

Evolução da Microestrutura de Rolos Cerâmicos Durante o Uso

**A. Moreno¹, E. Sánchez¹, A. Gozalbo¹, M.J. Orts¹,
L. Bachero¹, F. Gattinoni² e L. Mazzucchi²**

¹*Instituto de Tecnologia Cerâmica (ITC)*

Associação de Pesquisa das Indústrias Cerâmicas (AICE)

Universidade Jaume I. Castellón. Espanha

²*Icra S.P.A. – Cogullada Castellón, S.A.*

Resumo: Através da análise por microscopia eletrônica com o auxílio de microanálise o presente trabalho estuda a evolução da microestrutura de amostras recolhidas de rolos cerâmicos que foram usados por diversos períodos e em diferentes regiões do forno. Os resultados obtidos sugerem que o cálcio presente no engobe aplicado ao verso das peças é o principal responsável pela deterioração dos rolos.

Palavras-chaves: *revestimentos cerâmicos, rolos refratários, ataque químico*

1. Introdução

Os rolos cerâmicos são materiais refratários que, durante seu uso, são submetidos a altas temperaturas e a uma atmosfera que contém compostos voláteis¹ desprendidos durante a queima de revestimentos cerâmicos. Como os rolos ficam sujos, é prática comum retirá-los do forno ainda em funcionamento para limpá-los e então retorná-los ao forno. Essa particularidade faz com que uma das características mais importantes do rolo seja a resistência ao choque térmico², que depende de sua composição e porosidade. No interior do forno, o rolo sofre uma série de agressões dos gases e das peças que estão sendo queimadas que, com o tempo e a temperatura, modificam sua microestrutura e propriedades. Como consequência destas transformações, o coeficiente de expansão térmica do rolo³ é modificado.

Neste trabalho foi estudada a evolução da composição e microestrutura de rolos cerâmicos instalados nas regiões de pré-aquecimento e queima de fornos industriais de pisos, determinando que um dos principais responsáveis por tais mudanças é o cálcio contido em alguns engobes⁴ utilizados no verso das peças cerâmicas.

2. Experimental

As regiões dos fornos de onde foram extraídos os rolos

e suas temperaturas médias de operação foram: pré-aquecimento I (800 °C), pré-aquecimento II (950 °C), pré-queima (1120 °C) e queima (1200 °C). Foram efetuadas quatro extrações após 2, 3,5, 6 e 12 meses de permanência no interior do forno.

Para o exame da microestrutura, foram selecionadas as regiões centrais dos rolos (situadas no centro do forno). Os corpos de provas, cortados na seção transversal, foram embutidos em uma resina epóxi e foram polidos com abrasivos com grãos progressivamente mais finos até chegar ao diamante de 3 µm. A fim de ressaltar as fases cristalinas presentes, em alguns casos os corpos de provas polidos foram atacados com uma solução aquosa de HF.

Todos os corpos de provas foram observados com um microscópio ótico e com um microscópio eletrônico de varredura provido de elétrons secundários, elétrons retroespalhados e conectado a um equipamento de microanálise por dispersão de energia de raios X (EDXA). Para a observação com o detector de elétrons secundários, a superfície das amostras foi recoberta com uma película condutora de ouro.

3. Resultados

A Fig. 2 corresponde à seção transversal de um rolo

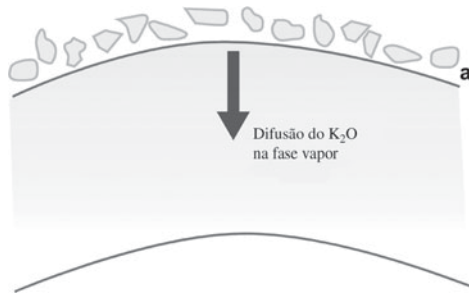


Figura 1. Alterações microestruturais na zona de **pré-aquecimento I**; a) Crostas porosas e soltas de engobe.

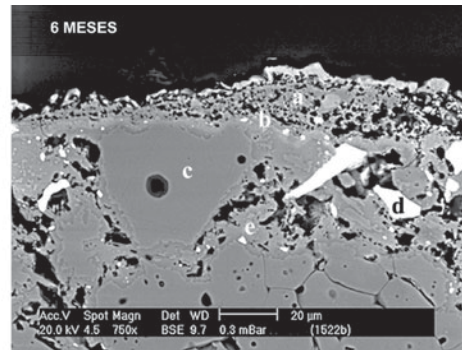
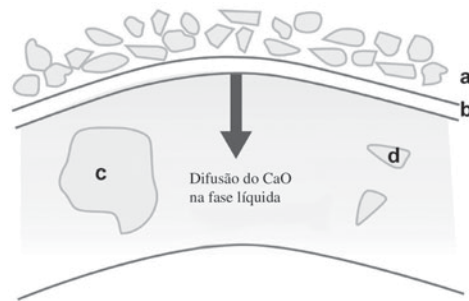


Figura 2. Alterações microestruturais no **pré-aquecimento II**; a) Crostas de engobe aderidas e parcialmente sinterizadas. Fases: aluminatos de cálcio e magnésio; b) Região vítrea de magnésio e cálcio difundido; c) Grãos de coríndon; d) Grãos de silicato de zircônio; e) Matriz vítrea e mulita.

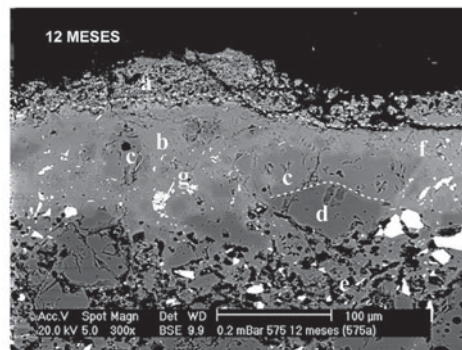
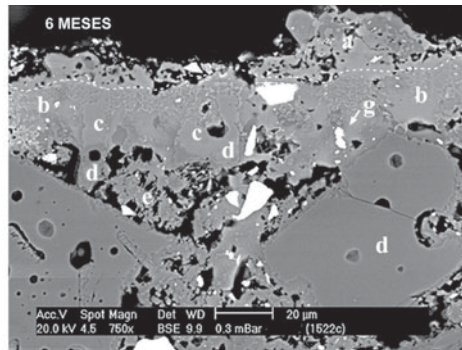
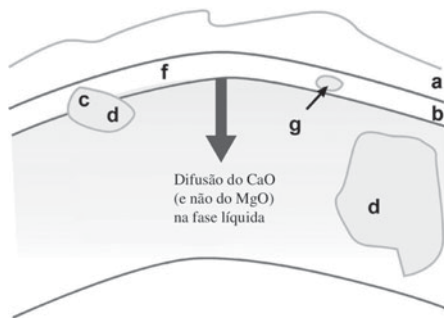


Figura 3. Alterações microestruturais na **pré-queima**; a) Crosta de engobe densificada. Fases: Al_2O_3 , MgO e anortita; b) Região vítrea de reação com o rolo, difusão de cálcio e magnésio; c) Partículas de coríndon parcialmente transformadas em espinélio pela difusão do magnésio para o seu interior.; d) Região de coríndon sem reagir; e) Região de difusão do cálcio correspondente à mulita e fase vítrea; f) Matriz de anortita; g) Silicato de zircônio transformado em ZrO_2 .

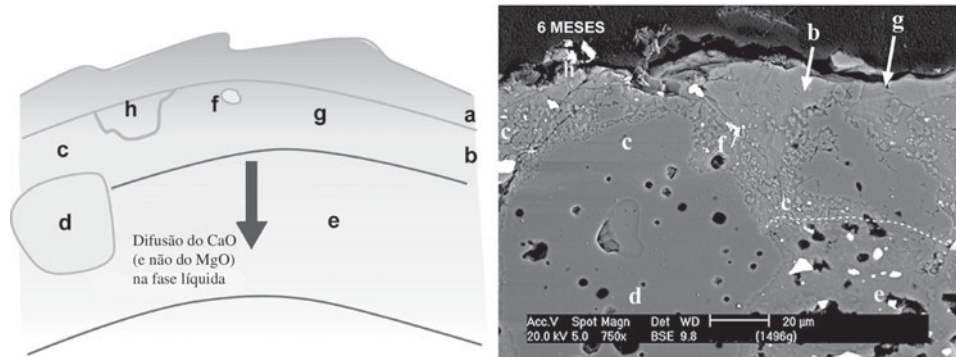


Figura 4. Alterações microestruturais na **zona de queima**: a) Crosta de engobe densificada. Fases: silicato de magnésio e anortita; b) Região vítrea de reação com o rolo, sem poros, difusão de cálcio e magnésio; c) Espinélio; d) Coríndon; e) Silicato de zircônio; f) Silicato de zircônio transformado em ZrO_2 ; g) Anortita; h) Silicato de magnésio.

instalado durante 6 meses na zona de pré-aquecimento. Observa-se uma crosta pouco sinterizada (a) que é engobe aderido a superfície externa do rolo; e uma região (b) na qual o cálcio e o magnésio se difundiram em direção ao interior do rolo, com uma tonalidade mais clara e que não apresenta poros. Os grãos de coríndon do rolo (c) não foram alterados, assim como o silicato de zircônio (d) nem a mulita do restante do rolo (e).

O rolo da Fig. 3 permaneceu 6 meses na região de pré-queima. Pode-se observar a crosta exterior de engobe (a), mais sinterizada, que contém aluminossilicatos de magnésio e cálcio; uma região mais clara na interface entre o rolo e a crosta (b), assinalada com uma linha branca descontínua, originada pela difusão de cálcio e magnésio em direção ao interior do mesmo. As partículas de coríndon (c) que se encontram na superfície do rolo, imediatamente em contato com a região (b), transformaram-se parcialmente em espinélio por difusão de magnésio em direção ao seu interior; enquanto que nas regiões mais internas (d) o coríndon permanece como tal, sem transformar-se. Na região (e) detecta-se cálcio, o que indica que este elemento difunde-se até profundidade maior que o magnésio.

Na Fig. 4 é apresentada a seção de um rolo instalado durante 3.5 meses na região de queima. A região exterior do rolo foi sinterizada, eliminando os poros. Na região mais superficial do rolo, que corresponde às crostas de engobe, o cálcio foi cristalizado em forma de anortita (a), e o magnésio como silicato de magnésio (b). Debaixo da crosta de engobe, o magnésio reagiu com o coríndon do rolo, formando espinélio (c); além disso, nessa região, na qual a proporção de cálcio é muito elevada, o silicato de zircônio transformou-se em óxido de zircônio e a mulita inicial reagiu com o cálcio, formando anortita.

4. Conclusões

Foi comprovado que, no interior do forno, os rolos so-

frem ataque por meio de dois mecanismos diferentes:

- Na fase gasosa, por condensação dos elementos voláteis que se acumulam na atmosfera do forno;
- Na fase líquida, por elementos constituintes de materiais aderidos aos rolos, que podem ser: engobe da base das peças, suporte das peças ou esmalte.

O ataque de elementos voláteis incide fundamentalmente sobre a primeira região de pré-aquecimento. Os elementos detectados foram enxofre e potássio. O enxofre deposita-se na forma de sulfato de cálcio, formando uma crosta porosa de cristais sobre o rolo, que se desprende facilmente. O cálcio que forma os sulfatos é procedente fundamentalmente do engobe aplicado à base das peças e que se aderiu aos rolos.

O ataque por difusão na fase líquida e reação deve-se fundamentalmente aos componentes do engobe aplicado à base dos revestimentos: cálcio e magnésio, sendo o cálcio o principal responsável pela degradação da microestrutura original do rolo. Este ataque conduz à formação de crostas densificadas na superfície dos rolos e é importante nas regiões de pré-queima e queima.

5. Bibliografia

1. Biffi, G.; Fiori, C. Attacco alcalino al refrattari in forni a tunnel per laterizi. *Ceramurgia*, n. 1, p. 3-16, 1983.
2. Belyakov, A.V.; Bakunov, V.S. Creation of heat resistant structures in ceramics. A review. *Glass and Ceramics*, 53 (7-8), p. 234-239, 1996.
3. Amorós, J.L.; Blasco, A.; Moreno, A.; Orts, M.J. Deterioro de rodillos cerámicos instalados en hornos monoestrato. En: XXX Congreso Nacional de Cerámica y Vidrio. Santiago de Compostela, 30 septiembre – 4 octubre, 1990.
4. Valle, M. Correlazione tra composizione chimica dell'engobbio e rulli di cottura. *Ceram. Inf. (Speciale Cersaie)*, p. 91-92, 1998.