

Substituição do Mercúrio por Água na Determinação da Densidade Aparente do Suporte Cerâmico Cru

Marcelo Dal Bó*, Wenceslau F. das Neves e Sidenir do Amaral

Cecrisa Revestimentos Cerâmicos S.A.

Unidade Industrial 6 - Portinari, Rod. BR 101, km 392,5, Vila São Domingos

88813-470 Criciúma - SC

** e-mail: marcelodalbo@hotmail.com*

Resumo: A modernização tecnológica imposta pela competitividade entre as empresas do ramo cerâmico mundial faz com que a busca pela qualidade total do seu processo produtivo não pare de crescer.

Com o objetivo de promover um ambiente mais sadio para os profissionais que fazem o controle de qualidade da peça crua logo após a sua prensagem foi desenvolvido um novo método de determinação da densidade aparente do suporte cerâmico cru. Antigamente, o método usado envolvia a utilização de um metal pesado muito prejudicial a saúde humana, o Mercúrio (Hg), com o método proposto a seguir este metal é totalmente eliminado utilizando apenas água e parafina.

Palavras-chaves: *água, densidade aparente, mercúrio*

1. Introdução

É conhecida de todos a importância da determinação da densidade aparente das peças cerâmicas. A densidade aparente, junto com a resistência mecânica, é uma das propriedades mais importantes da peça cerâmica prensada, afetando o comportamento da peça em diferentes etapas do processo cerâmico e influenciando de maneira decisiva na contração linear, absorção de água, deformação pirolástica e é também um fator crucial para a resistência mecânica da peça.

A igualdade de composição, do procedimento de preparação das peças e das variáveis de queima, da contração linear e da capacidade de absorção de água diminuem a medida que aumenta a densidade aparente da peça, sendo esta uma relação linear.

Assim mesmo a velocidade de secagem e de oxidação da peça durante o processo de queima diminuem a medida que aumenta a densidade aparente, pois o coeficiente de difusão efetiva dos gases diminuem quando se tem porosidade baixa.

Por outro lado, variações da densidade aparente da peça podem conduzir a contrações diferenciadas que se traduzem em produtos fora de esquadro, curvaturas, bitolas diferentes, etc.

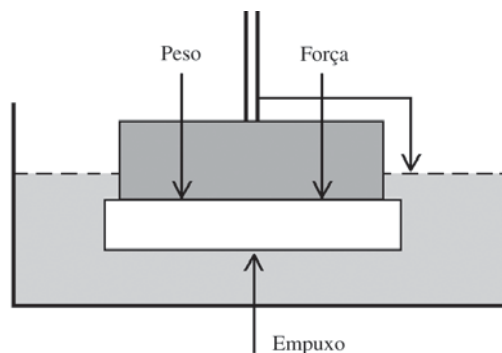
O acoplamento do suporte-esmalte também é afetado por variações da densidade aparente do suporte cerâmico, como conseqüência da variação do módulo de elasticidade com a densidade aparente³.

Como foi comentado anteriormente, se sucede a grande importância que tem a densidade aparente sobre as variáveis do processo e das características finais do produto.

2. Método da Determinação da Densidade Aparente Utilizando Mercúrio

2.1. Descrição do método utilizando Mercúrio (Hg)

Balanco de Forças:



$$E = P + F$$

$E =$ Peso do volume de líquido deslocado

$$E = \rho_{Hg} \cdot V_{desl} \cdot g$$

Para este caso: $V_{desl} = V_{AP}$

Então:

$$\rho_{Hg} \cdot V_{AP} \cdot g = m_1 \cdot g + m_2 \cdot g$$

$$V_{AP} = \frac{m_1 + m_2}{\rho_{Hg}} \quad (1)$$

Sabemos que a densidade aparente pode ser expressada por:

$$\rho_{AP} = \frac{m}{V_{AP}}$$

Incluindo a Eq.(1), temos:

$$\rho_{AP} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \rho_{Hg} \quad (2)$$

onde:

$m_1 =$ Massa da bolacha em cima do mercúrio (g);

$m_2 =$ Massa de mercúrio deslocado pela bolacha cerâmica (g);

$V_{AP} =$ Volume aparente da bolacha cerâmica (cm³);

$\rho_{Hg} =$ Densidade do mercúrio na temperatura do ensaio (g/cm³).

A equação acima era utilizada antigamente para o cálculo da densidade aparente do suporte cru cerâmico.

2.2. Eventuais Problemas do Método de Imersão no Mercúrio

Apesar de tudo o método de imersão no mercúrio apresenta algumas vantagens como: fácil utilização, elevada precisão e rápido de se realizar. Em contra partida vem a toxicidade deste metal, um dos mais tóxicos que se conhece.

2.2.1. Mercúrio e seus Aspectos Toxicológicos

Estado físico

É o único metal líquido, à temperatura ambiente. Apresenta-se sobre a forma de um líquido prateado, brilhante e muito móvel.

Aplicações

- Fabricação de aparelhos de medida e de laboratório (termômetros, barômetros, manômetros, densímetros, entre outros);
- Indústria elétrica (fabricação de lâmpadas, inversores de corrente, automáticos, pilhas e acumuladores);

- Indústria de curtumes (preparação de feltros);
- Indústria química (agente catalítico, fabricação dos diferentes compostos de mercúrio);
- Fabricação de escorvas com fulminato de mercúrio;
- Fabricação de diversas especialidades farmacêuticas;

Vias de intoxicação

- Inalação
- Ingestão
- Percutânea

Riscos para a saúde

Quando em vapor ou finamente fragmentado em poeiras, o mercúrio causa uma intoxicação designada por “Hidrargirismo”.

Esta intoxicação crônica manifesta-se por: estomatite, tremor associado a um estado de rigidez muscular (que se acentua à medida que a intoxicação aumenta) e pode originar uma ataxia cerebrosa, câibras muito dolorosas e, eventualmente, alterações na voz.

Perigo de envenenamento, emite vapores tóxicos especialmente quando aquecido. Apresenta incompatibilidade com ácidos fortes.

Toxicidade

Inalação de vapores, pode causar tosse, dores no tórax, náuseas e vômitos. Efeitos crônicos de exposição prolongada podem ocasionar danos ao fígado, aos rins e ao sistema nervoso central. A concentração do metal no cérebro, fígado e rins, ocasiona um efeito venenoso. Os principais sintomas são: dores de cabeça, tremores, perda de apetite, bolhas na pele e perda de memória.

Cérebro: O mercúrio relaciona-se a danos no cérebro e no sistema nervoso, afetando linguagem, atenção e memória. Os riscos da substância têm sido amplamente divulgados e debatidos nos últimos 40 anos, desde que ela atingiu o Japão, num dos mais sérios incidentes de poluição industrial já registrados.

Medidas de prevenção e segurança

- Os locais de trabalho e de armazenagem devem ter o solo e as paredes em material liso e impermeável, sem fissuras ou juntas porosas, com cantos arredondados e bordos elevados. Além disso, devem ter uma pequena inclinação que conduza a um rego com alçapão de escoamento.
- Os postos ou locais de trabalho em que se utilize o mercúrio e seus compostos, devem ser separados dos restantes.
- Deve ser previsto um sistema de aspiração dos vapores e poeiras de mercúrio na sua fonte. Caso não seja possível, então o trabalho deverá ser efetuado em caixas estanques.
- A oficina deve ter um sistema de ventilação geral com bocas de aspiração ao nível do solo; os sistemas de ventilação com reciclagem de ar, devem ser evitados.

- Em caso de derrame de mercúrio, o metal deve ser imediatamente recolhido, quer através de aspiração, quer com produtos de congelação (gelo seco) ou de amalgamação (aparas de zinco, pó de zinco ou de cobre).
- Ao despejar, trasfegar ou encher recipientes com mercúrio, deve utilizar-se um sistema fechado, e com aspiração, especialmente previsto para o efeito.
- Os recipientes que contém mercúrio metálico devem estar rolhados ou deverão conter água, óleo ou parafina em quantidade suficiente para cobrir o metal; além disso, tais recipientes devem ser armazenados em local fresco e ventilado.
- Não se deve aquecer diretamente o mercúrio, nem os recipientes que o contiveram, a não ser em local próprio e com aspiração de vapores potente.
- Os locais de trabalho devem ser limpos diariamente, de forma sistemática.
- Quando não seja possível uma proteção coletiva eficaz, devem ser postas à disposição dos trabalhadores cogulas com adução de ar puro; as máscaras respiratórias, com filtro, não são aconselháveis.
- Pessoal deve ser elucidado acerca dos riscos postos pela manipulação do mercúrio e seus compostos.
- Deve ser proibido fumar, comer e beber nos locais de trabalho.
- Os trabalhadores devem observar uma rigorosa higiene pessoal antes de cada refeição, e no fim do trabalho, e devem arrumar as roupas de trabalho separadamente da outra roupa.
- Ao lidar com mercúrio recomenda-se o uso de luvas com canhão comprido e fato de macaco sem bolsos nem dobras.
- Devem ser efetuados exames médicos de pré-admissão e exames periódicos de despistagem do hidrargirismo.

Estocagem e Manuseio

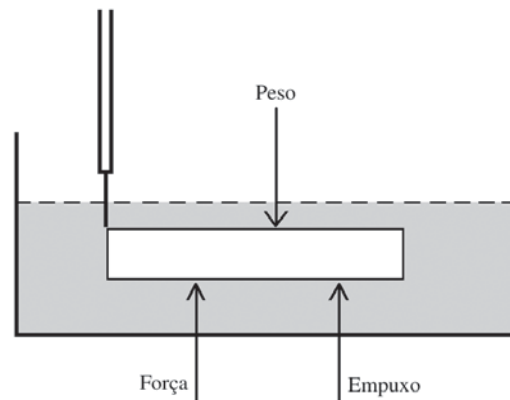
Utilizar ambiente com exaustão adequada, óculos de segurança, luvas adequadas roupas especiais para laboratório e capela de exaustão. Após o manuseio lavar bem as mãos e manter o frasco de reagentes bem fechado. Guardar em lugar seguro, em área protegida.

3. Método da Determinação da Densidade Aparente Utilizando Água e Parafina

3.1. Descrição do método utilizando Água (H₂O) e Parafina

Neste método a parafina serve única e exclusivamente para impermeabilização do suporte cerâmico cru. Podendo assim ser imersa na água, sem que haja absorção do líquido.

Balanço de Forças:



$$P = E + F$$

$$P = \rho_{H_2O} \cdot V_{AP} \cdot g + F$$

$$V_{AP} = \frac{P - F}{\rho_{H_2O} \cdot g}$$

Neste novo método, o volume aparente da peça engloba o volume da peça e o volume da parafina isolante, então:

$$V_{AP} + V_{Parafina} = \frac{P - F}{\rho_{H_2O} \cdot g}$$

$$V_{AP} = \frac{P - F}{\rho_{H_2O} \cdot g} - V_{Parafina}$$

Sabendo que a densidade da parafina pode ser escrita

$$\text{como } \rho_{Parafina} = \frac{m_{Parafina}}{V_{Parafina}} :$$

A equação fica:

$$V_{AP} = \frac{P - F}{\rho_{H_2O} \cdot g} - \frac{m_{Parafina}}{\rho_{Parafina}}$$

$$V_{AP} = \frac{M' \cdot g}{\rho_{H_2O} \cdot g} - \frac{m_{Parafina}}{\rho_{Parafina}}$$

$$V_{AP} = \frac{M'}{\rho_{H_2O}} - \frac{m_{Parafina}}{\rho_{Parafina}} \quad (3)$$

Temos então que a densidade aparente pode ser expressa como:

$$\rho_{AP} = \frac{m}{V_{AP}}$$

Substituindo na Equação (3):

$$\rho_{AP} = \frac{m \cdot \rho_{H_2O} \cdot \rho_{Parafina}}{M' \cdot \rho_{Parafina} - m_{Parafina} \cdot \rho_{H_2O}} \quad (4)$$

A Equação 4 representa a densidade aparente do suporte cru cerâmico, onde:

ρ_{AP} = Densidade Aparente do suporte cerâmico cru (g/cm³);

$\rho_{Parafina}$ = Densidade da parafina (g/cm³);

ρ_{H_2O} = Densidade da água na temperatura do experimento (g/cm³);

m = Massa do suporte (g);

$m_{Parafina}$ = Massa da parafina que impermeabilizou o suporte (g);

M' = Massa de água deslocada pelo suporte cerâmico cru (g);

Obs: A massa da parafina é conseguida simplesmente pesando-se a peça antes e depois da imersão na parafina fundida.

4. Procedimento Experimental

O processo da medição da densidade aparente do suporte cru cerâmico começa com a retirada de uma bolacha logo após esta ter saído da prensa. A partir desta peça prepara-se uma série de amostras com aproximadamente 5 x 5 cm, que serão utilizadas para a determinação da densidade aparente.

Como agente impermeabilizante utiliza-se parafina comum, para fabricação de vela por exemplo.

O procedimento experimental está descrito a seguir:

1. Preparação das amostras de suporte cerâmico cru;
2. Fundição da parafina;
3. Pesagem do suporte cru;
4. Imersão do suporte na parafina (Impermeabilização);
5. Pesagem do suporte cru impermeabilizado;
6. Imersão do suporte impermeabilizado na água;
7. Pesagem da massa de fluido deslocado pela peça.

A Fig. 2 mostra o esquema utilizado para a determinação da densidade da peça por imersão na água.

5. Resultados

Valores comparativos entre a densidade aparente utilizando o método com mercúrio e o método com água estão relacionados na Tabela 1.

A Fig. 3 faz um comparativo entre as densidades das amostras encontradas pelo método utilizando mercúrio e o novo método utilizando água.

Os ensaios realizados mostraram a validade do novo método utilizando água para a obtenção da densidade aparente do suporte cerâmico cru. O grande desafio foi o de obter uma película impermeável, fina e de endurecimento rápido a temperatura ambiente.

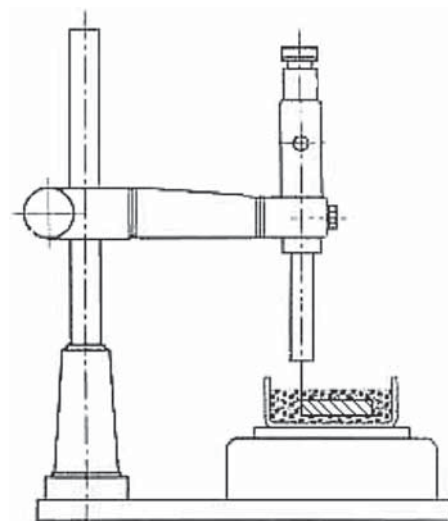


Figura 2. Esquema do pedestal rosqueado utilizado para imergir a peça na água.

Tabela 1.

Amostra	Densidade Água (g/L)	Densidade Hg (g/L)	ERRO %
1	2034	2043	0,45
2	2019	2025	0,28
3	2028	2029	0,04
4	2018	2025	0,32
5	1978	1980	0,11
Média	2016	2020	
6	2018	2012	-0,28
7	2024	2016	-0,39
8	1994	2010	0,77
9	2031	2026	-0,25
10	1978	1972	-0,31
Média	2009	2007	
11	1977	1974	-0,13
12	1961	1952	-0,44
13	1945	1945	0,02
14	1965	1976	0,53
Média	1962	1962	
15	2027	2029	0,08
16	2033	2033	-0,02
17	2032	2033	0,04
18	2036	2026	-0,48
Média	2032	2030	
19	2032	2029	-0,14
20	2022	2022	0,01
21	2023	2026	0,17
22	2017	2019	0,12
23	2023	2020	-0,17
Média	2023	2023	

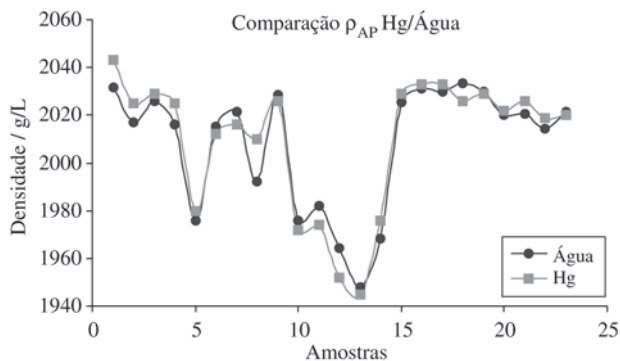


Figura 3. Compara os resultados obtidos pelos dois métodos.

Na Tabela 1 são representados os resultados obtidos na Cecrisa Revestimentos Cerâmicos, fazendo um comparativo e tomando como referência o método que utiliza o metal pesado Mercúrio (Hg).

O endurecimento da película de parafina é realizado a temperatura ambiente e sem a ajuda de uma convecção forçada. Este endurecimento da camada de parafina é praticamente instantâneo, não trazendo assim inconveniências ao método proposto.

6. Conclusão

O novo método de determinação da densidade aparente do suporte cerâmico cru com a utilização de água apresentou ótimos resultados em comparação com o antigo método que utilizava mercúrio. O método estudado é totalmente viável de ser implantado nas indústrias, tanto que atualmente a Cecrisa Revestimentos Cerâmicos está eliminando o mercúrio deste processo.

O tempo de endurecimento da película de parafina é praticamente instantâneo. Impermeabilizando de forma a garantir que a peça não irá absorver água durante o processo de determinação da densidade aparente

Um dos cuidados que tem que ser tomados a respeito da parafina utilizada é o de garantir que esta não esteja a uma temperatura próxima a de seu ponto de fusão, aproximadamente 60-62 °C, pois isto leva à uma camada de parafina muito grossa, tornando os resultados não muito confiáveis.

7. Agradecimentos

Concedo votos de agradecimentos aos orientadores do meu estágio; Mestre Wenceslau F. das Neves (Cecrisa) e ao Professor Dr. Ing. Humberto Gracher Riella (UFSC), pelo grande apoio e atenção dado em todo o decorrer da conclusão do meu curso. Também agradeço ao Gerente Eng. Luiz Antonio Antonini pela oportunidade oferecida de um ótimo estágio; e aos grandes amigos Gustavo Luz e Sidenir do Amaral por sua pronta dedicação e ajuda durante as pesquisas.

8. Referências Bibliográficas

1. Perry & Chilton - "Manual de Engenharia Química" - 5ªed., Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980;
2. Feltre, Ricardo; "Química" - 3ªed., vol.2 (Físico Química), Editora Moderna LTDA;
3. J.V. Agramunt, V. Almeida, V. Cantavella C. Feliu; "Eliminación del mercurio em el procedimiento experimental de medida de la densidad aparente de piezas cerámicas" – Tile & Brick International 4/1995;
4. http://www.merck.com.br/quimica/tpie/hg_fr.htm.
5. <http://www.estado.estadao.com.br/edicao/pano/97/12/20/ger596.html>.