

A Preparação a Seco de Massas Cerâmicas

L. Lolli¹, G. Nasseti² e L.F.B. Marino²

¹ *LB Officine Meccaniche, Fiorano Modenese, Itália*

² *Centro Cerâmico de Bolonha, Itália*

e-mail: fernando.marino@bol.com.br

Resumo: Este artigo apresenta os últimos progressos alcançados com a preparação a seco dos pós para prensagem, utilizados tanto para monoporosa como para monoqueima gresificada em massa vermelha e clara. Descreve-se um inovativo sistema de moagem a seco e granulação. Apresentam-se dados produtivos e são discutidas as vantagens consequentes do uso de tal sistema.

Palavras-chaves: *revestimentos cerâmicos, moagem a seco, granulação*

A moagem a seco das massas cerâmicas

Como é sabido, a moagem a seco das massas cerâmicas, em relação ao sistema a úmido, oferece as seguintes vantagens:

- menores custos energéticos, sobretudo de energia térmica;
- eliminação dos custos referentes aos defloculantes e aditivos;
- menores custos de manutenção, e
- menor impacto ambiental.

Por tais motivos a *LB Officine Meccaniche - Itália*, baseada em sua experiência no campo da moagem via seca, desenvolveu um sistema de notável confiança que, embora em evolução, permitiu preencher em grande parte as lacunas tecnológicas presentes nos sistemas a seco tradicionais.

Os fatores que determinaram um notável melhoramento na tecnologia de preparação de massas cerâmicas via seco foram:

- a adoção de um moinho de elevada eficiência dotado de rolos moedores pressionáveis, de um secador de matérias-primas na entrada do moinho e de um separador granulométrico;
- a eventual granulação dos pós finamente moídos, através de um granulador de ação aglomerante por umidificação.

O melhoramento do ponto de vista tecnológico do processo de moagem a seco está ligado ao fato que, com este tipo de moinho, é possível alcançar granulometrias consideravelmente menores que as obtidas com os sistemas tradicionais, comparáveis com aquelas provenientes dos

moinhos cilíndricos a úmido, além de apresentar uma elevada produtividade.

Esta granulometria mais fina permite reduzir as dimensões das impurezas contidas nas massas a valores tais que não causam problemas aos esmaltes e de desenvolver elevadas superfícies específicas das partículas moídas, o que favorece a gresificação do material na queima. Deste modo, é possível aplicar a moagem a seco à monoqueima, além da monoporosa.

A sucessiva granulação dos pós moídos a seco proporciona a obtenção de aglomerados de forma e granulometria semelhantes àquelas obtidas com a moagem a úmido e atomização, e assim, procede-se a fase de prensagem sem problemas.

Além disto, a maior compacidade dos grãos obtidos por aglomeração resulta nas seguintes vantagens: a obtenção de uma maior densidade do suporte prensado a verde e uma menor retração de queima, em relação aos produtos conformados com pós atomizados. Essa última característica é muito importante sobretudo na produção da monoqueima gresificada (verificou-se que é possível reduzir a retração de queima de alguns pontos percentuais para produtos gresificados - absorção de água menor que 3%).

Enfim, demonstrou-se que a segregação dos componentes de natureza diversa na massa (materiais moles e leves, como as argilas, e materiais duros e mais densos, como as areias e os feldspatos), não ocorre se a granulometria dos diversos componentes é reduzida a valores inferiores a 50-60 µm. Deste modo, a tecnologia da moagem via seco resulta aplicável também às massas claras.

Do ponto de vista energético, o processo a seco leva a uma forte redução dos consumos térmicos. No caso da monoporosa, gasta-se uma modesta quantidade de energia térmica no moinho a seco para evitar o sujamento dos rolos

moedores por aglomerações causadas pela condensação de umidade das matérias-primas.

No caso da monoqueima, com o uso do processo da granulação a seco para aglomerar os pós finamente moídos, utiliza-se energia térmica na regulagem do teor de umidade dos pós granulados, com a secagem a leito fluido, para se obter uma umidade adequada a prensagem.

O consumo energético do secador a leito fluido é de qualquer modo muito inferior àquele que se faz necessário para o ciclo a úmido, pois a granulação dos pós moídos a seco é obtida com modestas quantidades de água, enquanto que no *spray-dryer* deve-se evaporar consideráveis quantidades de água de moagem.

Com relação ao impacto ambiental, o processo de granulação a seco apresentam consideráveis vantagens, tais como:

- redução das emissões quentes dos processos de secagem dos pós, associadas a redução do insumo energético, conseqüentemente reduzindo as emissões de gás carbônico na atmosfera;
- possibilidade de reciclar em uma certa medida a cal exausta (CaO - derivada dos filtros a mangas para a depuração da fumaça do forno de queima) no granulador como matéria-prima secundária. No processo a úmido a reciclagem da cal exausta nos moinhos não é possível pois bloqueia a ação dos defloculantes.

No estado atual, a moagem a seco pode ser aplicada sem problemas à produção de monoporosa de formatos pequenos e médios, com o emprego de um moinho vertical a rolos e de uma simples banhadora.

A moagem a seco pode ser também aplicada para a produção de monoqueima gresificada em massa vermelha ou clara, até formatos médios, com o uso de um sistema mais complexo constituído por um moinho vertical a rolos, um granulador e um secador a leito fluido. Neste caso é executada a granulação a seco.

Soluções tecnológicas

O moinho vertical a rolos, apresentado nas Figuras 1 e 2, é o coração do sistema. Trata-se de um moinho com secador e separador dinâmico de granulometria integrados.

As matérias-primas cominuídas são extraídas dos silos de estocagem na proporção desejada mediante correias pesadoras automáticas e contínuas. O material para moer é enviado ao silo de pré-carga do moinho vertical a rolos. Do silo de pré-carga, o moinho é alimentado com a mistura das matérias-primas por meio de um sistema dosador.

O moinho é constituído de uma pista circular revestida com material resistente ao desgaste. Tal pista é solidária com o redutor principal da máquina, que acionado, coloca a pista em rotação.

Sobre a pista são colocados dois rolos cônicos de grande diâmetro (cerca de 1 metro) revestidos com anéis de mate-



Figura 1. Esquema de funcionamento do moinho vertical a rolos.



Figura 2. Moinho Vertical a Rolos.

rial especial de elevada resistência ao desgaste. Estes rolos são montados livres e cada um deles é pressionado através de um sistema hidráulico contra a pista rotativa, e forçado à rotação em torno ao próprio eixo por atrito pelo material a ser moído.

O material a ser tratado é alimentado através de um canal lateral inclinado, e por intermédio do qual, é descarregado sobre a pista rotativa onde ocorre a moagem através da ação dos rolos.

A pressão hidráulica de moagem pode ser ajustada de acordo com a dureza dos diversos materiais. Em particular, para a moagem fina das argilas que contém impurezas, a pressão de moagem pode ser fixada de modo tal que leve os componentes difíceis de moer a um tamanho de grão que não cause problemas na queima do corpo cerâmico.

Além disso, a pressão de moagem não depende da velocidade do moinho como no caso dos moinhos pendulares tradicionais - assim se pode ter a velocidade do moinho vertical a rolos mais baixa que aquela praticada pelo moinho pendular. Deste modo a duração dos elementos moedores é maior, para iguais percentuais e distribuição granulométrica dos componentes abrasivos presentes na massa, conseqüentemente com menores custos de manutenção.

Um particular sistema de secagem a ar quente leva as matérias-primas em ingresso ao moinho ao completo secamento, deste modo evitando aglomerações nos rolos moedores e aumentando a eficiência de moagem. Tal sistema permite que se mantenham constantes as condições do moinho, mesmo que as matérias-primas alimentadas tenham umidade elevada (até 10%).

O separador dinâmico seleciona a granulometria do material na sua saída por meio da diferença de pressão criada no circuito do moinho. Na saída do separador granulométrico, o material moído é separado do fluxo de ar por meio de um filtro a mangas e enviado aos silos de estocagem.

A produtividade do moinho é função da razão de cominuição e depende da natureza da massa a ser moída e da dimensão do equipamento. Em outras palavras, para um mesmo moinho, quanto menor a granulometria a ser obtida menor será a produtividade do mesmo. Além disso, à equivalentes resíduos de moagem a produtividade dependerá das massas, com particular referência a moabilidade

dos seus componentes. São apresentados na Tabela 1 valores de referência observados em diversos contextos produtivos.

No caso da produção de monoporosa ou de monoquei-ma a média porosidade, é suficiente a aplicação de uma banhadora depois do moinho para a obtenção da umidade adequada à prensagem, como mostra o esquema apresentado na Figura 3.

Para a monoqueima gresificada, uma vez que deve-se moer mais fino os pós a seco, emprega-se depois do moinho o equipamento de granulação indicado na Figura 4. Em tal caso, os pós moídos são enviados para a granulação, após prévia dosagem através de corretas pesadoras automática e contínuas.

O granulador é constituído inicialmente por uma câmara cilíndrica na qual o pó, alimentado por uma cóclea (transportador de hélice) em uma zona periférica do cilindro, é colocado em rotação. Um sistema particular de nebulização de água umidifica o pó, levando-o desde a umidade de entrada até 12-15%, segundo a natureza da massa.

Depois dessa fase de hidratação na qual o material começa a aglomerar-se, ele entra na zona sinusoidal do granulador onde, percorrendo seções dispostas com excentricidades crescentes e decrescentes em relação ao eixo de rotação, avança com velocidades tangenciais diferentes em direção à saída da máquina, misturando-se, homogeneizando a umidade e aperfeiçoando a granulação.

Tabela 1. Parâmetros de referência dos moinhos verticais a rolos*.

Tipo de massa	Produtividade (ton./h)	Resíduo de moagem a 45 μm (%)
Monoqueima clara gresificada e suportes de grês porcelanato	6 a 9	3 a 5
Monoqueima clara a média absorção de água	10 a 15	9 a 12
Monoqueima vermelha	até 25	9 a 12
Monoporosa vermelha	até 32	21 a 23

* Valores dependentes das dimensões do moinho e da moabilidade dos diversos componentes da massa.

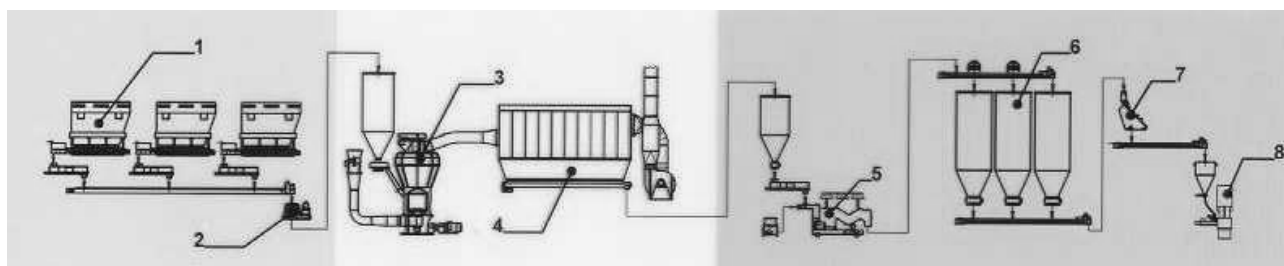


Figura 3. Layout para a produção de pós para monoporosa e monoqueima a média porosidade.

A redução da umidade do pó granulado ocorre sucessivamente no secador a leito fluido, no qual o granulado adquire a umidade necessária para a prensagem (5-6%), através da emissão de ar quente a cerca de 150 °C por intermédio de septos especiais em uma chapa-base micro-furada. A parte final do secador é dotada de um sistema de resfriamento que tem o objetivo de fazer com que o material saia a uma temperatura próxima a ambiente, de modo a evitar problemas de condensação durante as fases subsequentes de transporte, peneiramento e depósito nos silos.

O produto granulado é então levado a uma peneira, na qual são separados os grãos de tamanho adequado que prosseguem para os silos de estocagem, enquanto que aqueles mais grossos retornam ao granulador após prévia moagem no moinho a seco.

Resultados atuais e futuros desenvolvimentos aplicativos

Plantas industriais de moagem a seco para monoporosa e monoqueima com média absorção de água, estão em funcionamento em três estabelecimentos na Itália e um na América do Sul há diversos anos.

Um sistema de granulação a seco está em operação há diversos anos em uma cerâmica italiana para a produção de monoqueima clara de baixíssima absorção de água; outro está em funcionamento há um ano em uma cerâmica do Brasil para a produção de monoqueima em massa vermelha.

As vantagens evidenciadas desde o início, mostram uma maior rentabilidade do sistema de granulação a seco em confronto com a atomização. A rentabilidade é ainda maior quando o sistema é aplicado às massas vermelhas,

que necessitam de maiores quantidades de água na moagem a úmido. Foi calculada que a economia anual de uma planta industrial com produção de 14-15 ton/h de pó, está além de um bilhão de liras italianas. No caso da aplicação às massas claras, a rentabilidade do sistema a seco resulta ser em torno de 800 milhões de liras (US\$1,00 = £it1.860).

A economia anual é assim subdividida: 25% devido a economia de defloculantes e aditivos; 52% pela redução da energia térmica; 7% pela redução da energia elétrica e 15% devido aos menores custos de manutenção.

No que se refere aos futuros desenvolvimentos da aplicação da moagem via seca, já estão sendo desenvolvidos trabalhos para a otimização do emprego do moinho vertical a rolos na moagem separada dos materiais duros nas massas de grês porcelanato.

A produtividade de um moinho contínuo aumenta conforme se diminuem as dimensões das partículas de ingresso dos materiais duros; realmente, com a mesma potência elétrica do motor, reduzindo-se a razão de cominuição aumenta-se a produtividade do moinho. Experimentações feitas com esse propósito demonstraram que o uso de materiais duros pré-moídos permite aumentar a produção do moinho cilíndrico contínuo de 2 a 3 vezes.

Esse fato é muito importante na produção de grês porcelanato onde a produtividade do moinho contínuo é fortemente reduzida pela necessidade de baixo resíduo de moagem, chegando a diminuir pela metade a capacidade produtiva.

Com esse propósito, a aplicação de um moinho vertical a rolos antes do moinho contínuo, conforme indicado na Figura 5, para a pré-moagem dos materiais duros constituintes da massa de porcelanato, é sem dúvida conse-

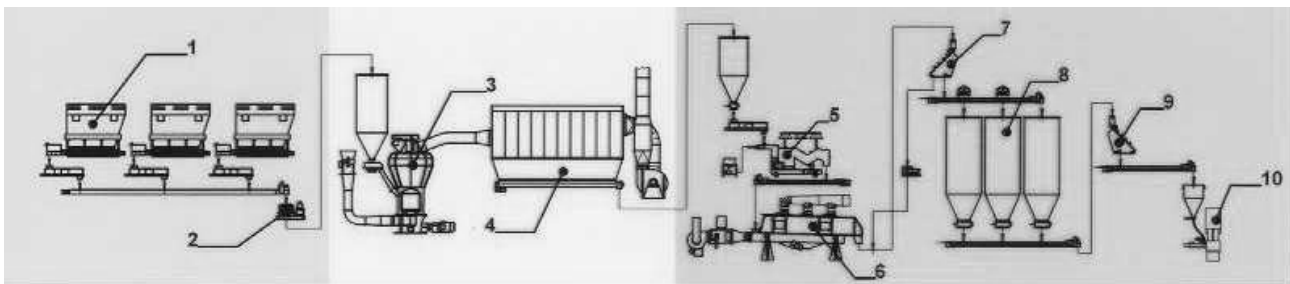


Figura 4. Layout para a produção de pós para monoqueima gresificada.

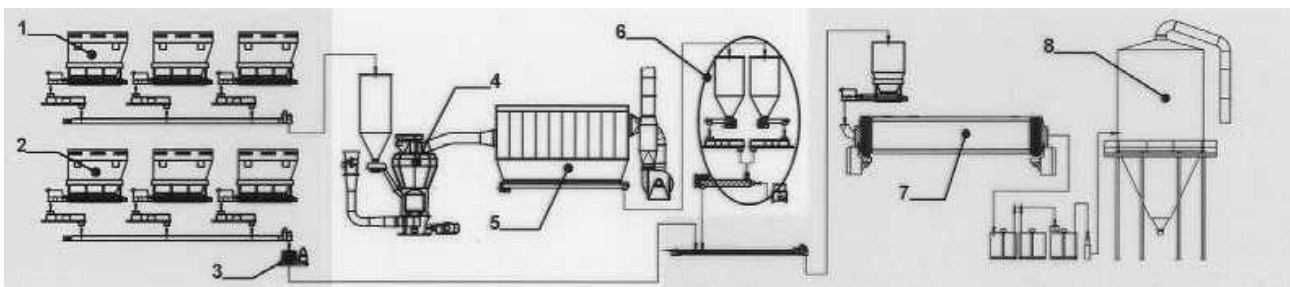


Figura 5. Layout para a produção de pós para grês-porcelanato com moagem separada dos materiais duros.

lhável, ainda considerando o fato que o moinho vertical a rolos é particularmente eficiente na moagem destes materiais. Uma planta industrial deste tipo está em funcionamento há cerca de um ano e outra está em fase de montagem e funcionamento.

Uma outra possibilidade de aplicação do moinho vertical a rolos consiste na produção de grês porcelanato esmaltado de formatos médios, considerando-se que os moinhos acima descritos tem a capacidade de produzir granulometrias ainda mais finas que aquelas para monoqueima, mesmo que se neste caso a produtividade do moinho seja diminuída. Deste modo, se produziria o pó do suporte a custos decisivamente inferiores (em torno de 12-13%), aumentando a competitividade de um produto que começa a se fazer presente no mercado em volumes notáveis.

Referências Bibliográficas

1. Nasseti, G.; Tenaglia, A; Timellini, G.: - *La granulazione nell'industria delle piastrelle ceramiche* - 1987 - Ed. Centro Ceramico, Bologna.
2. Nasseti, G.: - *Technological and Productive Innovations in the Ceramic Industry with Particular Reference to Ceramic Floor and Wall Tiles* - Material Science and Engineering, A109, 417-425 p, (1989) Ed. Elsevier Sequoia. *Paper presented at the Symposium on Ceramic Materials Research at the E-MRS Spring Meeting, Strasbourg (F), May 31-June 2, 1988.*
3. Nasseti, G.: - *Trends and Developments of Production technologies for Ceramic Tiles* - Interbrick, N.5 (Sept.), 18-23 p, (1989) Ed. Verlag Schmid, Freiburg (D).
4. Nasseti, G.: - *Innovative Systems for the Preparation of Ceramic Tile Bodies* - Tile & Brick, N.3 (May), 15-20 p, (1990) Ed. Verlag Schmid, Freiburg (D).
5. Nasseti, G.; Timellini, G.: - *Granulation of Powders for Whitebody Ceramic Tiles* - Ceram. Eng. Sci. Proc. 12 [1-2], 328-342 p, (1991). *Paper presented at the American Ceramic Society's 92nd Annual Meeting and Exposition, Dallas (USA), April 23-26, 1990.*
6. Nasseti, G.; Palmonari, C.: - *Dry Fine-Grinding & Granulation vs Wet Grinding & Spray Drying for the Preparation of a Redware Mix for Fast Single-Fired Vitrified Tile* - publication expected on Cer. Eng. Sci. Proc. *Paper presented at the American Ceramic Society's 94th Annual Meeting and Exposition, Minneapolis (USA), April 12-16, 1992.*
7. Sillem, H.; Schnabel, U.: - *Fine Processing of High Quality Clays Using Vertical Roller Mills and Three-tube Dryers* - Ceramic Forum International, Vol.65, (1988) Ed. Bauerverlag.
8. Ghorra, G.: - *Wet vs Dry Processing: Granulation of Ceramic Powders* - Ceram. Eng. Sci. Proc., 8[11-12], p. 1211-1219 (1987).
9. Anders, A.C.; Ghorra, G.; Rigutto, R.V.: - *Wet vs Dry Processing: Granulation of Ceramic Powders (2nd in a Series)* - Ceram. Eng. Sci. Proc., 10[1-2], p. 18-35 (1989).