



Usinagem convencional de materiais cerâmicos:
revisão de pontos centrais

Bruno Ramos; Andre Avancini Bernardes; Andre Luiz da Silva;
Douglas Gouvea.
Laboratório de Processos Cerâmicos (LPC) - Departamento de
Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da
USP. E-mail: bruno.ramos@usp.br



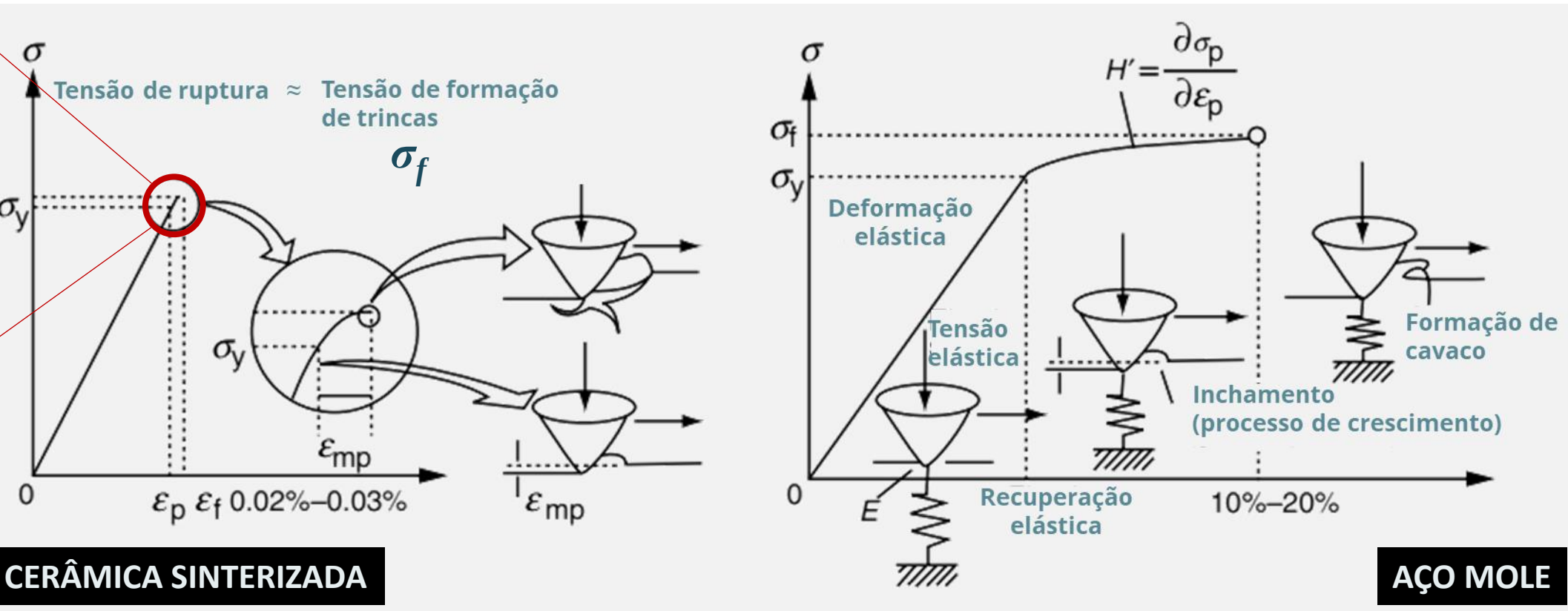
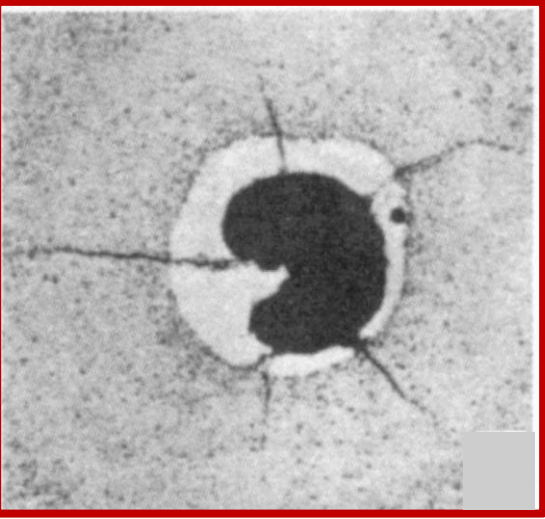
USINAGEM E O PROCESSAMENTO DE MATERIAIS CERÂMICOS



Tipo de energia	Mecanismo de remoção	Meio de transferência	Fonte de energia	Processo
Mecânica	Deformação plástica ou fratura	Contato físico	Ferramenta de corte	Usinagem mecânica convencional (TBM)
	Fratura ou atrito	Partículas em alta velocidade	Pressão pneumática ou hidráulica	Usinagem por jato abrasivo (AJM), usinagem por ultrassom (USM), Usinagem por jato de água (WJM)
	Pulverização física	Feixe iônico em vácuo	Energia cinética dos íons	Usinagem por feixe de íons (IBM)
Química	Reação de corrosão	Meio reativo	Agente de corrosão	Usinagem química (CM)
Eletroquímica	Dissolução iônica	Eletrólito	Corrente elétrica	Usinagem eletroquímica (ECM), Retificação eletroquímica (ECG)
Termoelétrica	Ejeção material	Gases aquecidos	Material ionizado	Usinagem por arco de plasma (PAM)
		Corrente elétrica	Voltagem elevada	Usinagem por descarga elétrica (EDM)
		Radiação	Luz amplificada	Usinagem por feixe de laser (LBM)
		Feixe de elétrons	Energia cinética do elétron	Usinagem por feixe de elétrons (EBM)

Usinagem contempla operações como fresamento, furação, torneamento, lapeamento, polimento, entre outros. Por sua natureza, a usinagem se contrapõe às tecnologias de manufatura aditiva e de manufatura formativa. Devido à natureza desses processos, as técnicas de manufatura aditiva e formativa comumente demandam uma etapa de pós-tratamento por usinagem para **ajuste dimensional e finalização das peças**. Desse modo, a usinagem ganha um papel de relevância na fabricação de peças de cerâmica avançada que necessitam de fino controle dimensional.

DESAFIOS E PECULIARIDADES DA USINAGEM DE CERÂMICAS



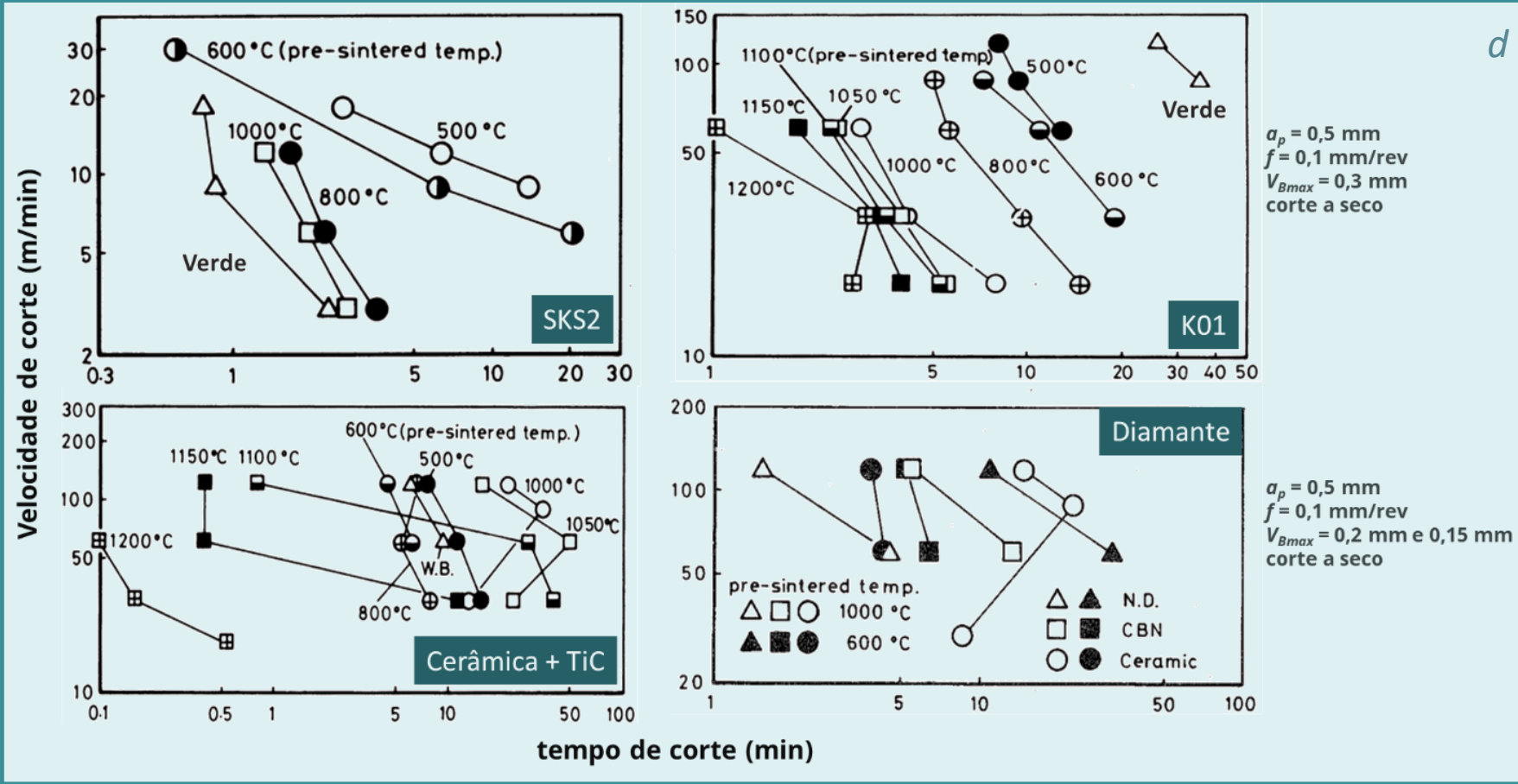
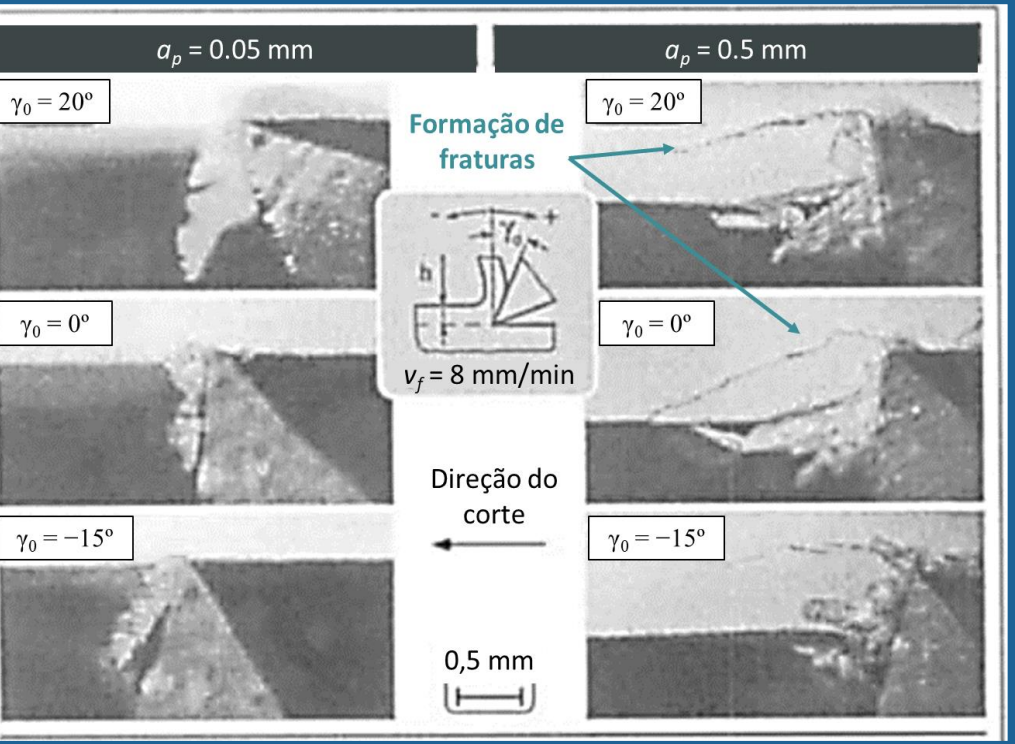
$$\frac{dC}{dt} = A K_I^n$$

$2 < n < 4$ (metais)
 $40 < n < 100$ (cerâmicas)

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{2E\gamma}{\pi c}}$$

módulo de Young
energia de superfície
comprimento da trica

- Alto grau de formação de trincas
- Alta dureza (baixa vida de ferramenta)
- Baixa profundidade de corte (processos lentos)



REFERÊNCIAS

a. M. N. Ramahan, *Ceramic Processing and Sintering*. New York: CRC Press, 2003
b. S. Jahanmir, M. Ramulu, and P. Koshy, *Machining of Ceramics and Composites*. New York: Marcel Dekker AG, 1998
c. F. Klocke, D. Pehler, C. Schippers, and C. Schmidt, *Ceramic Materials and Components for Engines*, 2001, pp. 371–376
d. N. Narutaki, J.-W. Lee, K. Noguchi, and T. Mizutani, *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, vol. 52, no. 11, p. 1876, 1986