

ESTUDO DO MECANISMO DE DESGASTE PREDOMINANTE NO DESLIZAMENTO DE AÇO AISI H13 SOBRE LIGA DE AL 6351 PROCESSADA POR ECAP

Souza A., airtonso@yahoo.com.br¹

Camara, M. A., marcelocamara@demec.ufmg.br²

^{1,2}PPGMEC - Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Bloco I, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CEP31270-901, Minas Gerais, Brasil.

Resumo: Através do ensaio de pino sobre disco o atrito e o mecanismo de desgaste de uma liga de alumínio Al 6351 recozido e Al 6351 processado por ECAP (Equal Channel Angular Pressing) deslizando contra aço AISI H13 foram avaliados com objetivo de se verificar a influência do processamento por ECAP nestas duas características.

Ensaio pelo método pino sobre disco são utilizados para determinação dos parâmetros tribológicos de materiais que deslizam entre si, dentre eles o coeficiente de atrito e o mecanismo de desgaste. Para o presente trabalho o coeficiente de atrito é um fator importante, visto que este influi na carga necessária para promover a extrusão do material pela matriz enquanto que o mecanismo de desgaste influi na qualidade da superfície do material extrudado bem como na vida da matriz.

Os resultados mostraram que há uma redução do coeficiente de atrito do Al 6351 processado por ECAP comparado ao material não processado por ECAP (recozido) deslizando contra o AISI H13.

Para o Al 6351 recozido o coeficiente de atrito foi da ordem de 0,16 e o desgaste observado foi leve. Enquanto que para o Al 6351 processado por ECAP o coeficiente de atrito foi da ordem de 0,1, porém apresentando transição para 0,7 após 0,3m de deslizamento e com desgaste severo.

O mecanismo de desgaste muda de abrasão no Al 6351 recozido para adesão no Al 6351 processado por ECAP.

Palavras-chave: atrito, desgaste, ECAP

1. INTRODUÇÃO

Métodos de aumento de resistência mecânica são amplamente aplicados, principalmente em materiais metálicos. Os principais métodos utilizados para aumento da resistência mecânica dos metais são: solução sólida, precipitação/envelhecimento, encruamento e refino de grão. O refino de grão se destaca devido sua capacidade de aumentar a resistência mecânica e a tenacidade do material, BUDINSK (1989), os demais métodos causam redução de tenacidade. Entretanto o refino de grão não é um processo trivial.

Uma das formas de se obter grãos significativamente pequenos, chegando à escala nanométrica, é por meio de deformação plástica severa (severe plastic deformation-SPD). Entre os processos que induzem no material deformação plástica severa destaca-se o ECAP (Equal Channel Angular Pressing) (VALIEV, R. Z.; LANGDON T.G, 2006), que consiste em extrudar o material através de dois canais iguais que se interceptam.

O alumínio é o metal não ferroso mais utilizado no mundo, isso se dá devido a diversas qualidades deste material e suas ligas, como: baixo custo, baixo peso específico, resistência à corrosão, boa condutividade térmica e elétrica, boa ductilidade e acabamento atrativo (ASM 1990). As características do alumínio e suas ligas associadas aos benefícios do ECAP são de grande interesse da indústria metalmeccânica.

O atrito durante o processamento por ECAP é um fator importante, este tem grande influência na carga necessária para a extrusão do material. Simulações numéricas indicam que um aumento no coeficiente de atrito da ordem de 0,2 provoca um aumento de aproximadamente 80% na carga. Os valores utilizados nas simulações são empíricos, na maioria das vezes.

Em muitos casos a carga necessária para o processamento é um fator limitador, devido à capacidade do equipamento disponível. Com isso o cálculo prévio da carga máxima durante o processamento é fundamental para a definição e ajuste do dimensionamento do material deformado.

O presente trabalho avalia o atrito e o mecanismo de desgaste da liga Al 6351 durante o processamento por ECAP em uma matriz de AISI H13. Para isso foram realizados ensaios tribológicos conforme ASTM G99.05 (2010), a fim de analisar: coeficiente de atrito e mecanismos de desgaste.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Corpos de prova da liga utilizada foram usinados com faces paralelas com dimensões 13x13x13 mm. O pino de AISI H13 utilizado nos ensaios foi usinado com $\varnothing 6 \times 15$ mm com um raio de ponta de 3 mm.

Foram utilizados corpos de prova da liga Al 6351 na condição recozida e na condição processado por ECAP. Sendo um corpo de prova para cada condição. Foi utilizado um pino de AISI H13.

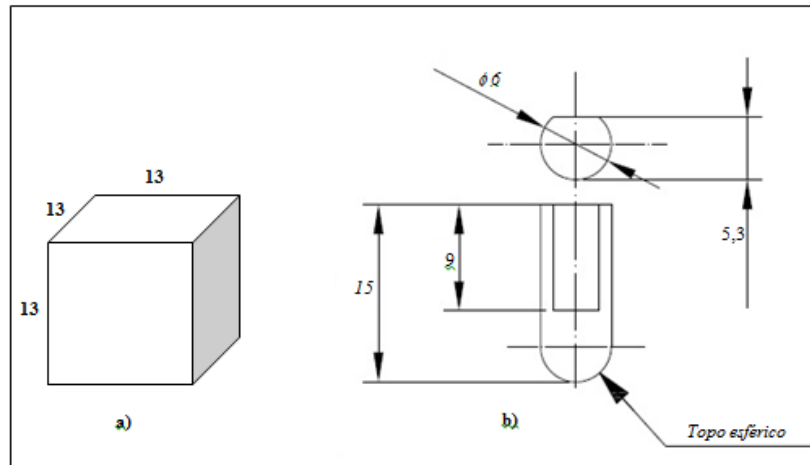


Figura 1 – a) Corpo de prova, b) Pino AISI H13

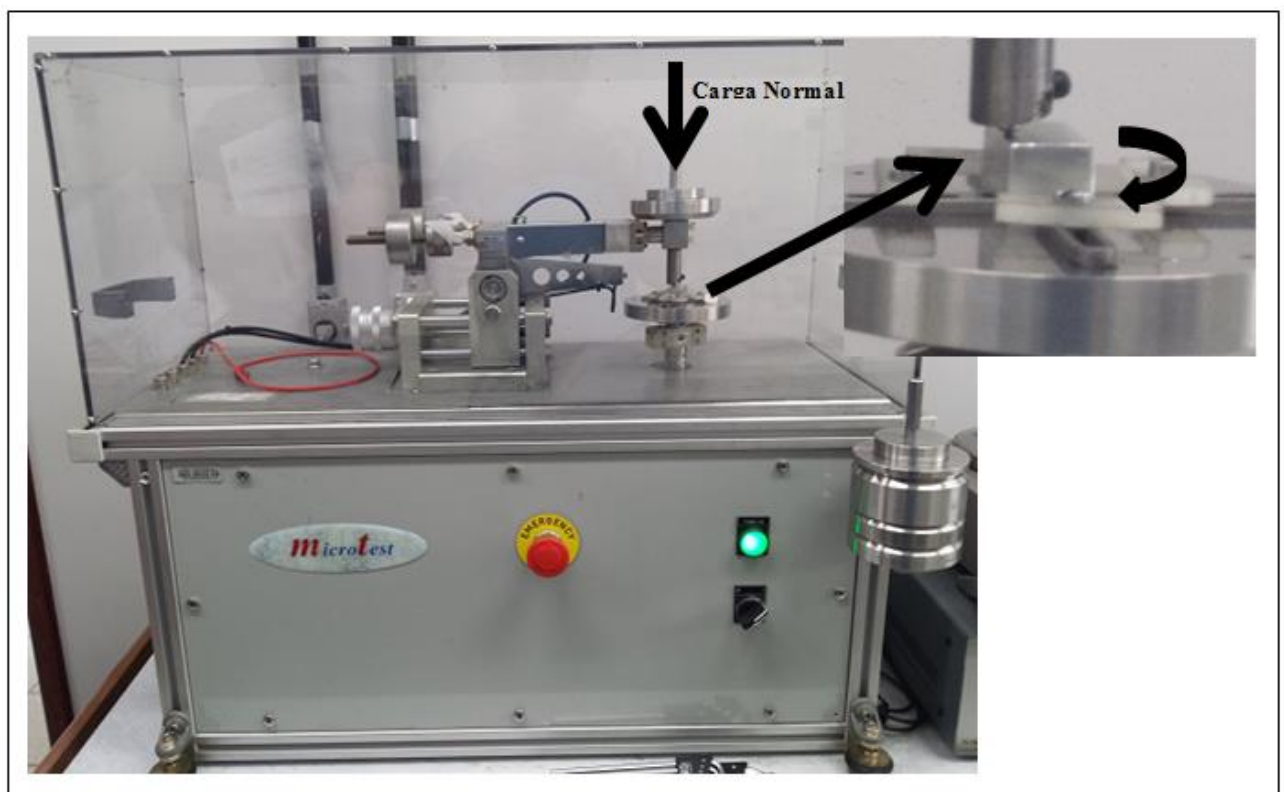


Figura 2 – Esquema de montagem do ensaio, tribômetro, pino e corpo de prova

Os ensaios foram realizados com 1 hora de deslizamento, carga normal de 12N e velocidade constante de 20 mm/s. Após os ensaios as pistas e o pino foram analisados com auxílio de uma lupa eletrônica com capacidade de aumento de 500x.

Gráficos representando o coeficiente de atrito por distância percorrida foram extraídos do tribômetro e analisados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 apresenta o gráfico de coeficiente de atrito por distância deslizada. Para o material recozido foi encontrado um coeficiente de atrito médio de 0,16 (Fig. 3.a).

O material processado apresentou coeficiente de atrito médio de 0,1 com transição após 0,3 m de deslizamento para 0,7 (Fig. 3.b).

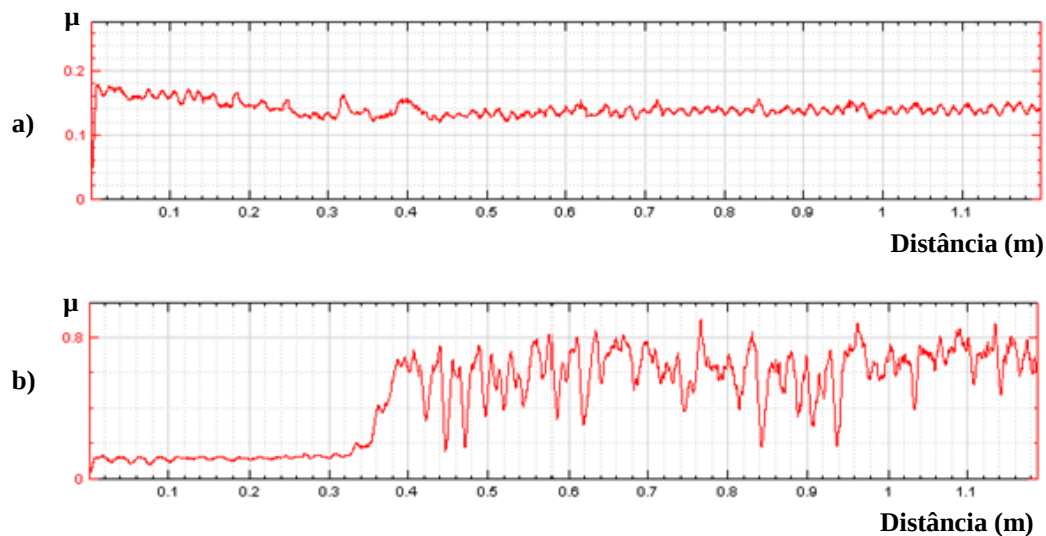


Figura 3 – Coeficiente de atrito x distancia deslizada. a) material recozido, b) material processado por ECAP

Pode ser observado na figura 3 que para o material recozido o coeficiente de atrito no início do deslizamento cresce até próximo de 0,2 apresentando leve redução até próximo de 0,3 metros de distância deslizada para próximo de 0,14.

Este comportamento pode ser associado ao fato de que antes de se iniciar o movimento predomina o atrito estático (BHUSHAN 2013). Imediatamente após o início do movimento, passa a predominar o atrito dinâmico. O atrito dinâmico depende, dentre varias outras variáveis, de duas componentes, sendo uma componente associada à adesão e outra a deformação. Por sua vez a adesão é dependente da área real de contato, da afinidade entre os materiais e das condições da interface (lubrificantes, óxidos, etc). A deformação na interface esta relacionada à carga normal e as tensões de cisalhamento dos materiais em contato e da interface. Bowden e Tabor apud Hutchings (1992) demonstram em seu modelo que a área de contato depende somente da carga normal e como o fenômeno ocorre no campo elástico uma vez que a carga normal é mantida constante a área real aumenta reduzindo a tensão de cisalhamento levando à redução do coeficiente de atrito.

Este comportamento foi observado para o experimente com o Al 6351 recozido.

Para o Al 6351 processado por ECAP foi observado redução do coeficiente de atrito comparado ao Al 6351 recozido no início do ensaio (até 0,3m) influenciado pelo provável aumento da resistência mecânica consequente do refino de grão. Após 0,3m de deslizamento o coeficiente de atrito atinge cerca de 0,7. Isto ocorre em função da mudança do mecanismo de desgaste. Em um primeiro momento, 0,05 a 0,3 metros predomina a presença de óxidos. A partir de 0,4m de deslizamento acontece a adesão da liga Al 6351 no pino fazendo com que a partir deste ponto se tenha o deslizamento da liga Al 6351 contra ele mesmo.

Pode ser observado na fig. 4.a a imagem da pista de deslizamento após o ensaio para o Al 6351 recozido, com 0,5 mm de largura. Nela podem ser observados sulcos que indicam leve abrasão. Não foi identificado nenhum mecanismo de desgaste no pino, nem adesão do material do corpo de prova, conforme pode ser observado na Figura 4.b.

O desgaste para a condição processado por ECAP foi significativamente mais severo caracterizado por mecanismo de adesão. A pista de desgaste obtida mede 1 mm de largura. O desgaste foi mais intensificado, com nítidas marcas de arrancamento de material caracterizando adesão (fig. 5.a). A figura 5.b mostra o material do corpo de prova aderido no pino, BOWDEN e TABOR (1973), RABINOVICK (1995), HUTCHINGS (1992).

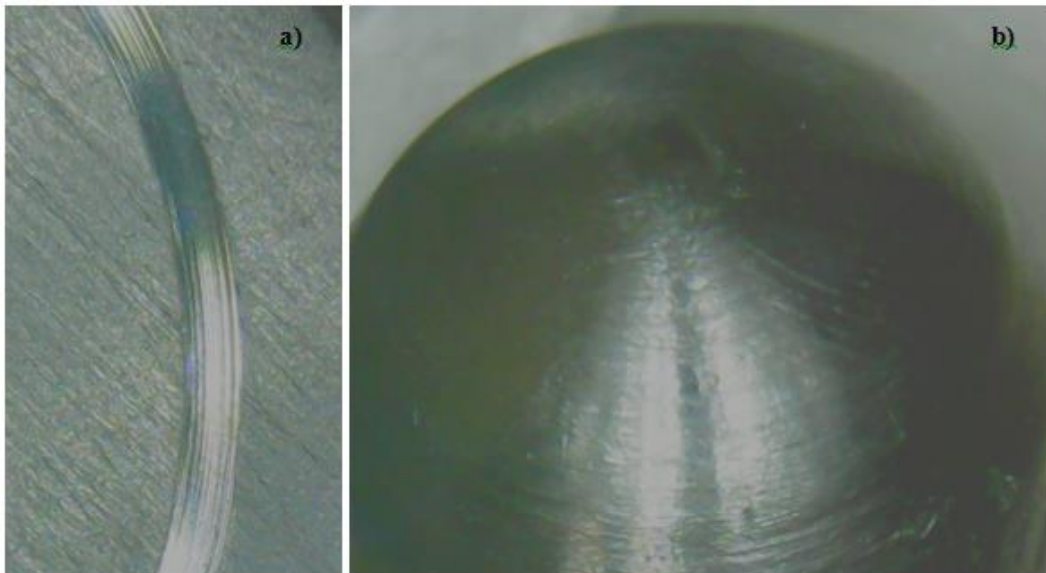


Figura 4 – Pós-teste, material recozido a) pista de deslizamento, b) pino.

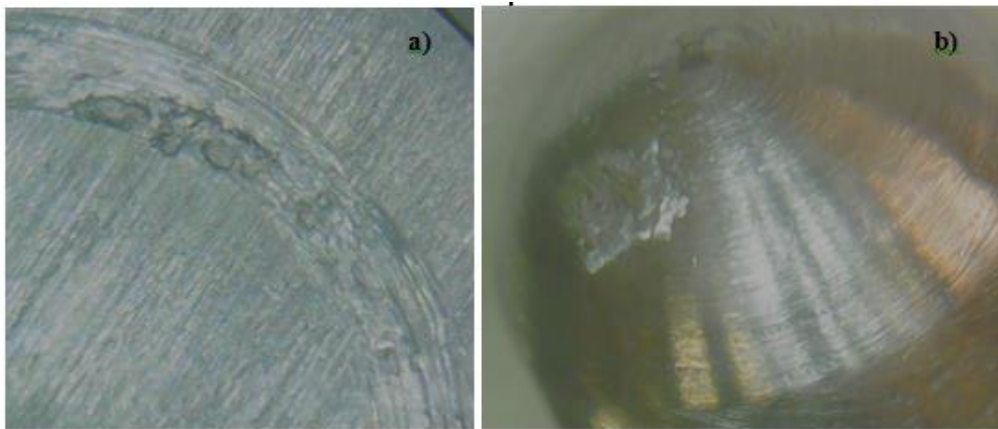


Figura 5 – Pós-teste, material processado a) pista de desgaste, b) pino.

Foi realizando um terceiro ensaio com o objetivo de avaliar a pista de desgaste antes da transição do atrito ocorrida na liga processada por ECAP. O coeficiente de atrito apresentou repetibilidade (Fig. 6). A pista de desgaste, agora com 0,25 mm, apresentou leves marcas indicativas de abrasão (Fig. 7.a). O pino não apresentou indicativos de desgaste nem de material aderido (Fig. 7.b).

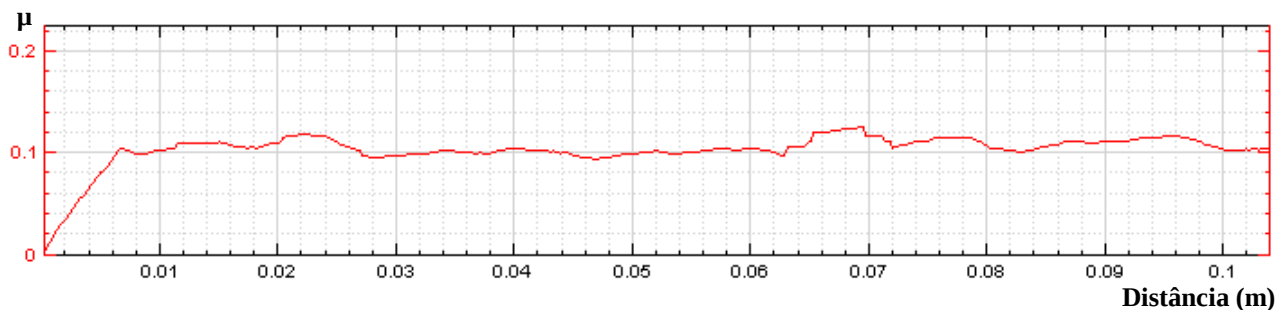


Figura 6 – Coeficiente de atrito x distancia deslizada- material processado, antes da transição

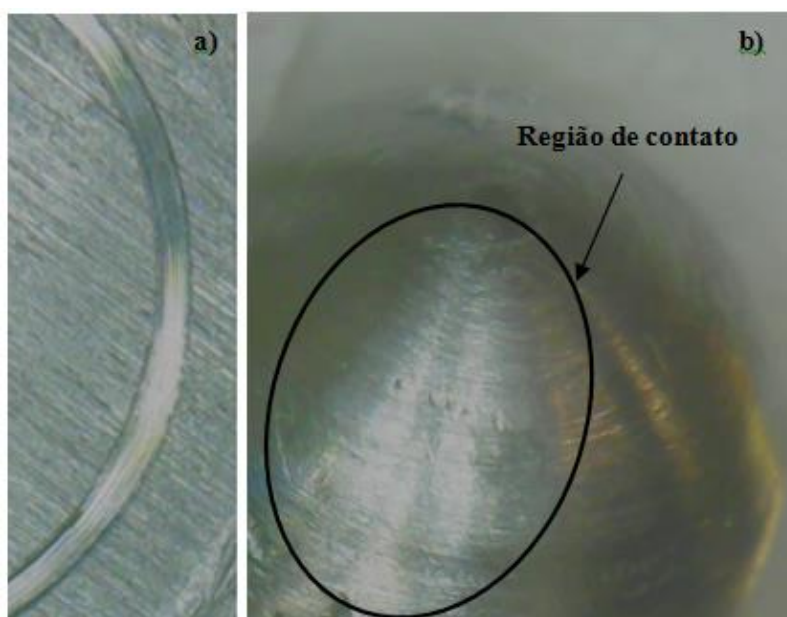


Figura 7 – Pós-teste, material processado – antes da transição, a) pista de desgaste, b) pino.

4. CONCLUSÃO

- Quanto ao atrito

Com os resultados pode-se observar a redução do coeficiente de atrito da liga Al 6351 após o processamento por ECAP deslizando contra AISI H13 quando comparado ao Al 6351 recozido devido ao aumento da resistência mecânica em função do refino de grão.

- Quanto ao mecanismo de desgaste

Para a liga de Al 6351 recozido o mecanismo de desgaste observado foi abrasão. Já para a liga de Al 6351 processada por ECAP o mecanismo de desgaste predominante foi adesão.

Contudo, conclui-se que o processamento por ECAP reduz o coeficiente de atrito, porém altera o mecanismo de desgaste de abrasão para adesão. Provavelmente isto ocorra pelo fato de o ECAP aumentar a dureza e tenacidade do material. Enquanto o aumento da dureza leva à redução do coeficiente de atrito o aumento da tenacidade faz com que o mecanismo de desgaste se altere para adesão. O aumento do coeficiente de atrito após 0,4 metros de deslizamento é consequência da adesão.

5. REFERÊNCIAS

- ASM Metals Handbook, 1990 – “Volume 02 - Properties and Selection Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials”, “ASM International, United States,
- ASTM G99-05, 2010, “Standard test method for wear testing with pin-on-disc apparatus”, ASTM International, West Conshohocken, United States.
- Bowden, F.P.; Tabor, D., 1973, “Friction: an introduction to tribology”, Doubleday & Company Inc., New York, United States, 178 p.
- Bhushan, B., 2013, “Introduction to tribology”, John Wiley & Sons, New York, United States, 732p.
- Hutchings, I.M., 1992, “Tribology — Friction and Wear of Engineering Materials”, Edward Arnold, London, United Kingdom, 272 p.
- Valiev, R. Z.; Langdon T.G., 2006, “Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement”, Progress in Materials Science. V. 51, p. 881-981.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

A STUDY OF PREDOMINANTLY WEAR MECHANISM OF AISI H13 STEEL SLIDING ON AL 6351 ALLOY PROCESSED BY ECAP

Souza A., airtonso@yahoo.com.br¹

Camara, M. A., marcelocamara@demec.ufmg.br²

^{1,2}Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Bloco I, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CEP31270-901, Minas Gerais, Brasil.

Abstract. *On the pin on disc test, the friction and wear of a Al 6351 alloy annealed and Al 6351 processed by ECAP (Equal Channel Angular Pressing) sliding against AISI H13 steel were evaluated in order to verify the ECAP process influence in these two characteristics.*

Tests realized by the pin on disc method are utilized in order to determination of tribological parameters of materials that slide between each other, among them the friction coefficient and wear mechanism. For this present work the friction was an important factor, since it influences in the necessary load to promote material extrusion through die while the wear mechanism influences on the extruded material surface quality as well as in the life's die.

The results showed that there was a reduction in friction coefficient of Al 6351 after processed by ECAP in comparison with Al 6351 alloy not processed by ECAP (i.e. annealed).

For Al 6351 annealed the friction coefficient stayed around 0,16 and the wear observed was low. On the other hand to Al 6351 processed by ECAP the friction coefficient stayed around 0,1, however presenting a transition to 0,7 after 0,3m of sliding and the wear observed was severe.

The wear mechanism changes from abrasion in Al 6351 annealed to adhesion in the Al 6351 processed by ECAP.

Keywords: *friction, wear, ECAP*