

STACK MOLDING: UMA SOLUÇÃO PARA MELHORIA DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NA PRODUÇÃO DE PEÇAS DE PEQUENO PORTE E GRANDES SÉRIES FUNDIDAS EM MOLDES DE AREIA

Wendel Braga ⁽¹⁾

Carlos Augusto da Silva ⁽²⁾

Luiz Henrique Dias Alves ⁽³⁾

Resumo

Descreve-se o processo de moldagem em árvore também conhecido como “Stack Molding” que permite produzir um número muito maior de peças com uma só abertura de válvula e o compara com métodos convencionais de produção de peças pequenas em aço fundido, que obrigam durante o vazamento, a várias aberturas de válvula com prejuízo a qualidade do fundido e ao rendimento metálico. Mostra os possíveis ganhos de qualidade e produtividade, bem como a melhor organização e a necessidade de menores áreas para produção no caso de moldagem em árvore quando comparadas com métodos convencionais de produção verificados na Amsted-Maxion Fundição e Equipamentos Ferroviários S/A.

Palavras-chave: Aço; Vazamento; Árvore.

Stack Molding: A Solution for a Quality and Productivity Improvement in the Production of Small Parts With a High Volume Casted in Sand Molds

Abstract

It describes the stack molding process, which allows to produce a higher number of parts with just one valve opening, making a comparison with the conventional methods in producing small parts in steel casting, when during the pouring a lot of valve openings is necessary, leading to a loss in the casting quality and yield. It shows potential gains in quality and productivity, as well as a better organization and the necessity of small areas for production in the case of stack molding, when compared to the conventional methods of production verified at Amsted Maxion Fundição e Equipamentos Ferroviários S/A.

Key-words:

I INTRODUÇÃO

A composição normal do custo de um fundido em aço mostra que aproximadamente 40% dele é devido ao metal e 35% devido a moldagem. Esta distribuição leva as fundições a buscarem constantemente melhorias no rendimento metálico e redução de perdas de metal durante o vazamento, além da utilização de práticas de moldagem que propiciem maior produtividade e menor relação areia-metal.

Uma opção para melhoria do rendimento metálico e melhoria de produtividade na moldagem pode ser a moldagem em árvore, também conhecida como “stack molding”. O processo prevê o empilhamento de vários moldes ligados por um

único canal de descida. Esta condição aumenta significativamente a quantidade de peças em cada abertura de válvula, reduzindo assim o número de aberturas de válvula por corrida e as perdas normais que ocorrem em cada abertura.

Esta foi uma saída encontrada na Fundição da Amsted-Maxion para produção de peças pequenas e de grandes séries, vazadas com painéis de 5t.

2 DESCRIÇÃO

2.1 Processo de Moldagem em Árvore

Moldagem em árvore é um tipo de moldagem mecanizada ou semi-mecanizada projetada para aumentar de maneira significativa o número de fundidos feitos por molde. O molde

⁽¹⁾ Engenheiro Metalúrgico. Amsted-Maxion Fundição e Equipamentos Ferroviários S/A

⁽²⁾ Engenheiro Metalúrgico. Amsted-Maxion Fundição e Equipamentos Ferroviários S/A

⁽³⁾ Engenheiro Metalúrgico; Mestre em Engenharia Mecânica. Gerente de Produção. Amsted-Maxion Fundição e Equipamentos Ferroviários S/A.

consiste de um número de seções de conjunto ou bolos, dependendo do processo de moldagem, à verde ou químico, montadas por empilhamento de camadas sobre camadas formando uma árvore. A Figura 1⁽¹⁾ ilustra o processo de empilhamentos de caixas moldadas em areia verde.

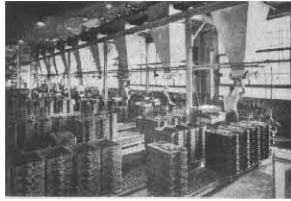


Figura 1. Empilhamento de moldes para vazamento em árvore.⁽¹⁾

O método é economicamente interessante uma vez que permite produzir em uma só caixa um molde completo, ou seja, a seção de uma caixa tem cavidade do fundo do molde moldada na superfície superior do bolo ou caixa e a cavidade da tampa moldada na superfície inferior do mesmo bolo ou caixa. Ambas superfícies são moldadas simultaneamente. No caso de moldagem por processos químicos o molde é feito sem caixa, o que torna mais simples este processo. Já no caso de moldagem a verde, para que ambas cavidades sejam moldadas simultaneamente, o modelo tampa é montado na mesa da máquina e o modelo do fundo montado no prato superior de compressão da máquina. À quantidade de areia na caixa é controlada por um caixilho de alisamento que tem sua altura variável em função da compactabilidade da areia e da dureza do molde. Desta forma após socamento, a dureza é ajustada e há uma quantidade de areia suficiente para um adequado selamento dos moldes durante a montagem das árvores.

O processo permite também trabalhar com duas seções independentes de modo convencional, onde tampa é feita pelo bolo superior e o fundo pelo bolo inferior. A árvore é montada pelo empilhamento de pares de bolos tampa e fundo com altura variável em função do número de moldes por árvore. A Figura 2 mostra as duas condições, sendo a Figura 2(a)⁽²⁾ para processos onde tampa e fundo são moldados em uma só caixa e a Figura 2(b) para processos onde tampa e fundo são moldados em bolos independentes.

Porém, para ambas condições mostradas na Figura 2, o sistema de canais é único, ou seja, todos os conjuntos são ligados por um único canal de descida, podendo o vazamento ser direto ou indireto.

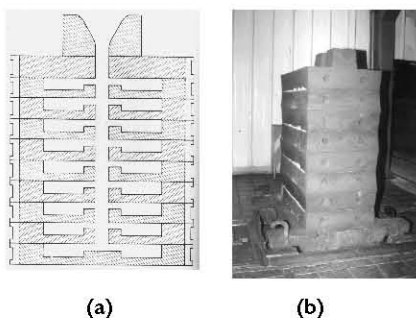


Figura 2. Empilhamento em árvore: (a) Tampa e fundo em uma mesma caixa;⁽³⁾ (b) Tampa e fundo em moldes independentes.

2.2 Sistema de Canais

As árvores podem ser dimensionadas para trabalhar com vazamento direto onde os canais distribuidores ou mesmo os ataques são ligados direto ao canal de descida ou dimensionados para vazamento indireto, sendo desta forma os canais distribuidores ou ataques ligados a um canal de subida. A Figura 3 ilustra os dois sistemas sendo a Figura 3 (a)⁽¹⁾ para vazamento direto e a Figura 3 (b)⁽⁴⁾ para vazamento indireto com vários canais de subida.

O sistema de canal direto propicia um melhor rendimento metálico, uma vez que elimina-se o canal de subida e uma moldagem mais simplificada, pois não requer uma base para posicionamento da curva para subida. O canal de descida é normalmente cilíndrico, não permitindo uma conicidade para controle do fluxo, uma vez que nos empilhamentos haveria formação de degraus nas junções de cada molde, o que poderia facilitar o arraste de areia e gerar inclusões nas peças. Este processo tende a aumentar a probabilidade de ocorrência de gases no fundido devido a maior turbulência e distribuição irregular do metal nos canais a partir do canal de descida.^(4,5) Esta turbulência além de arrastar gases, expõe mais o metal a reoxidação e aumenta a tendência a erosão do molde ocasionando assim inclusões nos fundidos. No seu dimensionamento normalmente se trabalha na condição pressurizada.^(4,5)

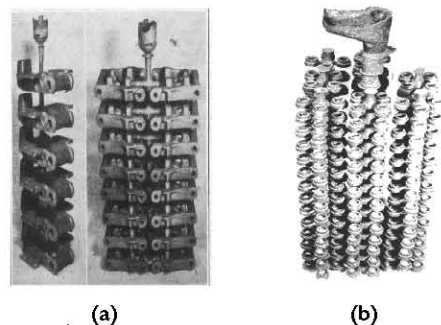


Figura 3. Árvore vazada. (a) Peças vazadas com sistema de canalização direta à partir do canal de descida;⁽¹⁾ (b) Peças vazadas com sistema de canais indiretos, com ataques saindo dos canais de subida.⁽⁴⁾

O sistema de canais indireto utiliza um canal de descida e um ou mais canais de subida dependendo da quantidade de peças no molde. Tal como no sistema direto, o canal de descida também é cilíndrico não permitindo a conicidade, pelo mesmo motivo descrito anteriormente.

Porém, na curva posicionada na base da árvore é possível se fazer um estrangulamento para permitir regulagem de fluxo de metal. O sistema permite um enchimento tranquilo molde a molde de maneira regular e sem turbulência, o que reduz a tendência a ocorrência de gás, reoxidação e a erosão do molde.^(4,5) O dimensionamento de canais neste caso pode ser pressurizado ou despressurizado. O rendimento metálico bem como a relação areia metal para o sistema indireto é pior que no caso do sistema com canais diretos, porém possibilita a obtenção de fundidos de melhor qualidade.^(1,4)

2.3 Vazamento

Diferentemente de outras ligas fundidas que normalmente utilizam painéis do tipo bico de chaleira ou bica para vazamento, o vazamento de aço é normalmente realizado com painéis de válvula, seja através do sistema com varão e tampão ou através de válvulas gaveta. Em ambos os casos a operação de abertura e fechamento da válvula é crítica uma vez que qualquer anomalia pode gerar uma falha no tamponamento, de modo a não conseguir uma perfeita vedação no conjunto varão válvula. No caso de válvula gaveta um número grande de aberturas torna inviável a operação, visto que após a primeira abertura a válvula não deve ser totalmente fechada, sob o risco de entupimento e perda do metal ou necessidade de abertura com oxigênio, etc. Desta forma, quanto maior o número de aberturas maior as perdas de metal, maior a perda de temperatura devido ao maior tempo de vazamento e menor a segurança da operação. Este problema torna-se mais crítico ainda no caso de peças pequenas vazadas com painéis de maior capacidade, como no caso da fundição da Amsted-Maxion que opera com painéis acima de 5 t, e muitas vezes mescla vazamento de peças pesadas, acima de 500 kg com peças leves, abaixo de 50 kg. Isto gera uma grande dificuldade em se compor a corrida, necessitando no caso trabalhar com painéis com duas válvulas para atender peças pequenas e grandes simultaneamente. Isto aumenta o custo e a dificuldade da operação, uma vez que necessita de dois varões montados na mesma panela. O ideal é que os pesos dos moldes a serem vazados em uma mesma corrida não se diferenciem muito, de modo a se trabalhar com somente uma

válvula e atender a todos os moldes sem comprometer a qualidade da peça, respeitando as exigências do dimensionamento de canais, tempos e vazões requeridas no projeto.

Comparando duas peças semelhantes, sendo uma produzida por processos convencionais vazada caixa a caixa e outra por processo em árvore, verifica-se que:

- Molde produzido de forma convencional sem empilhamento produz somente a quantidade de peças referente ao número de modelos possíveis na placa por abertura, ou seja, se a placa tem 6 modelos, em cada abertura de válvula se produzirá 6 peças.
- No caso de moldagem em árvore através do empilhamento de moldes, se a placa tem 6 modelos, e são empilhadas 5 pares de molde, cada abertura se produzirá 30 peças.

A Tabela 1 compara uma peça ferroviária fundida em aço baixa liga e médio carbono de 8,3kg em processos convencionais de moldagem e vazamento e em árvore. Verifica-se pela Tabela 1 um melhor rendimento metálico para o processo em árvore, além de uma menor variabilidade no peso vazado. Isto possivelmente se deve ao menor número de aberturas, e conseqüentemente menor geração de rebarbas, chapéu, etc, além do ganho normal devido a menor quantidade de canais e funil de vazamento face ao maior número de peças vazadas por abertura no caso de vazamento em árvore.

Tabela 1. Comparação de pesos brutos de uma peça de 8,3kg produzida em moldes convencionais e em árvore.

COMPARAÇÃO DE PESOS BRUTO				
Peças/Molde	Convencional 4 peças/molde		Em Árvore 55 peças/molde	
	Peso bruto		Peso bruto	
	Total	Por peça	Total	Por peça
Molde 1	77,4	19,5	705,5	12,8
Molde 2	75,9	18,9	707,8	12,9
Molde 3	78,6	19,6	707,2	12,8
Molde 4	76,3	19,1	705	12,8
Molde 5	79,4	19,8	709,1	12,9
Média	77,52	19,38	706,92	12,846
Desvio Padrão	1,486	0,370	1,681	0,032

A Figura 4 mostra a distribuição em uma linha de vazamento convencional com um vazamento em árvore. Verifica-se que a condição convencional necessita de um espaço muito maior na cama de vazamento do que processo em árvore ou de moldes empilhados para mesma quantidade de peças vazadas. Verifica-se também que o número de aberturas no caso convencional é muito maior que em árvore, o que como descrito anteriormente, aumenta as perdas e reduz o rendimento metálico.

2.4 Organização da Área e Corte e Quebra de Canais e Massalotes

A Figura 5 compara o empilhamento de várias árvores após desmoldadas aguardando corte ou quebra de canais, com outras peças vazadas de maneira convencional colocadas em

caçamba. Nota-se que na condição em árvore o empilhamento é mais seguro e organizado facilitando assim o manuseio, a quebra de canais e um inventário, ao passo que na condição convencional a organização e o manuseio para corte, quebra e contagem é dificultado, sendo necessário que se esparrame as peças para corte ou quebra de canais e massalotes.

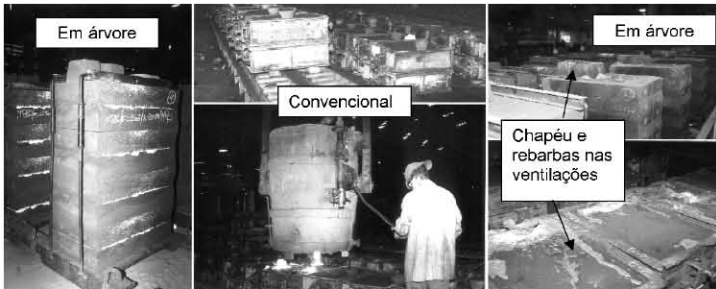


Figura 4. Vazamento em árvore e vazamento em moldes convencionais.



Figura 5. Comparação de empilhamentos de peças após desmoldagem. Verifica-se a maior facilidade de organizar e inventariar o estoque de processo.

3 CONCLUSÕES

1) O processo de moldagem em árvore através do empilhamento de moldes ligados por um único canal de descida é econômica e tecnicamente viável para produção de grandes séries de peças fundidas uma vez que, se comparado com processos convencionais uma vez que permite:

- Melhorar o rendimento metálico com redução de custo;
- Produção de um maior número de peças por abertura de válvula;
- Reduzir o número de aberturas de válvula por corrida para um mesmo número de peças produzidas;
- Melhorar a relação areia-metal devido a possibilidade de se trabalhar com tampa e fundo em uma só caixa ou bolo;
- Facilita o controle de produção e organização da área;
- Necessita de menores áreas para vazamento;

2) No processo de moldagem em árvore, sistemas com canais diretos propiciam melhor rendimento metálico, porém aumentam o risco de defeitos como gás e inclusões no fundido. Ao passo que sistemas com canais indiretos apresentam um rendimento metálico inferior se comparado com canais diretos, porém tendem a produzir fundidos com melhor qualidade. Mas, em ambos os casos o rendimento metálico é melhor se comparado com processos convencionais onde se vaza onde se vaza somente um molde por abertura de válvula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HEINE, R. W; ROSENTHAL, P. C. **Principles of metal casting**. New York: McGraw-Hill, 1955. p.73-78.
2. KOTZIN, L. **Metal casting & molding process**. Illinois: American Foundrymen's Society, 1981. p. 104-108. (Cast Metals Series)
3. FLINN, R. A. **Fundamentals of metal casting**. [S.l.]: Addison-Wesley, 1962. p.80-81. AMERICAN FOUNDRYMEN'S SOCIETY. **Analysis of casting defects**. Materials Park, American Foundrymen's Society, 1994. p. 16-23; 28-32; 42-52.
4. AMERICAN SOCIETY OF METALS. **Casting**. 9.ed. Material Park, 1988. p.11. (Metals Handbook, 15)