

TORNEAMENTO DE FERRO FUNDIDO VERMICULAR COM FERRAMENTA CERÂMICA DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO

Sílvia do Nascimento Rosa, silviamec@fem.unicamp.br¹
Anselmo Eduardo Diniz, anselmo@fem.unicamp.br¹
Wilson Luiz Guesser, wguesser@tupy.com.br²
Cássio Luiz Francisco de Andrade, cassio@tupy.com.br²

¹Departamento de Engenharia de Fabricação – Faculdade de Engenharia Mecânica/Unicamp,
Caixa Postal: 6122 CEP: 13083-970 Campinas SP Brasil

²Tupy Fundições
Rua Albano Schmidt, 3400Joinville SC Brasil CEP: 89227-902

Resumo: A utilização do ferro fundido vermicular em substituição ao ferro fundido cinzento, na fabricação de blocos de motores a diesel, se consolidou nos últimos anos, apesar de o primeiro ser mais difícil de usar. Em partes essa dificuldade se deve aos elementos de liga que são adicionados à liga para melhorar suas propriedades e que têm como função formar carbonetos. Isso leva ao aumento das forças de corte e à diminuição da vida da ferramenta. Neste estudo é analisado a influência do teor de titânio na vida da ferramenta no processo de torneamento longitudinal, usando duas ferramentas cerâmicas à base de óxido de alumínio (mista e pura), duas velocidades de corte (250 e 500 m/min), avanço de 0,15 mm/rot, profundidade de corte de 1 mm, sem fluido de corte. Para o estudo, o tempo de corte e os mecanismos de desgaste foram analisados. As ligas usinadas tinham teor de titânio de 0,007% e 0,03% de titânio (dentro da faixa de teores residuais), e foram denominadas de liga L1 e L2, respectivamente. Considerando que a diferença entre as ligas é de 0,023% de titânio, a vida da ferramenta para a liga L1 decresceu em média 1,6 vezes se comparado com a vida da ferramenta obtida com a liga L2, tanto nas duas velocidades quanto para as duas ligas. Apesar das ferramentas terem vidas próximas, os mecanismos de desgastes foram diferentes. Na cerâmica pura, observou-se adesão do material usinado e arrancamento de partículas da ferramenta de corte no fim de vida da ferramenta e na cerâmica mista observou-se abrasão, adesão e arrancamento. Os resultados mostraram que ainda há a necessidade de um estudo mais detalhado das ferramentas cerâmicas à base de óxido de alumínio para que a usinagem do vermicular seja economicamente viável às altas velocidades de corte.

Palavras-chave: torneamento longitudinal, ferro fundido vermicular, cerâmicas, mecanismos de desgaste.

1. INTRODUÇÃO

O ferro fundido vermicular (CGI – Compacted Graphite Iron) é conhecido a pelo menos seis décadas, mas somente na década de 90, que empresas especializadas em desenvolver tecnologias de ferro fundido passaram a pesquisar métodos para produzir o vermicular em larga escala (Guesser e Guedes, 1997). Desde então o CGI tem encontrado diversas aplicações na área automobilística. Bloco de motores, cabeçotes, cárter, disco de freio, carcaças de câmbio/transmissão, volante, coletores, válvulas de distribuição e carcaças de turbinas (automotivas) são alguns exemplos de peças que podem ser produzidas com ferro fundido vermicular.

As propriedades físicas (expansão, condutividade) do CGI são próximas às do ferro fundido nodular, e as propriedades em temperaturas elevadas (fadiga térmica, choque térmico) às do ferro fundido cinzento (Stefanescu et al, 1990). No entanto, quando se compara a usinagem do vermicular com o cinzento, a vida da ferramenta diminuiu por um fator de aproximadamente 20, especialmente em altas velocidades e em operações de cortes contínuos, limitando o uso do CGI em larga escala (Heck et al., 2007).

Apesar da usinabilidade do vermicular ser bem menor que a do cinzento, as empresas continuam utilizando-o pois, devido ao aumento de resistência comparado com o ferro fundido cinzento, o vermicular permite um aumento de pressão no cilindro que induz alta produção de potência e a economia de combustível (Heck et al., 2007). Outra vantagem é a redução de peso. Segundo Gabaldo (2009), um motor produzido de ferro fundido cinzento tipo turbocharged 2,0L a diesel pesa 42,8 kg contra 29,5 kg se produzido de vermicular. Para um bloco de motor tipo turbocharged 2,0 L a gasolina, o peso é de 38,5 contra 28,5.

Com todas essas vantagens, há o interesse de se entender o alto desgaste da ferramenta quando se usa ferro fundido vermicular, especialmente com ferramentas cerâmicas que têm tido vida bem menor se comparada com o metal

duro (Xavier, 2003; Doré 2007; Rosa, 2009). Para isso, é necessário ter o conhecimento da estrutura da matriz, pois a usinabilidade do ferro fundido depende fortemente de sua microestrutura. E a microestrutura do metal ao redor da grafita determina a vida da ferramenta e estabelece a maior vantagem de velocidades de corte e avanços (ASM, 1989).

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a influência do teor de titânio no processo de torneamento de duas ligas de CGI, com ferramentas cerâmicas de óxido de alumínio pura e mista, em duas velocidades de corte 250 e 500 m/min.

2. MATERIAIS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os experimentos foram realizados no torno CNC da marca Romi, modelo Galaxy 20, com potência de 15 kW e rotação de 4500 rpm no eixo árvore. As ferramentas de corte, cerâmica pura à base de Al_2O_3 com geometria TNGA 160412 T01020 (equivalente à classe CC, ISO CA-K01) e cerâmica mista à base de Al_2O_3 com geometria TNGA 160408 T01020 (equivalente à classe CC, ISO CM-K01), foram fornecidas pela empresa Sandvik Coromant. Os parâmetros de usinagem foram: velocidade de corte de 250 e 500 m/min, avanço de 0,15 mm/rot, profundidade de corte de 1 mm e sem fluido de corte.

As duas ligas de ferro fundido vermicular foram fundidas pela Tupy S.A., e na Tab. (1) estão algumas informações da caracterização das ligas. Vê-se nesta tabela que a única grande diferença entre as ligas testadas em termos de composição química é o teor de titânio (L1 = 0,007% e L2 = 0,03%). Mesmo assim, ambas as ligas apresentam teor de titânio dentro do que se considera um teor residual.

Tabela 1. Caracterização das ligas.

Liga	Matriz perlítica	Espaçamento Interlamelar [μm]	Grafita	Dureza Brinell (5/570)		Composição química (%)		
				Superfície	Núcleo	C	Si	Ti
L1	98%	0,45	III 93% - IV 7%	231	234	3,41	2,37	0,007
L2	99%	0,30	III 88% - IV 12%	245	240	3,35	2,41	0,03

Análises micrográficas foram realizadas em busca de prováveis carbonetos na amostra e nas duas ligas foram encontrados carbonetos. A Figura (1) mostra a imagem da matriz da liga L2, de um carboneto no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e a análise química por espectrometria de energia dispersiva (EDS) do carboneto.

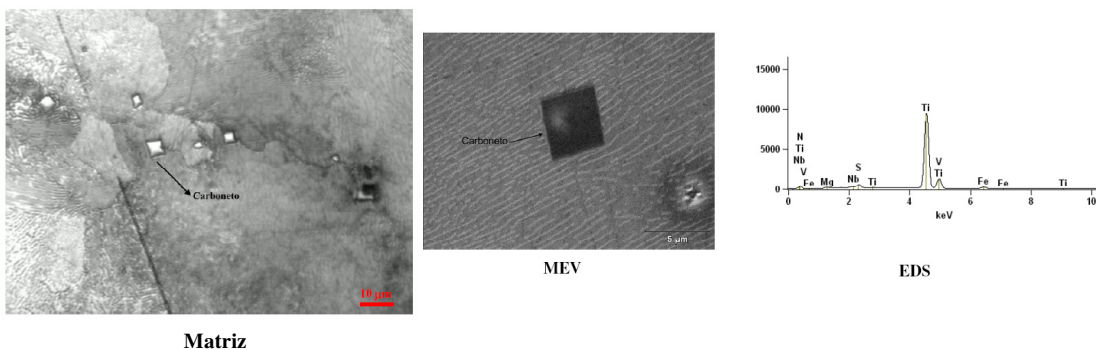


Figura 1. Análise da matriz da liga L2.

O desgaste de flanco máximo foi a variável monitorada ($VB_{Bmáx} = 0,3 \text{ mm}$) durante os ensaios, e paralelamente foram coletados dados de potência de corte, de rugosidade da peça e da dimensão do desgaste da ferramenta. Para a aquisição da potência elétrica consumida pelo motor foi utilizado o software LabView 8.5 da National Instruments. O sinal foi captado com uma taxa de amostragem de 30 kHz, enviado pelo comando numérico em volts e depois convertido em kW. Para o monitoramento do desgaste foi utilizado um microscópio óptico Kontrol modelo KET 300, com ampliação de 40x em conjunto com um software analisador de imagens Motic Images Plus. Os mecanismos de desgaste na aresta de corte foram analisados com auxílio de um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), modelo JXA-840A.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados os resultados do tempo de vida e dos mecanismos de desgaste.

3.1. Tempo de vida das ferramentas

As Figuras (2) e (3) mostram, respectivamente, os gráficos de valores do tempo de corte para as ferramentas cerâmicas pura e mista, com as ligas L1 e L2, nas velocidades de corte de 250 e 500 m/min. O final de vida da ferramenta foi considerado quando o desgaste de flanco máximo atingia o valor de 0,3 mm.

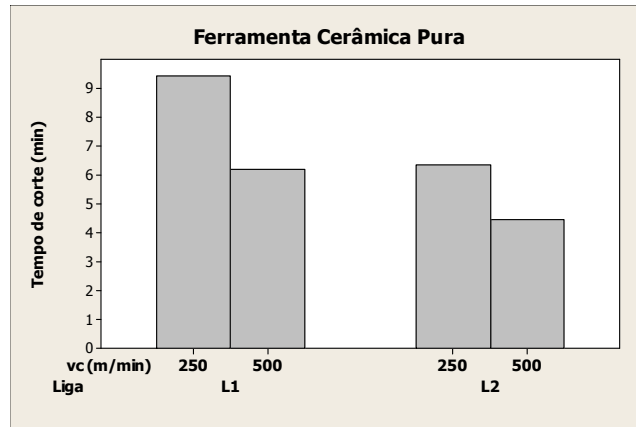


Figura 2. Tempo de vida para a ferramenta cerâmica pura *versus* velocidade de corte e liga.

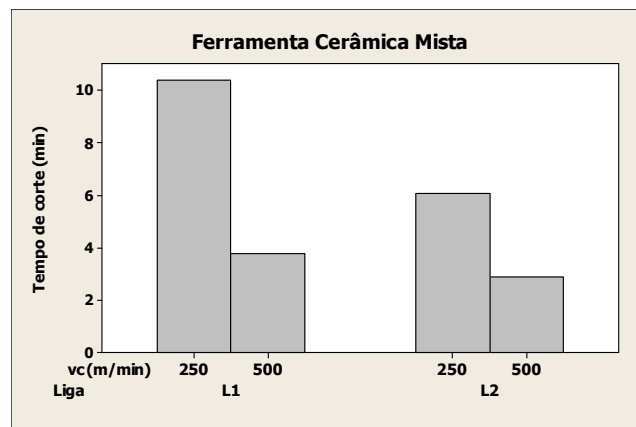


Figura 3. Tempo de vida para a ferramenta cerâmica mista *versus* velocidade de corte e liga.

Como era de se esperar, o aumento da velocidade de corte provocou diminuição da vida da ferramenta. Para as duas ligas (L1 e L2) em alta velocidade (500 m/min), a cerâmica mista obteve menor vida que a cerâmica pura, o que pode ser devido à menor tenacidade da mista. Berglund et al (2009) mostrou em seu trabalho que a perlita é o fator que mais influencia na usinabilidade, seguida pela nodularidade. Mas como a diferença desses fatores nas ligas L1 e L2 (ver Tab. 1), não são significativos, se comparado com os valores de daqueles autores e de outros, possivelmente o teor de titânio é o segundo fator responsável pela menor vida de ferramenta. Isso porque, a ferramenta ao usinar a liga L2 (possui maior teor de titânio que a liga L1, ver Tab. 1), na maior velocidade ($v_c = 500$ m/min), ao passar pelos carbonetos presentes na matriz que possuem dureza similar às coberturas para ferramenta de corte (Poulachon et al., 2004; Abele e Dörr, 2002; Balzers, 2008), necessitou de maior tenacidade, o que a cerâmica pura obteve vantagem.

3.2. Mecanismos de desgaste

Durante os ensaios, a cada diâmetro usinado o desgaste era medido ao passo que, ao atingir 0,3 mm de desgaste de flanco máximo o ensaio era finalizado. Este monitoramento numérico era realizado com o auxílio de um Microscópio Óptico. Para caracterizar os mecanismos de desgaste foi necessário que as pastilhas em fim de vida fossem analisadas no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e por EDS (Espectroscopia de Energia Dispersiva).

As Figuras (4) e (5) mostram a superfície de folga da aresta de corte da cerâmica pura nas velocidades de 250 e 500 m/min respectivamente, quando se usinou a liga L1. Observa-se que nas duas velocidades houve aderência do material da peça na ferramenta, e o predomínio do mecanismo de adesão de material aderido e arrancamento de partículas da ferramenta de corte (pela aparência rugosa do flanco).

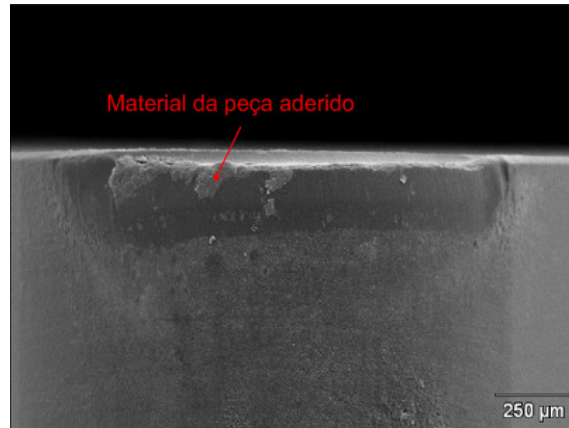


Figura 4. Desgaste de flanco na liga L1 aos 9,42 minutos de usinagem, com $v_c= 250$ m/min com ferramenta cerâmica pura.



Figura 5. Desgaste de flanco na liga L1 aos 6,19 minutos de usinagem, com $v_c= 500$ m/min com ferramenta cerâmica pura.

As Figuras (6) e (7) representam a superfície de folga da aresta de corte da cerâmica pura nas velocidades de 250 e 500 m/min respectivamente, quando se usinou a liga L2.

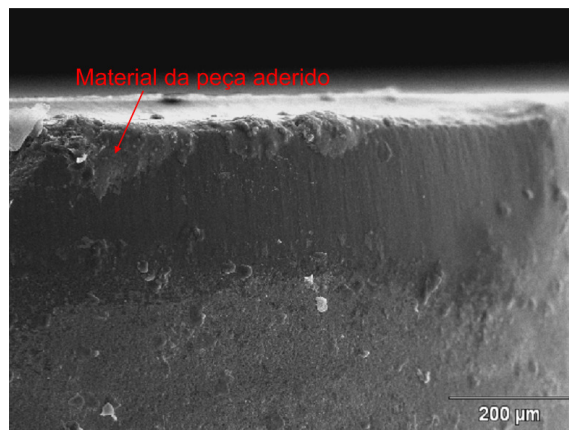


Figura 6. Desgaste de flanco na liga L2 aos 6,33 minutos de usinagem, com $v_c=250$ m/min com ferramenta cerâmica pura.

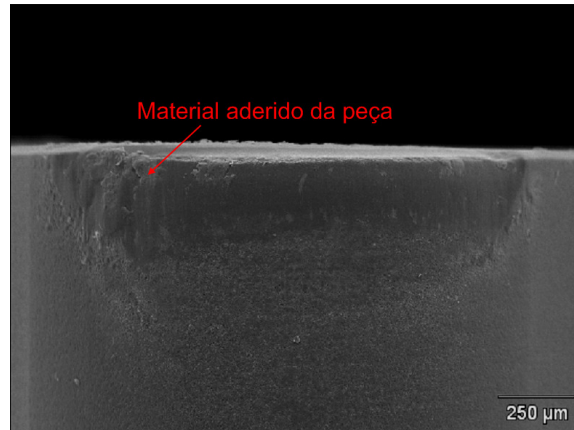


Figura 7. Desgaste de flanco na liga L2 aos 4,45 minutos de usinagem, com $v_c=500$ m/min com ferramenta cerâmica pura.

Para esta liga (L2), houve material aderido da peça e o predomínio do mecanismo de adesão e arrancamento de partículas da ferramenta.

As Figuras (8) e (9) mostram a superfície de folga da aresta de corte da cerâmica mista nas velocidades de 250 e 500 m/min respectivamente, quando se usinou a liga L1. Percebe-se que nas velocidades de 250 e 500 m/min predominou o mecanismo de abrasão, porém na maior velocidade este mecanismo não foi predominante.

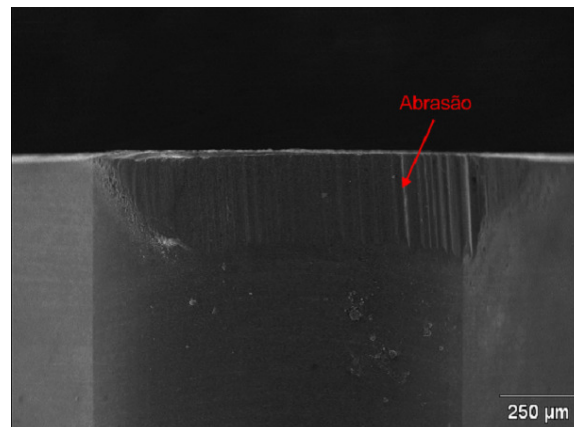


Figura 8. Desgaste de flanco na liga L1 aos 10,39 minutos de usinagem, com $v_c=250$ m/min com ferramenta cerâmica mista.

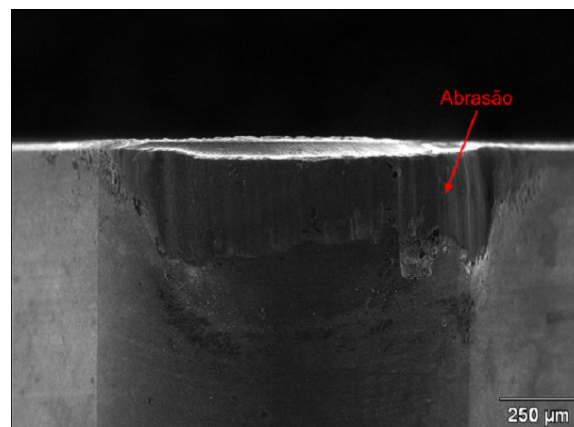


Figura 9. Desgaste de flanco na liga L1 aos 3,75 minutos de usinagem, com $v_c= 500$ m/min com ferramenta cerâmica mista.

As Figuras (10) e (11) mostram a superfície de folga da aresta de corte da cerâmica mista nas velocidades de 250 e 500 m/min respectivamente, quando se usinou a liga L2. Para esta liga nas duas velocidade de corte, pela aparência rugosa do flanco, provavelmente prevaleceu a adesão e arrancamento.

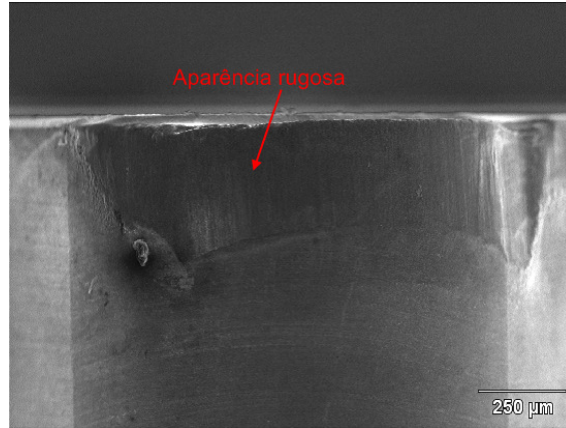


Figura 10. Desgaste de flanco na liga L2 aos 6,05 minutos de usinagem, com $v_c= 250$ m/min com ferramenta cerâmica mista.

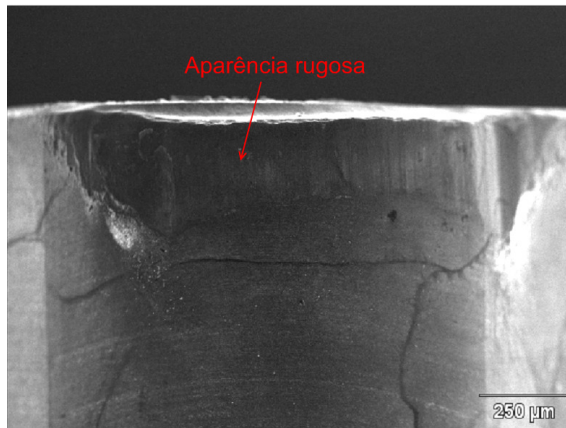


Figura 11. Desgaste de flanco na liga L2 aos 2,89 minutos de usinagem, com $v_c= 500$ m/min com ferramenta cerâmica mista.

Bhattacharyya et al. (1984 apud Ferrer, 2006) trabalhou com torneamento contínuo de três tipos de ferros fundidos (G14, G17 e G20), usando três tipos de ferramentas cerâmicas pura, mista e Sialon. Nos ensaios com a cerâmica pura, em velocidades abaixo de 300 m/min foi observado desgaste por adesão e arrancamento e com a velocidade de corte acima de 300 m/min o mecanismo de difusão e fratura. Neste trabalho, observa-se que o mecanismo de adesão e arrancamento ocorreu para as duas ligas e para as duas velocidades, pelo menos no fim de vida das ferramentas. Para a ferramenta mista os mecanismos em parte concordam com aqueles encontrados por Bhattacharyya et al. (1984 apud Ferrer, 2006), já que os autores perceberam nos ensaios com ferro fundido cinzento adesão e arrancamento e difusão. Neste trabalho, notou-se abrasão na ferramenta que usinou a liga L1 e adesão e arrancamento para a ferramenta que usinou a liga L2.

Analisando as duas ferramentas, observa-se que o mecanismo de desgaste que prevaleceu na cerâmica pura, tanto nas duas ligas (L1 e L2) quanto nas duas velocidades de corte (250 e 500 m/min) foi adesão e arrancamento. Como a ferramenta é ótima com relação à estabilidade química, não se esperava difusão, o que possivelmente não ocorreu. Mas sabe-se que as características desta ferramenta quanto à tenacidade e dureza a quente não é tão boa (Diniz et al, 2008). Como a matriz do ferro fundido vermicular possui constituintes com propriedades diferentes (perlita, grafitas, carbonetos, steadita, poros), o corte se assemelha com um corte interrompido e o esforço de corte varia de forma significativa. Quanto a esses efeitos a ferramenta resistiu bem, já que não se percebe lascamento. Mas devido às altas temperaturas desenvolvidas durante a usinagem, a ferramenta provavelmente perdeu um pouco de sua dureza, o que possibilitou que algum tipo de desgaste ocorresse. As Figuras (4), (5), (6) e (7) mostram pouca aderência do material do

cavaco na superfície de folga e o predomínio do adesão e arrancamento. Com as altas pressões desenvolvidas durante o corte (o que pode ser verificado devido aos sulcos que aparecem nas ferramentas, que correspondem ao local em que a espessura do cavaco é mínima e a pressão específica de corte é máxima) houve muita geração de calor a ferramenta provavelmente perdeu um pouco de sua dureza e algum tipo de desgaste ocorreu. A aresta de corte desgastada contribuiu para aderência do material do cavaco na superfície de folga, e com os movimentos de corte houve o desprendimento deste material que levou consigo partículas da ferramenta. Este mecanismo foi denominado por Trent (2000) como adesão e arrancamento.

Quanto à ferramenta cerâmica mista, os mecanismos de desgaste variaram em função da liga e da velocidade de corte. Na liga L1 na velocidade de 250 m/min houve pura abrasão, já em 500 m/min a abrasão não ocorreu predominantemente, e provavelmente adesão e arrancamento também ocorreu simultaneamente. Na liga L2 em ambas velocidades, o mecanismo de adesão e arrancamento prevaleceu. O que se sabe é que:

a) a diferença das ligas se dá praticamente em função do teor de titânio: liga L1 (0,007%Ti) e L2 (0,03%Ti) e que a liga L2 tem menor usinabilidade (menor vida da ferramenta);

b) a estabilidade química e tenacidade da cerâmica mista é menor do que a da cerâmica pura, mas dureza a quente um pouco melhor.

Como a liga L1 tem maior usinabilidade, tem-se menores esforços de corte e menor temperatura. Com isso a ferramenta ainda mantém sua dureza a quente, mas ela não suporta os choques inerentes aos componentes da matriz do CGI, o que faz com que partículas da ferramenta sejam arrancadas e mantidas entre a ferramenta e o peça, provocando abrasão na ferramenta (Fig. 8), como sugerido por Bhattacharyya et al. (1984 apud Ferrer, 2006). Com o aumento da velocidade ($v_c = 500$ m/min) a ferramenta continua sofrendo abrasão (porque não tem tenacidade suficiente para resistir os choques) e o desgaste da ferramenta decorrente da abrasão. Como há um aumento de temperatura (devido ao aumento da velocidade) a ferramenta perde um pouco sua dureza a quente, facilitando que partículas de seu material sejam levadas com o cavaco.

A liga L2 tem menor usinabilidade, os esforços de corte são maiores e com isso tem-se maior atrito e maior temperatura. Quando se compara a liga L1 com a liga L2, apenas na liga L1 e na velocidade de corte 250 m/min que o mecanismo de abrasão prevaleceu. Nesta situação teve-se maior tempo de corte, a liga é de maior usinabilidade e houve a menor geração de calor (menor esforços + baixa velocidade). Assim, pode-se supor que o calor não foi suficiente para que a ferramenta perdesse sua dureza a ponto de que outro mecanismo de desgaste ocorresse. Com a liga L1 e velocidade de 500 m/min o calor gerado já teve contribuição para que o adesão e arrancamento ocorresse e os sulcos de abrasão não foram tão proeminentes. Se compararmos a liga L1 com a L2 na mesma velocidade, pode-se dizer que, devido ao tempo de corte menor, os sulcos de abrasão não foram relativamente profundos e devido ao maior esforço de corte, houve o aparecimento do adesão e arrancamento.

4. CONCLUSÃO

Com esses resultados percebe-se que as duas ferramentas, tanto a cerâmica mista quanto a cerâmica pura, praticamente possuem o mesmo tempo de vida, mas os mecanismos de desgaste são diferentes devido principalmente as suas características. A diferença entre as ligas, que é o teor de titânio cuja função é formar carbonetos, contribuiu para que os mecanismos se intensificassem, pois a adição de titânio fez com que a usinabilidade do material diminuisse.

5. REFERÊNCIAS

- Abele, E., Dörr, J., 2002, "Ferramentas de corte protegidas contra a defasagem tecnológica", *Máquina e Metais*, Vol. 38, No. 439, pp. 38-53.
- ASM Machining Processes, 1989, "Machining of Cast Irons", *Metals Handbook*, Vol. 16, 9 ed. Materials Park: ASM International, pp. 648-665.
- Balzers, 2008, "Oerlikon Balzers services – Revestimento Balinit®", <www.oerlikon.com/balzers/br>.
- Berglund, A., Nicolescu, C. M. and Svensson, H., 2009, "The effect of interlamellar distance in pearlite on CGI machining", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol.53, No. 6, pp. 33-40.
- Bhattacharyya, S.K., Ezugwu, E.O. and Jawaid A., 1989, "The performance of ceramic tool materials for the machining of cast iron", *Wear*, Vol. 135, pp. 147-159 apud Ferrer, J.A.G., 2006, "Uma contribuição ao fresamento frontal de superfícies irregulares de ferro fundido cinzento", *Doutorado*, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- Diniz, A.E., Marcondes, F.C. and Coppini, N.L., 2008, "Tecnologia da Usinagem dos Materiais", Ed. Artiliber, São Paulo, Brasil, 262 p.
- Doré, C., 2007, "Influência da Variação da Nodularidade na Usinabilidade do Ferro Fundido Vermicular". *Mestrado*, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Gabaldo, S., 2009, "Uma contribuição à melhoria do processo de fresamento de ferro fundido vermicular – CGI", *Mestrado*, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- Guesser, W.L. e Guedes, L.C, 1997, "Desenvolvimentos recentes em ferros fundidos aplicados à indústria automobilística", *IX Simpósio de Engenharia Automotiva*, Vol. 8.

- Heck, M., Ortner, H.M., Flege, S., Reuter, U. and Ensinger, W., 2007, "Analytical investigations concerning the wear behaviour of cutting tools used for the machining of compacted graphite iron and grey cast iron", *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, Vol. 26, No. 3, pp. 197-206.
- Poulachon, G., Bandyopadhyay, B.P., Jawahir, I.S., Pheulpin, S. and Seguin, E., 2004, "Wear behavior of CBN tools while turning various hardened steels", *Wear*, Vol. 256, No. 3-4, pp. 302-310.
- Rosa, S.N., 2009, "Influência do teor de titânio do torneamento do ferro fundido vermicular", Mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- Stefanescu, D.M., Hummer, R. and Nechtelberger, E., 1990, "Compacted Graphite Iron", *Metals Handbook*, v. 15 – Casting, 9 ed. Materials Park: ASM International, pp. 667-677.
- Xavier, F. A., 2003, "Aspectos tecnológicos do torneamento do ferro fundido vermicular com ferramentas de metal-duro, cerâmica e CBN", Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Teles, J.M., 2007, "Torneamento de ferro fundido nodular ferritizado com nióbio utilizando ferramentas de metal duro", Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.
- Trent, E.; Wright P., 2000, "Metal Cutting", 4th ed. Woburn: Butterworth-Heinemann Publisher, 446p.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste artigo.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

TURNING OF COMPACTED GRAPHITE IRON WITH ALUMINUM OXIDE CERAMICS TOOLS

Sílvia do Nascimento Rosa, silviamec@fem.unicamp.br¹
Anselmo Eduardo Diniz, anselmo@fem.unicamp.br¹
Wilson Luiz Guesser, wguesser@tupy.com.br²
Cássio Luiz Francisco de Andrade, cassio@tupy.com.br²

¹Department of Manufacturing Engineering – Faculty of Mechanical Engineering/Unicamp,
P.O.Box: 6122 CEP: 13083-970 Campinas SP Brazil

²Tupy Fundições
Rua Albano Schmidt, 3400Joinville SC Brazil CEP: 89227-902

Abstract. *The use of compacted graphite iron in substitution of gray cast iron, in the diesel engine blocks production, became disseminated in the last years, in spite of the first to be more difficult to machine. In parts this trouble owes to the element alloys that are added to improve its properties and form carbides. This leads to the increase of cutting forces and the decrease of tool life. In this study, it was analysed the influence of the titanium content in the tool life in the longitudinal turning process, using two aluminum oxide ceramics tools (mixed and pure), two cutting speeds (250 and 500 m/min), feed of 0,15 mm/rot, cutting depth of 1mm, without cutting fluid. For the work, wear mechanisms and the cutting time were analysed. The machined alloys have content of 0,007% and 0,03% titanium (both in residual levels), and were called of alloy L1 and L2, respectively. Considering that the difference between the alloys is of 0,023% titanium, the tool life for alloy L1 decreased in average 1.6 times comparing with the life tool got with alloy L2, as in the two speeds as for two alloys. The tools had similar lives, the wear mechanisms, however, were different. In the cutting with pure ceramic, the main mechanisms were adhesion of the machined material and tearing of the tool particles whereas in the mixed ceramic, they were abrasion and adhesion. The results showed that there is the necessity of further studies about the use of aluminum oxide ceramics tools in the turning of compacted graphite iron, so that the process becomes more economically viable at high cutting speed.*

Keywords: *longitudinal turning, compacted graphite iron, ceramics, wear mechanisms.*