

COMPORTAMENTO AO DESGASTE DE INSERTOS DE AÇO RÁPIDO SINTERIZADOS PARA TORNEAMENTO

César Edil da Costa

UDESC-CCT / Joinville, edil@joinville.udesc.br.

Romário Mauricio Urbanetto Nogueira

UFSM-CTISM / Santa Maria, romarioun@ig.com.br.

Valdir Vermoehlen

UDESC-CCT / Joinville, dem6vav@joinville.udesc.br.

Resumo. O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento ao desgaste das ferramentas de aços rápidos tipo AISI M2, M3/2 e T15 produzidas por metalurgia do pó convencional e tratadas termicamente por têmpera e duplo revenido. Para a realização desta pesquisa foram produzidos insertos intercambiáveis triangulares. Para a análise do comportamento ao desgaste destes insertos foram realizados ensaios de torneamentos longitudinais, externos e de longa duração do aço ABNT 1045. Adotou-se o desgaste de flanco como parâmetro para avaliar a evolução do desgaste da ferramenta. Para medir o desgaste de flanco dos insertos utilizou-se microscópio de medição, equipado com micrômetros digitais. O desgaste de flanco das ferramentas foi avaliado periodicamente durante a execução dos testes após o término de cada passe (cada passe correspondendo a 5 minutos de usinagem). Para a condição de desgaste máximo aceitável, foi obedecida a norma ISO 3685, que recomenda como um dos critérios de fim de vida o desgaste de flanco máximo ($VB_{máx} = 0,6\text{mm}$). Nestes ensaios de desgaste por usinagem os insertos foram utilizados com o acabamento da sinterização sem polimento ou afiação, sendo a usinagem realizada sem a utilização de fluido de corte e com velocidade de 27 m/min, avanço de 0,05 mm/rotação e profundidade de corte de 0,5 mm.

Palavras-chave: aços rápidos, desgaste, insertos, metalurgia do pó, usinagem.

1. INTRODUÇÃO

Os aços rápidos (High Speed Steel, HSS) são extensivamente usados em ferramentas de usinagem e de conformação, como também para peças de fricção, devido a suas propriedades mecânicas superiores e da resistência à abrasão. Os aços rápidos podem ser divididos em grupos, os produzidos por métodos convencionais e os produzidos através da metalurgia do pó. Os HSS convencionais são produzidos através de processamentos metalúrgicos de alta-temperatura (fusão em fornos de arco-elétrico, vazamento contínuo ou descontínuo em tarugos ou lingotes, sendo conformados por laminação a quente ou forjamento) [1].

Nos aços ferramenta forjados há uma forte tendência para ocorrer segregações durante a solidificação em molde, resultando em uma microestrutura grosseira e não uniforme com variação na composição química. Esta tendência limita a dureza, gera problemas de tratamento térmico, e diminui a resistência ao desgaste. A metalurgia do pó é uma das alternativas, para superar estes problemas.

As vantagens dos aços rápidos sinterizados incluem maior resistência e durezas [2], principalmente por não possuir a tendência de apresentar segregação de elementos de liga, nos níveis de estrutura ou de microestrutura. Outras vantagens destes processos em relação a métodos convencionais são um desperdício de material, propriedades mecânicas isotrópicas e formas próximas da peça final [3].

Problemas de microestrutura em HSS via metalurgia do pó (PM), podem ter origem em uma temperatura de sinterização inadequada que promovem uma fusão indesejável e uma subsequente rede eutética no resfriamento.

Os aços rápidos sinterizados têm um campo de aplicação bem definido, em função das suas melhores propriedades em relação aos aços rápidos convencionais, porém, estas propriedades dependem do processo industrial. Quando é requerida uma densidade muito alta para adquirir propriedades mecânicas melhores, podem ser utilizadas várias rotas, por exemplo, sinterização em fase líquida, *spray forming* e compactação isostática a quente (*hot isostatic pressing, HIP*). Entre estas rotas, a HIP permite a obtenção de pré-forma de HSS livre de porosidade e com um tamanho pequeno de carboneto. Embora estes materiais tenham boas propriedades eles são mais caros que os HSS forjados devido ao custo mais alto da compactação isostática a quente [4].

O método industrial para a produção de HSS via PM, extensamente usado é a consolidação do pó através de compactação uniaxial a frio e a posterior sinterização dos compactados. Neste caso, são usados pós mais baratos atomizados em água. Estes pós resultam em partículas com formas irregulares, e são particularmente apropriados para a compactação uniaxial a frio, possibilitando a fabricação de peças de formas complexas com altas taxas de produção e utilizando prensas mecânicas ou hidráulicas [1].

De acordo com dados da revista Máquinas e Metais sobre os principais números que compõem o perfil econômico das empresas prestadoras de serviços de usinagem para terceiros, no ano de 2003, 93,54% destas empresas confirmaram que utilizam ferramentas de corte de metal duro para atender aos seus pedidos e 79,83% necessitam do aço rápido. Ferramentas de corte de cerâmica são utilizadas em 35,68% das prestadoras de serviços de usinagem, 20,16% empregam o nitreto cúbico de boro (CBN), 14,31% precisam de Cermet e 10,48% das empresas da área usam diamante policristalino (PCD) [5].

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O objetivo deste trabalho é a análise do comportamento ao desgaste das ferramentas de aços rápidos tipo M2, M3/2 e T15, produzidas por metalurgia do pó convencional e ensaiadas através do processo de torneamento longitudinal do aço ABNT 1045. Para a realização deste estudo foram produzidos insertos intercambiáveis triangulares compactados uniaxialmente a frio e sinterizados em forno tubular com atmosfera protetora de gás mistura especial ($N_2/8\%H_2$) com taxas de aquecimento de 10 °C /min e tempo de permanência na temperatura de sinterização de 60 minutos, após sinterizados os insertos foram tratados termicamente por têmpera e duplo revenidos.

Os parâmetros de processamento utilizados na fabricação dos insertos (Tabela 1), foram determinados através da análise da microestrutura, da medição da densidade, da variação volumétrica e dureza dos três materiais.

O comportamento ao desgaste das ferramentas de usinagem é avaliado através de ensaios de torneamentos longitudinais, externos e de longa duração, executados em torno convencional. Para a condição de desgaste máximo aceitável, segue-se a norma ISO 3685 [6], que recomenda como um dos critérios de fim de vida o desgaste de flanco máximo ($VB_{m\acute{a}x} = 0,6mm$). A avaliação do desgaste de flanco dos insertos é realizada através do microscópio de medição, equipado com micrômetros digitais. O desgaste de flanco das ferramentas foi avaliado periodicamente durante a execução dos testes após o término de cada passe, cada passe correspondendo a 5 minutos de usinagem.

Os parâmetros de corte adotados foram, Velocidade de Corte 45m/min indicada por Hoyle⁷, Avanço de 0,1mm/rotação (< máximo de 0,8 x raio indicado pela norma 3685) e Profundidade de corte – 1mm

(entre 2 e 10 vezes o raio como indicado pela norma ISSO 3685), pois os inserts foram fabricados com raio de ponta com 0,5mm.

Tabela 1. Parâmetros de processamentos utilizados na fabricação dos inserts de aços rápidos sinterizado do tipo M2, M3/2 e T15, utilizados nos ensaios de desgaste por usinagem.

			Têmpera				1° e 2° Revenidos	
Compactação		Sinterização	Austenitização		Resfriamento		Aquecimento	
Material	Pressão [MPa]	Temperatura [°C]	Temperatura [°C]	Tempo [min]	Temperatura [°C]	Meio	Temperatura [°C]	Tempo [h]
M2		1285						
M3/2	700	1225	1150	3	80	Óleo	560	2
T15		1225						

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Para na análise inicial dos inserts fez-se um 1° ensaio de desgaste com uma ferramenta de HSS M2 com velocidade de corte = 45m/min, avanço = 0,1mm/rotação e profundidade de corte = 1mm o que resultou na destruição da aresta de corte após 2 minutos de usinagem com um desgaste de flanco atípico que atingiu 2,38mm. Na figura 1 é apresentada a aresta deste 1°ensaio, onde em (a) flanco de incidência se percebe um desgaste por deformação plástica da aresta de corte e em (b) lado oposto ao de incidência observa-se à cor azulada da superfície indicando que a quina da ferramenta superaqueceu.

Com a destruição prematura da aresta de corte do 1°ensaio partiu-se para realização do 2° ensaio onde os novos parâmetros de corte foram, velocidade de corte = 27m/min, avanço = 0,1mm/rotação e profundidade de corte = 1mm o que também resultou na rápida destruição da aresta de corte com o desgaste de flanco atingindo 1,29mm em apenas 2 minutos de usinagem ocorrendo novamente desgaste por deformação plástica da aresta de corte.

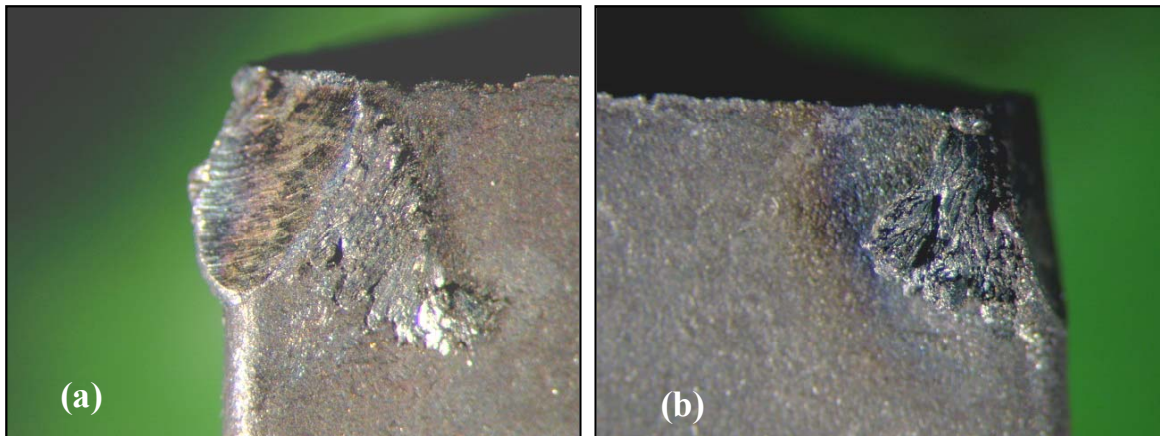


Figura 1. Desgaste de flanco uma ferramenta de M2 após 2 minutos de usinagem com velocidade de corte = 45m/min, profundidade = 1mm e avanço 0,1mm/rotação; onde (a) indica aresta de incidência e (b) aresta oposta a aresta de incidência.

Foram definidas novas condições de ensaios, com velocidade de corte = 27m/min, avanço = 0,05mm/rotação e profundidade de corte = 0,5mm o que resultou em um desgaste de flanco típico, de apenas 0,220mm em 3 minutos de usinagem, então com estes parâmetros realizou-se mais um ensaio

com tempo de usinagem de 9 minutos e que produziu um desgaste de flanco típico de 0,357mm, indicando que estes parâmetros de corte do eram adequados para o acompanhamento do desgaste das ferramentas de HSS M2.

Determinados os parâmetros de corte adequados para as ferramentas de HSS M2, partiu-se para ensaios de usinagem para verificar se estes parâmetros também eram adequados para o HSS M3/2 e para o HSS T15. Onde para os insertos de M3/2 foram realizados dois ensaios, um com tempo de usinagem de 4 minutos em que o desgaste de flanco atingiu 0,179mm e outro com tempo de 16 minutos com o desgaste de flanco alcançando 0,686mm. Já para os insertos de HSS T15 no ensaio com tempo de 4 minutos o desgaste de flanco alcançou 0,325mm e no outro ensaio com tempo de 21 minutos o desgaste de flanco atingiu 0,660mm.

Depois de analisados os resultados dos ensaios de usinagem preliminares, mesmo com os insertos de HSS M3/2 e de HSS T15 tendo alcançado desgastes superiores ao apresentado pelos insertos de HSS M2 ao se utilizar velocidade de corte = 27m/min, avanço = 0,05mm/rotação e profundidade de corte = 0,5mm, optou-se pela utilização destes parâmetros de corte nos ensaios posteriores, adotando-se o critério de fim da vida das ferramentas $VB_{m\acute{a}x} = 0,6\text{mm}$. A evolução dos desgastes de flanco foi acompanhada com a medição do desgaste de flanco a cada 5 minutos de usinagem e com estes valores foram construídas as curvas de desgaste apresentadas na figura 2.

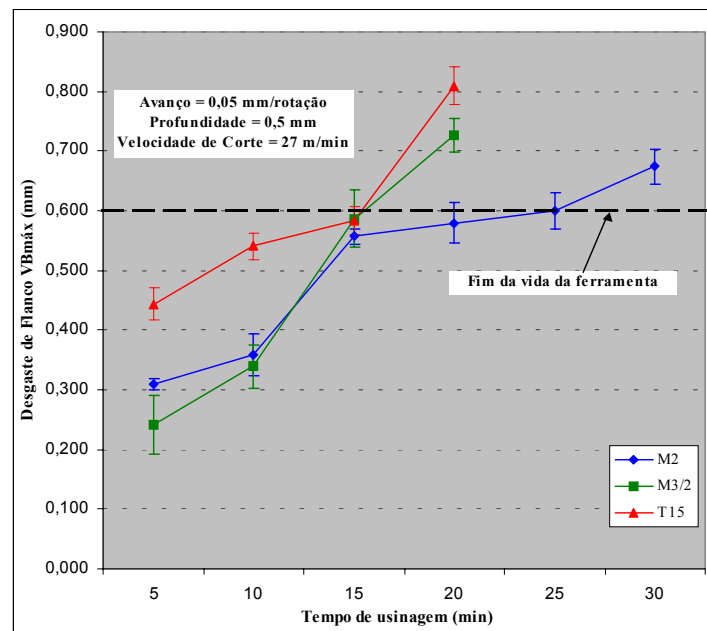


Figura 2. Desgaste de Flanco em função do tempo de corte para as ferramentas de HSS M2, M3/2 e T15 sinterizadas.

Pela análise da figura 2 observa-se que a ferramenta de M2 teve melhor desempenho que as ferramentas de M3/2 e T15, pois com vinte minutos de usinagem as ferramentas de M3/2 e T15 já tinham ultrapassado o critério de fim de vida da ferramenta enquanto que a ferramenta de M2 só foi ultrapassar o critério de fim de vida com 30 minutos de usinagem.

Até 10 minutos de usinagem (Figura 2) o desgaste da ferramenta de M3/2 com $VB_{m\acute{a}x} = 0,339\text{ mm}$ foi inferior ao desgaste das ferramentas de M2 com $VB_{m\acute{a}x} = 0,359\text{ mm}$ e T15 com $VB_{m\acute{a}x} = 0,541\text{ mm}$, com 15 minutos de usinagem o desgaste da ferramenta de M3/2 com $VB_{m\acute{a}x} = 0,587\text{ mm}$ ultrapassou o desgaste do M2 com $VB_{m\acute{a}x} = 0,557\text{ mm}$.

Com 20 minutos de usinagem os desgastes das ferramentas de M3/2 com $VB_{m\acute{a}x} = 0,727$ mm e de T15 com $VB_{m\acute{a}x} = 0,809$ mm ultrapassaram o critério de vida útil da ferramenta, já a ferramenta de M2 atingiu um desgaste com $VB_{m\acute{a}x} = 0,580$ mm inferior ao critério de fim da vida da ferramenta, que só foi alcançado com 25 minutos, e ultrapassado aos 30 minutos de usinagem com a ferramenta atingindo um valor de desgaste com $VB_{m\acute{a}x} = 0,674$ mm.

No acompanhamento da evolução dos desgastes dos inserts de HSS M2, já com os parâmetros de corte ajustados observou-se que o desgaste das arestas de corte evolui de forma satisfatória apresentando um desgaste de flanco sem a presença de desgaste de entalhe (Figura 3).

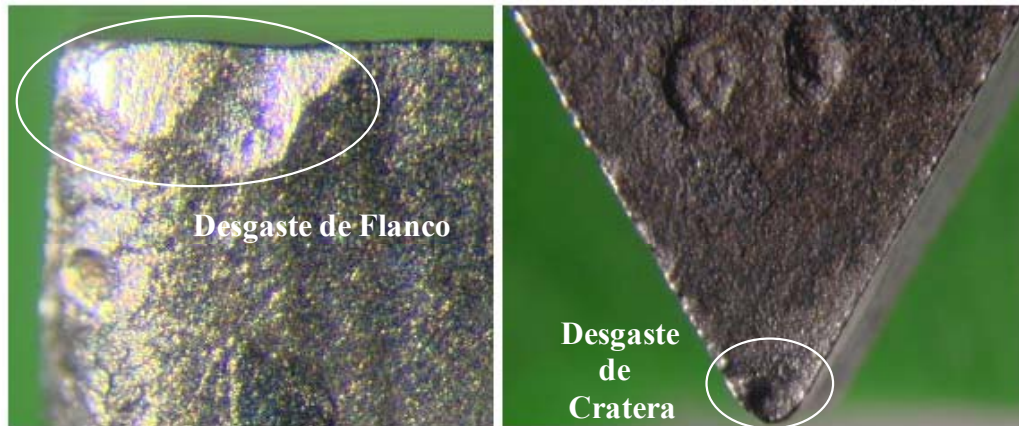


Figura 3. Desgaste de flanco e de cratera uma ferramenta de M2 após 20 minutos de usinagem com velocidade de corte = 27m/min, profundidade = 0,5mm e avanço 0,05mm/rotação.

Na figura 4 observa-se o desgaste flanco de uma ferramenta de HSS M2 com torneamento de 30 minutos e que, além do desgaste de flanco, apresentou desgaste de entalhe (VB_N). Nota-se que com este tempo de usinagem o desgaste de flanco é ligeiramente superior ao desgaste de flanco máximo ($VB_{m\acute{a}x} = 0,6$ mm) admitido pela norma ISO 3685⁶ como um dos critérios de fim de vida das ferramentas, conforme se pode observar pela curva de desgaste das ferramentas de HSS M2 apresentada na figura 2.

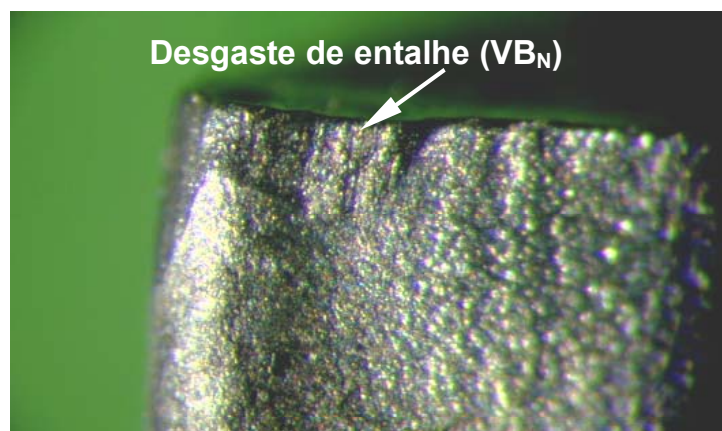


Figura 4. Desgaste de flanco de uma ferramenta de M2 após 30 minutos de usinagem com velocidade de corte = 27m/min, profundidade = 0,5mm e avanço 0,05mm/rotação, com a presença do desgaste de entalhe.

4. CONCLUSÕES

Não ocorreu quebra das ferramentas durante os ensaios de usinagem, o que indica que as mesmas têm uma boa tenacidade. Demonstrando possuírem potencial para tratamento superficial que aumente a resistência ao desgaste.

Mesmo em condições severas de usinagem, isto é sem a utilização de fluídos de refrigeração, a velocidade de corte alcançada foi de 27m/min.

A forma do desgaste de flanco encontrado nos insertos ensaiados após o ajuste dos parâmetros de corte esta de acordo com o desgaste de flanco apresentado pelas teorias de desgaste dos aços rápidos quando os mesmos são utilizados em condições adequadas de usinagem.

Pra as condições propostas de ensaios preliminares com base na norma ISSO 3685 todos os resultados foram, muito promissores, sendo que o aço M2 para as condições estudadas teve um melhor desempenho quanto ao desgaste.

5. REFERÊNCIAS

1. SUSTARSIC, B.; KOSEC, L.; JENKO, M.; LESKOVSEK, V. Vacuum sintering of water-atomised HSS powders with MoS₂ additions, **Vacuum**, 61, 2001, pg. 471- 477.
2. STEVENSON, R. W. – **P/M Tools Steels** – Project Manager/ Material Group Energy Technology Division Midland – Ross Corp, Metals Handbook ninth edition volume 7, 1984, pg. 784 e 793.
3. VÁREZ, A.; Portuondo, J.; Levenfeld, B.; Torralba, J. M. Processing of P/M T15 High Speed Steels by Mould Casting Using Thermosetting Binders, **Materials Chemistry and Physics**, 67, 2001, pg. 43-48.
4. CAMBRONERO, L.E.G.; Gordo, E.; Torralba, J.M.; Ruiz-Prieto, J.M.; **Materials Science and Engineering A207** (1996) 36-45.
5. MÁQUINAS E METAIS, **Máquinas CNC entre prestadores de serviço de usinagem já chegam a 25%**, Revista Máquinas e Metais, Aranda Editora, ano XL nº454 - novembro, 2003, pg. 58 -61.
6. THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **Tool-Life testing with single-point turning tools**, ISO 3685, 1977.
7. HOYLE, G. **High Speed Speels**, First Edition, UK, Butterworth & co. Ltda, 1988.

WEAR BEHAVIOR OF HIGH SPEED STEEL INSERTS FOR MACHINING

César Edil da Costa

UDESC-CCT / Joinville, edil@joinville.udesc.br.

Romário Mauricio Urbanetto Nogueira

UFSM-CTISM / Santa Maria, romarioun@ig.com.br.

Valdir Vermoehlen

UDESC-CCT / Joinville, dem6vav@joinville.udesc.br.

***Abstract.** The main aim of this work was to study the wear behavior of inserts made from AISI M2, M3/2 and T15 high-speed steels produced by the conventional powder metallurgy process. A die were specially designed in order to fabricate the triangular inserts by powder metallurgy to be used in the wear tests by machining. Diverse sintering temperatures were utilized (1150°C, 1200°C, 1225°C, 1270°C and 1285°C), and we observed that the temperature of 1285°C was the most appropriated sintering temperature for AISI M2 while for M3/2 and T15 high-speed steels was 1225°C. The conditions of maximum acceptable wear are specified by ISO 3685 standard that indicates the criterion of life end as being the flank wear maximum (VB_{max}) of 0,6mm. In this work the flank wear parameters were evaluated each 5 minutes of machining. The experimental results of wear tests by machining showed that all the inserts presented a satisfactory performance, independent of the use or not of cutting fluid, when utilizing them for continuous cut turning of ABNT 1045 rolled steel employing a speed of 27m/min and a cutting depth of 0,5mm and feed of 0,05mm/revolutions during 30 minutes. It is important to point out that these results were achieved by using inserts in the as sintering condition, which means that a superior surface finishing, such as polishing and sharpening, will probably provide a much better results, indicating a good perspective for the use of these materials as inserts for machining.*

***Keywords.** High-speed steels, wear, inserts, powder metallurgy, machining.*