

Estudo do Problema de Ondulações em Peças Cerâmicas Esmaltadas à Campana

**Claudio Modesto, Vilmar Bristot, Bárbara Machado,
Alberto Buoso, Jair Furlan, Diego D. Magagnin,
Marcos Favro, Marielle Bonetti e Michelle Bonetti**

*Colégio Maximiliano Gaidzinski - CMG - Rua Rui Barbosa, s/nº - Centro,
88845-000 Cocal do Sul - SC*

*Ceusa Revestimentos Cerâmicos - Rodovia SC 446, Km 17
88840-000 Urussanga - SC*

Resumo: Visando a obtenção de peças cerâmicas com boas características estéticas e superficiais, as indústrias cerâmicas optam normalmente pela esmaltação por véu contínuo, utilizando preferencialmente a esmaltação à campana. Isso, por apresentar resultados, em função das características do equipamento, com relação aos outros métodos existentes para esmaltação por véu contínuo e as características finais desejáveis ao produto. Nesta fase do processo de fabricação de revestimentos e pavimentos cerâmicos, podem ter origem uma série de defeitos, dentre os quais, destaca-se as ondulações produzidas sobre a superfície das peças esmaltadas à campana. Onde, constata-se a formação de ondas no vidro das peças provenientes deste processo. Com isso, a pesquisa a seguir, propõe um estudo voltado para a caracterização, análise e minimização dos fatores que possivelmente tenham influência no aparecimento deste defeito.

Palavras-chaves: *revestimentos cerâmicos, esmaltes, defeitos, ondulações*

Introdução

Na busca crescente pela otimização dos processos industriais, busca-se continuamente uma maior qualidade para os produtos decorrentes desses. Isso geralmente é canalizado para a garantia de uma maior estabilidade dos processos, procurando identificar e desenvolver técnicas para solucionar qualquer eventualidade que possa ocorrer.

Em função desta necessidade, propõem-se um estudo do problema de ondulações em superfícies de peças cerâmicas esmaltadas à campana, que ocorre com frequência em indústrias cerâmicas.

Esse estudo visa selecionar e identificar as possíveis causas para a ocorrência deste defeito. Bem como, analisar suas reais influências e propor sugestões que venham minimizar ou solucionar o problema.

Esmaltação

Introdução

Os esmaltes cerâmicos constituem uma mistura homogênea de materiais finamente divididos que se aplica

sobre o suporte cerâmico e, quando queimados fundem formando uma massa vítrea compacta. Dentre as características funcionais que os esmaltes proporcionam, as mais importantes são:

- Determinação e melhoria do aspecto estético da peça cerâmica.
- Impermeabilização do suporte cerâmico, facilitando sua limpeza e melhorando as características higiênicas.
- Fornecimento de um revestimento protetor ao suporte, que dificulte sua deterioração.

Assim, na escolha do tipo de aplicação de esmalte devem ser feitas algumas considerações em função, principalmente, do efeito funcional ou estético que se deseja obter no produto final e o tipo de suporte a ser esmaltado.

O processo de fabricação de pavimentos e revestimentos cerâmicos pode realizar-se mediante monoqueima e biqueima e, de acordo com a utilização de um desses sistemas, a esmaltação se realizará sobre suportes porosos previamente queimados (biqueima) ou, sobre um suporte

cru (monoqueima). No processo de biqueima, portanto, a eliminação da água do esmalte tem lugar mediante absorção do suporte poroso, já em monoqueima a eliminação da água se produz-se preferentemente mediante evaporação.

Esta capacidade de sucção e a temperatura da peça são responsáveis pela aderência do esmalte e pela textura produzida na capa resultante de sua aplicação, assim como pelo tempo de secagem desta. A medida que a barbotina de esmalte perde água, vai endurecendo, formando uma capa de material poroso, através dela que deverá fluir o resto da água da barbotina até a sua completa absorção. As características desta capa formada (porosidade, permeabilidade) influenciarão notavelmente sobre o fenômeno de aplicação de esmalte.

Portanto, durante a operação de esmaltação, é preciso conhecer e controlar as características do suporte a esmaltar e da capa formada, que dependerá das características do esmalte.

A aplicação de esmalte em barbotina pode ser realizada por gotas, cortina contínua e nos sistemas mais atuais por meio de rolos (contato). Dentre os sistemas de aplicação de esmalte por cortina contínua, enfoca-se a aplicação de esmalte por campana onde origina-se o defeito de ondulações.

Esmaltação à campana

Este tipo de equipamento para esmaltação está constituído por uma cascata parabólica pela qual desliza o esmalte proveniente de um depósito superior. Sobre esta cascata existe um depósito onde o esmalte transborda e, em seu interior tem uma malha cilíndrica que serve para amortecer a perturbação produzida pela barbotina no trajeto.

A campana, normalmente de aço inoxidável ou de metal cromado, deve ter uma textura superficial extremamente lisa para evitar oscilações da película de esmalte. A característica principal é a de distribuir quantidades de esmalte do centro às bordas do suporte no sentido de movimento, já que a projeção sobre o diâmetro da circunferência tem uma longitude diferente. E, a quantidade de esmalte depositada na peça é inversamente proporcional a velocidade de passagem da peça.

As características da barbotina requeridas para a aplicação em campana são:

- Densidade elevada
- Viscosidade próxima ao mínimo da curva de defloculação
- Baixa tixotropia

As características da peça esmaltada são:

- Bom acabamento superficial
- Espessura da capa de esmalte média a grossa

A regulagem da quantidade de esmalte a aplicar pode efetuar-se de duas formas:

- Atuando sobre o quantidade de esmalte a alimentar.
- Atuando sobre a velocidade da linha de esmaltação.

O início da aplicação à campana realiza-se com a linha de esmaltação parada, impulsionando a barbotina com densidade e viscosidade controlada. Depois espera-se que o funcionamento seja contínuo e regula-se a válvula até que a película de barbotina seja contínua. Posteriormente regula-se a velocidade da linha de esmaltação para conseguir o peso de esmalte desejado sobre a peça.

Defeitos de esmaltação à campana

Os principais defeitos provenientes da esmaltação à campana e algumas considerações a respeito de sua origem apresentam-se a seguir:

- Aparecimento de ondas na superfície da peça esmaltada.
- Acumulo de esmalte nos lados da peça segundo o sentido de passagem.
- Variação da capa de esmalte aplicada em diferentes partes da peça, devido ao mau nivelamento da campana ou a própria construção da mesma.
- Defeitos superficiais (pinchados, balsas), devido a bolhas de ar que vem junto com a barbotina, falhas na queda da barbotina ocasionadas por obstruções e densidade e/ou viscosidade demasiadamente altas.
- Queda de esmalte de forma oval sobre o suporte, causada por uma barbotina de esmalte demasiadamente densa, em ocasiões junto com impurezas ou bolhas de ar na mesma.
- Raias no sentido longitudinal, que apresentam-se freqüentemente devido ao aumento da densidade pontual do esmalte na borda da campana, que elimina-se com a limpeza desta.

Defeito de ondulação

O defeito de ondulação caracteriza-se como a aparição de ondas na superfície da peça, provenientes do processo de esmaltação à campana. As ondulações são caracterizadas pela intensidade da camada de esmalte nas ondas e pela distância entre as ondas sucessivas.

Este defeito pode ser detectado mediante uma análise visual da superfície vítrea da peça, principalmente em referências lisas que não apresentem decoração e estejam somente esmaltadas, pois a decoração tende a mascarar o defeito, dificultando sua percepção. E, dependendo da intensidade das ondas serão perceptíveis durante a secagem ou, com mais freqüência, após a queima e em condições de iluminação propícias.

Supõe-se que a origem das ondulações concentra-se principalmente na forma e condições com que a capa de esmalte deposita-se sobre a peça.

Procedimentos Práticos

Na ocorrência do defeito inúmeras causas são determinantes. Com isso, procura-se levantar as possíveis variáveis e comprovar suas reais influências na aplicação à campana. A seguir serão apresentadas as variáveis analisadas que poderão originar o defeito (ondulações) e que portanto, serão observadas em testes práticos:

- Trepidação da campana.
- Característica do esmalte: densidade, viscosidade e resíduo.
- Camada de esmalte.
- Temperatura da peça.
- Bitola da peça: relação com a curvatura da campana.
- Altura da campana.
- Velocidade da linha de esmaltação.
- Tração da linha: mecanismos de acionamento e transmissão de movimento, sistema de limpeza das correias e peso das peças.

Com o estabelecimento das variáveis, projetamos os testes práticos para realização em uma linha de produção industrial. As variações procederam-se num processo de biqueima rápido, constituído de uma linha de esmaltação à campana, sem posterior processo de decoração, facilitando a percepção do defeito.

A realização dos testes baseou-se em variações feitas na linha de esmaltação, no esmalte padrão e nas bitolas utilizadas em sua produção.

Características da linha de esmaltação

A linha de esmaltação apresentava as seguintes características:

– Transporte das peças

O transporte das peças durante a esmaltação, é feito através de correias pentagonais, termosoldáveis e sem reforço.

– Acionamento

O acionamento é efetuado por um motovariador, cuja variação da velocidade efetua-se por contato. A transmissão é indireta, feita através de polias em “V” e correias trapezoidais.

As características do motor são:

Potência: 1 cv

Rotação: 1700 rpm

– Velocidade da linha

A velocidade utilizada como padrão para as variações é de 280 rpm.

– Limpeza das correias

A linha apresenta um sistema de limpeza através de esponjas que ficam pressionadas nas correias.

– Campana

A campana utilizada para esmaltação das peças apresenta as seguintes características:

Diâmetro: 90 cm

Altura em relação as correias: 5 cm

Características do esmalte e engobe padrão

O esmalte utilizado apresentava as seguintes características:

- Densidade: 1,81 g/cm³
- Viscosidade: 46 segundos
- Resíduo: 3,65%

O engobe utilizado apresentava as seguintes características:

- Densidade: 1,88 g/cm³
- Viscosidade: 60 segundos
- Resíduo: 1,75%

Obs.: As viscosidades foram medidas em Copo Ford n° 4.

Variações realizadas na esmaltação

Variação da tração na linha

Afim de analisar a real influência da tração na linha sobre os defeitos de ondulações das peças esmaltadas à campana, efetuou-se algumas variações em sistemas que podem proporcionar tração nas correias da linha.

– Variação no sistema de limpeza das correias

Foram esmaltadas peças com e sem o sistema de limpeza (esponjas).

– Variação do peso das peças

Foram esmaltadas peças com bitolas 30x40cm, com peso médio de 1845g e bitolas 45x65cm, com peso médio de 5625g. Também foram feitos testes utilizando-se peças de mesma bitola variando seu peso através da sobreposição das mesmas.

Variação da bitola das peças

Para a realização dos testes foram esmaltadas peças com bitolas 30x40cm e 45x65cm, afim de observar o formato da onda em função da curvatura da campana que a peça abrangerá.

Variação do número de camadas de engobe e esmalte

Foram realizados testes em peças com diferentes número de camadas de esmalte aplicadas, sendo que as características padrões da linha e do esmalte foram mantidas. Esmaltou-se peças com:

- 1 camada de esmalte e sem engobe.
- 2 camadas de esmalte e sem engobe.
- 1 camada de engobe e 1 camada de esmalte.
- 1 camada de engobe e 2 camadas de esmalte.

Varição da velocidade da linha

Foram esmaltadas peças variando-se a velocidade da linha padrão. As velocidades utilizadas foram as seguintes:

- Velocidade padrão: 280 rpm
- Velocidade maior: 345 rpm
- Velocidade menor: 220 rpm

Varição da temperatura das peças

A aplicação de esmaltes efetuou-se em peças com diferentes temperaturas:

- Peças frias, nas condições ambientes, com aproximadamente 25 °C.
- Peças, quentes provenientes da saída do forno, com temperatura em torno de 70 °C à 100 °C.

Varição das propriedades do esmalte

As características de resíduo e viscosidade padrão foram variadas para a análise de suas influências. As variações seguem:

– Viscosidade

Viscosidade padrão: 46 s.

Viscosidade maior: 60 s.

Viscosidade menor: 27 s.

– Resíduo

Resíduo padrão: 3,65%

Varição com menor resíduo: 0,79%

Varição da altura da campana

Foram esmaltadas peças em diferentes alturas de campana, as quais seguem descritas abaixo:

- Altura padrão: 5 cm
- Altura maior: 8 cm
- Altura menor: 2 cm

Queima e análise das peças esmaltadas

Com o término das variações, as peças foram queimadas em um forno a rolo industrial da própria linha em teste, a uma temperatura de queima de 1115°C, num ciclo de 80 minutos. Em seguida, as mesmas foram analisadas em um painel sob condições de iluminação adequada (1000 lux).

Análise dos Resultados

Através da análise das variações feitas nos testes práticos, faz-se a seguir o levantamento dos resultados obtidos.

Varição da tração na linha

Analisando as peças esmaltadas com e sem o sistema de limpeza das correias não observa-se ondulações na superfície. Já, quando aumenta-se o peso das peças sobre as correias há o aparecimento de ondas.

Varição da bitola das peças

As ondulações que surgem nas peças de bitola maior tendem a ser mais curvas do que as de menor bitola, devido a abrangência de uma maior curvatura formada pelo véu de

esmalte da campana. Conforme os desenhos representativos a seguir:

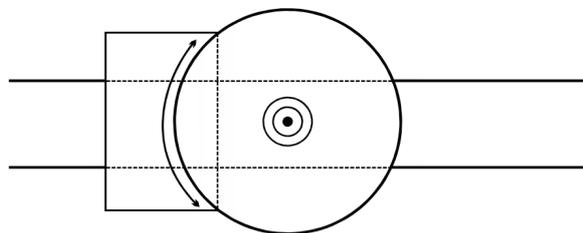


Figura 1. Esquema do formato das ondas em bitolas maiores.

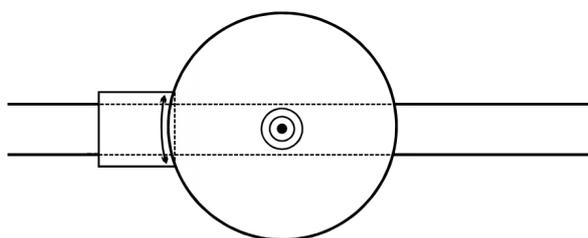


Figura 2. Esquema do formato das ondas em bitolas menores.

Varição do número de camadas de engobe e esmalte

A variação do número de camadas de engobe e esmalte não apresentou influência no aparecimento de ondas, somente em outros aspectos superficiais.

Varição da velocidade da linha

A velocidade da linha apresentou influência no aparecimento de ondulações. As peças esmaltadas em velocidades maiores apresentam um número maior de ondas e estas ondas caracterizam-se por serem de menor intensidade, em função do menor acúmulo de esmalte, e bem próximas. Já nas peças esmaltadas a uma velocidade menor observa-se o aparecimento de poucas ondas mas, de maior intensidade (maior acúmulo) e mais afastadas. Conforme os desenhos a seguir:

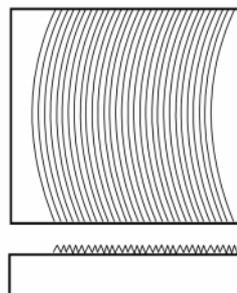


Figura 3. Representação da característica das ondas com menor intensidade.

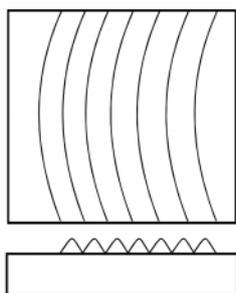


Figura 4. Representação da característica das ondas com maior intensidade.

Variação da temperatura das peças

A temperatura que as peças entram na linha de esmaltação não influenciaram no aparecimento de ondas, somente no aparecimento de outras características superficiais.

Variação das propriedades do esmalte

Variação da viscosidade

Nas variações realizadas comprova-se a influência desta propriedade no aparecimento de ondas. Nas peças com aplicação de esmalte de menor viscosidade, constata-se a presença de ondas mais próximas e de menor intensidade, pois o véu de esmalte torna-se mais suscetível as vibrações do ambiente e também em função do menor acúmulo de esmalte. Por outro lado, na aplicação de um esmalte de maior viscosidade a intensidade das ondas aumenta e estas aparecem em menor proporção e mais afastadas.

Variação do percentual de resíduo

A variação do percentual de resíduo no esmalte não apresentou influência no aparecimento de ondas, somente em outros aspectos superficiais como a tonalidade do vidrado.

Variação da altura da campana

Nos testes realizados, a variação da altura da campana não exerceu influência no aparecimento de ondas. Isso dentro do limite de altura utilizado (máx. 8 cm), pois se este limite for excedido exageradamente o véu de esmalte será influenciado pela ação das vibrações do ambiente (correntes de ar, trepidações, entre outros).

Conclusão

Com um estudo do defeito de ondulações pode-se observar que o mesmo não é causado por um fator isolado e sim, por uma série de fatores associados que, se controlados, podem minimizar ou até solucionar o problema em questão.

Através da análise das várias hipóteses atribuídas ao surgimento do problema, constatou-se em testes práticos os fatores que exercem influência direta na capa de esmalte

aplicada na esmaltação à campana. Dentre eles, apresentam influência marcante a trepidação da campana, a tração da linha e a viscosidade do esmalte.

Mediante a avaliação dos fatores levantados no estudo, as indústrias cerâmicas poderão adequar as sugestões fornecidas às características de sua produção, atingindo o efeito superficial desejado com a utilização de um sistema de esmaltação à campana, além de fornecer um produto de melhor qualidade, com característica superficial uniforme.

Sugestões

Em função dos fatores observados que poderão ocasionar o aparecimento de ondulações nas peças esmaltadas à campana, serão apresentadas a seguir possíveis sugestões para minimizar ou eliminar este problema:

Identificar a existência da trepidação na campana, verificando a origem da mesma. Se são provenientes do ambiente (a própria corrente de ar), dos equipamentos da produção (prensa, bomba de esmalte, entre outros).

Para minimizar as trepidações provenientes de equipamentos da produção pode-se montar a estrutura de sustentação da campana sobre amortecedores de borracha especial.

Identificar os elementos que fazem com que a linha de esmaltação trabalhe sob tração (sistema de limpeza, acionamento, peso das peças).

Selecionar um sistema de limpeza de correias adequado, que não exerça tração demasiada nas correias.

Adequar o sistema de acionamento (potência do motor) e o sistema de transmissão da linha ao conjunto. Para minimizar as ondulações pode-se utilizar a transmissão direta ou indireta por polias com correia dentada, com menos folgas e, portanto com maior sincronia. Bem como, o uso de mensageira e corrente. Tendo em vista que a transmissão indireta por polia utilizando correia trapezoidal apresenta folgas, podendo deslizar.

Amortecimento das vibrações provocadas pela tração na linha através da troca de correias. Substituindo-as pelas de material mais macio.

Adequar as propriedades dos esmaltes (densidade, viscosidade) e a velocidade da linha de esmaltação, para não levarem a ocorrência do defeito de ondulações.

Estabelecer uma altura de campana adequada, sem que o véu de esmalte esteja suscetível as interferências do ambiente (correntes de ar).

Agradecimentos

Agradecemos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, com destaque especial a todos os professores do Departamento Técnico do Colégio Maximiliano Gaidzinski (Eliane Revestimentos Cerâmicos) e aos profissionais da CEUSA (Cerâmica Urussanga S/A),

pela orientação, disponibilização de recursos e auxílio no desenvolvimento deste.

Referências Bibliográficas

1. Albero, J.L. Amorós “et ali”. *Defectos de Fabricación de Pavimentos e Revestimientos Cerámicos*. Valencia (ES), IMPIVA / AICE, 169 p., il.
2. Bristot, Vilmar Menegon. *Máquinas e Equipamentos para Cerâmica*. Criciúma, Editora Luana, 1996, 246p.
3. Navarro, José Henrique & Medall, Francisco Negre. *Esmaltes Cerâmicos*. Tecnologia Cerâmica. Instituto de Química Técnica. Universidade de Valência. Volume V, 1985, 1104p.
4. Sebastià, Amparo Clausell & Renau, Rafael Galindo. *Apuntes de Operaciones. Básicas en la Fabricación de Pavimentos e Revestimientos Cerámicos*. Instituto de Formación Profesional n.º 2. Castellón. 1991. 211p.