

ESTUDO TÉRMICO DE REVESTIMENTOS, PARA FERRAMENTAS DE CORTE, EM REGIME TRANSIENTE DE CONDUÇÃO

A. M. Paula(1), G.Guimarães(1), S. C. Santos(1), S. M. M. L. Silva(1)

(1) Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2160, Bloco 1M, Uberlândia MG, CEP: 38.400-089.

Palavras chaves: Revestimentos e Propriedades Térmicas

RESUMO

A utilização de materiais com alta resistência ao desgaste em elevadas temperaturas e revestimentos termoisolantes são características extremamente importantes que associadas vem contrabalançar as novas tendências contraditórias em usinagem: corte a seco e usinagem de materiais a altas velocidades de corte - High Speed Machining(HSM).

Os revestimentos possuem duas características extremamente importantes: reduzem a taxa de calor gerado na interface cavaco-ferramenta e protege termicamente o fluxo de calor que propaga para o substrato da ferramenta.

De acordo com Silva e Machado(1999) o mecanismo de formação do cavaco, a integridade superficial da peça, a potência consumida e a vida da ferramenta de corte são fortemente dependentes da temperatura, e esta rege os principais mecanismos de desgaste que irão prevalecer numa determinada aplicação e limitar a vida da ferramenta de corte.

O objetivo deste trabalho é levantar curvas de aquecimento de ferramentas de corte com diferentes revestimentos, e fazer portanto um estudo comparativo do comportamento térmico dos mesmos, bem como de suas propriedades térmicas.

As ferramentas de corte utilizadas nos ensaios experimentais foram: pastilhas de metal duro integral sem revestimento e revestidas com TiN, TiAlN e Multicamadas de TiN e TiAlN, esta seqüência está ilustrada na figura 1.

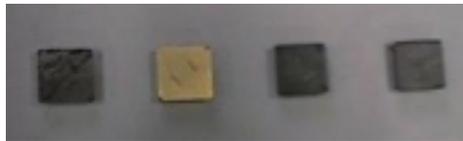


Fig. 1 Pastilhas de metal duro revestidas e sem revestimentos.

Para analisar a condição de regime transiente utilizou-se o método da capacitância global que permite analisar a transferência de calor por condução nas pastilhas de metal duro integral com e sem revestimento. Segundo Incropera e Witt(1992) este método caracteriza como uma mudança rápida do ambiente de exposição de um sólido e tem como hipótese a não variação espacial de temperatura no corpo.

Assim, a equação que determina o resfriamento ou o aquecimento de um sólido pode ser escrita como:

$$\theta^* = \frac{\theta}{\theta_i} = \exp[-Bi.Fo] = \exp\left[-\left(\frac{hA_s}{\rho V_c}\right)t\right] \quad (1)$$

onde Bi é o número de Biot e Fo é o número de Fourier definidos por:

$$Bio = \frac{R_{cond}}{R_{conv}} = \frac{(L/K)}{(1/hA)} = \frac{hL}{K} \quad (2)$$

$$F = \frac{\alpha.t}{L^2} \quad (3)$$

onde

$$L = \frac{V}{A_s} \quad \text{sendo } V \text{ o volume e } A_s \text{ a área superficial do sólido,}$$

α e K são a difusividade térmica e a condutividade térmica do sólido respectivamente e t é o tempo. A grandeza $(\rho Vc/hA_s)$ pode ser interpretada como a constante de tempo térmica τ_t , que pode ser expressa como:

$$\tau_t = \left(\frac{1}{hA_s} \right) (\rho Vc) = R_t C_t \quad (4)$$

Na realização dos ensaios as pastilhas foram imersas em um banho de água com temperatura controlada, de tal forma a obter curvas de aquecimento. O seguinte aparato experimental, figuras 2, 3 e 4, foi utilizado: um reservatório isolante contendo água com temperatura devidamente controlada, fig. 3, um sistema de aquisição de dados-DAS(HP), um computador com placa de aquisição de dados, um sistema de fixação das pastilhas, fig. 4, massa modeladora e 4 termopares tipo K.



Fig. 2 Equipamento do M.C.G



Fig. 3 Reservatório com água aquecida

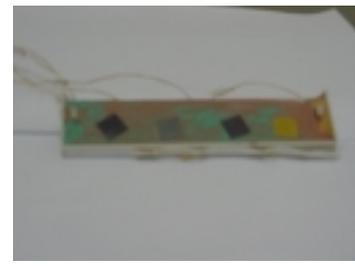


Fig. 4 Sist. de fixação das pastilhas

O sistema de fixação das pastilhas, com temperatura inicial de 20°C, foi imerso no recipiente de água quente com temperatura controlada de 50°C. A sistema era mantido até um tempo suficiente para que a temperatura das pastilhas chegassem próxima à temperatura do banho, relacionando assim a adimensionalização das temperaturas das amostras com o tempo. Foi feita uma repetição para cada amostra. As figs. 5 e 6 representam, respectivamente, as curvas com a temperatura adimensional e o regime transiente do primeiro ensaio.

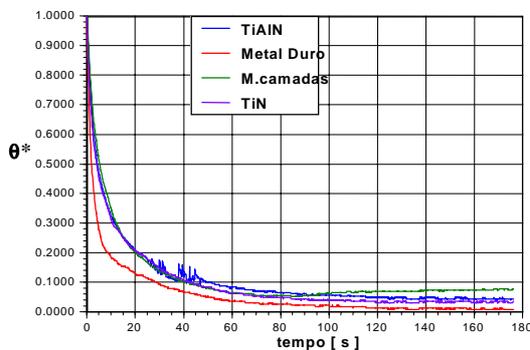


Fig. 5 Temperatura adimensional – 1º Ensaio

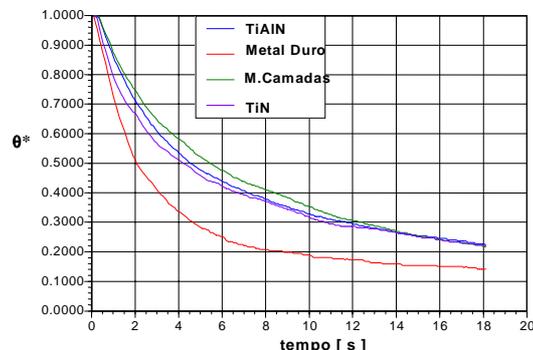


Fig. 6 Temperatura adimensional, reg. transiente-1º Ensaio

A constante de tempo estimada, τ_t , para cada amostra é: τ_t (TiAlN) = 7,27997; τ_t (Metal Duro) = 3,93701; τ_t (M.Camadas) = 8,14672 e τ_t (TiN) = 6,7933.

As figs. 7 e 8 representam, respectivamente, as curvas com a temperatura adimensional e o regime transiente do segundo ensaio.

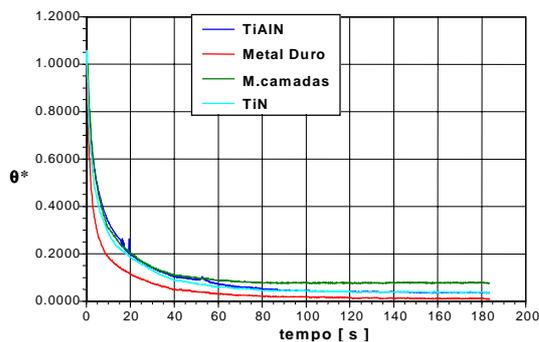


Fig.7 Temperatura adimensional – 2º Ensaio

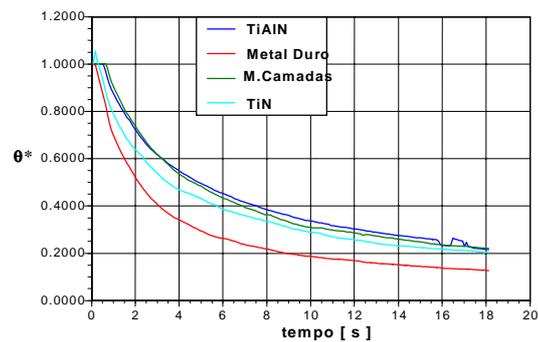


Fig. 8 Temperatura adimensional, reg. transiente-2º

A constante de tempo estimada, τ_t , para cada amostra é: τ_t (TiAlN) = 7,5101; τ_t (Metal Duro) = 4,0016; τ_t (M.Camadas) = 7,189 e τ_t (TiN) = 6,1026.

Para a obtenção das resistências térmicas convectivas dos revestimentos, eq. 4, calculou-se a capacidade térmica global do sólido considerando apenas o substrato de metal duro das ferramentas de corte, e a constante de tempo térmica foi estimada através de estimação de parâmetros. Os valores das resistências térmicas convectivas se encontram na tabela 1.

	Pastilhas com e sem revestimento			
	Metal Duro	TiN	TiAlN	Futura
Resistência Térmica convectiva (°C/W) 1º Ensaio	2,2705	3,9177	4,1984	4,6982
Resistência Térmica convectiva (°C/W) 2º Ensaio	2,3077	3,5194	4,3311	4,1459

Tabela 1. Valores das resistências térmicas convectivas dos revestimentos.

Através dos gráficos 5 e 7, pode-se afirmar que a pastilha revestida com multicamada apresentou temperaturas adimensionais maiores do que as outras, em seguida destacam-se as pastilhas revestidas com TiAlN, TiN e a lisa. No regime transiente, fig. 6, observa-se que o revestimento Multicamada também apresentou maior temperatura, já o revestimento TiAlN apresentou temperatura adimensional ligeiramente superior ao Multicamada no segundo ensaio, fig. 8. Essas diferenças de comportamento térmicos no regime transiente dos revestimentos também pode ser verificadas conforme as diferenças de resistências térmicas convectivas dos mesmos, tab. 1.

Dessa forma fica evidente a importância dos revestimentos para ferramentas de corte, uma vez que as mesmas podem apresentar uma maior vida útil quando submetidas a altas velocidades de corte e a seco.

Agradecimentos: os autores agradecem ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte financeiro e pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- INCROPERA, F. P., DE WITT, D. P., 1992, “Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa”, 455pags, 3rd Edition, Copyright by Editora Guanabara Koogan S.A.
 SILVA, M. B., MACHADO, Á. R.,1999, “Usinagem dos Metais”, pags 89-101, 4ª versão.