

ABM — CIÊNCIA E TÉCNICA METALÚRGICAS

NOVOS DESENVOLVIMENTOS NOS PROCESSOS DE MOLDAGEM EM FUNDIÇÃO⁽¹⁾

MIGUEL SIEGEL⁽²⁾

RESUMO

São analisados os processos de moldagem em areia verde, em casca, com silicato, com cura a frio em face dos recentes aperfeiçoamentos introduzidos na tecnologia de fundição. São destacados a moldagem a alta pressão e os métodos modernos de controle de areia.

1. INTRODUÇÃO

Devido aos numerosos processos de moldagem que podem ser utilizados em fundição, o fundidor frequentemente confronta-se com o problema de escolha entre processos competitivos. Exigências de qualidade das peças fundidas, aumentam dia a dia: maior precisão de medidas, a fim de economizar no peso da peça bruta e na usinagem subsequente, melhor acabamento, melhores propriedades mecânicas. Peças de maleável e nodular são fundidas e posteriormente cunhadas, atingindo tolerâncias dimensionais equivalentes às de peças usinadas.

Além das vantagens técnicas, procura-se dos processos de moldagem vantagens econômicas no que se refere a custo operacional, enquanto se procura manter o investimento dentro de limites compatíveis, sem perder de vista a economia de escala ditada pelo nível de produção desejado. Diferentes processos são preferidos de acordo com o tipo de fundição, de peças a produzir e escala de produção desejada. Não existe um processo que possa ser preferido a todos os outros em quaisquer circunstâncias.

2. PROCESSOS DE MOLDAGEM

Os processos mais utilizados são os processos de moldagem em areia. As areias de moldagem consistem essencialmente de misturas de material refratário granular e de aglomerantes de naturezas diversas — minerais ou orgânicos — plastificados com aditivos líquidos.

Apesar dos esforços realizados para se conseguir um refratário ideal, ainda hoje é a areia silicosa utilizada predominantemente como areia de moldagem⁽¹⁾. A areia silicosa apresenta inconvenientes tais como instabilidade térmica, provocando expansão excessiva do molde e deterioração dos grãos em uso repetido, baixa refratariedade das areias menos puras e riscos de silicose no manuseio da areia. Tais inconvenientes levaram os fundidos a procurar substitutivos adequados. Dentre as areias não silicosas utilizadas, destacam-se: olivina ($(MgFe) 2SiO_4$); solução sólida de forsterita em ortossilicato de magnésio ($2MgO.SiO_2$) e fayolita em ortossilicato de ferro ($2FeO.SiO_2$); zirconita ($ZrSiO_4$); cromita ($FeO.Cr_2O_3$); o silicato de alumínio, chamote ($Al_2O_3 2SiO_2$); e ultimamente a staurolita ($FeAl_3Si_2O_{12}(OH)$). No entanto, esses materiais, devido a seu preço elevado e a dificuldade de obtenção longe de suas origens, vem sendo utilizados principalmente para aplicações especiais quando justificadas pelas exigências técnicas do serviço e não apresentam solução para maior parte da produção de fundidos convencionais. Decorre daí que a areia silicosa utilizada por mais de 6 milênios como material de moldagem, é ainda hoje utilizada em escala predominante na produção de fundidos.

O que diferencia os processos de moldagem, é portanto o tipo de material aglomerante utilizado, o qual por sua vez determina as diferenças operacionais no método de confecção do molde.

São os seguintes os processos de moldagem em areia mais utilizados:

- (1) Palestra proferida na instalação do Simpósio sobre Processos e Materiais de Moldagem promovido pela COFUN — Comissão Técnica de Fundição; Blumenau SC, 26 a 28 de novembro de 1973.
- (2) Conselheiro e Sócio-Honorário da ABM. Engenheiro Civil e Eletricista; Diretor de Equipamentos Industriais EISA Ltda.; São Paulo SP.

- em areia verde ("green sand")
- com secagem em estufa ("oil sand")
- em casca ("shell molding")
- com silicato (CO_2)

- em caixa quente ("hot box")
- com cura fria — ("no bake"), ("air set"), ("cold box")
- de areias fluídas
- outros processos especiais

3. MOLDAGEM EM AREIA VERDE

Apesar de sua antiguidade, é o processo em areia verde ainda hoje o mais utilizado em fundição. Estimava-se em 1971 que mais de 90% das peças fundidas eram produzidas em moldes de areia verde⁽²⁾ e ainda atualmente ultrapassa a 70%. Uma prova da franca aceitação do processo em areia verde, é o fato das maiores fundições projetadas ou instaladas recentemente adotarem como base do projeto o processo a verde: Flat Rock; Ford; GM; Kama River.

Dentre os motivos da preferência deste processo, destacam-se:

- simplicidade e flexibilidade da tecnologia das areias e da confecção dos moldes;
- baixo custo das misturas de areia utilizadas (consistindo essencialmente de areia silicosa aglomerada com argila plástica refratária, plastificada com pequena quantidade de água);
- possibilidade de re-utilização das areias usadas com bom reaproveitamento das adições (até 90% para enchimento e 80% para faceamento);
- possibilidade de regeneração da areia, permitindo substituir grande parte da areia nova e aliviando o problema de descarte da areia usada;
- capacidade de se prestar otimamente à mecanização e automação para produção de fundidos em grande escala;
- capacidade de se prestar otimamente a melhoria tecnológica por estágios sucessivos ("up grading").

Nos últimos 10 anos, o processo de moldagem convencional em areia verde passou por grandes modificações no sentido de melhoria da qualidade dos fundidos produzidos, melhoria da produtividade e economia do processo.

Com as melhorias tecnológicas introduzidas, tanto no preparo e controle das areias como na confecção dos moldes, conseguem-se hoje em dia acabamentos superficiais e precisões dimensionais comparáveis com os conseguidos com processos mais sofisticados e mais caros. O processo de moldagem a verde tem pois mantido a sua posição de vanguarda entre os processos de moldagem, à custa de progressos em sua tecnologia que culminaram ultimamente com os seguintes desenvolvimentos principais:

- do ponto de vista técnico: moldagem a alta pressão (10 a 15 kgf/cm²);
- do ponto de vista de produtividade: moldagem automática na razão de 100 a 600 moldes/hora;

- do ponto de vista de controle operacional: métodos automáticos de controle contínuo das propriedades das areias e de sua composição (junto ao misturador).

Moldagem a alta pressão

O mais notável avanço técnico em moldagem a verde foi o desenvolvimento do método de moldagem a alta pressão. Com a introdução da moldagem mecanizada, com máquinas convencionais, saneou-se o inconveniente da deficiência e heterogeneidade de compactação dos moldes moldados manualmente.

Maiores exigências quanto a acabamento superficial e precisão de medidas do fundido em bruto para usinagem subsequente em máquinas-ferramenta automáticas de alta velocidade, levaram ao desenvolvimento de processos de moldagem a pressões cada vez mais altas. Hoje em dia são usadas comumente máquinas que exercem pressões de 10 kgf/cm², sobre a areia do molde, em lugar de máquinas convencionais cujas pressões raramente alcançavam a metade desse valor e que permaneciam usualmente na gama de 3 kgf/cm². A essas pressões elevadas conseguem-se moldes de elevada dureza superficial (A.F.S.) e ótima compactação, o que garante a obtenção de fundidos com bom acabamento e elevada precisão dimensional.

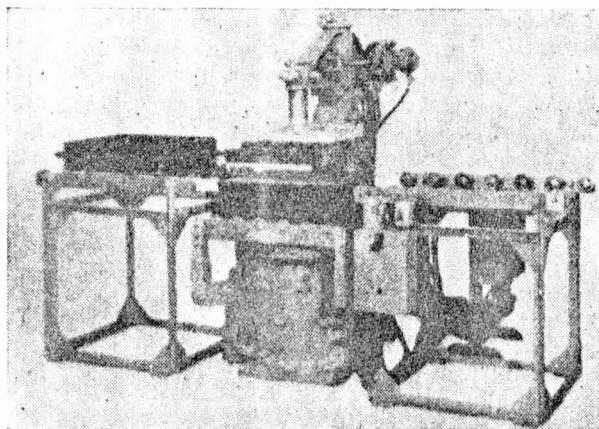


Fig. 1 — Máquina de moldar de média pressão, de socagem e compressão simultânea (ram-jolt-squeeze), equipada para funcionamento semi-automático.

As máquinas de moldar a alta pressão obedecem em sua conceituação a dois princípios distintos:

- máquinas de compressão com impacto simultâneo;
- máquinas de simples compressão.

A fim de equalizar a pressão exercida sobre modelos de contornos irregulares, essas máquinas são frequentemente equipadas com cabeçotes de compressão compensados e, geralmente, constituídos de uma série de "pés de carneiro" hidráulicos que garantem igualdade da taxa de compressão sobre toda a superfície do molde, independentemente das diferenças de altura das várias partes do modelo a ser confeccionado.

Modernas máquinas de compressão e impacto simultâneo — tipo “jolt-ram-squeeze” — vem também equipadas com dispositivo de impacto convencional (“jolt”), além da ação de impacto simultânea com a compressão do tipo “anvil jolt” (impacto de bigorna). A ação de simples impacto (“jolt”) se destina a acomodar e pré-compactar a areia em contato com o modelo, principalmente em moldes de maior altura. A ação de impacto de bigorna simultânea com a compressão (“ram-jolt squeeze”) tem por fim submeter o molde a uma compactação intensiva, garantindo dureza elevada da superfície do molde em contato com o modelo e máxima regularidade de compactação através de sua altura. O efeito de impacto de bigorna simultâneo com o de compressão, equivale a uma aplicação sobre o molde de uma pressão cerca de 50% superior a pressão estática, além de vantagem na uniformização da ação provocada pelo

efeito vibratório do “ram”. As máquinas do tipo “jolt-ram-squeeze” do tipo convencional, são construídas para as mais diversas capacidades, desde mesas de 450 x 700 mm até 900 x 1.250 mm. Diversas máquinas desse tipo já se acham em funcionamento no país, ocorrendo geralmente a tendência de adotarem as fundições como norma a substituição gradual das máquinas convencionais — tipo “jolt-squeeze” — por máquinas de alta compressão — tipo “jolt-ram-squeeze” — devido aos ótimos resultados colhidos com as primeiras máquinas instaladas. Com as normas de anti-poliuição sonora, que vem sendo aplicadas nos principais países industrializados, as máquinas de impacto modernas vem equipadas com dispositivos de atenuação de ruído, que garantem à sua limitação a níveis inferiores a 90 dcb. Um dos fabricantes nos EUA adotou para este dispositivo a denominação “whisperam” e assegura a possibilidade do emprego de tais máquinas mesmo sob as mais rígidas condições de controle sanitário.

Nas máquinas de alta pressão e de simples compressão, os moldes podem ser enchidos por sopragem ou por simples gravidade através de um arejador-alimentador munido de dispositivo medidor da quantidade de areia alimentada. Para a confecção de moldes menores, de menor altura, utilizam-se cabeçotes de compressão planos, lançando-se mão de cabeçotes compensados para moldes maiores e de maior profundidade. As elevadas pressões exigidas pelo processo, são exercidas por ação hidráulica. Mesmo em máquinas de maior porte, utiliza-se quando necessário dispositivos de “jolt” e “ram-squeeze” para garantir máxima uniformidade dos moldes produzidos com caixas e modelos de maior altura.

A concepção da máquina de moldar clássica é de um molde em posição horizontal sendo comprimido entre a mesa e o cabeçote da máquina. Ultimamente, porém, vem merecendo boa aceitação uma máquina de moldar a alta pressão, na qual os moldes (em bolo) são confeccionados em posição vertical. À primeira vista, esta máquina pode ser equiparada a uma prensa de cerâmica de extrusão que confecciona moldes em areia verde em regime contínuo adotando o princípio de moldagem em pilha (“stack molding”), porém com a pilha em posição horizontal. A máquina é de funcionamento hidráulico com comandos elétricos automá-

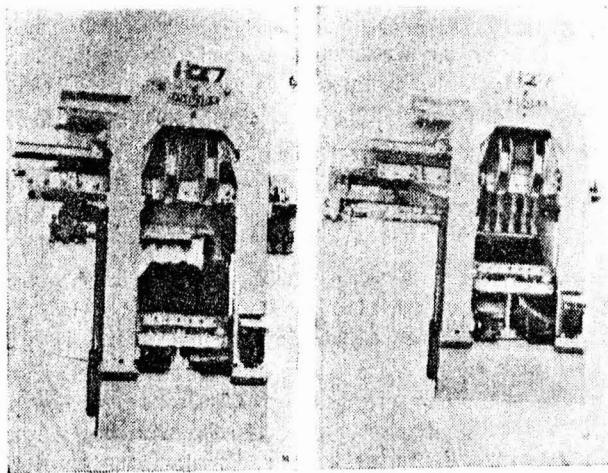


Fig. 2 — Máquina de moldar de alta pressão, de cabeçote compensador. A esquerda, na posição de alimentação da areia; à direita, na posição de compressão do molde.

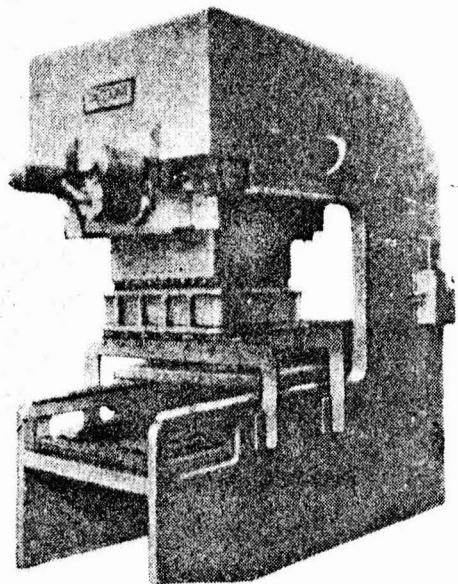


Fig. 3 — Máquina de moldar de alta pressão equipada com dispositivo de troca rápida de placa-modelo (pattern shuttling).

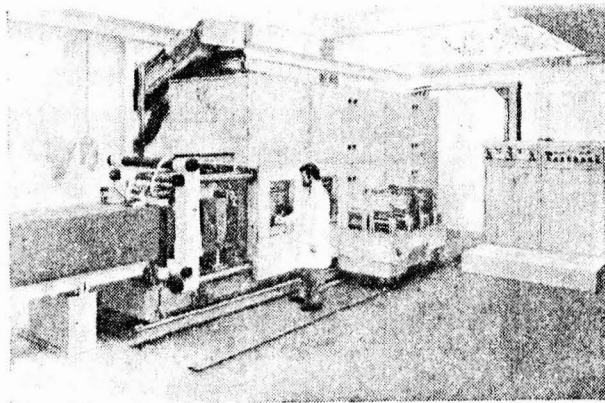


Fig. 4 — Máquina Disamatle para moldagem em areia em bolos verticais, fabricada pela Dansk Industri Syndikat, Dinamarca.

expulsão do "excesso" de água sob pressões elevadas, o que levou ao uso de areias com teores de umidade muito baixos, pouco acima da quantidade de água necessária para molhar os aglomerantes contidos, ou seja, do ponto de temperatura "wetting Point"). Por outro lado, devido à necessidade de se manter em teores mínimos os elementos que viessem produzir gases ou vapores, devido à diminuição da permeabilidade do molde em função da compressão elevada da areia, chegou-se a substituir a água por aditivos orgânicos plastificantes, o que levou às areias sem água ("waterless sands") utilizáveis para moldagem sob pressões externas⁽⁵⁾. Esses aditivos porém acarretaram inconvenientes que induziram ao retorno às areias de composição convencional, porém dentro de limitações ditadas pela sua aplicação no que se refere ao tipo de peça a ser moldada e método de moldagem a ser utilizado.

A moldagem a alta pressão pode acarretar uma série de defeitos nas peças, em consequência das seguintes ocorrências⁽⁶⁾:

- expansão do molde;
- sinterização da casca de areia;
- penetração de metal;
- defeitos de gases;
- recuperação elástica ("spring back").

Portanto, fatores tais como características das matérias-primas e propriedades físicas da areia devem ser considerados para evitar tais defeitos. Os fatores mais importantes do ponto de vista da composição, a serem levados em consideração, são: materiais produtores de gases, tais como umidade e teor de pó de carvão, argilas calcinadas e óxidos metálicos. É de grande importância que as propriedades físicas das areias sejam mantidas dentro de limites estreitos e que se ajuste frequentemente a mistura para que se mantenha dentro dos limites desejados. O teor de umidade, por exemplo, deve ser mantido dentro dos limites com tolerância inferior a 0,4%. Recomenda-se que se faça com frequência a análise quantitativa para determinação do teor de argila ativa, o da argila calcinada, o módulo de finura, a distribuição granulométrica, e teor de carbono ativo e de aditivos similares.

A solução encontrada a fim de minimizar os riscos dos defeitos apontados em moldes altamente compactados, é a de se limitar a pressão de compressão a cerca de 10 a 12 kgf/cm², e de se fazer com que as areias de composição convencional utilizadas, contenham teores baixos de umidade, e de controlar cuidadosa e frequentemente as propriedades das areias de modo a mantê-las dentro dos estreitos limites desejados.

O processo de moldagem de alta compactação pode ser de grande utilidade se a indústria de fundição se preparar devidamente para isto e se for utilizado de maneira apropriada. À custa de trabalhos desenvolvidos nestes últimos anos, adaptaram-se, às novas técnicas de moldagem, novos conceitos quanto a composições técnicas de mistura e controle de qualidade de areias de moldagem.

As areias para moldagem a alta pressão compõem-se essencialmente de:

- *Areia básica silicosa de boa qualidade*: O seu módulo de finura é variável segundo o tipo de metal e tamanho da peça a fundir⁽⁷⁾:
- AFS n.º 140 — 100: para não ferrosos;
- AFS n.º 100 — 80: para ferro fundido maleável — peças pequenas;
- AFS n.º 80 — 70: para peças médias até 10 kg (maleável ou ferro fundido), 10 — 15 mm de espessura;
- AFS n.º 60 — 50: para peças acima de 10 kg em ferro fundido ou aço.

A distribuição granulométrica deve abranger de preferência cinco peneiras para diminuir a expansão.

- *Aglomerante*: De preferência a bentonita sódica (tipo "Western Wyoming" ou Sul Africana), na proporção de 7 a 10% de bentonita ativa. Quando se visa aumentar a resistência a verde dos moldes, utiliza-se uma mistura de bentonita sódica e de bentonita cálcica.
- *Aditivo*: Utiliza-se aditivo carbonáceo ("seacoal") a fim de limitar a expansão do molde e aumentar a sua refratariedade aparente, na proporção de 5-10%.
- *Umidade*: Deve ser mantida o mais baixo possível, dependendo do tipo e da quantidade da argila ativa e da proporção de finos (argila A.F.S.) cerca de 10 a 20% acima do ponto de temperatura da argila. O teor de umidade ideal é determinado através de ensaios de controle ("moldability & compactability") e é mantido em torno de 2,5 a 4,5%.

As areias devem ser misturadas intensivamente em misturadores adequados. O condicionamento da areia é tão importante quanto a escolha e o controle dos seus componentes. O objetivo da mistura é revestir os grãos uniformemente com a argila e quanto mais intensiva tanto mais completo o revestimento e tanto menor a quantidade de argila necessária para se conseguir a resistência desejada. Um excesso de argila prejudica a fluxibilidade ("flowability"), a moldabilidade e a compactabilidade, reduzindo a quantidade do molde produzido. Os misturadores devem portanto ser do tipo intensivo e dimensionados, regulados, mantidos e operados adequadamente, para se atingir bons resultados. Apesar da lógica dessa recomendação, é surpreendente o número de instalações erroneamente dimensionadas e que sendo obrigadas a operar em ciclos deficientes de mistura, utilizam excesso de argila e de água, que acarretam sérios riscos de defeitos nas peças produzidas.

Estudos recentes⁽¹²⁾ relacionando propriedades de areias de fundição com tempo de mistura intensiva indicam as conclusões seguintes: o tempo de mistura muda rapidamente as propriedades da areia. "Quantidades de argila surpreendentemente pequenas, tais como 3% de bentonita, podem desenvolver resistência suficiente em uma areia quando misturada durante 2 horas, apesar de ser pouco prático este ciclo de mistura. Quando toda a argila for posta a agir, torna-se argila ativa e a areia fica completamente misturada, sendo a eficiência da mistura 100%. Nesse ponto não existe na mistura argila

latente (não atuante) e os teores de argila ativa e de argila total são idênticos. Os fundidores devem prestar mais atenção para a eficiência de preparação da areia — principalmente ao tempo de mistura e a manutenção dos misturadores”.

Métodos modernos de controle de areias

O funcionamento adequado de um sistema de moldagem automático de alta pressão e de alta produção, depende essencialmente do suprimento intensivo de areia de qualidade adequada, com as propriedades exigidas e dentro de controle qualitativos rigorosos. Resulta daí a necessidade de métodos de controle rigorosos que possam ser exercidos continuamente na medida em que a areia vai sendo preparada e alimentada às máquinas de moldar. Nesse sentido vem se desenvolvendo estudos meticolosos visando a aplicação de métodos e de aparelhamento de ensaios que venham a caracterizar devidamente as propriedades das areias para sua aplicação em sistemas de moldagem automáticos, com a devida antecedência para permitir que se façam as correções antes de ocorrer o refugo maciço dos lotes de peças fundidas⁽¹⁵⁾. No decorrer de tais estudos, submeteu-se à revisão os conceitos sobre propriedades e ensaios de areias de fundição e chegou-se a conclusões que acarretaram importantes modificações nessas conceituações.

Assim, já há algum tempo o teor de umidade da areia não é mais considerado indicação como índice absoluto caracterizando o estado da areia e emprega-se para tal fim outra característica — a moldabilidade — que melhor indica a temperatura da areia e a sua capacidade de enchimento dos moldes⁽¹⁶⁾. Esta propriedade pode ser determinada através de ensaio simples e rápido e os ajustes do teor de umidade são feitos visando manter constante o valor da moldabilidade, as variações do teor de umidade da areia do sistema denotam variações em sua composição. Um índice de moldabilidade elevado — da ordem de 70 a 80 — assegura maior facilidade de compactação da areia, maior dureza superficial do molde, melhor estabilidade dimensional e melhor acabamento devido a menor incidência de vazios de socamento. A fim de manter a moldabilidade dentro de limites pré-determinados, desenvolveu-se um controlador de moldabilidades, funcionando eletronicamente, que pode ser instalado no próprio misturador, a fim de realizar determinações frequentes do índice de moldabilidade durante a mistura e efetuar automaticamente a adição de água até se atingir o índice de moldabilidade desejado. Controladores de moldabilidade podem ser munidos com dispositivo “programador” que permite controlar automaticamente a adição dos demais aglomerantes e aditivos no decorrer da operação de mistura. Os controladores de moldabilidade também se prestam otimamente ao controle de misturadores contínuos, hoje largamente utilizados em grandes fundições devido as suas elevadas capacidades de mistura.

Uma característica recentemente pesquisada é a compactabilidade, que está intimamente relacionada as propriedades da areia e ao seu comportamento em máqui-

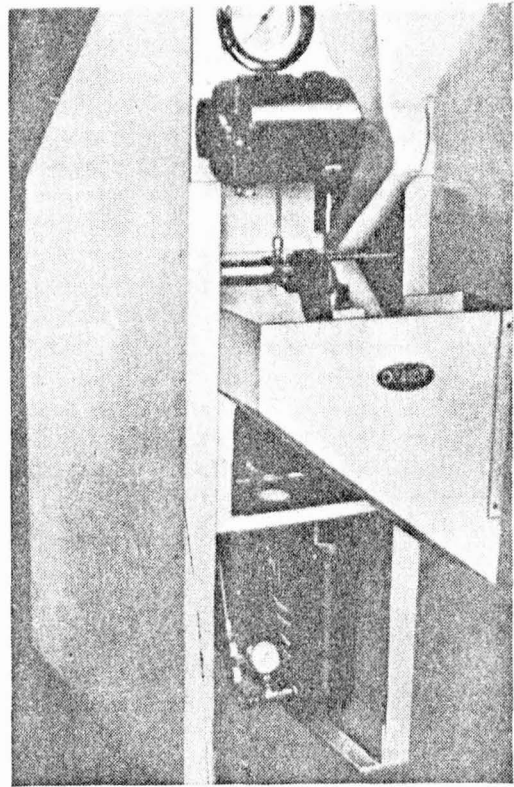


Fig. 5 — Aparelho para ensaio automático de resistência a compressão a verde e compactabilidade de areia preparada junto ao misturador.

nas automáticas modernas. Em um estudo recentemente publicado⁽¹⁵⁾ assim definiram essa significativa característica da areia: “O teste de compactabilidade mede uma das propriedades das areias de moldagem que é de decisiva importância prática, no estabelecimento de seu comportamento em máquinas de moldagem automática modernas. Esse ensaio determina o decréscimo percentual da altura do nível da areia solta sob a influência da compactação por compressão. Sendo estritamente volumétrico, o ensaio de compactabilidade é independente da densidade da areia. Quanto mais seca uma areia é temperada menos diminuirá sua altura sob a influência da força de compactação e mais baixa será sua porcentagem de compactabilidade. A influência do grau de temperatura é muito mais importante do que a da pressão de compressão; esta é uma afirmação que também é válida para as modernas máquinas de moldagem. A compactabilidade é um índice do grau de temperatura, praticamente independente da composição da areia. A compactabilidade tem, portanto, muito mais em comum com a moldabilidade, cujo ensaio é completa, e não substitutivo. O ensaio de compactabilidade permite uma adaptação exata da areia de moldagem às características de compactação de uma determinada máquina de moldar. E mais do que isto, oferece uma nova base de referência quando o teor de umidade real é substituído por porcentagem de compactabilidade para registrar graficamente os dados de ensaio de areias. A necessidade de água da areia é considerada e pode ser medida, bem como o grau de mistura”.

As propriedades características tais como, resistência à compactação ("ramming resistance"), estão sendo estudadas⁽¹⁴⁾, bem como as suas inter-relações com as demais propriedades da areia. Para areias a serem utilizadas em moldagem à alta pressão, interessa muito a resistência à tração da areia verde e sua correlação com a resistência a compressão a verde. Este índice caracteriza a capacidade de resistência na extração dos bolos correspondentes a baixos relevos do modelo. Um fabricante de máquinas de moldar a alta pressão, em bolos em posição vertical, recomenda o seguinte programa mínimo de ensaios visando o controle das areias de moldagem⁽⁷⁾:

- Diariamente: densidade da areia, compressão a verde, compactabilidade, teor de umidade;
- Semanalmente: determinação do teor de argila efetiva ("true clay"), teor de material carbonáceo, teor de "silt" — (argila A.F.S.), granulometria — (areia nova e usada).

A determinação da densidade aparente ("bulk density") da areia permite detectar através de suas variações, as modificações da areia em consequência da sua re-utilização repetida. Diminuição da densidade aparente denota a oolitização dos grãos que requer adição de areia nova.

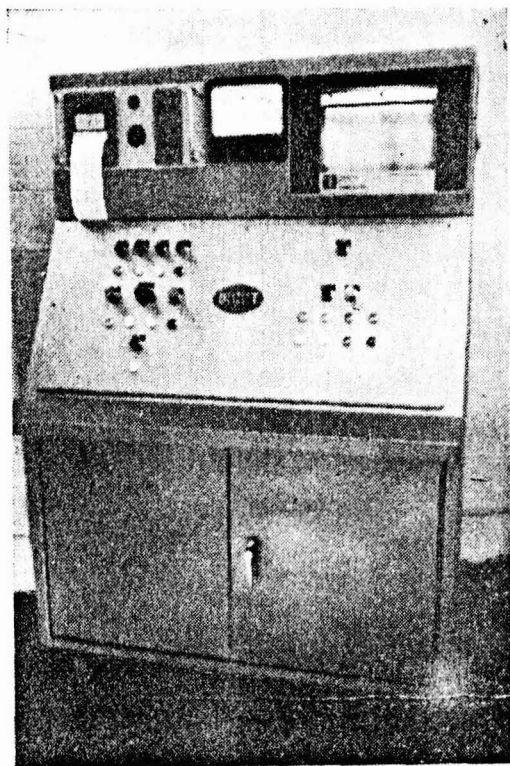


Fig. 6 — Centro de controle de um sistema de preparo de areias com dispositivos de registro das cargas, totalizadores de aditivos e indicador da quantidade de argila de adição determinada pelos ensaios automáticos simultâneos de compressão a verde e compactabilidade.

A resistência à compressão a verde deve ser mantida dentro de limites pré-determinados segundo o processo de moldagem utilizado e o tipo de peças a serem moldadas. Também, a resistência à tração a verde é um índice valioso do comportamento da areia ao se efetuar a extração do modelo.

O ensaio de compactabilidade proporciona um excelente índice do teor de umidade exigido pela areia. Uma vez determinada, a umidade ótima da areia presta-se excelentemente para controlar o teor de umidade. O ponto de têmpera de uma areia depende de sua composição, da natureza e da quantidade de seus componentes. A quantidade de água a ser adicionada à areia compõe-se da parte necessária para satisfazer os requisitos dos vários aditivos presentes e do excesso necessário para desenvolver a plasticidade exigida da mistura para a aplicação em vista⁽¹⁷⁾. O ensaio de compactabilidade oferece um excelente meio de caracterizar o teor de umidade necessário; em relação a aplicação a que a areia se destina⁽¹³⁾, o índice de compactabilidade almejado varia segundo essa aplicação, e é de 50 a 60% para areias para moldagem manual e 35 a 45% para moldagem a alta pressão.

Em vista da importância de se manter a areia dentro de rigorosas características para se assegurar o sucesso de sistemas de moldagem automáticos de alta produção, desenvolveu-se ultimamente dispositivos e sistemas de controle da areia que se incorporam aos sistemas de moldagem e de preparação de areia dessas fundições — são os sistemas de controle em linha ("On-Line Control")⁽¹⁵⁾; estes abrangem dispositivos de controle automático de adição de água, silos gravimétricos ou volumétricos de medida da quantidade de areia usada carregada nos misturadores, medidores gravimétricos das diversas adições e aglomerantes, e alimentadores-medidores de areia nova. Esse aparelhamento incorporado a um sistema, pode constituir num processo de controle automático em linha.

A adição de água pode ser controlada indiretamente através de um determinador de moldabilidade ou de compactabilidade. Pode ser incorporada uma instrumentação para a determinação automática da resistência a compressão a verde e compactabilidade. Estes instrumentos executam automaticamente os dois ensaios e calculam o teor de argila efetiva na mistura. O valor indicado pode ser usado para controlar automaticamente a quantidade de aglomerante a ser adicionado. Com um dispositivo registrador e totalizador adequado, pode-se registrar para cada carga de mistura os montantes de aditivos, enquanto um medidor indica o peso de materiais para cada carga na medida em que vai sendo colocada no misturador. As adições efetuadas vão sendo totalizadas e registradas para controle de estoques de materiais.

Valores da resistência de compressão a verde e da compactabilidade são registrados em uma tira registradora conjuntamente com o teor de argila efetiva a fim de permitir ao operador observar e ajustar quaisquer discrepâncias eventuais nas adições de aglomerantes.

Esses métodos de controle em linha asseguram o suprimento, às máquinas de moldar, de areias de moldagem com características rigorosamente enquadradas entre os limites pré-selecionados. Com esses métodos de controle em linha não se executam mais os ensaios após os fatos consumados. O controle é exercido em tempo, fazendo-se as correções imediatas de modo a evitar a costureira quota diária de refugos desastrosos. Apesar de todas essas precauções, existem circunstâncias nas quais os refugos e a qualidade dos fundidos não refletem a uniformidade das características da areia fornecida às máquinas de moldar. Isto decorre principalmente de variações de comportamento do equipamento ou da equipe de moldagem. Para completar o ciclo de controle, portanto, recomenda-se a realização de ensaios de controle sobre os próprios moldes acabados. Tratam-se de ensaios, adotando técnicas estatísticas de amostragem e pode-se determinar através dos mesmos duas propriedades importantes (além da dureza a verde, ensaio de uso generalizado):

- resistência a verde do molde;
- permeabilidade do molde.

A resistência do molde é determinada com um penetrador portátil e o seu valor lido diretamente em libras por polegada quadrada, corresponde ao valor determinado em laboratório no ensaio para a compressão a verde em corpos-de-prova com a mesma dureza. O ensaio de permeabilidade realizado com um dispositivo adaptável ao aparelho padrão para ensaio segundo método A.F.S., mede a permeabilidade da superfície do molde, em vários locais, e seus resultados são apenas comparativos, pois que não correspondem necessariamente aos determinados em laboratório com corpos-de-prova padrões. Variações de permeabilidade em várias partes do molde denotam variação prejudicial na sua densidade de compactação.

De acordo com recentes informações do Sr. Harry W. Dietert, conhecida autoridade em areias de fundição, o seguinte resumo consubstanciando recentes tendências em ensaios e controles de areias de fundição pode ser feita:

- Compactabilidade
- Resistência rápida
- Controlador de moldabilidade
- Controlador de compactabilidade
- Teor de argila efetiva (azul de metileno, para controle de adições de bentonita);
- Teor de argila AF.S. (determinação de "silt");
- Teor de argila ativa (novo método de misturador de laboratório);
- Ensaio de granulometria a verde de areia preparada para moldagem;
- Programa de sílica (composição da areia: teores de sílica, fluxos, metálicos, substâncias combustíveis, voláteis e umidade livre (física));
- Equipamento aditivo (descarga e transporte de material a granel, pesagem, coletores de pó);

— "Sand watchman" (guarda da areia) (desvia automaticamente areias inadequadamente temperadas) em experiência dispositivos automáticos de registro de compactabilidade e resistência);

— Centro de controle (registro impresso de todos aditivos dos ensaios automáticos de compactabilidade e de resistência e do tempo da determinação; e controle de estoque);

— Serviço de computador (correlação surpreendente entre resultados de ensaios de areias e refugos de peças fundidas; o programa de areia por computador sendo aplicado em escala comercial junto a fundições, na base de contratação de serviços para controle de refugos);

— Todo aparelhamento novo é projetado permitindo a incorporação sucessiva de registro, impressão, controle de estoques e serviço de computador, de modo a oferecer oportunidade de crescimento com a incorporação de controles cada vez mais modernos.

Apesar da predominância do processo de moldagem a verde em fundição, veem-se dedicando grande atenção ao desenvolvimento dos demais processos de moldagem, visando melhorias na sua tecnologia e ampliação no seu campo de aplicação. Procederemos a seguir a uma breve análise do estado atual de desenvolvimento dos processos de moldagem que se afiguram como os mais promissores, procurando situar o seu campo de aplicação.

4. MOLDAGEM EM CASCA ("SHELL MOLDING" — PROCESSO "CRONING")

O processo "shell" despontou como uma panacéia para solucionar cabalmente a produção de fundidos de qualidade e como tal foi inicialmente adotado indiscriminadamente, até que através da experiência acumulada, definiu-se a delimitação de seu campo de aplicação, tanto do ponto de vista técnico como do econômico.

Por se prestar somente à produção de peças relativamente pequenas e devido a dificuldades de mecanização, para produções em grande escala, o processo de fundição em casca não contribui sensivelmente para a tonelagem de produção de fundidos. Este processo de moldagem encontra boa aplicação para produção de peças fundidas que exijam grande precisão de medidas, bom acabamento superficial ou que devido a dificuldades de extração, exijam moldes rígidos para boa extração do modelo.

Além de algumas melhorias de aglomerantes e dos equipamentos de confecção das cascas, destacam-se as tentativas de mecanização total do processo desde a operação de revestimento da areia com o aglomerante, até o enchimento das caixas de cascas com granalha de suportes, vazamento de cascas, desmoldagem, separação das cascas e areia da granalha, resfriamento da mesma e seu retorno para re-utilização. Já existem entre nós pelo menos duas fundições mecanizadas de fundição em casca do tipo descrito. O maior progresso realizado foi na aplicação do processo à confecção de machos ocios ou maciços, que encontram atualmente aplicação crescente em fundições. Devido ao custo elevado das placas moldeadas e do aplomerante, que é inteiramente consumido em cada ciclo, e à dificuldade de recuperação da areia usa-

da, só se recomenda economicamente o processo de fundição em casca quando se pode tirar partido da melhor precisão dimensional proporcionada pelo processo.

5. MOLDAGEM PELO PROCESSO DE SILICATO (CO₂)

Apesar de conhecido e empregado desde há muito tempo, principalmente na Europa, o processo CO₂ não mereceu a aceitação que poder-se-ia esperar. A vantagem de permitir produzir econômica e rapidamente um molde rígido, que facilita extrações difíceis e permite boa precisão dimensional das peças, não tem sido devidamente aproveitado devido a dificuldades operacionais que vem relegando o processo a produções marginais na maioria das fundições.

O processo CO₂ proporciona moldes rígidos e com resistência elevada em apenas alguns segundos de gasagem, contudo devido a problemas de heterogeneidade de gasagem, quando aplicado a moldes volumosos, veem-se procurando desenvolver misturas de areia para o processo de silicato com propriedades de auto-cura ("self-setting"). Nesse sentido, estão se desenvolvendo aglomerantes consistindo de uma mistura de silicato de sódio e cimento portland⁽²²⁾. A mistura pode ser feita em misturadores de areia convencionais e uma das composições apresentadas (com 5% de silicato e 2% de cimento) tem uma vida útil ("bench life") de 10 a 15 min; a extração do modelo pode ser feita após 30 min e o vazamento do molde após 5 horas. As vantagens apontadas para o processamento são: auto-cura com aumento gradual de resistência, boa fluxibilidade da areia, dispensando compactação para moldagem, boa rigidez do molde, dispensando calor para secagem, aglomerante inorgânico não produzindo gases incômodos no vazamento e aglomerante barato; as maiores deficiências são: prazo crítico de mistura e de utilização da areia e tempo de endurecimento excessivo.

Areias à base de silicato podem ser usadas no estado plástico, tais como para as cura por gasagem com CO₂ ou por agentes endurecedores, como o cimento portland, o ferro silício ou silicato de cálcio sintético. Podem também ser utilizadas como areia fluidificada que é mistura de areia aglomerada com silicato de sódio e cimento portland com um aditivo fluidificante ("wetting agent") que permite que a mistura seja vertida dentro do molde⁽²³⁾. Este processo é objeto de uma patente russa licenciada a várias fundições da Europa. Tanto o processo CO₂ como o de areia de silicato de auto-cura, apresentam a desvantagem de não se prestarem, no estado atual, à produção em grande escala, o primeiro devido a dificuldades de gasagem que acarretam por vezes sérias heterogeneidades dos moldes e o segundo devido à curta vida útil da areia e ao longo tempo necessário para extração do modelo e cura do molde. Para tornar esses processos mais econômicos e mais viáveis para produções em grande escala, impõe-se a necessidade da regeneração da areia usada, operação esta que tem merecido grande atenção ultimamente conforme ve-

remos mais adiante. Impõe-se também desenvolver uma sistemática do processo que permita uma mecanização racional das operações básicas.

6. MOLDAGEM PELO PROCESSO DE CURA A FRIO ("NO-BAKE")

O processo de moldagem de cura a frio, recentemente desenvolvido, vem recebendo a melhor acolhida, devido às seguintes apreciáveis vantagens:

- menor investimento inicial em equipamentos;
- menor necessidade de mão-de-obra especializada;
- redução de poluição de ar e sonora;
- menos mão-de-obra de operação e de limpeza de peças;
- boa precisão de medidas;
- bom rendimento metálico do molde;
- menos refugos.

A estas ponderáveis vantagens antepõem-se não menos ponderáveis deficiências, que vem sendo gradualmente diminuídas na medida em que é aperfeiçoada a tecnologia do processo. Assim, ao se estudar a aplicação do processo de cura a frio, recomenda-se encarar o problema em seu aspecto global, examinando todas as variáveis da aplicação, a fim de definir o processo a adotar. Os principais fatores a considerar são⁽²⁶⁾:

— *Tipo de metal*: o processo é utilizado com maior frequência para o ferro fundido, se bem que possa também ser usado para o aço e metais não-ferrosos, porém com precauções especiais;

— *Tamanho e peso das peças*: parece não haver limitação, salvo no que se refere a medidas de segurança para vazamentos de peças maiores, obrigando ao uso de caixas fixas em lugar de bolos. Como medida de economia, favorece o uso de areia de enchimento comum sobre faceamento "no-bake";

— *Produção exigida por modelo utilizado*: o intervalo de tempo exigido pela mistura para atingir resistência necessária à extração do modelo, limita o número de peças que se pode obter por modelo a uma valor bem inferior ao da moldagem a verde. Para aglomerantes furânicos, o tempo de espera é de 30 a 60 min e o vazamento é processado após 4 horas, porém, com os novos aglomerantes de uretano fenólico, a espera pode ser reduzida a um mínimo de 4 min e o vazamento pode ser processado após 1 hora da extração. O tempo de enchimento de molde com a areia também é crítico e deve ser conjugado com a operação de preparo e mistura de areia para ser acelerado ao máximo, evitando o risco de ultrapassar a sua vida útil;

— *Tipo de areia e custo*: dentre as areias economicamente disponíveis, recomenda-se escolher areia de qualidade compatível com o aglomerante usado e tendo-se em vista o seu comportamento nos ciclos sucessivos de recuperação;

— *Tipo de aglomerante e custo*: na escolha do aglomerante mais adequado para a aplicação, deve-se consultar o serviço de assistência técnica do fabricante, a fim de evitar tentativas e insucessos dispendiosos: os aglomerantes orgânicos utilizados são:

a) Furânico: endurece com catalizador à base de ácido fosfórico ou ácido toluenosulfônico — TSA⁽²⁷⁾. Variedades contendo teores variáveis de água e nitrogênio, são recomendadas segundo a aplicação, sendo tanto mais caros quanto mais baixos os teores desses elementos;

b) Óleo uretano: cuja vantagem é a menor sensibilidade à contaminação da areia, são no entanto de ciclo de utilização mais lento (8 a 12 horas de cura após extração) apresentando também problemas de desmoldagem devido a elevada resistência a quente. Devido ao baixo teor de água e de nitrogênio, são bem aceitos em fundições de aço, apesar de seu preço elevado;

c) Uretanofenólico: de baixo teor de nitrogênio e teor zero de água, permitem curto ciclo de utilização e ótimo controle da mistura. Apesar do alto custo, permitem menores teores na mistura, o que os torna econômicos;

— *Relação areia-metal*: um dos fatores favoráveis ao processo de cura a frio é a baixa relação areia-metal que se pode atingir na medida em que se aperfeiçoa a técnica de moldagem. São comuns relações de 3:1 ou 4:1, conseguindo-se relações de 2:1 nas aplicações mais favoráveis. Esta vantagem se reflete em economia de areia e aglomerantes, bem como em equipamento e mão-de-obra de mistura e manuseio da areia de moldagem.

O rendimento metálico também é favorecido, principalmente devido a rigidez maior dos moldes que exigem portanto menor alimentação;

— *Tipo de equipamento de mistura*: utilizam-se principalmente dois tipos de misturadores — os de tipo intermitente e os contínuos. Misturadores contínuos são muito utilizados por se prestarem muito bem a preparo de areias de curto intervalo de utilização, pois permitem preparar quantidades variáveis de areia de acordo com as necessidades da moldagem. Podem também ser instalados de modo a alimentar a areia diretamente no molde, à medida que vai sendo preparada. Misturadores intermitentes também bastante utilizados, devem ser equipados com aparelhagem para controle automático das adições e do ciclo de mistura;

— *Regeneração da areia*: as areias de moldagem utilizadas no processo de cura a frio são muito mais caras do que as areias empregadas em moldagem a verde, nas quais entram em grande proporção areias usadas recirculadas. A relação de custo das areias em si é da ordem de 1:10 (nos E.U.A.). Mesmo tomando-se em consideração a relação areia-metal vantajosa e melhor rendimento metálico que se consegue com o processo de cura a frio, a relação de custo das areias referida a peso de peça acabada, é da ordem de 1:3. É somente através de economias em inversões em equipamentos e em mão-de-obra de moldagem e de limpeza que se procura equiparar economicamente os dois processos. O custo de moldagem no processo de cura a frio é muito baixo devido a dispensar equipamentos dispendiosos ou mão-de-obra de compactação dos moldes; porém esta vantagem pode ser anulada pelas novas máquinas de moldar de elevada produtividade, quando utilizadas no processo de areia a verde. A solução é portanto reduzir o custo da areia e o caminho que vem sendo seguido é a substituição da areia nova por areia regenerada cujo custo é da ordem de 10% do custo da areia nova. Utilizando-se areia regenerada na mistura, o seu custo é reduzido à metade, ficando portanto a relação de custo citada reduzida a 1:5 referida a custo direto das areias e de 1:1,5 referida ao peso da peça acabada. A regeneração da areia, além de contribuir ponderavelmente para a redução de custo da areia, oferece solução para o descarte da areia usada, problema este de solução cada vez mais cara e que pode se tornar crítico em fundições de maior porte, que não disponham de áreas para deposição do reffugo.

Métodos de regeneração usados são geralmente por via seca e se baseiam na limpeza do grão de areia por processo mecânico abrasivo. O método de regeneração deve ser escolhido conforme o tipo de areia e de aglomerante. Métodos que se aplicam a determinadas misturas nem sempre tem a eficiência necessária para outros tipos de aglomerantes⁽³⁴⁾. Os sistemas de regeneração de areias devem ser encarados sob dois aspectos principais:

— aspecto tecnológico: se o sistema proporciona areia regenerada dentro do padrão de qualidade e limpeza exigidos pelo processo de moldagem;

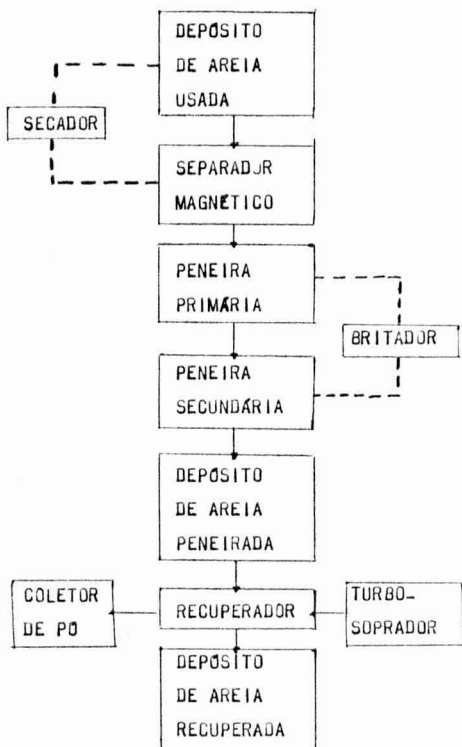


Fig. 7 — Seqüência de equipamentos usados no sistema de recuperação a seco.

— aspecto econômico: se o investimento e a despesa operacional do sistema compensam a economia proporcionada pela redução de consumo de areia nova.

Métodos rudimentares efetuam apenas uma recuperação da areia usada procedendo à moagem dos torrões em moinhos de martelo ou de pinos ("cage mills") e recirculam a areia por um classificador de peneira com aspiração de ar para eliminação dos finos. Em outro processo, a areia moída passa por uma galga com fundo perfurado que provoca a ruptura parcial da película aderente de abrasivo, fornecendo portanto um grão mais limpo⁽²⁴⁾. Contudo, para a eliminação mais completa da camada de aglomerante, recorre-se a métodos mais eficientes de limpeza de grãos de areia por atrito mecânico intensivo ("scrubbing") submetendo-os à ação de um jato abrasivo. Um sistema muito empregado é o pneumático ("dry sand scrubber") no qual a areia é impulsionada pneumaticamente de encontro a um anteparo especial, resultando em um auto-jateamento progressivo que vai removendo a camada de aglomerante aderente ao grão. O recuperador é constituído de células múltiplas, passando a areia de uma célula para outra para processamento sucessivo. Através de regulação do tempo de retenção e consequentemente do número de ciclos a que a areia é submetida em cada célula, contro-

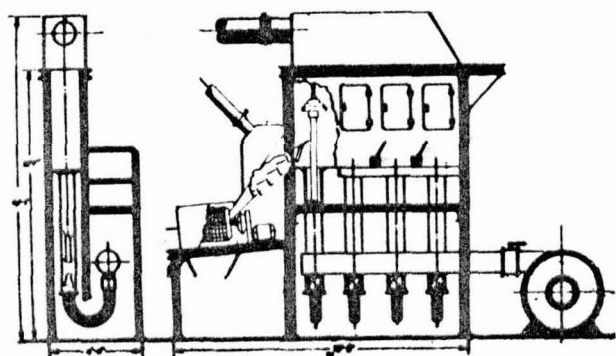


Fig. 8 — Disposição esquemática de um recuperador pneumático de 4 células.

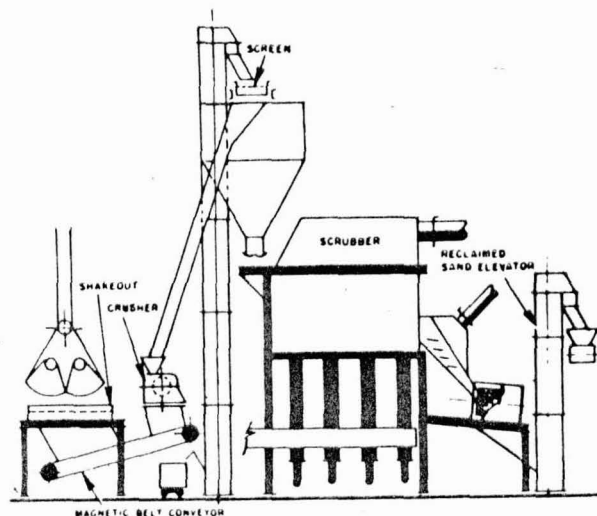


Fig. 9 — Disposição esquemática de um sistema de recuperação que não exige fundações especiais.

la-se o grau de limpeza da areia regenerada. A classificação da areia se faz por peneiramento e por exaustão dos finos indesejáveis, que são recolhidos em coletor de pó. O ciclo de regeneração consiste essencialmente nas seguintes operações⁽³³⁾ — a areia seca (umidade máxima 1%) é passada por separador magnético e segue para peneira primária, os torrões são moídos em britador de mandíbulas ou moinho de martelo, passando à peneira secundária, e daí seguem ao recuperador, onde são processados sob uma corrente de ar comprimido a baixa pressão, voltando a areia regenerada ao silo de alimentação dos misturadores. Regeneradores pneumáticos são construídos em módulos de 2, 4 ou 6 células, que podem ser grupados nas instalações de maior vulto ou na medida em que for aumentando a demanda da fundição.

Dentro do conceito global aplicável ao processo de cura a frio, vem se desenvolvendo com sucesso a operação de regeneração da areia simultaneamente com a limpeza de peças em equipamento de jato abrasivo centrífugo ("airless shot blast") especialmente construído para esse fim^(30, 31). O sistema mais empregado consiste no manuseio das peças conjuntamente com os bolos de areia, que são carregados diretamente na máquina de jatear. O jato abrasivo projeta granalha redonda de aço graúdo ("shot") sob elevada energia cinética sobre a superfície do molde. A energia das partículas de abrasivo, excedendo a força de coesão dos grãos de areia, desintegram os torrões em grãos isolados com rendimento superior a 98%. A areia é em seguida separada da granalha por meio de um separador de faca duplo pela ação de uma corrente de ar à velocidade controlada ("double lip air wash separator"). A granalha retorna ao silo de depósito para re-utilização e se necessário a areia pode ser novamente processada em outro separador de ar. A areia passa em seguida por um separador magnético potente e vai ao silo de depósito. As características tecnológicas da areia furânica ou fenólica regenerada por esse processo, são assim definidas:

- Perda ao fogo: 2% (a 985°C — considerada aceitável);
- Aglomerados: inferior a 2% (torrões retidos na peneira mais larga correspondente à granulometria da areia nova);
- Resíduos metálicos: inferior a 0,2%;
- Módulo de finura AFS e granulometria: utilizando-se a lavagem dupla a ar, consegue-se manter tanto o módulo de finura como o perfil granulométrico da areia original;
- Nível de nitrogênio, pH e teor de demanda de ácido ("acid demand value" — A.D.V.); essas características não são resolvidas exclusivamente pelo regenerador, exigindo adições de areia nova.

Sob o aspecto econômico, conseguem-se rendimentos de regeneração da ordem de 70 a 90% em relação da areia total preparada no misturador. O limite inferior prende-se à necessidade de diluição e o superior sem diluição. A maior vantagem econômica do processo de regeneração por jato abrasivo simultâneo com a limpeza da peça, é a de que o investimento e o custo operacional podem ser debitados quase que inteiramente à operação

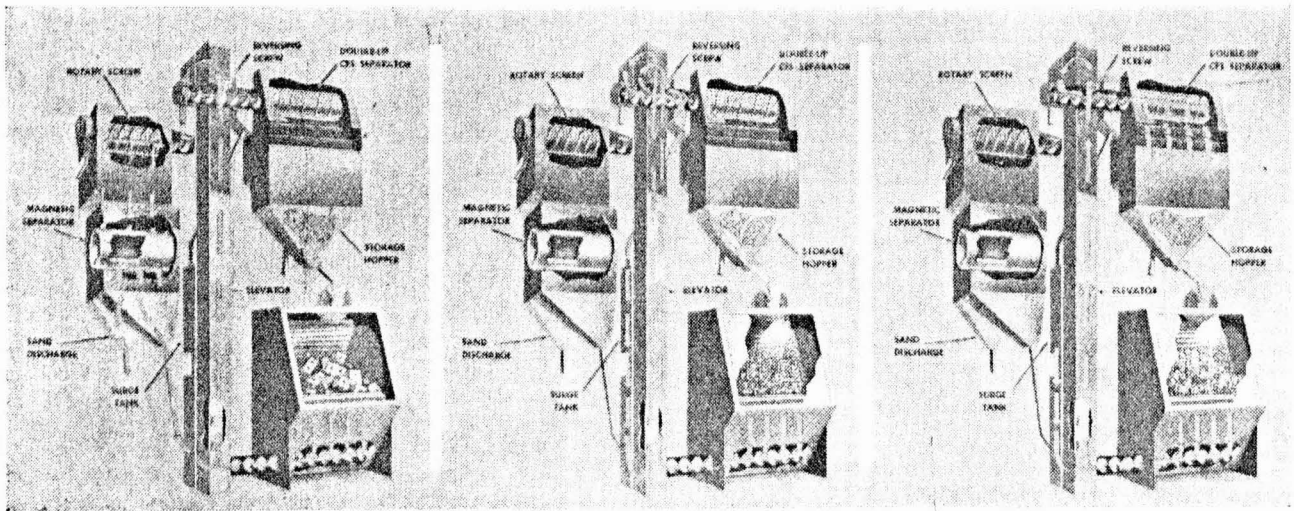


Fig. 10 — A) CICLO DE MOLDAGEM (à esquerda) A areia de moldagem é removida de uma carga completa de moldes em um ciclo relativamente curto. A ação de limpeza por meio de tamboramento, remove a maior parte da areia que é então peneirada, passando por um separador magnético e armazenada para reutilização.

B) CICLO DE REMOÇÃO DE MACHOS: (ao centro); Os machos são removidos em um ciclo curto de jateamento. Os finos de areia e abrasivo são removidos em sistema de separação de alta eficiência, assegurando uma mistura abrasiva para operação contendo menos de 0,5% de areia.

C) CICLO DE LIMPEZA DE PEÇAS POR JATEAMENTO (à direita): Finalmente, com a areia de moldagem e os machos removidos, os fundidos estão prontos para limpeza por jateamento, que se realiza em ciclo curto e eficiente.

de limpeza das peças. Há ainda a grande economia de mão-de-obra, pois que os bolos vão diretamente do transportador de resfriamento à caçamba de carregamento da máquina de limpeza, dispensando-se transportes intermediários e a operação de desmoldagem.

Estudos prosseguem no sentido de aperfeiçoar o rendimento do processo, lançando-se mão do microscópio eletrônico ("scanning electron microscope") para exame da areia regenerada. Esse processo de regeneração também é aplicável a outros processos de moldagem, tais como areia a verde, principalmente para bolos a alta pressão, e ao processo CO_2 , e para remoção e regeneração de areias de macho ("core knock-out") inclusive para os novos processos de caixa quente e caixa fria (35).

O processo de cura a frio, tal como o processo de silicato, tem contado com melhor aceitação na Europa do que nos E.U.A. (25, 20). O campo mais indicado para a sua aplicação é para produção de peças médias e grandes, de 100 kg a dezenas de toneladas, pelo que vem sendo usado para a produção de bancadas de máquinas operatrizes, blocos e carters de motores diesel estacionários e outras aplicações semelhantes. Com a introdução de métodos eficientes de regeneração de areia, a viabilidade econômica desses processos foi melhorada substancialmente, dependendo agora a ampliação de seu campo de aplicação, essencialmente da redução do custo dos aglomerantes orgânicos e de se desenvolver instalações de conjuntos integrados que possibilitem melhor mecanização do processo. Nas circunstâncias atuais, tem havido ultimamente também maior interesse pelo processo de cura a frio nos EUA, onde as fundições tem substituído parcial ou totalmente o processo de moldagem convencional a verde ou a seco pelo de cura a frio. De-

vido às dificuldades de mecanização e de automatização do processo e da limitação do tempo de desmoldagem, o processo de cura a frio ainda se limita a fundições de porte médio ou fundições de grande porte produzindo peças grandes (28, 35). No Brasil temos já várias fundições utilizando o processo de cura a frio, principalmente para a produção de peças grandes de ferro fundido e de aço. Algumas já vem cogitando da aplicação de regeneradores de areia ao processo.

7. OUTROS PROCESSOS ESPECIAIS DE MOLDAGEM

No decorrer dos anos, não cessa a busca de processos operacionais que se afastem drasticamente dos processos de moldagem convencionais e que possam trazer solução para os numerosos inconvenientes com que os fundidores vem se debatendo há tantos séculos de utilização de misturas plásticas para moldagem. Uma idéia foi a da moldagem magnética, na qual o material utilizado é granalha de aço, que submetida a uma campo magnético, adquire a coesão necessária para constituir um molde onde é vazado o metal. Ao ser retirado o campo, a granalha perde a coesão e a desmoldagem se faz automaticamente. Não nos consta que este processo tenha progredido a ponto de encontrar aplicação industrial.

Processo semelhante, em princípio, é o novo processo de moldagem a vácuo. Neste recobre-se o modelo especialmente confeccionado com uma fina película de poliuretano e colocada a caixa de moldagem, enche-se a mesma de areia silicosa ou de composição especial (zir-

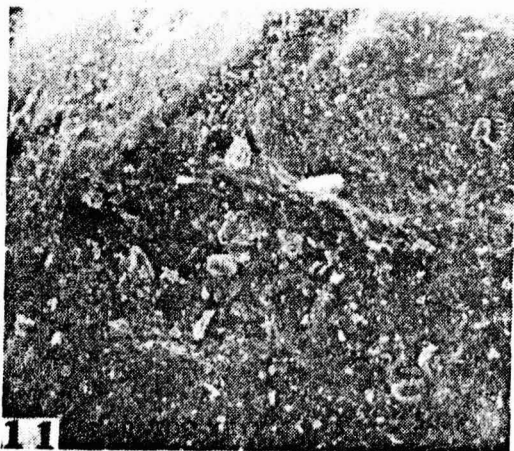
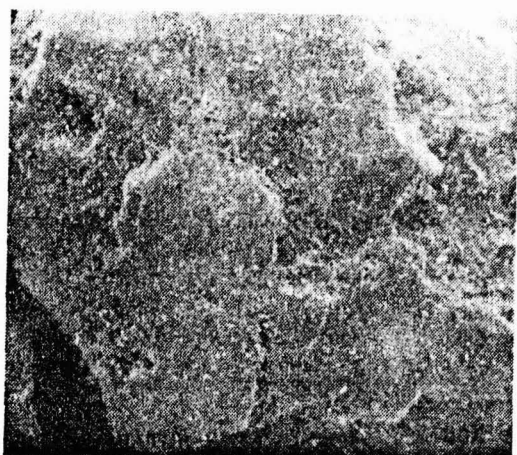


Fig. 11 — (De cima para baixo): 500 x.

- a) Areia de moldagem com aglomerante uretano-fenólico: areia nova — módulo de finura AFS-48-52.
- b) Areia de moldagem com aglomerante uretano-fenólico: areia usada após desmoldagem.
- c) Areia de moldagem com aglomerante uretano-fenólico: areia regenerada em máquina de jato centrífugo:
- | | |
|----------------------|------------|
| perda ao fogo | — 2 — 2,5% |
| resíduos magnéticos | — < 0,5% |
| aglomerados | — < 2,0% |
| módulo de finura AFS | — 57 — 62 |

conita ou cromita) e submete-se o conjunto à ação de vácuo elevado. Resulta daí um estado de coesão entre os grãos de areia, suficiente para permitir o vazamento do metal, mantendo-se a rigidez do molde. Solidificada a peça, retira-se a ação do vácuo e a desmoldagem se dá espontaneamente. Pelo que o processo promete em economia de materiais e em despesas operacionais, certamente despertará grande interesse por parte dos fundidores. Pelo que nos consta, esse processo já desenvolvido será lançado na próxima Feira Internacional de Fundição — GIFFA, em Düsseldorf, em meados de 1974, por uma firma japonesa.

8. CONCLUSÃO

1. Dentre os processos de moldagem existentes, o de areia a verde ainda é preponderantemente utilizado, sendo responsável por mais de 70% da produção mundial de fundidos.

2. O processo de moldagem em areia a verde manteve-se na vanguarda através dos anos, graças aos importantes desenvolvimentos nos métodos e equipamentos de moldagem, principalmente no que se refere a energia de compactação dos moldes e a escala de produção das instalações automatizadas.

3. O sucesso desses novos equipamentos só foi possível devido aos progressos verificados na tecnologia das areias de moldagem, nos métodos de ensaio de laboratório e de controle automático, que asseguram o suprimento às máquinas de areias rigorosamente dentro de normas pré-fixadas.

4. Por outro lado, também se verificaram grandes progressos em outros processos de moldagem, principalmente processos de silicato e de cura a frio. Resta no entanto muito a fazer para colocá-los em condição de competir com o processo a verde em aplicações de produção em larga escala.

5. Sob o aspecto econômico, uma contribuição eficaz para compensar o alto custo das misturas constituídas de aglomerantes não recuperáveis, foi a introdução do uso de regeneradores de areia que permitem reciclagem de 70 a 90% da areia em substituição a areia nova, de custo elevado, proporcionando também economia no custo de descarte da areia usada.

6. Um sistema de regeneração apresenta a solução de combinar o processamento da areia com a limpeza de peças por jato abrasivo centrífugo, proporcionando grande economia de mão-de-obra e de investimento em equipamento de desmoldagem e instalações auxiliares.

7. Novos processos de moldagem estão sendo desenvolvidos, podendo-se esperar uma solução nova, tal como o processo de moldagem a vácuo, que poderá revolucionar os atuais conceitos convencionais de moldagem.

BIBLIOGRAFIA

1. Molding Methods & Materials — A.F.S. — 1962.
2. SANDERS, C. L. — Don't Write off Green-Sand Molding — Foundry October 1971.
3. LAUX Jr., J. P. — An Introduction to Staurolite Sand — Foundry — May 1972.
4. MEADER, R. F. — Green-Sand Casting Finish — A.F.S. Convention 1956.
5. BALOW, T. E. — High-Pressure Molding — Foundry — March 1956.
6. High-Pressure Molding in the U.R.S.S. — Notícia — Modern Castings — March 1961.
7. Sand Control for Disamatic High-Pressure Molding — Internal Report — Dansk Industri Syndikat A/S — Herlev, Denmark.
8. BOENISH, D. — Problemas de Resistencia de Moldes de Arena Comprimidos por Alta Presion — Aquisgran, Alemanha, apresentado na DC 71 Disamatic Convention (1971).
9. WILLMOT, W. J. — What you should know about Automatic Molding — Foundry — September 1972.
10. KRIEGER, Y. A. — Preparing Liquid Sand Mixes — Foundry — September 1972.
11. CAINE, J. B. e TOEPKE R. E. — How Sand Compactability Affects Brittleness — Foundry — May 1972.
12. DIETERT, H. W., GRAHAM, A. L. e SCHUMACHER, J. S. — How Mulling Time Affects Sand Properties — Foundry — July 1971.
13. HOFMAN, F., DIETERT, H. W. e GRAHAM, A. L. — Compactability Testing, A New Approach in Sand Research.
14. DIETERT, H. W. e BRAHAM, A. L. — Ramming Resistance of Sands — Private Report — H. W. Dietert Laboratory.
15. On-Line Control and In-Line Testing — Private Report — H. W. Dietert Laboratory.
16. DIETERT, H. W., GRAHAM, A. L., DAKSIEWICZ, R. T. e HANNA, T. H. — Moldability and Mold Control — A.F.S. Transactions 1962.
17. DIETERT, H. W.; BREWSTER, F. S. e GRAHAM, A. L. — A Straight Line Approach to Sand Control — A.F.S. Transactions — Vol. 74, page 101, 1966.
18. CAINE, J. B. e TOEPKE, R. E. — How Compactability Relates to Permeability and Void Size — Foundry — August 1971.
19. DIETERT, H. W. e GRAHAM, A. L. — Compactability Testing, A New Approach in Sand Research — A.F.S. Transactions — Vol. 77 1969.
20. What's Available in Green-Sand Molding Equipment — Staff Report — Foundry — June 1971.
21. SCHAUM, J. H. — Swiss Metalcaster Competes by Specializing — Modern Castings — July 1972.
22. MAC DONALD, R. M. — Using a Self-Setting Silicate Process for Molds — Foundry — August 1971.
23. HUSKONEY, W. D. — Progress in Coremaking — Inorganic No-Bake — Foundry — July 1970.
24. HUSKONEN, W. D., SHOLL, S. A. e BOOTHE, J. A. — No-Bake Molding and Sand Reclamation — Foundry — September 1970.
25. BENSON, L. P. — No-Bake Molding Pays off in Europe — Foundry — February 1971.
26. CAMPBELL, T. J. e GREGORY, R. M. — No-Bake Molding — A Total System Concept — Foundry — May 1971.
27. WILKES, G. F., WRIGHT, L., HORT, D. R. e ROSWELL, S. M. — TSA — Another Catalyst for Furan No-Bakes — Foundry — March 1972.
28. SHAW, J. M. — Small Foundry Reclaims No-Bake Sand — Foundry — November 1972.
29. SCHAUM, J. H. — English Foundry Switches to Airset Sand System — Modern Castings — October 1970.
30. LELIAERT, R. M. — No-Bake and Cold-Set Sand Reclamation Systems — 1973 Wheelabrator International Operations Conference.
31. STEBBINS, H. W. — No-Bake and Cold-Set Sand Reclaim Systems — 1973 Wheelabrator Operations Conference.
32. ZIMNAWODA, H. W. — Sand Reclamation Can Save you Money — Foundry — June 1965.
33. ZIMNAWODA, H. W. — Recuperação de Areias — Metalurgia — Vol. 27 n.º 162 — Maio 1971.
34. MORGAN, A. D. — Basic Requirements of Sand Reclamation — Annual Conference Institute of British Foundrymen — June 1972.
35. LELIAERT, R. M. — An Introduction to Foundry Sand Practices and Sand Reclamation — Private Report — June 1973.

PESQUISAS TECNOLÓGICAS NA SIDERURGIA

A Universidade Federal de Ouro Preto, graças ao convênio firmado com o CONSIDER/COTESI está realizando um estudo-diagnóstico sobre a situação atual e as perspectivas da pesquisa tecnológica no setor siderúrgico brasileiro.

No final de 1973, foram realizadas reuniões com Entidades de Apoio com a finalidade de obter as seguintes principais informações:

- Caracterização da entidade.
- Origem dos recursos e critérios de aplicação desses recursos, no setor de tecnologia siderúrgica.
- Convênios e atividades realizadas no setor da pesquisa siderúrgica, durante os últimos cinco anos; planos futuros.

— Publicações relativas às atividades desenvolvidas ou financiadas pela entidade.

— Sugestões sobre temas interessantes no domínio da pesquisa tecnológica siderúrgica; iniciativas do conhecimento da entidade sobre esse tema.

— Pensamento da entidade sobre a coordenação das pesquisas siderúrgicas por um órgão central.