

EFEITO DA RETRAÇÃO DO ENGOBE SOBRE A CURVATURA EM MASSAS DE PORCELANATO ESMALTADO

Eduardo Bergmann Nunes,¹ Gustavo Morona Machado Ferreira,¹ Helena De Zan Baggio,¹ Tainara Pereira Jung,¹ Maykon Carginin²

¹Colégio Maximiliano Gaidzinski

²Instituto Maximiliano Gaidzinski

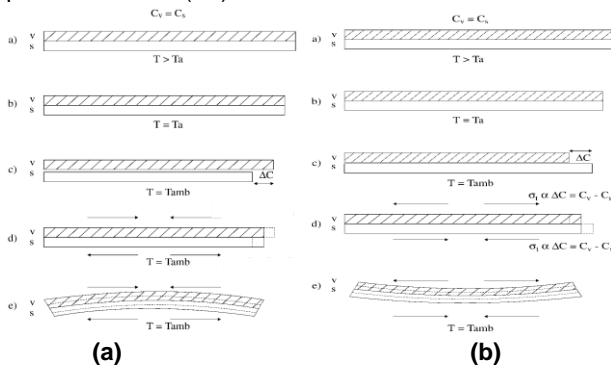
²maykon.carginin@imgnet.org.br

Palavras-Chave: Porcelanato Esmaltado, Engobes, Curvatura.

INTRODUÇÃO

A indústria brasileira de revestimentos cerâmicos ocupa um grande destaque no mercado mundial. O porcelanato esmaltado é seguramente o produto de revestimento cerâmico mais avançado e requisitado no mercado de pisos de alta qualidade, no Brasil e no exterior, isto se deve à alta qualidade de matérias-primas utilizadas, excelentes características técnicas e um processamento cerâmico rigoroso. Contudo, no processo de produção, ocorrem alguns problemas, como os de planaridade das peças cerâmicas, geradas pelo acoplamento suporte-engobe-esmalte. Estes problemas podem ocorrer principalmente por variação de temperatura, pelo acoplamento e por causa dos distintos componentes (massa, engobe e vidro) que compõem o produto e sofrem alterações em suas dimensões, à medida que ocorre aumento ou redução de temperatura, gerando assim uma curvatura côncava (Figura 1a¹) ou convexa (Figura 1b¹).

Figura 1 – (a) A retração do suporte (C_s) é maior que a do vidro (C_v). (b) A retração do suporte (C_s) é menor que a do vidro (C_v).

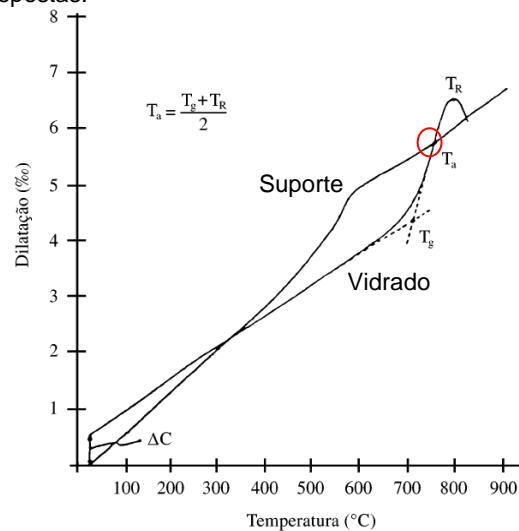


Fonte: AMORÓS et al (1996).

O acordo (compatibilidade) entre o engobe e o suporte, em princípio, pode ser estimado pela comparação dos coeficientes de dilatação térmica linear do suporte e do engobe. Na região de pré-aquecimento, podem surgir problemas geométricos, principalmente de planaridade, como o “efeito rolos”, quando a velocidade de aquecimento ou a diferença da temperatura abaixo e acima do plano de rolos não é adequada para o material sendo queimado. Para a solução desse problema, aumenta-se a temperatura na parte de baixo ou de cima do forno. Na Figura 2² pode-se observar que, durante o resfriamento de uma peça engobada no forno a uma temperatura T_a , denominada temperatura de acoplamento efetivo, o vidro deixa de se comportar como um material viscoso para converter-se em sólido, tão rápido que não é capaz de absorver qualquer esforço a que seja submetido. A partir dessa temperatura, se o vidro e o

suporte sofrerem contrações diferentes, serão originadas tensões entre os dois materiais e poderá ocorrer o empenamento da peça queimada. Caso estes componentes não apresentarem dilatações e contrações compatíveis, as peças tendem a ter uma variação dimensional diferente entre o engobe e o suporte, decorrente da tensão gerada entre eles, originando, assim, descartes e desclassificação das peças cerâmicas. Dessa forma, o trabalho tem como foco avaliar a influência da retração do engobe na curvatura de peças de porcelanato esmaltado.

Figura 2 - Curva de dilatação de um suporte e vidro sobrepostas.



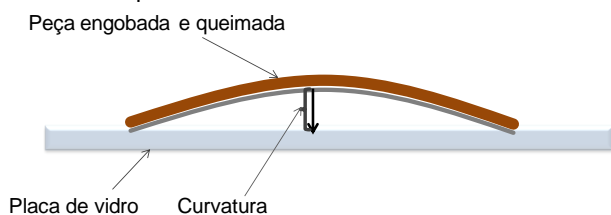
Fonte: AMORÓS et al (1997).

METODOLOGIA

O procedimento experimental foi dividido em duas etapas. A primeira consistiu em determinar a retração do engobe e a curvatura das placas cerâmicas, para isso, foram confeccionados 25 corpos de prova de engobe pelo processo de colagem em molde de gesso (98x49mm), que foram secos em temperatura ambiente durante cinco dias e, em seguida, foram secos em estufa laboratorial (110°C ±10°C). Após a secagem, foi medido o comprimento dos corpos de prova com paquímetro digital com resolução de 0,01mm. A queima foi realizada em forno laboratorial a rolo nas seguintes temperaturas: 450, 600, 700, 800, 900 e 1000°C em ciclo de 30 minutos, podendo, dessa forma, determinar a retração do engobe através da obtenção do comprimento final de cada corpo de prova, utilizando um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. Em paralelo, foi determinada a dilatação térmica da massa de porcelanato e engobe a verde e a queimado, utilizando um dilatômetro diferencial da marca Netzsch e modelo Netgeratebau Programer 410. Para determinar a curvatura das placas cerâmicas de

porcelanato esmaltado em função da retração do engobe, foram confeccionados 50 corpos de prova com dimensões $80 \times 20 \times 2,3 \text{ mm}^3$ com 7,5 g por prensagem uniaxial a seco (7,5% umidade) a 350 kgf/cm^2 de pressão específica. Os corpos de prova foram secos em estufa laboratorial ($110^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) e determinada suas dimensões utilizando um paquímetro digital de resolução 0,01 mm. Nesses corpos de prova foi aplicada uma camada de engobe de aproximadamente 0,8 g com a utilização de um aerógrafo e secos novamente em estufa laboratorial ($110^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). A queima destes corpos de prova foi realizada em forno laboratorial a rolo nas temperaturas de 450, 600, 700, 800, 900 e 1000°C em ciclo de 30 minutos. A curvatura dos corpos de prova foi medida conforme demonstrado na Figura 3, utilizando um micrômetro analógico com resolução de 0,01 mm. A segunda etapa constitui-se de verificar a influência da dilatação térmica do engobe na intensidade da curvatura das placas cerâmicas. Foram elaboradas duas formulações para obter um engobe com alta dilatação e outro com baixa dilatação em relação ao engobe padrão. As matérias-primas que foram alteradas em relação à formulação padrão estão apresentadas na Tabela 1. A curvatura provocada por estes novos engobes foi determinada seguindo o mesmo procedimento experimental adotado na primeira etapa.

Figura 3 – Procedimento adotado para determinar a curvatura da placa cerâmica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 1 – Matéria-prima alterada em relação à padrão.

Matéria-prima	Padrão(%)	F1(%)	F2(%)
Alumina #200	-	=	-1
Argila 1	-	2	1
Argila 2	-	1	=
Quartzo #200	-	-7	7
Caulim	-	3	-
Frita	-	1	-1,5

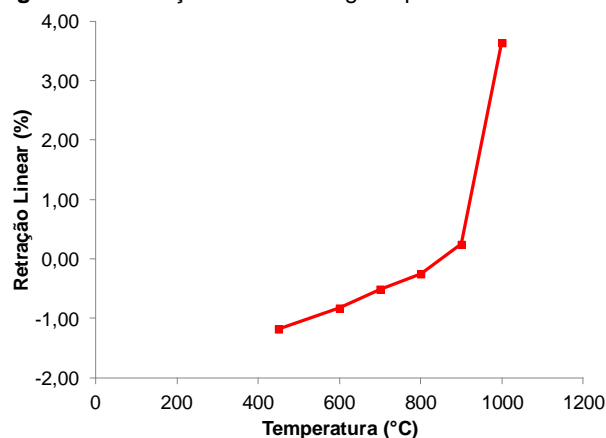
Fonte: Elaborado pelo autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os resultados da retração do engobe em função da temperatura de queima. Nota-se que, em temperaturas mais baixas ($450, 600, 700^\circ\text{C}$), a retração apresentou valores negativos, devido às reações ocorridas nas temperaturas menores que 450°C , onde houve a liberação de gases e, conseqüentemente, pela abertura dos capilares. Nas temperaturas acima de 800°C , ocorre a temperatura de transição vítrea, onde o sólido se torna líquido. Nessa etapa, já ocorreram todas as desgaseificações e os capilares tendem a fechar, gerando um aumento na retração do engobe. As curvas das dilatações térmicas da massa e engobe (a verde e queimado) estão apresentadas na Figura 5. As dilatações térmicas do aquecimento (a verde) e do resfriamento (queimado) apresentaram comportamentos muito

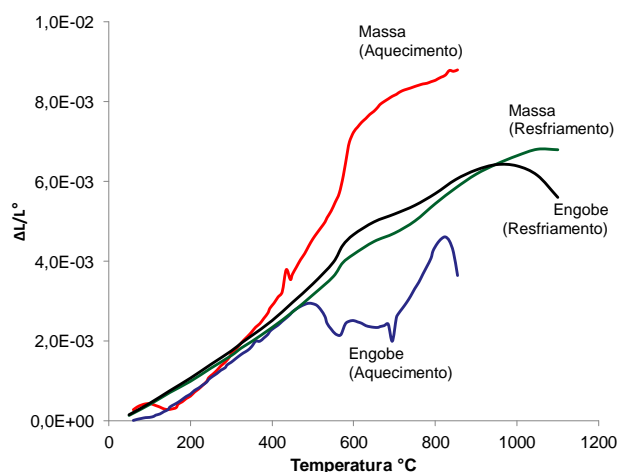
diferentes, devido às reações que acontecem durante o aquecimento. Destacam-se as transformações dos argilominerais (engobe) e a elevada inclinação da massa devido à presença de quartzo.

Figura 4 – Retração linear do engobe padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

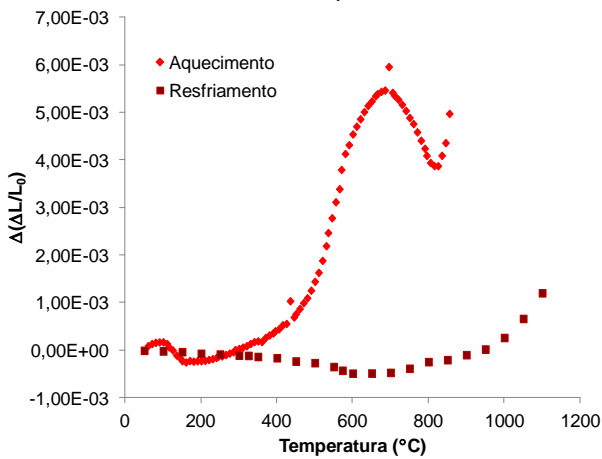
Figura 5 – Curvas de dilatação térmica da massa e engobe durante o aquecimento e resfriamento do processo de queima.



Fonte: Elaborado pelo autor.

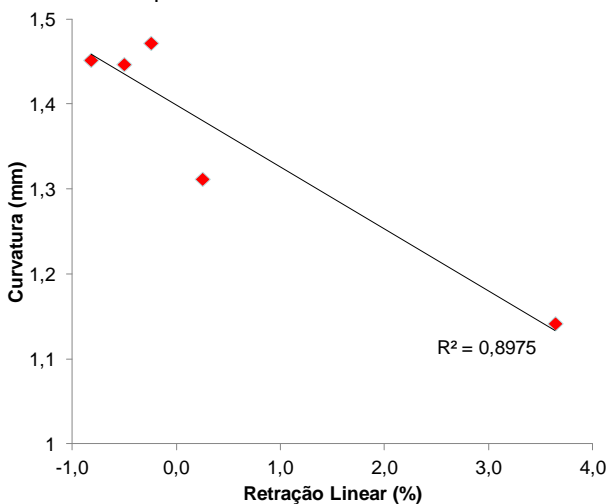
Este comportamento promove o surgimento de tensões durante o acoplamento entre o suporte e o engobe, conforme demonstrado na Figura 6, onde no aquecimento as placas tenderão a uma curvatura côncava e no resfriamento a curvatura é convexa⁶. Sabe-se também que existe uma temperatura de acoplamento efetivo (T_a), onde as dilatações da massa e do engobe são semelhantes. Antes dessa temperatura, sabe-se também que o engobe pouco interfere nas variações de dimensões do suporte, pois acompanha estas, somente a partir da (T_a), o engobe começa a adquirir resistências a estas variações. Caso o engobe e o suporte sofram diferentes contrações, a partir dessa temperatura, serão originadas tensões entre os dois, podendo ocorrer curvatura. Uma relação entre a retração do engobe e a curvatura da placa cerâmica pode ser obtida, conforme a Figura 7. Esta mostra que, com o aumento da retração do engobe, ocorre a diminuição da curvatura da placa cerâmica, pois o engobe possui uma retração próxima da massa em temperaturas mais elevadas.

Figura 6 – Diferença da variação de tamanho do engobe e massa no resfriamento e no aquecimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

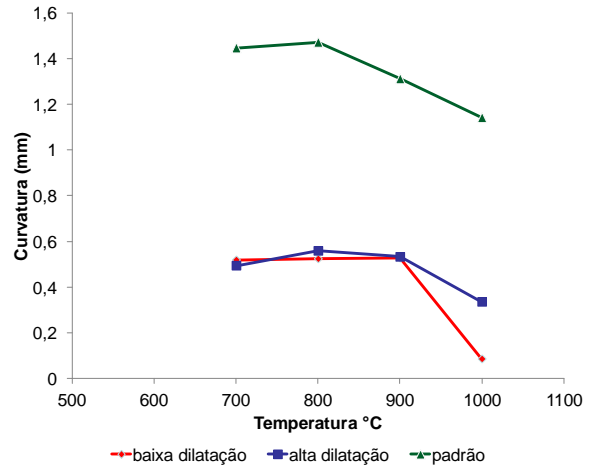
Figura 7 – Relação entre a retração linear do engobe com a curvatura da placa cerâmica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando a curvatura do engobe padrão com as duas formulações (F1 e F2), pode-se perceber, pela Figura 8, que o engobe padrão apresentou maiores valores de curvatura em todas as temperaturas em relação às formulações F1 (baixa dilatação) e F2 (alta dilatação). As curvaturas provocadas pelos engobes de alta e baixa dilatação possuem valores próximos nas temperaturas de 700°C e 900°C, devido às quantidades de algumas matérias-primas muito parecidas. Os valores das dilatações térmicas das formulações F1 e F2 não foram determinados experimentalmente. A formulação F1 possui menores curvaturas em temperaturas próximas a 1000°C, os valores chegam aproximadamente a zero, isso por apresentar menor quantidade de quartzo e também por ter bastante caulim, que tende a diminuir a dilatação.

Figura 8 – Influência da dilatação térmica do engobe na curvatura da placa cerâmica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÃO

Dessa forma, pode-se perceber que o engobe tem um papel significativo no surgimento das curvaturas das placas cerâmicas de porcelanato esmaltado, além de que alterações em sua composição podem contribuir para minimizar a intensidade da curvatura, conforme demonstrado pela Figura 8. Deixa-se como sugestão ampliar o range de queima para determinar as curvaturas em temperaturas mais elevadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores do Colégio Maximiliano Gaidizinski, em especial ao professor e orientador Maykon Cargnin pelo auxílio prestado e aos profissionais do Departamento de Tecnologia da empresa Eliane S/A Revestimentos Cerâmicos, em especial a Diego Guollo pelas informações e pelo auxílio prestado à equipe.

REFERÊNCIAS

- AMORÓS, J.L.; et alli. Acordo Esmalte-Suporte (I) Expansão Térmica de Suportes e Esmaltes Cerâmicos. **Cerâmica Industrial**. v.1, n.04/05, p.6-13. Ago/Dez, 1996;
- AMORÓS, J.L.; et alli. Acordo Esmalte-Suporte (II) Expansão Térmica de Suportes e Esmaltes Cerâmicos. **Cerâmica Industrial**. v.2, n. 01/02, p.8-16, Jan/Abr, 1997;
- MELCHIADES, Fábio G; DEL ROVERI, Carolina. Estabilidade das Dimensões e do Formato de Revestimentos Cerâmicos. Parte II: Formato. **Cerâmica Industrial**. v.6, n.6, p.11-17. Nov/Dez, 2001.
- MELCHIADES, Fábio G; BARBOSA, Andréa. Relação entre a curvatura de revestimentos cerâmicos e as características da camada de engobe. **Cerâmica Industrial**. v.5, n.2, p.29-33, Mar/Abr, 2000;
- GIMÉNEZ, S.; et ali. Estudo em Escala Piloto da Influência das Variáveis de Queima sobre a Curvatura de Placas Cerâmicas por Monoqueima. **Cerâmica Industrial**. v.5, n.3, p.10-18, Mai/Jun, 2000.
- SACMI-IMOLA, Técnicos. Defeito do revestimento com uma consequencia de uma regulagem errada do forno. **Cerâmica Industrial**. v.2, n.01/02, p.17-22. Jan/Abr, 1997.