

APLICAÇÃO DE MACHO DE CORTE FABRICADO EM HSS-E COM REVESTIMENTO DLC NO ROSQUEAMENTO DA LIGA DE ALUMÍNIO 6351 T6

Guilherme Henrique Ferreira Lopes²

guilherme.mec18@gmail.com

Paulo Sérgio Martins¹

paulo.martins@prof.una.br

Rafael Moreira Vieira²

rafael.vieira0993@gmail.com

Breno Siqueira⁴

breno.siqueira@emuge.com.br

Thayná Orcines da Silva Couto²

thaynaosc@gmail.com

Cínthia Dayhane de Abreu Martins²

cinthiadayanne1@hotmail.com

Ana Luiza Ramos Ferreira²

analuiza_ramosferreira@hotmail.com

Douglas de Oliveira Camargos²

douglascamargos1991@hotmail.com

Matheus Philippe Martins da Cruz²

matheus-philippe2009@hotmail.com

Ramon Martins Drumond³

ramondrumond@uol.com.br

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Engenharia Mecânica, Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, CEP 30535-901, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

²Centro Universitário UNA, Engenharia Mecânica, Rua dos Aimorés, 1451, Lourdes, CEP. 30140-071, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

³Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Engenharia de Materiais, Av. Amazonas 5253, Nova Suíça, CEP: 30421-169, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

⁴Universidade Federal de São João del-Rei, Engenharia Mecânica – Praça Frei Orlando, 170, Centro, CEP: 36307-352, São João del-Rei, Minas Gerais – Brasil.

Resumo. O rosqueamento com macho de corte se mostra um processo muito complexo, pois, para que se obtenha perfis de rosca com melhores acabamentos e definições, é necessário que haja o perfeito sincronismo entre a máquina e a ferramenta de corte. As ligas de alumínio têm sido utilizadas em substituição a materiais como aços e ferros fundidos, sendo que algumas apresentam maiores dificuldades no momento de serem usinadas. A liga de alumínio 6351 apresenta um percentual relativamente baixo de silício, possui média resistência mecânica e boa usinabilidade, sendo utilizada em diversos segmentos da indústria. Neste trabalho analisou-se as condições de parâmetros de corte do rosqueamento e o desgaste sofrido pelo macho de corte, realizando-se também análises EDS. Realizou-se os pré-furos no CNC com uma broca de 10,5mm, as roscas em uma furadeira de coluna com macho de corte com diâmetro de 12mm e passo de 1,5mm. O principal tipo de desgaste sofrido pelo macho de corte foi o desgaste adesivo, ocorrendo também lascamentos e desprendimentos do revestimento.

Palavras chave: Ligas de alumínio. Rosqueamento interno. Usinagem. DLC.

1. INTRODUÇÃO

O alumínio é um material amplamente utilizado, e sua aplicação abrange diversos segmentos, como embalagens, utensílios de cozinha e os meios de transporte. Porém, as propriedades do alumínio não são suficientes para determinadas aplicações, e por isso, o alumínio é combinado com outros metais de engenharia. Atualmente, existem várias ligas de alumínio, como por exemplo, alumínio-cobre, alumínio-silício, alumínio-zinco, entre outras, com cada uma contendo suas particularidades. As ligas Al-Si (Alumínio-Silício) têm sido amplamente utilizadas na indústria automotiva e aeroespacial, como por exemplo, nos blocos de motores dos automóveis. Contudo, os componentes feitos com essas ligas impõem certa dificuldade na hora de serem fabricados, devido as características abrasivas que aumentam

proporcionalmente com a quantidade de silício, e tal fato dificulta principalmente os processos de usinagem que são necessários para a fabricação do componente. A liga de alumínio 6351 (Al-Si-Mg) faz parte das ligas trabalhadas, apresentando baixo percentual de silício, suficiente para a formação da fase Mg_2Si , sendo de fácil acesso no mercado, e variadas aplicações (SILVA, 2015; GONÇALVES, 2016).

O rosqueamento interno é realizado em superfícies internas cilíndricas ou cônicas de revolução, normalmente feitas através da furação. É utilizado na maioria das vezes em peças no fim da linha de produção, que já possuem alto valor agregado. As ferramentas de corte podem ser: macho de corte, perfil múltiplo, perfil único e fresa. É um processo muito complexo, enfrentando dificuldades técnicas quanto aos parâmetros de máquina-ferramenta (sincronismo, centralização), dificuldade de saída do cavaco, aplicação de fluidos de corte e problemas em se utilizar altas velocidades de corte (HAAG E AMANCIO, 2012; PEREIRA, 2010). Os parâmetros mais importantes e influentes são a força axial (relacionada ao consumo energético da máquina e estabilidade do processo) e o torque (relacionado a quebra da ferramenta e perda das qualidades mecânicas). Em processos realizados em furos cegos, por exemplo, pode ocorrer o travamento da ferramenta devido a presença de cavaco, que tem bastante dificuldade de escoar. Isso faz com que as arestas de corte sofram quebras, podendo chegar até a ruptura do macho de corte. Muitas ferramentas utilizadas apresentam alterações em sua geometria original com o objetivo de formar canais para facilitar o escoamento do cavado. Porém, essas alterações na geometria alteram as propriedades mecânicas da ferramenta, diminuindo por exemplo, a resistência mecânica, alterando os valores do torque durante o processo (HAAG E AMANCIO, 2012; SIQUEIRA, FREITAS e BRANDÃO, 2017).

Durante a usinagem, as ferramentas estão sujeitas a situações de desgastes severos. Independente de qual processo for realizado, chegará um momento em que a ferramenta precisará ser substituída, e tal substituição será necessária em sua maior parte devido ao desgaste natural (AMORIM, 2002; SILVA, 2015). O desgaste em ferramentas pode surgir na forma de uma cratera na superfície de saída da ferramenta, desgaste de flanco na superfície de folga ou como um entalhe que pode aparecer tanto na ponta como na extremidade da aresta na região da profundidade de corte, normalmente na superfície de folga (MACHADO et al., 2009; MOTA, 2006). De acordo com Trent; Wright, (2000), essas formas de desgaste podem ser geradas por uma ou por várias combinações de mecanismos de desgaste: deformação plástica, adesão, difusão, abrasão ou oxidação.

Há vários tipos de desgastes e avarias, podendo ser citados o desgaste de flanco, de cratera, lascamento, trincas, quebras, entre outros (SILVA, 2015). Especificamente nos machos de corte, os desgastes comumente observados pelos fabricantes são o lascamento, soldagem, desgaste na aresta de folga e na aresta de saída, e o rasgamento. O lascamento é a quebra de parte do material da ferramenta, a soldagem é a adesão do material da peça na ferramenta, o desgaste na superfície de saída e folga ocorrem naturalmente devido as características do processo, e o rasgamento é a perda da parte superior da crista de um filete (ALEXANDRE et.al., 2003).

Pensando em uma larga escala, como em uma indústria, a perda de qualidade dos processos e produtos, somados com a necessidade de manutenção das máquinas, troca de ferramentas de corte e paradas na produção são fatores contribuintes para a perda de lucro. Assim, formas de aumentar a vida e a durabilidade das ferramentas de corte foram desenvolvidas, como a aplicação de revestimentos e fluidos de corte. Os revestimentos são filmes ou coberturas aplicadas com o objetivo de melhorar as propriedades das ferramentas, podendo ser aplicados através de processos físicos ou químicos. É uma das soluções para ferramentas de corte evitando o contato direto entre o substrato e o material da peça durante a usinagem, reduzindo o atrito na interface cavaco ferramenta e até oferecendo a possibilidade de substituir o fluido de corte. Há vários tipos de revestimentos, como o TiN (Nitreto de Titânio), TiCN (Carbonitreto de Titânio) e o DLC (*Diamond Like Carbon*). O revestimento DLC é um revestimento que confere propriedades semelhantes à do diamante, como elevada resistência ao desgaste e inércia química (NOUARI e GINTING, 2006; MENDES, 2009; ROSADO, 2011). Contudo, embora tais materiais apresentem ótimas propriedades de revestimento, em contrapartida podem apresentar problema com relação a aderência ao material da ferramenta (substrato). Esse problema pode ser causado por vários fatores, como grande diferença entre os módulos de elasticidade dos materiais, o grau de afinidade química, e também a infiltração de fluidos entre o revestimento e o substrato (ROSADO, 2011; SHIOGA, 2013).

O presente trabalho teve como objetivo geral realizar um estudo a respeito da utilização de ferramenta de corte revestida com DLC no processo de rosqueamento interno em peças de liga de alumínio 6351 T6, com enfoque na análise do desgaste sofrido pelo macho de corte. Foram realizadas 16 roscas em cada conjunto, totalizando 96 roscas, sendo o processo realizado a seco, e posteriormente a ferramenta foi levada ao MEV/EDS para as análises de desgaste.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O material utilizado neste trabalho foi a liga de alumínio 6351 T6, sendo adquiridas 12 barras nas dimensões de 150 x 76,2 x 12,7 mm, utilizando-se duas barras para cada conjunto montado, totalizando 6 conjuntos (corpos de prova). As barras foram faceadas em uma fresadora de bancada MANROD MR-205, e em seguida realizado os furos de fixação, possibilitando a montagem dos conjuntos, conforme Fig. 1.

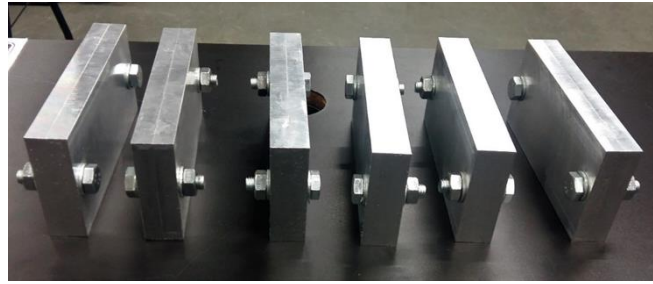


Figura 1. Conjuntos montados (Próprio autor)

Em seguida, utilizou-se um CNC TRAVIS M-800 para a realização dos pré-furos, com uma broca em HSS, diâmetro de 10,5 mm e com revestimento TiN, totalizando 96 furos, sendo utilizados uma velocidade de corte de 49 m/min, rotação de 1500 rpm, avanço de 0,20 mm/rot, e velocidade de avanço de 300 mm/min.

Após os furos os conjuntos foram submetidos ao processo de rosqueamento em uma furadeira de coluna KONE K-38, utilizando um cabeçote rosqueador, um macho de corte em HSS-E e revestimento DLC, com diâmetro de 12 mm e passo de 1,5 mm. Para este processo utilizou-se uma velocidade de corte de 5,24 m/min, rotação de 139 rpm, avanço de 1,5 mm, e velocidade de avanço de 208,5 mm/min. A ordem de rosqueamento foi: Conjunto 4, 3, 1, 2, 6, 5.

Após o término do rosqueamento, foram cortadas amostras do primeiro conjunto rosqueado (conjunto 4) e último conjunto rosqueado (conjunto 5), e um corte no macho de corte para as análises no MEV/EDS. As amostras foram inicialmente limpas em uma máquina de limpeza por ultrassom, fixadas em um disco, e posteriormente inseridas no MEV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o rosqueamento, foi observado que os cavacos gerados no processo não eram cavacos longos e contínuos, mas sim fragmentados, o que pode ser explicado devido a junção das duas barras para formar o conjunto, não sendo uma única peça maciça. Esses cavacos se mostraram mais difíceis de escoar pelas superfícies de saída do macho de corte, principalmente com o processo sendo realizado a seco.

As análises realizadas nos primeiros filetes do macho de corte evidenciaram a adesão de material da peça na ferramenta (marcação vermelha), lascamento (marcação verde), adesões ao longo da aresta de corte (marcação azul), e uma região de desgaste mais intenso e até possíveis pequenas deformações (marcação amarela), devido à ser a primeira região de contato do macho com a peça usinada, além da presença de cavaco ao longo dos furos, que intensifica os esforços sofrido pela ferramenta, conforme visto na Fig. 2.

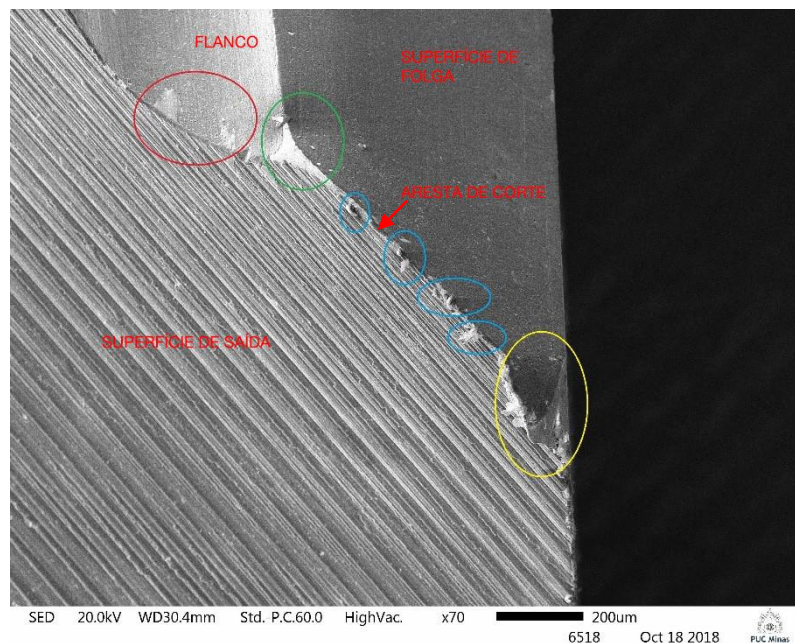


Figura 2. Desgaste sofrido em um dos primeiros filetes do macho de corte com revestimento DLC (Próprio autor)

Foi observado na superfície de folga de outro filete de entrada a presença de material aderido e uma região de desprendimento do revestimento DLC, conforme comprovado nas análises EDS da Fig. 3-A e Fig. 3-B, respectivamente. Tal desprendimento pode estar associado ao maior tempo de contato da ferramenta com a peça, o que não é indicado para materiais de elevada dureza como o DLC.

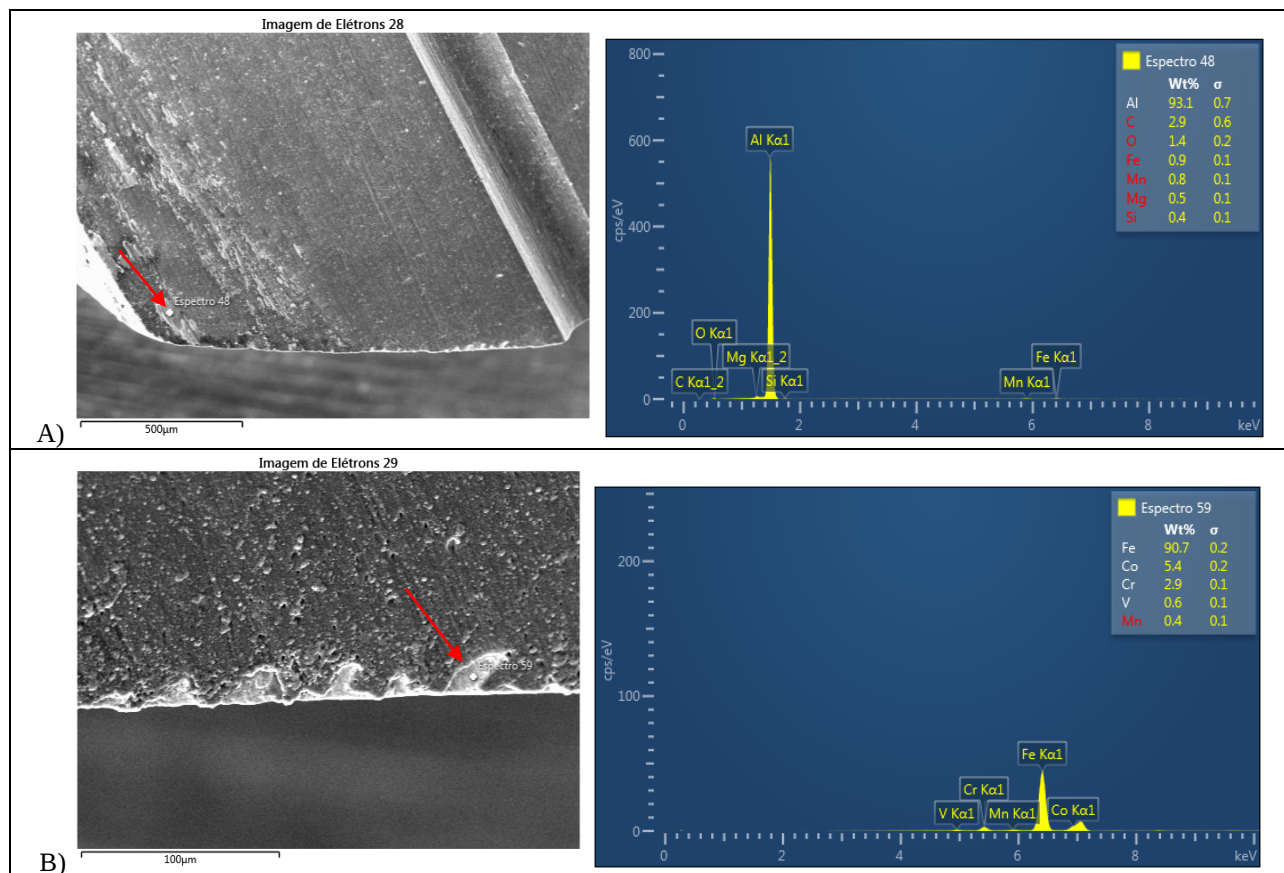


Figura 3. A) Análise EDS no local de adesão do material da peça. B) Análise EDS no local de desprendimento do revestimento DLC (Próprio autor)

4. CONCLUSÃO

Para o processo de rosqueamento, a utilização de parâmetros mais baixos, pensando na preservação da ferramenta e da peça se mostrou uma decisão assertiva em face da dificuldade de realização do processo e dos recursos disponíveis.

Com a utilização do MEV foi possível observar que o principal desgaste sofrido pelo macho de corte foi o desgaste adesivo. Isso se deu principalmente devido à influência dos baixos parâmetros de corte na usinagem, que favorecem esse tipo de desgaste, inclusive intensificando o fenômeno da Aresta Postiça de Corte (APC). Houve também lascamentos nos primeiros filetes do macho de corte, que é um desgaste comum de ocorrer nessas ferramentas. Foi observado que houve pequenos desprendimentos do revestimento em um dos filetes do macho. A baixa rotação fez com que a ferramenta permanecesse mais tempo dentro do furo realizando a rosca, e com maiores variações em torno do eixo do mandril. Como o DLC é um revestimento duro, e já possui uma dificuldade de aderência entre o substrato e revestimento, esse ciclo maior de rosqueamento com maiores variações em torno do eixo de rotação, causando pequenas colisões entre o macho de corte e a peça usinada, pode ter contribuído para a ocorrência dos desprendimentos. O mecanismo de desgaste por abrasão, embora sabe-se que tenha ocorrido, não foi claramente evidenciado neste trabalho, principalmente devido aos baixos parâmetros de corte e o baixo percentual de silício presente na liga 6351 T6. O EDS se mostrou uma ferramenta fundamental neste trabalho, sendo utilizado para confirmar as hipóteses da análise dos resultados, como a adesão de material da peça e o desprendimento do revestimento de DLC, mesmo sendo análises semiquantitativas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio oferecido pelos laboratórios de usinagem do Centro Universitário UNA e Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais –PUC MINAS.

6. REFERÊNCIAS

- Alexandre, M.R et.al., 2003, Avaliação do desempenho de ferramentas de aço rápido no rosqueamento interno do ferro fundido cinzento GH – 190. II Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Uberlândia.
- Amorim, H.J. de, 2002, “Estudo da relação entre velocidade de corte, desgaste de ferramenta, rugosidade e forças de usinagem em torneamento com ferramenta de metal duro”, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Gonçalves, R.A., 2016, “Influência do teor de cobre na usinabilidade da liga de alumínio 6351”, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Haag, C.; A., M.R.M, 2012, “Estudo comparativo entre o processo de rosqueamento interno com macho laminador em ferro fundido nodular austemperado: uma abordagem das grandezas físicas”, E-Tech: Tecnologia para competitividade industrial, n. esp. Metalmecânica, p. 48-68. Florianópolis.
- Machado, A.R. et al, 2009, “Teoria da Usinagem dos Materiais”, 1ª ed. São Paulo: Editora Blücher.
- Mendes, M.A.R.S., 2009, “Estudo do desgaste de ferramentas com e sem revestimentos de filmes finos utilizados em operações de conformação a frio”, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mota, P.R., 2006, “Investigação Do Comportamento De Ferramentas De Aço Rápido No Processo De Rosqueamento Interno Em Alta Velocidade De Corte”, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica Universidade Federal de Uberlândia), Uberlândia.
- Nouari, M., Ginting, A, 2006, “Wear Characteristics and Performance of Multi-Layer CVD Coated Alloyed Carbide Tool in Dry and Milling of Titanium Alloy. Surface & Coatings Technology”, v. 200, n. 18-19, p. 5663 - 5676.
- Pereira, I.C., 2010, “Análise do torque e da força axial, em diferentes condições de corte durante o rosqueamento de dois ferros fundidos cinzentos (CrCuSn e CrCuSnMo) e um ferro fundido vermicular classe 350”, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Rosado, A.M.P., 2011, “A influência do contra-corpo no comportamento tribológico em ambientes biológicos de filmes DLC”, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Silva, E.R. da, 2015, “Contribuição ao estudo do desgaste de bedames na usinagem de ligas de Alumínio-Silício”, Universidade Estadual Paulista, Campus Ilha Solteira, São Paulo.
- Shioga, P.H.T., 2013, “Efeito de condições de nitretação a plasma na topografia de superfície e na adesividade de revestimento DLC em aço carbono”, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Siqueira, B.S. de; Freitas, S.A. de; Brandão, L.C., 2017, “Estudo do processo de rosqueamento em aços carbono empregando machos de corte com e sem quebra cavaco”, 9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF), Joinville, Santa Catarina.
- Trent, E.M.; Wright, P.K., 2000, “Metal Cutting”, 4th Edition, Butterworths – Heinemann., 446 p.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

APPLICATION OF TAPS OF HSS-E WITH DLC FILM IN THE TAPPING PROCESS OF 6351 T6 ALUMINIUM ALLOY

Guilherme Henrique Ferreira Lopes²

guilherme.mec18@gmail.com

Paulo Sérgio Martins¹

paulo.martins@prof.una.br

Rafael Moreira Vieira²

rafael.vieira0993@gmail.com

Breno Siqueira⁴

breno.siqueira@emuge.com.br

Thayná Orcines da Silva Couto²

thaynaosc@gmail.com

Cíntia Dayhane de Abreu Martins²

cinthiadayanne1@hotmail.com

Ana Luiza Ramos Ferreira²

analuiza_ramosferreira@hotmail.com

Douglas de Oliveira Camargos²

douglascamargos1991@hotmail.com

Matheus Philippe Martins da Cruz²

matheus-philippe2009@hotmail.com

Ramon Martins Drumond³

ramondrumond@uol.com.br

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Engenharia Mecânica, Av. Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, CEP 30535-901, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

²Centro Universitário UNA, Engenharia Mecânica, Rua dos Aimorés, 1451, Lourdes, CEP. 30140-071, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

³Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Engenharia de Materiais, Av. Amazonas 5253, Nova Suíça, CEP: 30421-169, Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil.

⁴Universidade Federal de São João del-Rei, Engenharia Mecânica – Praça Frei Orlando, 170, Centro, CEP: 36307-352, São João del-Rei, Minas Gerais – Brasil.

Abstract. *The tapping process using taps is very complex, because in order to get better well-finished thread profiles, it's necessary the perfect synchronism between the machine and cutting tool. Aluminium alloys has been used as substitute materials for steel and cast iron, and some aluminium alloys are more difficult to be machined. The 6351 Aluminium Alloy has a low percentual of silicon, average mechanical resistance and good machinability, being used in different segments of industry. The present work analyzed the conditions of cutting parameters of the tapping process, the wear suffered by the tap, and also EDS analysis. Pre-hole was made on a CNC machine with a drill of 10,5mm, threads on a column drilling machine with taps of 12mm and pitch of 1,5mm. The main wear suffered by the tap was adhesive wear, occurring also chipping and detachment of the coating.*

Keywords: *Aluminium Alloys, Internal Thread, Machining, DLC*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.