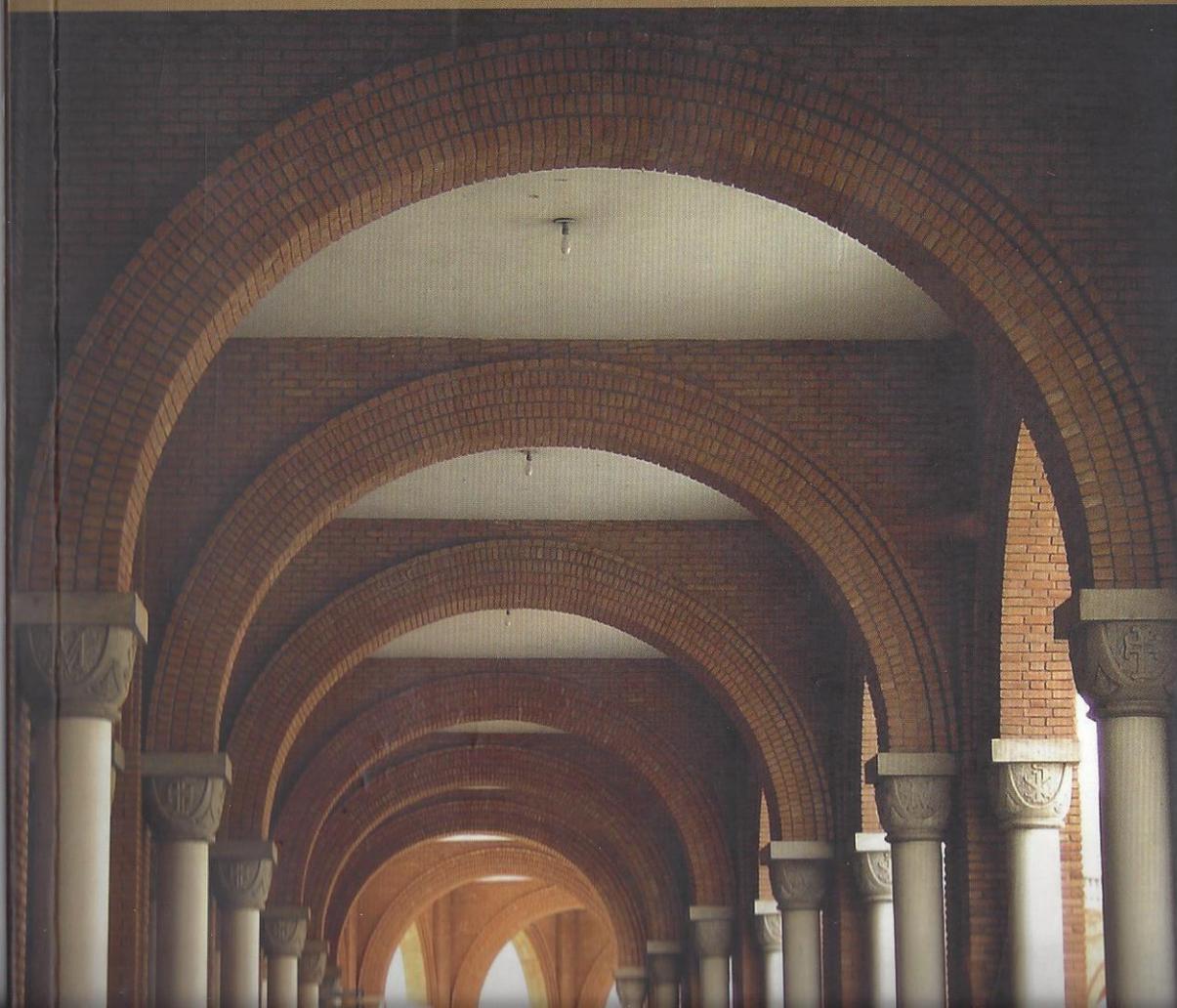


Tecnologia em Cerâmica

Amando Alves de Oliveira





Este livro tenta em linguagem simples transmitir noções básicas do processo cerâmico, visando principalmente o trabalhador da indústria de cerâmica vermelha, onde o mesmo não tem acesso ao estudo da tecnologia.

A linguagem aqui expressada procura traduzir de maneira simplificada o processo industrial bem como a tecnologia empregada no processo produtivo.

Vários exemplos reais são utilizados neste livro, como os defeitos e os erros mais comuns, bem como a sua solução.

No entanto, houve a preocupação de não omitir nenhum dado científico relacionado a todo o processo produtivo.

Amando Alves de Oliveira

Tecnologia em Cerâmica



Copyright © 2011 Amando Alves de Oliveira

Todos os direitos desta edição reservados à EDITORA LARA.
Rua Cel. Marcos Rovaris, 54, Ed. Júlio Gaidzinski, sala 34, Centro
Criciúma-SC, CEP 88.801-100
(48) 3061.7097 - (48) 3045.7862
www.editoralara.com.br

Supervisão Editorial
Jorge Espíndola

Revisão
Amando Alves de Oliveira
Kennia Cristina da Silva de Andrade
Lorraine Espíndola Ferreira

Editoração
Daniel Luís de Andrade

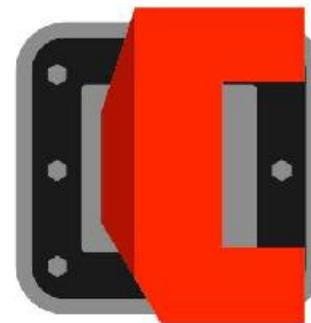
Capa e projeto gráfico
Daniel Luís de Andrade

Impressão
Gráfica COAN

Oliveira, Amando Alves de. Tecnologia em Cerâmica
/Amando Alves de Oliveira.
Criciúma: Editora Lara, 2011
176 P. : IL. Col.

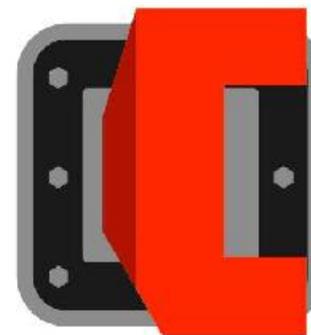
2ª Impressão

1. Cerâmica - Tecnologia I. Título.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Prefácio

Nos últimos anos a fabricação e comercialização dos produtos cerâmicos, em especial os produtos de cerâmica vermelha, passaram por grandes modificações. O que, há até bem pouco tempo, era feito de forma artesanal, tem ganhado técnica e confiabilidade. Temos acompanhado lançamentos de equipamentos e dispositivos que elevam a produtividade nas empresas. Notamos nos fabricantes uma maior procura por parcerias nacionais e internacionais que possam garantir acesso a novas tecnologias e novos produtos.

A procura pela adequação às normas fez com que os produtores buscassem a atualização dos equipamentos, contratação de mão de obra especializada e implementação de controles de processo e de produtos capazes de garantir a qualidade do produto final.

Muito desta mudança se deve à implementação dos Programas Setoriais da Qualidade e do estabelecimento de padrões para aceitação dos produtos comercializados. A certificação dos produtos foi decisiva para a garantia de processos sob controle e, conseqüentemente, proporcionou aumento na confiabilidade metrológica dos produtos fabricados no Brasil.

No entanto, mesmo diante de expressivo crescimento, o setor de cerâmica vermelha ainda necessita de alguns ajustes. É necessário um aumento ainda maior na disseminação dessas técnicas de produção, de equipamentos ajustados às características das matérias primas brasileiras e, acima de tudo, profissionais e empresas que garantam a perfeita utilização dos recursos minerais, de forma sustentável e buscando fontes de energia alternativa.

Este livro é uma contribuição à evolução da tecnologia de produção de cerâmica vermelha. Ele objetiva apresentar conceitos e estratégias utilizadas durante o processo de fabricação de produtos, que atendam padrões de qualidade, com custos compatíveis e de acordo com a demanda de mercado. Neste sentido, a contribuição apresentada é muito valiosa na difusão do conhecimento e se constitui ferramenta essencial na readequação de processos e busca contínua para a melhoria da qualidade.

Carlos Augusto Xavier Santos

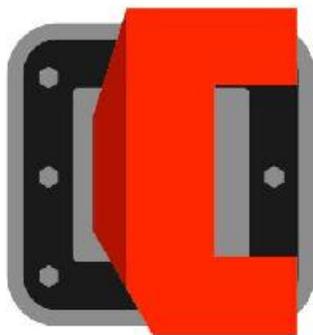
Índice

01. Tecnologia das argilas	13
02. Exploração e mapeamento de jazidas	19
03. Tipos de sazónamentos	22
04. Preparação de massa	23
4.1 Importância do resíduo	
4.2 Influência do resíduo	
05. Laminação	27
06. Misturador	31
07. Extrusão	33
08. Regulagens de boquilhas	47
09. Prensagem de telhas	65
10. Cortadeiras	73
11. Telhas extrusadas (marombas)	79
12. Transporte de produtos verdes (úmidos)	83
13. Trinças e as suas origens	86
14. Sistema de secagem	104
Secagem natural	111
Secagem artificial	119
15. Sistema de queima	130
Curva de queima	131
Combustão	131
Queima na prática	132
Forno intermitente do tipo Caieira crivado	133
Forno intermitente do tipo Caieira sem crivo	135
Forno intermitente do tipo Paulista crivado	136
Forno intermitente do tipo Paulista sem crivo	137
Forno intermitente do tipo Garrafão	141
Forno intermitente do tipo Abobóda	142
Depressão	143
Tipos de Canais	144
Tipos de Fornalhas	145
Canal da Chaminé	148
Forno do tipo Hoffmann	151
Forno do tipo Câmara	159
Forno do tipo Túnel	162
Forno Vagão	166
16. Projetos especiais	170
17. Eflorescência na cerâmica vermelha	173



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

1. Tecnologia das argilas

- Silicatos naturais

Argilosos - Predominantemente constituídos por argilominerais, que apresentam a plasticidade em presença da água. As matérias primas utilizadas em cerâmica, que contêm os argilominerais illita, caulinita, montmorilonita, haloisita, clorita, etc. denominam-se argilas, taguás, caulins, bentonitas, filitos, etc.

Argila

Silicato de alumínio hidratado podendo conter cálcio, magnésio, ferro, etc. A forma mais pura da argila é a caulinita, cuja fórmula molecular é $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Além dos argilominerais, geralmente as argilas possuem outros minerais como quartzo, mica, pirita, sais solúveis, etc. Estes materiais proporcionam às argilas as mais diversas propriedades e comportamentos físicos e físico-químicos.

Composição química da caulinita: 47% de SiO_2 , 39% de Al_2O_3 e 14% de H_2O .

Definições: argila

- São sedimentos geológicos resultantes da decomposição de rocha silicosa e aluminosa, principalmente os feldspatos, geralmente pela ação atmosférica.
- São essencialmente silicatos de alumínio hidratados, contendo ferro, cálcio e magnésio.
- É um mineral natural, terroso, de granulação fina, que geralmente adquire, quando misturado em água, certa plasticidade.
- Um grupo de partículas do solo, cujas dimensões se encontram entre uma faixa de valores de 0,005mm.

Argila - É um material natural de textura terrosa e de baixa granulometria, que geralmente, adquire quando umedecido com uma quantidade limitada de água, certo grau de plasticidade, suficiente para poder ser moldado e que a perde temporariamente pela secagem e permanente pela queima.

O valor da argila como matéria prima para produção de vários produtos cerâmicos baseia-se em sua plasticidade no estado úmido, qualidade quase não superada por nenhuma outra matéria prima, que adquire dureza ao secar e, finalmente, rigidez ao ser queimada.

No estado seco, as argilas são friáveis, absorvem água com rapidez, tem fraca coesão e aderem na língua. Tem cheiro particular, análogo ao que se desprende da terra molhada depois de uma chuva.

Pela adição de água, a argila se transforma numa massa plástica, podendo ser moldada em todas as formas, conservando-as permanentemente, mesmo após a secagem e queima.

As argilas plásticas, ricas em substâncias argilosas, são chamadas de gordas. As argilas arenosas e ásperas ao tato são chamadas de magras.

As argilas para telhas e tijolos são gordas quando contem 80% de substâncias argilosas e magras quando contem 60% de areia.

Liga - A liga das argilas varia consideravelmente segundo sua plasticidade e o teor de areia. Quanto mais se adiciona areia a uma argila, mais se diminui a sua liga.

As argilas empregadas na fabricação de produtos de cerâmica vermelha ou estrutural encontram-se distribuídas em quase todas as regiões. As impurezas que podem conter são muito variáveis e modificam relativamente suas propriedades. Isto significa que, para fabricação destes produtos existe à disposição uma grande variedade de matérias primas que, sem dúvida, representa uma vantagem para esta indústria.

A maior dificuldade inerente a este tipo de indústria não se refere às matérias primas e nem ao processo de fabricação, mas sim, ao baixo preço do produto no mercado. Por esta razão, deve-se buscar cada vez mais, a diminuição do custo da produção final que, além do derivado do processo de fabricação, depende muito da argila e dos equipamentos e métodos empregados no seu preparo inicial.

O principal componente das argilas industriais é a argila pura, de composição bem definida, a caulinita, um silicato de alumínio hidratado ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), que nunca é encontrado em estado quimicamente puro na natureza e que apresenta uma proporção de 47% de sílica, 39% de alumina e 14% de água.

A qualidade de uma argila para a fabricação de produtos de cerâmica vermelha depende de algumas características determinadas por sua plasticidade, capacidade de absorver e ceder água, capacidade aglutinante, índice de trabalhabilidade, contração na secagem e queima.

O comportamento da argila durante o processo de queima depende de seu conteúdo em fundentes (sílica, calcário, óxido de ferro e álcalis). Da quantidade destas substâncias depende o grau de vitrificação da argila que, com aumento da temperatura pode chegar à fusão. As argilas pobres em fundentes necessitam de temperatura mais elevada para sua queima.

O óxido de ferro nas argilas pode variar de 2 a 15%, a magnésia (MgO) se aproxima de 1% o carbonato de cálcio, que é o inimigo da cerâmica vermelha, oscila bastante, até aproximadamente 20%. Quando o carbonato de cálcio é convenientemente moído juntamente com a argila, pode ser tolerável a sua presença, do contrário, os grânulos de $CaCO_3$, hidratam-se em presença de umidade, aumentando o volume produzindo lascamentos (estouros) na superfície da peça.

Impurezas e suas influências

As argilas quase sempre estão acompanhadas de impurezas, que se misturam durante a sua formação. Constituem-se de resíduos minerais provenientes das rochas originais, ou que se juntaram às argilas durante o seu transporte pelas águas, ou ainda, trazido pelas águas de infiltração. Estes resíduos são sílicas livre (areia), micas, feldspatos, calcários, óxidos de ferro, rutilo, pirita, sulfatos, etc.

As impurezas encontram-se em quantidade e granulometria bastante variáveis, desde fragmentos grandes até os impalpáveis, que dificilmente são separáveis por processos mecânicos. Estas modificam bastante as propriedades das argilas. As modificações se constituem na alteração da contração, na resistência mecânica, na dilatação, no ponto de fusão, na formação de diversas cores, na plasticidade, etc.

As argilas fusíveis apresentam um teor elevado de óxidos fundentes, como ferro, alumínio, cálcio e magnésio, os quais limitam a temperatura de vitrificação até 1200 °C. Segundo a predominância das impurezas ferro, cálcio e sílica livre, as argilas fusíveis podem ser ferruginosas, calcárias e silicosas. A plasticidade das argilas fusíveis é muito variável, assim como a textura e o grau de finura dos grãos. Algumas argilas são excessivamente finas e isentas de areia, portanto, muito plásticas. Exemplos: taguás e certas argilas de várzea. Outras contem grande quantidade de areia, que contribui para a redução de plasticidade.

A cor de queima das argilas

O óxido de ferro (Fe_2O_3) num produto de queima normal produz vários tons de vermelhos e amarelos; sob condições redutoras, forma compostos ferrosos ou Fe_3O_4 dando cores azuis ou pretas. Nas temperaturas relativamente altas (cerca de $1300\text{ }^\circ\text{C}$) o Fe_2O_3 para Fe_3O_4 e oxigênio, dando marrom escura, exceto se reoxida durante o resfriamento.

Não somente a proporção do óxido de ferro, mas também o tamanho do grão, numa mistura íntima, as presenças de outros constituintes e as temperaturas de queima podem influenciar a cor. Discutindo-se o efeito de outros constituintes na cor de queima, é conveniente considerar três casos, baseados na composição:

a) Alta porcentagem de óxido de ferro (5 a 9%), baixo teor de Al_2O_3 e CaO desprezível. Nesta série de composição, toda matiz de vermelho é obtida, porém, à medida que se aumenta a temperatura de queima, a cor vai escurecendo.

b) Baixo teor de Fe_2O_3 (1 a 3%), teor de Al_2O_3 acima de 25%, há uma modificação pronunciada pelo efeito da alumina, dando uma cor laranja amarelado, que é devido a formação de solução sólida de Fe_2O_3 em mulita.

Quando o óxido de ferro é menor que 1%, resulta em uma coloração rosada, até mesmo branca em temperaturas baixas e creme nas altas.

c) No caso das argilas calcárias, com conteúdo alto de CaO : a cor vermelha ou marrom natural do óxido férrico é distinguida pelo branqueamento forte do CaO . Na proporção de 1:5 até 1:8 forma amarela, sob condições ligeiramente redutora, mas também sob condições completamente oxidante, obtêm-se rosas ou vermelhos.

Se o conteúdo CaO , Fe_2O_3 for maior que 2:1, são formadas as cores creme e amarelo claro.

A ação branqueadora do CaO pode ser evitada, se estão presentes os óxidos de enxofre, porque o CaO será convertido em CaSO_4 . À medida que a temperatura de queima aumenta, a cor vai escurecendo gradativamente. As cores claras obtidas com provável aumento do conteúdo de Al_2O_3 , que tem ação branqueadora.

Um conteúdo moderado de CaO (cerca de 4%) é suficiente para produzir tonalidades claras, porém não acontece sob condições oxidantes.

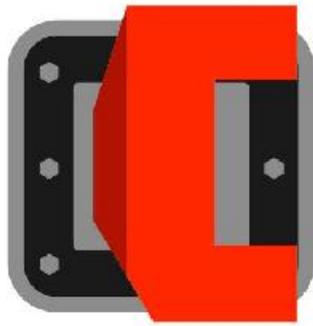
Óxidos encontrados em algumas argilas:

- Sílica - SiO_2
- Óxido de alumínio - Al_2O_3
- Óxido de titânio - TiO_2
- Óxido férrico - Fe_2O_3
- Óxido de cálcio - CaO
- Óxido de magnésio - MgO
- Óxido de sódio - Na_2O
- Óxido de potássio - K_2O

Outro fator que deverá ser levado em conta é o índice de plasticidade, pois, dele dependerá o rendimento da maromba (produtividade e a capacidade de compactação).

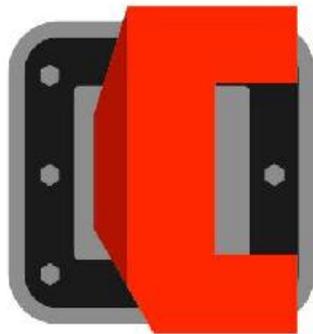
Tabela comparativa do índice de plasticidade das argilas

Plasticidade	Resistência mecânica após secagem a $110\text{ }^\circ\text{C}$	Retração após secagem a $110\text{ }^\circ\text{C}$	Observações
Pouca plasticidade	Até 3 MPa	3 a 5%	Misturar com argila plástica
Plasticidade normal (média)	3 a 6 MPa	4 a 7%	Argilas Ilíticas
Alta plasticidade	6 a 8 MPa	7 a 9%	Argilas Ilíticas / montmorilonitas
Plasticidade muito alta	8 a 14 MPa	8 a 11%	Argilas montmorilonitas necessitam desplastificar



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

2. Exploração e mapeamento de jazidas

Jazidas são depósitos geológicos de formação mineral ou de minério. É constituída, geralmente, por rocha de onde são extraídos os minerais ou metais, de valor, situada no interior de outras rochas estéreis.

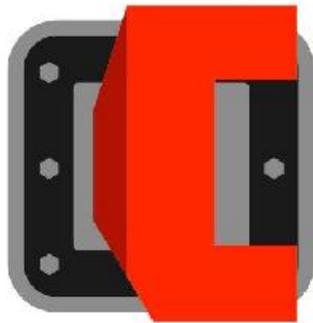
Nas jazidas, o minério pode ser extraído apenas por suas propriedades físicas, como as argilas, que são aproveitadas por sua plasticidade, sua resistência mecânica, para materiais de construção; ou pode ser para a recuperação de um elemento químico presente.

Entre várias classificações dadas às jazidas, podemos dizer que são as relações existentes entre as concentrações minerais e os grandes eventos geológicos existentes na crosta terrestre, tais como: alteração e erosão, sedimentação, deformação e metamorfismo que são influenciados por fenômenos como vulcanismo e a intrusão de rochas ígneas.

A prospecção de uma jazida é responsável pelo planejamento dos trabalhos para a descoberta dos depósitos minerais e também, pela programação e execução dos serviços de qualificação das reservas, nos depósitos encontrados.

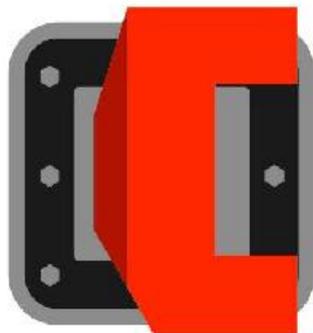
Os serviços de prospecção compreendem:

- Na seleção de áreas alvos para detalhamento.
- Na elaboração, acompanhamento e execução do plano de pesquisa, bem como a definição do pessoal e dos equipamentos necessários à pesquisa.
- Detalhamento do cronograma físico - financeiro do projeto.
- Abertura de poços - teste e de trincheiras.
- Cálculo das reservas e dos valores médios de cada depósito estudado.
- Coleta de amostras representativas em todas as fases da prospecção.
- Verificação da viabilidade de lavras do depósito encontrado, com base nas reservas, propriedades qualitativas, quantitativas, tecnológicas do minério, determinação de custos de exploração e de dados de mercado.
- Comparação dos resultados da pesquisa com valores verificando na lavra dos setores em exploração.
- A realização dos serviços geológicos, geofísicos, geoquímicos exploratórios e de detalhamento.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Encontrando-se uma jazida de argila, com índice de plasticidade bom para fabricação de tijolos e telhas e/ou produtos de cerâmica vermelha, é necessário determinar, com boa margem de aproximação, a extensão e quantidade de matéria prima existente; permitindo assim determinar a viabilidade de exploração e/ou a instalação de uma indústria cerâmica nas proximidades.

Normalmente, o metro cúbico de argila produz 500 tijolos maciços normais, ou 500 telhas (tipo francesa tamanho médio), resultando em uma área coberta de 18 peças por m².

O rendimento de uma jazida pode ser avaliado, simplesmente, através de uma sondagem. Para uma jazida preferencialmente situada em vale, com área de 200 metros de comprimento por 200 metros de largura, equivalente a uma superfície de 40.000 m², procede-se a sondagem fazendo em distância de 25 a 50 metros, sendo que, quanto menor a distância entre as perfurações, mais seguro será o resultado obtido.

Após o estudo exploratório da jazida faz-se necessário a caracterização da argila onde deverão ser estudadas todas as suas características, que indicará quais os produtos que podem ser fabricados. De acordo com os resultados encontrados, podemos estabelecer as misturas e composição com outra argila ou materiais e finalmente, definir quais os equipamentos e processos que deverão ser implantados para o produto pretendido.

Na maioria das vezes, não importa a cor inicial (in natura) da argila, que geralmente é modificada pelo calor (queima). O que interessa é a cor após a queima em temperaturas pré-estabelecidas e as propriedades físicas - mecânicas adquiridas.

Na natureza, as argilas empregadas em cerâmica vermelha são pretas, vermelhas, marrons, amarelas e cinzas. Essas argilas apresentam cor vermelha, aproximadamente 800°C e marrom ou preta a 1250 °C.

Quando ricas em fundentes (principalmente Fe, K, Na e Ca) podem apresentar fusão parcial (arredondamento das arestas) ou total.

Conforme a composição da cada camada de argila, que se nota pela coloração, textura (granulação, compactação), deve-se separar em montes que serão convenientemente identificados.

No caso de se observar a presença de calcários, devemos tomar todas as providências a fim de que não se misture com as demais argilas selecionadas. Pode-se desprezar a porção contaminada, enquanto se estuda um sistema adequado de processo, a fim de utilizá-la. Geralmente as argilas são classificadas e separadas, de acordo com seu aspecto físico visual, em forte, médio e fraco. A argila forte apresenta-se mais plástica, com textura bem fina, devido a sua pureza. A argila média apresenta certo teor de areia, modificando sua textura e diminuindo sua plasticidade. A argila fraca é mais arenosa, menos plástica que a média e geralmente se localiza na parte de cima, próximo à camada do solo arável.

3. Tipos de sazónamentos

A argila extraída é escolhida e estocada. Esta estocagem pode ser feita em terreiros, nas proximidades da jazida ou na própria fábrica. Os depósitos são feitos em forma de sanduíches, contendo as porcentagens das diferentes camadas de argila, representando desta forma a composição do produto desejado. Estes depósitos são expostos ao ambiente atmosférico (chuva, sol, frio) e neste intervalo de tempo haverá a decomposição das piritas, carbonatos, sulfatos, matérias orgânicas, proporcionando melhor qualidade física às argilas.

O sazónamento tradicional (sanduíches) eleva o tempo de decomposição dos sais solúveis e matéria orgânica (seis meses a dez anos) o que nos dias de hoje é uma prática impossível devido ao elevado custo de estocagem. Outro problema neste tipo de estocagem é o erro de composição, pois, fica muito mais fácil acontecer dosagens diferentes no mesmo monte. Neste caso quando se tem um problema na produção de variação de extrusão ou dimensões fica praticamente impossível resolvê-la.

A grande maioria das empresas apresenta variações nas dimensões, tonalidade e resistência mecânica dos produtos devido à variação de dosagem.

Recomenda-se sazónar a argila em montes separados, pois, qualquer alteração na composição fica fácil para resolver, principalmente quando se trabalha com argilas altamente plásticas ou muito úmidas (várzea).

Outro erro comum é a adição de água através de aspersores, pois, a água adicionada ficará apenas na parte superficial do monte não tratando a argila como deveria. Deve-se colocar água nos montes através de perfurações nos mesmos, fazendo com que a água fique mais tempo em contato com a argila sem evaporar, acelerando assim o processo de decomposição, tão necessário.

Lembrando sempre que algumas argilas demoram cerca de 20 a 78 horas para absorver a água adicionada no seu núcleo. O uso de cobertura de lonas plásticas é recomendável, pois, o abafamento acelera a penetração de água e a decomposição. Neste tipo de processo o envelhecimento da argila é acelerado cerca de 70% em relação ao tradicional e muito mais eficiente.

4. Preparação de massa



A preparação de massa é fundamental para a qualidade do produto e para a produtividade, embora isso seja verdadeiro, muitas cerâmicas não o fazem. Vê-se em muitas cerâmicas o uso da matéria prima diretamente da jazida no caixão dosador, provocando inúmeros problemas de qualidade e no processo produtivo.

Os problemas mais comuns são: trincas, deformações, variação no processo de extrusão, variação na amperagem, variação no corte, variação na regulagem de boquilha, variação na quantidade produzida, etc.

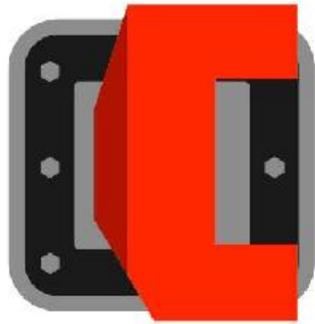
A qualidade do produto está diretamente ligada ao processamento da composição de massa. Quanto mais se prepara uma massa cerâmica, mais qualidade o produto terá, e mais produtividade se alcançará.

A massa preparada é responsável pela redução do consumo energético, consumo interno da maromba, dificuldade de regulagem de boquilha. Tem-se obtidos resultados excelentes com a preparação de massa, um exemplo disso é a redução, em alguns casos, de até 40 ampères no processo de extrusão e um ganho de produtividade na ordem de 25%.

A preparação de massa pode ser feita com os próprios equipamentos existentes no processo produtivo, pois, os mesmos produzem mais massa do que a maromba consegue absorver (na maioria dos casos), por motivos de inúmeras paradas (troca de arame, torrão, etc.). Quando se troca um arame, por exemplo, todo o processo anterior à maromba deixa de produzir e com um agravante, todos os motores estão ligados sem produzir.

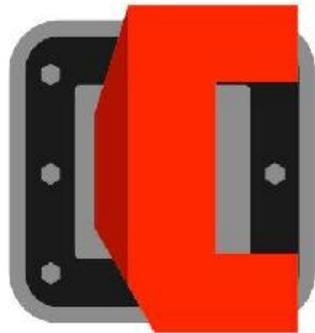
Para se ter um processo altamente produtivo e de qualidade os equipamentos anteriores à maromba deverão ser utilizados para a preparação de massa, ficando apenas no processo a maromba (agregada). Quando se fabrica produtos nobres (telhas, pisos, etc.) deve-se colocar antes da maromba um laminador com abertura de cilindros de 0,5 mm.

Outro erro que se comete no processo é a adição indiscriminada de água no misturador, pois, a adição é quantificada pela amperagem que a máquina registra e não a necessidade que a argila precisa, obtendo-se assim, produtos deformados e com variações dimensionais exorbitantes. As grandes variações de umidade aplicada durante o processo alteram as dimensões do produto, dificultando atender as normas técnicas. Deve-se lembrar que a variação na amperagem é registrada quando a massa cerâmica está no canhão e não no misturador, por isso que é muito comum obtermos produtos com diferentes compactações,



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

bitolas, absorção de água, resistência mecânica, etc. As variações na regulagem de boquilha também estão diretamente relacionadas às variações de umidade no processo de extrusão.

4.1 Importância do resíduo

O resíduo contido na argila (areia) é tão importante quanto à distribuição granulométrica e o tamanho de grão argiloso. Ele determina a qualidade do produto, dimensões, resistência mecânica, absorção de água, velocidade de extrusão, velocidade de secagem, velocidade de queima, regulagem de boquilha, desgastes internos, amperagem, sonoridade, etc.

4.2 Influência do resíduo

Quanto maior a porcentagem de resíduo maior será a velocidade de extrusão e secagem, e maiores serão os problemas de queima, resistência mecânica, desgastes internos, etc.

Em porcentagens menores alguns problemas são causados como a redução da produção, trincas, deformações e dificuldade de regulagem de boquilha, embora a qualidade e a resistência mecânica sejam melhores.

A porcentagem de resíduo deve ser controlada diariamente nos lotes que chegam da jazida. Deve-se quantificar através de peneiras malha 325. Cada caminhão que chega é considerado um lote, por isso deve-se controlar. Lembre-se de que as jazidas possuem variações nas suas camadas.

Deve-se fazer o ensaio para se determinar a porcentagem de resíduo de cada lote, caso haja mudança na porcentagem fica muito mais fácil corrigir a dosagem.

A composição de massa deve manter uma porcentagem de resíduo constante, pois a manutenção da mesma mantém a massa homogênea sem alteração no índice de plasticidade, estabilizando todo o processo, reduzindo problemas como a regulagem de boquilha, diferenças de bitolas, tonalidades, resistência mecânica, variação na amperagem, velocidade de secagem e de queima.

As argilas possuem uma grande variação na porcentagem de resíduo, de 0 a 80%. Deve-se, no entanto trabalhar com uma porcentagem variável de 10 a 15%, mantendo-se um índice de plasticidade médio de fácil extrusão e qualidade do produto. Algumas empresas trabalham com resíduos totalmente fora do ideal e conseguem produtos de boa qualidade, mas alguma compensação foi necessária para se obter êxito como o aumento na temperatura de queima aumenta de patamar de queima, significando com isso um custo elevado para o processo produtivo.

Outra coisa que se deve observar é a distribuição granulométrica do resíduo, pois, grãos de mesmo tamanho prejudicam a qualidade do produto, principalmente em relação à resistência mecânica. A distribuição deve obedecer a padrões técnicos adequados para cada argila, pois, a distribuição granulométrica e o tamanho de grão argiloso também são importantíssimos. Resíduos que se encontram nos dois extremos, grossos ou finos, são prejudiciais ao processo de empacotamento de grão, reduzindo drasticamente a resistência mecânica, principalmente quando seco. Resíduos grossos facilitam a extrusão e a secagem, mas em compensação a resistência mecânica fica totalmente comprometida, tanto verde (cru) como queimado. Os resíduos mais finos são piores, pois, além de prejudicarem a extrusão, alteram totalmente a regulagem de boquilha, prejudicando a secagem e dificultando drasticamente a retirada de ar da massa. Neste caso é fácil reconhecer o problema, a massa fica toda esfolhada (descasca) dando a aparência de falta de vácuo.

A distribuição deve obedecer às seguintes peneiras:

325 abertura 0,044 mm - 10%.

200 abertura 0,074 mm - 20%.

150 abertura 0,106 mm - 30%.

100 abertura 0,149 mm - 40%.

5. Laminação

Pergunta-se, qual a verdadeira função do laminador? Alguns pseudos especialistas descrevem o laminador como sendo um equipamento para reduzir o tamanho da massa, outros são mais criativos dando outra função ao mesmo, esmagador de partículas. Existem inúmeras funções delegadas ao laminador, basta ser criativo.

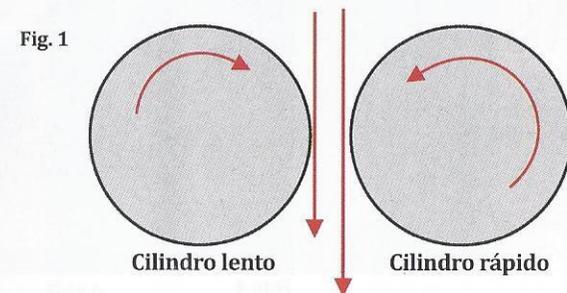
Na verdade, este tão maltratado equipamento, que às vezes exerce outras funções (destorroador), é de direcionar partículas da massa, pois os cilindros giram em rotações diferentes, um mais rápido do que o outro, favorecendo o direcionamento. Durante o processo de laminação a massa sofre um tipo de estiramento em função da diferença entre rotações.

A abertura dos cilindros é outra novela, é raríssimo encontrar cilindros com abertura inferior a 1 mm. A regulagem dos cilindros deve ser periódica (a cada dois dias), mantendo-se uma abertura não superior a 1 mm. Lembrando-se de que quanto mais fechado estiver o cilindro maior será o direcionamento e melhor será a qualidade do produto.

Em produções de telhas, manilhas, pisos e blocos de face lisa, são imprescindíveis a utilização de dois laminadores. Quanto mais se lamina melhor será a textura do produto. Alguns produtos de face lisa apresentam caroços na superfície (tipo verruga) isto é uma consequência da laminação mal feita.

A colocação do laminador antes do misturador para argilas secas é desaconselhável, pois o mesmo perde a sua função de direcionar partículas porque a massa está seca; neste caso o laminador fará o papel de destorroador. Lembre-se de que o laminador não destorroador e nem desintegrador e sim um equipamento específico para laminar a massa dá um direcionamento para as partículas.

A figura 1 mostra bem o mecanismo de direcionamento



Outro problema encontrado em inúmeros laminadores é a falta de retífica e cuidados na distribuição da massa passante entre os mesmos. A retífica deve ser feita quando se observa um desgaste localizado.

A distribuição da massa passante deve ser homogênea em toda a extensão do cilindro, devendo-se evitar alimentação concentrada ou localizada. Quando se utiliza separadores (madeira ou cantoneira) para direcionar a massa você acaba desgastando mais os cilindros, pois os mesmos são invertidos sem nenhum critério. Este processo de separadores acaba reduzindo a vida útil dos cilindros, é ideal que se coloquem dispersores na esteira alimentadora antes do laminador fazendo com que a massa caia em toda a extensão do laminador, havendo um desgaste homogêneo.

A foto 2 mostra como é utilizado o laminador em algumas empresas:



Foto 2

A imagem mostra a utilização de cantoneira como dispersor e abertura acima dos padrões técnicos. Nota-se também um desgaste elevado no centro do mesmo, demonstrando a falta de procedimentos para reduzir o desgaste localizado.

Abaixo vemos nitidamente erros de distribuição de alimentação do laminador, onde a vida útil e a laminação são comprometidas:



Foto 3



Foto 4

Já existe no mercado dispersor para correia alimentadora, movido por um pequeno motor acoplado a um redutor e pequenos cabos de aço na extremidade para fazer a dispersão.

Outro procedimento muito comum nas empresas é o uso indiscriminado de soldas nos cilindros para corrigir desgastes localizados do tipo cordão.

As fotos abaixo mostram com detalhes as soldas no cilindro.



Foto 5

Práticas como estas são comuns nas indústrias cerâmicas. Quando a solda é feita no cilindro as diferenças entre a temperatura do cilindro e o eletrodo criam micro trincas ao lado da solda, condenando todo o cilindro, pois, a camisa do laminador recebe tempera de fábrica. Caso exista a necessidade de soldar a camisa, ela deverá ser aquecida para evitar o choque térmico no local da solda.

Outro erro muito comum é a colocação invertida do laminador em relação ao misturador, onde o fluxo de massa fica totalmente concentrado, o que prejudica a laminação e força mais o laminador, reduzindo a vida útil das camisas em até 50%.

A foto 6 mostra como é feita a colocação do laminador em relação ao misturador:

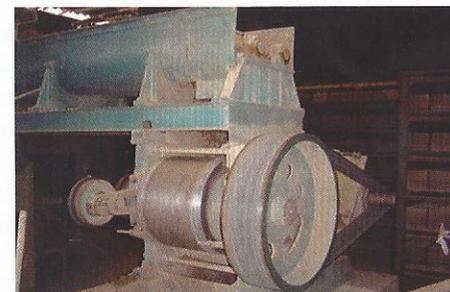


Foto 6

turador deverá estar presente apenas para a correção de umidade de extrusão, caso contrário não há necessidade de se mantê-lo no processo.

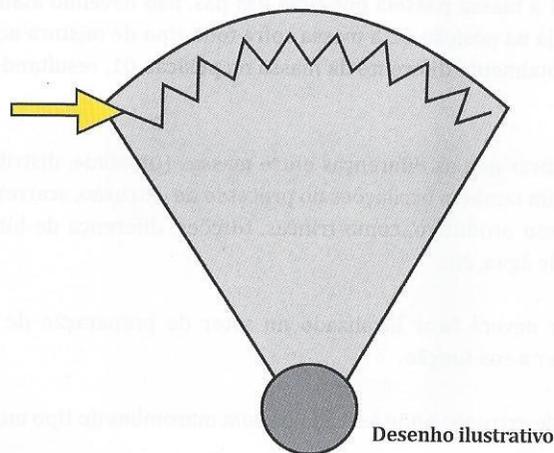
Durante o processo de mistura as pontas das pás deverão ficar aparentes o tempo todo, isso significa que a homogeneização está perfeita.

Outro detalhe importante é o uso de água quente no processo de mistura, a água quente acelera o processo de absorção de água no núcleo do grão argiloso, tornando assim a massa mais homogênea. A água quente é conseguida através de tubulações ligadas nas fornalhas dos fornos do tipo serpentina.

Após a adição de água na mistura devemos assegurar para não haver a evaporação da mesma, colocando-a em um ambiente escuro e úmido ou cobrindo com uma lona plástica, principalmente a massa laminada.

O desgaste das pás também é responsável pela má homogeneização da massa e baixa produção. Quando desgastadas forma-se uma parede de massa na banheira do misturador, quanto maior for a espessura da parede, menor será a produção e a homogeneização da massa.

O rendimento e a qualidade de mistura estão diretamente ligados ao tamanho das pás e a sua inclinação, por isso, deve-se manter uma manutenção periódica das mesmas. O maior desgaste está localizado nas extremidades das pás, devido ao esforço realizado pela ponta. Neste caso antes de substituir as pás deve-se colocar cordões de solda dura nas extremidades, aumentando a vida útil das mesmas em até 30%. A solda deve ser em zig zag em toda a extremidade como mostrado no desenho abaixo:



7. Extrusão



Foto ilustrativa

Para que se possam obter produtos extrusados cerâmicos, é imprescindível que a argila tenha um índice de plasticidade correspondente. Tanto as argilas de alta plasticidade como as de baixa podem apresentar problemas durante o processo de extrusão.

Com as argilas magras e de baixa plasticidade, é difícil manter a umidade do modelo dentro dos limites corretos, pois as variáveis que admitem são muito reduzidas. Se trabalhar com um ligeiro excesso de umidade as peças que saem da extrusão se deformam ao passar pelos rodízios da mesa de corte formando pé de elefante. Se a umidade for muito baixa aparecerão serrilhados na superfície da peça e durante o corte as paredes romperão.

As argilas de alta plasticidade (ricas em colóides) com índice de umidade entre 25 a 40%, podem influenciar no rendimento da maromba, reduzindo a produção entre 10 a 20% do seu valor nominal devido à aderência da argila no corpo da hélice formando um cilindro no canhão.

Geralmente, no caso de argilas plásticas, a preocupação é em secar as peças e não no processo de extrusão. Algumas empresas trabalham com argilas muito ricas em colóides (argilas de alta plasticidade), e com uma série de problemas de trincas e deformações, superaquecimento do canhão, e que se limitam apenas em retardar o processo de secagem, esquecendo-se do rendimento da maromba e do alto consumo energético.

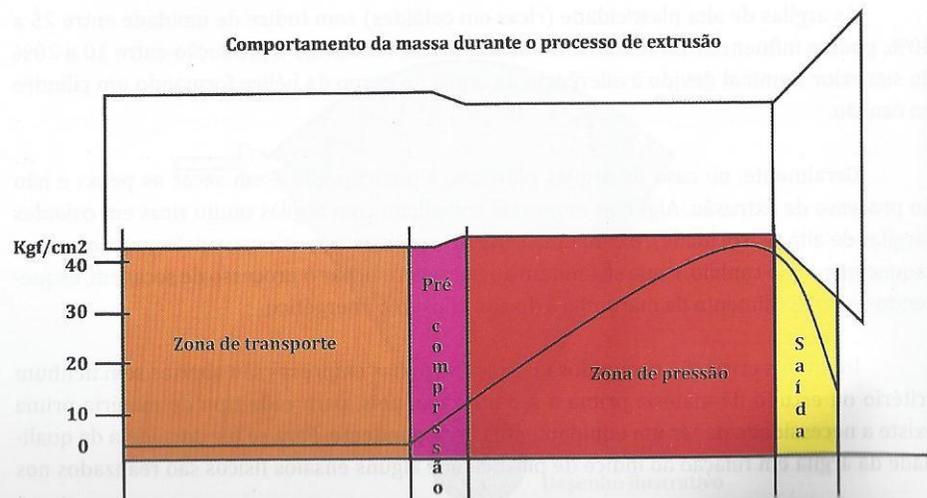
Inúmeros erros são cometidos no Brasil, algumas empresas são abertas sem nenhum critério ou estudo da matéria prima a ser utilizada, pois, para cada tipo de matéria prima existe a necessidade de ter um equipamento correspondente. Para se ter uma ideia da qualidade da argila em relação ao índice de plasticidade alguns ensaios físicos são realizados nos

laboratórios especializados. Para estabelecermos o índice de plasticidade ideal de trabalho tomaremos como referência a resistência mecânica a seco do corpo de prova, como mostrado a seguir:

- Resistência inferior a 30 Kgf/cm² mostra que a argila é de baixa plasticidade.
- Resistência entre 30 e 60 Kgf/cm² mostra que a argila é de plasticidade média (normal).
- Resistência entre 60 e 80 Kgf/cm² mostra que a argila é de alta plasticidade (difícil extrusão), neste caso a produção cai drasticamente, a amperagem de trabalho aumenta, o corpo da hélice e do canhão aumentam a temperatura.

Durante o processo de extrusão a plasticidade pode influenciar no tipo de peça confeccionada, pois ela determina a velocidade de saída da massa pela boquilha (maior velocidade menor plasticidade) podendo aparecer fissuras nas emendas de paredes, exigindo-se menor velocidade de extrusão para peças de grandes formatos e de paredes grossas.

Outro ponto de preocupação relacionado à alta plasticidade é que, para se obter peças de grandes formatos é necessário uma preparação de massa muito bem elaborada e durante o processo de extrusão a adição de vapor se faz necessário. Lembrado sempre que, quanto mais alto for o índice de plasticidade, maior será a necessidade de se fazer uma homogeneização perfeita. Para entender melhor o processo de extrusão e as suas complexidades mostraremos com detalhes o comportamento da massa nas diversas fases da extrusão. No primeiro momento a argila sofre apenas um transporte, em seguida existe uma pequena compressão no canhão devido à conexão do mesmo, logo após a pressão de extrusão aumenta de 30 a 40 Kgf/cm² e caindo para 10 Kgf/cm² logo ao entrar no embudo e na boquilha.



Leitura obtida através do manômetro do durômetro

Com fim de cumprir a lei fundamental da extrusão, a qual todo material suscetível à extrusão, ao ser submetido no interior do cilindro de pressão, há um movimento de rotação e translação simultâneo provocado pela parte fixa do canhão e a hélice móvel. Neste momento a massa cerâmica tem uma desorientação de suas partículas, a qual se faz necessário voltar a organizar, convertendo sua formação circular em linear, isso acontece através da ajuda dos diafragmas existentes no canhão.

Outro ponto importante é a ponteira da hélice que tem a função de comprimir a massa no embudo e boquilha. Neste momento a massa passa a ter um movimento linear até a saída da boquilha.

Erros na fabricação da ponteira da hélice vêm trazendo inúmeros problemas no processo produtivo, como trincas, torções, empenos e dificuldades na regulagem dos freios da boquilha. O centro da ponteira deve ser paralelo com a borda, não deve existir nenhuma fecha (côncava ou convexa). A foto abaixo mostra que existe uma fecha no centro em relação às bordas.



Foto 8

Inúmeros defeitos nos produtos cerâmicos são causados pela ponteira da hélice fora de nivelamento, os mais comuns são torções, velocidade diferente nas boquilhas de saídas duplas, etc.

A foto ao lado mostra as divisões da ponteira da hélice.

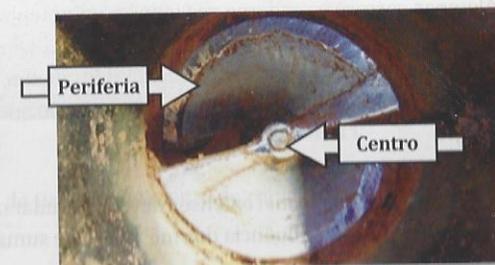


Foto 9

Existem dois momentos no processo de extrusão causados pela ponteira, o primeiro fica localizado na borda da hélice (periferia), onde existe maior velocidade de extrusão e maior compactação. No segundo momento fica localizado no centro da ponteira, onde a velocidade é reduzida e a compactação é menor, neste ponto a massa passa a deslizar no seu próprio eixo.

Ponteiras desniveladas (bordas em relação ao centro) aumentam a diferença entre compactação e velocidade de empurre. Neste caso teremos produtos com diferenças de compactações na mesma peça, trazendo transtorno na hora de regular os freios.

No exemplo abaixo onde seguramente os operadores de marombas fariam uma regulagem de freio para corrigir o problema exposto. Neste caso estariam totalmente errados, pois, o problema não está na regulagem de freio e sim na falta de centralização da boquilha em relação ao eixo da maromba.

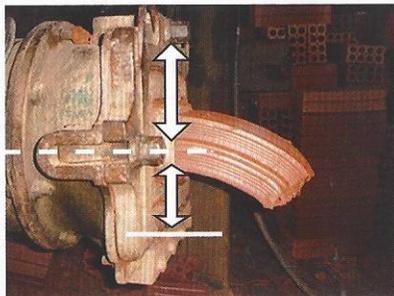


Foto 10

Podemos notar que existe uma diferença entre eixos (centralização), a massa procura o chão porque a maior velocidade de extrusão está localizada na parte de cima, confundindo inúmeros operadores.

Antes se fazer inúmeras regulagens de freio deve-se verificar a centralização da boquilha em relação ao eixo da maromba, tanto na vertical como na horizontal, pois muitas boquilhas são feitas de chapas recuperadas, e que não são tomados nenhum cuidado na centralização do cavalete e do telar. Também é comum encontrarmos este tipo de problema em boquilhas novas.

Antes de se colocar uma boquilha em operação deve-se analisar o esquadro, centralização, altura do cavalete, reforços no pirulito, etc. (veremos mais sobre boquilha adiante).

Algumas correções poderão ser feitas para amenizar este efeito, como por exemplo, a colocação de anel extensor entre o canhão e o embudo. Lembrando sempre que a colocação do anel aumenta automaticamente a amperagem de trabalho, e que nos dias de hoje não é aconselhável devido ao alto custo energético. A colocação do anel extensor pode reduzir a produção em até 15%.

Antes de se colocar o anel extensor deve-se estudar o índice de plasticidade e a distribuição granulométrica, pois a influência dos mesmos é de suma importância.



Exemplo de anel extensor

Em alguns modelos de maromba este problema não é sentido devido ao comprimento do embudo, quanto maior for o embudo (longo) mais eficiente será a correção. Alguns inconvenientes são sentidos nos embudos longos como, por exemplo, alta amperagem de trabalho e menor produtividade. Embora o embudo longo corrija vários problemas durante o processo de extrusão, não é recomendado para o uso comum em altas produções. Uma correção mais eficiente é a eliminação da torção da massa que acompanha a rotação da hélice.

A hélice tem a função de comprimir e alimentar a entrada do material no embudo, então, a qualidade da mesma faz a diferença entre baixa produção e qualidade do produto. A inclinação e o passe da hélice são importantíssimos. Argila de alta plasticidade deve trabalhar com inclinação maior e passe menor, já as argilas de baixa plasticidade devem trabalhar com passe longo e inclinação menor.

O desgaste da hélice também é um outro problema oculto, pois, quando o desgaste chega a 20 mm a massa forma um túnel e começa a girar junto com a hélice.

Outro problema sério encontrado nas cerâmicas é a falta de corta barro (diafragma) no canhão, tudo porque a quantidade está em primeiro plano. Algumas empresas retiram o corta barro para aumentar a produção, desconhecendo o problema causado pela ausência dos mesmos.



Foto 11

A função do corta barro é a de tirar o movimento de rotação da massa adquirida com o movimento da hélice.

A ausência do corta barro provoca um defeito muito parecido com a laminação provocada pelo sistema de vácuo. É também detectada a presença de torção no cavalete da boquilha como demonstrado abaixo:

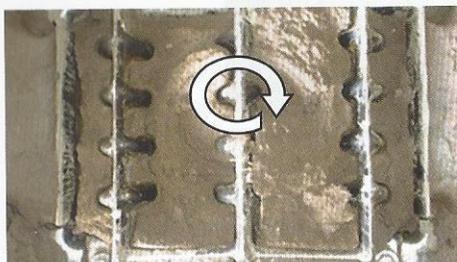


Foto 12

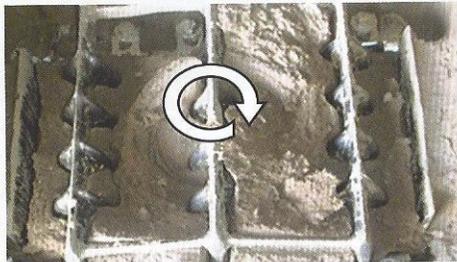


Foto 13

No centro do cavalete percebe-se a rotação que a massa faz no processo de extrusão.

A quantidade de corta barro está diretamente relacionada ao índice de plasticidade da argila, veja na tabela a seguir:

Tipo de extrusão	Número de corta barro	Tipo de plasticidade
Suave	4 a 6	Alta
Semi-dura	2 a 4	Média
Dura	0 a 1	Baixa

Outro componente importante responsável pela qualidade de extrusão, redução de torção e redução de refluxo, é a camisa estriada.

As estrias (costelas) da camisa devem ter uma altura entre 3 e 5 mm, para atender as exigências do processo. Devem-se tomar alguns cuidados em ofertas de camisas perfuradas com a promessa de maior produção. Isto é verdadeiro, mas, atrás dessa vantagem escondem-se inúmeros problemas de qualidade do produto extrusado.

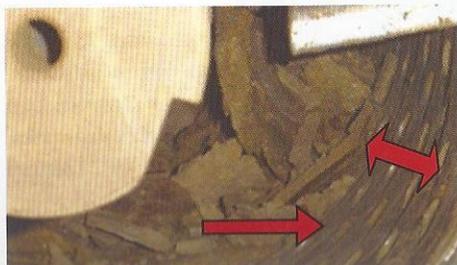


Foto 14

Camisa perfurada

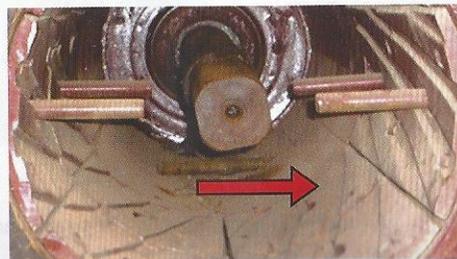


Foto 15

Camisa estriada

Na camisa perfurada nota-se a formação de sulcos (rebaixos), demonstrando que a argila está todo o momento girando junto com a hélice, indicando que a massa está entrando no cavalete da boquilha em forma de espiral prejudicando não só o produto final como também a regulagem dos freios da boquilha.

A maioria dos problemas de trincas dos produtos cerâmicos está diretamente ligada ao formato da camisa ou desgaste da mesma. Devemos lembrar que 90% das trincas nos produtos cerâmicos estão diretamente relacionados a problemas mecânicos, isso mostra que o processo de extrusão é importantíssimo e que deve receber cuidados especiais.

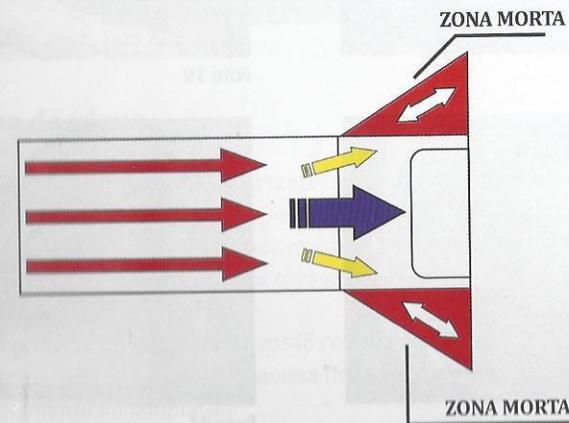
Devemos, em primeiro lugar, analisar o tipo de argila que iremos trabalhar, pois ela definirá o tipo de camisa e a quantidade de diafragmas (corta barro). Esta escolha determinará a qualidade final do produto.

Embudo

Este componente da maromba localizado no final do canhão é responsável por inúmeros problemas de trincas, deformações, baixa produção e alta amperagem de trabalho. Outro problema que a maioria desconhece é o elevado índice de desgaste da ponteira da hélice devido ao elevado atrito existente na compactação da massa neste local.



O desenho abaixo mostra a movimentação realizada no processo de extrusão, nota-se que a massa encontra barreiras ao sair na boquilha, elevando assim a amperagem da máquina e o desgaste da ponteira. No processo a massa caminha para a boquilha e chegando ao embudo a mesma é retida através das laterais onde é formada a zona morta.



Na zona morta ocorre uma grande turbulência, pois quando a massa chega à placa não encontra saída, então tenta retornar, é onde a pressão aumenta provocando alterações em vários locais, como freio da boquilha, velocidade de extrusão, aumento da amperagem, desgaste elevado da ponteira da hélice e vibração do cavalete.

A razão pela qual se usa este tipo de embudo no Brasil é a enorme variedade de produtos fabricados na mesma cerâmica. Outro erro cometido por inúmeras cerâmicas é a utilização de boquilhas de uma única saída em marombas de grande porte, aumentando ainda mais o problema.

Nas fotos abaixo vemos o embudo por dentro, onde notamos a grande zona morta existente e uma maneira fácil e caseira para se reduzir a mesma.



Foto 16

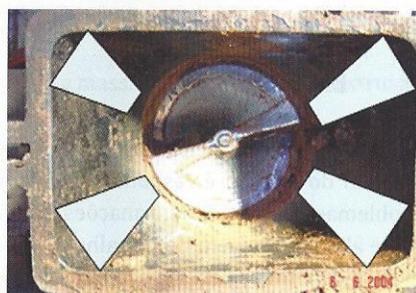


Foto 17



Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21

Na **foto 16** fica evidenciada a grande zona morta formada no embudo, significando um alto consumo da ponteira da hélice em até 50% e um aumento considerável na amperagem, que pode chegar a 25% do seu valor no nominal, elevando o consumo de energia elétrica.

As **fotos 17, 18, 19, 20 e 21** mostram a redução da zona morta de maneira simples e eficaz. Colocam-se placas nos cantos do embudo dando um formato cônico. Este formato facilita a saída da massa e ao mesmo tempo abaixa a amperagem de trabalho. Outro ponto importante a salientar é a facilidade de regulagem dos freios da boquilha, pois a saída fica mais direcionada ao centro da boquilha.

As placas devem ter o formato mostrado na foto, recomendam-se placas de $\frac{1}{2}$ polegada. As dimensões variam de acordo com o tamanho da boquilha utilizada, quanto maior for a placa maior será o direcionamento da massa e menor o esforço aplicado na extrusão. Lembre-se que quanto menor for o esforço aplicado na extrusão, menor será a amperagem de trabalho, significando ao final do processo menor consumo energético.

Algumas empresas já utilizam embudo cônico e com elevada eficácia, veja exemplo na foto a seguir:



Foto 22

Sistema de vácuo

O sistema de vácuo é o mais importante instrumento para a qualidade do produto, é ele que garante a retirada de ar na massa possibilitando uma maior compactação dos grãos. Quanto maior for a aproximação dos grãos maior será a compactação dos mesmos, garantindo assim, maior resistência para a peça cerâmica.

A ausência do vácuo ou a baixa pressão reduz a compactação deixando uma película de ar entre os grãos, fazendo com que a massa fique em forma de sanduíche, muito conhecida como esfolhamento ou laminação.

Este esfolhamento reduz drasticamente a resistência mecânica da peça cerâmica. Nas telhas o som de chocho é evidenciado, e nos blocos, tanto de vedação ou estrutural, as trincas ficam localizadas nas intersecções de paredes (septos e paredes).

A foto abaixo mostra a laminação causada pela ausência de vácuo, nela fica nítida a divisão de camadas causadas pelo ar.

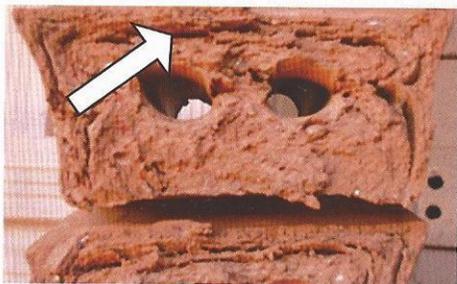


Foto 23

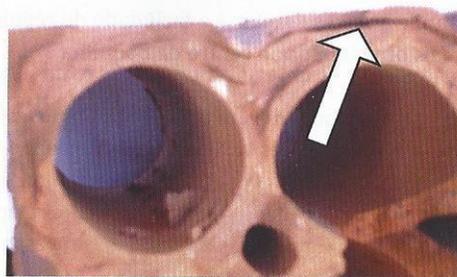


Foto 24

As camadas provocadas pela ausência de vácuo reduzem drasticamente a resistência mecânica do produto.

Devemos ficar atentos para as argilas de resíduo muito fino e/ou a ausência dele, nestes dois casos a retirada de ar de dentro da massa fica totalmente comprometida devido a grande aproximação dos grãos argilosos, principalmente nas argilas de granulometria muito fina ou nas argilas de altíssima plasticidade, na maioria das vezes argilas de várzeas.

O operador da maromba deve ficar atento às oscilações na alimentação da mesma, pois, calcadores ou hélice de pré compressão são os locais preferidos para a entrada de ar na câmara de vácuo, principalmente quando se produz bastões para telhas, onde o volume de massa a ser compactado é muito maior e muito mais difícil à retirada de ar.

A **foto 25** mostra o que acontece com a massa que recebe golfada de ar durante as oscilações de alimentação.

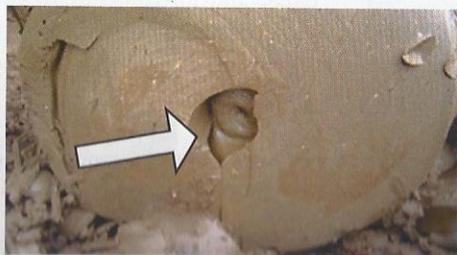


Foto 25

Na limpeza do embudo ficou evidenciado a falta de vácuo causada pela entrada de ar pelos calcadores no processo de extrusão, isto ocorre muito em marombas de calcadores. Já nas marombas agregadas a entrada de ar é feita pela hélice de pré-compressão localizada no misturador da mesma, devido a desgastes há baixa alimentação. É claro que existem outros locais de vazamentos, mas 50% dos problemas de vácuo estão localizados nestes locais.

Argilas de alta plasticidade devem ser misturadas com argilas de baixa plasticidade ou com chamote produzido com cacos queimados e moídos, gerados nas perdas de produção. A granulometria deve variar entre malha de 20 a 60 ABNT, para dar um bom arranjo granulométrico. Além de corrigir o índice de plasticidade, o chamote confere ao produto maior leveza, melhor secagem, reduz empenos e deformações, facilita a regulagem de boquilha e acelera o processo de queima. A dosagem varia de acordo com o índice de plasticidade da argila utilizada, mas na prática a porcentagem utilizada em inúmeras cerâmicas variam entre 10 a 15%, obtendo-se um índice de plasticidade médio, o que é o ideal para se trabalhar.

Devem-se tomar alguns cuidados para não extrapolar os índices de misturas, pois o excesso de chamote reduz drasticamente a resistência mecânica do produto.

O uso de areia na mistura para reduzir a plasticidade é condenável porque contem sílica livre que é o principal vilão do choque térmico, aumentando também o desgaste interno da maromba e reduzindo muito a resistência mecânica do produto.

Outro item a ser analisado durante o processo de retirada de ar é o processo de resfriamento da água utilizada no processo. Água muito quente altera o sistema de vácuo, abaixando-o a níveis incompatíveis com a necessidade mínima de pressão. Quanto mais fria a água estiver mais eficiente será a retirada de ar da massa.

As tubulações utilizadas entre bomba, caixa de água e câmara de vácuo, deve ser verificada periodicamente, pois existe o risco de estrangulamento das mesmas. Outra dica é a colocação de tubulação aérea e não subterrânea, como de costume.

A distância e a altura da bomba em relação à maromba é muito importante, quanto mais distante a bomba estiver da maromba menor será a pressão exercida pelo vácuo, pois acontece durante o processo um tipo de competição entre a pressão necessária para retirada do ar da massa e a força necessária para circular a água no processo.

Vemos ao lado um exemplo negativo do que acontece com o sistema de vácuo, a caixa de água está extremamente suja, o que reduz a potência do sistema. (foto 26)



Foto 26

A pressão do sistema de vácuo é alterada em relação à altitude do local (nível em relação ao mar), quanto mais próximo ao nível do mar maior será a eficiência do sistema.

A refrigeração da bomba deve ser eficiente, pois dela dependem a vida útil da bomba e a eficiência do sistema de retirada de ar. Abaixo, na **foto 27**, vemos um exemplo simples e prático para a melhoria do resfriamento da água, sem nenhum investimento em torres de resfriamento.



Foto 27

Além de manter a refrigeração da água compatível com a potência da bomba, outros pontos devem ser verificados periodicamente, como vazamentos nas portinholas da câmara, grelhas, pentes e estrelas, rolamentos, buchas e retentores, água quente, etc.

Um erro muito comum nas empresas é a retirada ou aumento das paletas da grelha e do pente, para o ganho de produção. É lógico que a retirada do pente e o aumento da vazão na grelha aumentam consideravelmente a produção, porém, o processo de retirada de ar fica totalmente comprometido, pois quanto mais massa entrar na câmara de vácuo, e em tamanho superior ao permitido, menor será a retirada do ar.

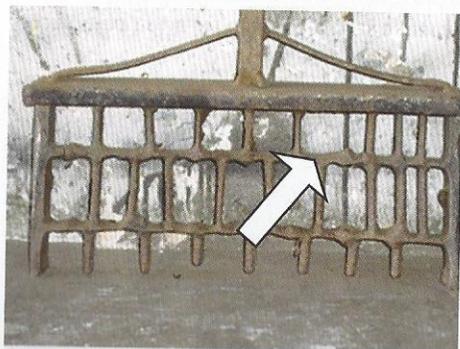


Foto 28

Grelha

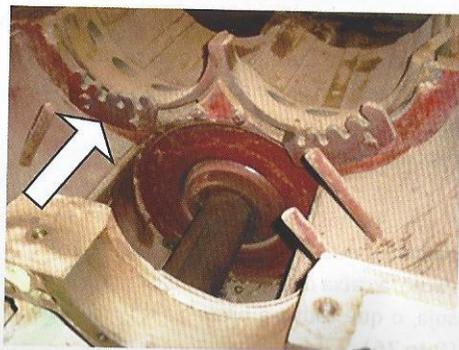


Foto 29

Pente

Existem no mercado algumas marombas sem a grelha ou com abertura acima dos padrões técnicos, tudo isso para mostrar capacidade produtiva.

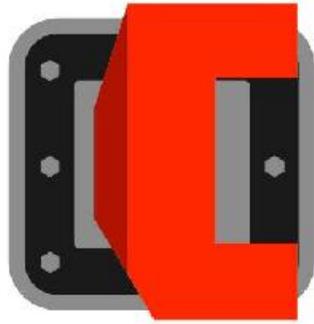
O que devemos ter sempre em mente é a escolha do equipamento ideal a ser utilizado, procurando sempre a resposta para a pergunta: Qualidade ou Quantidade? São duas coisas que devem ser estudadas com carinho, é claro que o mercado oferece marombas compatíveis com a produção desejada e com a qualidade de vácuo exigida.

Lembre-se de que as adaptações são perigosas, procure trabalhar com peças originais, pois as mesmas são confeccionadas de acordo com o equipamento em uso.

Jamais trabalhe sem o sistema de grelha ou pente, a falta dos mesmos podem proporcionar maior produção, mas reduz a qualidade dos produtos confeccionados, sendo que, Normas Técnicas tem que serem obedecidas.

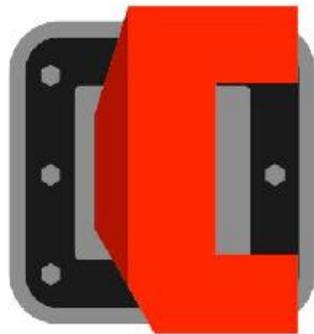
062U7X9 6 670U7729 60

www.tiere.com.br



CRECER

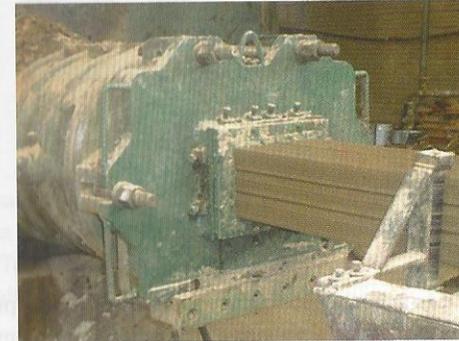
MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

8. Regulagens de Boquilhas



Equipamento de precisão onde se molda a peça desejada, encontrada no mercado com uma, duas, três ou quatro saídas, confeccionadas em aço resistente à pressão, com regulagem dos freios internamente ou externamente.

Hoje já existem inúmeros tipos de boquilhas com diferentes materiais que proporcionam resistência ao desgaste à abrasão, são eles: alumina e zircônio (a mais utilizada) aplicação de cromo duro, aço com ligas especiais, etc.

A boquilha não recebe os cuidados que deveria, pois existem no mercado diversos improvisos chamados de boquilha, como será mostrado neste livro.

Há diversos problemas de moldagem das peças, como trincas, empenos, torções, diferenças de espessuras de paredes na mesma peça, diferenças de compactações, etc. A boquilha é responsável por 80% dos problemas, 10% são problemas de extrusão e os 10% restantes são oriundos de composição de massa, índice de plasticidade, distribuição granulométrica, etc. Sendo assim, 90% dos problemas de trincas e deformações, têm origens mecânicas, problemas estes que serão mostrados aqui.

Problemas de origens mecânicas:

30% erros de confecção da boquilha

70% erros de regulagens (falta de conhecimento técnico)

Erros de confecção

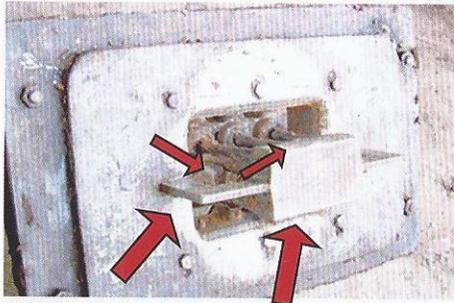


Foto 26

Ao analisarmos a foto acima vemos quatro grandes erros que prejudicam totalmente a extrusão, causando trincas, torções, empenos e altíssima amperagem de trabalho são eles:

1. Placa no cavalete, fazendo com que a massa seja bloqueada no centro da peça (mais conhecida como chupadinho), prejudicando a compactação de grão argiloso que fica totalmente desorientado, além de aumentar a amperagem de trabalho.

2. Cavalete muito fino possibilitando durante a extrusão movimento (vibrações) onde as compactações de paredes variam de acordo com o movimento, e sem chanfro na face do cavalete causando uma frenagem da massa.

3. O telar apresenta desgaste lateral (pirulito) aumentando ainda mais as vibrações durante a extrusão.

4. O corte da placa (inclinação) não atende aos padrões técnicos de 82 graus, fazendo com que a massa passe a ter duas velocidades diferentes nas laterais provocando trincas e diferenças de espessuras no produto.

Outra coisa que eu gostaria de chamar atenção é a marca de desgaste central (parte espelhada) causada pela torção da argila no canhão, e pela aderência da argila na hélice. Isto ocorre por três motivos: argila de alta plasticidade, desgaste da hélice e da camisa, ou falta dos diafragmas (pino corta barro). Neste momento é formado um segundo canhão onde a argila compactada forma uma parede paralela à camisa, reduzindo assim a produção e causando inúmeros problemas de torções e trincas, além de reduzir drasticamente a produção. Neste caso deve-se observar periodicamente o desgaste interno, pois ele altera todo o processo de extrusão e as regulagens dos freios da boquilha. Na foto 30 são apontados os desgastes, o que traz muitos transtornos ao operador da maromba.

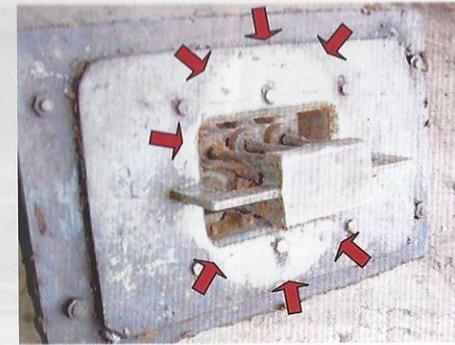


Foto 30

Na foto 30, fica nítido o desgaste causado pela torção da argila, onde qualquer regulagem de boquilha fica comprometida, pois, não se tem uma regulagem precisa com a torção da massa no canhão. Todo e qualquer desgaste interno deve ser observado, dele tiramos as soluções para os problemas de regulagens.

Vejamos agora outro clássico da fabricação de boquilha, onde errar é apenas um detalhe. As fotos 31, 32, 33 e 34, mostram a mesma boquilha, mas com diferentes erros, seria impossível mostrar em uma única foto.



Foto 31

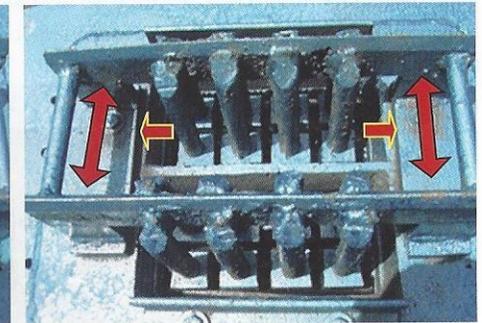


Foto 32

A foto 31 mostra o desalinhamento dos pinos, onde a massa passa a ter diferentes velocidades de saídas e comportamentos diferentes, pois nos furos paralelos do bloco, as compactações serão diferentes, com certeza as trincas serão inevitáveis.

Já a foto 32 mostra um erro muito grave, a falta de cuidado na hora de soldar o cavalete, vemos uma diferença na distância entre eles de 2 cm. Este tipo de erro causa velocidade e volume de massa diferente no mesmo bloco causando deformações e trincas. Qualquer diferença entre eles influencia o processo de extrusão, Fique atento, pois, este tipo de erro é muito comum.

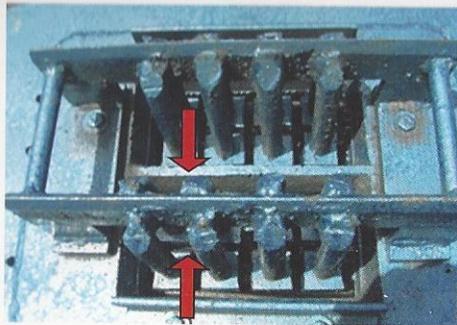


Foto 33

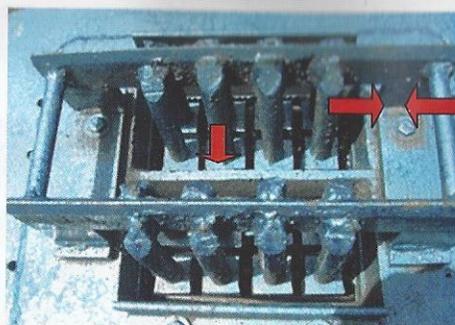


Foto 34

A **foto 33** mostra a falta de cuidado na hora de soldar os pirulitos quanto ao alinhamento entre eles, a velocidade e a compactação serão totalmente diferentes na mesma peça, trazendo como consequência empenos e trincas.

E na **foto 34** podemos ver dois erros graves, o primeiro é a falta de cuidado com o esquadro do cavalete (apontado por duas setas) e o segundo a faca sem chanfro e que serviria na verdade de freio, causando trinca lateral no bloco.

Certos cuidados na confecção de boquilhas devem ser observados, lembrando sempre que a boquilha é um componente de alta precisão no processo de extrusão e não um mero componente final do processo de extrusão onde se modela blocos.

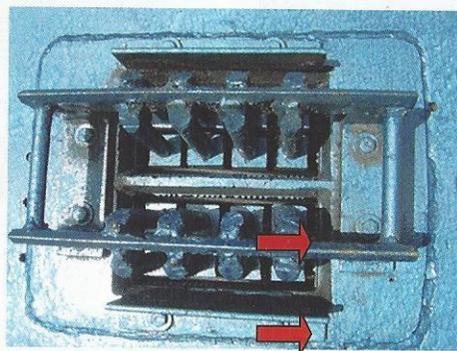
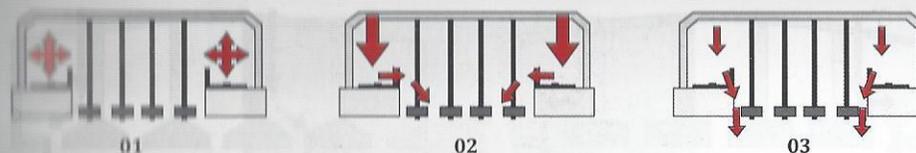


Foto 35

O corte da placa também está errado, nota-se uma diferença grande entre ângulos no corte, mostrado na **foto 35**. Neste caso teremos deformações nas laterais do bloco causado pela diferença de compactação e velocidade.

Vejamos a seguir a influência do corte da placa no processo de conformação:



Nas **figuras 01, 02 e 03**, vemos situações diferentes que ocorrem na passagem de massa na placa da boquilha, onde o desenho da mesma faz a diferença.

Situação 01

A passagem da massa sofre uma resistência ao procurar a saída, pois encontra uma barreira gerada pela falta de ângulo no corte da placa e o sistema de freio. Este tipo de problema causa na peça cerâmica enrugamento lateral e trinca após secagem, é inevitável, além de aumentar o esforço de extrusão. Deve-se evitar este tipo de boquilha.

Situação 02

Neste caso a inclinação do freio facilita o processo de passagem da massa, mas desloca o fluxo para o meio da boquilha onde a velocidade e a pressão de extrusão ficam localizadas, aumentando o volume de massa no centro do bloco ou da boquilha (mais de uma saída). Isso provoca trincas nas intersecções de paredes (emendas), muito confundida com trincas de secagem.

Situação 03

Este tipo de boquilha é a recomendável, onde o ângulo da placa está em 82° (graus), não existe nenhum tipo de frenagem. A velocidade de saída e a compactação são iguais.

Outro ponto a salientar é que as barreiras (dificuldades) na saída da massa devem ser evitadas ao máximo, diferentes ângulos interferem na velocidade e compactação da massa. Lembre-se de que os quatro lados da placa devem ter o mesmo grau de inclinação, caso um lado seja diferente dos demais, a velocidade da massa será modificada, conseqüentemente, a compactação também será alterada na mesma peça, onde deformações e trincas serão inevitáveis.

Mais um problema é o desenho dos machos, sua forma também é responsável por inúmeros problemas de conformação, trincas localizadas, etc. No desenho a seguir está exemplificado a diferença entre eles, bem como as soluções praticas para melhoria.

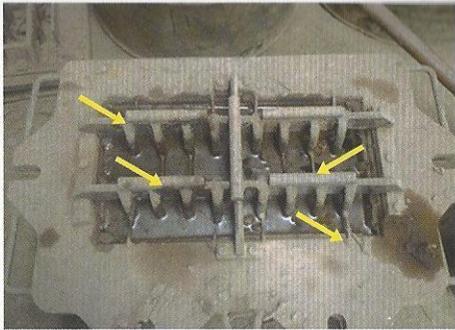


Foto 39

As empresas que fabricam boquilha estão abaixando mais o cavalete, por dois motivos: Primeiro para reforçar o telar, segundo porque os fabricantes de marombas estão reduzindo o tamanho do embudo para deixar a máquina mais produtiva. E o curioso é que as empresas estão vendendo o anel extensor para amenizar os problemas do embudo curto.

O embudo curto realmente aumenta a produção da maromba, porém, o cavalete fica muito próximo da ponteira da hélice, trazendo inúmeros problemas de trincas e torções. Por mais perfeito que esteja o sistema de pinos e camisa, a tendência da massa é acompanhar o giro da hélice (movimento de rotação), relembrando exemplo da página 22.

O exemplo a seguir (foto 40) mostra o desequilíbrio na conformação causada pela vazão desordenada das laterais da placa, onde os furos de cantos são os responsáveis pelo problema.

A colocação de freios de tamanhos diferentes no cavalete mostram bem as diferenças de velocidade de saída (diferenças de compactação da massa). O freio maior (esquerda) mostra que a massa possui maior velocidade (maior vazão). Este desequilíbrio causa trincas laterais e também frontais ao bloco.

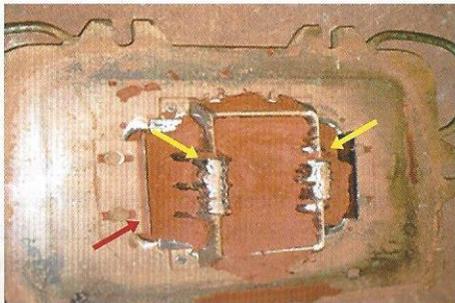


Foto 40

Para exemplificar melhor o problema causado pelos furos dos cantos da placa, veremos as fotos 38 e 39, onde fica clara a pré-disposição da massa sair pelos cantos, onde inúmeros marombistas cometem o erro de fechar os freios laterais para corrigir o problema, sendo que o problema não está na lateral e sim nos furos.

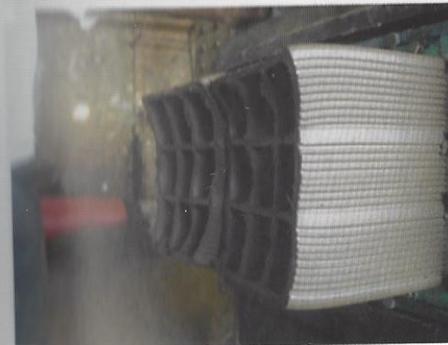


Foto 41



Foto 42

Na foto 41 são mostrados dois momentos, o primeiro mostra os cantos avançando muito mais que o centro do bloco, já no segundo fica nítida a regularidade de saída, quando isto acontece, a regulagem deve ser feita nos cantos e não nas laterais.

E na foto 42 o empeno demonstrado engana o marombista, pois este é o ângulo de visão do mesmo, conduzindo-o ao erro na decisão de regular os freios laterais. Ao regular uma boquilha, o marombista deve primeiro analisar todos os ângulos de saída (parte de cima, lateral e frontal). A falta desses procedimentos, o conduzirá ao erro.

Lembre-se de que a regulagem de boquilha é simples, basta analisar com calma a saída, verificando sempre os três ângulos, isto indica a você o caminho a tomar. A decisão de fechar ou abrir aquele freio deve ser tomado com critérios técnicos, o que significa analisar toda a saída antes de mexer nas regulagens.



Foto 43

A foto anterior (43) mostra a posição do furo na placa onde o mesmo deveria ter um freio, embora algumas saídas não necessitem de regulagem dos furos por estarem em equilíbrio, os freios de cantos deveriam existir, pois é mais uma opção de regulagem.

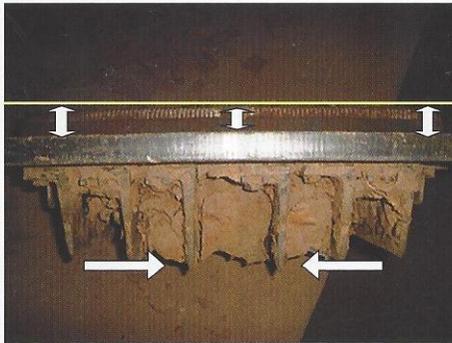


Foto 44

Outro problema sério é o empeno da placa, o que é muito comum hoje em dia, devido à economia burra de material.

O empeno da placa altera totalmente a saída da massa, modificando o comportamento da mesma. O primeiro problema é causado pelo fechamento do cavalete (mostrado nas setas acima), fazendo com que a massa passe a ter um direcionamento centralizado (centro da boquilha), causando trincas laterais nos blocos em boquilhas de duas ou três saídas, e trinca no meio do bloco em boquilha de uma única saída.

Neste caso deve-se fazer um reforço frontal à placa para evitar o empeno ou a movimentação da mesma.

Outro exemplo típico de ponteira de hélice cônica é mostrado na **foto 45**, onde o desgaste é bem acentuado.

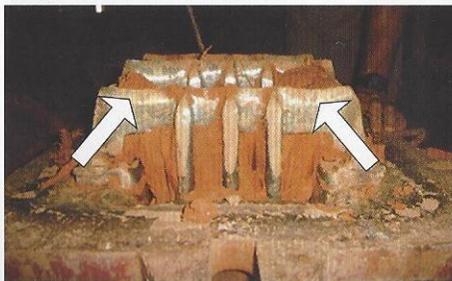


Foto 45

Agora vamos analisar de todos os ângulos uma boquilha de quatro saídas (**fotos 43, 44, 45 e 46**).



Foto 46



Foto 47



Foto 48



Foto 49

Nota-se que todas as saídas possuem um direcionamento para as laterais, isto ocorre porque a ponteira da hélice está gasta, exercendo assim, uma força localizada no centro da boquilha. Ao analisar as fotos, nota-se claramente que os desvios laterais, superiores e inferiores são exatamente iguais, demonstrando claramente que existe um fluxo maior no centro da boquilha. Neste caso, inúmeras cerâmicas, colocam freios no centro da boquilha para resolver o problema. É lógico que a saída é corrigida, mas não a origem do problema.

Outra dica para resolver o problema é a observação nas paredes internas do bloco, elas não apresentam deformações, retrações ou estufamentos, demonstrando que o problema é localizado, ou seja, maior velocidade de extrusão no centro devido ao diâmetro da ponteira da hélice.

É muito comum também a hélice nova apresentar problema idêntico, só que a origem do problema é a proximidade da ponteira com o cavalete, ocorrendo transferência de forças entre a borda da hélice e o centro da mesma, devido à zona morta.

As argilas de alta plasticidade também provocam este tipo de problema devido à formação de um túnel intermediário no canhão (como se fosse uma dupla camisa), neste caso a correção deve ser feita na composição da massa, tornando-a menos plástica, adicionando-se chamote ou argilas arenosas.

As fotos 50, 51, 52, 53, mostram um problema idêntico ao anterior, mas com origens diferentes.



Foto 50

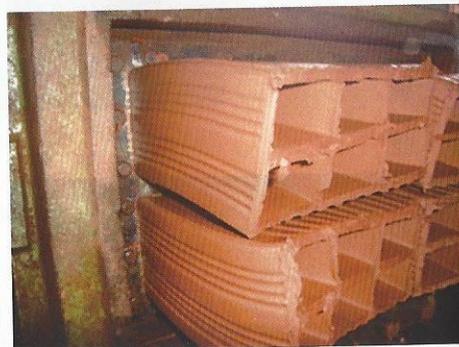


Foto 51



Foto 52



Foto 53

Neste caso a saída está toda direcionada pelas laterais, onde fica nítida a torção exercida pela maior velocidade. Os furos de cantos são os responsáveis, pois não existe nenhuma deformação de parede, caso houvesse deformação nas paredes, tanto internas como externas, a origem do problema estaria na altura do telar (pirulito) e na altura elevada dos machos. Caso isto ocorra, é recomendável fazer desbastes nos mesmos para facilitar a saída,

A foto 54 mostra bem a influência dos furos de cantos, onde fica claro a maior velocidade de saída e maior fluxo de massa. Nestes casos os freios de canto são exigidos, embora muitas empresas de boquilha ainda não perceberam a necessidade e a utilidade dos mesmos.



Foto 54

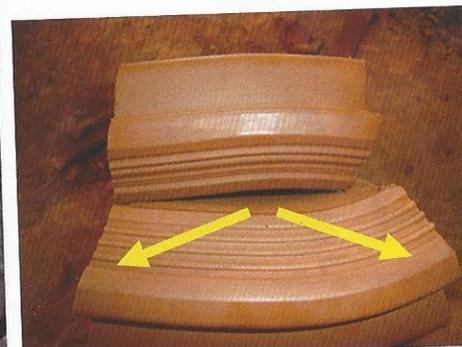


Foto 55

O teste da saída acima mostra a maior velocidade dos cantos causada pela ausência dos freios de cantos. Nos blocos de lajes, os defeitos ficam mais aparentes, fáceis de identificar, devido aos apoios das lajes.

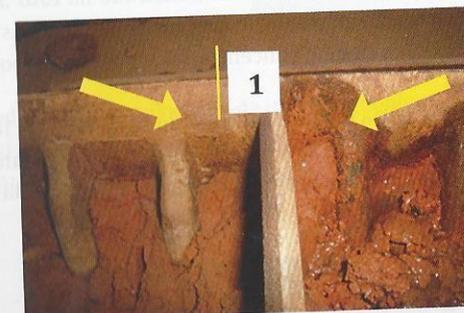


Foto 56

Na foto 56 a centralização do cavalete de reforço está totalmente fora, provocando maior velocidade de saída e maior volume de massa (1) em um dos lados, e com certeza, a colocação de freio será inevitável.

Inúmeras boquilhas possuem este tipo de defeito, trazendo como consequência vários problemas de empenos e trincas. Devo lembrar que toda boquilha deve ser analisada antes de se colocar em produção, basta a utilização de paquímetro e esquadro.

As fotos abaixo (63 e 64) mostram reforços colocados nos pirulitos, onde também funcionam como freios no avanço de paredes.

Nota-se também que o cavalete é muito baixo, provocando maior velocidade de extrusão nos locais onde foi necessária a colocação de freios.



Foto 63



Foto 64

Neste caso deve-se tomar muito cuidado porque o reforço colocado pode provocar trincas internas nas paredes, pois o mesmo provoca baixa compactação da massa no local freado. Embora seja uma prática comum por facilitar a resolução do problema, devemos evitar tal prática, porque a compactação de parede fica comprometida.

Quanto à boquilha de regulagem externa o seu uso deve ser limitado às empresas que possuem preparação de massa, pois, sem a devida preparação, as regulagens ficam comprometidas devido a sua precisão de ajustes, recomendados apenas para uma sintonia fina do processo.

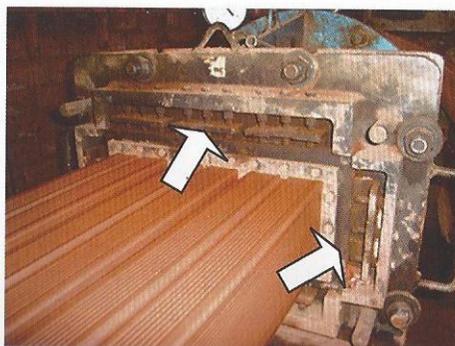


Foto 64

Boquilhas para telhas (bastão e telha extrusada)



Foto 66



Foto 67



Foto 68

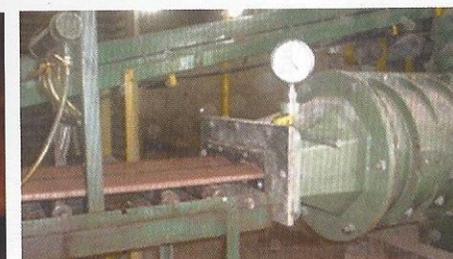
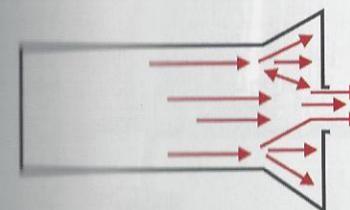


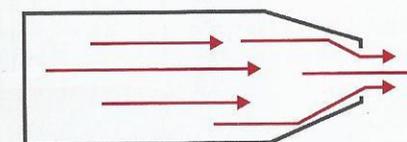
Foto 69

As fotos acima mostram as diferenças entre uma boquilha ideal (fotos 68 e 69) e uma não indicada (fotos 66 e 67). Nas fotos 66 e 67, existe uma turbulência muito grande onde a saída é totalmente difícil, aumentando assim o consumo energético e o desgaste elevado da ponteira de hélice. Outros problemas são causados pelo tipo de boquilha exposta, como trincas, deformações, etc.

Toda boquilha para telha ou para bastão, deve ser cônica para facilitar a saída da massa, onde a compactação e a vazão são direcionadas por um único ponto sem exercer nenhuma turbulência.

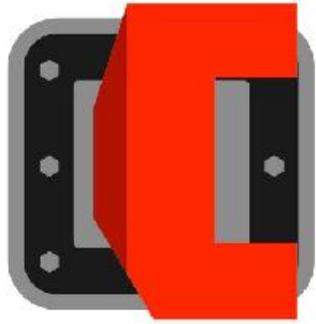


Embudo convencional



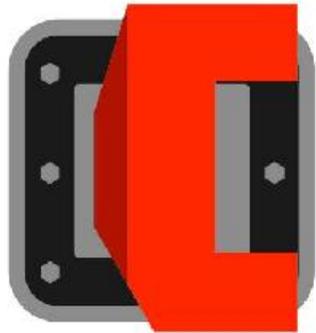
Embudo cônico

Lembrando sempre que as boquilhas de bastão ou de telha marombada devem ter regulagens de freios para dar melhor regulagem final (regulagem fina).



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

9. Prensagem de telhas



Processo de conformação obtido através de moldes metálicos ou de gesso, onde a massa pastosa recebe através de compressão formato desejado.

Alguns conceitos têm que ser revistos, a telha não é prensada e sim conformada através de acomodação de massa realizada entre o estampo superior (macho) e inferior (fêmea). A telha é conformada em dois momentos, o primeiro momento o estampo superior modela a telha retirando o ar existente entre o bastão e o estampo, no segundo momento a telha recebe uma maior compactação, sendo assim, a telha recebe duas compactações.

Embora possa parecer um processo simples, ele é causador de inúmeros problemas, seja na ordem de produção ou na de qualidade. Tentaremos aqui relatar estes problemas em busca de soluções simples e caseiras.

O fato de não termos bastões idênticos ao modelo da telha é um problema e, se não bastasse, o índice de plasticidade e o de trabalhabilidade também são complicantes. Estes índices devem ser controlados periodicamente, pois deles dependem a qualidade e a produtividade. Basta a empresa adotar um sistema de controle de resíduo, ele é o responsável pela mudança de comportamento da massa.

A massa para telha deverá passar por uma preparação e dupla laminação, pois a textura da mesma depende exclusivamente destes cuidados. Outro cuidado a ser tomado é a adição de oleína indiscriminada, além do excesso provocar estrias, também provoca falhas de preenchimento de detalhes, como por exemplo, galgas e encaixes.

O consumo de oleína está diretamente ligado a vários fatores como, por exemplo, in-

dice de plasticidade da argila, dureza do bastão, rugosidade do molde, temperatura do bastão (quanto mais frio mais aderente ele fica) e mistura de solventes e qualidade da oleína.

Já existe no mercado oleínas preparadas e prontas para o uso direto, deve-se no entanto, tomar alguns cuidados com a formulação da mesma, exigindo a composição química no ato da compra e a comprovação da eficácia.

As oleínas preparadas na cerâmica variam na sua dosagem de mistura (desmoldante e solvente), de acordo com o índice de plasticidade da argila e a sua granulometria. Argilas com partículas muito finas necessitam de mais desmoldante na composição da oleína.

Outro fator importante para uma melhor eficácia da oleína é trabalhar aquecida o tempo todo, pois, os elementos graxos abaixam a sua viscosidade permitindo uma melhor cobertura do molde e uma melhor penetração nos poros dos mesmos.

Erros comuns

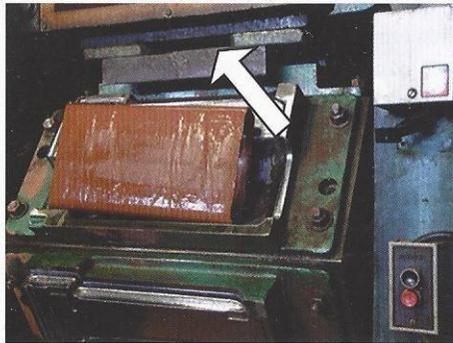


Foto 70

Inúmeras cerâmicas utilizam calços para resolver o problema de desgaste causado pelo uso contínuo, porém, de uma maneira totalmente indiscriminada e totalmente errada. Na **foto (70)** são utilizadas duas tiras de placa onde o centro do estampo não recebe nenhum reforço, provocando movimentações na hora da conformação, principalmente na segunda. Esta movimentação provoca diferença de compactação e, conseqüentemente futuras trincas.

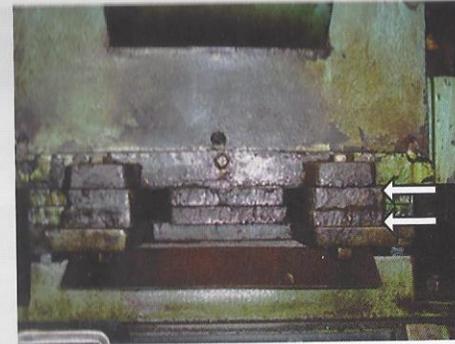


Foto 71

Na **foto 71** o exagero faz parte do cotidiano da empresa. O grande número de calços colocados nesta prensa causou trincas na cabeça da telha devido ao movimento do estampo, a **foto 72** mostra o problema causado na telha. Este tipo de trinca também é causado pelo estampo gasto.



Foto 72

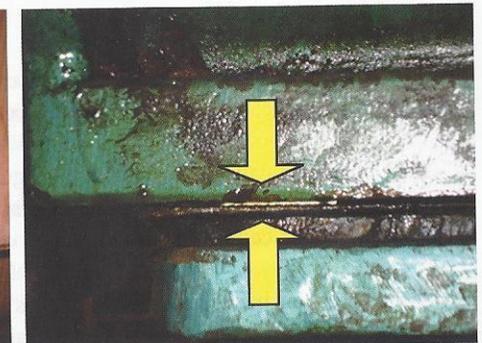


Foto 73

A **foto 73** mostra a folga causada pelo calço onde é possível enxergar do outro lado demonstrando que não existe nenhum critério técnico, onde a movimentação lateral é inevitável. Neste caso a telha terá espessuras diferentes entre a borda e o centro, conseqüentemente uma torção será inevitável.

Todos os estampos recebem ou deveriam receber uma retífica na base para nivelar o assentamento (não confundir retífica com lixadeira), por isso, o calço deverá ser totalmente nivelado e ocupar toda a base de assentamento sem nenhum espaço vazio entre eles.

Regulagens necessárias

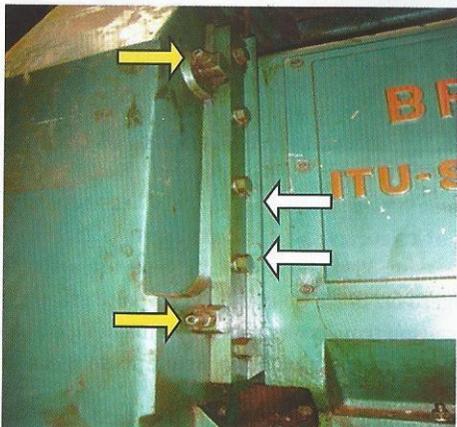


Foto 74

Os guias devem ser regulados periodicamente, pois existe um desgaste muito grande entre a base móvel e a base fixa, devido à contaminação do óleo através da poeira.

O problema causado pela falta de regulagem é facilmente reconhecido na telha, a mesma apresenta espessuras diferentes no mesmo corpo e o rebarbador corta a rebarba em lugares diferentes a cada virada do tambor.

Para regular basta soltar os parafusos laterais e apertar o parafuso frontal ao guia, deve-se tomar muito cuidado para não apertar em demasia o parafuso, pois ocorrerá o travamento do sistema.

Outro problema grave causado pela falta de regulagem dos guias é o desgaste localizado do excêntrico, mais conhecido como coração. Este tipo de desgaste pode condenar a prensa, o excêntrico é a peça mais importante e a mais cara da mesma.

As próximas fotos (75 e 76) mostram com detalhes o excêntrico e onde os possíveis desgastes ocorrem, trazendo inúmeros problemas de espessuras, deformações e trincas nas telhas.

Dependendo do fabricante, o desenho de excêntrico muda, uns são mais compactos e outros subdivididos em seções com menor área de atrito, como mostram as fotos a seguir:



Foto 75



Foto 76

As regulagens e as lubrificações têm que ser uma constante para se evitar desgastes localizados no excêntrico. Estes desgastes localizados reduzem a vida útil do excêntrico.

Deve-se evitar ao máximo o contato do excêntrico com a atmosfera, que está carregada de poeira. Por estar em contato com o óleo a abrasividade entre as peças é aumentada, condenando assim a vida útil do excêntrico.

Outra regulagem importantíssima são os freios, regulados externamente e internamente através da cruz de malta.

A movimentação do tambor deve ser evitada após o giro para prensagem, este balanço provoca o deslocamento do bastão causando diferenças de espessuras na mesma peça e consequentemente torções e trincas após secagem.

As regulagens devem ser periódicas e obedecerem alguns critérios técnicos, onde o gabarito é necessário para se fazer com perfeição. Neste tipo de regulagem os estampos (moldes) devem ser retirados para a colocação do gabarito.

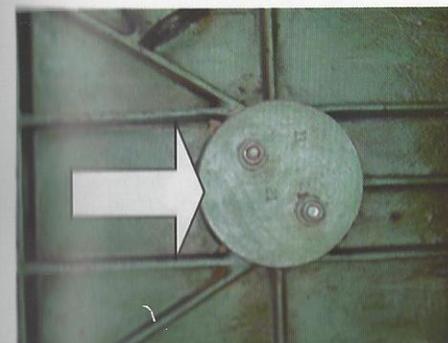


Foto 77

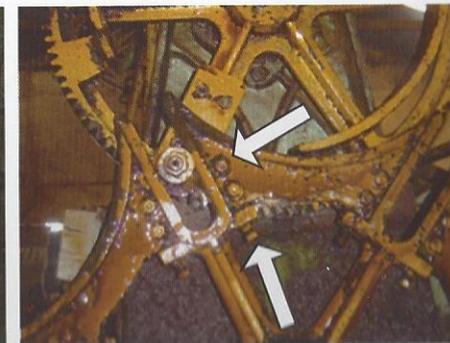
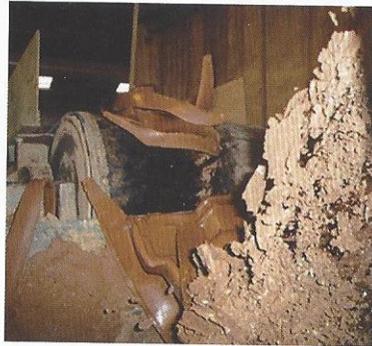


Foto 78

Uso da rebarba da telha prensada



É muito comum o uso de rebarbas diretamente no processo, mas isto está errado, pois não existe homogeneização entre a rebarba e a massa virgem, principalmente por causa da oleína. Muitos dos esfolhamentos e trincas são causados por esta mistura inadequada. Outro problema é a diferença entre compactações na mesma peça, causada por uma massa já compactada e a outra que ainda passará por compactação, neste caso, ao passar pelo processo de secagem e queima, apresentará diferenças de movimentação na mesma peça, causando trincas e deformações.

A rebarba deverá ser eliminada do processo direto, passando por misturas após 24 horas de descanso em céu aberto para amenizar os efeitos da oleína e da compactação anterior. Devo lembrar que a adição de rebarbas deve obedecer a critérios técnicos, não é recomendável a adição acima de 20%, devido às diferenças entre comportamentos, um deles é a alteração da amperagem da maromba.

As rebarbas poderão ser utilizadas no processo direto, em elementos vazados, blocos ou telhas extrusadas, o único problema é que o uso de massa virgem está proibido no processo, pois, esfolhamentos são inevitáveis, como mostrados nas fotos 79 e 80.



Foto 79



Foto 80

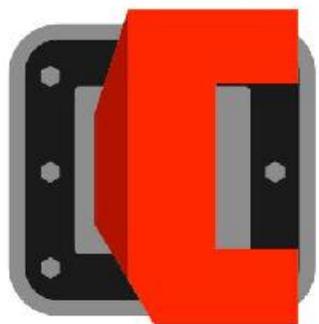
Os produtos feitos com as rebarbas apresentam excelente acabamento, resistência mecânica elevada e excelente comportamento no gradiente de queima, como mostrados nas fotos abaixo (fotos 81 e 82).



Foto 81

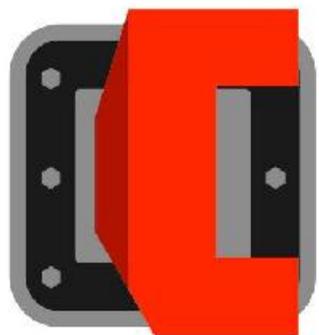


Foto 82



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

10. Cortadeiras



Foto ilustrativa

Desde a invenção do tijolo cortado via arame, a cortadeira teve inúmeras modificações. Passamos do corte manual para o corte automático, corte para cima e para baixo e corte lateral, e com ele vieram os problemas. Cortadeiras que cortam com rebarbas e cortadeiras sem rebarbas, escolha complicada mediante ao grande marketing feito pelos fabricantes de cortadeiras. Promessas de cortes sem rebarbas visando economia, mas, esquecendo-se da qualidade de corte e a precisão do mesmo. Mesmo exigido por norma, o corte de bloco não tem nenhum critério de precisão, onde os afastamentos de arames e o esquadro são apenas figurantes do sistema.

Outro problema do afastamento correto da cortadeira em relação à boquilha é que alguns fabricantes desavisados tecnicamente, colocam em seus manuais que a distância da cortadeira deve ser a menor possível. Nota-se total desconhecimento técnico de extrusão e do comportamento da massa após extrusão.



Foto 83

A **foto 83** mostra um erro muito comum entre a boquilha e a cortadeira, este erro é causado pela proximidade entre elas, prejudicando todo sistema de corte.

A cortadeira deve ficar o mais distante possível, este distanciamento favorece a acomodação de partículas. Outro fato importante é que a proximidade da cortadeira favorece o deslizamento do produto sobre a esteira, causando erros durante o corte, deslizamento esta solucionado através dos condenáveis roletes.

O exemplo abaixo (**foto 84**) mostra com simplicidade a maneira correta de se colocar a cortadeira na posição adequada, distanciada a um metro da boquilha.



Foto 84

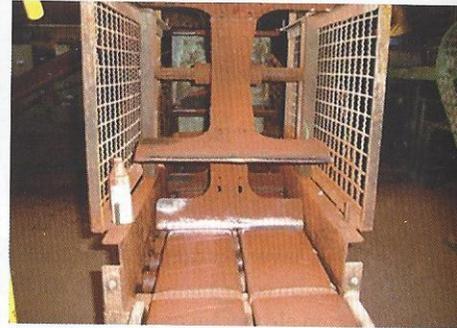


Foto 85

A **foto 85** mostra o cortador de bastões mais utilizado no momento, embora seja muito simples e praticamente não requer nenhum tipo manutenção, as facas devem receber constantemente lubrificação para não agarrar a ponta do bastão (local de corte) para não levantar a mesma provocando torção no bastão e consequentemente empenos.

No caso de boquilhas com várias saídas, as lâminas devem ser independentes, visando corrigir algumas alterações na velocidade de extrusão, evitando assim, possíveis erros de corte.



Foto 86

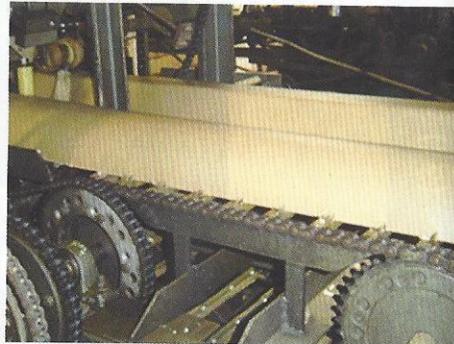


Foto 87

Na cortadeira de telha extrusada deve-se tomar alguns cuidados, principalmente com a lagarta de tração, onde o vinco feito na telha pode produzir futuras trincas (mostrado na **foto 87**), mesmo que o arame corte esta rebarba, partículas serão compactadas no local, tornando diferente a distribuição entre o corpo da telha e o local de corte. Inúmeras perdas por trincas laterais na telha são oriundas do vinco criado pela lagarta, sendo assim, a mesma deverá ser a mais baixa possível para amenizar este problema, pois o corte da rebarba será feito o mais alto possível.

Nível da cortadeira

Um erro grave cometido por muitos é a falta de nivelamento entre a boquilha e a mesa de corte, causando a deformação do produto.

É imprescindível que a cortadeira esteja totalmente nivelada, assim, torções e deformações serão evitadas.

Lembre-se de que todas as cortadeiras devem ficar niveladas (telhas e blocos), mesmo contrariando alguns desavisados fabricantes.



Foto 88

Efeito roletes



Os roletes deveriam servir de guias no processo, mas não é isso que ocorre, os mesmos são utilizados para estrangular, amassar e deformar o produto extrusado.

A grande maioria dos empenos e deformações é causada pelos roletes da mesa de corte, onde os mesmos são colocados para o material não deslizar na esteira da cortadeira.

A **foto 89** mostra bem o tipo de amassamento causado pelo rolete. Neste caso o bloco apresentará problema de esquadro, muito comum nas empresas de cerâmica.

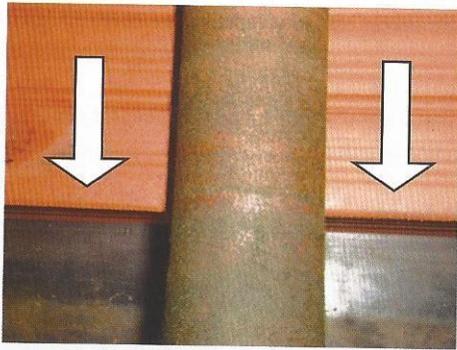


Foto 89

As setas indicam a deformação causada pelo rolete, onde a seta da direita mostra o produto normal sem nenhum tipo de amassamento, e a seta da esquerda mostra o amassamento causado após rolete.

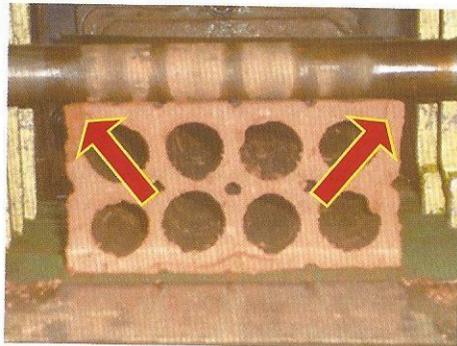


Foto 90

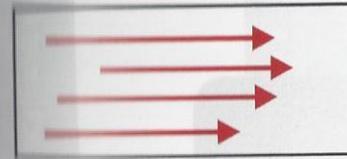
A **foto 90** mostra a deformação lateral causada pelo rolete, este defeito é refletido após a queima, onde o produto apresentará um desvio em relação ao esquadro acentuado.

Ao colocar o rolete, deverá apenas encostar-se ao material e, após segurá-lo com as mãos o mesmo deverá para o seu movimento.

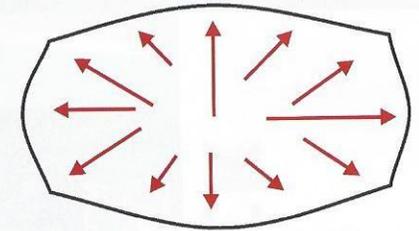
Bastão para telhas

Eles deverão ter o desenho da telha o mais próximo possível das mesmas a serem prensadas, assim ao receber a compactação, não romperá o direcionamento de partículas.

No desenho a seguir é exemplificado o processo de arranjo de partículas feito pelo processo de extrusão e o rompimento do mesmo pelo processo de prensagem.



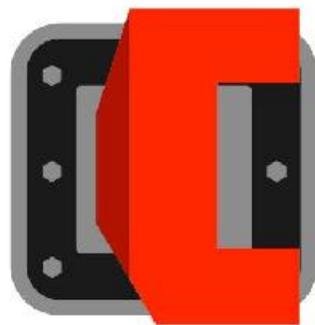
Bastão após extrusão



Bastão após prensagem

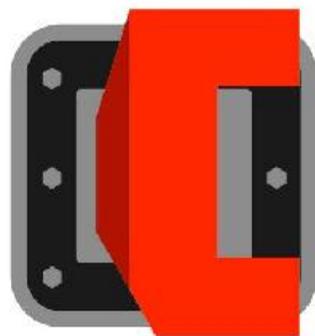
É de conhecimento de todos que as telhas extrusadas possuem maior resistência mecânica devido justamente ao processo de alinhamento das partículas, onde não existe o rompimento das mesmas, muito diferente das telhas prensadas, onde o rompimento é inevitável.

Embora seja difícil trabalhar com bastões fiéis ao modelo da telha devido a grande variedade de modelos em uma única produção, procure chegar a um modelo que se aproxime, ou que diminua o rompimento de partículas.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

11. Telhas extrusadas (marombadas)



Muito difundida e produzida nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, a telha marombada, é hoje uma realidade em grande parte das moradias populares.

De fácil produção, não requer dispositivos especiais oleínas ou prensas. Embora de aparência simples, ela deve cumprir algumas exigências da Norma Técnica (ABNT).

Agora vamos analisar tecnicamente a sua produção como um todo. O embudo e a boquilha são os principais problemas de produtividade e defeitos, como empenos e torções da telha marombada, pois existem grandes turbulências nestas áreas devido à dificuldade da saída do bastão.



Foto 91

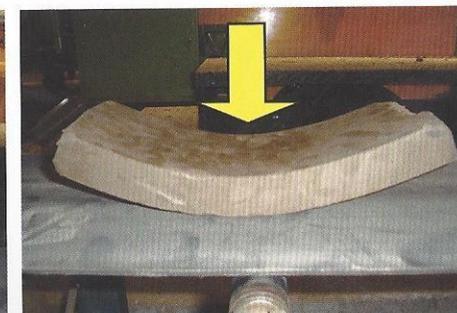


Foto 92

Verificando-se as fotos anteriores (91 e 92) podemos analisar melhor o comportamento das partículas e os arranjos durante o processo de extrusão, tentaremos mostrar nos exemplos a seguir:



Vemos que na parte de cima do bastão as partículas estão distanciadas uma das outras, e na parte de baixo existe uma aproximação maior entre elas, podemos então concluir que:

- Onde as partículas estão mais distanciadas a movimentação e a força de tração serão maiores.
- Onde as partículas estão mais próximas a movimentação e a força de tração será menor, onde a trinca no centro do bastão será inevitável.

A grande maioria das trincas laterais nas telhas, sejam elas prensadas ou extrusadas, são oriundas do empeno do bastão como mostrado anteriormente. Sendo assim, ao iniciar o trabalho de extrusão deve-se analisar a saída do bastão, para evitar futuros problemas.

Como discutido anteriormente o embudo e a boquilha para bastões e telhas extrusadas, devem ser cônicos para facilitar o arranjo de partículas no processo de extrusão.

As regulagens dos freios para bastões e telhas extrusadas deverão ser internos (na parede do cônico) e não na saída (moldura) como é de costume. A regulagem anterior à moldura serve apenas para a sintonia fina de desvios. Veja exemplos nas **fotos 93 e 94**:

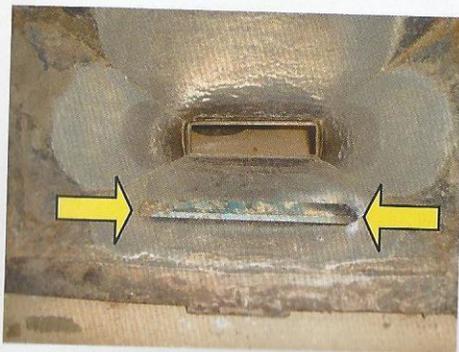


Foto 93

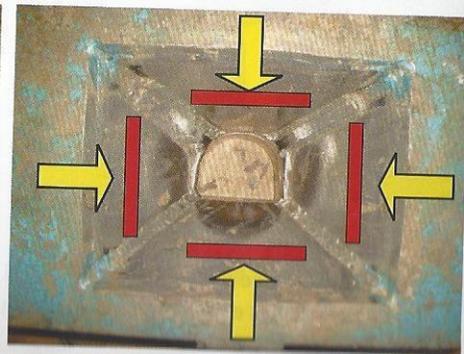
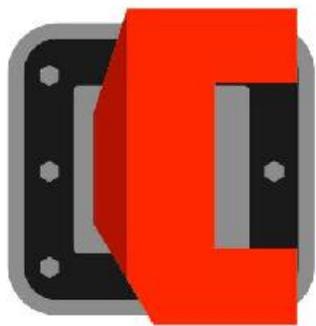


Foto 94

O sistema de freio deve ser colocado nas paredes internas (como mostrado nas fotos), esta correção é a mais indicada, pois qualquer empeno ou torção será eliminado antes da saída.

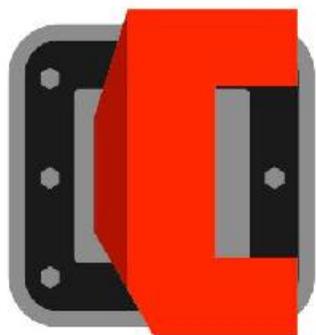
Outro problema no processo de extrusão de telha é o cortador, que geralmente não são compatíveis com a produção da maromba, danificando a telha por compressão linear (sentido comprimento) devido à incompatibilidade de velocidade entre maromba e cortadeira. Este problema é muito comum e deverá ser resolvido com a igualdade de velocidade.

Quando se tratar de duas saídas a cortadeira deverá ter saídas independentes, pois mesmo que a regulagem esteja perfeita, existem variações na massa (umidade, plasticidade, etc.).



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

12. Transportes de produtos verdes (úmidos)



O processo de transporte de produtos é incontável, desde o carrinho de mão ao processo automático. Este transporte requer alguns cuidados e critérios para não comprometer a integridade do produto. No transporte de produto recém produzido (verde) devem-se tomar alguns cuidados ao transportá-los, pois, a argila tem uma propriedade chamada de Tixotropia (poder de amolecer ao receber vibrações). Este tipo de problema pode causar deformações ao produto durante o percurso entre a extrusão ou prensagem até ao local de secagem.

No processo automático com sistemas de vagonetas, o problema não está descartado, embora seja o processo mais seguro, deve-se no entanto, evitar choques entre vagonetas, muito comum nas cerâmicas. Quando se tratar de transporte mecânico via carro, onde é feito uma mobília de alta densidade, devem-se evitar longas distâncias e os terrenos irregulares.

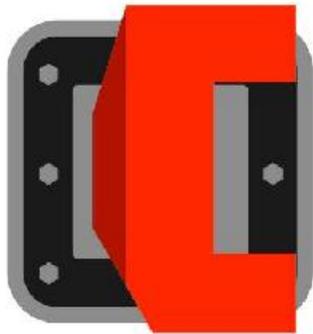


Foto 95



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

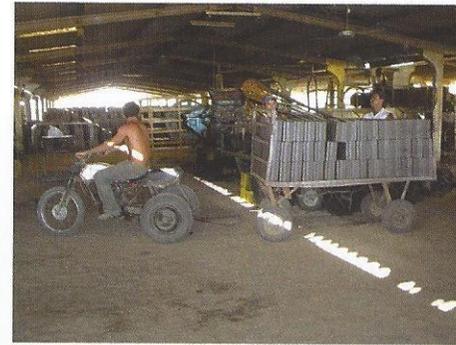


Foto 96

Transporte de produtos com carrinhos de mão deverão receber molas na estrutura para evitar vibrações durante o transporte.

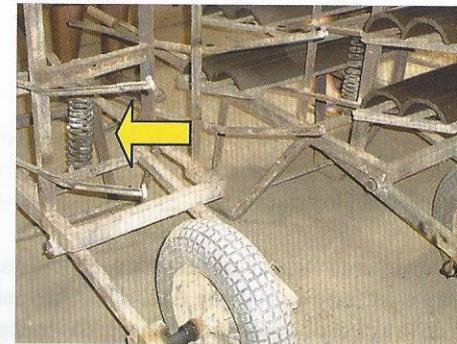


Foto 97

Resumindo: Nem todo transporte é 100% seguro, devemos evitar cargas de alta densidade e produtos muito moles.

Durante o processo de extrusão, seja bloco ou bastão, a dureza dos mesmos deverá ser controlada, pois produtos com umidade muito alta (mole) são mais suscetíveis às vibrações, onde a deformação é inevitável.

Distâncias muito longas devem ser evitadas, caso não seja possível, procure tirar o produto com maior dureza possível.

13. Trincas e as suas origens

A grande maioria das trincas, cerca de 90%, é oriunda de problemas mecânicos causadas por regulagem de boquilha, empeno de eixo, ponteira de hélice, falta de centralização da boquilha em relação ao eixo, cavalete fora de esquadro, variação na homogeneidade da massa, velocidade de extrusão, falta de corta barro, camisa gasta, moldes velhos, excesso de calços nos moldes, desgaste localizado do martelete da prensa, etc.

A maioria das trincas acontece no processo de extrusão como descrito anteriormente, embora as características entre elas sejam muito parecidas, deve-se tomar muito cuidado ao afirmar a origem da mesma. Cometem-se erros primários ao afirmar que tal trinca é oriunda do processo de secagem, muito comum entre os ceramistas. A trinca de secagem é a grande vilã entre as cerâmicas, mas na realidade a trinca de secagem é muito rara, pois existem dois itens que não são levados em conta:

1. Nossas argilas possuem o ponto crítico de secagem elevada geralmente entre 58 a 68°C (raras algumas exceções).
2. O tipo de secagem realizada no Brasil é muito lento.
3. A grande maioria dos secadores possui excesso de umidade em toda a sua extensão.
4. Retirada de umidade é muito lenta.

Estes são alguns fatores que eliminam ou amenizam as trincas dos produtos no processo de secagem, falaremos sobre o processo de secagem. A tabela abaixo mostra um estudo realizado em diversas cerâmicas do Brasil, onde é mostrada a origem das trincas:

Origens de perdas por trincas	
Extrusão (eixo empenado, ponteira de hélice, torção da massa, etc.)	2%
Regulagem de boquilha (freios, cavaletes baixos e fora de esquadro, etc.)	95%
Secagem	1%
Queima (grande maioria durante o esquento)	2%

*Estudo realizado em mais de 400 cerâmicas.

Caso 01

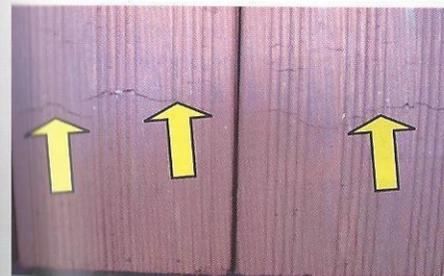


Foto 98

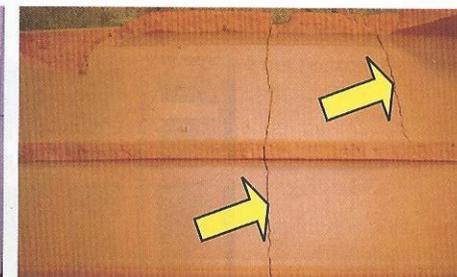


Foto 99

Trinca lateral causada por falta de homogeneidade da massa, caracterizada por miúdas trincas e a várias tonalidades na peça.

Este tipo de trinca aparece geralmente em argilas com excesso de Mica ou resíduo muito fino e de baixa distribuição granulométrica. Deve-se neste caso colocar na composição da massa outra argila com resíduo de granulometria maior ou chamote (caco queimado moído).

Caso 02

Este tipo de trinca é muito comum, acontece devido à falta de massa na lateral do bloco causada por dois motivos: excesso de frenagem no centro ou/e vibração do pirulito.

As setas (lateral direita) estão indicando que existe um excesso de frenagem no centro do bloco, sendo assim, existem variações de compactações nas paredes do bloco originando-se a trinca longitudinal.

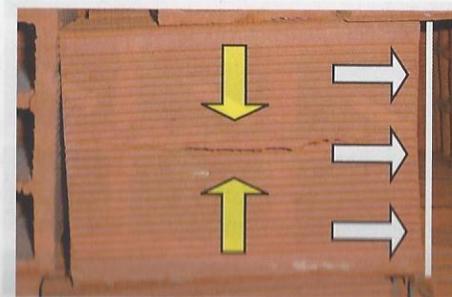


Foto 99

Caso 03

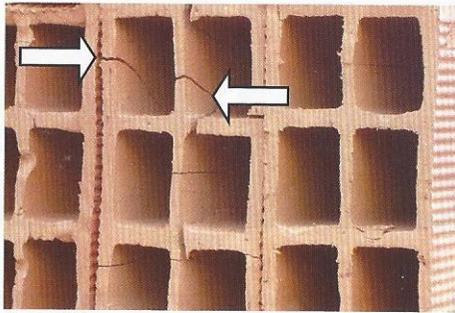


Foto 100

Trincas tipicamente de secagem, pois as mesmas aparecem nas paredes do bloco e não na intersecção de paredes, as trincas que aparecem nas intersecções são causadas pela movimentação das paredes trincadas.

Outro ponto a ser analisado é o desenho da trinca que apresenta serrilhamento na superfície do corte, típico de secagem.

Caso 04

Trinca causada por três motivos: falta de vácuo, maior saída no centro da boquilha e torção da massa no cavalete. Neste caso deve-se verificar primeiramente a torção da massa e depois o sistema de vácuo, por último a regulagem da boquilha, pois se deve verificar a origem do problema.

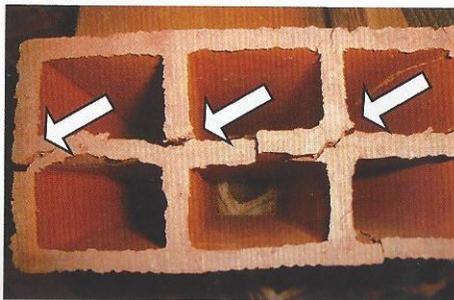


Foto 101

Em alguns casos de regulagem de boquilha o operador da maromba resolve o problema imediato da trinca ou empeno, mas não ataca a origem do problema.

Qualquer tipo de freio deve ser evitado, procure a origem do problema, em último caso o freio deverá ser utilizado. Lembre-se de que o sistema de freio é um recurso de sintonia fina de regulagem e não uma única solução do problema.

Caso 05

Este tipo de trinca muito comum nas telhas é oriunda da movimentação mecânica do molde através do excesso de calços. Também pode ser causada por falta de trabalhabilidade da argila (resíduo de mesmo tamanho e muito fino).

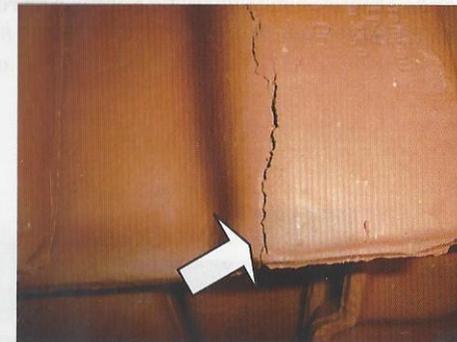


Foto 102

Outra dica é analisar a incidência de trinca localizada, pois todas tem origem mecânica, seja pela movimentação do molde ou defeitos no bastão.

Outro local a ser verificado é a rebarba da telha, verifica-se uma ponta de avanço na cabeça da telha, isto é típico de movimentação de molde (indicada pela seta).

No caso de telha prensada deve-se analisar também a trabalhabilidade da argila, responsável por inúmeras trincas que ficam distribuídas nas curvas e reentrâncias das telhas. A solução para este problema só será possível com a adição de outra argila ou com adições de produtos químicos, o que é totalmente inviável (silicato de sódio).

Caso 06

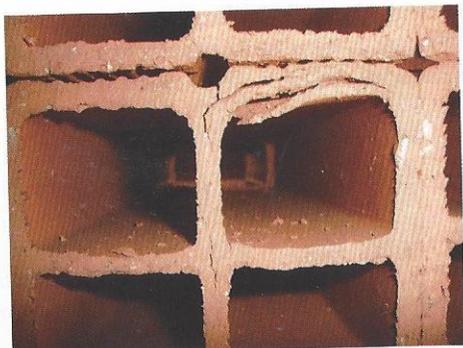


Foto 103

Trinca causada por dois motivos: falta de vácuo e argila com resíduo muito fino e de péssimo arranjo granulométrico.

Caso 07

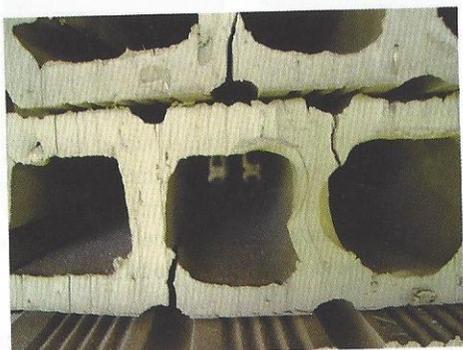


Foto 104

No bloco de laje a trinca mais comum aparece frontalmente na junção entre o furo e a canaleta devido o desequilíbrio do pino da canaleta que vibra durante a extrusão. Neste caso devem-se usar pinos mais grossos para evitar a vibração ou aço mais duro, porém o ideal seria retirar esta canaleta que, além de provocar trincas, reduz consideravelmente a resistência mecânica do bloco.

Caso 08

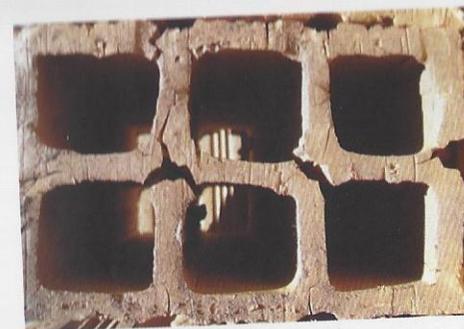


Foto 105

Trinca causada pelo cavalete muito baixo, neste caso não existe uma compactação ideal da massa após sair do cavalete.

Este tipo de trinca é muito confundido com a trinca causada pelo sistema de vácuo ou porque a saída está maior no centro. Deve-se analisar com cuidado todo o sistema antes de tomar uma decisão.

Caso 09



Foto 106

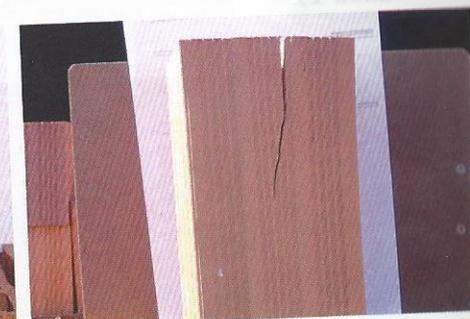


Foto 107

Neste caso trata-se de uma boquilha de uma única saída onde a maior velocidade e força de extrusão encontram-se no centro, devido ao deslocamento da periferia da hélice, que reduziu o seu diâmetro devido ao desgaste de trabalho. Isto também acontece quando a ponta da hélice apresenta concavidade, demonstrada na página 08.

É muito comum neste caso o uso de cantoneira, o problema realmente é resolvido, porém a origem dos mesmos continua com problemas, e que deverão ser corrigidos com as novas boquilhas.

Caso 10

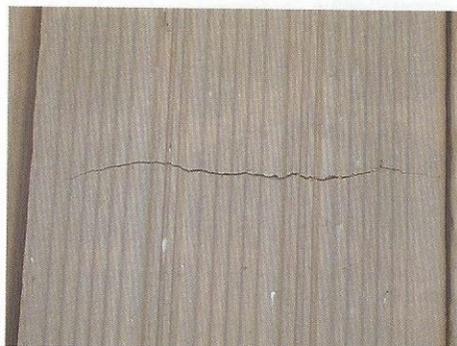


Foto 108

Este tipo de trinca é muito parecido com a exibida na página 87, **foto 99**, porém a origem da trinca é causada pela inclinação da placa ou faca da boquilha. A inclinação entre a faca e o corte da placa deve ter o mesmo ângulo, evitando as diferenças entre velocidade de saídas de paredes.

Caso 11

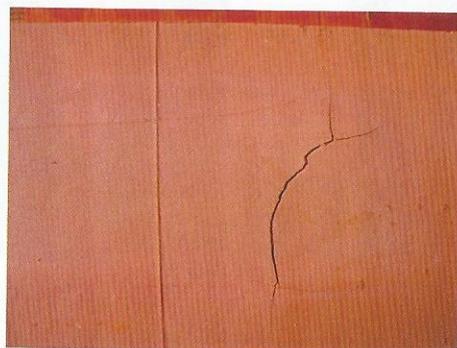


Foto 109

Neste caso em particular a trinca é causada por expansão localizada por excesso de matéria orgânica ou adição de carvão mineral à massa.

Caso 12

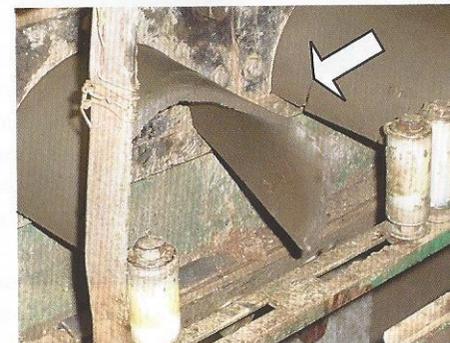


Foto 110

Este tipo de trinca é muito comum nas telhas marombadas, elas são oriundas da turbulência gerada no embudo com a placa da boquilha. Elas aparecem após secagem ou queima, raramente é detectável no processo de extrusão, devido à massa pastosa. Deve-se utilizar embudo e boquilha cônica.

Devemos alertar que as massas de pouca plasticidade, resíduo muito fino e a falta de vácuo, também provocam este tipo de trincas.

Caso 13



Foto 111

A trinca causada próxima à borda do bloco é oriunda da maior velocidade de saída no centro, ou seja, a ponteira da hélice está muito gasta ou os freios laterais estão muito fechados.

Caso 14

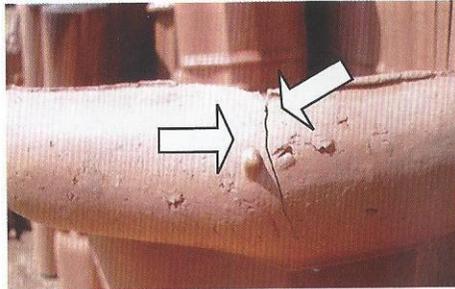


Foto 112

É muito comum aparecer trinca na cabeça da cumeeira devido a vários fatores, como o deslocamento da massa muito rápido, presença de ar entre o molde e a massa, falta de trabalhabilidade da argila, falta de plasticidade, resíduo muito fino, argilas com excesso de mica, excesso de oleína e molde muito velho que não retêm a massa nas bordas.

Em alguns casos é preciso furar o molde (fêmea) com uma broca de 5 mm de diâmetro para a retirada do ar, porém, se a massa apresentar um índice muito baixo de plasticidade e de trabalhabilidade, o problema não é sanado, muito pelo contrário, o local ficará enfraquecido ocasionando mais trincas. Neste caso, deve-se modificar o desenho do encaixe deixando-o mais suave (caso não haja outra argila), evitando-se cantos vivos e encaixes muito profundos. No exemplo acima foi feito um furo na cabeça da cumeeira, mas a trinca continua, devido ao baixo índice de plasticidade e trabalhabilidade da massa. A falta de homogeneidade da massa também é responsável pelas estrias na superfície, como demonstrado na foto abaixo (foto 113).

Caso 15

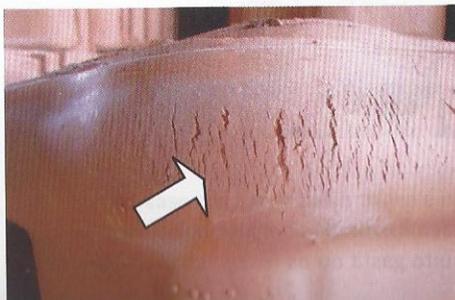


Foto 113

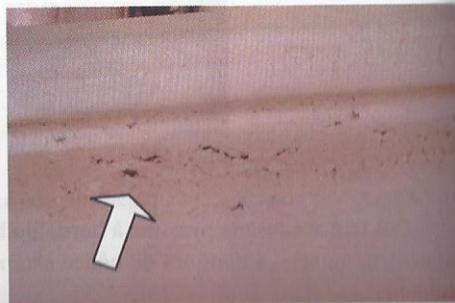


Foto 114

O excesso de oleína também provoca estrias na superfície da telha devido à falta de compactação causada pelo óleo que fica entre a massa e a superfície do molde, provocando a falta de aproximação dos grãos, é assim que o óleo evapora, deixando buracos onde o mesmo estava alojado.

O uso indiscriminado de oleína (desmoldante) tem sido um grande problema para as indústrias de telhas, pois, além de custar caro, provoca danos à superfície da telha. A adição de oleína deve ser de maneira racional, utilizando com moderação. Quanto mais oleína na superfície da peça maiores serão as chances de defeitos, outro fator a ser ponderado é que o excesso de oleína no bastão provoca a aderência do mesmo no molde.

A oleína deve ser colocada nos bastões através de pulverização, onde o mesmo recebe uma camada muito fina e controlada. Devem ser abolidos os famosos travesseiros.

Nos casos de fabricação de telhas através de bastões retirados antecipadamente (muito comum nas cerâmicas que fabricam telhas e blocos ao mesmo tempo), deve-se trabalhar com travesseiros duros com densidades acima de $1,80 \text{ g/cm}^3$, só assim o bastão não recebe excesso de oleína. Deve-se também cobrir os bastões com lona plástica para que os mesmos não recebam ventilação, onde o ressecamento e as trincas são inevitáveis.

Caso 16



Foto 115



Foto 116

Este tipo de trinca na diagonal da telha e bem localizada é sintoma de que a massa possui uma porcentagem de resíduo muito fino, onde a compactação e o índice de trabalhabilidade são totalmente comprometidos.

Massas cerâmicas com resíduos muito finos não permitem compactações bem elaboradas ou moldagem de curvas e reentrâncias, as falhas ficam nestes locais devido à falta de distribuição de compactação na peça toda. Sendo assim, diferentes movimentos de retração surgem na peça provocando trincas ao longo da telha, principalmente nas curvas e detalhes da mesma.

Este caso deve ser tratado com argila, com resíduo mais grosso e com uma distribuição granulometria bem elaborada. Também a simples adição de chamote ameniza o problema.

Caso 17

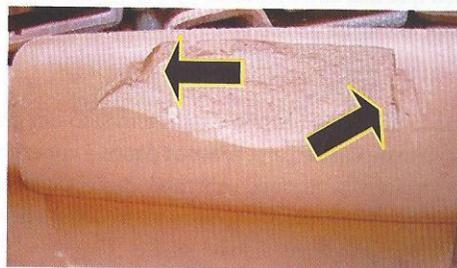


Foto 117

Este defeito é muito confundido porque esquentá rápido, na verdade não é a presença generosa de carbonatos em grânulos grandes que são responsáveis por este defeito, que ocorre durante a queima, causando uma grande expansão do local. Para sanar este problema deve-se moer a argila em moinho de martelos.

Caso 18

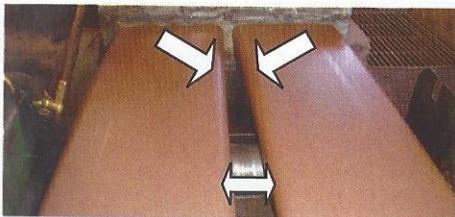


Foto 118

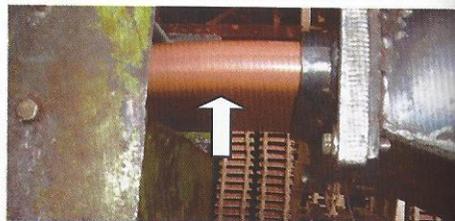


Foto 119

Os exemplos mostrados acima (**fotos 118 e 119**) demonstram erros de regulação de boquilha, que geralmente não são vistos nas indústrias de telhas.

A **foto 118** mostra a presença de abertura do bastão depois da saída, neste caso a telha apresenta deformações variadas. O mais comum é a torção, muito confundida por empeno de retirada do molde (quando apresenta aderência). Este tipo de torção ocorre por diferenças de compactação de grãos entre laterais (esquerda e direita), pois um lado sai mais rápido do que o outro.

Já no caso da **foto 119** o desnível entre a boquilha e a mesa de corte provoca um abaulamento do bastão, provocando empeno durante a secagem. Este tipo de empeno é muito confundido com empeno de grade. Deve-se nivelar a mesa de corte evitando torções ou empenos dos bastões, lembrando sempre que a argila possui memória.

Caso 19



Foto 120



Foto 121

Nas argilas de baixa trabalhabilidade é comum apresentar rugas na cabeça da telha (**foto 120**), neste caso deve-se fazer um furo na fêmea do molde (5 mm) para melhorar a saída de ar e a trabalhabilidade da massa, como mostrado na **foto 121**.

Caso 20

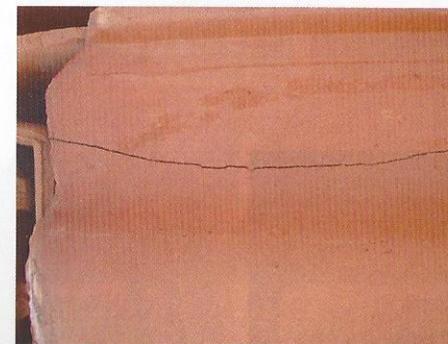


Foto 122

A presença de trinca no canal da telha Romana é característica do desgaste do molde, pois o molde velho (desgastado) passa a ter movimentações durante a prensagem, provocando alterações no comportamento do arranjo granulométrico, causando diferenças de espessura entre a capa e o canal.

Outra possibilidade, só que em menor incidência, é a falta de regulação do sistema de freio, que também pode provocar este tipo de trinca devido à alteração de compactação da massa por movimentos indesejáveis do tambor.

Caso 21



Foto 123

A ausência de suporte com molas no rebarbador é outro local para a incidência de empenos e trincas, pois ao fazer o corte da rebarba, a faca puxa a telha para cima, provocando empenos tanto nas pontas (cabeça) como no centro da peça.

Caso 22



Foto 124

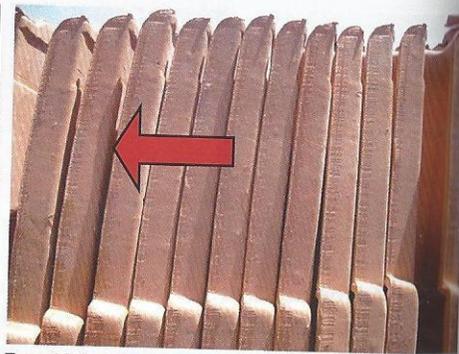


Foto 125

As deformações nas telhas têm inúmeras origens, uma delas, muito comum é a deformação causada pelo rebarbador que, no momento após o corte, puxa a telha para cima causando empeno na mesma.

Caso 23

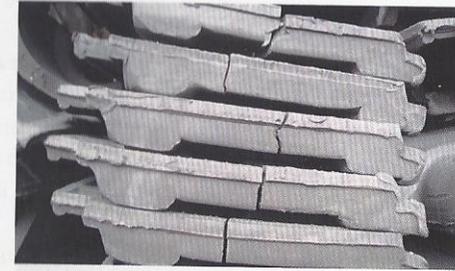


Foto 123

Neste caso a trinca é localizada demonstrando nitidamente problemas mecânicos oriundos do processo de extrusão, causados por vários fatores: eixo empenado, ponteira da hélice cônica, boquilha fora de centro, falta de massa na cabeça da telha (bastão muito curto) e falta de vácuo, onde as dobras requerem maior trabalhabilidade no momento da prensagem.

Caso 24

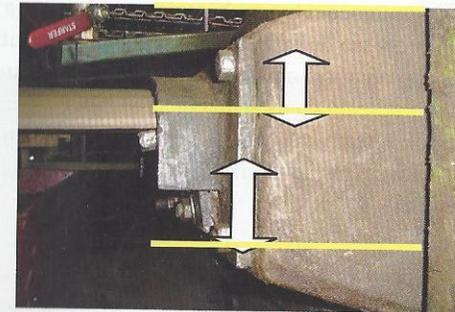


Foto 124

No exemplo acima mostramos um erro muito comum nas empresas, a colocação da boquilha fora de centro, causando inúmeros problemas de empenos e trincas. Na foto anterior (124) as trincas causadas nas telhas são oriundas deste processo. Pode-se observar o bastão fora de centro, onde o mesmo sofre inúmeras turbulências durante o processo. Existe uma grande concentração de massa na parte de baixo da boquilha provocando tensões e compactações diferentes no mesmo local.

A zona de turbulência gerada é muito grande induzindo a parte de baixo do bastão à compactação bem mais alta do que a de cima, causando no local trinca interna, que só será notada após secagem ou queima.

Caso 25

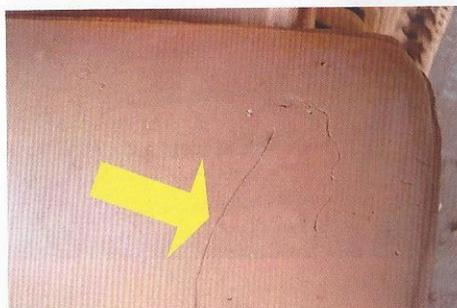


Foto 124

Defeito causado pelo uso de rebarbas diretamente do processo de produção. Em alguns casos este tipo de defeito não é observável a olho nu, mas ele existe, trazendo inúmeros problemas de qualidade para a telha devido ao óleo desmoldante e as diferenças de compactações entre as massas (massa virgem e massa já compactada) causando trincas, deformações e baixa sonoridade.

A rebarba da telha deve ser eliminada do processo de extrusão imediato, devendo repousar por 24 horas, no mínimo, em lugar aberto e arejado para a eliminação do óleo e das tensões causadas pelo processo de extrusão e de prensagem. Outro cuidado que devemos tomar na reutilização da rebarba é a porcentagem da mesma que entrará no processo de extrusão. Devem-se evitar porcentagens acima de 20%, pois, além de aumentar a amperagem da máquina reduzindo a sua produção, o dimensional fica comprometido durante a queima, acarretando inúmeras telhas de diferentes tamanhos e principalmente a tonalidade e a sonoridade são afetadas.

Caso 26



Foto 125



Foto 126

A falta de plasticidade, vácuo muito baixo e resíduo muito fino, causa este tipo de trinca, tanto no bloco como na telha.

Para facilitar a sua identificação deve-se desligar a maromba com o bastão na posição de corte e aguardar alguns minutos, próximo a boquilha aparecerão trincas na diagonal da peça mostrando que o problema existe. Este tipo de problema não é fácil resolver, pois existem vários fatores que impossibilitam a sua resolução imediata como, por exemplo, mudança de argila e troca de bomba de vácuo.

Resíduos muito finos e com falta de distribuição granulométrica, devem ser melhorados com a adição de outra argila e, no caso da falta da mesma, deve-se trabalhar com chamote para estabilizar a massa.

Existem inúmeros produtos para melhorar o índice de plasticidade, mas de custo elevado, o que impossibilita o seu uso. Algumas cerâmicas utilizam a areia de rio para melhorar a distribuição granulométrica da argila, mas estes procedimentos causam inúmeros problemas, como trincas (sílica livre), falta de compactação, aumento no tempo e na temperatura de queima, baixa sonoridade, mudanças bruscas de tonalidade e aumento no desgaste do equipamento. O seu uso deve ser evitado ou muito bem controlado.

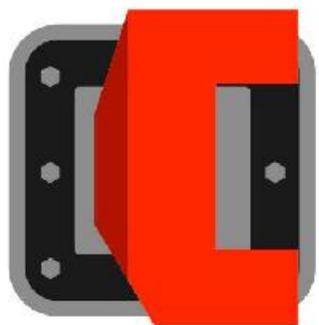
Caso 27



Foto 127

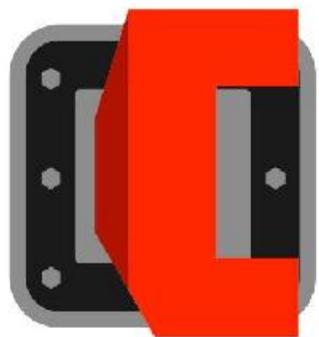
O tijolo maciço é problemático no processo de extrusão devido ao seu volume de massa. Nesse tipo de extrusão devem-se avaliar as condições do sistema de vácuo, abertura da grelha ou pente, condições da camisa estriada, colocação dos pinos (diafragma), índice de plasticidade da argila, porcentagem de resíduo e a sua distribuição granulométrica, elxo empenado, boquilha e a ponteira da hélice.

Lembre-se de que o sistema de vácuo é importantíssimo neste caso, sendo assim, a grelha deve ficar bem fechada para facilitar a retirada de ar da massa. É aconselhável o uso de chamote ou argilas de granulometria e resíduo de maior tamanho.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Caso 28



Foto 128

O carimbo é outro problema para a telha, ele é causador de trincas e de empenos no local onde ele é aplicado. A sua aplicação deve ser suave e moderada, devendo aparecer às letras e não a sua base como mostrado na foto acima.

14. Sistema de secagem



Teoria

Secagem significa a transferência de líquido de um sólido úmido para a fase gasosa insaturada, ou ainda, o processo adotado para eliminar o líquido do produto, por evaporação com a ajuda do calor. De maneira mais ampla, podem considerar-se como métodos de secagem aqueles em que a água, sem mudar de estado, é eliminada por meios mecânicos: pressão, filtração ou centrifugação. Sem restrição, costuma-se reservar a noção de secagem aos procedimentos técnicos indicados em primeiro lugar. Os outros métodos se designam pelo nome de “desidratação mecânica”, pois a maioria dos casos consiste na eliminação de água.

As possibilidades da secagem mecânica são limitadas pela umidade residual que sempre fica no produto.

O estudo da secagem e o cálculo de secadores estão ligados ao grande número de problemas nas áreas de mecânica dos fluidos, de química, de superfície, de estrutura de sólidos, bem como de problemas de transferência de calor e transferência de massa.

Na secagem de um sólido com um gás de umidade e temperatura fixada, tem-se sempre o mesmo tipo de comportamento geral, inicialmente a temperatura do sólido varia até atingir valor constante.

Nesse período, a temperatura do sólido e a velocidade de secagem podem aumentar ou diminuir até atingir um estado de equilíbrio. Verifica-se que a temperatura da superfície úmida do sólido é igual à temperatura do bulbo do meio. A temperatura dentro do sólido

tende para o mesmo valor, com certo atraso, devido à temperatura do bulbo úmido do gás serem constantes, com a velocidade de secagem. Este é o chamado “período de secagem constante”.

Durante o período de secagem constante há sempre a mesma umidade e se produz uma contração em toda a peça. Depois disto, a superfície começa aparecer seca e a evaporação começa no interior da peça, produzindo-se pouca ou nenhuma contração.

Neste ponto a argila se encontra parcialmente seca. Uma posterior redução no conteúdo de umidade dá lugar à passagem com pouca ou nenhuma troca de volume. A explicação geralmente aceita é que, quando evapora, a água realmente separa as partículas, produzindo a contração, até que estas estejam em contato. Depois disto se perde a água dos poros e já não se produz contração.

O período de secagem constante termina quando o sólido atinge o “conteúdo crítico de umidade”. Além desse ponto a temperatura da superfície aumenta. A velocidade de secagem cai rapidamente.

Abaixo vemos uma placa de argila plástica e os três estados em que a água se encontra no corpo cerâmico.

Água higroscópica vaporiza entre	50 a 200 °C
Água interfoliar (lamelar) vaporiza entre	250 a 350 °C
Água interfoliar (lamelar) vaporiza entre	450 a 650 °C

O período de queda da velocidade pode levar muito mais tempo do que o período de velocidade constante, embora a remoção de umidade seja muito menor.

A velocidade de secagem tende a zero quando se atinge a “umidade de equilíbrio”, que é a maior umidade possível atingida nas condições em que o sólido está secando.

As curvas de secagem típicas estão relacionadas com o mecanismo do processo de secagem. O período de secagem é inicial, durante o qual a temperatura do sólido varia até atingir valor constante. Embora o andamento desse trecho da curva seja típico, qualquer outro tipo ainda é possível. Durante o período de velocidade constante, toda a superfície exposta está saturada de líquido. A secagem se processa como superfície líquida, com o sólido não exercendo influência direta sobre a velocidade de secagem.

É possível que a rugosidade da superfície sobre a qual se estende o fluido líquido possa aumentar os coeficientes de transferência, da massa e do calor. A temperatura da superfície atinge a temperatura do bulbo úmido como se deveria esperar.

O regime constante se mantém enquanto a massa que é retirada da superfície é continuamente substituída por meio do movimento do líquido no interior do sólido. O mecanismo desse movimento e, em consequência a velocidade do movimento, variam muito com a estrutura do sólido propriamente dito. Em sólidos que possuem espaços vazios relativamente grandes, é provável que o movimento seja controlado por forças de tensão superficial e gravidade dentro do sólido. Em sólidos de estrutura fibrosa ou amorfa, o movimento do líquido se faz por difusão através do sólido. Como as velocidades de difusão são muito menores do que as velocidades de escoamento por gravidade e capilaridade, os sólidos nos quais a difusão controla o movimento de líquido terão períodos de velocidade constantes muito curtos, até mesmo difíceis de serem medidos. A umidade do sólido é insuficiente para suprir toda a superfície. Este ponto onde começa o decrescimento da velocidade de secagem é chamado ponto de inflexão.

Durante o período de secagem, chamado "primeiro período de queda de velocidade" a superfície se torna cada vez mais pobre em líquidos, porque o movimento de líquidos para a superfície é cada vez mais lento do que a transferência de massa da superfície, até atingir o ponto onde não há mais nenhuma área, por menor que seja, de superfície saturada de líquidos. A parte da superfície que está saturada sairá por meio da convecção de calor e da corrente de gás.

O vapor das partes mais internas do corpo se difunde para a parte da superfície não saturada e continua se difundindo até a corrente gasosa. Este mecanismo é muito lento em comparação à transferência por convecção da superfície saturada.

Um material cerâmico não pode ser aquecido bruscamente até a temperatura de secagem e ser resfriado rapidamente sem ocorrer o risco de partir-se (rachaduras), devido à rápida evaporação da água higroscópica e das formas lamelares (interfoliar).

Generalidades

Umidade dos gases e de substâncias sólidas (grandezas higrométricas)

A água no estado líquido ou vapor, contida num material, possui mecanismos mais ou menos complexos capazes de modificar as propriedades físicas dos corpos segundo de umidade adquirida.

A mesma coisa vale para os gases, o conteúdo de vapor de água na atmosfera de um local pode variar segundo certas circunstâncias. Os gases são caracterizados por um estado higrométrico capaz de alterar fundamentalmente as operações de secagem dos sólidos.

É conhecido que a secagem é uma operação que consiste na retirada da umidade de um corpo, ou seja, fornecer certa energia que permita eliminar as moléculas de água fixadas neste corpo. Esta energia depende necessariamente da temperatura e do teor de umidade da atmosfera circundante a substância a secar, atingindo certo valor não suficiente para retirar toda a água fixada na massa sólida. Neste caso estabelece-se um estado de equilíbrio dentro da substância sólida e atmosfera do secador enquanto sub existe dentro do corpo uma massa residual (umidade) que será eliminada só quando for fornecida condição de secagem com maior energia. Com o fim de melhor precisar as condições precedentes é útil recordar algumas definições, ligadas as grandezas higrométricas da atmosfera e os parâmetros físicos concernentes ao material úmido:

- Umidade absoluta de um gás: é a massa de água no estado de vapor que contém uma unidade de volume de gás. É expressa em gramas por metro cúbico (g/m^3).
- Umidade de um corpo sólido: é a quantidade de água existente na unidade de massa do sólido, tratado a 105°C , exprime-se em percentual.
- Umidade relativa ou grau higrométrico de um gás: é a medida da relação entre a pressão parcial do vapor de água e a máxima pressão na mesma temperatura.
- Ponto de orvalho: é a temperatura na qual o vapor de água presente satura o gás. Nestas condições o vapor começa a condensar-se sob a forma de visíveis gotículas em suspensão.
- Umidade residual de um corpo sólido seco: um material sólido seco dentro de uma atmosfera que possui certo grau higrométrico não pode perder totalmente a água que possui sempre uma umidade residual em equilíbrio com aquela atmosfera.
- Energia de secagem: quando um corpo úmido é secado, aplica-se uma quantidade de energia necessária para fazer passar a água do estado líquido ao estado de vapor. Esta energia pode ser referida à umidade de massa ou a um MOL. Pode-se admitir que a energia seja o trabalho do vapor, suposto gás perfeito, à máxima pressão e a pressão parcial da atmosfera de secagem.

Materiais argilosos

As matérias primas usadas na indústria cerâmica tradicional são essencialmente

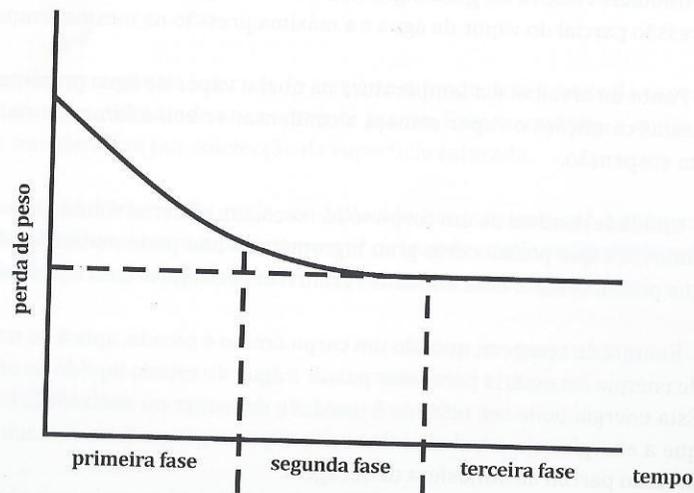
constituídas de silicatos ou sílico aluminatos naturais mais ou menos complexos. Estes silicatos, argilas e caulins, apresentam uma estrutura geralmente lamelar e com propriedade de plasticidade notável em presença de água. A entrada de água nas micelas argilosas cria um inchamento da matéria prima, maior quanto mais alto o teor de umidade.

A operação inversa de secagem trará uma diminuição de volume da massa acarretando uma retração linear observável sob a massa crua.

As moléculas de água que estão em contato com as partículas argilosas transformam-se em colóides caracterizados de micelas contornadas de água fortemente ligada por força elétrica, permanecendo como água intersticial no estado mais ou menos fixa. Disto resulta que a secagem ocorrerá de forma bastante simples quando se elimina a água intersticial ou água livre, embora apresente maior dificuldade para eliminar a água fortemente ligada às partículas argilosas. Pode-se dividir em mais fases a passagem do produto verde (material úmido) ao produto seco.

Comportamento das argilas durante o processo de secagem segundo Bigot e Sherwood

A secagem de uma argila está diretamente relacionada ao tempo e a perda de peso, demonstrado no diagrama de Sherwood abaixo:

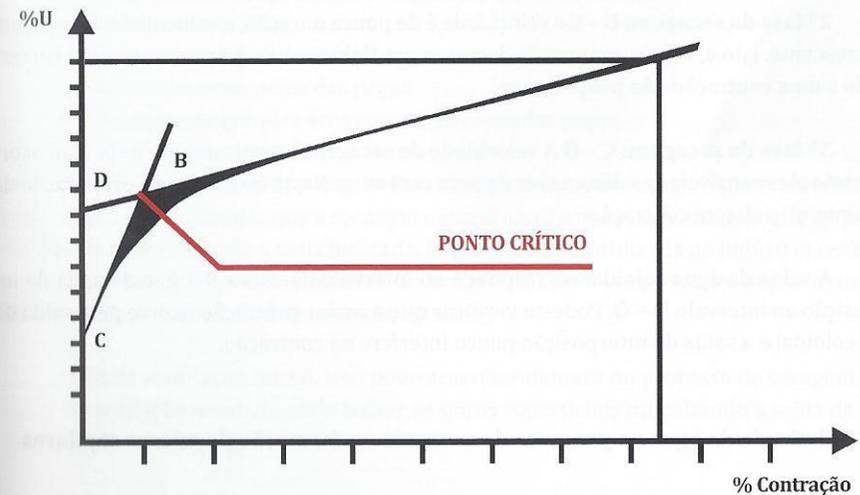


1ª fase: a velocidade de evaporação é constante podendo supor que a água livre da superfície do corpo de prova evapora e a água livre do interior do corpo migra até a superfície com uma rapidez suficiente para manter a periferia do corpo de prova úmida. Parece que esta velocidade é independente da natureza da argila em exame.

2ª fase: A taxa de evaporação diminui. Neste caso a evaporação aproxima as micelas de argila, a água livre do interior não é mais suficiente para chegar à superfície com aquela rapidez para manter a periferia da peça úmida. Neste momento a evaporação transfere-se progressivamente ao interior do produto e é diminuída. Um gradiente de umidade se estabelece no curso desta fase.

3ª fase: A taxa de evaporação torna-se nula. A umidade do corpo é estacionária e corresponde a água ligada que resta na massa do corpo. Esta água está em equilíbrio com a atmosfera úmida do ambiente e a sua quantidade depende do grau higrométrico existente ambiente. O corpo apresenta certa secura medida pelo inverso da umidade residual.

Diagrama de Bigot



Em 1921, Bigot retomou os estudos de massas argilosas, relacionando a quantidade de água perdida com a diminuição de volume (contração) de várias barrinhas de material argiloso. Estabeleceu-se que a perda de água (em pesagens sucessivas) é diretamente proporcional à contração (medida da maior dimensão). As modificações verificadas na massa argilosa, durante a secagem, são tais que, o ciclo completo de secagem é diferenciado em três fases:

1ª fase: diminuição de volume proporcional à água eliminada.

2ª fase: formação de vazios (poros) enquanto que a massa continua a contrair-se ligeiramente.

3ª fase: extinção da diminuição de volume, e os poros manifestados são proporcionais à água eliminada.

Diagrama

1ª fase da secagem: A – B a velocidade de secagem é constante. Ocorrem variações sensíveis nas dimensões da peça, devido ao encostamento de grãos, pela saída de água coloidal. Nesta fase da secagem, a água migra até a superfície da peça formando uma película. Este período é dito constante porque, à medida que a água evapora, esta é a reposta pela difusão do interior da peça. O período de velocidade constante termina quando se atinge o ponto crítico, isto é, a peça muda de cor pelo desaparecimento do filme de água.

2ª fase da secagem: B – C a velocidade é de pouca duração, a velocidade de secagem é decrescente, isto é, a água evaporada decresce gradativamente. A água evaporada corresponde a uma contração não proporcional.

3ª fase da secagem: C – O A velocidade de secagem é praticamente nula. Não ocorrem variações sensíveis nas dimensões da peça cerâmica. Nesta fase ocorre a evaporação da água intersticial, sem contração.

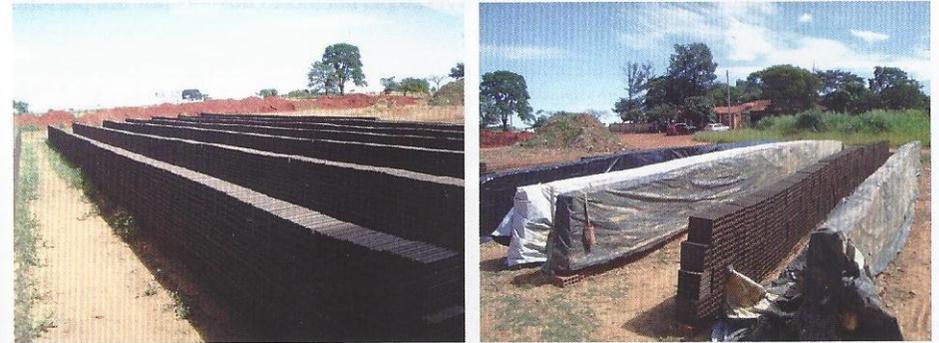
A saída da água coloidal corresponde ao intervalo da curva D – E, e da água de interposição ao intervalo D – O. Pode-se verificar que a maior contração ocorre pela saída da água coloidal e a saída de interposição pouco interfere na contração.

Retirada da água no processo de secagem e a formação de micros capilares

A retirada da água de dentro de uma peça só ocorre quando a densidade e a viscosidade da mesma abaixam e a gotícula de água existente dentro da mesma, passa a ter a mesma temperatura de ambiente externo, formando micros capilares no interior da peça. Quanto maior for a eficiência desses micros capilares maiores serão as facilidades de saída de água, conseqüentemente maior será a velocidade de secagem.

A velocidade de secagem está diretamente relacionada a este fator, sendo assim, quanto mais preparar a peça para a secagem, mais rápida será a retirada de água.

A secagem na prática



Secagem Natural – A secagem natural é realizada nas peças cerâmicas, quando expostas à temperatura ambiente, por meio da movimentação natural do ar. Neste caso, o tempo de secagem das peças é muito variável, pois depende das condições climáticas.

A secagem natural apresenta os seguintes inconvenientes:

- Tempo de secagem é muito longo.
- Excessivos manuseios das peças.
- Ocupação de grandes áreas para colocação das peças.

Dentro do processo de secagem natural alguns tipos de secagem são mais eficientes do que outros. Vale lembrar que a secagem natural não é a mais indicada pelo que foi exposto acima. Embora não seja a mais indicada, hoje ela é a mais utilizada na indústria cerâmica do Brasil, cerca de 90% das indústrias cerâmicas utilizam este processo. Sendo assim, alguns procedimentos são indispensáveis, como:

1. Evite ventilação inicial, isso pode acarretar demora no processo de secagem, pois a ventilação imediata pode fechar os poros superficiais dificultando a saída de água da dentro da peça.
2. Procure reduzir a densidade de carga para facilitar a circulação de ar.
3. Evite a formação de matos e poças de água nas leiras de secagem.
4. Coloque imediatamente alguma cobertura sobre a pilha para evitar a ventilação inicial.
5. Deixe a cobertura (preferencialmente plástico) por, no mínimo, 4 horas retirando-a logo em seguida, isso aumentará a velocidade de secagem.

6. Procure orientar os furos no sentido do vento.

7. Peças maciças ou de grande porte deverão permanecer cobertas por um período maior.



Foto 129

Este tipo de secagem é muito longo e ineficaz, pois a densidade de carga é muito alta dificultando a circulação de ar. Outro fator preponderante é a ausência de circulação de ar e luminosidade, fatores responsáveis pela eficácia do processo de secagem.

Neste caso devem-se afastar as peças umas das outras (cerca de 5 mm) isto fará com que o ar circule melhor entre as peças facilitando a secagem. Deve-se também aumentar a luminosidade do local evitando-se ambientes escuros e frios.

Outra prática comum é a colocação de peças recém marombadas próximas ou juntas com as que já sofreram o processo de secagem, isto fará com que a peça seca absorva novamente a água, prejudicando a qualidade estrutural da mesma. Lembre-se de que a argila é higroscópica, sendo assim, possui alto poder de absorção de umidade existente no ambiente em que está depositada.

A absorção de água após secagem reduz a resistência mecânica da peça deixando-a quebradiça.



Foto 130

Outro procedimento comum entre as cerâmicas é o aproveitamento do calor perdido pela abóbada dos fornos, como demonstrado anteriormente (foto 130). Este procedimento não é o mais indicado, pois, a colocação de peças recém marombadas estão muito úmidas e as trincas são inevitáveis.

A colocação de peças próximas à abóbada deverá ser feita após perda de água inicial (12 horas), ou as mesmas deverão ser colocadas no início do processo de esquite dos fornos, porque a abóbada está fria e o aquecimento será progressivo, não prejudicando as peças ali colocadas.

Devemos tomar outro cuidado em relação às peças colocadas próximas às fornalhas, pois, este local erradia muito calor provocando trincas nas peças. Chamado de procedimento dos desesperados, tal procedimento causa inúmeras trincas no produto cerâmico, além de causar deformações e perdas consideráveis. Isto não é eficaz, necessita de áreas muito grandes e excesso de manipulação.



Foto 131

A secagem ocorre inicialmente na frente do bloco ressecando as paredes frontais, o que causa trincas, pois o corpo ainda continua úmido provocando movimentações diferentes no mesmo corpo.

As fotos 132 e 133 mostram bem o ocorrido durante este procedimento. Deve-se evitar esta prática, pois os resultados são catastróficos.

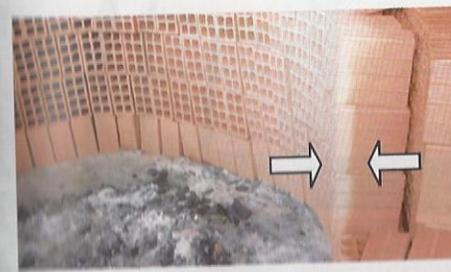
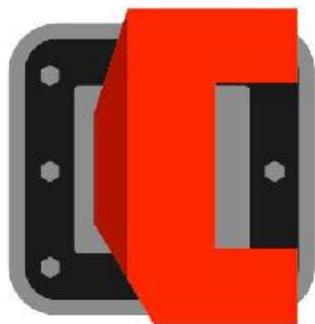


Foto 132

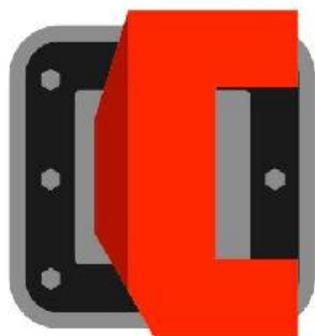


Foto 133



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Secagem ao ar livre



Foto 134



Foto 135

O procedimento de secagem ao ar livre é muito comum nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde as peças são colocadas no terreiro sem proteção nenhuma. Este procedimento só é possível porque as argilas dessas regiões possuem arranjos granulométricos bem definidos e uma porcentagem de resíduo considerável e as movimentações das partículas não sofrem alterações no processo de secagem. Mesmo assim, a posição do vento deve ser levada em conta, pois a ventilação lateral trincará a peça. Sendo assim a mesma deverá ser direcionada para o vazado e nunca pelas laterais.



Alguns procedimentos simples podem resultar em uma secagem rápida e eficaz.

Ambientes escuros e frios são inimigos da secagem, sendo assim algumas modificações nos barracões de secagem devem ser feitas. Podemos ver um exemplo dessas modificações na foto a seguir (**foto 136**), onde foram retiradas algumas telhas de cerâmica e colocada no local uma lona plástica transparente.

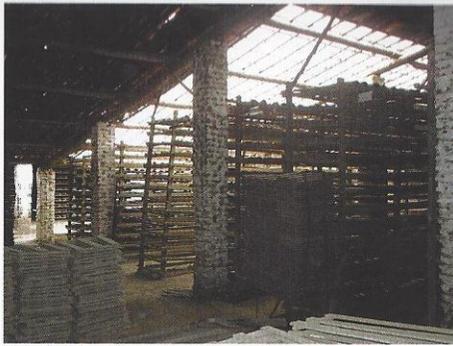


Foto 136

Esta troca facilita a passagem de luminosidade e calor aumentando consideravelmente a velocidade de secagem do produto cerâmico.

Hoje é cada vez mais comum a troca de barracões escuros e frios por lonas de plástico, além de ser muito mais barato do que os barracões de alvenaria, as estufas de plástico são muito mais eficientes no processo de secagem, porém requerem alguns procedimentos e cuidados iniciais, tais como:

- Devem-se colocar cortinas nas laterais para evitar a ventilação inicial.
- A altura da estufa não deverá ultrapassar a 3 metros. Quanto mais baixa maior será a eficiência de secagem.
- Procure deixar as peças sem ventilação, no mínimo 4 horas, após este período as cortinas deverão ser abertas e ficarem assim até o final do processo.
- Evite a alta densidade de carga (excesso de blocos na mesma pilha).
- Evite a colocação de peças úmidas próximas as que já estão secas.
- Evite a colocação de peças próximas ao teto da estufa, em dias muito quentes as peças trincarão.
- Em dias de sol muito forte procure colocar proteção (sombra na última peça), retirando-a após algumas horas (depende da espessura e do tamanho da peça).
- Lembre-se de que as peças maciças deverão ser cobertas por um período mais longo.
- Tomando estas providências você terá um secador eficiente e barato.

Alguns exemplos de estufas de plástico



Foto 137



Foto 138

De construção simples e muito eficiente. Nota-se que as laterais são acortinadas e, que deverão permanecer assim enquanto estiverem colocando blocos no local por um período de, no mínimo, 4 horas.



Foto 139

Construída em arcos metálicos e de custo elevado, é muito eficiente. Durante a secagem deve-se manter o mesmo procedimento descrito acima.

Nota-se um descuido grave no abastecimento da estufa, as cortinas estão levantadas favorecendo a circulação de ar e, que no início não é recomendável.

Outra recomendação para as estufas construídas em arcos metálicos é a colocação de carpete nos mesmos, pois o carpete impede o ressecamento da lona plástica que fica em contato direto com o tubo metálico devido ao super aquecimento dos mesmos.

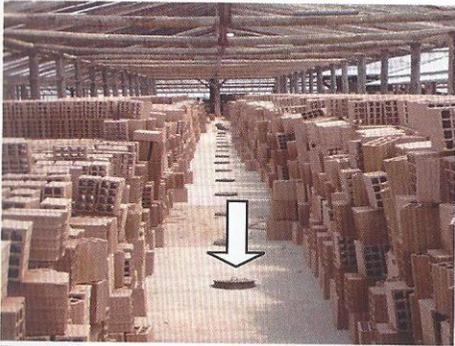


Foto 140



Foto 141

O reaproveitamento de calor dos fornos e a ventilação também são válidos no processo de secagem natural através da estufa de lona plástica. Embora este procedimento requeira energia elétrica, o que no momento atual não é indicado, são extremamente eficientes.

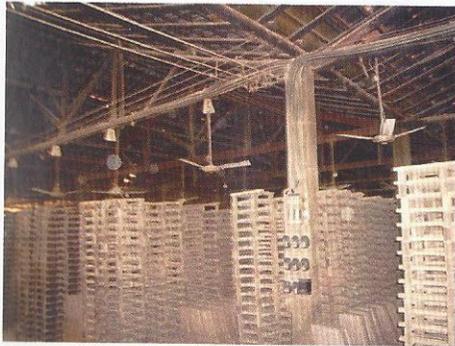


Foto 142

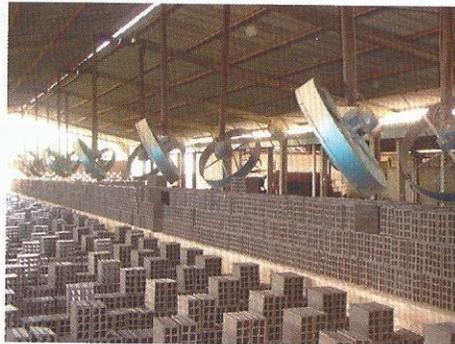


Foto 143

Diferentemente das estufas de lona plástica, as áreas de secagem em barracões de alvenaria são geralmente escuras e frias exigindo inúmeros ventiladores para acelerar o processo de secagem, o que na verdade não tem a eficiência esperada, pois a circulação de ar (vento) gerada pelos ventiladores são localizados e frios, isso não é bom para o processo de secagem.

Nos casos de ventilação fria os ventiladores devem se mover (alto viajante) para reduzir com mais rapidez a área úmida localizada sobre a carga estacionária.

A introdução de ar quente se faz necessário, pois só a ventilação fria não acelera o processo de secagem, tornando o processo mais longo e caro.

Visando a melhoria desse tipo de secagem é aconselhável o uso de telhas transparentes ou plásticas intercaladas como descrito na **foto 136**.

Secagem Artificial – neste processo podemos classificar em três tipos:

- Secagem estática (em câmaras).
- Secagem semicontínua.
- Secagem contínua.

Os três processos são muito utilizados nas indústrias cerâmicas, embora cada um tenha a sua característica própria, eles são os mais eficientes.

Descreveremos os processos e os métodos mais eficientes para tirar o maior proveito desses sistemas, pois todos eles requerem o uso de energia elétrica, o que cada vez mais fica inviável.

Algumas considerações técnicas são necessárias para traduzir as necessidades desses secadores, não basta apenas introduzir ar quente e ventilação abundante nos mesmos, devemos obedecer alguns critérios como:

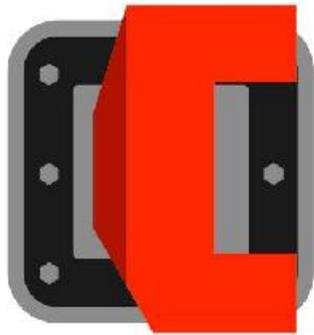
- Qual a velocidade dos ventiladores
- Qual a quantidade de ventiladores
- Quanto de ar quente o processo precisa
- O ar quente terá origem de fornalhas ou recuperação dos fornos
- Quanto eu posso extrair de umidade e qual a velocidade
- Extração de umidade por gravidade ou forçada (motorizada)
- Ventiladores fixos ou alto viajantes
- Secagem rápida ou secagem lenta (produtos de alta e baixa densidade)

São questões que precisam ser respondidas, pois, delas dependem a eficiência do secador e a integridade do produto.

O secador constitui-se de um ambiente fechado, com capacidade variável, que pode ser ajustada de acordo com a carga a secar. Funciona com temperaturas elevadas, chegando a aproximadamente 200 °C, no caso da secagem de peças cerâmicas; utiliza-se o ar aquecido por uma fonte geradora de calor ou ainda, com calor oriundo do resfriamento dos fornos. Outra fonte produtora de calor são as fornalhas.



CRECER
MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER
MOLDES PARA CERÂMICA

Nos secadores estáticos ocorrem variações de temperatura e umidade sobre o material parado. Nos secadores contínuos, tais variações são estabilizadas no espaço e influenciam sobre o material durante seu movimento.

Outra caracterização dos secadores está associada com o tipo de circuito, que os alimenta:

- Circuito aberto: o ar se renova continuamente, por tiragem natural (chaminé) ou forçada (exaustores)
- Circuito fechado: o ar é passado mais vezes sobre o material, com tiragem forçada

A escolha entre os tipos de secadores depende do grau de produtividade da indústria, pois diante de uma relevante carga de alimentação de peças, recorre-se aos secadores contínuos, ao invés dos intermitentes, considerando-se uma redução notável nos tempos inúteis e a adoção de ciclos altamente mecanizados.

Os secadores contínuos rápidos são de recente introdução no mercado, criado pelas exigências das indústrias de monoqueima. O tempo de secagem (ciclos) é extremamente reduzido, inferior há 1 hora. Nestes tipos de secadores, as peças são tratadas individualmente, criando-se assim, uma situação de grande equilíbrio entre as várias partes do corpo cerâmico, submetidas ao processo de secagem. A secagem rápida tem, comumente adotada, os mesmos conceitos dos secadores túnel e a maior rapidez do processo, é somente uma consequência do fato que se pode tratar a peça individualmente em condições ótimas.

Secadores estáticos



Foto ilustrativa

O tipo mais comum de secador intermitente é o de câmara, o ar quente movido pelo ventilador é conduzido para a câmara de secagem através de canais que desembocam na parte anterior da mesma. O ar quente entra por baixo e sai pelas aberturas correspondentes, também situadas na parte baixa da câmara, posicionadas na parte oposta daquelas de entrada.

O movimento da corrente de ar ocorre segundo critério racional, adequando às várias condições físicas, nas quais se encontra o ar durante a secagem. De fato, na entrada de cada câmara, o ar tem uma temperatura superior a do ambiente, que se eleva e atravessa as estantes colocadas na primeira metade da câmara, num sentido vertical, de baixo para cima. Pela ação secante exercida sobre a massa cerâmica ocorrem um enriquecimento de umidade e um consequente resfriamento, por isso a massa gasosa produzida tende a descer. A abertura de descarga disposta sobre o assoalho favorece o andamento natural da corrente gasosa (corrente contrária) e evita qualquer paralisação do ar na câmara. Se a abertura de descarga encontrar-se na parte alta do secador toda a carga que estiver abaixo da abertura do fluxo do fluído, ficará em uma zona morta, onde boa parte do ar satura, com consequente condensação de vapor de água.

As câmaras de secagem apresentam a vantagem de prestar-se às regulagens de temperatura e do estado higrométrico bastante preciso, podendo introduzir ar frio no circuito. Porém não evitam graves inconvenientes devido à falta de uniformidade das condições de secagem na câmara. De fato, os objetos que se encontram no interior da mesma, situadas próximas a aberturas da entrada de ar, recebem uma ação secante bem mais acentuada do que aquelas colocadas na parte oposta da câmara, próximas ao fluxo de ar úmido.

Alguns erros são cometidos neste tipo de secador, a injeção de ar frio no início é muito comum, este ato é desaconselhável, pois o ar frio fecha a superfície da peça provocando a aproximação do grão argiloso, retardando o processo de secagem. Deve-se, no entanto, adicionar ar quente no início de secagem, deixando a atmosfera rica em umidade e calor, este procedimento provoca a abertura de micros capilares no interior da peça facilitando a saída de água e consequentemente uma maior velocidade de secagem.

A introdução de ventilação neste tipo de secador deve ser após o preparo da peça através do ar quente. Não existe um tempo predeterminado, pois cada peça tem o seu tamanho e a sua dificuldade para eliminar a água interna. Deve-se usar o bom senso para analisar todo o tipo de peça e a sua dificuldade de secagem.

Outro procedimento recomendável é a manutenção das portas, deve-se evitar o fluxo de ar frio no carregamento da estufa, toda e qualquer abertura, como portas devem permanecer fechadas, mantendo-se aberta apenas a porta de entrada.



Foto 144

A ausência de portas prejudica o processo de secagem, nota-se na peça a diferença de secagem no mesmo corpo. A entrada de ventilação pela porta é prejudicial ao processo de secagem, pois o ar quente se dispersa indo para o teto da câmara, tornando a secagem mais lenta e deficiente.

Secadores contínuos



Foto ilustrativa

O secador contínuo realiza o princípio do trabalho e assegura, graças ao movimento dos objetos a secar em contra corrente com a massa de ar quente, uma secagem suficientemente completa e uniforme. Tais secadores são formados por galerias, percorrida em toda sua extensão por trilhos, deslocando-se lentamente de uma extremidade a outra. No sentido oposto, move-se a massa de ar quente, a qual absorve a umidade evaporada na secagem e transporta-a pela ação de ventiladores até próximo à extremidade de entrada das vagonetas.

O material encontra-se inicialmente ar quente e rico em umidade, o qual, à medida que as vagonetas avançam, torna-se mais quente e seco e portanto em condições de receber quantidades sempre maiores de calor. As vagonetas avançam em intervalos determinados, sempre que se introduz uma vagoneta, ao mesmo tempo ocorre a saída de outra. Além das vantagens obtidas da aplicação de um ciclo de trabalho contínuo, evita-se de manipular demais os produtos, como ocorre nos secadores intermitentes.

O comprimento do túnel deve ser naturalmente adequado ao diagrama de secagem específico para cada tipo de produto.

As melhores condições serão realizadas se em cada ponto do túnel a temperatura e o estado higrométrico corresponderem àquele representado no diagrama, porém as frequentes manobras das portas, para ingresso e retirada de vagonetas, faz com que os valores das características físicas resultem em mudanças de atmosferas profundamente perturbadores.

Além disso, o sistema de contra corrente provoca facilmente a saída do ar no ponto de ingresso dos produtos. As condensações do vapor de água são inevitáveis, porque o ar encontra-se quase saturado devido à umidade do produto que entra.

A entrada do secador deve conter uma umidade de aproximadamente 85%, este ambiente saturado acelera o processo de retirada de água do produto. Para que se faça uma secagem rápida e eficiente é preciso abaixar a viscosidade da água contida no produto, quanto mais eficiente for esta retirada maior será a velocidade de secagem.

O secador túnel possui três zonas distintas, assim distribuídas:

Zona úmida: Localizada na entrada do secador, onde a umidade deve permanecer em aproximadamente 85% e temperatura por volta de 45 °C. Nesta zona o produto é preparado para receber a secagem, são criados micro capilares no interior da peça, onde a água migrará para a superfície. Quanto mais eficiente for a formação de micro capilares mais rápida será a secagem.

Zona neutra: Localizada geralmente no meio do secador (quando bem regulado), neste período a peça cerâmica sofre uma pequena retração até a entrada da zona seca. Geralmente a temperatura permanece por volta de 50 °C.

Zona seca: Localizada do meio até o final do secador, onde a porcentagem de umidade cai drasticamente em até 2%. É muito comum encontrarmos secadores com temperatura final por volta dos 70 °C, onde falta muita temperatura para secar o produto 100%. Nesta zona a temperatura deve ficar por volta de 100 °C, onde o processo se dará por completo. Sabemos que mesmo em temperaturas por volta de 100 °C ainda permanece no interior da peça cerâmica cerca de 4% de umidade residual que só sairá no processo de queima.

O uso de Termohigrômetro neste tipo de secador é obrigatório, pois, quanto mais controladas as zonas maior será a eficiência de secagem. Deve-se, no entanto, evitar a colocação do termohigrômetro no teto do secador, porque a parte mais seca e quente do secador localiza-se justamente no teto, neste caso devemos colocar nas paredes laterais na altura da metade da vagoneta ou do secador.

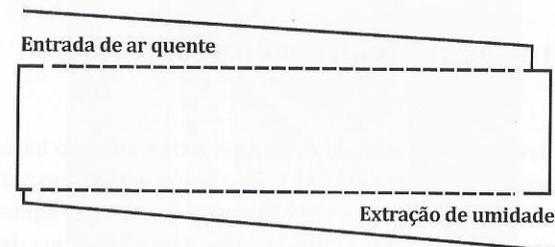
O controle de umidade relativa do ar determina a velocidade e a eficiência de secagem, e que, em alguns casos, é necessária a adição de água no piso do secador para aumentar a umidade (regiões de umidade muito baixa ou nas argilas Montmoriloníticas).

O canal de extração de umidade deve ter a mesma dimensão do secador para garantir a retirada de água do produto, é muito comum entrar nos secadores diversos tamanhos e modelos de produtos (densidade), onde cada um responde com uma velocidade diferente de retirada de água.

A entrada de ar quente mais indicada é pelo teto do secador, onde o ar quente força

a umidade a baixar próxima a extração. Lembrando sempre que a água só sai do produto quando a densidade e a viscosidade da mesma abaixarem.

Exemplo mais indicado de canais



No caso de blocos devem-se evitar os secadores com mais de duas linhas, pois as vagonetas das paredes não secam corretamente devido ao volume de massa existente na frente, neste caso o mais indicado é o de duas vias. Já no caso de telhas, as quatro vias são permitidas devido ao baixo volume de massa.

Outro fator ponderante ao processo de secagem é a velocidade dos ventiladores, quanto mais alto o volume de ar gerado por eles maior será a velocidade de secagem. O sistema de ventilação varia de acordo com o tipo de projeto, temos inúmeros tipos de ventilação, um mais eficiente do que o outro, nos exemplos a seguir veremos alguns exemplos de ventilação forçada.

Sistema Teram



Foto 145

Sistema de ventilação do tipo Teram, onde o ar quente é canalizado por cima e forçado para baixo através de ventilador localizado do lado de fora do secador (teto). Durante o trabalho o cone se move no sentido rotativo (vai e vem) espalhando o ar quente pelas vagonetas.

A vantagem desse tipo de ventilação é que os motores e correias ficam do lado de fora sem contato com o calor, aumentando a vida útil dos mesmos.

Sistema fixo (axiais fixados nas paredes)

Em desuso devido ao seu elevado custo energético, além do baixo rendimento volumétrico, centraliza a ventilação em um único ponto, provocando em muitos casos trincas indesejáveis. Requer uma quantidade elevada de ventiladores, o que aumenta consideravelmente o consumo energético e elevado custo de manutenção (queima de motores). Geralmente este tipo de ventilação requer o dobro de ventiladores que o sistema alto viajante, mesmo assim não consegue a mesma eficiência dos sistemas circulantes.

Sistema autoviajante



Foto 146

O sistema autoviajante é o mais eficiente até o momento, econômico e eficaz, embora alguns fabricantes exagerem na quantidade de ventiladores. Existem dois tipos de autoviajantes: de dois ventiladores e de um ventilador (ventalão).

O sistema de ventalão é mais econômico e mais eficiente, pois ventila a vagoneta toda com uma única hélice. De fácil manutenção, possui geralmente hélice de fibra de vidro

exigindo assim pequeno motor de 1cv.

Embora seja muito eficiente, requer volume de ar das hélices. É necessário tomar alguns cuidados ao comprar este tipo de sistema, lembrando sempre que não é a quantidade de ventiladores que faz a secagem e sim o volume de ar gerado por eles. A quantidade conta, mas olhando para o ponto de economia, menor quantidade de ventiladores com alta pressão darão o mesmo resultado de grandes quantidades.



Foto 147

Hoje são utilizados ventiladores com hélices da altura das vagonetas tornando a ventilação mais homogênea, acelerando o processo de secagem, além de serem mais econômicos.

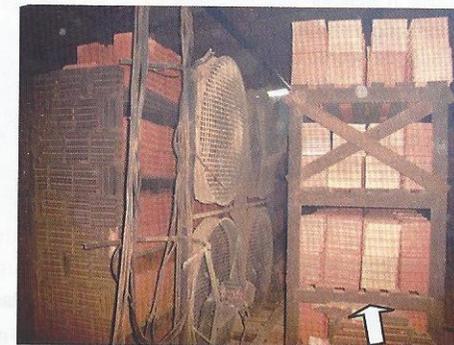
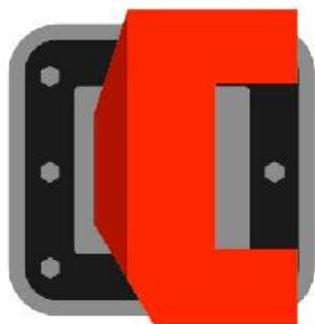


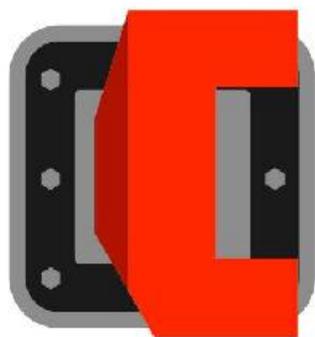
Foto 148

A foto 148 mostra um erro muito comum nas indústrias cerâmicas, a distribuição de umas peças sobre as outras, isto atrapalha a secagem, mesmo com secadores autoviajantes, pois a densidade de carga muito alta dificulta a circulação de ar entre as peças. Devemos evitar o uso de vagonetas de planos altos, o aproveitamento deles é inevitável, procure colocar vários planos, quanto mais separadas as peças umas das outras, maior será a velocidade de secagem.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Secador do tipo Balancim

O sistema Balancim é o mais eficaz entre os secadores existentes no Brasil, pois ele seca as peças individualmente. As peças são colocadas em grades do tipo bandeja e arrastadas por sistema de correntes que levam as peças a cada setor de secagem com temperatura e umidade rigorosamente controladas, mantendo ciclos de secagem entre 6 a 12 horas.



Foto 149

Embora seja um secador muito eficiente, seu custo de operação é alto para os padrões brasileiros. De sistema complexo e de manutenção cara, requer bom conhecimento técnico em secagem e em manutenção.

Dicas para uma secagem eficiente

- Mantenha as portas sempre fechadas, pois a circulação de ar altera a curva de secagem;
- Procure manter a umidade relativa do ar na entrada do secador (zona úmida) em 85% UR, e a temperatura em torno de 45 °C;
- Jamais retire as vagonetas fora de ordem de saída, mantenha um cronograma de retirada, pois a não observância no cronograma altera a curva de secagem, podendo causar trincas ou deficiência de secagem;
- Controle a retirada de ar úmido pelo exaustor ou chaminé, lembre-se de que a umidade inicial é responsável pela qualidade e produtividade da secagem;
- Maior volume de ar gerado pelos ventiladores é necessário, pois quanto maior o volume maior será a produtividade de secagem;
- Na ausência de umidade inicial coloque aspersores ou tambores com água na entrada do secador;
- Gotejamento de água na entrada do secador no verão (no inverno é normal) é indício de entrada de ar frio na zona úmida, procure evitar este tipo de circulação; e
- Procure manter a altura da vagoneta próxima à altura do secador; evitando grandes espaços entre a vagoneta e o teto. Vagonetas muito baixas em relação à altura do secador provocam um bolsão de ar quente no teto, além de dificultar a secagem ele provoca trincas.

15. Sistema de queima



Foto ilustrativa

Na indústria de cerâmica, a queima é a fase primordial, onde manifestam grande número de defeitos, provenientes das etapas anteriores da produção, como por exemplo a preparação de massas, conformação das peças, secagem, arranjos para a queima, etc. Cabe ao técnico examinar minuciosamente os defeitos, a fim de estabelecer sua origem exata, tarefa que exige grande conhecimento em todas as etapas do processo.

O objetivo da queima das peças cerâmicas é que sob a ação do calor, ocorram certas reações e transformações químicas e físicas nos componentes da massa, a fim de se obter o corpo cerâmico. O fator temperatura/tempo é muito importante para provocar as reações e a atmosfera do forno também influencia no resultado final, pois os constituintes da massa também reagem com os gases que estão em contato.

O conhecimento dos ensaios térmicos das massas possibilita o estabelecimento da curva de queima para as mesmas. Os ensaios exigidos para se traçar uma curva de queima compatível com a argila utilizada e o tipo de produto são dados pelos seguintes ensaios:

- **ATP (análise termo-ponderal)** – registra as perdas de massa em função da temperatura.
- **ATD (análise térmica diferencial)** – analisa as reações endotérmicas e exotérmicas (transformações que ocorrem a cada temperatura).
- **AD (análise dilatométrica)** – mede as variações nas dimensões (dilatação e contração) ocorridas a cada temperatura tanto no aquecimento como no resfriamento.

Curva de queima

Durante a queima de um corpo cerâmico, à medida que a temperatura aumenta, verificam-se os seguintes fenômenos:

- a) Um pouco além de 100 °C eliminação da água higroscópica;
- b) Em 200 °C eliminação da água de poros ou intersticial;
- c) Entre 350 e 650 °C combustão das substâncias orgânicas;
- d) Entre 450 e 650 °C eliminação da água de constituição;
- e) Entre 700 e 950 °C decomposição dos carbonatos;
- f) A partir dos 700 °C verifica-se a reação química da sílica e alumina, os elementos fusíveis, dando lugar à formação de silico-aluminatos complexos;
- g) Acima de 1000 °C ocorre a sinterização do material, proporcionando particular dureza e compactação. Prosseguindo-se o aquecimento chega-se a completa fusão do corpo cerâmico.
- h) Na temperatura de 575 °C ocorre a transformação do quartzo alfa em quartzo beta e vice-versa durante o resfriamento.

Combustão

Combustão é uma reação química produtora de calor e luz. Para que ocorra a combustão são necessárias três condições básicas: a presença do combustível, do oxigênio e uma fonte de calor para iniciar o processo de combustão.

Caloria: é a quantidade de calor necessária para elevar 1 grama de água pura de 14,5 °C até 15,5 °C, sob pressão atmosférica normal. Geralmente se expressa a quantidade de calor em Kilocaloria (Kcal ou KJ) que corresponde a 1000 calorias ou 4,18 KJ. Usa-se também o BTU (unidade térmica inglesa) que é igual a 0,252 Kcal.

Calor latente: é o calor fornecido ao corpo para que mude de estado, sem que ocorra aumento de temperatura.

Calor sensível: é o calor fornecido ao corpo, onde ocorre aumento de temperatura.

Calor específico: é a capacidade que um corpo tem de absorver calor. Este conhecimento é importante, pois quando se trata de elevação de temperatura de massas iguais e de materiais diferentes, é necessário fornecer quantidades diferentes de calor.

Poder calorífico: é a quantidade de calor liberado pela unidade de massa (ou de volume para combustíveis gasosos) de um combustível, quando queimado completamente. É expresso em Kcal/kg (para sólidos e líquidos) e em Kcal/m³ (para gases). O poder calorífico superior excede o inferior em uma quantidade de Kcal, equivalente para vaporizar a água formada com a combustão do hidrogênio do combustível.

O oxigênio utilizado nas reações de combustão é fornecido pelo ar, cuja composição aproximada é 23% em peso ou 21% em volume de O₂ e, 77% em peso ou 79% em volume de N₂.

Queima na prática



Foto 150

Assim começou a queima do tijolo cerâmico, o forno era o próprio produto. De queima péssima, com alto índice de perdas, de elevado consumo de combustível, péssima qualidade, e de baixíssimo aproveitamento térmico.

O processo de queima é muito artesanal, com elevado índice de requeima e de material cru no mesmo lote. A queima termina quando a lenha da parte de cima pega fogo (indício de que a queima está no final). Existem muitos lugares no Brasil que ainda se utiliza desse processo (RN, MG, GO, etc.).

Forno intermitente do tipo Caieira crivado



Foto 151

Na **foto 151**, o bloco é colocado em uma base onde ficam as fornalhas, recoberto com blocos queimados para proteger a saída do calor gerado, de péssima queima e de consumo elevado ele é ainda muito utilizado no Brasil em regiões mais carentes.



Foto 152

Este forno tem o mesmo princípio que o anterior (base e fornalhas), mas possui paredes fixas. O teto é feito com telhas de amianto, folhas metálicas, blocos ou telhas de argila. De elevado consumo energético e de baixíssima qualidade, também é utilizado em regiões mais carentes do Brasil.



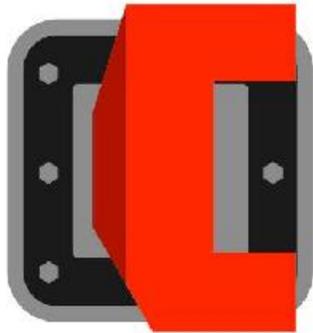
Foto 153





CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Já neste caso o forno da **foto 153** é um pouquinho mais moderno, possui crivos e telhado fixo. A carga recebe uma cobertura de tijolos maciços para evitar a saída do calor gerado pelas fornalhas. Muito utilizado para queima de tijolos maciços.

Não é um forno econômico devido a grande perda de calor pelo teto, mas possui uma vantagem que os outros fornos abobadados não tem, seu resfriamento é muito rápido.

A sua queima deve obedecer alguns critérios técnicos para reduzir o consumo de combustível e homogeneizar mais a queima do produto. Deve-se trabalhar com o arranjo de carga para facilitar a queima no centro do forno, pois é neste local a sua maior deficiência. A carga deve ser colocada encostada na parede da fornalha e abrir em sequência para o centro (tipo leque), fazendo com que o fogo procure o centro da mesma.

Forno intermitente do tipo Caieira sem crivo

Este tipo de forno é muito utilizado nas regiões norte e nordeste do Brasil. De elevado consumo energético e de altíssima perda, chegando a 15% de produto nas fornalhas, pois o produto fica em contato direto com o combustível.

O arranjo de carga deve obedecer aos mesmos critérios adotados nos fornos crivados, é muito difícil não requeimar os produtos nas fornalhas, requer muita habilidade do operador (queimador).

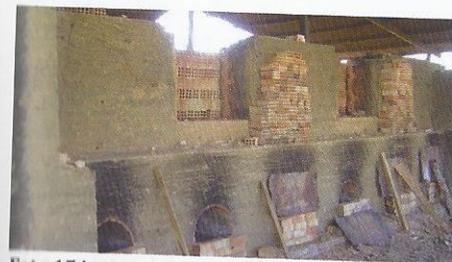


Foto 154



Foto 155



O forno mostrado na **foto 155**, não recebe a cobertura de tijolo ou telha sobre a carga, a vazão de calor é retida através da própria carga onde as últimas fiadas são bem fechadas.

Possuem janelas laterais para facilitar o carregamento dos caminhões e para dar maior velocidade ao resfriamento. De grande porte, geralmente tem a capacidade para 30.000 peças.

Este tipo de forno é mais utilizado para queimar blocos de vedação e telhas, onde a qualidade de queima não é tão ruim devido à altura de carga, que não ultrapassa os 2 metros, muito utilizado na região do Estado do Pará.

Forno intermitente do tipo Paulista crivado

Este tipo de forno foi muito utilizado por várias décadas, caindo em desuso nos dias atuais devido ao custo de limpeza dos canais e da exigência de chaminé alta, pois a chaminé fica na parte externa (longe do forno). Alguns possuem chaminé no corpo do forno, mas a sua eficiência de puxada fica comprometida.

Quando limpo e de chaminé alta é um excelente forno, sua queima é bem homogênea, mas de custo energético alto, consumindo mais combustível por milheiro do que o forno Abóbada, chegando a gastar cerca de 20% a mais de combustível.

As fornalhas devem ficar, no mínimo, 1 metro do piso, para a chama não entrar direto nos canais. Ele requer maior conhecimento por parte do operador por se tratar de um forno retangular, onde as fornalhas devem trabalhar em perfeita harmonia (mesma pressão), caso contrário as peças ficarão com cores diferentes e automaticamente com diferenças de resistência mecânica e absorção de água.

Este tipo de forno é indicado para a queima de produtos sensíveis do tipo telha, piso ou bloco especial, devido à presença maior do fogo nas peças.



Foto 156

Outro ponto negativo desse forno é a demora na retirada de água das peças, pois o sistema retangular demora a homogeneizar a temperatura em todo o forno. Grande parte da água do produto ainda fica retida no miolo da carga, onde os costureiros estourados ou trincas acontecem.

O esquite desse forno deve ser mais lento do que os outros modelos devido à demora de homogeneização de temperatura, quanto mais lento for o esquite maior será a velocidade de queima e maior será a homogeneização de temperatura em todo o salão.

Sua construção deve obedecer alguns critérios técnicos, principalmente no sistema de canais, que devem ser profundos, cerca de 60% da altura entre o crivo e a abóbada. Sua abóbada não deve ser muito alta e muito pontiaguda, deve possuir um ângulo suave.

É muito comum o fundo do forno (parede) ficar cru, deve-se, no entanto, reduzir a crivagem próxima às fornalhas para forçar o fogo tomar a direção do fundo.

Forno intermitente do tipo Paulista sem crivo

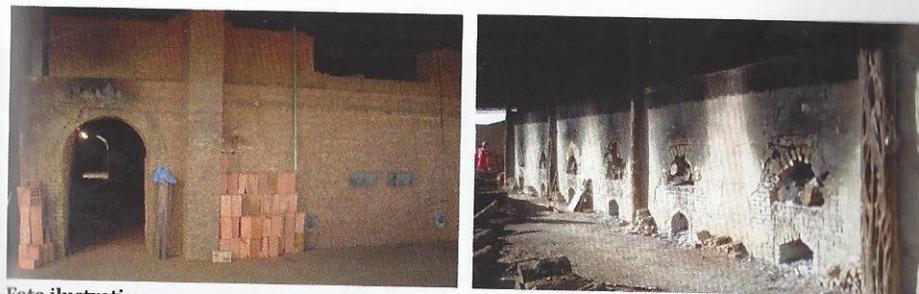


Foto ilustrativa

Este tipo de forno não crivado é o mais utilizado no momento, de construção simples, não requer canais subterrâneos, pois o seu sistema de canal fica localizado no nível do piso, na lateral da parede, veja foto ilustrativa:

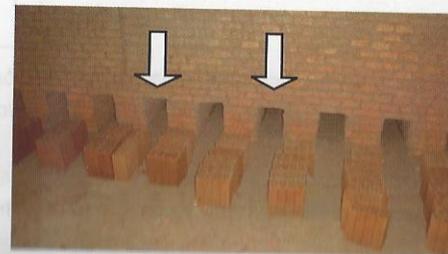
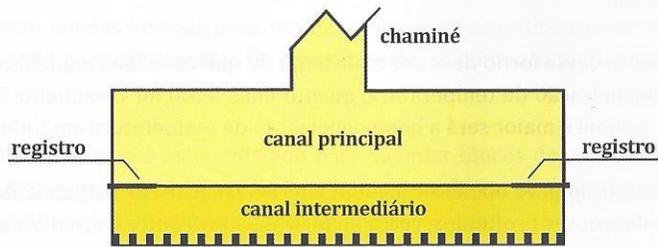


Foto 157

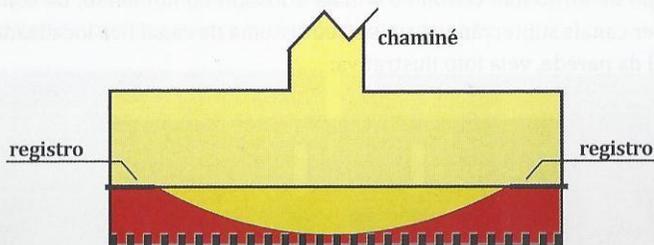
O canal intermediário passa por detrás dos crivos (como mostrado na foto anterior), onde é direcionado para os registros fixados nas cabeceiras do forno como demonstrado no desenho abaixo:



O sistema de registro nas laterais é problemático, pois cada lado puxa de uma forma diferente, devido a pressões externas. O aquecimento mais rápido de um lado causa inúmeros transtornos durante a queima, atrasando sempre o meio do forno.

É comum as cerâmicas ficarem horas esperando o meio do forno aquecer porque as pontas sempre chegam primeiro, neste caso deve-se adotar o seguinte procedimento:

1. Inicie o esquite nas fornalhas de centro, mantendo as laterais apagadas por volta de 5 a 6 horas;
2. Procure trabalhar sempre com as fornalhas de centro com maior pressão;
3. Durante o esquite mantenha o registro mais fechado para acelerar o processo de aquecimento do centro; e
4. Nos casos em que as pontas chegam primeiro, feche mais o registro e force mais as fornalhas de centro.



O desenho acima mostra a movimentação da chama para as pontas durante a queima.

O arraste da chama sempre será para as pontas, a não ser que o forno possua 4 registros, dois localizados nas pontas e dois localizados no centro. Existem inúmeros fornos com 4 registros, isso facilita a condução do mesmo.

Existem também fornos de duas chaminés, localizadas em cada ponta do forno, não é o mais indicado, pois a sua condução é muito difícil e requer do operador muita experiência. Mesmo assim a tendência da chama é correr sempre para as pontas.

Nos dois casos o uso de depressômetro se faz necessário, pois é através dele que se consegue equilibrar a pressão do forno, tornando a puxada com a mesma intensidade. O depressômetro deve ser colocado abaixo do registro (20 cm).

Outra variação existente neste tipo de forno é o tipo de fornalha, existem fornalhas no piso e na parede (fornalhas mais altas necessitando de construção da mesma onde o consumo energético é maior e a velocidade de queima são alteradas devido à queima longe da câmara do forno).

As fotos a seguir (158 e 159) mostram a diferença entre elas.

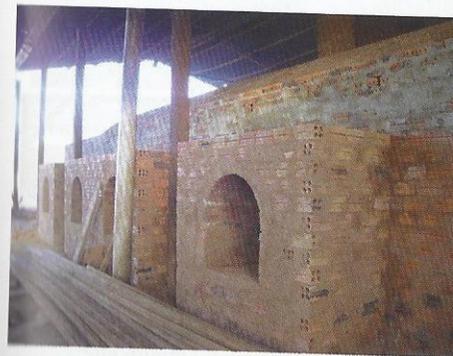


Foto 158 (Fornalha suspensa)

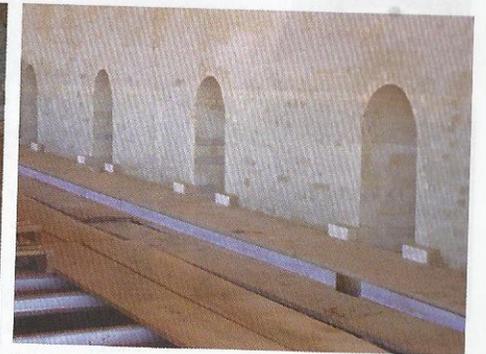


Foto 159 (fornalha no piso)

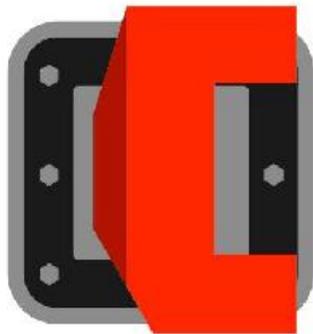
Está comprovado que as fornalhas internas reduzem o tempo de queima e consequentemente o consumo de combustível.

Outro fator de aumento de consumo é a profundidade da fornalha, quanto maior a profundidade maior será o consumo de combustível e consequentemente maior será o tempo de queima.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Forno intermitente do tipo Garrafão

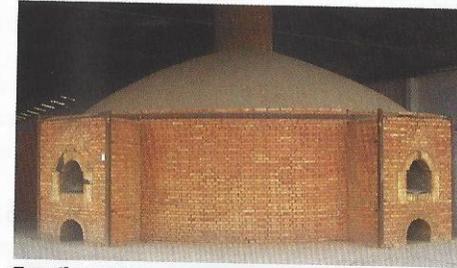


Foto ilustrativa

Existem dois modelos de forno Garrafão, um modelo possui a chaminé interna no centro do forno. Este tipo de forno reduz o volume de carga no forno devido à presença da chaminé no centro do mesmo. O controle de vazão é realizado através de uma tampa que fica localizada na ponta da chaminé, acionada por cabo de aço. Este tipo de registro não é adequado devido à posição da tampa, que fica sobre a boca da chaminé, pois quando venta muito o fogo da fornalha tende a retornar, neste caso a tampa deve ser colocada lateralmente, onde há maior incidência de vento. Não é um forno muito econômico devido ao tipo de regulagem de chaminé, que não permite uma regulagem bem elaborada.

Outro tipo de forno garrafão é o de chaminé acima da abóbada com registros laterais localizados na parede. Existem fornos com até seis registros, de difícil regulagem devido à variação de pressão existente no processo de queima, neste caso deve-se utilizar o equipamento de medição de pressão (deprimômetro). Este tipo de forno não é o mais econômico da classe de fornos intermitentes, embora a homogeneização de queima seja muito boa.

Os dois modelos são muito utilizados na queima de telhas e manilhas por permitirem uma maior homogeneização de queima.

Sua queima deve obedecer alguns critérios, como:

- O esquite deve ser lento para aquecer os canais, pois eles demoram para aquecer;
- A velocidade de queima deve ser controlada desde o início, pois é muito comum a parte de cima (abóbada) disparar dificultando a homogeneização entre a soleira e a abóbada;
- O forno com a chaminé interna deve receber um esquite mais rápido, pois a mesma aquece rápido demais prejudicando todo o salão; e
- O forno com vários registros deve trabalhar com deprimômetro para manter a homogeneização de puxada equilibrada.

Forno intermitente do tipo Abóbada

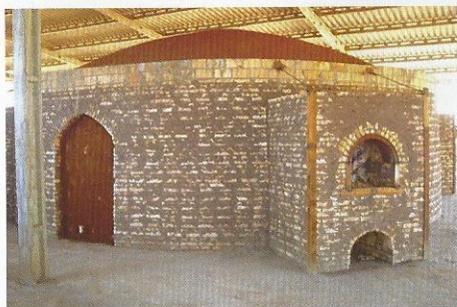


Foto ilustrativa

O forno do tipo Abóbada é atualmente o mais utilizado nas indústrias cerâmicas do Brasil, muito econômico e de fácil operação, embora o seu uso e a sua construção não obedecem a nenhum critério técnico. Erros grosseiros na construção de canais como diâmetros dos canais e a altura da chaminé são repensáveis por inúmeros problemas no processo de queima, como baixa pressão, demora na queima, alto consumo de combustível, requeima da parte de cima da carga, baixa temperatura no pé do forno, falta de homogeneidade de queima entre camadas, etc.

Outros fatores que alteram a velocidade de queima e o consumo de combustível ficam por contra da fornalha. Erros no comprimento, diâmetro interno e a falta de rampa provocam inúmeros problemas no processo de combustão. Exemplos a seguir mostram as causas desses erros.

- Profundidade acentuada: a combustão acontece dentro da fornalha fazendo com que o registro da chaminé fique muito aberto para puxar o fogo para dentro, sendo assim, o aumento no consumo de combustível é inevitável;

- Largura e altura: quanto maior for a altura e a largura da fornalha menor será a pressão de combustão, significando aumento no consumo de combustível e baixa velocidade de aquecimento do forno, resultado numa queima de baixa intensidade, o que traz para o material falta de homogeneidade de cor e resistência. Outro ponto crítico a ser analisado é o excesso de ar frio que é puxado para dentro do forno provocando aumento de temperatura no teto e baixa temperatura no piso, resultando em uma depressão, o que não é nada fácil resolver.

Antes de darmos continuidade aos modelos de fornos vamos falar um pouco da depressão causada nos fornos intermitentes.

Depressão

A depressão é causada pela diferença brusca entre a temperatura de cima e a de baixo do forno, proveniente de vários fatores como:

- **Canais frios** – é muito comum deixar o forno vazio por várias horas, sendo assim a chaminé continua puxando o calor restante dos canais, provocando o seu resfriamento, quanto mais frio o canal ficar, maior será a depressão.

- **Fuga de calor para o secador** – outro fator que contribui para a depressão é a puxada falsa do exaustor do secador através de vazamentos na válvula (registro) do canal de resfriamento do forno. São necessários alguns cuidados para não permitir este vazamento, como a colocação de uma segunda válvula, a vedação da válvula através de jornal e desvios dos canais de tiragem de calor para o secador, dificultando assim a sucção do calor através do piso do forno.

- **Aquecimento brusco** – ao acender a fornalha, é muito comum a temperatura de cima disparar, devido ao procedimento errado no início. Neste caso deve-se acender a fornalha mantendo-a com aquecimento lento sem altos e baixos da chama.

- **Registro da chaminé** – a abertura do registro da chaminé deve obedecer alguns critérios técnicos para evitar a depressão, como examinar a puxada da chaminé, pois o excesso de puxada e a falta da mesma causa a depressão do forno. É comum deixar o registro da chaminé aberto durante o es quente, este processo não está totalmente errado, porém devemos observar que, em alguns fornos a puxada é muito forte no início do es quente, o que é extremamente prejudicial para o aquecimento dos canais. O registro da chaminé deve ser controlado de acordo com cada puxada, pois todos os fornos são diferentes, a umidade e o tipo de combustível também alteram a velocidade de es quente.

- **Material com excesso de umidade** – o excesso de umidade do material dentro do forno é outro fator de depressão. É muito comum colocar material com excesso de umidade na carga, este excesso de água provoca um tipo de cortina para o ar quente, assim não tem forças para eliminar a água e provoca a depressão. Devemos evitar o excesso de material úmido no forno, caso não seja possível (na maioria dos casos) é necessário colocar o material úmido na parte superior da carga evitando-se a mistura entre eles.

- **Resolvendo o problema da depressão** – fechamos o registro do forno até zerar a puxada, logo após a saída do fogo pelas fornaldas abrimos rapidamente até abertura total. Repita estes passos por, no mínimo, quatro vezes, deixando-o regulado na mesma posição que ele estava. Espere alguns minutos até a resposta da temperatura de baixo, é muito comum nestes casos a temperatura de cima sofrer uma queda, isto demonstra que o procedimento foi bem feito e que a parte de baixo começou a aquecer. Devo lembrar que esta queda de temperatura não significa perda de calor e sim uma transferência de calor da parte de cima para a

parte de baixo.

Obs.: Este procedimento somente pode ser realizado se o registro estiver em bom funcionamento e logo após a retirada da água do produto.

Tipos de canais

Existem inúmeros tipos de canais nos fornos Abóbadas, cada região tem predisposição para um tipo (deu certo não se mexe), o que é errado porque a tecnologia muda a cada momento. Vamos falar dos casos mais comuns:

- **Tipo Costela** – este tipo de canal é o mais comum e o mais utilizado no Brasil, seu sistema de puxada centraliza-se no canal principal onde os canais intermediários (chamados de bancas) são fixados. Não é o mais indicado devido ao excesso de canais intermediários, qualquer sujeira no crivo provoca falha na puxada. Outro ponto a ser discutido é a altura do canal intermediário que, em alguns casos, não ultrapassam a 40 cm de altura, isso é extremamente prejudicial para a homogeneização de queima. Caso o forno escolhido seja este, deve-se aumentar a altura do canal intermediário para, no mínimo, um metro. Lembrando sempre que a altura do canal principal não deve ser inferior a 50% da altura entre o piso e a abóbada.

- **Tipo Legue** – este sistema é muito utilizado para quem trabalha com telha. Este sistema é adotado de um poço central, onde são interligados os canais intermediários. Neste caso a sua eficiência fica comprometida quando o poço é raso e os canais intermediários não são inclinados para o centro (direção do poço). Este tipo de sistema requer uma puxada mais forte da chaminé, ou seja, chaminé mais alta. Outro ponto a ser observado é que o poço deve receber uma tampa, a falta da mesma conduzirá o calor para o centro do forno, prejudicando a puxada nas laterais e elevando o número de materiais crus (enfumaçado). Ele requer chaminé com elevado diâmetro e altura.

- **Tipo Semi Leque** – o sistema é muito parecido com um semiarco com canal frontal, onde a puxada é realizada. O canal lateral é acoplado no canal frontal (tipo T). Não é um forno econômico e eficiente, provocando inúmeras depressões durante a queima e requer do queimador experiência e dedicação.

- **Tipos Mesa e Gaveta** – estes tipos de fornos não possuem crivação no centro, sendo que a puxada é localizada na abertura lateral do forno, rente à parede. Não é um forno econômico em vista dos outros, justamente pelo sistema de canais. É um forno demorado para aquecer os canais, provocando depressão. Outro fator de risco é a falta de homogeneização da queima, que demora mais para igualar a temperatura entre a parte de baixo e a parte de cima, pois requer canais mais quentes para ser eficiente, devendo evitar o resfriamento exagerado. Outro ponto a ser analisado é que este tipo de forno requer chaminé mais alta do que normal-

mente é utilizada por outros fornos, principalmente quando se usam as gavetas.

- **Tipo Salão** – é o mais eficiente e econômico da classe, construído com vários arcos e de altura elevada, possui uma excelente puxada, não requerendo chaminé alta. De fácil limpeza (não depende da retirada dos crivos para limpeza), pois o seu acesso é externo. Excelente para queima de qualquer tipo de produto, principalmente telhas e blocos estruturais, devido à sua grande homogeneização de temperatura.

É muito raro acontecer a depressão, a não ser que o queimador acelere demais o esquentamento inicial. De fácil controle, não requer grandes conhecimentos de combustão.

Tipos de fornalhas

O tipo e o tamanho da fornalha determina a eficiência do forno, bem como a seu consumo. Inúmeros erros são encontrados nos fornos pelo Brasil afora, estes erros determinam a qualidade do produto e a velocidade de queima. Em alguns casos estudados, o consumo de combustível ultrapassou a casa dos 3 metros cúbicos por queima, justamente pelo erro de construção da fornalha. Verdadeiras muralhas são construídas na parte interna da fornalha prejudicando a condução da chama e requerendo uma puxada maior para compensar este erro.

Devo lembrar que a chama e o calor não fazem curvas, por isso, quanto mais rampada a fornalha, maior será a eficiência da mesma. Outros pontos que se devem observar são: comprimento, largura e altura, fatores que determinam a eficiência e a economia de uma queima. Estes pontos dependem do diâmetro do forno e da sua altura, devendo-se calcular com exatidão as exigências de cada forno. Em fornalhas de comprimento (profundidade) muito elevado, a combustão acontece dentro da mesma, exigindo maior puxada da chaminé, elevando assim o consumo de combustível. A combustão deve acontecer o mais próximo possível da parede do forno, ou seja, o mais próximo possível da carga. Vejam alguns dos erros mais comuns na construção das fornalhas:



Foto 158



Foto 159

A **foto 158** mostra o super dimensionamento da fornalha, onde a combustão é de baixa pressão causando um aumento considerável no consumo de combustível. E na **foto 159**, mostra a parede que é formada dentro da fornalha provocando a redução da pressão da chama, aumentando com isso o consumo de combustível e um considerável aumento no tempo de queima.

Comprimento e altura da fornalha

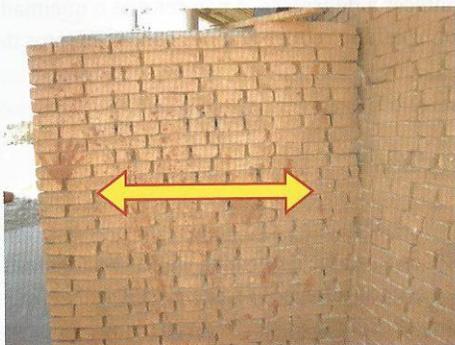


Foto 160

O comprimento da fornalha não deve ser muito longo, em média, as lenhas utilizadas nos fornos não ultrapassam 120 cm, sendo assim, a lenha é queimada perto da boca da fornalha causando um aumento de combustível e uma demora considerável no tempo de queima. Se considerarmos a espessura da parede do forno que, em média, chega a um (1) metro e se somarmos o comprimento da fornalha, chegaremos a uma profundidade de aproximadamente dois metros e sessenta centímetros (260 cm), portanto a chama percorrerá cerca de um metro e sessenta centímetros (160 cm) contando da sua base (final da lenha). Estes valores são altíssimos no processo de combustão, pois a combustão deverá acontecer o mais próximo possível da carga do forno ou da parede do mesmo. Nos casos de queima feita por máquinas de serragem, a profundidade é fundamental, pois quanto mais próxima a máquina ficar da parede do forno mais rápida é a queima e maior será a economia de combustível.



Foto 161

Outro erro muito comum é a altura da parte externa da fornalha em relação à abóbada. No caso anterior uma parede interna é inevitável, o que causará danos para o processo de combustão. A altura deverá ser compatível com a saída da chama, pois quanto mais próxima do teto do forno maior será o aproveitamento da caloria gerada. Outro ponto importante é que a chama deverá sair inclinada procurando o centro da abóbada, quanto maior for a precisão do direcionamento da chama maior será a economia de combustível. Na foto abaixo é mostrado como ocorre a movimentação da chama durante o processo de queima.

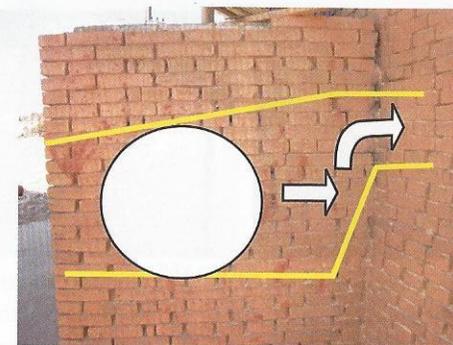


Foto 162

A combustão ocorre no início da fornalha e através da puxada da chaminé a chama é deslocada para dentro do forno, mas antes de entrar, ela choca-se com a parede em sua frente, reduzindo drasticamente a sua força, necessitando assim, uma compensação na abertura da chaminé que deverá ficar mais aberta, causando maior consumo de combustível.

A foto abaixo mostra como a fornalha deve ser construída para facilitar a entrada da chama de combustão. Quanto mais você facilitar a entrada da chama maior será a economia de combustível, e menor será o tempo de queima.

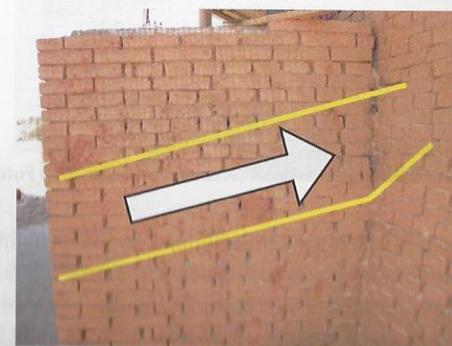


Foto 163

Outro erro maior na construção dos fornos são as abóbadas (teto). Verdadeiras arapucas e sem nenhum critério técnico de curvatura do arco em relação ao diâmetro do forno. Algumas abóbadas são mais parecidas com um cupinzeiro.

A abóbada é responsável pela distribuição e homogeneização de calor entre as peças, quanto mais suave a curvatura maior será a distribuição de calor e mais rápida será a queima do forno. Deve-se evitar a conexidade da abóbada, pois ela retém a caloria gerada em seu interior, provocando requeimas e depressão.

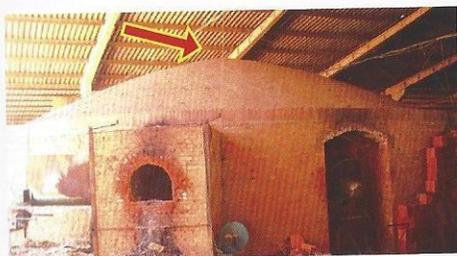


Foto 164

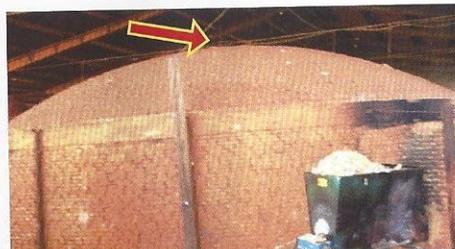


Foto 165

As fotos mostram dois tipos de inclinações da abóbada, a **foto 164** mostra a inclinação do tipo cônica o que é extremamente prejudicial para o processo de homogeneização de temperatura no processo de queima. A **foto 165** mostra uma inclinação adequada ao processo, ela é mais suave permitindo uma maior interação entre temperatura e material a ser queimado.

Canal da chaminé



Foto 166

Este é um exemplo que não pode ser seguido, o canal da chaminé está aparente (externo) o que é extremamente prejudicial para o aquecimento e a puxada da mesma. Todos nós sabemos que a eficiência da puxada da chaminé está diretamente relacionada ao aquecimento da mesma, por isso o canal jamais deverá ficar na superfície

Outro erro cometido por várias cerâmicas é a não observância da abertura do registro da chaminé, onde a entrada de ar frio é constante. Toda a entrada de registro deverá ficar fechada não permitindo a entrada de ar frio, pois o mesmo provoca redução na puxada da chaminé.



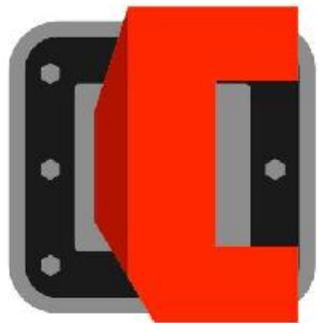
Foto 167

A foto acima (167) mostra o descaso e o despreparo dos pedreiros e operadores do forno. O registro possui uma entrada muito acima da espessura da chapa, o que provoca entrada de ar frio no pé da chaminé ocasionando o seu resfriamento. Neste caso a puxada do forno fica comprometida com o pé da chaminé frio, dificultando a puxada do calor gerado pelas fornalhas. É de extrema importância a vedação do local com jornal ou borracha para evitar entrada de ar frio.

Dicas para o esquite

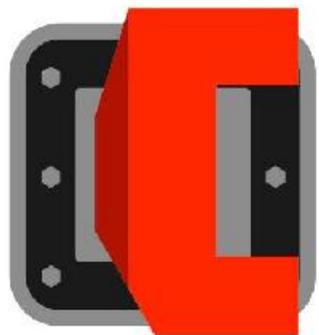


O operador deve observar, após 2 horas de esquite, o direcionamento das fagulhas. Elas vão determinar a abertura correta do registro da chaminé. As fagulhas têm que procurar o topo da carga, esta é a posição correta da puxada. Lembre-se que cada chaminé possui uma pressão diferente da outra.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Forno do tipo Hoffmann

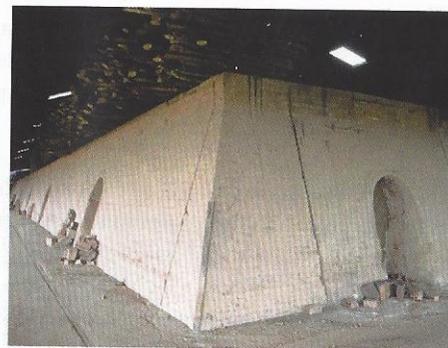


Foto 168

Os fornos existentes no Brasil tem um índice de produtividade altíssimo e de baixíssimo consumo de combustível, além de ser secador, é a estrela dos fornos.

Possui dois sistemas de queima, semicontínuo e o contínuo. Sua queima é realizada por cima (teto) em boquetas localizadas e distribuídas conforme o seu tamanho que pode chegar a 160 metros de comprimento.

Seu consumo de combustível (lenha de eucalipto) por milheiro queimado chega a 40 cm^3 , embora alguns casos gaste mais do que o necessário, devido ao tipo de combustível empregado. Este tipo de forno exige combustível (lenha) próximo à altura da carga, pois a sua eficiência está diretamente ligada a este fator.

Abaixo dicas de queima com o tipo de combustível empregado.



Foto 169

• **Lenha curta** – não é a mais indicada, pois o forno tem que trabalhar sobre pressão (bufando), sendo assim, seu consumo por milheiro é elevado. A qualidade e a produtividade também ficam comprometidas devido à altura da lenha.

É muito comum a requeima e o esfumaçamento no pé da carga, pois o combustível tranca a passagem de ar e fogo. Outro problema causado por este tipo de combustível é a falta de queima no teto do forno, neste caso a condução do fogo fica comprometida, elevando assim o risco de trincas e estouros dos produtos.

Mais um causador de risco é a secagem da linha de frente devido ao retardo do fogo, que fica muito concentrado em uma única linha não permitindo a secagem gradual da frente do forno.

Vale lembrar que sapear ou deixar a queima cor de rosa não é queimar o produto, por isso, muitas empresas acham que o combustível utilizado é o mais indicado, não percebendo o erro e a deficiência energética gerada na combustão.

• **Lenha comprida** – é a maneira mais fácil e econômica de se queimar este tipo de forno, pois a lenha concentra-se em todo o perfil da carga mantendo uma pressão homogênea em todo o corredor de fogo. O tamanho da lenha deve ser no mínimo 70% da altura da carga (não há necessidade de ser do mesmo tamanho da carga), assim o forno fica mais econômico e muito mais produtivo. Neste caso a condução fica muito mais fácil e a secagem da linha de frente muito mais rápida. O problema de requeima ou esfumaçamento são raros, a não ser que o operador cometa erros durante o processo de alimentação das bocas (excesso de lenha).

• **Serragem** – este tipo de forno aceita muito bem a serragem como combustível, embora alguns procedimentos iniciais devem ser tomados como, por exemplo, secar previamente, manter a granulometria do pó baixa evitando pedaços de madeira, reduzir a puxada da chaminé, modificar o sistema de carga (mais fechada), evitar excesso de alimentação e trabalhar mais com as válvulas.

A alimentação da serragem é feita de várias formas no Brasil. Em alguns casos ela é colocada através de pás, o que não é indicado, pois o volume jogado para a câmara de combustão é muito alto, prejudicando a oxigenação do combustível e deixando resíduos (cinzas) que podem requeimar ou esfumaçar o pé da carga. Existem máquinas de alimentação de serragem para este tipo de forno (ver foto).



Foto 170 Queima com serragem

• **Gás natural** – a queima através do gás é a mais eficiente de todas. Limpa com excelência na homogeneização de calor na câmara, confere ao material uma qualidade inigualável. Embora possua todas essas qualidades alguns procedimentos devem ser tomados.



Foto 171 Queimadores a gás

1. O arranjo de carga deve ser remodelado, principalmente o pé que deve ficar mais fechado;
2. As válvulas devem ser reguladas a todo o momento, pois cada vez que se anda com o fogo, a frente fica mais leve, sendo assim, a fuga de calor é maior aumentando o consumo de gás;
3. Devem-se evitar trincas nas paredes e válvulas com fugas de ar quente;
4. As tampas das boquetas deverão ser vedadas, pois toda entrada de ar frio acontece neste local causando baixa temperatura no teto;
5. Os maçaricos devem ser regulados periodicamente, mantendo-se a mistura de ar e gás balanceado;
6. A queima com gás exige pressões equilibradas por ser muito leve, neste caso o uso do Deprimometro é obrigatório;
7. Os maçaricos devem ser compatíveis com a altura do forno, lembre-se de que maçaricos curtos queimam mais próximo ao teto, é inevitável aumentar a pressão do mesmo o que resulta num maior consumo de gás. Para que isso não aconteça é aconselhável manter o comprimento do maçarico próximo a um (1) metro abaixo do nível do teto;
8. As portas são outras fontes de fuga e de entrada de ar frio, neste caso procure colocar portas duplas;
9. Rever a puxada do forno através do Deprimômetro, pois é através dela que determinamos o consumo de combustível;

10. Evite a mistura de cargas (vários tipos de produtos na mesma câmara), isso provoca turbulência na câmara causando maior consumo;
11. Procure colocar cargas mais fechadas (mais densa) no início o no meio do forno;
12. Evite cargas mais fechadas (mais densa) no final ou próxima à curva;
13. É aconselhável, em fornos semicontínuo, o uso de lenha no início da marcha, isso reduz o consumo de gás, pois a frente geralmente está muito fria e úmida;
14. Trabalhar mais com os registros próximos da umidade isso agiliza a saída de água e acelera o aquecimento da frente tornando o forno mais econômico e produtivo; e
15. O uso do vergalhão para medir a umidade na frente é indispensável em qualquer tipo de combustível, principalmente quando se queima com gás.

Processo de queima – Alguns procedimentos durante a queima deverão ser adotados para tornar a queima mais produtiva e mais econômica.

Montagem da carga – define a velocidade de queima, qualidade do produto queimado, consumo de combustível, por isso devem-se observar alguns detalhes importantes: tipo de combustível, tamanho da lenha, tipo de produto (mais denso e menos denso), umidade da carga, altura e largura do forno, distância entre boquetas e distância entre válvulas. São pré-requisitos que definem quais os procedimentos mais adequados para se queimar com eficiência.

Vamos analisar alguns casos

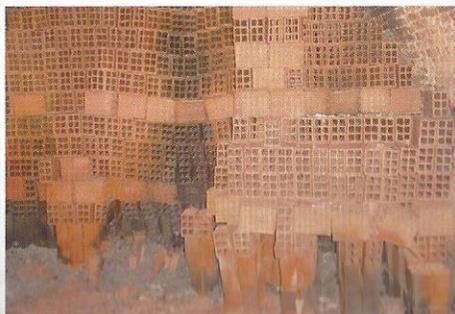


Foto 172

O exemplo da **foto 172** demonstra que a queima foi realizada com lenha curta, pois o pé da carga apresenta-se requeimado. Outro erro visível é a não observância dos forneiros no alinhamento do pé da carga, o que é extremamente prejudicial para a passagem de fogo. Erros como estes aumentam o consumo de combustível e reduzem sensivelmente a produtividade do forno.

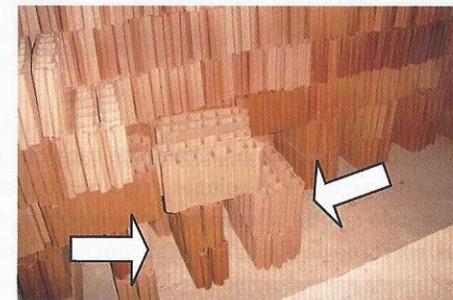


Foto 173

A falta de continuidade na quantidade de laje no pé cria uma zona de turbulência provocando requeimas e trincas. Na foto observa-se que alguns pés contêm duas lajes e outros três.

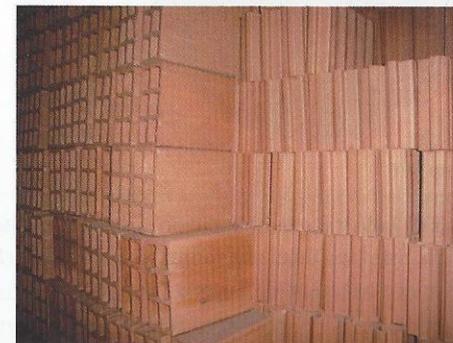


Foto 174

Outro erro grave no arranjo de carga, blocos que permitem mais vazão e circulação da combustão são colocados antes da massa compacta (laje), isto retém ou estrangula a passagem do fogo prejudicando não só a qualidade do produto, mas também causando uma redução na produtividade do forno.

As cargas mistas deverão ser colocadas com critérios técnicos, primeiramente coloca-se a carga de vazão mais difícil e logo após a mais fácil.

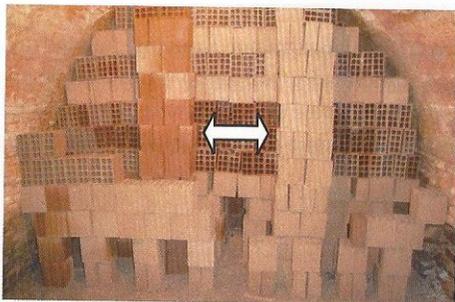


Foto 175

O exemplo acima mostra dois erros no arranjo de carga: os pés não estão alinhados prejudicando a pressão de queima e as colunas estão muito distantes prejudicando a queima, principalmente, quando se utiliza lenha de pequeno porte. As colunas devem ficar próximas umas das outras, em torno de 40 cm², isso faz com que a lenha queime em pé, melhorando assim a temperatura da parte de cima e reduzindo o consumo da mesma.

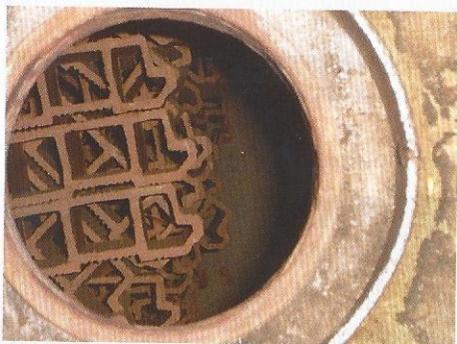


Foto 176

Não poderia deixar de lado um exemplo tão grotesco como este, a arrumação de carga é totalmente desprezada. Este tipo de erro é muito comum nas cerâmicas e prejudicam a alimentação do combustível e o processo de queima como um todo.



Foto 177



Foto 178

As fotos 177 e 178 mostram bem um forno com alta pressão de trabalho (bufando), isso significa prejuízo para a empresa não só com o combustível, mas também com o produto. O sistema adotado por esta empresa é para justificar a lenha curta, embora a lenha realmente seja curta, não justifica tal procedimento. Sabemos que o combustível está cada vez mais escasso e que temos que trabalhar com o que temos disponível, porém podemos adotar outros procedimentos na queima como, por exemplo, modificar o sistema de carga fazendo com que o calor suba através de selos. Podemos colocar colunas mais estreitas que permitam a lenha engaiolar, ficando umas sobre as outras. Nestes casos o controle das válvulas são fundamentais para a movimentação e pressão da combustão.

No caso da lenha curta devem-se evitar materiais muito úmidos, sozinhos já formam uma barreira para o fogo, aumentando assim a pressão interna causando saída de fogo pela boqueta.



Foto 179

Um procedimento correto para acelerar a secagem no forno Hoffmann é a colocação de lenha nas portas, isso faz com que a frente de trabalho fique mais leve, aumentando assim a produtividade do mesmo, principalmente nos dias em que o material tem dificuldade para secar. No entanto, deve-se tomar muito cuidado para não acelerar demais a secagem, pois as trincas são inevitáveis. O vergalhão deve ser utilizado para determinar o volume de água que está evaporando, caso o mesmo saia muito molhado, deve-se reduzir a passagem de ar quente e as lenhas em chamas devem ser retiradas das portas.

Procedimentos corretos de condução de queima:

- Mantenham alinhados os pés, evite colocar materiais na frente do canal formado por eles;
- Procure fazer selos (contenções) de acordo com o comprimento da lenha para facilitar a subida da chama;

- Coloque todo material com excesso de umidade na parte superior da carga, evite colocá-los no meio;
- Não coloque materiais de difícil passagem de fogo na frente da carga e sim atrás;
- Vede todas as tampas das boquetas, evitando a entrada de ar frio;
- Procure sempre trabalhar com as válvulas mais próximas, isso aumenta a produtividade e deixa o forno mais econômico;
- Coloque porta dupla;
- Procure trabalhar com as linhas de frente acesas, quanto mais linhas acesas mais produtivos e econômicos o forno ficará;
- Procure trabalhar com o vergalhão o tempo todo, ele é o melhor equipamento para medir a umidade da frente;
- Verifique vazamentos nas válvulas, elas podem reduzir a eficiência do forno; e
- Esquente.

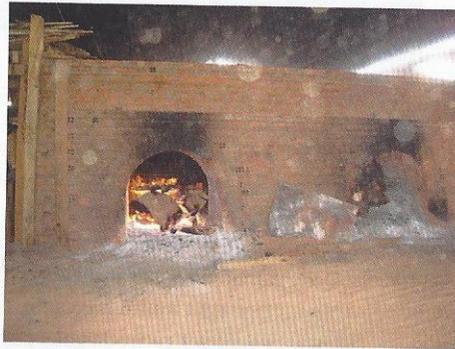


Foto 180

Tanto no forno contínuo como no forno semicontínuo, o esquente deverá obedecer alguns critérios técnicos para o seu início, meio e fim.

A foto 177 mostra bem o erro de esquente, a fornalha é superdimensionada causando inúmeros problemas no início da queima. Não existe a necessidade da fornalha ser enorme, pois o que queima um forno não é a quantidade de combustível e sim a qualida-

de do calor gerado na combustão. Fornalhas muito grandes favorecem a entrada de ar frio e como consequência reduz drasticamente o poder calorífico do combustível tornando a queima mais cara.

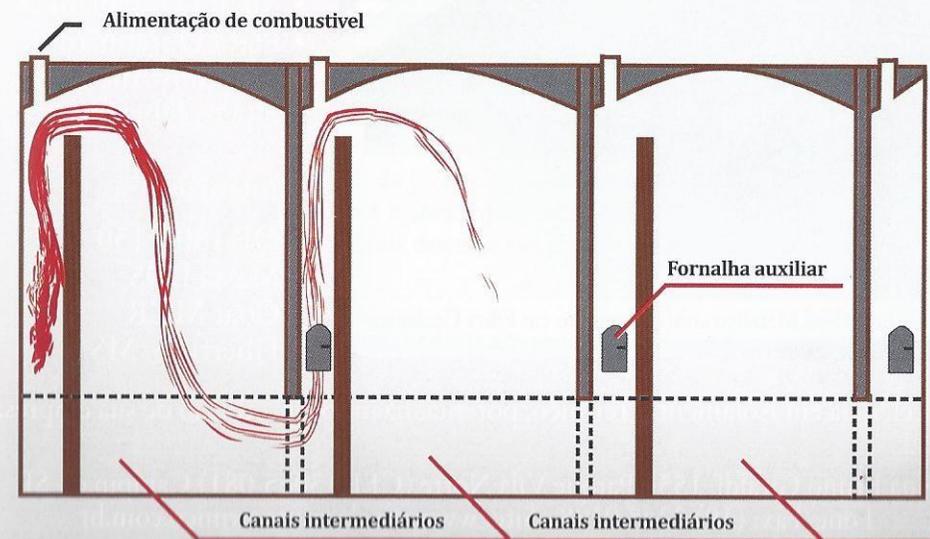
O esquente deve ser feito em fornalhas compactas para dar pressão e o direcionamento da chama, deve-se evitar também a ausência de tampas nas mesmas.

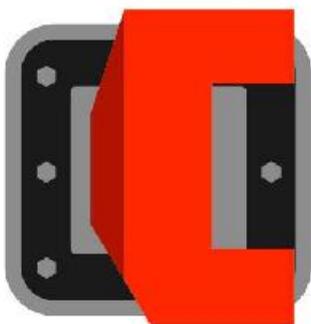
Após o início do esquente coloca-se lenha na boqueta da frente, depois do acendimento da mesma, embaixo, deve ser reduzido dando maior ênfase a queima propriamente dita, porque a lenha só pega fogo na fornalha quando a mesma chegar a aproximadamente 450 °C. Este tipo de processo acelera o forno e o deixa mais econômico.

Não há a necessidade de deixar o material ficar vermelho para iniciar a queima por cima, isto é perda de tempo e de dinheiro. Lembre-se de que quanto mais boquetas acesas, maior será a economia de combustível e produtivo o forno.

Durante o esquente evite altos e baixos na combustão, isto atrasa o forno, mantenha sempre constante a chama, isto não significa que ela deve ser lenta demais.

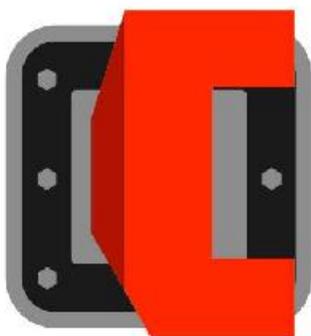
Forno do tipo Câmara





CRECER

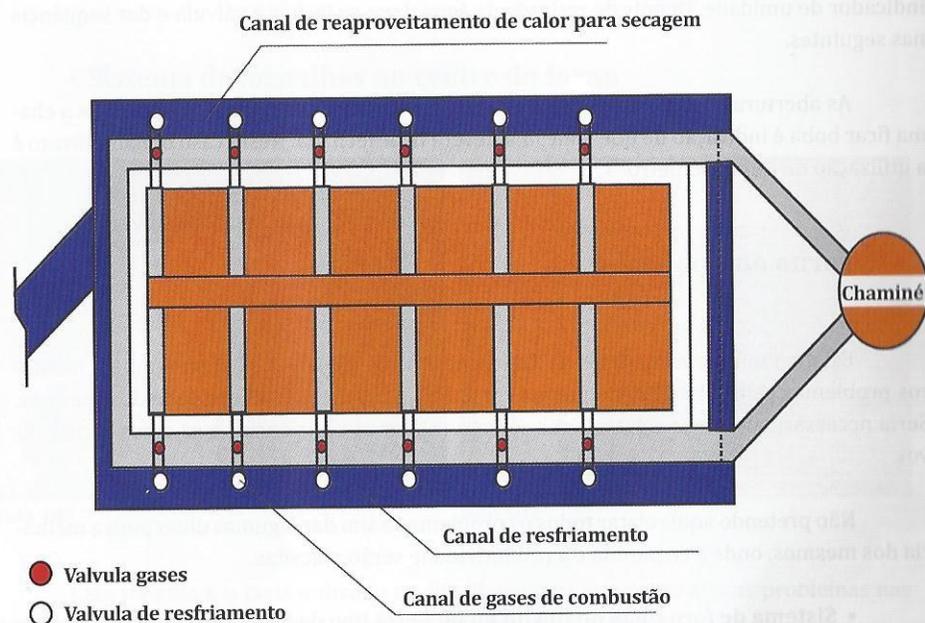
MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Planta baixa sem escala só para exemplificação



Trata-se de um forno muito econômico e eficiente, sua combustão acontece em fornalhas laterais à carga não permitindo o contato do combustível com as peças. De fácil condução ele apresenta algumas vantagens em relação ao forno Hoffmann, apesar de serem iguais e terem o mesmo processo de queima (por cima), a homogeneização de calor é muito mais eficiente em relação ao Hoffmann.

Seu sistema de passagem de ar quente para outra câmara acontece através do crivo entrando pelo cinzeiro da câmara seguinte, a sucção de calor é realizada através da chaminé e de canais abaixo ou nas laterais do forno. Sua queima é extremamente econômica chegando a 35 cm³ de combustível por milheiro queimado (depende da argila). Indicado para queima de telhas e blocos estruturais devido a sua excelência em homogeneizar a temperatura na câmara.

O procedimento correto para conduzir a queima é a utilização de duas ou três câmaras ao mesmo tempo, quanto mais câmaras acesas, mais econômica é a queima e maior será a produtividade do mesmo.

A retirada de umidade requer conhecimento por parte do operador, pois a utilização de registro se faz necessária a todo tempo, por exemplo, a queima está acontecendo na

câmara 01, a umidade deve estar próxima à câmara 06, sendo assim deve-se abrir a válvula mais próxima da câmara 06 para retirar a água mais rápido. As outras válvulas também devem estar abertas, mas com um controle rígido de vazão. A barra de ferro é o melhor indicador de umidade. Depois de retirada da água deve-se fechar a válvula e dar sequência nas seguintes.

As aberturas das tampas após a queima devem obedecer alguns critérios: se a chama ficar boba é indicação de que a mesma deverá ficar fechada. Neste caso o mais correto é a utilização de Deprimômetro.

Forno do tipo Túnel

Existem inúmeros modelos de Túneis no Brasil e com eles existem também inúmeros problemas técnicos tanto na queima como na qualidade e produtividade dos mesmos. Seria necessário escrever alguns livros só para relatar as deficiências e os erros construtivos.

Não pretendo aqui relatar todos os problemas e sim dar algumas dicas para a melhoria dos mesmos, onde a economia e a produtividade serão atacadas.

• **Sistema de fornalhas no fim do forno** – este tipo de forno é indicado para aquelas cerâmicas que possuem dificuldade em secar o seu produto, devido ao seu longo túnel de pré aquecimento, onde o material passa lentamente até chegar à zona de queima.

Não é um forno econômico em relação aos outros, pois as fornalhas ficam muito próximas à saída e que, na maioria das vezes, não possuem porta, permitindo a entrada de ar frio. Geralmente eles entram em turbulência na zona de queima devido à entrada de ar frio provocando requeima na lateral da carga.

As zonas de resfriamento rápido e lento são muito curtas provocando em algumas argilas, sensíveis ao choque térmico, trincas indesejáveis.



Foto 181

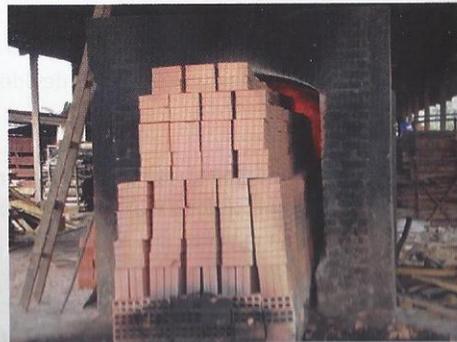


Foto 182

As fotos mostram bem a turbulência gerada na saída do forno provocada pela entrada de ar frio pela ausência de porta ou uma antecâmara que retém esta circulação.

• Sistema de fornalhas no centro do forno

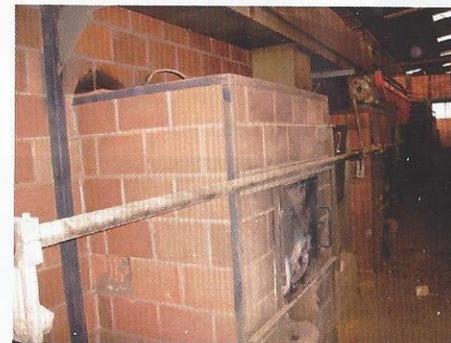


Foto 183

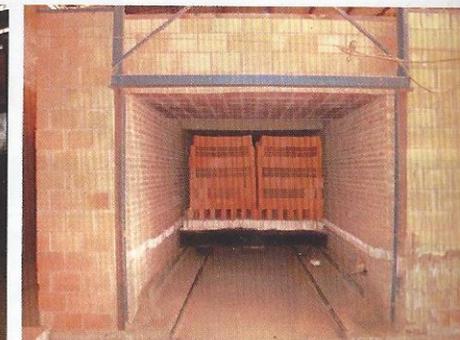


Foto 184

Este sistema é o mais utilizado no Brasil, embora apresente alguns problemas nas zonas que não são bem definidas, ele é considerado um bom forno.

O forno túnel de fornalha central possui cinco (5) zonas predefinidas: zona de pré-aquecimento, zona de oxidação, zona de queima, zona de resfriamento rápido e zona de resfriamento lento. Podendo ser queimados pela parte de cima, que em muitos casos trazem problemas ao pé da carga devido ao tipo de combustível utilizado. Este modelo requer combustíveis de fácil combustão em queda, exemplos mais utilizados: gás natural ou GLP, serragem (tem que estar muito seca), óleo BPF, e outros combustíveis líquidos.

Veja a distribuição das zonas:

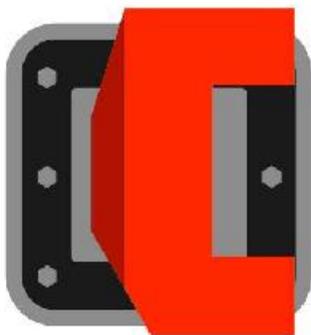
Zona de pré esquite	Zona de oxidação	Zona de queima	Zona de resfriamento rápido	Zona de resfriamento lento
180 °C	680 °C	950 °C	600 °C	280 °C

As temperaturas indicadas acima pertencem a uma média entre os fornos existentes, não significa que as temperaturas descritas são obrigatórias, deve-se, no entanto, realizar alguns ensaios térmicos para se determinar as temperaturas adequadas para cada tipo de argila.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

Função de cada zona

- **Zona de pré es quente** – ela tem a função de retirar o excedente de água preparando o material para a fase seguinte;
- **Zona de oxidação** – nesta zona é retirada a maioria dos gases formados pela combustão de matérias orgânicas e outros contaminantes. É nesta fase que se forma o coração negro tão indesejável na área de revestimentos;
- **Zona de queima** – é nesta zona que o material recebe a temperatura necessária para fundir os óxidos permitindo ao material dureza e resistência mecânica;
- **Zona de resfriamento rápido** – nesta zona o material recebe ventilação fria para que endureça e passe a resfriar, aqui acontece o choque térmico, pois é próxima à esta temperatura que acontecem as inversões do quartzo Beta para Alfa.
- **Zona de resfriamento lento** - nesta zona o material não sofre mais nenhum dano até chegar na saída do forno.

Regulagens das zonas

As regulagens das zonas deverão ser realizadas com o apoio de um deprimômetro e um termopar, para registrar tanto a pressão do local bem como a temperatura.

O uso do deprimômetro é obrigatório, pois é ele que determina exatamente a pressão adequada para cada zona. Geralmente estes fornos (construídos no Brasil) têm a sua depressão no canal principal, por volta de 25 mmca (milímetros de coluna de água) o que é uma depressão adequada aos padrões técnicos.

Todo registro deve ser regulado com o deprimômetro e não com trenas ou réguas, como normalmente são usados.

Devido às variações de pressão externa, pois o lado que recebe maior ventilação trabalhará com maior depressão, ou seja, este lado consumirá maior quantidade de combustível, sendo assim, os registros devem receber regulagens diferentes.

Forno Vagão

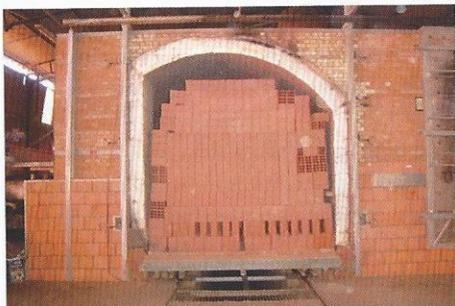


Foto 185



Foto 186



Foto 187

Este tipo de forno é muito utilizado por aqueles que desejam alta produtividade em fornos intermitentes. Sua carga é colocada em vagões com trilhos pelo lado de fora do forno, enquanto o outro vagão está queimando, após a queima e resfriamento este vagão é retirado para dar entrada ao outro.

Alguns cuidados devem ser tomados na colocação do vagão no forno, pois o mesmo encontra-se muito quente podendo chegar até 400 °C, neste caso a carga deverá estar totalmente seca, caso contrário as trincas e os estouros das peças serão inevitáveis. Estes tipos de fornos deverão ter no máximo 1% de umidade residual, para serem produtivos. Sem um bom secador o forno passa a ter a sua produtividade prejudicada.

As regulagens dos registros são iguais ao do forno Paulista (um de cada lado) que deverão receber alguns cuidados no processo de queima porque a variação de pressão em cada lado é muito grande. Neste caso deve-se utilizar o deprimômetro.

Outra observação necessária é o vazamento de portas que é muito comum neste tipo de forno, deve-se, no entanto, vedá-las com cordoalhas de amianto. Outro lugar crítico neste forno é o porão localizado abaixo do vagão, onde a entrada de ar frio é constante, prejudicando a queima do pé da carga, deve-se, vedar qualquer entrada de ar frio.

Projetos especiais

Dentro das inúmeras dificuldades no setor cerâmico alguns projetos foram desenvolvidos, visando não só a economia de combustíveis, como também a eficiência energética desprendidas dos fornos durante o processo de queima.

Foi tratada também a eminência da falta de combustíveis para o processo de queima dos fornos.

Outro projeto realizado foi a montagem de um forno Caieira com abóbada, visando a redução de 50% no consumo de lenha durante a queima.

Alguns resíduos foram utilizados para queima dos fornos, como serragem, bagaço de cana, casca de amendoim, palha de arroz, madeira de construção, palites e pó de lixa. Foram testados inúmeros resíduos (descritos na tabela de combustíveis alternativos) em busca de combustíveis baratos e renováveis. Os resultados foram surpreendentes chegando a superar a lenha de eucalipto, tanto na economia como na qualidade de queima.

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS EM UTILIZAÇÃO NAS CERÂMICAS DO BRASIL

- Bagaço de cana
- Casca de amendoim
- Casca de mamona
- Palha de arroz
- Palha de algodão
- Palha de soja
- Bambu
- Capim elefante
- Serragem
- Carvão mineral
- Carvão vegetal
- Resíduo da construção civil
- Corte de árvores (prefeituras)
- Açai, dendê, caju e cacau
- Cavaco
- Casca da castanha de caju

TABELA DE PODER CALORÍFICO DOS RESÍDUOS UTILIZADOS

FONTES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS	DENSIDADE Kg/m ³	PODER CALORÍFICO Kcal/kg
BAGAÇO DE CANA (% DE UMIDADE)	-----	2.130/3.200
CARVÃO MINERAL (NACIONAL)	-----	6.460
CARVÃO VEGETAL	-----	6.420/7.500
COQUE DE PETRÓLEO	1.041	8.390
XISTO	2.100	1.458
GÁS DE PETRÓLEO	550	11.100

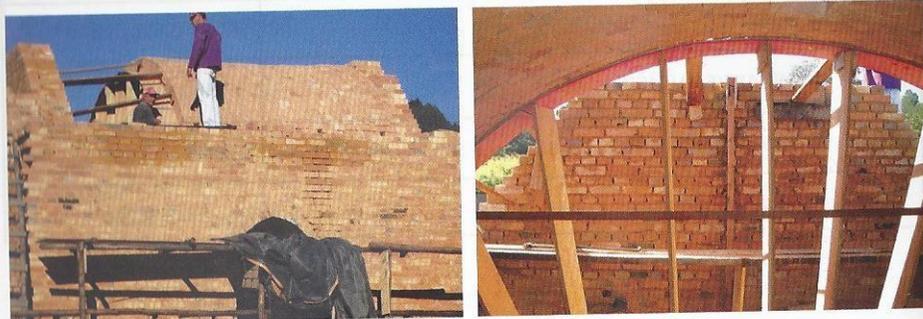
FONTES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS	DENSIDADE Kg/m ³	PODER CALORÍFICO Kcal/kg
GÁS NATURAL	-----	8.800 (Kcal/m ³)
LENHA CATADA (RESIDENCIAL)	300	3.100
LENHA COMERCIAL (EUCALÍPTO)	300	2.800/3.000
RESÍDUOS AGRÍCOLAS	-----	3.800
RESÍDUO DE MADEIRA	-----	3.000
CAROÇO DE AÇAÍ	-----	4.200

FONTES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS	DENSIDADE Kg/m ³	PODER CALORÍFICO Kcal/kg
COCO VERDE (% DE UMIDADE)	-----	3.400/4.450
BAMBU (% DE UMIDADE PICADA)	-----	3.800/4.200
CAPIM ELEFANTE (% DE UMIDADE)	-----	2.570/3.800
FIBRAS DE PALMEIRA	-----	2.800
FIBRAS DE PALMITO	-----	3.800
PALHA DE TRIGO	-----	3.200

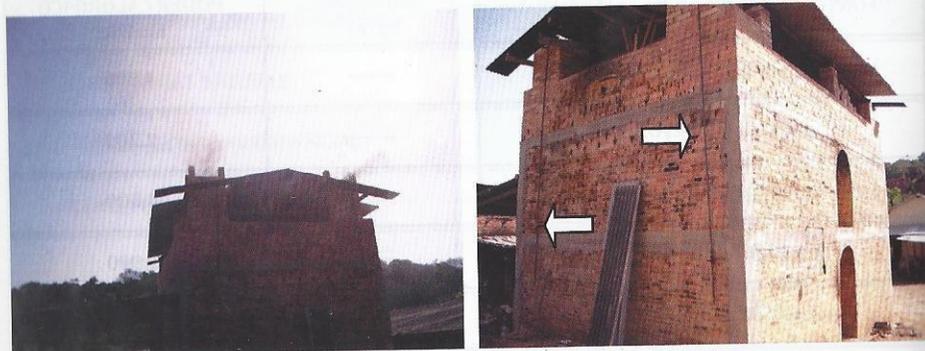
FONTES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS	DENSIDADE Kg/m ³	PODER CALORÍFICO Kcal/kg
CASCA DE DENDÊ	-----	4.800
CASCA DE ÁRVORE	-----	2.200
CASCA DE BABAÇU	-----	4.000
CASCA DE CACAU	-----	3.900
RESÍDUOS DE JUTA	-----	3.800
SISAL	-----	3.400

16. Projetos especiais

Construção de um forno Caieira com abóbada



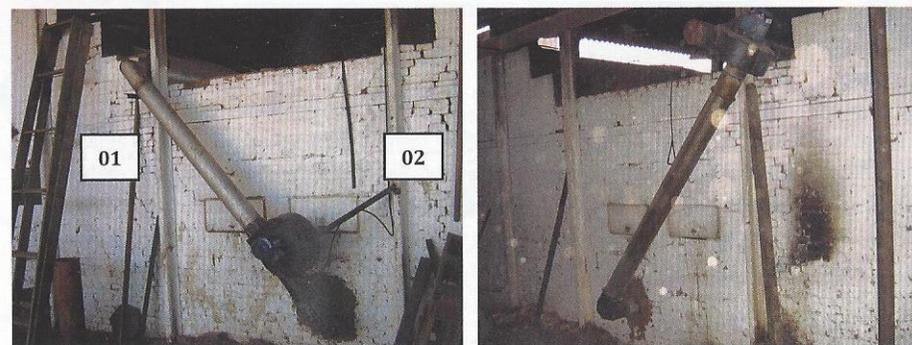
Confecção da abóboda



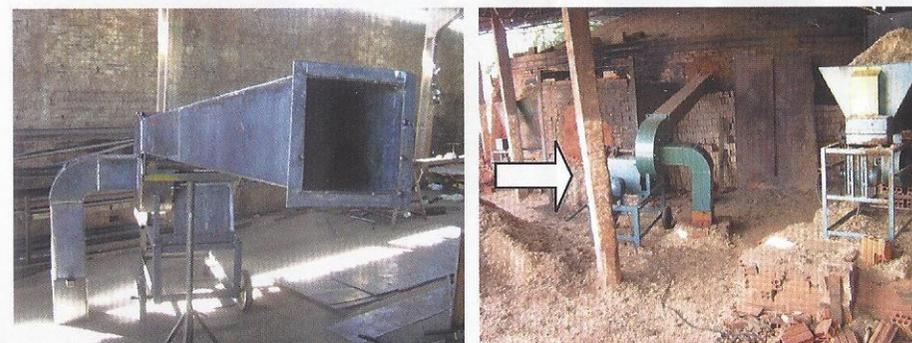
Forno concluído

As setas indicam a regulagem de vazão das chaminés (total de 4 chaminés), que são totalmente independentes para manter a homogeneidade de calor e pressão em todo o forno.

REAPROVEITAMENTO DO CALOR GERADO NA QUEIMA



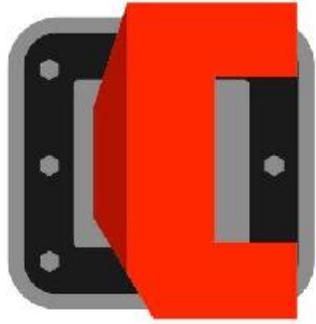
No forno Paulistinha acima é demonstrado como o calor extraído do forno 02 (em processo de queima) é reaproveitado pelo forno 01. O calor reaproveitado é direcionado na abóboda do forno através de um exaustor.



O reaproveitamento de calor no forno Abóboda é feito através de um canal auxiliar ligado ao canal central da chaminé.

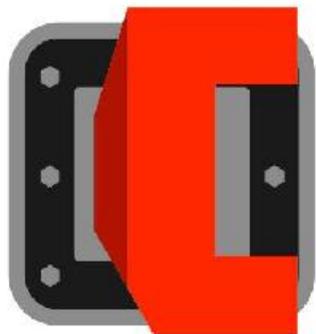
A seta indica que o forno que recebe o calor de outro deverão estar fechadas o tempo para manter a pressão interna.

Outro fator importante é o controle na abertura da chaminé que recebe calor, pois o ar está sendo insuflado, sendo assim, a pressão interna é muito alta e deverá ser contida ao máximo para maior aproveitamento e permanência de calor dentro do forno.



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA



CRECER

MOLDES PARA CERÂMICA

17. Eflorescência no produto de cerâmica vermelha

Conceito de eflorescência

Chamamos de eflorescência os depósitos salinos que se formam nas argilas e nas telhas cruas. Estas eflorescências formam-se pela intervenção da água como agente mobilizador dos sais, podem consolidar-se e se tornar permanentes em temperatura elevada. As eflorescências são defeitos das telhas que se originam durante sua fabricação e que permanecem na superfície praticamente inalterada, durante toda a sua vida. As eflorescências são, portanto, anomalias permanentes da constituição superficial da telha. Podemos diferenciar dois tipos de eflorescência: eflorescência de secagem e eflorescência de queima.

Eflorescência de secagem natural

A eflorescência se forma por secagem ao ar livre, nas argilas sem moldar, são chamados "véus de secagem". Um exemplo é a película salina que se forma sobre as partes protuberantes de um torrão de argila que seca espontaneamente no campo. Neste caso a secagem se produz pela ação do ar limpo, natural, sobre as argilas sem forma específica.

Eflorescência de secador

Contrário ao caso anterior, as eflorescências de secagem são produzidas pela ação do ar industrial - possivelmente contaminado - sobre as argilas que foram tratadas mecanicamente (produtos conformados).

Eflorescência durante a queima

As eflorescências de secador, formadas na superfície de produtos durante a secagem se consolidam pela ação de diversas reações e se transformam no que denominamos eflorescências de queima. Portanto as eflorescências de queima são eflorescências geradas no secador e

consolidadas durante a queima, tornadas permanentes do processo e nas condições térmicas específicas de um forno determinado. Uma mesma eflorescência de secador pode dar origem a diferentes eflorescências de queima, quando para sua transformação e consolidação se usam atmosferas e ciclos térmicos.

Sais que intervêm na formação das eflorescências de secador

Os sulfatos de cálcio e de magnésio são impurezas das argilas que, com mais frequência, formam sais de secador. São indesejáveis pela facilidade com que se transformam em eflorescência permanentes de forno.

Ao evaporar a água, que possuem as telhas em estado plástico, transporta até a superfície uma parte dos sais solúveis que a argila contém. Embora existam em maior ou menor grau, todos os sais solúveis que existem na argila são mobilizados na direção da superfície. Os sais alcalinos-terrosos são mais indesejáveis porque tem pontos de fusão mais elevados, que constituem eflorescência permanente de forno, visíveis.

Por serem solúveis, os sais alcalinos são mobilizáveis pela água. Durante a queima fundem com facilidade e não acusam problemas de eflorescência de forno, embora a camada vítrea formada possa modificar ligeiramente o brilho, a cor ou textura superficial.

A influência da velocidade de secagem

A velocidade de secagem afeta a quantidade de eflorescência formada e também sua distribuição sobre a superfície das telhas. Quando as telhas se submetem a uma secagem rápida, numa temperatura mais elevada, a eflorescência aparece distribuída de modo mais homogêneo e até, em alguns casos, pode resultar menos visíveis. Ao contrário, quando a secagem é mais lenta, os sais tendem a se concentrar nas proximidades dos vértices e das arestas, onde a velocidade de evaporação é maior e a eflorescência resulta ser visível.

A influência do empilhamento das peças durante a secagem

A distribuição da eflorescência durante a secagem, na superfície das telhas, depende das condições locais em que se produz a secagem. São cinco as condições: geometria das peças, geometria de empilhamento das peças no secador, geometria e intensidade do fluxo de ar e de calor e condições higrométricas (umidade da atmosfera). Todos estes parâmetros condicionam um determinado mapa de velocidades locais de secagem e, por sua vez, a distribuição dos sais

na superfície das telhas.

A fabricação de telhas com argilas, que apresentam grande tendência à formação de eflorescência no processo de secagem, ocasiona uma produção com grande variação de aspectos superficial. Em igualdade de condições, as peças cerâmicas úmidas produzem eflorescência de secagem mais intensa quanto maior é a relação de volume real de sólidos para a superfície total exposta à secagem. Assim as peças que são muito espessas tendem a produzir eflorescência mais intensa que as ocas.

Influência da atmosfera redutora sobre a formação da eflorescência

A aplicação de uma atmosfera redutora de temperatura alta pode-se reduzir a quantidade de eflorescência de forno, visível nas telhas.

Não se conhece com detalhes as complexas reações que produzem este efeito. Parece razoável a intervenção do íon ferroso em reações com os silicatos ou sílico-aluminato e, com óxidos alcalino-terrosos, para dar compostos coloridos. Estes compostos têm cores mais parecidas às cores do tijolo. Por isso se percebe menos a camada dos novos compostos que se formam.

As telhas vermelhas em ciclo inicial de queima oxidante, em redutora a alta temperatura e esfriamento oxidante, formam menos véu branco e sua cor vermelha melhora notavelmente.

Entretanto, na prática, não se deve fazer um uso indiscriminado deste procedimento para diminuir a eflorescência de forno, porque as condições redutora de queima podem aumentar a tendência das telhas a eflorescer, o qual pode ser mais grave.

Cor das eflorescências de forno

As eflorescências de forno são muito mais visíveis do que as de secador. O mais frequente é que as de forno sejam mais esbranquiçadas, embora em alguns casos sejam amareladas ou rosáceas. As eflorescências esbranquiçadas, muito delgadas, que se formam sobre os tijolos vermelho, podem parecer rosáceas por transparência.

As eflorescências de forno são foscas, de aspecto seco, estão formadas por compostos que mantêm sua cristalinidade a temperaturas superiores às de queima de tijolos.

Nos outros casos, quando abundam os óxidos alcalinos, formam-se na superfície dos tijolos substâncias fundidas, muito pouco visíveis que, às vezes, fazem mudar ligeiramente seu brilho ou tonalidade.

Quando na queima das telhas vermelhas existe algum período de redução à alta temperatura, se produzem compostos ferrosos coloridos, os quais se oxidam posteriormente, dando lugar às eflorescências de queimam, cuja cor é pouco diferente do vermelho das próprias telhas ou tijolos.

Nas telhas de cor creme também se formam eflorescências de queima. Porém, por serem esbranquiçadas na sua maioria, costumam ser menos percebidas.

As eflorescências de queima são defeitos essencialmente estéticos, que não afetam nem a qualidade das suas finalidades nem a sua durabilidade.

Do ponto de vista estético, é importante a cor da eflorescência de forno, em contraste com a cor da própria telha e, também a homogeneidade da eflorescência.

As eflorescências homogêneas – pálidas e de aspecto seco – causam uma impressão desagradável. As eflorescências heterogêneas causam uma sensação de mancha de sujeira.

Conclusão

As argilas vermelhas, em geral, são suscetíveis ao aparecimento de sais solúveis (eflorescência), principalmente nas formações geológicas recentes. Ocorrendo também no mundo todo.

O aparecimento de eflorescência em um produto de cerâmica vermelha, não está condicionado a nenhum processo de fabricação, sendo uma consequência natural da própria matéria prima.

As manchas escuras (pretas) são oriundas do processo de lubrificação dos moldes através da oleína, com a ocorrência de oxidação na superfície da peça. Neste caso deve-se trocar o tipo de oleína utilizada no processo. Após requeimar a peça (nova queima) a mancha desaparece por se tratar de mancha orgânica, sem que isto prejudique a integridade da peça cerâmica.

O aparecimento de manchas verdes (fungos) também é uma coisa natural das argilas vermelhas, pois a porosidade existente nas peças absorve a umidade do ar formando um local apropriado para a formação de fungos, principalmente em locais de alta umidade (serras, praias, campo), ou em época em que a precipitação de chuvas é uma constante.

Estudos científicos demonstram que o teor de sais solúveis de 0,025% é a quantidade máxima limite para o aparecimento da eflorescência.

O paulista Amando Alves de Oliveira é professor e consultor de empresas pelo SENAI, nasceu em Assis, em 12/03/1955.

É formado em Tecnologia Cerâmica pela escola SENAI Armando de Arruda Pereira (SP) em 1984 e em Técnico de Ensino da Escola SENAI Mário Amato (SP) desde 1986.

Possui especializações em Extrusão na Alemanha, Sistema de Secagem de Produtos na Itália, Sistema de Queima e Secagem Rápida em Portugal e Extrusão de Revestimentos e Telhas na Espanha.

Em 2010 ganhou o Prêmio João de Barro, na categoria personalidade, por se destacar na indústria de Cerâmica Vermelha.

“A etapa de descanso da massa, por um ou dois dias, coberta por lona preta, é mais importante, por exemplo, do que o uso de boquilhas de excelente qualidade. A regulagem dos equipamentos na fábrica é apenas a ‘sintonia fina’ da produção, devendo eles ser ajustados depois que se garantiu a adequada preparação da massa e os ensaios laboratoriais necessários.” (Amando Alves de Oliveira)

Tecnologia em Cerâmica

Amando Alves de Oliveira

A competitividade do mercado exige o acesso imediato a informações relevantes que auxiliem a tomada de decisões empresariais, onde o sucesso e o futuro das empresas de cerâmica vermelha dependem da aceitação dos seus produtos pelos consumidores.

Para atingir estes consumidores com potenciais de mercado exigente foi desenvolvido este livro, com o objetivo de ajudar o empresário a concentrar seus investimentos e esforços para resolver os problemas do dia a dia das cerâmicas, para então, garantir maior probabilidade de aceitação dos clientes.

Neste livro o profissional encontrará as respostas para resolver os problemas que surgem na produção das peças. Veremos todos os detalhes da produção, desde o início, como a escolha da matéria prima, o tipo de preparo da massa, a influência dela na qualidade do produto, na produtividade, nos custos, desgaste e regulação de equipamentos, a escolha dos tipos de fornos, o sistema de transporte de produtos e o sistema de secagem e queima das peças.