

## APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS CERÂMICAS NO TORNEAMENTO DE CILINDROS LAMINADORES

### **Marcos Valério Ribeiro**

*Livre Docente, Departamento de Materiais e Tecnologia, UNESP- Guaratinguetá  
Av. Ariberto P. da Cunha, 333, Guaratinguetá, SP, CEP 12516 410  
e-mail: mvalerio@feg.unesp.br*

### **Ernesto Pedro Malère**

*Gestão do Conhecimento, Aços Villares SA  
Biblioteca, Usina Luiz D. Villares km 2, Pindamonhangaba, SP, CEP 12442 260  
e-mail: ernesto.malere@villares.com.br*

### **João Carlos Ribeiro**

*Engenharia de Usinagem, Aços Villares SA  
Cilindros, Usina Luiz D. Villares km 2, Pindamonhangaba, SP, CEP 12442 260  
e-mail: joao.ribeiro@villares.com.br*

**Resumo:** *As ferramentas de cerâmica constituem apenas 5% do mercado total de ferramentas de usinagem. A velocidade de corte é a influência dominante sobre a temperatura da ferramenta; materiais de corte com melhor resistência a quente permitem maiores taxas de produtividade porque permitem maiores velocidades de corte. Apesar da maior vida de corte e velocidade que os insertos de cerâmica permitem com relação ao metal duro comum ou revestido (inclusive pelo fato de serem reafióveis), sua maior tendência à fratura (e a aleatoriedade desta) têm restringido sua aplicação em usinagem. Vários tipos de cerâmica têm sido utilizados, mas apenas duas estão em uso corrente: a base de alumina (mais resistente ao desgaste) e a base de nitreto de silício (mais resistente à fratura). A forma alongada do grão de nitreto de silício, colabora com essa tenacidade (elevada razão de aspecto). O maior problema das cerâmicas, e que limita sua aplicação mais ampla, é a falta de tenacidade; o que resulta em quebra e lascamento. O ideal é que a cerâmica desgaste por abrasão ou desgaste químico. Para aplicar cerâmicas, a máquina ferramenta deve ser capaz de operar em alta velocidade sem vibrações indevidas. O objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicabilidade das ferramentas de cerâmica ao torneamento de ferros fundidos e aços de alta resistência ao desgaste e alta resistência mecânica, utilizados na confecção de cilindros laminadores, estruturando e fixando o conhecimento adquirido em uma implantação prática industrial.*

**Palavras-chave:** *usinagem, ferramentas cerâmicas, cilindros laminadores, desgaste.*

## 1. INTRODUÇÃO

As vendas de ferramentas de cerâmica constituem algo menos de 5% das vendas totais de ferramentas de usinagem, incluindo aqui as ferramentas de metal duro, segundo TRENT<sup>(1)</sup>. Em materiais endurecidos aplicados em cilindros de laminação (como aços temperados e ferros fundidos coquilhados), os insertos de cerâmica permitem obter velocidade de corte pelo menos três vezes maior que os insertos de metal duro comuns, com avanços da ordem da metade (devido à maior fragilidade das cerâmicas).

Destas condições de corte, resultam taxas de remoção de cavaco em geral 70% maiores do que possíveis com metal duro conforme MALÈRE<sup>(6)</sup>.

A velocidade de corte é a influência dominante sobre a temperatura; materiais de corte com melhor resistência a quente permitem maiores taxas de produtividade porque permitem maiores velocidades de corte.

Comparativamente ao metal duro revestido, as cerâmicas possuem a vantagem de serem reafiáveis, propiciando portanto uma economia maior. No entanto a maior tendência à fratura (e a aleatoriedade desta) têm restringido a aplicação de cerâmicas em usinagem.

Vários tipos de cerâmica têm sido utilizados em usinagem ao longo do tempo, mas apenas duas famílias estão em uso comum atualmente: a base de alumina (mais resistentes ao desgaste) e a base de nitreto de silício (mais duras e mais tenazes do que as aluminas, porém mais reativas na usinagem de ligas ferrosas), de acordo com VLEUGELS<sup>(3)</sup>.

As cerâmicas a base de alumina utilizadas na usinagem de cilindros de laminação contém aditivos tais como o TiC para melhoria de propriedades mecânicas, e são chamadas comercialmente de cerâmicas mistas, ou pretas. As cerâmicas a base de nitreto de silício mais utilizadas na usinagem de desbaste de cilindros (operação enfatizada neste estudo), são: nitreto de silício (com aditivos), e SiAlONs.

Este último material é uma solução sólida de nitreto de silício sinterizado na presença de alumina e sílica, que possui maior dureza a quente com relação ao nitreto de silício puro conforme DE SOUZA<sup>(7)</sup>. A elevada razão de aspecto dos grãos de nitreto de silício após sinterização explica a sua elevada resistência à fratura conforme BALDONI<sup>(4)</sup>.

O maior problema das cerâmicas, e que limita sua aplicação mais ampla, é a falta de tenacidade, o que resulta em quebra e lascamento. O ideal é que a cerâmica desgaste por abrasão ou desgaste químico, já que as trincas e lascamentos crescem subitamente inutilizando o inserto e eventualmente danificando a peça.

Para aplicar cerâmicas, a máquina ferramenta deve ser capaz de operar em alta velocidade para aproveitar a capacidade das cerâmicas de resistir altas temperaturas de corte; e deve ser rígida o suficiente para evitar vibrações excessivas que a baixa tenacidade da cerâmica não suportaria.

O objetivo deste trabalho é o de demonstrar a aplicabilidade das ferramentas de cerâmica em algumas das operações de torneamento de ferros fundidos coquilhados e aços temperados com alta resistência ao desgaste e alta resistência mecânica, utilizados na confecção de cilindros laminadores.

As observações de processo foram realizadas na fábrica de cilindros da Aços Villares, Usina de Pindamonhangaba. Outro dos propósitos do trabalho foi o de estruturar e fixar o conhecimento adquirido na implantação de cerâmicas no mencionado ambiente industrial, com o intuito de facilitar a transmissão do mesmo bem como sua análise, discussão e melhoria.

O torneamento de materiais endurecidos é chamado também de torneamento duro, processo do qual o torneamento de cilindros de laminação constitui um exemplo. O torneamento duro é aplicado geralmente, quando se pretende minimizar (ou eliminar totalmente) o acabamento de retífica nas peças endurecidas.

As ferramentas de cerâmica podem, dentro de certas condições de superfície das peças em usinagem, ser utilizadas também no desbaste de ferros fundidos endurecidos com vantagens sobre o metal duro. A consulta bibliográfica permitiu embasar teoricamente as experiências práticas

permitindo uma melhor compreensão do comportamento das ferramentas de cerâmica durante os processos estudados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O torneamento de aços forjados endurecidos (por têmpera e revenimento) e de ferros fundidos endurecidos (por fundição em coquilha metálica com posterior tratamento térmico) é um tema de suma importância para os fabricantes e usuários de cilindros de laminação para trabalho a quente ou a frio. Para maximizar a vida dos cilindros durante as campanhas de laminação (ou seja, no período em que o cilindro trabalha continuamente no laminador até ser substituído por outro novo ou recuperado), a camada endurecida na área de trabalho dos cilindros (sua mesa) deve resistir ao desgaste e às deformações permanentes induzidas pelo material em processo de laminação.

Os requisitos dimensionais e geométricos dos produtos planos (chapas) em planicidade e espessura; e dos produtos longos (barras e fio máquina) em diâmetro e forma, apresentam progressivamente menores tolerâncias admissíveis por exigência das indústrias que os utilizam. Isto faz com que os fabricantes de cilindros tenham aumentado os níveis de dureza para minimizar os desgastes dos mesmos, colocando desafios adicionais para as usinagens das fábricas de cilindros, e das oficinas de calibração e re-usinagem das laminações que os utilizam.

As cerâmicas para usinagem (que iniciaram sua comercialização em maior escala na década de 1990) de acordo com BALDONI<sup>(4)</sup> e SHAW<sup>(5)</sup>, fazem parte das soluções encontradas para lidar produtivamente com os altos níveis de dureza desses tipos de materiais, devido à sua capacidade de trabalho em altas velocidades.

É reconhecida na prática, a superioridade deste tipo de ferramentas no acabamento de aços e ferros endurecidos com relação ao metal duro. No entanto as cerâmicas a base de nitreto de silício são utilizadas também com vantagens sobre o metal duro, nos desbastes de cilindros de ferro fundido; incluindo nesta operação não apenas os pescoços (de ferro nodular ou cinzento, de durezas da ordem de 35 HRC), como também as mesas endurecidas por coquilhamento, sejam estas de ferro coquilhado de têmpera definida ou indefinida, ou de ferro nodular coquilhado com durezas de até 60 HRC.

Esta aplicação é viável apenas quando as peças brutas de fundição apresentam boas condições de superfície, sem entranhamentos de tinta refratária, e dureza homogênea. A menor tenacidade da cerâmica, que faz com que os avanços de usinagem devam ser menores do que aqueles utilizados em situação similar com metal duro, são compensadas pela maior velocidade de corte utilizável devido à melhor resistência da cerâmica às maiores temperaturas de corte, dando lugar a um ganho na taxa horária de remoção de cavaco.

Na usinagem da fábrica de cilindros da Aços Villares SA foi iniciada a utilização de cerâmicas em 1993, quando foram incorporados novos tornos para realizar a usinagem de cilindros de ferro fundido atendendo necessidades de aumento de produção. A concepção das novas máquinas (controladas a CNC) assegurando alta rigidez, permitiu que fosse introduzida a tecnologia do uso de ferramentas cerâmicas em substituição às ferramentas de metal duro utilizadas até esse momento.

Inicialmente utilizadas apenas no acabamento das mesas de ferro endurecidas, as cerâmicas (na classe adequada) também foram introduzidas no desbaste de mesas de ferros ligados coquilhados (apenas nos cilindros obtidos através de processos que resultam em superfície homogênea da peça fundida), e seus pescoços em ferro cinzento e nodular.

Já nos cilindros de aço forjado, as ferramentas de cerâmica não obtiveram maior taxa de remoção de cavaco em relação ao metal duro durante o desbaste, com o agravante de apresentarem muitas quebras devido à superfície irregular dos cilindros brutos de forjaria. Na prática, o uso das cerâmicas em cilindros de aço ficou restrita ao acabamento das mesas (e suas bordas temperadas) e em certos casos, dos pescoços dos cilindros, principalmente quando temperados, vide MALERE<sup>(6)</sup>.

A explicação para esse comportamento reside no fato das cerâmicas desempenharem melhor em materiais que usinam com baixa energia específica de corte, tais como os materiais que produzem cavacos quebradiços (curtos) durante a usinagem conforme enunciado por KING<sup>(2)</sup>. As cerâmicas embora mais resistentes aos efeitos da temperatura que o metal duro, também são afetadas por esta; por isto materiais susceptíveis ao encruamento, de acordo com SHAW<sup>(5)</sup>, e que produzem cavacos contínuos (longos) como os aços normalizados que constituem os pescoços dos cilindros e em certos casos suas mesas de trabalho, não se prestam ao desbaste com este tipo de ferramentas.

Com efeito, as cerâmicas apresentam elevado desgaste no desbaste de aços para cilindros com tratamento térmico de normalização. Esta operação é realizada com ferramentas de ângulo de posição  $\lambda$  de 15° (desbaste em material endurecido) a 45° (pescoço), utilizando-se avanços elevados para se conseguir boa produtividade da operação. Os maiores avanços não são bem suportados pelas cerâmicas nesta aplicação, sendo alta a frequência de fraturas. Por último o estado de superfície dos cilindros forjados em prensa de forjamento livre (como as utilizadas para o forjamento de cilindros de aço) é irregular, com marcas e facetados provocados pelas bigornas, e com carepa espessa decorrente do forjamento e dos tratamentos térmicos posteriores de recozimento e normalização de acordo com MALÈRE<sup>(6)</sup>.

Portanto, observa-se uma conjunção de fatores desfavoráveis ao uso de cerâmicas de qualquer uma das classes disponíveis, no processo atualmente utilizado de desbaste de mesa e pescoços de cilindros de aço.

### 3. ACOMPANHAMENTO DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO (PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL)

#### 3.1. Materiais componentes dos cilindros

Podem ser visualizados como exemplo (Figura 1), a microestrutura de ferro fundido com mesa de coquilhamento definido utilizado em cilindros acabadores de laminação de produtos não planos; e os cavacos retirados na operação de desbaste.



Figura 1. Microestrutura de ferro fundido de coquilhamento definido, e cavacos retirados da mesa de dureza 59 HRC

É possível visualizar abaixo (Figura 2) a microestrutura de mesa de ferro fundido nodular coquilhado aplicado em cadeiras acabadoras de laminação de produtos não planos; e os cavacos retirados na operação de desbaste.

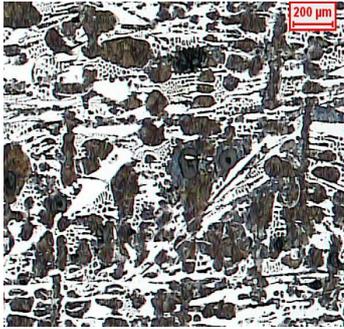


Figura 2. Microestrutura de ferro fundido nodular coquilhado, e cavacos retirados da mesa de dureza 49 HRC

Os cilindros de ferro fundido coquilhado para laminação de produtos não planos (definido, indefinido, nodular, e outros tipos) são desbastados com cerâmicas de nitreto de silício; o processo de fundição por centrifugação, ou de fundição convencional, destes cilindros, permite obter superfícies brutas de fundição homogêneas sob o aspecto de distribuição de durezas, e com pouco entranhamento da tinta da fundição.

No caso deste desbaste não ser possível devido a pontos duros na superfície, restos de areia ou tintas de fundição, ou ainda excessiva carepa de tratamento térmico, o desbaste da mesa é realizado com metal duro para evitar quebras frequentes de inserts de cerâmica.

Já o desbaste e acabamento dos pescoços (que geralmente apresentam superfície homogênea) de todos os tipos de ferros fundidos acima descritos para produtos não planos, são igualmente realizados com cerâmicas de nitreto de silício. O acabamento final de torno em mesas e pescoços é realizados com alumina mista.

Os cilindros de ferro coquilhado para laminação de produtos planos são fundidos por centrifugação, mas devido ao seu maior tamanho e portanto ao maior tempo de permanência no molde, e outras peculiaridades do processo, irão apresentar uma superfície bruta de fundição mais heterogênea que impede a utilização de cerâmicas de nitreto de silício para o desbaste das mesas, exceto os cilindros de menor dureza (abaixo de 57 HRC), que mesmo com as heterogeneidades mencionadas permitem desbaste com cerâmica. Os pescoços deste tipo de cilindros são desbastados sem inconvenientes com nitreto de silício, já que apresentam baixa dureza e superfície bruta homogênea.

As fotografias (Figura 3) permitem apreciar uma micrografia do pescoço em ferro fundido nodular de um cilindro para laminação de produtos planos, e os cavacos de tipo tubular/ agulhado retirados durante a operação de desbaste.



Figura 3. Microestrutura de ferro fundido nodular, e cavacos retirados no desbaste de pescoços de dureza 35 HRC

É possível comparar (Tabela 1) parâmetros típicos de usinagem e de taxa de remoção de material, obtidos com ferramentas de cerâmica e de metal duro, em cilindros de ferro fundido com mesa de coquilhamento definido.

Tabela 1. Parâmetros de usinagem médios utilizados no desbaste de mesas de ferros fundidos definidos de dureza 59 HRC.

Operação	Classe do inserto	Geometria	ap (mm)	f (mm/rot)	Vc (m/min)	Tr (kg/h)
Desbaste de mesa em ferro definido de cilindros acabadores para produtos não planos	K01	SNGN 56	10	2	30	282,6
	KY3000	SNG 12800 T	10	1	100	471,0

A próxima tabela (Tabela 2) contém os parâmetros de corte utilizados com metal duro e com cerâmica (nitreto de silício) no desbaste de pescoços de ferro fundido nodular de dureza 35 HRC. Deve ser notada a taxa de remoção de cavaco obtida com cerâmica, praticamente o dobro do que a obtida com metal duro.

Tabela 2. Parâmetros de corte comparativos para metal duro e cerâmica de nitreto de silício utilizados no desbaste de pescoços de ferro fundido nodular de 35 HRC.

Operação	Classe do inserto	Geometria	ap (mm)	f (mm/rot)	Vc (m/min)	Tr (kg/h)
Desbaste de raio entre a mesa e os pescoços, e dos pescoços de ferro nodular, de cilindros para produtos planos a quente	K01	SNGN 56	20	18	40	678,2
	KY3000	LNU 6688 T	20	1	140	1318,8

Por meio das próximas fotografias (Figura 4) podem ser comparados os cavacos de um aço ligado com 0,4% de C, que recebeu têmpera diferencial apenas na superfície da sua mesa de trabalho, com pescoço normalizado. O acabamento da mesa (que apresenta microestrutura martensítica e dureza da ordem de 49 HRC) é realizado com cerâmica de óxido de alumínio com uma taxa de remoção 4 vezes maior do que a conseguida se utilizado metal duro

No entanto, o desbaste do pescoço, que sofre apenas tratamento térmico de normalização e apresenta microestrutura predominantemente perlítica, não é realizado com cerâmica devido à elevada taxa de desgaste e quebras que a mesma sofreria nesta operação. As ferramentas utilizadas para este desbaste são de metal duro, e o cavaco retirado nesta operação é do tipo contínuo em forma de mola.



Figura 4. À esquerda, microestrutura martensítica da mesa de um cilindro de encosto para laminação de produtos planos em aço ligado de 0,4% C; no centro, cavacos obtidos no acabamento da mesa com cerâmica; à direita, cavaco obtido no desbaste do pescoço do mesmo cilindro (microestrutura perlítica), utilizando ferramenta de metal duro.

Nas fotografias seguintes (Figura 5) podem ser comparados os cavacos de um aço ligado para laminação de tiras a frio com 0,8% de C, que recebeu têmpera diferencial na superfície da sua mesa de trabalho, com pescoço normalizado. O acabamento da mesa (que apresenta microestrutura martensítica e dureza da ordem de 60 HRC) é realizado com cerâmica de óxido de alumínio com uma taxa de remoção 4 vezes maior do que a obtida com utilização de metal duro, vide MALÈRE<sup>(6)</sup>. No entanto, o desbaste do pescoço, que permanece normalizado e apresenta microestrutura perlítica, não é levado a cabo com cerâmica devido à elevada taxa de desgaste e quebras que a mesma sofreria nesta operação. As ferramentas utilizadas são de metal duro, e o cavaco retirado nesta operação é do tipo contínuo tubular, apresentando quebras devido à ação do quebra-cavacos e parâmetros de corte adotados.

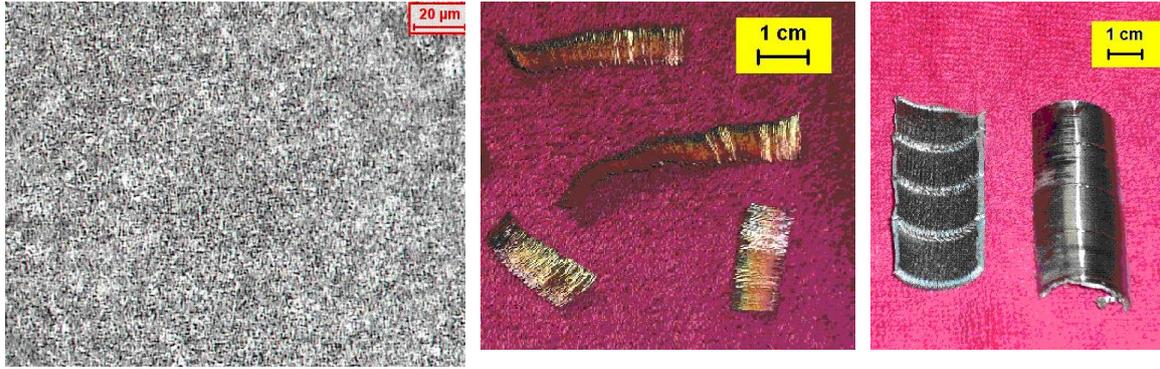


Figura 5. À esquerda, microestrutura martensítica da mesa de um cilindro para laminação de produtos planos a frio, em aço ligado de 0,8% C; no centro, cavacos obtidos no acabamento da mesa com cerâmica; à direita, cavaco obtido no desbaste do pescoço do mesmo tipo de cilindro (com microestrutura perlítica), utilizando ferramenta de metal duro.

### 3.2. Materiais de corte

Na fotografia (Figura 6) podem ser apreciados os insertos mais utilizados em desbaste e acabamento de cilindros.



Figura 6. Principais insertos utilizados nos processos de torneamento em cilindros de laminação

Na tabela seguinte (Tabela 3), são relacionadas as classes de insertos utilizadas nesta aplicação, bem como suas geometrias (nomenclatura dos fabricantes) e sua composição. NTK<sup>(8)</sup>, KENNAMETAL<sup>(9)</sup>

Tabela 3.: Fabricantes, composição química, marcas e geometrias dos insertos utilizados no torneamento de cilindros de laminação.

Fabricante	Composição	Marca fabricante	RCMA 321900 T	LNU 6688 T	SNG 12800 T
Kennametal	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiC	K090	X	X	X
Kennametal	SiAlON	KY3000		X	
NTK	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiC	HC2	X	X	X
NTK	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	SX1		X	

### 3.3. Cilindros de Ferro Fundido

O desbaste das mesas dos cilindros de ferro fundido pode ser realizado com ferramentas de nitreto de silício ou de SiAlON com geometria LNU 6688 T, caso a superfície bruta de fundição seja regular e não apresente pontos duros ou restos de tinta refratária de fundição.

O cavaco formado nesta operação tende ao formato de fita de fácil fragmentação. Os pescoços dos cilindros de ferro fundido (fabricados na sua maior parte com ferro nodular) apresentam geralmente superfície regular com poucos restos de areias de molde de fundição, viabilizando um desbaste com as ferramentas de nitreto de silício a partir do estado bruto de fundição. O cavaco formado nesta operação tende a apresentar aspecto tubular agulhado (fácil fragmentação). Alguns tipos de cilindros que apresentam na sua mesa coquilhada, heterogeneidades superficiais devidas ao processo de fundição utilizado (por exemplo respiros de saída de gases), devem ser desbastados com metal duro, porque provocam a quebra excessiva dos insertos de cerâmica. O acabamento de mesas e pescoços (geralmente sobremetais de menos de 3 mm) é realizado com ferramentas de cerâmica de óxido de alumínio, com bons resultados dimensionais devido à sua pequena taxa de desgaste.

### 3.4. Cilindros de Aço

Os cilindros de aço forjado são habitualmente desbastados com metal duro nas suas mesas e pescoços, devido à superfície irregular (facetada) produzido pelo forjamento em matriz aberta, que provoca quebra excessiva dos insertos de cerâmica. O desbaste dos pescoços (diferentemente do desbaste dos cilindros de ferro fundido) gera cavacos mais longos devido à microestrutura predominantemente perlítica, de maior utilidade. Os avanços necessários para maximizar a taxa de remoção de material e para se obter a quebra dos cavacos nos pescoços, resultam excessivos para as cerâmicas a base de nitreto de silício, que desgastam acentuadamente ou fraturam frequentemente.

O acabamento de mesas temperadas e pescoços (menos de 3 mm de sobremetal habitualmente) é realizado com insertos de cerâmica (óxido de alumínio misto) nas geometrias SNG 12800 T e RCMA 321900 T, que utilizam ângulos de posição baixos conseguindo assim melhor distribuição de tensões ao longo da aresta de corte evitando fraturas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os insertos de nitreto de silício ou SiAlON apresentam vantagens quando comparados aos insertos de metal duro no desbaste de mesas e pescoços de ferro fundido coquilhado e nodular, sempre que as condições de superfície sejam favoráveis. Ambos materiais geram cavacos

fragmentados no desbaste. O acabamento destes materiais com ferramentas de óxido de alumínio (cerâmicas mistas) também apresenta vantagens com relação ao metal duro; em ambos os casos é possível utilizar velocidades de corte várias vezes maiores do que com este último, compensando assim os menores avanços que as cerâmicas são capazes de suportar no desbaste; isto resulta em uma maior taxa horária de remoção de material.

Um benefício adicional no concernente a saúde ocupacional foi obtido pela diminuição do nível de ruído ambiente obtido com o uso das cerâmicas no desbaste dos cilindros de ferro fundido; isto se deve às maiores velocidades de corte e aos menores avanços, que induzem menores vibrações nas máquinas ferramenta.

O desbaste de cilindros de aço forjado não é viável (nas condições estudadas) utilizando cerâmica. Além da superfície irregular da forja livre, os cavacos destes materiais tendem a ser contínuos, o que não favorece o uso de cerâmicas. No entanto, o acabamento de mesas e pescoços pode ser realizado com cerâmicas a base de óxido de alumínio (para sobremetais de até 3 mm). O acabamento é realizado com ângulo de posição baixo, que melhora a distribuição de tensões na aresta de corte evitando fraturas. O menor desgaste das cerâmicas na operação de acabamento permite obter menores desvios de conicidade nas mesas e pescoços, fazendo com que este processo seja o preferido em todos os materiais para cilindros (ferros e aços), frente ao acabamento com metal duro.

## 5. CONCLUSÃO

Em ferros fundidos coquilhados o uso de cerâmica é viável nas operações de desbaste e acabamento (com boas condições de superfície), resultando em desempenho superior ao obtido com metal duro. Em cilindros de aço a cerâmica é capaz de proporcionar vantagens no acabamento dos cilindros, uma vez removida a superfície irregular obtida no forjamento livre, ou as superfícies oxidadas da têmpera; mas no desbaste, as ferramentas de cerâmica não apresentam vantagens sobre o metal duro em taxa horária de remoção de material. Os aços estudados produzem cavacos longos (especialmente nos pescoços, que apresentam microestrutura perlítica) nas condições de corte analisadas; isto confirma a assertiva (freqüentemente citada na bibliografia) no sentido da cerâmica ser mais apropriada para a usinagem de ferros fundidos e aços endurecidos, materiais estes que apresentam baixa energia específica de corte (tendem a gerar cavacos curtos durante a usinagem).

## 6. AGRADECIMENTOS

À Aços Villares, pela autorização para pesquisar o assunto na Unidade de Negócios de Cilindros, autorizando também sua publicação no COBEF.

## 7. REFERÊNCIAS

### Livros:

1. TRENT, E.M., Wright, P. K. Metal cutting, Butterworth Heinemann (2000).
2. KING, A. G., Introduction to ceramic cutting tools, Ceramic cutting tools- Materials, development and performance, Noyes Publications, (1994).
3. VLEUGELS J. et al., Chemical interaction between Sialon ceramics and iron- based alloys, in Key Engineering Materials Vols. 138- 140, Trans Tech Publications, Switzerland (1998).
4. BALDONI J. G. et al, Silicon nitride cutting tools, Ceramic cutting tools- Materials, development and performance, Noyes Publications, (1994).
5. SHAW, M. C., Tool life, in Ceramic cutting tools- Materials, development and performance, Noyes Publications, (1994).

### Dissertações e Teses:

6. MALÈRE, E. P., Análise Comparativa de Ferramentas Cerâmicas na Usinagem de Ferros Fundidos e Aços Endurecidos, Dissertação de Mestrado, FEG-UNESP (2006).
7. DE SOUZA, J. V. C., Desenvolvimento de pastilhas cerâmicas a base de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> para aplicações tribológicas, Tese de Doutorado, FEG-UNESP (2005).

#### **Catálogos**

8. NTK Cutting Tools, Ceramic, Cermet & Silicon Nitride Inserts, (2000).
9. KENAMETAL Tools, tooling Systems, and Services for the global metalworking industry, (2001).

## **TURNING OF ROLLING MILL ROLLS WITH CERAMIC TOOLS**

### **Marcos Valério Ribeiro**

Professor, Department of Materials and Technology, UNESP- Guaratinguetá  
Av. Ariberto P. da Cunha, 333, Guaratinguetá, SP, CEP 12516 410, Brazil  
mvalerio@feg.unesp.br

### **Ernesto Pedro Malère**

Gestão do Conhecimento, Aços Villares SA  
Usina Luiz D. Villares km 2, Biblioteca, Pindamonhangaba, SP, CEP 12442 260, Brazil  
ernesto.malere@villares.com.br

### **João Carlos Ribeiro**

Engenharia de Usinagem, Aços Villares SA  
Usina Luiz D. Villares km 2, Cilindros, Pindamonhangaba, SP, CEP 12442 260, Brazil  
joao.ribeiro@villares.com.br

**Abstract:** *The ceramic tools accounts for only 5% of the total amount of machining tools sales. Even showing longer tool lives and enduring higher speeds when compared to standard or coated carbide tools (remembering that ceramic tools are regrindable), its tendency to sudden fracture (and the unpredictable nature of those fractures) have restricted its uses in machining. The cutting speed is the main influence over cutting edge temperature; tool materials with higher hot hardness permit to obtain better productivities. Many types of ceramics have been used in the past, but only two of them are in current use today: alumina based (more resistant to wear) and silicon nitride based (more resistant to fracture). The elongated shape of the silicon nitride grains contribute to the larger fracture toughness. The lack of toughness of the ceramics promotes chipping and cracks, and is the main reason for its narrow utilization field in machining, Ceramics should ideally be used in order to wear off by abrasion or chemical wear. The machine tools that are fit with ceramic tools, must be stable and able to work with high cutting speeds. This paper focuses the suitability of ceramic tools for turning high tensile strength, high wear resistance chilled cast irons and quenched steels, used in rolls for rolling mills. Another purpose of this paper is to organize and turn explicit the experience and knowledge acquired in a practical industrial development.*

**Keywords:** *machining, ceramic tools, rolls for rolling mills, wear*