessem menores.

Apesar dos benefícios da lubrificação em abundância, cresce a tendência à usinagem a seco, e com a mínima quantidade de lubrificação, situações que favorecem a sustentabilidade, fator decisivo de competitividade, uma vez que a não utilização de fluidos

no processo além da otimização dos custos, mitiga doenças ocupacionais, favorecendo assim os sistemas de manufatura verde.

## REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT, NBR 6175 Usinagem, Processos - Mecânicos, Rio de Janeiro: ABNT, 2015, (ISBN 978-85-07-05672-0).
2. COSTA, C. E., POLLI, M. L.: Effects of the infeed method on thread turning of AISI 304L stainless steel, *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 43, 253 (2021) (<https://doi.org/10.1007/s40430-021-02978-7>).
3. COSTA, C. E., POLLI, M. L., SEIXAS, E. S.: Desafios na Usinagem dos aços Inoxidáveis, III ENGMATICOM, 2021, São Paulo. In: Anais III Congresso Online. São Paulo: Congresse.me, v. 1; 2021.
4. GROOVER, M. P. Introdução aos Processos de Fabricação, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2018, (ISBN 978-85-216-2519-3).
5. KALPAKJIAN, S. Manufacturing engineering and technology, 3ª Edition, New York: Addison-Wesley Publishing Co., 1995.
6. TRENT, E M., WRIGHT, P. K. Metal Cutting, 4ª Edition, Boston, USA, Butterworth, 2000.
7. MACHADO, A. R.; DA SILVA, M. B.; COELHO, R. T.; ABRÃO, A. M. Teoria da usinagem dos metais, 3ª Edição. São Paulo; Edgard Blucher, 2015.

## **ANALYSIS OF THE CHIP RATIO IN THREAD TURNING OF AISI 304L STAINLESS STEEL**

### **ABSTRACT**

Thread manufacturing is a highly complex process. The machining of AISI 304L austenitic stainless steel threads requires greater attention due the high tool wear, which results in reduction of productivity. In view of the fact, several systems have been used for some time in search of solutions for this case, with emphasis on tool life, part quality and mitigation of problems to the environment and machine-tool operator. It is known that considerable benefits are observed when using coolants in abundance, but these can cause problems for the environment and the health of the operator. In this context, this article presents results obtained during threading of AISI 304L austenitic stainless steels in dry machining, and with minimal amount of lubrication – MQL. It was taken into account the chip ratio obtained and tool wear through analysis with the scanning electron microscope. The chip ratio decreased as the parts were machined, due to wear and adhesions on the tool. Higher number of approved parts and higher chip ratios were observed during threading with MQL when compared to dry machining.

**Keywords:** threading, dry machining, MQL, chip ratio.