

INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NA FORMAÇÃO DE CAVACO DURANTE O TORNEAMENTO - LIGA DE ALUMÍNIO 6351 T6

Victor Arrais Siqueira, victor.arrais@hotmail.com¹

Elhadji Cheikh Talibouya Ba, cheikh.ba460@hotmail.com¹

Adelti Assis Silva, adelti.silva@external.fcagroup.com²

Mariana de Sousa Gomes, mariana.gomes@external.fcagroup.com²

Matheus Philippe Martins da Cruz, matheus-philippe2009@hotmail.com¹

Gustavo Henrique Nazareno Fernandes, ghnfernandes@gmail.com²

Mariana Rocha Dutra Santos, marianardutra@gmail.com²

Vinicius Vieira Costa, vinicius.costa@prof.una.br¹

Paulo Sérgio Martins, paulosergio.martins@fcagroup.com¹

¹Centro Universitário UNA, Rua dos Aimorés, 1451 - Lourdes, CEP: 30140-071, Belo Horizonte, MG - Brasil

²Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, CEP: 31270-901, Belo Horizonte, MG - Brasil

Resumo: O fluido de corte é um recurso bastante utilizado nos processos de fabricação com remoção de material, que pode oferecer benefícios como melhoria do acabamento superficial da peça usinada, auxilia na remoção e na quebra do cavaco na zona de corte, além de aumentar a vida útil da ferramenta de corte. Este trabalho apresenta a influência do fluido de corte na formação do cavaco e no acabamento superficial para o torneamento cilíndrico externo da liga de alumínio 6351 T6. Os ensaios foram realizados em três métodos diferentes: a seco, com fluido solúvel e com fluido emulsionável. Em cada operação de torneamento avaliaram-se a rugosidade através dos parâmetros R_a , R_q e R_z ; da superfície usinada e as amostras de cavaco, as quais foram classificadas quanto a forma e utilizadas para o cálculo do grau de recalque e o ângulo de cisalhamento teórico. Os resultados obtidos nos testes foram interessantes, já que os fluidos de corte apresentaram influência na formação do cavaco e também no acabamento superficial no processo de usinagem. Sugestões foram apontadas para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Alumínio 6351, fluido de corte, formação de cavaco, rugosidade.

1. INTRODUÇÃO

O alumínio é um metal muito utilizado na indústria moderna na fabricação de peças e equipamentos. Sua variedade de uso destaca-se por características físico-químicas como o baixo peso específico, resistência à corrosão e alta condutividade elétrica/térmica. A adição de elementos químicos tais como o cobre, zinco, manganês, silício, magnésio e ferro confere-lhe novas propriedades mecânicas. As ligas de alumínio da série 6XXX têm como principais elementos de liga o magnésio (Mg) e o silício (Si). O teor de Si normalmente aumenta a abrasividade do material, enquanto o Mg aumenta a resistência mecânica sem diminuir a ductilidade. Ligas dessa série, como o Alumínio 6351 (0.70% a 1.30% de Si e 0.40% a 0.80% de Mg), tem boa conformabilidade, soldabilidade, usinabilidade e resistência a corrosão, com média resistência mecânica. As ligas desta família podem ter suas propriedades aprimoradas de forma mais expressiva através do tratamento T6, solubilização seguida de envelhecimento artificial (ABAL apud DOBLER, 2014; HATCH, 1984; COUTINHO, 1980; METALS HANDBOOK, 1992).

A usinagem é um processo de fabricação que ocorre através da remoção de cavaco. A formação do cavaco (Fig. 1) inicia-se pelo recalque de uma porção de material devido à penetração da ferramenta de corte, seguida da deformação plástica progressiva até que seja atingida uma tensão de cisalhamento suficiente para sua ruptura, a qual passará a deslizar sobre a superfície de saída da ferramenta de corte. Com o avanço da ferramenta a tensão limite de resistência do material é atingida, iniciando-se a propagação de uma trinca a partir do ponto O ao D, no qual se define o plano de cisalhamento e o ângulo de cisalhamento teórico (ϕ) contido na zona de cisalhamento primária. A quantidade de deformação sofrida pelo material antes da formação do cavaco pode ser medida através da relação entre a espessura de corte (h) e a espessura do cavaco (h'), denominada como grau de recalque (R_c). Com o R_c e o ângulo de saída da ferramenta (γ_o) é possível obter ϕ em radianos conforme a Eq.(1). Este ângulo tem grande influência no acabamento da superfície usinada, a tensão sobre a ferramenta, a força de usinagem, a temperatura de corte e a energia consumida no

processo de corte. Quanto maior o grau de recalque, menor o ângulo de cisalhamento, maior é a deformação na zona primária, o que facilita a quebra do cavaco (FERRARESI, 1970; RODRIGUES, 2005; GONÇALVES, 2012; JR, 2012)

$$\tan^{-1} \left[\frac{\cos \gamma_o}{\left(\frac{h'}{h}\right) - \sin \gamma_o} \right] = \phi \quad (1)$$

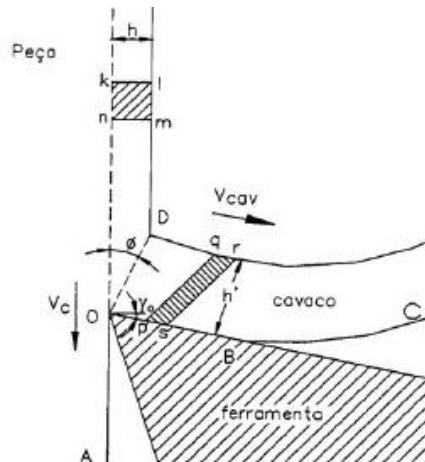


Figura 1. Formação do cavaco – plano de cisalhamento

Pela classificação dos cavacos quanto à forma da norma ISO 3685 (1993) e do teste de torneamento de Stahl-Eisen, algumas observações podem ser citadas: cavacos helicoidais curtos e espirais são considerados os melhores devido à conveniência desta forma se soltar para fora do sistema peça-ferramenta evitando assim danos maiores. Cavacos helicoidais longos são razoáveis, apresentando problemas de volume elevado e transporte. O cavaco em lascas também é razoável pois pode oferecer riscos ao operador e penetrar entre as guias das máquinas-ferramentas. Já a forma emaranhada deve ser evitada por apresentar riscos à segurança do operador, prejudicar a projeção do fluido de corte e poder causar danos à superfície da peça e a ferramenta (SCHUITEK, 1997; GAMA, 2014).

O material da peça é o que mais influencia a forma e tipo dos cavacos. No que se refere aos parâmetros de corte, em geral, um aumento na velocidade de corte, uma redução no avanço, ou um aumento no ângulo de saída tendem a formar cavacos em fitas. Um dos maiores problemas na usinagem do alumínio é o controle do cavaco. Por ser um material dúctil, normalmente os cavacos obtidos são contínuos, de grande espessura, resistentes e difíceis de serem controlados. Devido à sua estrutura CFC, ocorrem maiores deformações antes da ruptura do metal. O fluido de corte atua como um controlador do cavaco, facilita a quebra devido o menor raio de curvatura (deformação) o qual eleva a tensão de cisalhamento ao nível da tensão crítica de ruptura do material (METALS HANDBOOK, 1992; SALES, 1995 e SALES et al., 1997 apud REIS, 2000) (GONÇALVES, 2012; HANDBOOK OF ALUMINUM, 1996; MACHADO et al., 2009).

Quanto à capacidade do fluido em remover o cavaco da zona de corte, depende da viscosidade, da vazão, o tipo de operação e do cavaco que está sendo formado. Os fluidos mais comuns são os emulsináveis e os solúveis. A emulsão é uma mistura de óleos em água condicionada pela presença de emulsificadores e combinam as propriedades de lubrificação e anticorrosão dos óleos com a excelente característica refrigerante da água. O fluido solúvel é uma composição de substâncias químicas solúveis em água sem a presença de óleo mineral e consiste de sais orgânicos e inorgânicos, aditivos de lubrificação entre outros. Apresentam baixo poder lubrificante, formação de compostos insolúveis e espuma para determinadas operações de usinagem (TRENT e WRIGTH, 2000; DINIZ et. al., 2003; VIEIRA et. al. 2012; SANTOS, 2005; MICARONI, 2006).

A condição final de uma superfície usinada é resultado de um processo que envolve deformações plásticas, ruptura, recuperação elástica, geração de calor, vibração, tensões residuais e, às vezes, reações químicas. Todos esses fatores podem ter efeitos diferentes na nova superfície, assim, o termo integridade superficial é utilizado para descrever a qualidade de uma superfície. A rugosidade, que caracteriza o acabamento de uma superfície, é composta de erros microgeométricos resultantes da ação inerente ao processo de corte (marcas de avanço, aresta postiça de corte, desgaste da ferramenta etc.). É muito utilizada como parâmetro de saída para controlar um processo de usinagem tendo como principais parâmetros o (Ra) desvio aritmético médio, (Rq) desvio médio quadrático, (Rt) altura total do perfil, (Rz) altura máxima do perfil (MACHADO et al., 2009).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo a análise do acabamento superficial e da formação do cavaco no processo de torneamento da liga de alumínio 6351 T6 em três métodos de usinagem distintos: (1) a seco, (2) com fluido solúvel a 10% de concentração e (3) com fluido emulsionável a 10% de concentração. Definiu-se como constantes os parâmetros de rotação (rpm), avanço/rotação (f), profundidade de corte (ap) e comprimento de usinagem (lm).

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Estabeleceu-se a usinagem de 10 corpos de prova/método de usinagem, 6 passes de usinagem/corpo de prova e mensuração da rugosidade e coleta de amostras do cavaco a cada passe. Ao todo foram obtidas 60 amostras de cavaco e resultados de rugosidade.

As amostras de cavaco foram registradas, mensuradas quanto à espessura e classificadas tendo como base a norma ISO 3685 e o teste Stahl-Eisen. Estabeleceu-se 5 categorias de forma do cavaco conforme a Figura 2, enumeradas em ordem crescente da melhor condição até a pior condição. Os resultados foram plotados em gráficos por meio da predominância percentual das formas do cavaco obtidas, a qual permitiu a análise comparativa entre os métodos de usinagem.



Figura 2. Classificação dos cavacos quanto ao formato

Os parâmetros de rugosidade avaliados foram Ra, Rz e Rq, sendo considerado o valor médio obtido de três mensurações realizadas defasadas a 120° em relação ao diâmetro do corpo de prova.

2.1. Preparação dos corpos de prova e dos fluidos de corte

Os corpos de prova utilizados foram adquiridos no mercado em barras cilíndricas com 25,4 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento. Para maior aproveitamento de usinagem optou-se em dividir os corpos em dois lados (A e B), sendo 3 passes de usinagem para com um, resultando em 180 mm de comprimento útil. A Figura 3 mostra a modelagem 3D do corpo de prova proposto, com diâmetro inicial de 25 mm.

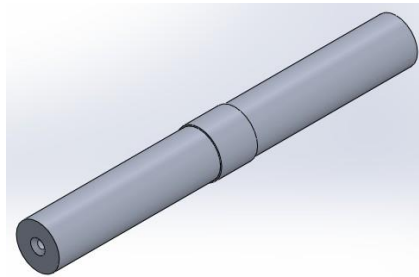


Figura 3. Modelagem do corpo de prova para o estudo de usinagem

Os fluidos de corte foram preparados com 10% de óleo concentrado, água potável e agitados em um misturador acadêmico por 30 minutos, a 190 rpm antes do uso (Fig. 4).



Figura 4. Utilização do misturador para preparação do fluido emulsionável 10%

Utilizou-se uma piceta de 500ml, uma mangueira com 3 mm de diâmetro interno e um dispositivo de fixação para facilitar e padronizar a aplicação e a projeção do fluido de corte na interface peça/ferramenta. Foram consumidos 6 litros de fluido de corte por método de usinagem.

2.2. Máquina-ferramenta, instrumentos e ferramenta de corte utilizada no estudo

A máquina-ferramenta utilizada no estudo foi o torno mecânico profissional de bancada Mr-334 Manrod, 1,0kW de potência, velocidades de 150 – 300 – 500 – 600 – 1000 – 2000 rpm e avanços de 0,07 – 0,10 – 0,14 – 0,20 – 0,28 – 0,40 mm/volta.

Para mensurar a rugosidade superficial utilizou-se o rugosímetro portátil Mitutoyo SJ-210. Este foi configurado no padrão de rugosidade ISO 1997, com 5 comprimentos de amostragem, 0,8 mm de cut-off e 0,5 mm/s para velocidade de medição. A calibração, feita manualmente com o padrão (2,97 μm), foi realizada ao início de cada método de usinagem.

Um paquímetro convencional da marca Disma com 0,05 mm de resolução foi utilizado para mensurar a espessura das amostras de cavaco. Considerou-se o maior valor encontrado entre os três mensurados em cada amostra.

Utilizou-se para cada método de usinagem uma aresta de corte do inserto VCGT110304 PM2WXN10 da WALTER indicado para usinagem de alumínio, com 7° de ângulo de saída. Os parâmetros de corte foram baseados nas recomendações do fabricante do inserto e nas condições disponíveis do torno (Tab. 1).

Tabela 1. Parâmetros de corte estabelecidos no estudo.

Passe	Diâmetro inicial (mm)	l_m (mm)	f (mm/rot.)	a_p (mm)	Velocidade de corte indicada (m/min)	rpm calculada	rpm disponível
1	24,50	90/Passe 540/Corpo de prova 5400/Método de usinagem	0,07	0,50	600	7639	2000
2	24,00					7795	
3	23,50					7958	

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação da rugosidade

Os ensaios de torneamento realizados permitiram a visualização do comportamento dos parâmetros estudados dos métodos de usinagem propostos. A Figura 5 mostra os parâmetros de rugosidade obtidos.

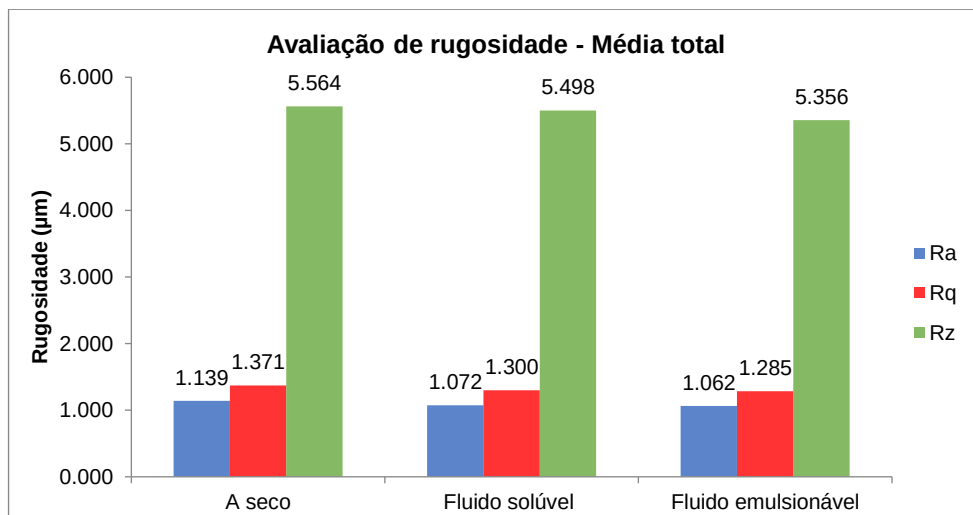


Figura 5. Média total das rugosidades (Ra, Rq e Rz).

O fluido emulsionável apresentou os melhores resultados, com uma diferença percentual de 7% em Ra e Rq em relação a usinagem a seco. Para Rz essa diferença foi de 4%. Analisando os dois fluidos utilizados, a diferença reduziu-se para 1% em Ra e Rq e 2,7% em Rz. Na usinagem a seco, os maiores valores de rugosidade podem ser justificados

pela maior severidade no processo em que o atrito entre a ferramenta e peça é maior, podendo comprometer o acabamento superficial.

Segundo Machado e Silva (2009) apud Amancio (2013), o fluido de corte diminui o desgaste da ferramenta e o atrito entre a ferramenta e a peça ou cavaco. Tudo isto, melhora o acabamento superficial. O fluido atuando como refrigerante, entretanto, pode aumentar a força de usinagem e aumentar a rugosidade da peça. El baradie (1996) apud Oliveira (2015) comenta que os fluidos solúveis em água são principalmente utilizados para processos a altas velocidades, pois possuem melhor capacidade de refrigeração nessas condições.

3.2. Formato do cavaco

Nesse estudo foram utilizados gráficos para comparar as formas de cavaco presentes nos métodos de usinagem. Tais gráficos demonstraram as predominâncias total e parcial (por passe de usinagem) dos cavacos. As Figuras 6, 7 e 8 mostram os resultados obtidos quanto a predominância total dos cavacos formados nos três métodos de usinagem.

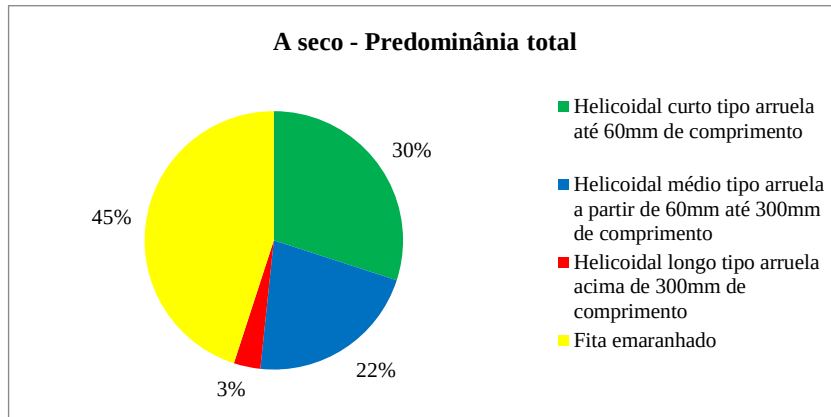


Figura 6. Predominância total dos cavacos na usinagem a seco.

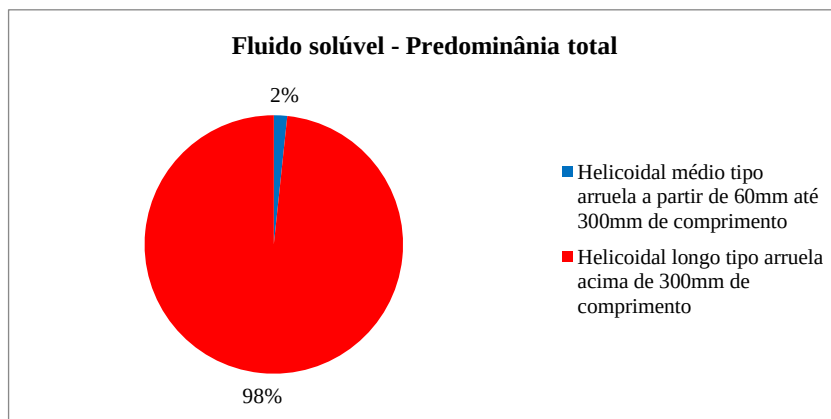


Figura 7. Predominância total dos cavacos na usinagem com o fluido solúvel.

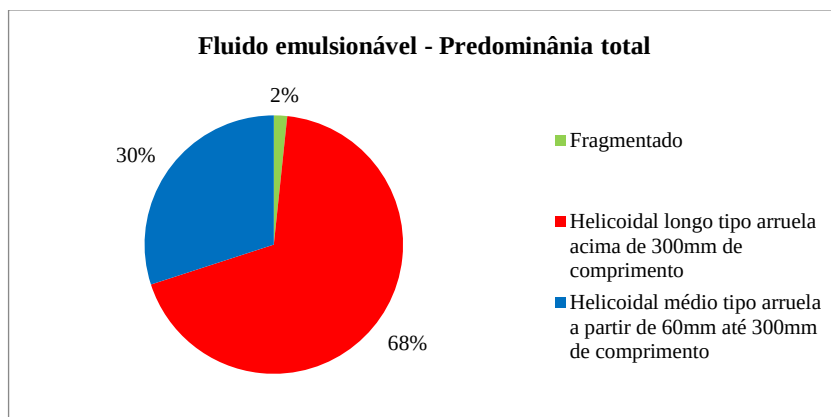


Figura 8. Predominância total dos cavacos na usinagem com o fluido emulsionável.

No processo a seco houve uma maior variação entre os cavacos formados, sendo a forma fita emaranhada mais predominante (45%). Sua formação pode ser justificada pela ductilidade do material e a ausência de fluido de corte, o qual facilita a saída do cavaco da zona de corte. A presença desse cavaco não é ideal. Segundo Diogenes (2011), esse cavaco, de forma geral, pode ser considerado o mais problemático, pois além de apresentar uma aresta de corte bastante afiada o que pode vir a causar danos à integridade física do operador, este apresenta certa tendência em causar paradas no processo produtivo, enrolando-se na peça, na ferramenta ou na placa do torno, sendo que, em alguns casos, a formação deste tipo de cavaco pode causar, inclusive, a quebra da ferramenta de corte.

A segunda forma de cavaco mais predominante na usinagem a seco foi o helicoidal curto (30%). Ribeiro (2007), em seus estudos afirma que para os cavacos usinados sem fluido de corte, a taxa de deformação sofrida é sempre maior que na condição com fluido. Isto é resultado da maior severidade do processo na condição a seco, causando um maior encruamento do cavaco, levando à sua quebra prematura.

Nos métodos de usinagem com fluidos de corte, percebeu-se melhor quebra de cavaco com o fluido emulsionável, o qual apresentou 30% a menos de cavacos helicoidais longos e 28% a mais de helicoidais médios em relação ao fluido solúvel. Com base nesses resultados pode-se afirmar que o fluido solúvel apresentou melhor característica de lubrificação, o que facilitou o escorregamento dos cavacos e que, no entanto, contradiz os resultados de rugosidade, uma vez que apresentando boa lubrificação, esperava-se o melhor acabamento superficial. Segundo Machado e Silva (1999) apud Santos e Sales (2007), a geração de cavacos longos cria alguns problemas no processo de usinagem, sendo um deles a ocupação de espaço em relação aos sólidos com a mesma massa, causando problemas de armazenamento, manuseio e descarte. Sendo assim, é necessário aprofundar no estudo das formulações desses fluidos, uma vez que geralmente, na mecânica, os fluidos solúveis são considerados como fluidos sintéticos, constituídos de substâncias químicas solúveis em água e sem a presença de óleo.

Para um melhor entendimento das formas de cavacos obtidos no estudo, analisou-se a predominância em cada passe de usinagem. A seguir (Figuras 9,10,11,12 e 13) são mostrados os principais resultados dessa análise. Alguns gráficos não foram mostrados devido à predominância próximas à 100% de cavacos helicoidais longos.

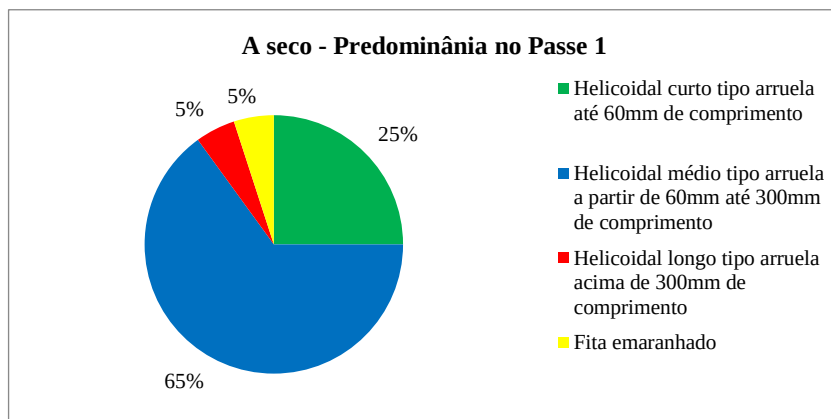


Figura 9. Predominância dos cavacos no passe 1 na usinagem a seco.

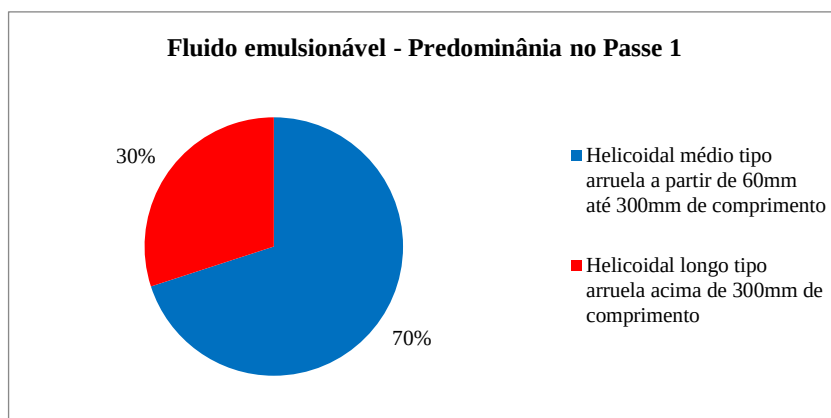


Figura 10. Predominância dos cavacos no passe 1 na usinagem com o fluido emulsionável.

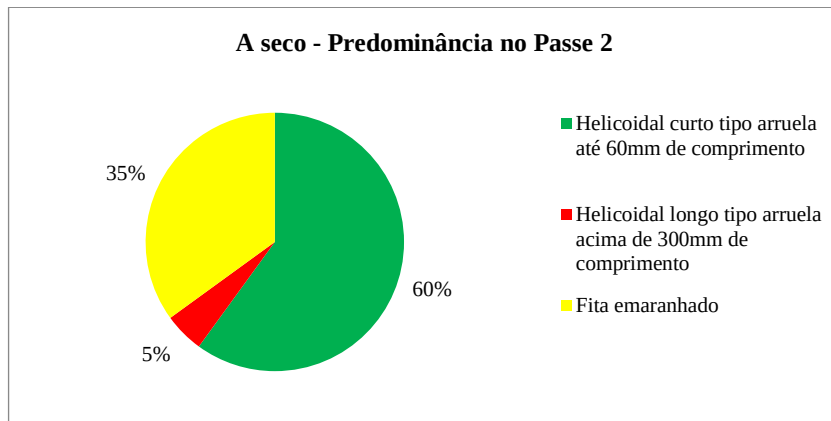


Figura 11. Predominância dos cavacos no passe 2 na usinagem a seco.

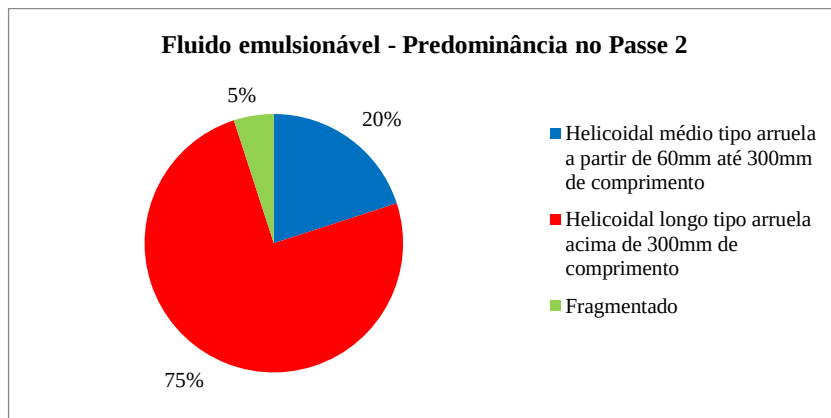


Figura 12. Predominância dos cavacos no passe 2 na usinagem com o fluido emulsionável.

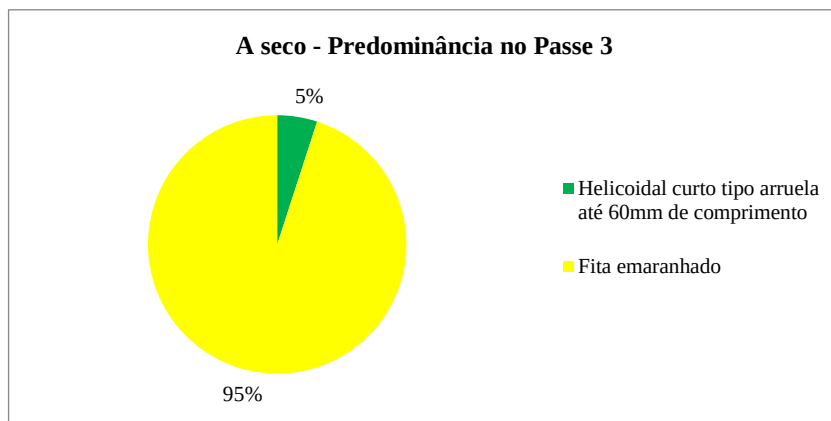


Figura 13. Predominância dos cavacos no passe 3 na usinagem a seco.

Pode-se observar no passe 1 que, nos métodos a seco e com o fluido emulsionável, houve melhor quebra de cavacos devido a presença percentual de cavacos helicoidais curtos e médios. No entanto, isso não ocorreu na usinagem com o fluido solúvel, o qual apresentou 95% de cavacos helicoidais longos e apenas 5% helicoidais médios. No passe 2 na usinagem a seco, 60% dos cavacos foram helicoidais curtos, e nos demais métodos a presença dos helicoidais longos aumentou, chegando a 100% na usinagem com o fluido solúvel. Por fim, o passe 3 apresentou 95% de cavaco em forma de fita emaranhada no método a seco e 100% de helicoidais longos para os demais métodos. Cavacos longos e emaranhados no passe 1 (a seco), fragmentos no passe 2 (fluido emulsionável) e curtos no passe 3 (a seco) podem ser justificados por possíveis defeitos e/ou partículas duras presentes na microestrutura do material.

Como hipótese para tais resultados, pode-se dizer que a formação do cavaco foi influenciada pela concentração de elementos de liga nas extremidades do material (analisando sua área de seção transversal), facilitando a quebra do cavaco nos passes 1 e 2. No passe 3 a composição do material poderia estar próxima à do alumínio puro, com maior ductilidade e favorecendo para a formação dos cavacos helicoidais longo e fita emaranhada. É importante ressaltar que

o material usinado tem em sua composição o magnésio e o silício como principais elementos de liga e que estão em proporção para formar o Mg_2Si partícula de segunda fase endurecedora destas ligas. Kamiya e Yakou (2007) apud Gonçalves (2012) investigaram o papel das partículas de segunda fase na quebra do cavaco na usinagem de várias ligas de alumínio. Segundo os autores as ligas que possuíam as partículas de Al_2Cu e Si apresentaram maior fator de quebra que as demais ligas devido à quebra destas partículas. Já as ligas que possuíam a partícula de segunda fase Mg_2Si apresentaram comportamento semelhante.

3.3. Ângulo de cisalhamento teórico

Para justificar os resultados das formas dos cavacos, utilizou-se a Eq. 1 citada anteriormente para calcular o ângulo de cisalhamento teórico de cada método de usinagem (Tab. 2). Observou-se que a aplicação do fluido de corte promoveu o aumento desse parâmetro.

Tabela 2. Dados coletados das medições e cálculos realizados.

Método de usinagem	Profundidade de corte considerada (mm)	Ângulo de saída da ferramenta (°)	Média da espessura dos cavacos (mm)	Grau de recalque	Ângulo de cisalhamento teórico (°)
A seco	0,07	7	0,29	4,15	12,16
Fluido solúvel			0,27	3,90	13,09
Fluido emulsionável			0,26	3,76	13,65

O ângulo de cisalhamento teórico na usinagem a seco foi o menor obtido, o que conforme os resultados de formação do cavaco e os estudos realizados era esperado, pois, quanto menor o ângulo de cisalhamento, maior é a tensão cisalhamento para ruptura do cavaco. Comparando os fluidos utilizados, os resultados mostraram que o ângulo de cisalhamento com o fluido solúvel foi 4,2% menor que do fluido comercial. Dessa forma, esperava-se então maior quebra de cavaco com esse fluido, o que não aconteceu. Justifica-se pela pequena diferença obtida na média das espessuras dos cavacos que pode ter sido influenciada por erros de medição, devido à dificuldade desse processo somado à resolução do paquímetro utilizado (0,05 mm).

Com o uso do fluido de corte, na zona de cisalhamento primária, tem-se a redução do coeficiente de atrito entre a ferramenta e o cavaco, provocando o aumento do ângulo de cisalhamento, redução do grau de deformação, e em consequência diminuição da energia de deformação por cisalhamento. Outro fator importante, decorrente do aumento do ângulo de cisalhamento, é o aumento da velocidade de saída do cavaco, diminuindo-se assim o tempo de transmissão de calor sobre a ferramenta, que diminui a transmissão de calor (FERRARESI, 1977; DINIZ, 1999).

4. CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que é possível avaliar as condições de usinagem através da análise do cavaco. As condições para mensurar a espessura dos cavacos e o processo longo de coleta e caracterização das amostras (180 amostras de cavaco no total).

Os resultados de rugosidade mostraram uma diferença de 7% entre os métodos a seco e os fluidos de corte, no qual pode-se dizer que o fluido de corte trouxe melhoria no acabamento superficial.

Quanto à forma do cavaco, o fluido emulsionável apresentou o melhor resultado geral, 100% de cavacos considerados razoáveis, e 30% de cavacos helicoidais médios. Nos passes 1 e 2, a usinagem a seco apresentou melhor resultado. No entanto, considerando o passe 3, é preferível ter cavacos helicoidais longos do que fita emaranhada, pois as fitas trazem maior riscos aos operadores, às ferramentas e às peças usinadas. Ainda em relação ao passe 3, pode-se dizer que a presença do fluido de corte auxiliou positivamente na formação e saída do cavaco.

Observou-se que não houve uma homogeneização da microestrutura da liga 6351 T6, e que os elementos de liga presentes se concentraram nas extremidades do material, justificando a diferença na formação do cavaco entre os passes. Seria interessante realizar um ensaio de dureza ao longo da seção transversal e uma análise de sua microestrutura. Com isso será possível verificar se a dureza está de acordo com padrão da liga e detectar possíveis defeitos de estrutura.

Comparando os dois fluidos utilizados quanto à forma do cavaco, o solúvel se mostrou mais lubrificante do que o emulsionável. Porém, quanto ao acabamento superficial, a diferença em percentual de 1% na rugosidade mostrou-se insignificante. Para estudos futuros pode-se fazer testes utilizando os fluidos de corte com uma concentração menor e observar o comportamento dos cavacos.

O cálculo do ângulo de cisalhamento teórico foi importante para justificar a formação dos cavacos nos processos de usinagem estudados. Porém, o resultado não foi totalmente compatível com o esperado, devido a possíveis erros de medição do operador e a resolução do instrumento utilizado. Para trabalhos futuros recomenda-se o uso de métodos mais confiáveis para esta análise.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Centro Universitário UNA, do Departamento de Química da UFMG, da Petronas e da FIAT.

6. REFERÊNCIAS

- Amancio, D. A. Torneamento de acabamento da superliga bronze de alumínio utilizando ferramenta de metal duro com geometria alisadora. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2013.
- ASM Metals Handbook – Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, Vol. 02x21, 10ª Edition, 1992. 3470 p.
- Coutinho, T. A. Metalografia de não ferrosos: análise prática. São Paulo: Edgar Blucher, 1980. 128 p.
- Cunha, D. F. da “Influência do Teor de Silício na Usinabilidade da Liga de Alumínio 6351 Avaliada Através da Força de Corte e Acabamento Superficial”. 83 folhas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2012.
- Diniz, A.E.; Marcondes, F.C.; Coppini, N.L., Tecnologia da Usinagem dos Materiais. MM Editora: São Paulo, pp 242,1999.
- Diniz, A. E., Marcondes, F. C., Coppini, N. L. Tecnologia da usinagem dos materiais. 4. ed. Editora Artliber Ltda., Campinas, SP, Brasil, 2003
- Diogenes, A. C. Estudo da Usinagem por Torneamento de Ligas de Alumínio. Conclusão de curso. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2011.
- Dobler, J. K. Estudo comparativo de estratégias de usinagem na fabricação de um modelo de alumínio. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Panambi, 2014.
- Ferraresi, D. “Usinagem dos Metais”, Editora Edgar Blucher Ltda., 1970. 751 p.
- Ferraresi, D. Fundamentos da usinagem dos metais. São Paulo: Edgard Blücher, pp 751, 1977.
- Gonçalves, R. A. Investigação da Usinabilidade das Ligas de Alumínio da Série 6XXX. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2012. 107 p.
- Handook of Aluminum, Physical Metallurgy and Processes, Volume 1, 1996. 1309 p.
- Hatch, J. E. Aluminum: properties and physical metallurgy. Ohio: American Society for Metals, 1984. 424 p.
- Jr, M. C. S. Emprego de Ferramentas estatísticas para avaliação da usinabilidade de ligas de alumínio. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2012.
- Machado, A. R.; Abrão, A. M.; Coelho, R. T.; Da Silva, M. B. Teoria da usinagem dos materiais – São Paulo: Editora Blucher, 2009. 371 p.
- Micaroni, Ricardo. Influência do fluido de corte sob pressão no torneamento do aço ABNT 1045. Dissertação (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2006.
- Oliveira, José Francisco de. Estudo do Fresamento de Acabamento da Liga de Alumínio Aeronáutico 7075-T6. Dissertação de mestrado. UNIFEI-Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2015.
- Ribeiro, M. A. Usinagem da Liga de Alumínio ASTM AA 7050 por Torneamento. UNESP. Guaratinguetá, São Paulo. 2007
- Rodrigues, A. R. Estudo da Geometria de Arestas de Corte Aplicadas em Usinagem com altas Velocidades de corte. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.
- Santos, Prof. Dr. Sandro Cardoso; Sales, Prof. Dr. Wisley Falco. Aspectos tribológicos da usinagem de materiais. CEFET-MG e PUC Minas. 2005.
- Santos, S. C.; Sales, W. F. Aspectos tribológicos da usinagem dos materiais. Artliber Editora. São Paulo, 2007.
- Trent, E. M., and Wright, P. K., 2000.“Metal Cutting”. 4th Edition, Oxford: Butterworths- Heinemann, 446 p. ISBN 0-7506-7069-X.
- Vieira, C. Pasqualini, A.; Alexandrini, F.; Alexandrini, C. F. D; Hasse, C. R.. Reaproveitamento de Óleo de Corte em Centros de Usinagem no Setor de Suportes na Metalúrgica Riosulense S.a. Gestão, inovação e tecnologia para a sustentabilidade. IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2012.
- Gama, Renann Pereira. Estudo da Formação do Cavaco no Torneamento de Superligas de Níquel. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2014.
- Schuitek, A. J. Usinabilidade de Ligas de Alumínio. Dissertação (Mestrado). Universidade de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.
- Reis, Alexandre Martins. Influência do Ângulo de Posição Secundário da Ferramenta, Raio de Ponta e Lubrificação na Usinagem em Presença de Aresta Postiça de Corte. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, 2000.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no trabalho.

CUTTING FLUID INFLUENCE ON THE CHIP FORMATION DURING TURNING – ALUMINUM ALLOY 6351 T6

Victor Arrais Siqueira, victor.arrais@hotmail.com¹

Elhadji Cheikh, cheikh.ba460@hotmail.com¹

Adelti Assis Silva, adelti.silva@external.fcagroup.com²

Mariana de Sousa Gomes, mariana.gomes@external.fcagroup.com²

Matheus Philippe Martins da Cruz, matheus-philippe2009@hotmail.com¹

Gustavo Henrique Nazareno Fernandes, ghnfernandes@gmail.com²

Mariana Rocha Dutra Santos, marianardutra@gmail.com²

Vinicius Vieira Costa, vinicius.costa@prof.una.br¹

Paulo Sérgio Martins, paulosergio.martins@fcagroup.com¹

¹Centro Universitário UNA, Rua dos Aimorés, 1451 - Lourdes, CEP: 30140-071, Belo Horizonte, MG - Brasil

²Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, CEP: 31270-901, Belo Horizonte, MG - Brasil

Abstract. *The Cutting fluid is widely input used in process with material removal. It can offer some benefits such as: improving in the workpiece surface finish, helping on the process of chip removal contributing to break it, also cooling the machine/tool/piece. This work evaluates the cutting fluid influence over the chip formation for the external cylindrical turning of the 6351 T6 aluminum alloy and his surface finishing. The tests were performed on three different conditions: dry cutting, using soluble fluid and with emulsifiable fluid. For each turning operation, specimens roughness was measured, and chip samples were collected for comparison with the shape and theoretical shear angle. Results obtained showed, that cutting fluids had influence over chip formation and also in the surface finishing in the machining process. Suggestions have been made for future work.*

Keywords: Aluminum 6351, cutting fluid, chip formation, roughness.