



EFEITO DA LAPIDAÇÃO DE PASTILHAS DE METAL DURO SOBRE A VIDA DA FERRAMENTA

Luiz E. A. Sanchez¹, Célio Losnak², Fabiano R. C. Perez³

Universidade Estadual Paulista, Unesp, Departamento de Engenharia Mecânica

(1) sanchez@bauru.unesp.br, (2) losnak@bauru.unesp.br, (3) perezc@uol.com.br, Bauru, SP, Brasil.

Resumo. Este trabalho estuda o comportamento do desgaste de ferramenta de metal duro, sem recobrimento, submetida ao processo de lapidação de suas superfícies de folga e saída. Nestas pastilhas de metal duro observa-se claramente as marcas de retificação deixadas em suas superfícies no processo final de acabamento em sua fabricação. No entanto, o metal duro trata-se de um material de comportamento frágil que quando submetido à retificação pode gerar microtrincas deletéreas à sua integridade e aumentadas durante o processo de usinagem, acelerando o mecanismo de desgaste. Nos ensaios de desgaste executados, além das pastilhas originais de metal duro, submeteu-se este mesmo tipo de pastilhas à lapidação plana com duas granulometrias diferentes de carboneto de silício (600 e 1000 Mesh) a fim de eliminar as marcas de retificação. Em seguida, usinando-se corpos-de-prova em ferro fundido cinzento com pastilhas não lapidadas e lapidadas, respectivamente, pôde-se verificar que estas últimas apresentaram maior resistência ao desgaste, tanto na superfície de folga como ao logo da aresta principal de corte.

Palavras-chave: Lapidação, torneamento, desgaste, pastilha, metal duro.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da lapidação ser um processo abrasivo bastante antigo, tendo sua origem na idade da pedra conforme pode-se atestar pelos aparatos encontrados e expostos no Museu de Munique, seu domínio ainda encontra-se restrito a poucos fabricantes de peças de precisão (Stähli, 1998).

De um modo geral, o processo de lapidação caracteriza-se por uma baixa taxa de remoção de material sem o aquecimento da peça usinada, o que minimiza as tensões residuais de tração em comparação com outros processos de usinagem. Estas características têm feito com que a lapidação ganhe importância no acabamento superficial de materiais duros e frágeis, como as cerâmicas avançadas, materiais metálicos com adição de carbonetos duros e aços endurecidos de alta liga (Crichigno, 1994; Chandraseakar *et al.*, 1987a e 1987b).

Dentre os materiais de difícil usinagem, como aqueles de alta dureza e alto módulo de elasticidade, encontram-se os metais duros empregados na fabricação de ferramentas de corte, em especial as pastilhas intercambiáveis para torneamento e fresamento. Estas ferramentas são produzidas por metalurgia do pó, as quais invariavelmente sofrem deformações na etapa de sinterização necessitando, por isso, serem usinadas. Com esta finalidade as pastilhas são retificadas, por meio de rebolos de CBN (Nitreto de Boro Cúbico), conferindo-lhes as formas finais (Baklunov & Moskalev, 1974).

Ainda que a retificação seja reconhecidamente o processo mais utilizado e eficiente para acabamento de materiais de difícil usinagem, o calor gerado na região de contato entre rebole/peça e a interação entre os grãos abrasivos vizinhos na peça, acabam introduzindo microtrincas nas camadas superficiais e subsuperficiais além de tensões residuais de tração crescentes abaixo da superfície usinada. Tais fatores fazem com que as trincas cujas extremidades encontram-se sob a ação das tensões residuais de tração propaguem-se até a ocorrência de fratura (Saljé & Paulmann, 1988; Spur & Sabotka, 1994).

Diversos autores, como Tomlison & Newton (1990), Yahata (1987) e Zhong & Venkatesch (1994), observaram que o processo de lapidação produz uma camada superficial onde dominam tensões de compressão e abaixo dela tensões de tração substancialmente menores do que àquelas encontradas no processo de retificação. Isto deve-se principalmente ao fato de que na lapidação as contrações estruturais do material devido às variações de temperaturas são pouco intensas.

Dentre os principais tipos de desgastes em ferramentas de corte, classificados no ‘Modern Metal Cutting’ (Sandvik, s.d), alguns estão diretamente relacionados à existência e a propagação de microtrincas, como acontece no desgaste por: fratura térmica; fratura por fadiga mecânica; e lascamento/fratura da aresta cortante. Já outros tipos de desgastes têm como principais influências o desgaste abrasivo, a difusão e a adesão de material.

A fim de minimizar os defeitos introduzidos nas pastilhas de metal duro durante a sua fabricação, devido a retificação, e por consequência diminuir o seu desgaste durante seu uso na usinagem, é proposto neste trabalho um estudo comparativo entre o desgaste de pastilhas originais (não lapidadas) com pastilhas lapidadas na operação de torneamento. Para tanto é utilizado um corpo-de-prova em ferro fundido com sulcos ao longo de sua extensão para aumentar a severidade da operação e empregado pastilhas de metal duro sem revestimento, originalmente desenvolvidas para o fresamento mas adaptada ao torneamento pela indisponibilidade deste tipo de ferramenta não revestida.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na execução deste trabalho empregou-se seis pastilhas de metal duro classe P30 (TPAN - ISO 1832) com ângulo de folga de 7° , ângulo de posição de 90° e ângulo de saída nulo, sem recobrimento e sem quebra-cavacos. Destas seis pastilhas, tomou-se três delas lapidando-se as suas superfícies de folga e de saída separadamente. Desta forma eliminou-se por completo as marcas de retificação deixadas na etapa final de seu processo de fabricação. Para isso, empregou-se uma lapidadora plana, tal qual em Sanchez *et al.* (1999), com disco de ferro fundido nodular, carga de $1,7 \text{ N/cm}^2$ e abrasivo de carboneto de silício (SiC) com duas granulometrias diferentes: 600 Mesh, numa primeira etapa de 10 minutos de duração; e, depois, 1000 Mesh numa segunda etapa com duração de outros 10 minutos. Após esse procedimento a rugosidade R_a , inicial, de cerca de $0,25 \mu\text{m}$ foi reduzida para aproximadamente $0,11 \mu\text{m}$.

O corpo-de-prova preparado para os ensaios é feito em ferro fundido cinzento, onde quatro sulcos radiais foram produzidos ao longo de sua extensão cilíndrica, conforme é mostrado na Fig.1. A colocação destes sulcos tem por objetivo aumentar a severidade da operação de torneamento a fim de introduzir mais intensamente os defeitos na ferramenta, submetendo-a mais rapidamente ao desgaste, aproximando-se de uma situação análoga ao do corte interrompido no fresamento. Neste caso espera-se mecanismos de desgaste dominados por lascamentos da aresta de corte e/ou por fadiga mecânica.

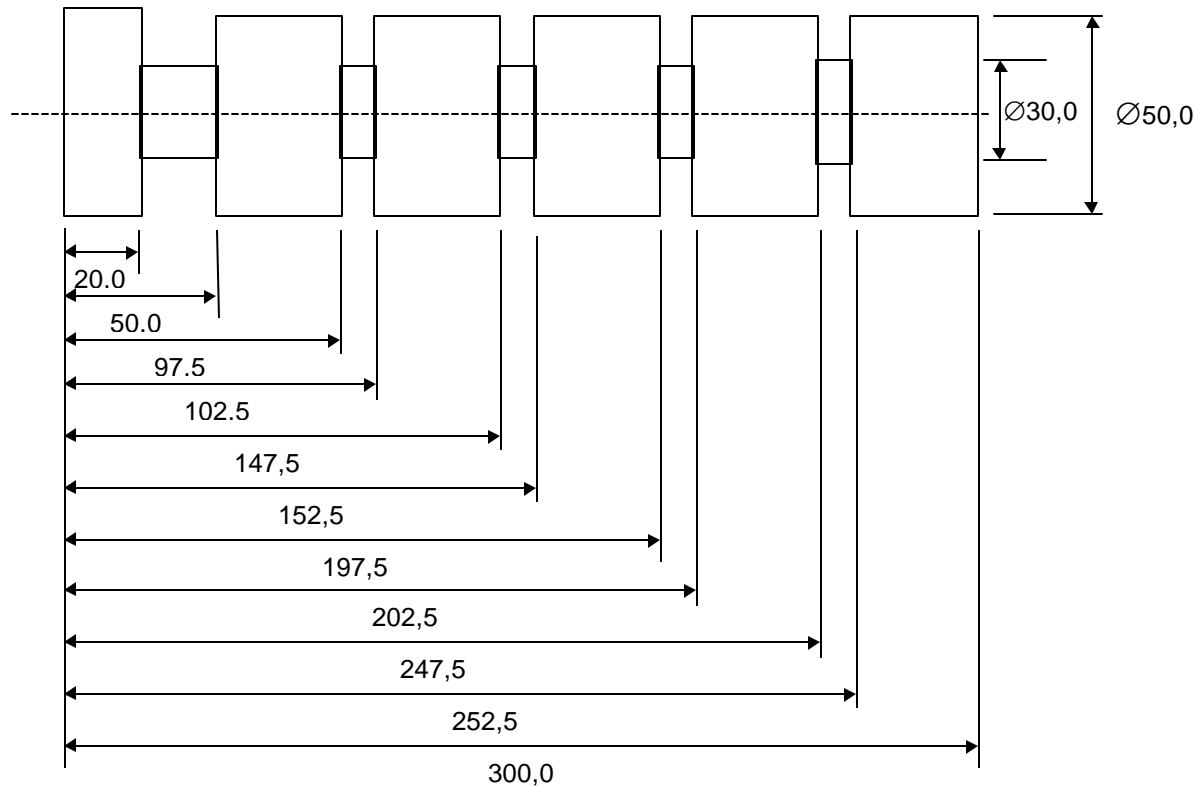


Figura 1 - Geometria do corpo-de-prova em ferro fundido cinzento utilizado nos ensaios.

Para a realização dos ensaios utilizou-se um torno convencional (Tormax 30 da Romi), onde selecionou-se a velocidade de corte de 98 m/min, sugerida por Chiaverini (1996) em função do tipo e dureza do material do corpo-de-prova, aqui de 195 HB. Os valores selecionados para a profundidade e velocidade de corte, de 0,5 mm e 0,15 mm/volta da peça, respectivamente, são os mesmos adotados na metodologia de desgaste de ferramentas de metal duro descritos no “Modern Metal Cutting” (Sandvik, s.d), sem uso de fluido refrigerante. Segundo esta metodologia, também adotada no trabalho, o critério de desgaste da ferramenta baseia-se no desgaste da superfície de folga (V_B) para uma vida de 30 minutos.

O procedimento dos ensaios consistiu no torneamento do corpo-de-prova em intervalos de tempo de 200 segundos, correspondente a dois passes ao longo da peça por intervalo. Ao final de cada período fotografou-se a pastilha em estereoscópio ótico com um aumento de 25 vezes para que, com o auxílio da digitalização das fotos e tratamento em “software” específico, pudesse ser avaliado o seu desgaste.

Além do desgaste da aresta de folga, buscou-se um indicativo adicional para melhor avaliação da extensão dos defeitos propagados na região de corte da ferramenta, definindo-se, então, um

“fator de extensão do desgaste (F_{ED})” o qual relaciona o comprimento desgastado da aresta principal de corte (L) e o desgaste da superfície de folga (V_B).

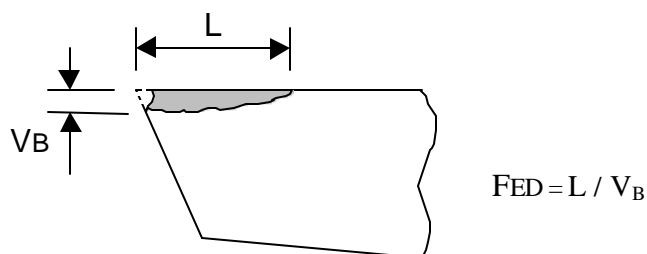


Figura 2 - Relação entre o desgaste ao longo da aresta (L) e da superfície de folga (V_B).

Ao final de cada período do ensaio, mediu-se o valor da rugosidade dos corpos-de prova por meio de um rugosímetro portátil. No entanto, no início, antes de cada seqüência de ensaio usinou-se a peça em passe único com ferramenta nova, sem uso, a fim de regularizar a superfície dos corpos-de-prova.

Cada ensaio descrito foi executado três vezes para pastilhas originais e lapidadas, separadamente, cujos valores médios levantados em cada um dos nove períodos são mostrados e discutidos no próximo item.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 3 e 4 pode-se observar o aspecto de uma das ferramentas não lapidada e lapidada, respectivamente, desgastadas após o último período do ensaio.

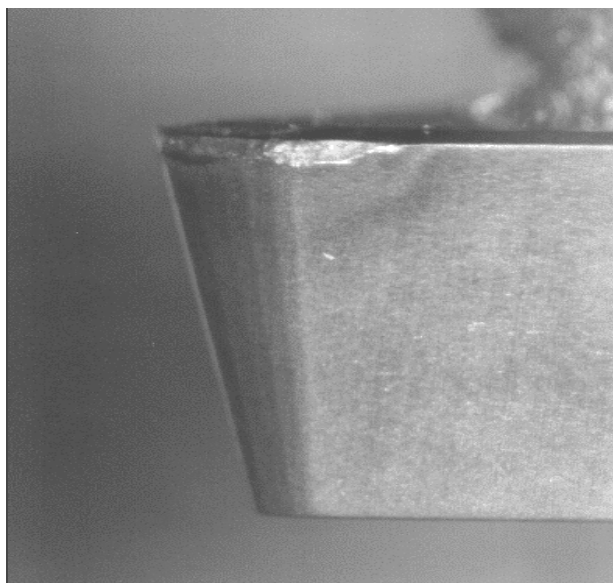


Figura 3 - Pastilha não lapidada após o último período de ensaio (aumento de 25 vezes).

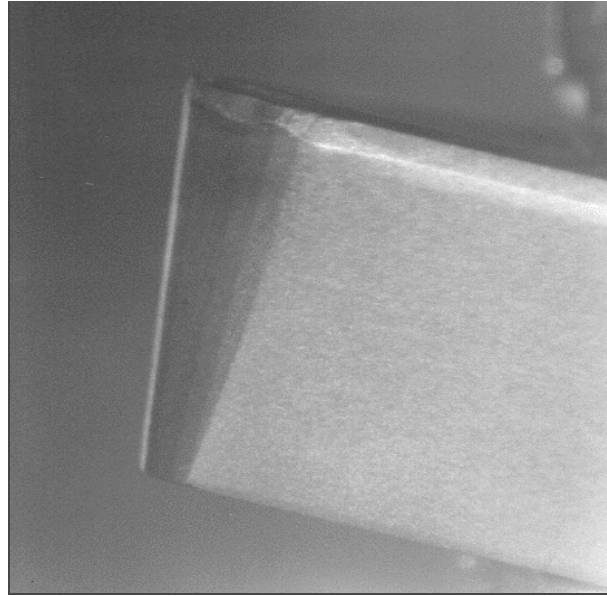


Figura 4 - Pastilha lapidada após o último período de ensaio (aumento de 25 vezes).

O gráfico da Fig. 5 mostra a evolução do desgaste da superfície de folga médio (V_B) ao longo do ensaio, em cada período tomado.

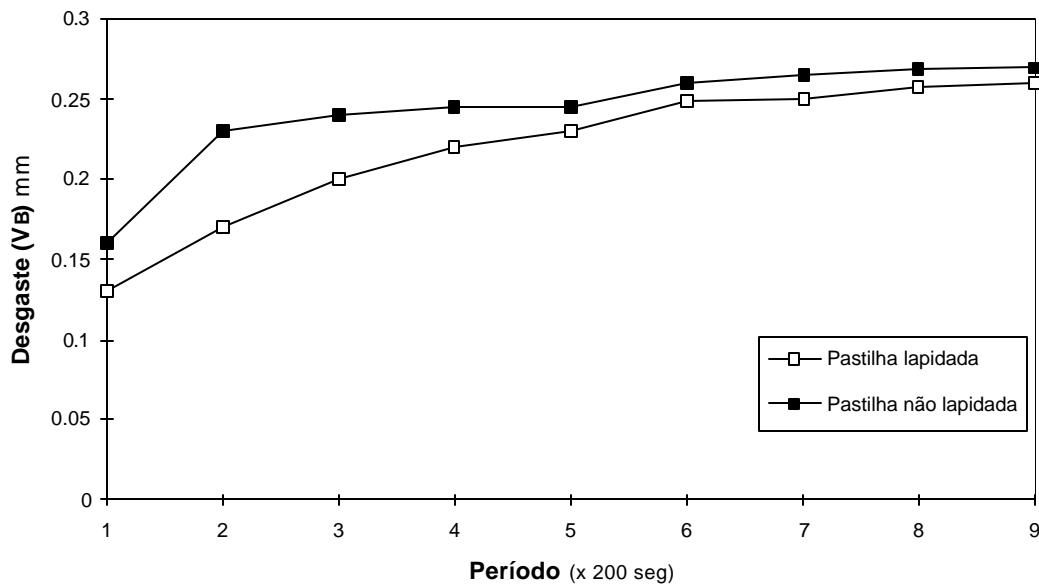


Figura 5 - Desgaste da superfície de folga (V_B) em pastilhas de metal duro lapidadas e não lapidadas ao final de cada período.

O gráfico da Fig. 5 mostra um menor desgaste V_B das pastilhas de metal duro submetidas ao processo de lapidação. De um modo geral este comportamento pode ser explicado pela provável remoção, pela lapidação, da camada de material com defeitos anteriormente introduzidos no processo de retificação da pastilha e também pelas menores tensões residuais deixadas pela lapidação. Desta forma, as microtrincas de menores profundidades podem ser removidas

minimizando-se os mecanismos de desgaste frágil da ferramenta, representado principalmente pelos lascamentos na região da aresta principal de corte.

Além do menor desgaste V_B conseguido com um melhor acabamento superficial da ferramenta de corte pode-se, ao mesmo tempo, constatar a maior integridade ao longo da aresta principal de corte nas pastilhas lapidadas. Como forma de avaliar a extensão da região comprometida pelos mecanismos de desgaste, em adição à medida isolada de V_B , levantou-se então o “Fator de Extensão do Desgaste (F_{ED})” em cada período do ensaio mostrado na Fig. 6.

Pelo gráfico da Fig. 6 pode-se notar um menor F_{ED} para as pastilhas lapidadas ao longo de todo o ensaio, o que significa uma menor deterioração da região de corte da ferramenta, uma vez que o comprimento da aresta destruído é proporcionalmente pequeno frente ao seu desgaste V_B . Na Figura 6 destaca-se claramente um alto valor do F_{ED} para a pastilha não lapidada logo no primeiro período, revelando que os mecanismos de desgastes ocorrem severamente no início da usinagem. Desta forma, além do aumento abrupto do V_B , observado na Fig. 5, os defeitos não se limitam somente à região da superfície de folga, mas estendem-se ao longo da aresta principal de corte.

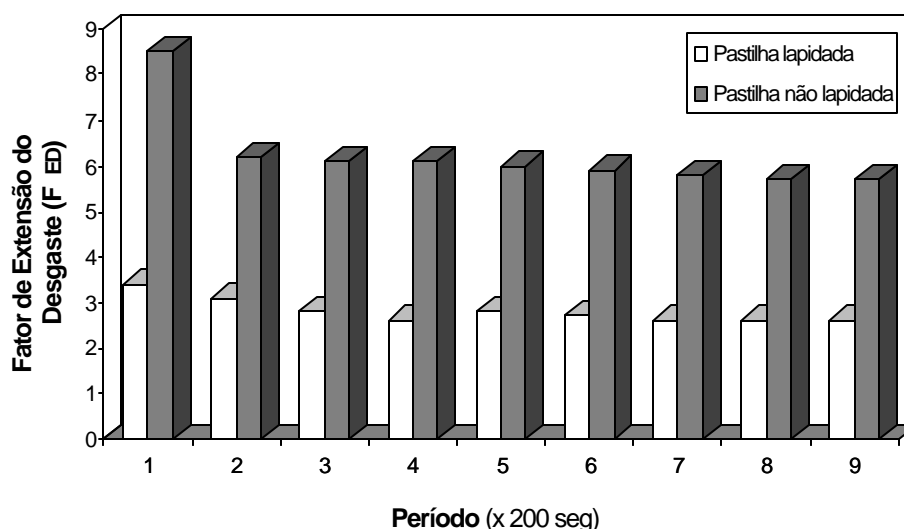


Figura 6 - “Fator de Extensão do Desgaste (F_{ED})” para as pastilhas de metal duro lapidadas e não lapidadas.

Como resultado do mecanismo de desgaste mais brando sofrido pela pastilha de metal duro lapidada, sua geometria altera-se menos mantendo valores de rugosidades superficiais mais baixos do que no caso da pastilha não lapidada, acabada por meio de retificação na sua fabricação. A Figura 7 mostra o comportamento dos valores médios da rugosidade superficial dos corpos-de-prova em ferro fundido cinzento torneados com pastilhas lapidadas e não lapidadas.

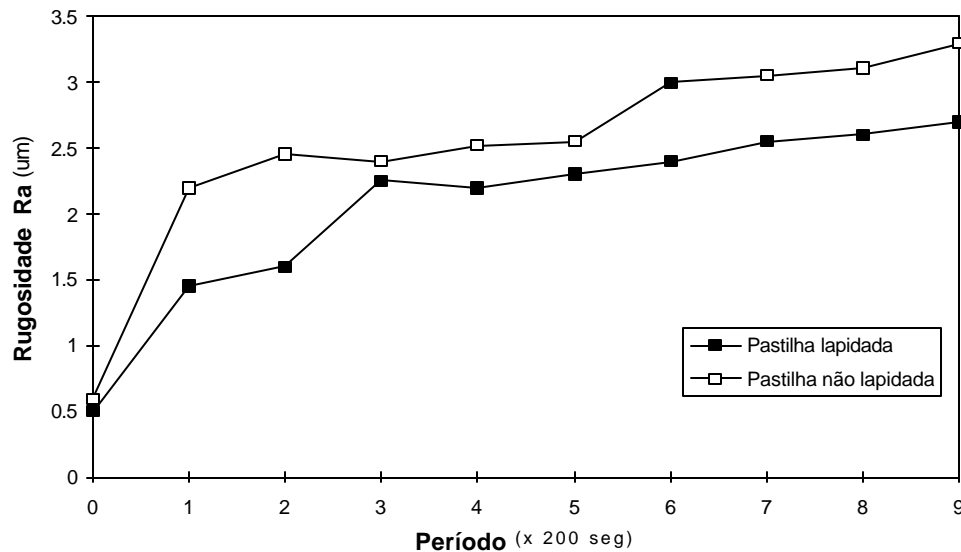


Figura 7 - Comportamento da rugosidade dos corpos-de-prova em ferro fundido cinzento utilizando-se pastilhas de metal duro lapidadas e não lapidadas.

Por fim, a menor rugosidade das superfícies da pastilha lapidada em relação a não lapidada deve produzir na usinagem o efeito benéfico da diminuição da força de corte e temperatura, devido a redução da força de atrito, apesar de não quantificados neste trabalho.

4. CONCLUSÕES

Considerando-se os resultados obtidos no trabalho pode-se apresentar objetivamente as seguintes conclusões:

- 1) As pastilhas de metal duro lapidadas mostraram maior resistência ao desgaste da superfície de folga (V_B);
- 2) A deterioração da região da aresta principal de corte das pastilhas lapidadas abrangeu uma menor extensão do que nas ferramentas não lapidadas, fato indicado pelo “Fator de Extensão do Desgaste (F_{ED})”;
- 3) Como resultado da maior integridade da região cortante demonstrada pelas pastilhas lapidadas, sua geometria modificou-se menos, gerando melhores níveis de rugosidade no corpo-de-prova usinado.
- 4) A diferença entre o F_{ED} da pastilha lapidada e da não lapidada mostrou-se maior do que a diferença entre o V_B das mesmas pastilhas, revelando que os mecanismos de desgastes foram proporcionalmente mais severos ao longo da aresta de corte, fato de certa forma esperado pois induziu-se a ferramenta ao desgaste por lascamentos da aresta de corte, caracterizado por situações de usinagem onde prevalecem ciclos alternados de carregamento/descarregamento.

REFERÊNCIAS

- Baklunov, E.D. and Moskalev, A.P., 1984, "Life of Carbide Milling Cutters After Various Grinding and Lapping Procedures", Russian Engineering Journal, vol. 54, pp. 59-62.
- Chandrasekar, S., Shaw, M.C. and Brushan, B., 1987a, "Comparasion of Grinding and lapping of Ferrites and Metals", Journal of Engineering for Industry, vol. 109, pp. 76-82.
- Chandrasekar, S., Shaw, M.C. and Brushan, B., 1987b, "Morphology of Ground and Lapped Surfaces of Ferrite and Metals", vol. 109, pp. 83-86.
- Chiaverini, V., 1996, "Aços e Ferros Fundidos", ABM, 145p.
- Crichigno, J.M.F., 1994, "Simulação Numérica do Processo de Lapidação Plana Como Ferramenta para Otimização do Processo", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- Modern Metal Cutting - A practical Handbook, s.d., Edited by Sandvik Coromant
- Sanchez, L.E.A., Losnak, C. and Perez, F.R.C., 1999, "Comportamento da Taxa de Remoção e Acabamento Superficial na Lapidação Plana sob Diferentes Parâmetros do Processo", XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 10 p.
- Saljé, E. and Paulmann, R., 1988, "Relations Between Abrasive Process", Annals of the CIRP, vol. 37, pp. 641-648.
- Spur, G. and Sabotka, J., 1991, "Mecanismos de Remoção de Material no Polimento de Cerâmicas", tradução: Revistas Máquinas & Metais, pp. 32-41.
- Stähli, A.W., 1998, "The Technique of Lapping", Technical Editorial of The A.W. Stähli, Biene, Switzerland, 35p.
- Tomlinson, W.J. and Newton, R.C., 1990, "Effect of Grinding, Lapping and Various Surface Treatments on the Strength of Silicon Nitride", vol. 45, pp. 307-310.
- Touge, M. and Matsuo, T., 1996, "Removal Rate and Surface Roughness in High-Precision Lapping of Mn-Zn Ferrite", Annals of the CIRP, vol. 45, pp. 307-310.
- Yahata, N., 1987, "Effect of Lapping on the Fatigue Strength of a Hardened 13Cr-0.3C Stainless Steel", Elsevier Sequoia, pp. 337-348.
- Zhong, Z. and Venkatesh, V.C., 1994, "Surface Integrity Studies on the Grinding, Lapping and Polishing Process for Optical Products", Elsevier Science, pp. 179-186.

THE EFFECT OF THE LAPPING OPERATION ON THE TOOL LIFE OF CARBIDE INSERTS IN TURNING

***Abstract.** This work studies the behaviour of carbide tools wear without coating subjected to the lapping process on its rake and relief surfaces. It is clearly possible to see marks of grinding on the tool surface which are produced during the finishing process. However, the carbide presents a fragile mechanical behaviour thus during the machining process it is possible to produce microcracks into the material. Therefore the tool wear as increase during the machining as the progress of the machining. In the wear tests were used inserts in two ways: first, an original tool as manufactured; and, second, the same type but lapped. The workpieces were subjected to the lapping process under two size of silicon carbide powder (600 Mesh and 1000 Mesh) to remove grinding marks. After workpieces of gray iron cast were turned using lapped and no lapped tools. As result, the lapped tools presented greater wear resistance as on the flank as on the cutting edge.*

Keywords: *lapping, wear, tool life, turning, carbide tool.*