



**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESMALTAÇÃO DE PEÇAS CERÂMICAS**

Luis Guilherme Seidel

Lajeado, novembro de 2015

Luis Guilherme Seidel

## **ESMALTAÇÃO DE PEÇAS CERÂMICAS**

Trabalho apresentado na disciplina de Tecnologia de Fabricação de Polímeros e Cerâmicos, do curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário UNIVATES, como parte integrante da segunda nota.

Professor: Diego Pereira Tarragó

Lajeado, novembro de 2015

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 - Formação da gretagem – fissuras na superfície do cerâmico

Figura 2 - Processo de esmaltação por imersão

Figura 3 - Disco de pulverização

Figura 4 - Esquema do pulverizador da esmaltação eletrostática

Figura 5 - Rolos do método de transferência por contato

## SUMÁRIO

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. PRINCIPAIS MATÉRIAS PRIMAS**
  - 2.1 FUNÇÕES E COMPOSIÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS**
  - 2.1 TIPOS DE ESMALTES**
- 3. PROCESSAMENTO DOS ESMALTES**
  - 3.1 IMERSÃO**
  - 3.2 PULVERIZAÇÃO**
  - 3.3 ESMALTAÇÃO ELETROSTÁTICA**
  - 3.4 TRANSFERÊNCIA POR CONTATO**
- 4. EFEITOS DO ESMALTE NO AZULEJO**
- 5. CONCLUSÃO**
- 6. REFERÊNCIAS**

## **1. INTRODUÇÃO**

Os esmaltes são misturas de matérias-primas naturais e produtos químicos ou, ainda, compostos vítreos que são aplicados no corpo cerâmico e, após queima, formam uma camada vítrea, delgada e contínua. Esta tem por finalidade aprimorar a estética, tornar o produto impermeável, melhorar a resistência mecânica e propriedades elétricas, entre outros. As composições dos esmaltes são das mais variadas e, sua formulação, depende das características do corpo cerâmico, das características finais do esmalte e da temperatura de queima.

Eles podem ser diferenciados dependendo do uso final da peça cerâmica, como por exemplo, se um pavimento cerâmico precisará ter maior resistência a abrasão, uma peça cerâmica utilizada em um sanitário, deverá ter maior resistência a corrosão, etc.

## **2. PRINCIPAIS MATÉRIAS PRIMAS**

### **2.1 FUNÇÕES E COMPOSIÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS**

Feldspato de potássio – como o nome sugere, esse tipo de feldspato tem predominância de potássio em sua composição, o que aumenta a temperatura de sinterização fusão, por volta dos 1000°C e a partir dos 1160°C, respectivamente, transformando-o em um líquido de alta viscosidade. Esse líquido é mais viscoso que os outros tipos de feldspatos e, permite translucidez sem deformar a peça.

Feldspato de cálcio – tem alto teor de alumina e baixo teor de sílica, com ponto de fusão em volta de 1550°C. Ele também funde num líquido fluído.

Feldspato de sódio – é utilizado como fundente nos esmaltes, tendo uma ação mais poderosa sobre óxidos corantes. Ele tem o coeficiente de expansão maior do que o

feldspato potássico, podendo provocar a gretagem, que é a diferença de dilatação entre a massa cerâmica e o esmalte, provocando rachaduras em sua superfície.



1- Formação da gretagem – rachaduras na superfície do cerâmico.

Dolomita – é uma combinação de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, encontrado onde o calcário se depositou sob águas ricas em magnésio. Sua composição é de 54% de cálcio para 46% de magnésio. Em geral contém carbonato de ferro que dá uma cor creme aos esmaltes e é usado para conseguir o matt (fosco – do inglês).

Carbonato de cálcio - é a principal fonte de cálcio em esmaltes e também um fundente em alta temperatura. Ele outorga dureza e durabilidade, e em grandes quantidades produz um esmalte fosco, pode melhorar o acabamento dos objetos com esmalte salino, dando um efeito de acabamento mais grosseiro.

Fosfato de cálcio – é um fundente, sendo, em geral, fabricado a partir de ossos de animais calcinados. O Cálcio age como fundente e o pentóxido de fósforo, como formador de vidro. Contém 55% de cálcio e 40% de pentóxido de fósforo, sendo os 5% restantes

preenchidos por alcalinos, sílica e fluorina. É usado para dar translucidez nos esmaltes e, caso utilizado em grandes quantidades, pode reduzir a plasticidade do material.

Talco – provém de rochas metamórficas, que contém magnésio como a esteatita (pedra sabão) e impurezas como ferro, alumina, alcalinos e cálcio. Ele é utilizado para introduzir óxido de magnésio e sílica no esmalte, tornando-o mais viscoso e refratário, ajudando a prevenir a gretagem pela diminuição do coeficiente de dilatação, também produz o efeito fosco e acetinado. Ele começa a se decompor a 900° C e modifica as cores, como, por exemplo, quebra o azul do cobalto em cinza azulado quando acrescido de 20% ao próprio óxido.

Óxido de Zinco – é um fundente auxiliar para esmaltes em forno elétrico, pois produz certa opacidade, previne a gretagem, estabiliza o esmalte e influencia as cores do cobalto e do cobre, dando marrons quando combinados ao cromo. Na temperatura de 1150° C a 1200° C, é um bom fundente, no entanto não pode ser usado como fundente único porque não chega a produzir silicatos abaixo de 1350° C, mas se torna muito ativo com os outros fundentes alcalinos.

## **2.2 TIPOS DE ESMALTES**

Esmalte cru – é uma mistura de matérias-primas com granulometria fina, que é aplicada na forma de suspensão na peça cerâmica. Quando queimamos a mistura, ela se funde e adere ao corpo do cerâmico, ficando com um aspecto vítreo durante o resfriamento. Esse tipo de esmalte é aplicado em peças que são queimadas em temperaturas maiores que 1200°C e que são utilizadas como sanitários e peças de porcelana.

Esmalte de fritas – a constituição do material pode ser definida como um composto vítreo e insolúvel em água, que é obtido por fusão e depois um resfriamento brusco das misturas de matérias primas. O processo de fritagem implica na insolubilização dos componentes que são solúveis em água após o tratamento térmico, entre 1300 e 1500°C, quando ocorre a fusão das matérias primas em vidro. Esse tipo de esmalte é utilizado em

peças que serão queimadas a temperaturas menores que 1200°C e podem ter diferentes tipos de opacidade, brilho e textura, que darão diferentes resultados à peça cerâmica final.

Pigmentos cerâmicos - são normalmente compostos inorgânicos, na maioria óxidos, silicatos, aluminatos ou boratos de metal. Por exemplo, o óxido de cobre produz tons de verde, o óxido de cobalto produz tons de azul, o óxido de ferro produz tons do caramelo ao marrom, o óxido de titânio produz tons que variam do branco ao azul.

Engobe - é a camada de esmalte que fica entre a peça cerâmica e o esmalte da superfície do produto. Ela evita problemas devido à porosidade da peça, favorece um acoplamento adequado do esmalte, impossibilita a formação de curvatura, gretamento e descolamento, forma um substrato branco e opaco que permite o desenvolvimento ideal dos esmaltes que são aplicados sobre o corpo cerâmico.

### **3. PROCESSAMENTO DOS ESMALTES**

#### **3.1 IMERSÃO**

Consiste em mergulhar a peça por cerca de 10 segundos dentro de um recipiente com esmalte (tinta), preparado com CMC, previamente misturado e peneirado. Antes de mergulharmos a peça, devemos proteger as áreas que não deverão ser esmaltadas com cera líquida ou parafina, tomando cuidado para que ambas não escorram sobre as áreas de esmaltação. Essa técnica precisa de uma grande quantidade de esmalte e é mais usada quando temos uma produção significativa. Devemos sempre utilizar uma pinça para segurar a peça quando está sendo imersa no esmalte.



Figura 2 – Processo de esmaltação por imersão

### 3.2 PULVERIZAÇÃO

Os sistemas de pulverização baseiam-se na formação de pequenas gotas, pela suspensão do pó de esmalte, que são depositadas na superfície da peça cerâmica, que aglutinam-se e formam uma camada contínua. Essas gotas podem ser dispersadas de diferentes maneiras, sendo as mais comuns:

– Impulsão da suspensão pela força centrífuga: utiliza um disco que é montado sobre um eixo que gira a velocidade determinada. Ele aplica engobes e esmaltes, especialmente os utilizados para recobrir pisos (placas de revestimentos de solos).

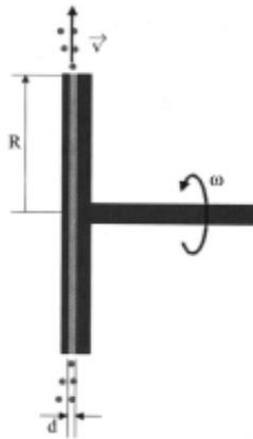


Figura 3 - Disco de pulverização

– Impulsão da suspensão através de uma boquilha (pistola de pintura): o equipamento de aplicação é chamado de aerógrafos e, são utilizados tanto para a aplicação de camadas finas contínuas como para a deposição irregular de pequenas quantidades de esmaltes, muitas vezes coloridos, com efeitos decorativos, sendo o segundo método mais utilizado.

Em escala doméstica o mesmo procedimento pode ser realizado com uma pistola de pintura junto de um pressurizador, ou, ainda, com um pulverizador doméstico, daqueles utilizados para aplicação de veneno.

### **3.3 ESMALTAÇÃO ELETROSTÁTICA**

Para aplicarmos o esmalte no corpo cerâmico, pela técnica de esmaltação eletrostática, devemos projetar sobre o corpo cerâmico, partículas secas do esmalte com determinada carga elétrica e, o corpo cerâmico, deve ter a carga de sinal oposto às partículas. Para isso este método utiliza três processos separados, que são a atomização do pó de esmalte, aterrar e tornar o corpo cerâmico condutivo e fazer a camada de pó aderir na parte cerâmica.

As partículas pulverizadas se depositam sobre a superfície em razão da atração elétrica que se estabelece entre ambos componentes. Porém carregar eletricamente os materiais cerâmicos é difícil, visto que, sua condutividade elétrica é extremamente baixa. Para contornar esse problema, utilizamos o esmalte em pó, que com o uso de aditivos, que são capazes de serem carregados eletricamente e de conferir as propriedades necessárias ao material. Por outro lado, o tamanho de partícula deve ser muito fino, para permitir a passagem pela boca da pistola de pulverização e não gerarem problemas de obstruções da mesma.

A principal vantagem desse método é a eliminação completa da água do processo de esmaltação, porém, ela apresenta outros problemas, que devem ser resolvidos para permitir que sua utilização, como a consistência de camada formada, aderência a cru da mesma, eliminação dos aditivos utilizados sem a geração de resíduos, etc.

Se quisermos obter uma aplicação de esmalte uniforme e livre de imperfeições, devemos fazer com que o pó de esmalte flua suficientemente. Essa fluência é influenciada

pela distribuição do tamanho e forma do grão, densidade do material e umidade e superfície específica do pó. Para melhorarmos isso, podemos usar aditivos como siloxanos e acrosois.

Em um recipiente, que contém o pó atomizado, é adicionado ar comprimido com o objetivo de dar mais fluidez ao mesmo. Ele é lançado pelo bocal de uma pistola através de um campo de alta tensão, resultando em seu carregamento pela ligação de moléculas de ar ionizadas. O corpo cerâmico aterrado a ser revestido é o contra-eletródo sobre o qual a nuvem de pó é precipitada.

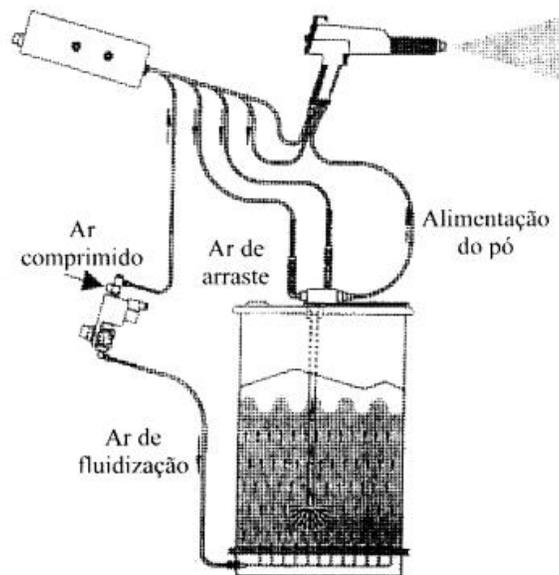


Figura 4 - Esquema do pulverizador da esmaltação eletrostática

### 3.4 TRANSFERÊNCIA POR CONTATO

A transferência por contato é principalmente utilizada para obter efeitos decorativos. O equipamento, possui dois rolos, com cavidades geradas por fotoincisão, girando em sentidos contrários e dispostos, um após o outro, segundo o sentido de condução das peças a esmaltar, conforme ilustrado na figura 7.

A superfície do primeiro destes rolos gira no mesmo sentido que as peças avançam e tem marcada várias de pequenas cavidades, com diâmetro médio entre 100 e 400  $\mu\text{m}$ , dispersas umas sobre as outras com uma separação mínima. A parte superior deste rolo se

alimenta com um fluxo contínuo da suspensão de esmalte, a qual se estende sobre a superfície por meio de uma espátula, sendo guiada pela própria rotação do rolo, de modo que introduza o esmalte nas cavidades. O material restante é eliminado sobre a mesma espátula distribuidora. Desse modo, quando o rolo entra em contato com a peça, o esmalte deve estar nas cavidades do mesmo, de maneira a ser transferido por contato com a peça, permanecendo depositado sobre sua superfície. Dado o elevado número de pontos marcados no rolo, ao passar o esmalte retido nos mesmos sobre a peça, será obtida uma camada praticamente contínua do produto.

No entanto, para se conseguir uma camada ainda mais lisa e compacta, o segundo rolo, de superfície lisa e com sentido de rotação contrário ao anterior, pressiona ligeiramente o material depositado na forma de pontos, de tal maneira que estes perdem sua forma.

Alguns fatores de influência quanto ao bom espalhamento do esmalte são, a forma e as dimensões das cavidades gravadas no rolo, o ajuste da espátula e sua forma, dureza e ângulo de contato. O primeiro fator, é muito crítico para uma boa aplicação do esmalte com espessura considerável, visto que estas cavidades devem possuir profundidade suficiente para armazenar uma bom quantidade da suspensão e, posteriormente, sua forma deve favorecer a transferência total do material ao revestimento, quando se produz o contato com o rolo. Já a espátula deve estar bem ajustada para eliminar, da superfície do rolo, o material que não foi introduzido nas cavidades do mesmo, evitando aplicações descontroladas.

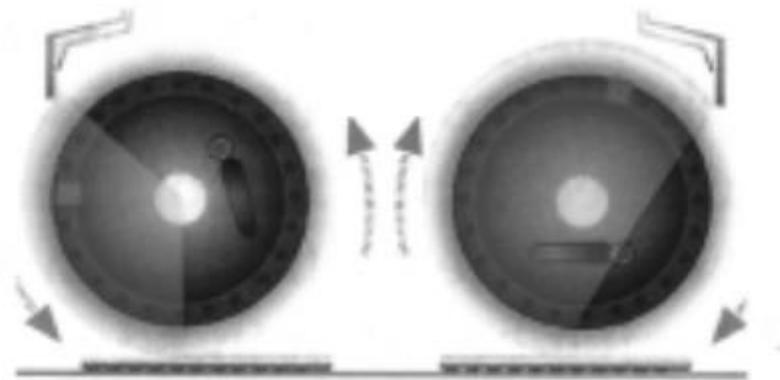


Figura 5 - Rolos do método de transferência por contato

#### 4. EFEITOS DO ESMALTE NO AZULEJO

O azulejo é uma peça de cerâmica de pouca espessura, geralmente quadrada, que tem uma das faces vidrada ou com aspecto brilhoso, que é resultado da aplicação de um esmalte, que o torna impermeável e brilhante. O esmalte utilizado nesse tipo de peça cerâmica além de impermeabilizá-la deve possuir características técnicas e estéticas apropriadas para o uso ao qual se destina o azulejo. Para tanto, são usados os vidrados, que são camadas finas de material, com 200 a 300  $\mu\text{m}$  de espessura, de natureza exclusivamente vítrea, com várias fases não dissolúveis em água, ou, ainda, pode ter natureza vitrocrystalina, na qual a matriz vítrea ocupa de 80 a 90% da camada e uma ou várias fases cristalinas.

Os vidrados que são obtidos pelas fritas, ou sem elas, ganham seu uso na aplicação aos pisos cerâmicos que exigem alta resistência a abrasão, devido ao trânsito de pessoas, ataque químico, por causa de produtos de limpeza, rugosidade para dar mais atrito ao piso, resistência mecânica ao impacto, resistência ao risco, resistência a dilatação térmica a altas e baixas temperaturas, resistência a manchas, facilitando a limpeza da superfície. Além disso, deve conter características estéticas para obter-se um produto adequado ao uso.

Antes da aplicação do esmalte, é comum a aplicação de engobe, entre a peça cerâmica e a camada de esmalte, que dará características como:

- ✓ Formar uma camada impermeável que evite problemas devido a porosidade, como manchas de umidade.
- ✓ Favorecer o acoplamento do esmalte na peça, evitando problemas com curvaturas indesejadas, gretamento e deslocamento.
- ✓ Obter um substrato branco e opaco que permita um bom desenvolvimento dos esmaltes que serão aplicados.

Para aplicarmos o vidrado nos azulejos, primeiramente devemos preparar a suspensão da frita. Nas fritas para azulejos, a única matéria prima que pode ser adicionada é o caulim, a uma concentração de 5%, além de outros aditivos, como ligantes, defloculantes, etc. Essa mistura, de fritas e matérias-primas, é moída por via úmida até atingirmos uma

suspensão estável de partículas com as propriedades reológicas aceitáveis. A concentração ideal de sólidos em suspensão é de 70% com distribuição do tamanho de partículas inferior a 40  $\mu\text{m}$ . Só então essa suspensão pode ser aplicada no corpo cerâmico, porém o mesmo deve estar cru e quente, em torno de 100°C, para um posterior processo de monoqueima, ou, ainda, com o corpo cerâmico já queimado, para posteriormente ser queimado novamente, num processo de biqueima.

Se a suspensão for aplicada num corpo previamente queimado, ele sugará a água aplicada por sucção capilar, e se aplicado num corpo cru haverá sucção e evaporação superficial. Porém, em ambos os processos, a camada que é inicialmente plástica vai convertendo-se num recobrimento de partículas compactado, poroso, consistente e com espessura uniforme.

Após a aplicação da suspensão, devemos levar o corpo para a queima, seja a monoqueima ou biqueima. No processo de biqueima, a medida que aumentamos a temperatura, as partículas de frita que estavam inicialmente rígidas vão se tornando mais deformáveis, pois diminuem a viscosidade do vidro, fazendo com que o recobrimento, inicialmente com alta porosidade, sinterize, e que reduza gradativamente a rugosidade da camada de vidrado. Agora, se partirmos do corpo cru, as partículas da frita interagem com as do cerâmico para formar uma zona difusa, de união, que se faz necessária para que o vidrado esteja aderido ao produto acabado.

## **5. CONCLUSÃO**

Examinando o conteúdo apresentado nesse trabalho, espera-se chegar a um entendimento mais completo sobre as propriedades que os esmaltes provocam nas cerâmicas, visto que os mesmos proporcionam, maior resistência mecânica, química, ou, ainda, para aspectos decorativos, como variados tipos de pinturas, também dependendo do processo utilizado para aplicação. Logo, com base nas pesquisas realizadas, aprendemos mais profundamente sobre os processos e qual o efeito que os esmaltes desenvolvem sobre as peças cerâmicas.

## 6. REFERÊNCIAS

CERÂMICA INDUSTRIAL, Disponível em: [http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n03/v7n3\\_6.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n03/v7n3_6.pdf). Acesso em: 12/11/2015.

ABCERAM, Disponível em: <http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=50>. Acesso em: 07/09/2015.

ABCERAM, Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1343-19766-189047.pdf>. Acesso em: 12/11/2015.

SCIELO, Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v58n345/19.pdf>. Acesso em: 07/09/2015.

WIKIPEDIA, Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Esmalte>. Acesso em: 12/11/2015.

WIKIPEDIA, Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Vidrado>. Acesso em: 12/11/2015.

PIPE, Disponível em: <http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/075.pdf>. Acesso em: 12/11/2015.

CERAMIKA, Disponível em: <http://www.ceramika.com.br/?pagina=cinzas&titulo=Esmalte%20com%20cinzas>. Acesso em: 12/11/2015.

CRQ4, Disponível em: <http://www.crq4.org.br/downloads/ceramica.pdf>. Acesso em: 12/11/2015.

NORBLAST, Disponível em: <http://www.norblast.com.br/info4.html>. Acesso em: 12/11/2015.

LULEAORAKU, Disponível em: <http://luleaoraku.blogspot.com.br/2013/07/engobes-de-sais-reagentes-com.html>. Acesso em: 12/11/2015.

EUCALIYPTUS, Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/1072\\_Cinzas%20em%20madeira%20e%20casca.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/1072_Cinzas%20em%20madeira%20e%20casca.pdf). Acesso em: 12/11/2015.

ALUMIAR, Disponível em: <http://www.alumiar.com/arte/35-escultura/921-aorigemdosesmaltesceramicos>. Acesso em: 12/11/2015.

CERAMICAINDUSTRIAL, Disponível em: [http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v03n12/v3n12\\_6.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v03n12/v3n12_6.pdf). Acesso em: 07/09/2015.  
Acesso em: 12/11/2015.

CERAMICAINDUSTRIAL, Disponível em: [http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n05/v5n5\\_2.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n05/v5n5_2.pdf). Acesso em: 07/09/2015.  
Acesso em: 12/11/2015.