

ESTUDO DO ROSQUEAMENTO INTERNO DO AÇO INOXIDÁVEL 316 COM MACHOS LAMINADORES

Richard Corrêa Esteves Júnior, richard.junior@ifsudestemg.edu.br¹

Wasley Amaral Coelho, wasleyamaral@hotmail.com²

Camilo Lellis dos Santos, camilo_santos@ufsj.edu.br²

Carlos Henrique Lauro, carloslauro@ufsj.edu.br²

Lincoln Cardoso Brandão, lincoln@ufsj.edu.br²

¹Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais- Campus Santos Dumont- Rua Técnico Panamá, 45, Quarto Depósito, Santos Dumont- MG- CEP 36240-000

²Universidade Federal de São João del Rei- Praça Frei Orlando, 170, Centro, São João del Rei- MG- CEP 36307-352

Resumo. Desde o início da revolução industrial, a maioria das máquinas e equipamentos produzidos pela indústria utiliza porcas e parafusos como meio de fixação de seus componentes. A grande vantagem das uniões roscadas em relação a outros métodos como, por exemplo, solda e rebite, é a possibilidade de fácil montagem e desmontagem do conjunto com auxílio de ferramentas apropriadas. Um elemento comum a todo parafuso e porca é a rosca, a qual é comumente fabricada pelo processo de usinagem. Um processo de rosqueamento alternativo é a conformação mecânica dos filetes, sejam internos ou externos. Esse modo de fabricação pode apresentar vantagens como aumento da resistência e diminuição de etapas do processo produtivo, podendo gerar diminuição dos custos. Um dos metais mais utilizados na indústria moderna é o aço inoxidável, especialmente quando os componentes precisam resistir à ambientes corrosivos. O rosqueamento por conformação do aço AISI 316 foi estudado neste trabalho. Através da análise com microscópio ótico e com microscópio eletrônico de varredura foi identificado que o principal problema deste processo é a aderência de aço inoxidável 316 na superfície da ferramenta. Entretanto, apesar de ocorrer a adesão do material da peça desde o início do processo, observou-se que a metodologia de produção ou qualidade das roscas não foi afetada.

Palavras chave: Inox AISI 316. Rosqueamento por conformação. MEV. EDS

1. INTRODUÇÃO

O processo de rosqueamento que utiliza uma ferramenta denominada macho de corte é o mais empregado na indústria moderna. De acordo com Reis (2004), isto se deve à sua alta produtividade e ao fato de apresentar maior qualidade da rosca fabricada, seja para pequenos ou grandes diâmetros.

Ainda assim, existem alternativas ao rosqueamento por corte pouco exploradas como, por exemplo, o rosqueamento por conformação mecânica. Para Reis (2004), os projetistas devem conhecer cada método de fabricação, para que eles possam especificar filetes de roscas que resultem em maior facilidade e menor custo de produção, evitando tempo desnecessário e custo excessivo.

Há um crescente interesse industrial na produção de roscas conformadas, em particular pela indústria automotiva, devido às vantagens inerentes ao processo, como o grande número de furos roscados durante a vida da ferramenta, maior confiabilidade e melhor limpeza (OLIVEIRA, *et al.* 2017).

Conforme Ciuccio *et al.* (2011), os trabalhos de conformação conferem a rosca endurecimento superficial e resistência significativamente maiores em comparação com as que são obtidas convencionalmente. Para Oliveira (2016) a resistência à tração nas roscas laminadas pode ser 20 a 30% maior do que nas usinadas, o que tem um efeito positivo em veículos e máquinas em operação.

Os aços inoxidáveis têm larga aplicação na indústria, sendo utilizados quando se deseja melhorar a resistência à oxidação, especialmente em ambientes agressivos ou com altas temperaturas. Moraes *et al.* (2010) relatam que o aço inoxidável 316 é aplicável em diversos setores industriais, tais como: farmacêuticos, tintas, pigmentos, têxteis, petrolíferos, papéis e celulose.

Dessa forma, pelo fato de ter grande utilização nas indústrias dos vários setores, mas que proporciona grande dificuldade de usinagem, principalmente para produzir roscas, o rosqueamento interno deste material com ferramentas de conformação foi o foco de estudos neste artigo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Dias *et al.* (2012) os aços inoxidáveis são ligas de ferro e cromo com, pelo menos, 12% de cromo. Contêm ainda, na sua composição, níquel e baixas quantidades de carbono. Camargo (2009) relata que os aços inoxidáveis austeníticos, como é o caso do aço AISI 316, são difíceis de serem usinados pois têm elevada taxa de encruamento e tendência a formação de aresta postiça. Pode-se confirmar que apenas os materiais mais dúcteis apresentam bom potencial para a fabricação de roscas laminadas (OLIVEIRA, *et al.* 2017)

Conforme Haag *et al.* (2012), o rosqueamento é utilizado na indústria de variadas formas, como por exemplo, em elementos de fixação (como roscas para parafusos diversos) e elementos de transmissão (como os fusos de máquinas ferramenta). Para Reis (2004), o estudo do rosqueamento com machos é importante porque se trata de uma das operações mais comuns, sendo frequentemente uma das últimas realizadas sobre a peça que, neste caso, já possui um alto valor agregado.

Oliveira *et al.* (2017) explicam que o macho de laminação não tem uma borda de corte e a sua geometria é formada por lóbulos, Fig.1 (a), e que ele gera a deformação do material à frente dos dentes da ferramenta, que trabalham individualmente realizando a deformação gradativa. Como resultado do processo de deformação, a rosca conformada, também chamada de rosca laminada, apresenta uma garra na crista do filete, Fig. 1 (b).

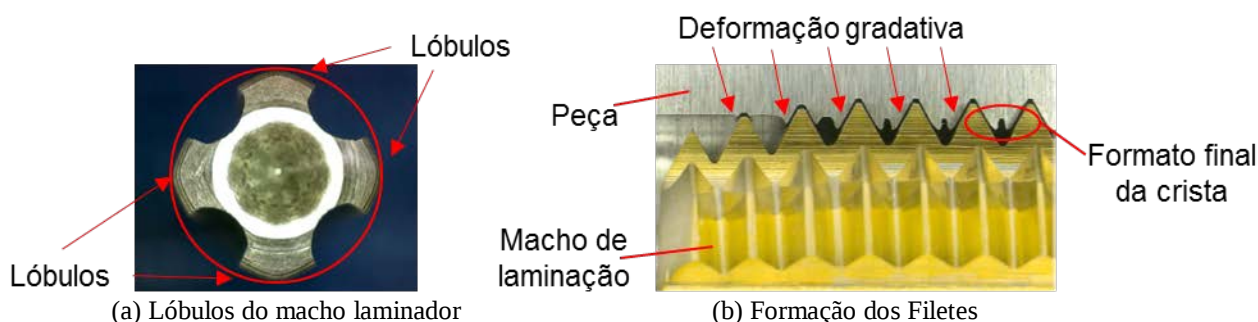


Figura 1. Processo de produção da rosca laminada (Adaptado de Emuge, 2018)

As operações de conformação são aquelas onde a forma de uma peça metálica é alterada através de um processo de deformação plástica (CIUCCIO, *et al.* 2011). Durante o processo ocorrem dois fenômenos simultâneos: uma parte do material, interna ao filete de rosca, tenta retornar à sua condição inicial devido ao regime elástico durante a deformação e outra parcela do material, mais externa, encrua, gerando um aumento da força de deformação durante o trabalho (OLIVEIRA, *et al.* 2013). A Fig.2 mostra a diferença da microestrutura de uma rosca usinada e outra confeccionada por conformação mecânica.

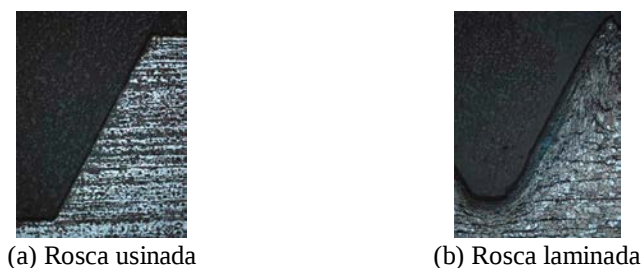


Figura 2. Micrografia de uma (a) rosca usinada e (b) rosca laminada (EMUGE, 2018)

Ciuccio *et al.* (2011), assim como Oliveira *et al.* (2017), relatam algumas vantagens do rosqueamento por conformação como o fato de formar roscas mais resistentes e com um acabamento de melhor qualidade, além de não produzir cavacos, não necessitando, portanto, de etapas posteriores para remoção de cavaco, o que diminui custos. Mas Haag *et al.* (2012) dizem que há limitações do processo no que se refere a aplicabilidade em materiais com baixo coeficiente de alongamento (menor que 10%), exatidão no diâmetro do pré-furo, valores de torque relativamente elevados e a necessidade de grande volume de lubrificação da ferramenta durante o processo devido aos altos níveis de atrito.

O aço rápido, material de fabricação da ferramenta utilizada neste trabalho, conforme Reis (2004), foi desenvolvido na virada do século XIX para o século XX, quando se conseguiu um grande aumento da produtividade, daí a razão do nome da liga. Todavia, com os avanços posteriores neste campo, este nome já não tem muito sentido. Mas a combinação com coberturas para melhorar sua resistência ao atrito e ao calor fazem com que o aço rápido ainda seja bastante utilizado

para a produção de ferramentas. De acordo com Reis (2004), as coberturas funcionam como luvas que protegem as ferramentas contra o desgaste, soldagem e o calor gerado pela própria operação.

Sendo assim, este artigo visa avaliar o efeito do rosqueamento por conformação na qualidade das roscas (calibrador passa-não-passa e microscopia) e no desempenho de machos laminadores no rosqueamento interno do aço inoxidável 316.

3. METODOLOGIA

Os ensaios de rosqueamento foram realizados em um centro de usinagem ROMI Discovery 560 com comando Siemens 840 D, rotação máxima do eixo árvore de 10.000 rpm e potência do motor principal de 15 kW. Foi utilizada a velocidade de conformação recomendada pelo fabricante com valor de 18m/min e avanço correspondente ao passo da rosca, ou seja, 1 mm/volta. Utilizou-se lubri-refrigeração abundante com uma emulsão com concentração de 1/20 de óleo solúvel biodegradável, BIO 100 E, da Biolub Química Ltda, em água.

As chapas quadradas com 200 mm de comprimento e 3/16" de espessura de aço inoxidável 316 receberam furos passantes com diâmetro de 5,5 mm, nos quais as roscas foram laminadas posteriormente com um macho M6- 6H Druck steel SN TiN HSSE da marca Emuge. Para fixar a chapa de aço inoxidável 316 na máquina foi desenvolvido um suporte especial, Fig.3.

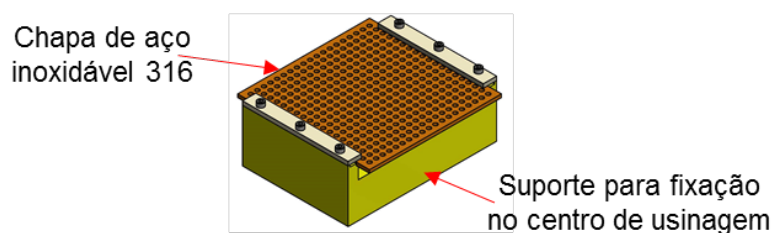


Figura 3. Chapa com suporte para fixação no centro de usinagem (Fonte: Autoria própria)

Para fixar a ferramenta foi utilizado um cabeçote mandril de rosquear com compensação axial e troca rápida para máquinas CNC da marca Sanches Blanes® e modelo MRCC com o cone padrão BT40. O macho de roscar foi retirado do centro de usinagem para a observação em um microscópio Mitutoyo TM - 500 Séries. As observações ocorreram após 0 (ferramenta nova), 5, 15, 30, 50, 100, 150, 260, 360, 460, 560, 660, 760 e 870 roscas produzidas. A cada parada para a observação da ferramenta era utilizado um calibrador de rosca tampão, novo, tipo passa-não-passa M6x1 6H, marca Digimess, com a finalidade de atestar a qualidade da rosca.

Ao final dos testes, com ajuda de um MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) da marca HITACHI e modelo TM3000 e um microscópio da marca Olympus modelo BX51, foi realizada análise de alguns filetes produzidos na chapa de aço inoxidável 316 e do macho de roscar, inclusive aplicando a técnica de EDS (espectrometria de energia dispersiva) para identificar se houve aderência de material à superfície da ferramenta.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Desde os primeiros filetes executados uma grande quantidade de aço inoxidável se depositou sobre os lóbulos do macho, o que dificultou a distinção entre desgaste da ferramenta e o próprio material da peça aderido na ferramenta, conforme pode-se perceber na Fig.4.

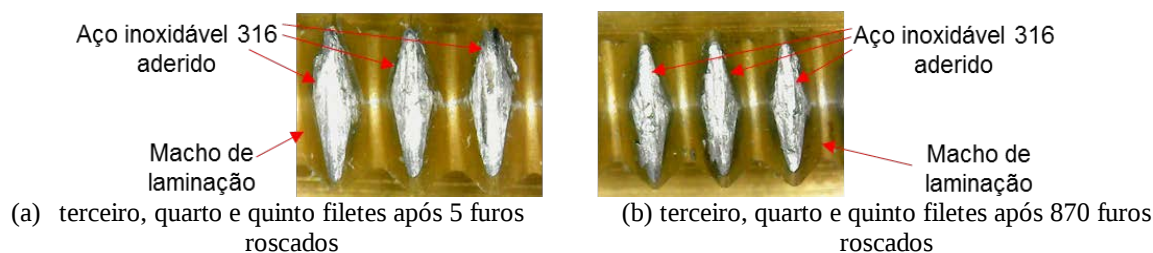


Figura 4. Detalhe do aço inoxidável 316 aderido na superfície do macho laminador (Fonte: Autoria própria)

O processo de rosqueamento por laminação apresenta como característica o atrito elevado entre a peça e ferramenta que, combinado com a tendência do aço AISI 316 aderir à ferramenta, facilita o surgimento do problema que, neste caso, não pode ser chamado de aresta postiça pois a ferramenta não possui arestas de corte.

Apesar do material estar aderido à superfície da ferramenta desde a primeira observação até a última, o calibrador tampão passa-não-passa não teve problemas de rosqueamento em nenhum dos furos quando utilizado o lado passa e, ao utilizar o lado não passa, não foi possível o rosqueamento. Assim sendo, no que se refere às características dimensionais e dentro do número de furos realizados, o material aderido no macho laminador não ocasionou problemas que comprometessem a qualidade do furo roscado.

A imagem produzida com auxílio do MEV representada na Fig. 5 (a) evidencia a formação da garra na crista do filete laminado. Na Fig. 5 (b) pode-se notar que o terceiro dente do macho apresentou lascamento. Este fato foi percebido já na primeira observação com microscópio ótico, quando havia sido roscado apenas 5 furos.

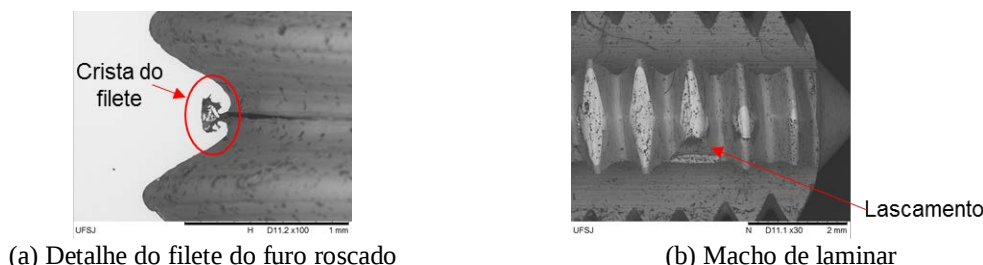


Figura 5. Filete de rosca laminado e a ferramenta que foi utilizada (Fonte: Autoria própria)

Através da EDS do macho laminador representada na Fig.6 (a) é possível perceber que a região mais clara próxima aos lóbulos dos filetes tem grande quantidade de níquel (Ni) e cromo (Cr), alguns dos principais componentes do aço inoxidável 316, fato comprovado pelo espectro da Fig.6 (b). As presenças destes elementos comprovam a adesão do material da peça na ferramenta.



Figura 6. EDS do macho laminador (Fonte: Autoria própria)

5. CONCLUSÕES

Durante todas as observações no microscópio ótico foi percebido material da peça aderido na superfície da ferramenta, fato que foi comprovado a partir da análise utilizando a técnica EDS. Apesar disso, não foi percebida nenhuma dificuldade da ferramenta para rosar os quase 900 furos.

Pela análise utilizando o calibrador tampão passa-não-passa percebe-se que a ferramenta não chegou ao fim de sua vida.

A análise dos filetes produzidos mostrou o formato característico da crista com aparência de garra que já foi identificado por vários pesquisadores quando a rosca é laminada em materiais mais dúcteis.

O sistema de refrigeração e a cobertura da ferramenta se mostraram ineficientes no que diz respeito a diminuição do atrito para impedir a aderência de material à ferramenta.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Emuge Franken pela doação do macho laminador e à Digimess Instrumentos Medição pela doação do calibrador.

7. REFERÊNCIAS

- CAMARGO, R. D. **Verificação da Usinabilidade dos Aços Inoxidáveis Austeníticos através do Processo de Furação**. Campinas, SP: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2008.
- CIUCCIO, R. L. et al. Aplicação do processo de conformação mecânica laminação a. **Innovations Implant Journal: Biomaterials and Esthetics**, Guarulhos, SP, 2011.

- DIAS, A. P. et al. Análise de parâmetros de usinagem do aço inox austenítico abnt 304. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, 2012.
- EMUGE. **Tecnologia de roscagem · Tecnologia de filetagem**. Berlin: EMUGE-Werk Richard Glimpel GmbH & Co. KG, 2018.
- HAAG, C.; AMANCIO, M. R. M. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O PROCESSO DE ROSQUEAMENTO INTERNO COM MACHO DE CORTE E O ROSQUEAMENTO INTERNO COM MACHO LAMINADOR EM FERRO FUNDIDO NODULAR AUSTEMPERADO: UMA ABORDAGEM DAS GRANDEZAS FÍSICAS. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, SC, 2012.
- MORAES, J. E. D. et al. Corrosão microbiológica do aço inoxidável austenítico 316 em Na₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ na ausência e presença de *Escherichia coli*. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, MG, 2010.
- OLIVEIRA, J. A. D. ESTUDO DO PROCESSO DE ROSQUEAMENTO POR CONFORMAÇÃO NA LIGA DE ALUMÍNIO 7075-T6. São João del Rei: Universidade Federal de São João del Rei, 2016.
- OLIVEIRA, J. A. D. et al. ESTUDO PRELIMINAR DA RECUPERAÇÃO ELÁSTICA DA LIGA DE MAGNÉSIO AM60 DURANTE PROCESSO DE ROSCAMENTO POR CONFORMAÇÃO. In: _____ **7º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**. [S.l.]: [s.n.], 2013.
- OLIVEIRA, J. A. D.; SIQUEIRA, B. S. D.; BRANDÃO, L. C. COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS DE MICRO ROSQUEAMENTO POR CONFORMAÇÃO E USINAGEM NA LIGA DE ALUMÍNIO 7075-T651. In: _____ **9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**. Joinville, SC: [s.n.], 2017.
- REIS, A. M. **Estudo do processo de rosqueamento em ferro fundido cinzento**. Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2004.
- STEMMER, C. E. **Ferramentas de Corte**. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, v. 1, 1993.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

STUDY OF THE INTERNAL THREADING IN THE 316 STAINLESS STEEL USING FORMING TAPS

Richard Corrêa Esteves Júnior, richard.junior@ifsudestemg.edu.br¹
Wasley Amaral Coelho, wasleyamaral@hotmail.com²
Camilo Lellis dos Santos, camilo_santos@ufsj.edu.br²
Carlos Henrique Lauro, carloslauro@ufsj.edu.br²
Lincoln Cardoso Brandão, lincoln@ufsj.edu.br²

¹Federal Southeast Institute of Minas Gerais - Campus Santos Dumont - Rua Técnico Panamá, 45, Quarto Depósito, Santos Dumont- MG- CEP 36240-000

²Federal University of São João del Rei- Praça Frei Orlando, 170, Centro, São João del Rei- MG- CEP 36307-352

Abstract. Since the beginning of the industrial revolution, the significant part of machines and equipment manufactured by the industry use nuts and bolts as a means of fixing their components. The considerable advantage of the threaded joints concerning other methods, such as welding and riveting is the possibility of easy assembly and disassembly of the components using specific tools. An element common to every bolt and nut is the thread profile, which is commonly manufactured by the machining process. An alternative to threading process is the mechanical forming of the fillets, considering internal or external fillets. This technology of manufacturing can present advantages such as increased resistance and decreased stages of the production process, which can lead to a decrease in costs. One of the most commonly used metals in modern industry is stainless steel, especially when components need to be exposed to corrosive environments. The forming tapping of AISI 316 stainless steel was the object of this work. The analysis carried out with the optical microscope, and SEM showed that the main problem of this process was the adhesion of stainless steel to the surface of the taps. However, despite the adhesion of the material from the beginning of the process, it was observed that the production methodology or thread quality was not affected.

Keywords: AISI 316 stainless steel. Forming tapping. SEM. EDS

RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.