ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ROSCAS USINADAS E CONFORMADAS NO AÇO SAE 1045 E NO ALUMÍNIO AA 7075-T6 COM A VARIAÇÃO NO NÚMERO DE FILETES

Pedro Márcio do Carmo Silva ⁽¹⁾ (pdromarcio@gmail.com), Guilherme Lopes Brandão ⁽¹⁾ (gui.lopes.brandao@gmail.com), Camilo Lellis dos Santos ⁽¹⁾ (camilo_santos@ufsj.edu.br), Artur Mariano de Sousa Malafaia ⁽¹⁾ (arturmalafaia@ufsj.edu.br) Lincoln Cardoso Brandão ⁽¹⁾ (lincoln@ufsj.edu.br)

⁽¹⁾ Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) – Departamento de Engenharia Mecânica – DEMEC – Praça Frei Orlando, 170 - Centro

RESUMO: Roscas são elementos de fixação de grande importância na montagem de componentes mecânicos. A indústria mecânica utiliza diversos tipos de perfis de rosca e diâmetros padronizados na montagem de máquinas e equipamentos. Dentre os diâmetros padronizados de rosca métrica, M6, M8 e M10 são os principais, sendo o diâmetro M8 o mais usado. Portanto, o objetivo desse trabalho foi medir e comparar a carga máxima de tração suportada por roscas internas M8 no aço SAE 1045 e no alumínio AA 7075-T6, com 1, 3 e 5 filetes de rosca, fabricadas pelos processos de usinagem e conformação. Foram utilizados parafusos de grau 12.9 para o auxílio no tracionamento das roscas com velocidade de deslocamento de 1mm/min e corpos de prova com diâmetro externo de 31 mm. Após os ensaios e feitas as análises necessárias, pode-se observar que as roscas usinadas apresentaram maior resistência no alumínio AA 7075-T6. Por outro lado, as roscas no aço SAE 1045, fabricadas por conformação apresentaram as maiores resistências nos testes de tração. Além disso, pode-se concluir que o parafuso utilizado não foi capaz de suportar as tensões aplicadas na rosca de aço SAE 1045 conformada com 5 filetes.

PALAVRAS-CHAVE: Roscas Usinadas, Roscas conformadas, Roscas internas M8, Teste de tração.

COMPARATIVE STUDY BETWEEN MACHINING AND FORMING THREADS IN SAE 1045 STEEL AND AA 7075-T6 ALUMINIUM WITH VARIATION IN NUMBER OF FILETS

ABSTRACT: *Threads are very important fasteners in the assembly of mechanical components. The mechanical industry uses various types of threaded profiles and standard diameters in the assembly of machines and equipment. Among the standard metric thread diameters, M6, M8, and M10 are the main ones, with diameter M8 being the most used. Therefore, the objective of this work was to measure and compare the maximum tensile load supported by M8 internal threads on SAE 1045 steel and AA 7075-T6 aluminium, with 1, 3, and 5 thread fillets, manufactured by machining and forming processes. Grade 12.9 screws were used to aid in thread tensile test with speed of 1mm/min and workpieces with an external diameter of 31 mm. After the tests and the necessary analyses, it can be observed that the machined threads presented higher resistance in AA 7075-T6 aluminium. On the other hand, threads in SAE 1045, manufactured by forming process showed the highest tensile strengths. Furthermore, it can be concluded that the screw used was not able to withstand the stresses applied to the SAE 1045 steel thread formed with 5 threads.*

KEYWORDS: *Machined Threads, Formed Threads, M8 internal threads, Tensile Test.*

1. INTRODUÇÃO

Dentre as operações de rosqueamento das indústrias metal-mecânicas, pode-se distinguir duas grandes classes de trabalho com os metais: os processos de usinagem e os processos de conformação. As operações de usinagem conferem à peça a forma, a dimensão, ou o acabamento, com a remoção de cavaco, enquanto nos processos de conformação há a constância do material que passa por alterações em sua forma mediante a deformação plástica. Esse é um processo ainda pouco usado nas empresas que fabricam componentes roscados e executam essa operação na própria máquina operatriz. A laminação de roscas tem grande vantagem sobre processos similares devido ao fato de não produzir cavacos e, por isso, não necessitar de processos de reciclagem específicos. Entretanto, manuais específicos e conceitos técnicos com informações precisas sobre esse processo ainda são grandes lacunas para sua efetiva aplicação em todos os materiais utilizados em produtos manufaturados (MACIEL, 2013; CARVALHO, 2011).

Segundo Lauro et al. (2010), componentes mecânicos podem ser unidos por meio de fixação permanente, soldagem ou fixação removível, com a utilização de parafusos, rebites, pinos, dentre outros. Por causa da facilidade na substituição e reparo, o uso de parafusos se torna mais comum, havendo poucos equipamentos que não usam parafusos para fixação. Considerando o período do início da revolução industrial até a década de 1980, pode-se dizer que a evolução do processo de rosqueamento dentro da indústria foi modesta. Basicamente, o processo mais usado de rosqueamento interno sempre foi realizado na indústria com ferramentas denominadas machos. Este processo promove, assim como nos processos de torneamento, fresamento e furação, a geração de cavacos que são na sua maioria expulsos pelos fluidos de corte durante a usinagem. (CARVALHO, 2011)

No processo de rosqueamento interno, cada dente do macho laminador da redução de guia funciona como uma ferramenta trabalhando individualmente assim que entra em contato com a parede do furo a ser roscado. Entretanto, no rosqueamento por conformação o macho laminador gera a deformação do material que ocorre à frente dos dentes da ferramenta. Assim, o material deformado vai sendo acumulado entre as faces dos dentes, do lado das estrias do macho laminador. É esse material que vai formando o perfil da rosca à medida que os outros dentes vão deformando mais o material e acumulando-o entre as faces dos dentes, até que o último dente da redução de guia do macho trabalhe o material e este assume a forma da crista final do filete (CARVALHO, 2011).

Segundo Stemmer (1995), a resistência ao cisalhamento dos filetes de rosca aumenta devido a deformação dos grãos do material acompanhar o contorno dos filetes. A ruptura por cisalhamento (fratura do material quando submetido a um esforço mecânico) ocorre geralmente de forma intergranular ou transgranular. Com o alongamento dos grãos devido ao processo de conformação, fica mais complexo de ocorrer fratura transgranular que passa pelo grão devido ao sentido de aplicação dos esforços e também de ocorrer a intergranular que contorna os grãos, pois esses contornos estarão perpendiculares a aplicação dos esforços (OLIVEIRA, 2016).

Se tratando de métodos que envolvem a remoção de cavacos, os mais utilizados, visto que no sistema de montagem de peças o rosqueamento é mais indicado devido à sua versatilidade. Assim, o rosqueamento por usinagem se sobrepõe ao processo realizado por conformação, uma vez que o primeiro é muito mais difundido. Pode-se dizer que, dentre os processos de usinagem, o rosqueamento é, segundo Reis et al. (2005), um dos mais difíceis de ser executado devido à complicada remoção de cavacos e lubrificação na zona de corte, além da necessidade de uma relação inalterável entre a velocidade de corte e o avanço, definida pelo passo da ferramenta. (CARVALHO, 2011)

O processo de geração de roscas internas com machos ocorre de acordo com a Figura 13, onde se pode notar que o perfil é construído com o deslocamento da ferramenta no sentido axial e com um movimento rotativo simultâneo. O macho apresenta um formato cônico na sua parte inicial o que permite que as arestas de corte executem a operação removendo secções de corte pequenas no começo e estas aumentem de forma progressiva. Além disso, na construção da ferramenta existem arestas de corte radiais que dividem as secções de corte no sentido radial e axial, permitindo a geração do perfil da rosca de forma gradual (Komura et al., 1990).

Assim, mais pesquisas experimentais com o objetivo de conhecer a influência das variáveis durante a laminação de roscas necessitam ser realizadas. Dessa forma, o processo de laminação de roscas poderá se tornar mais atraente, principalmente, se os tempos de produção forem idênticos ou menores que os tempos do tradicional processo de usinagem de roscas, pois a não geração de cavacos já torna o processo de laminação de roscas bastante competitivo para o setor produtivo. (OLIVEIRA, 2016)

O aço SAE 1045 é amplamente utilizado na indústria, devido a sua vasta aplicabilidade. Possui boa relação entre resistência mecânica e resistência a fratura, tendo como principal característica sua resistência a tensão e razoável tenacidade. O alumínio 7075 T6, extremamente leve, possuindo alta relação entre resistência e peso, alta resistência a corrosão e dureza, além de muitas outras características beneficiárias na indústria. Todavia, possui preço elevado em relação aos demais alumínio e aços. Sendo assim, torna-se necessário o estudo deste tipo de material através do rosqueamento, comparando os resultados obtidos com aço em SAE 1045, relacionando o comportamento de cada material quando submetido a tração e quando se varia o número de filetes.

2. METODOLOGIA

Para a realização do estudo, foram utilizados corpos de prova de aço SAE 1045 e alumínio AA 7075-T6 com 31 mm de diâmetro externo 15 mm de altura, possuindo roscas usinadas e conformadas. Para a preparação das amostras foi utilizado um centro de usinagem CNC com 10.000 rpm de rotação no cabeçote e 12,5 kW de potência no motor principal, onde ocorreu a furação e rosqueamento das

mesmas com machos de roscar modelo M8-ISO2/6H, e conformado modelo M8-6HX ambos com cobertura de titânio e da marca Emuge-Franken (Figura 1).

Figura 1. Machos de roscar utilizados no experimento (Fonte: Autoria própria)

Para tal preparação, foi utilizado um dispositivo que possibilitou a fixação dos corpos de prova cilíndricos na mesa do centro de usinagem (Figura 2). Foram feitos 18 corpos de prova de Alumínio AA 7075-T6, sendo 6 para cada número de filetes de rosca (1,3 e 5). Metade dos corpos de prova foram roscados pelo processo de usinagem e a outra metade foram roscados pelo processo de conformação. A mesma quantidade e especificação de corpos de prova foi aplicada para as rosas no aço SAE 1045.

FIGURA 2. Rosqueamento dos corpos de prova (Fonte: Autoria Própria)

Após a preparação, os corpos de prova foram levados a máquina universal de tração EMIC 23-100 com capacidade de carga de 10.000 (kgf) e a velocidade de deslocamento foi utilizada foi 1 mm/min. Para que fosse possível o tracionamento das rosas através dos parafusos, foi necessário a confecção de um suporte que facilitasse a retirada dos mesmos, presos aos corpos de prova rompidos da

máquina para cada etapa de experimentos. Esse suporte foi feito de aço 1045, usinado no laboratório de usinagem da instituição, em seguida, passou por uma têmpera em óleo (Figura 3). Foram realizados os ensaios, sendo repetidos 3 vezes para cada corpo de prova de 1,3 e 5 filetes de rosca.

FIGURA 3. Conjunto Suporte-gabarito-amostra durante o ensaio de tração(Fonte: Autoria Própria)

Para a aquisição de dados, foi utilizado o software Stress Machine VIEW 1.0, que gerou os gráficos cedidos pela máquina por meio de conversão de sinais pelo módulo da marca National Instruments modelo NI USB-6210. Assim, nos possibilitou encontrar a curva de tensão x deformação de engenharia juntamente com os dados de carga e tensão de escoamento, máxima e ruptura.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através do ensaio de tração, foram obtidos os dados necessários para as análises de resistência das roscas. Dessa forma, foi considerada apenas carga máxima de resistência das amostras, visto que é o parâmetro de referência do estudo. Para melhor entendimento através da comparação das amostras ensaiadas, gráficos foram gerados com o auxílio do software. Analisando a Figura (4) podemos perceber que a carga máxima aplicada na amostra usinada foi maior, obedecendo aos demais ensaios realizados no Alumínio AA 7075-T6, onde não só apenas a carga máxima suportada, como a resiliência e a tensão de ruptura são maiores.

FIGURA 4. Gráfico de força-deformação da amostra de alumínio AA 7075-T6 com 3 filetes de rosca usinada e conformada (Fonte: autoria própria)

Já na Figura (5) podemos observar que no aço SAE 1045, a amostra conformada obteve maior resistência a tração, tendo um comportamento inverso ao do alumínio analisado. Porém, obedecendo aos demais dados coletados com valores de resistência próximos com a variação do tipo de rosca.

FIGURA 5. Gráfico de força-deformação da amostra de aço SAE 1045 com 3 filetes de rosca usinada e conformada (Fonte: autoria própria)

Na Tabela (1) são apresentados os resultados da força máxima (Kgf) analisados para cada amostra ensaiada.

AA 7075-T6			SAE 1045		
Filetes	Processo	Força (kgf)	Filetes	Processo	Força (kgf)
1	Usinado	192	1	Usinado	250
1	Usinado	NULO	1	Usinado	248
1	Usinado	NULO	1	Usinado	207
3	Usinado	1851	3	Usinado	2572
3	Usinado	1763	3	Usinado	2413
3	Usinado	1813	3	Usinado	2535
5	Usinado	3245	5	Usinado	4748
5	Usinado	3329	5	Usinado	4728
5	Usinado	NULO	5	Usinado	4709
1	Conformado	259	1	Conformado	346
1	Conformado	216	1	Conformado	343
1	Conformado	240	1	Conformado	350
3	Conformado	1662	3	Conformado	2853
3	Conformado	1668	3	Conformado	2852
3	Conformado	1752	3	Conformado	2892
5	Conformado	3271			
5	Conformado	3025			
5	Conformado	3171			

TABELA 1. Força máxima (kgf) aplicada em cada amostra (Fonte: Autoria própria)

Analisando as variações de resistência máxima do material através da Figura (6), as amostras que possuem 1 filete de rosca, foram constatados aumentos de 45 % e 22,4 % para as que possuem rosca conformada e usinada, respectivamente. Enquanto as amostras que possuem 3 filetes de rosca, obtiveram um aumento de 69,17% e 38,57%. Contudo, podemos salientar uma pequena variação

entre os padrões usinados e conformados, mantendo uma constância considerável com o aumento de filetes de rosca.

FIGURA 6. Gráfico de variação da força máxima (kgf) para amostras variando o material e o tipo de rosca (Fonte: Autoria própria)

A força máxima suportada pelo parafuso utilizado era menor que a força suportada pela amostra conformada de aço possuindo 5 filetes de rosca. Assim, em todos os experimentos com cinco filetes os parafusos se romperam (Figura 7), com uma média de 4.995 kgf como indicado teoricamente.

FIGURA 7. Parafuso rompido após o ensaio (Fonte: Autoria própria)

4. CONCLUSÕES.

De acordo com os resultados obtidos no estudo das variações de resistência máxima entre o aço SAE 1045 e o Alumínio AA 7075-T6 variando o tipo e a quantidade de filetes de rosca, podemos concluir que, devido a análise dos dados, podemos destacar a maior resistência do aço em relação ao alumínio de forma predominante. Semelhante a comparação feita entre os materiais, para os tipos de processos de fabricação de rosas, as amostras conformadas obtiveram maior resistência em todos os experimentos utilizados no aço. Já no alumínio, a média de valores nos variados tipos de filetes se manteve bem próxima, porém, com média de valores maiores para as amostras usinadas com 3 e 5 filetes de rosca. Podemos salientar a mínima força aplicada, que foi na amostra usinada de alumínio AA 7075-T6 com 1 filete de rosca suportando apenas 195 kgf antes da ruptura, e a maior foi encontrada na amostra conformada de aço SAE 1045 com 5 filetes de rosca, suportando um valor maior que 5.000 kgf causando o rompimento do parafuso utilizado.

5. DIREITOS AUTORAIS,

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo das informações contidas neste artigo.

REFERÊNCIAS

Carvalho, A. O. Análise da dinâmica do processo de rosqueamento por conformação da liga de Magnésio AM 60. 116f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2011.

Maciel, D. T. Estudo dos processos de rosqueamento por laminação e usinagem na liga de titânio TI-6AL-4V. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2013.

Oliveira, J. A. ESTUDO DO PROCESSO DE ROSQUEAMENTO POR CONFORMAÇÃO NA LIGA DE ALUMÍNIO 7075-T6. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2016.

Lauro, C.H., Baldo, D.; Brandão, L.C.; Christoforo, A.L.; Carvalho, A.O. Estudo da deformação de filetes de rosca interna produzidas por laminação. Anais do 1º CONEMAT – Congresso das Engenharias, Arquitetura e Agronomia. Mato Grosso, p. 686-695, 2010

Reis, A.M.; Coelho, G.A.B.; Barbosa, F.Q.; Silva, M.B. Estudo da relação entre forças axial e radial e o desgaste da ferramenta para o processo de rosqueamento interno. Anais do 3º COBEF, p. 1-101, 2005.

Reis, A.M.; Júnior, W.S.; Júnior, A.M.S.; Silva, M.B. Avaliação do desempenho de ferramentas de aço-rápido com e sem revestimento no rosqueamento interno do ferro fundido cinzento GH-190. Anais do 3º COBEF, p. 1-10, 2005.

Komura, A.; Yamamoto, M.; Ikawa, N. Study of tapping method for large size threads – consideration for the oversized effective diameter by tapping. Bulletin of the Japan society of precision engineering, v. 24, nº 3, p. 178-183, 1990.

Stemmer, C. E., Ferramentas de Corte 1. 1995. Florianópolis, Universidade de Santa Catarina.