

NOTAS SÔBRE A MOLDAGEM EM CASCA ⁽¹⁾

MARCO MANFREDI ⁽²⁾

RESUMO

Apresenta o autor alguns aspectos tecnológicos da moldagem em casca. Estuda as propriedades mecânicas de corpos de prova de casca produzidos em aparelhagem especialmente projetada e construída para este fim. Descreve o dispositivo empregado, a obtenção de peças na máquina experimental e apresenta, por fim, algumas sugestões para quem deseje se iniciar no processo.

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de resultados satisfatórios na fundição de peças pelo processo de moldagem em casca ("Shell-Molding") depende, em grande parte, da natureza dos materiais empregados. Seus característicos entretanto não são mensuráveis por ensaios padronizados, que permitam oferecer resultados numéricos e susceptíveis de interpretação. Embora os conceitos gerais aplicáveis às areias de moldagem sejam em grande parte válidos, defronta-se o operador com novas variáveis (tais como temperatura de placa, altura do material na caixa basculante, tempo e temperatura de cura), cuja influência nas propriedades das cascas é significativa, exigindo portanto uma investigação sistemática. Pretende o autor, neste trabalho estudar a influência, sôbre as propriedades das cascas, de algumas variáveis consideradas importantes.

2. APARELHAGEM PARA CONFECÇÃO DE CORPOS DE PROVA

Considerando os esforços mecânicos aos quais a casca é submetida, quer na operação de extração da placa, quer na de

(1) Contribuição Técnica n.º 402. Apresentada ao XV Congresso da Associação Brasileira de Metais; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM; Engenheiro Assistente da Seção de Ferros Fundidos; Instituto de Pesquisas Tecnológicas; São Paulo, SP.

vazamento, pareceu ao autor interessante executar os ensaios de tração e de flexão, em corpos de prova confeccionados num dispositivo especialmente projetado e construído para este fim. Consta o aparelho de uma caixa basculante (fig. 1) de altura útil de 20 cm, na qual a mistura em estudo é colocada de forma a enchê-la aproximadamente até a metade. A tampa da caixa é constituída por uma placa que permite a obtenção de dois corpos de prova para os ensaios de tração e dois de flexão.

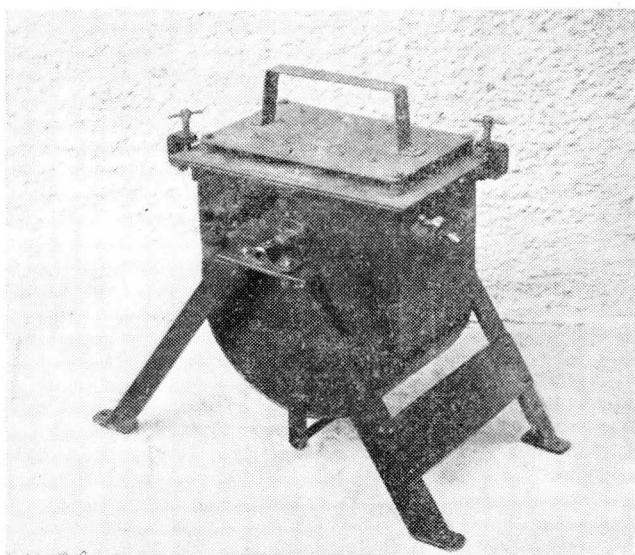


Fig. 1 — Aparelho para a confecção dos corpos de prova, fechado, pronto para ser usado.

Êstes corpos de prova são ajustados por meio de uma lima, de modo a se ter uma altura constante e superfície sem irregularidades (fig. 2).

Para evitar que a casca adira à placa, dificultando a posterior desmoldagem, foi aplicado à mesma um descolante, descrito no capítulo 3, conforme é geralmente feito. A extração da casca da placa é feita por meio de pinos extratores, funcionando o conjunto como uma máquina de moldagem em casca sem estufa. O aquecimento da placa e a cura da casca podem

ser feitos em qualquer forno ou estufa disponível, desde que equipada com termostato.

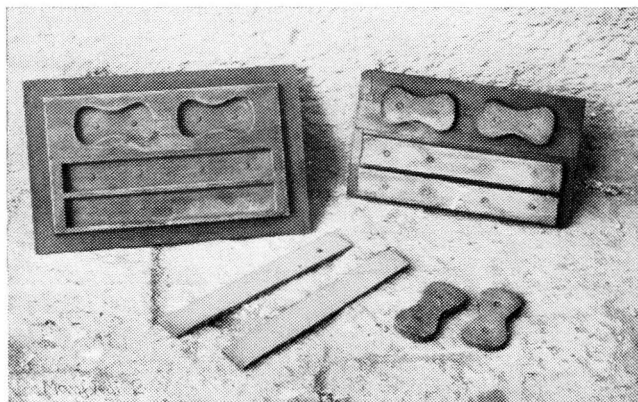


Fig. 2 — À esquerda, placa do aparelho para a confecção dos corpos de prova. À direita, a casca tal como é extraída da placa. Na parte inferior, os corpos de prova já prontos para o ensaio.

Para contrôlê da temperatura da placa, foi construído um pirômetro de contacto (fig. 3) constituído por um par Cromel-Alumel e um potenciômetro de alta sensibilidade.

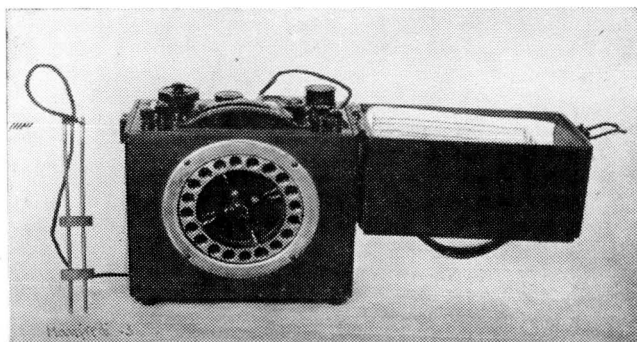


Fig. 3 — Pirômetro de contacto. À esquerda, o par Cromel-Alumel, cujas extremidades são ligadas ao potenciômetro de alta sensibilidade.

Mistura padrão — Foi usada areia do mar, lavada, do módulo de finura 95-100, sendo a mistura padrão constituída por 100 partes de areia e 6 partes de resina, em pêso. Foram empregados dois tipos de resina, a saber: THOR 278, aqui denominada Resina 1, e AD-5094, aqui denominada Resina 2, ambas gentilmente fornecidas pela Alba S.A.

Experiências efetuadas — Numa primeira série de experiências procurou-se determinar quais as condições de temperatura da placa, de tempo e de temperatura de cura que assegurassem a obtenção da máxima resistência das cascas. Variando a temperatura da placa entre 150°C e 300°C, a temperatura de cura entre 200°C e 500°C e o tempo de cura entre 1 e 3 minutos, verificou-se que várias combinações forneciam resultados satisfatórios. Para as experiências posteriores foram fixadas as seguintes condições de trabalho: temperatura de investimento 200°C; temperatura de cura 400°C e tempo de cura 1 minuto.

Importante, no caso, é que os dois lados da casca apresentem o mesmo grau de polimerização, o que pode ser indicado pela igualdade da coloração nas duas faces. O tempo e a temperatura de cura ótimos devem ser escolhidos pelo operador em função da produção horária, da temperatura da estufa, e das espessuras da casca e da placa. A placa funciona como volante térmico e determina o número de ciclos máximos que pode executar sem ser preaquecida novamente. Numa segunda série de experiências foi estudada a influência da quantidade de resina sobre a resistência dos corpos de prova.

A figura 4 relaciona a dureza e os limites de resistência à tração e à flexão com o teor de resina na mistura. A mistura foi efetuada num moinho Simpson durante 5 minutos, com a adição de 0,2% de querosene, para evitar segregação da resina. O ensaio de dureza foi efetuado com o aparelho Dietert e os resultados obtidos foram elevados conforme mostram os resultados reproduzidos na fig. 4. Este ensaio permite avaliar, de alguma forma, a resistência à abrasão das cascas durante o seu manuseio, operação à qual as mesmas são submetidas, quer para colagem ou fechamento com grampos. As misturas com 80% e 10% de resina apresentaram valores fora da escala do aparelho.

Verificou-se também que as cascas em cuja execução se usou cêra de carnaúba em excesso como descolante, apresentam menor resistência à abrasão, devido a resíduos carbonosos oriundos de queima da cêra. Este fato poderá tornar desaconselhável o uso da cêra como descolante, principalmente em peças que

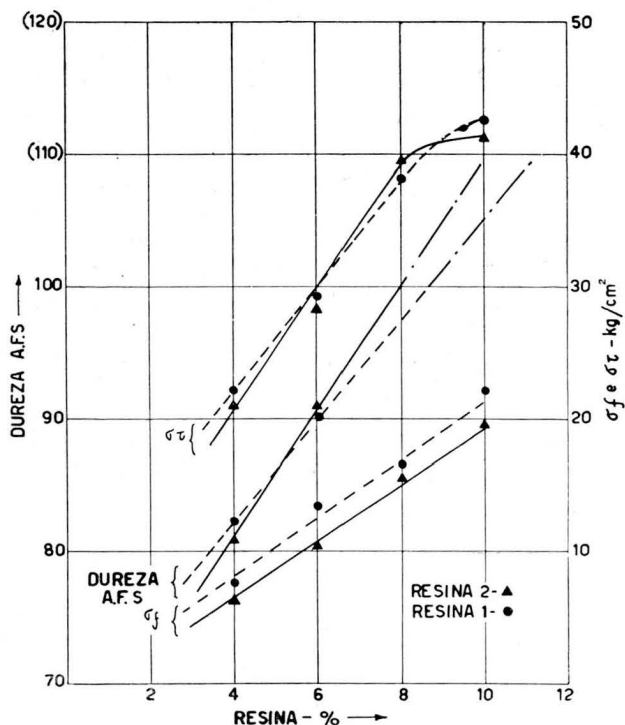


Fig. 4 — Relação entre o módulo de ruptura à tração, à flexão e dureza A.F.S. com a percentagem de resina. Temperatura de investimento: 200°C — Temperatura de cura: 400°C — Tempo de cura: 1 minuto.

possuam cantos vivos, pois poderão apresentar defeitos de lavagem de areia.

A influência da matéria orgânica por ventura já existente na areia ou proveniente de graxas etc., foi estudada adicionando-se à mistura padrão com 6% de resina, respectivamente 0,5 e 1% de óleo de oiticica. Houve dificuldade em se destacar a casca da placa e apreciável diminuição dos valores das propriedades mecânicas, conforme ilustrado na fig. 5.

Numa quarta série de experiências, foi adicionada à mistura padrão resina dissolvida em álcool, variando-se a relação álcool/resina 1:1 até 1:4, em peso. Embora certos autores recomendem tal prática, os resultados obtidos não apresentam melhoria apreciável nas propriedades mecânicas, pelo menos dentro da precisão dos ensaios.

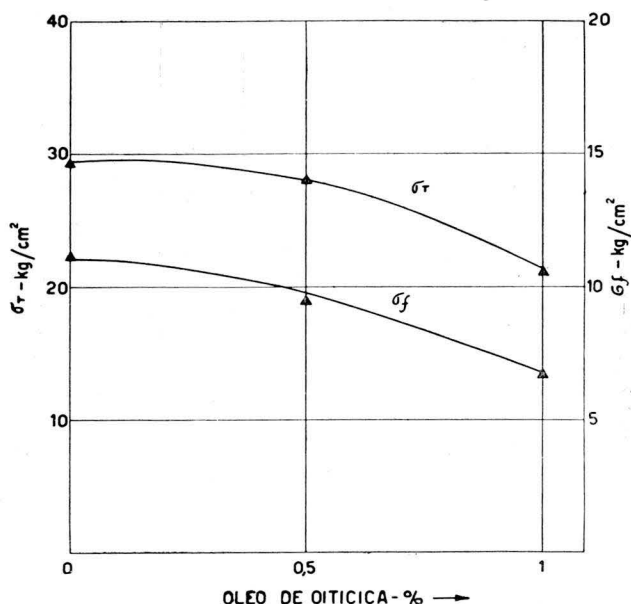


Fig. 5 — Influência da matéria orgânica sobre os módulos de ruptura à tração e à flexão. Temperatura de investimento: 200°C — Temperatura de cura: 400°C — Tempo de cura: 1 minuto.

3. CONFECÇÃO DE MOLDES E FUNDIÇÃO DE PEÇAS

Foram confeccionados na máquina de moldagem em casca projetada e construída no I. P. T. (fig. 6) moldes para resistências elétricas (fig. 7). As duas cascas foram juntadas com grampos de aço em pó, sendo calçadas por meio de areia de enchimento, não apresentando sua obtenção maiores problemas. Foi usada para a confecção da casca mistura com 5% de resina 1 ou 2 e 0,2% de querosene, preparadas em moinho de bolas, por falta de equipamento adequado. Essa operação forneceu mistura homogênea. Foram utilizados, no decorrer da experiência, dois tipos de descolante, a saber:

a) *Emulsão de óleo de silicona* — Foi empregado o produto gentilmente fornecido pela Cia. Química Rhodia Brasileira sob a denominação comercial “E-55 a 35%”. No início da operação reveste-se a placa com a solução (tal como é recebida) por meio de um pincel fino. Depois de obtida 4 ou 5 cascas, pulveriza-se a mesma por meio de um revólver a ar comprimido, depois de convenientemente diluída em água. Quanto maior a

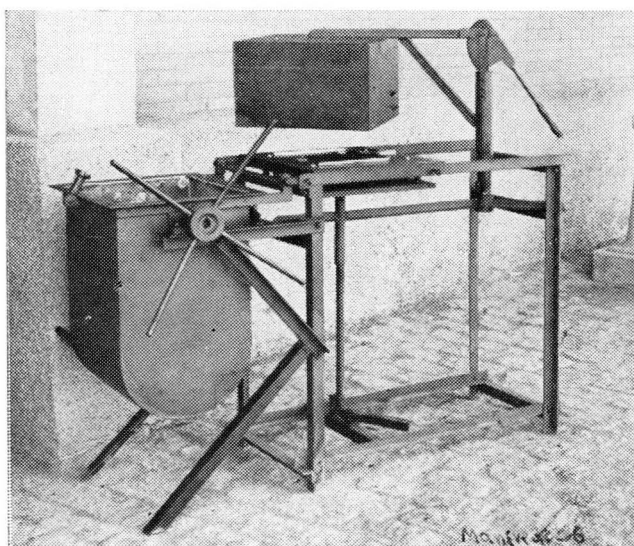


Fig. 6 — Máquina experimental para a produção de cascas, projetada e construída no I.P.T. A estufa é elétrica.

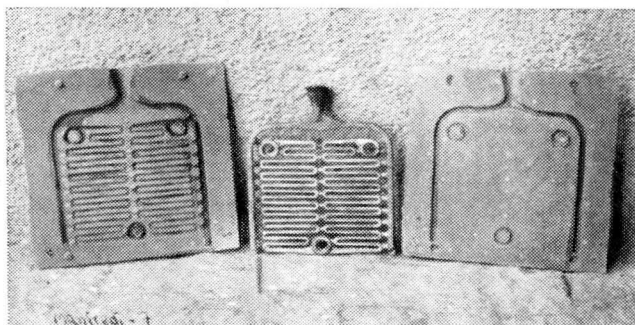


Fig. 7 — Resistência, fundida em ferro fundido cinzento comum, e as respectivas cascas usadas no processo de fundição.

diluição, menor o número de cascas que podem ser obtidas, sem necessidade de novas aplicações. Verificou-se que, com uma solução a 5%, é possível produzir até quatro cascas.

b) *Cêra de carnaúba* — Diluída em querosene, na proporção de 1 parte de cêra para duas de querosene, em volume. Esta mistura provou ser satisfatória para a produção de até 5 cascas

consecutivas, com o inconveniente de a primeira e a segunda casca obtida logo após a aplicação apresentarem resíduos carbonosos, com os inconvenientes ressaltados no parágrafo 2.

4. OBSERVAÇÕES QUANTO AO PROCESSO E APARELHAMENTO

I) A máquina para a produção das cascas deve ser construída de maneira tal que o aquecimento da placa seja uniforme, com variações máximas de 25°C entre o centro e a borda da mesma. Gradientes térmicos maiores que o acima mencionado acarretarão diferentes graus de polimerização da resina, como os seguintes inconvenientes: a) uma mesma casca poderá apresentar regiões com resistência mecânica diferente; b) haverá distorção entre o centro das cascas e as bordas com consequente dificuldade na operação de união das mesmas e portanto aparecimento de rebarbas e perda de peças.

II No início do funcionamento, a placa deve atingir a temperatura de 160-180°C. Quando a placa está fria, a polimerização da resina é insuficiente para conferir rigidez à casca e a mesma poderá se destacar da placa. Isto implica em perda de material e presença de material heterogêneo na caixa basculante, com prejuízo dos moldes posteriores. O operador deverá determinar, para cada tipo de modelo, em função da espessura da casca desejada e da temperatura da estufa, qual o ciclo ótimo para recozimento da placa.

III) A mistura areia-resina deve ser preparada no dia em que vai ser utilizada; a mistura é muito higroscópica e a umidade poderá causar enfraquecimento da casca e segregação da resina. Este último defeito, além de contribuir para enfraquecer a casca, poderá causar defeitos na peça, devido a gases que se desprendem na queima da resina.

IV) A caixa basculante deve assegurar queda mínima de 20 cm para garantir compactação suficiente em toda a superfície da peça, especialmente quando a mesma apresenta cantos vivos ou seções estranguladas. É também necessário que a pressão exercida pela mistura corresponda a uma camada de cerca de 20 cm, devendo o basculamento ser feito com a maior velocidade possível.

V) Os canais não devem ser corrigidos na casca por meio de lima, pela impossibilidade de se obter por meio desta opera-

ção uma superfície tão lisa quanto a original. A superfície da casca, imediatamente em contacto com a placa, é muito dura e lisa: quando, por qualquer meio, se remove a camada peculiar, encontra-se região mais rugosa. Uma mudança de coeficiente de rugosidade poderá mudar o regime do escoamento do metal fundido, causando sérios inconvenientes. Por isso, toda e qualquer modificação desejada deve ser feita na própria placa.

5. CONCLUSÕES

1. Os resultados dos ensaios mecânicos de corpos de provas produzidos com o aparelhamento especialmente construído para este fim, para as misturas produzidas com as duas resinas citadas, apresentam boa reprodutibilidade.

2. O limite de resistência à tração e à flexão, bem como a dureza, aumentam linearmente com a proporção de resina na mistura.

3. Para a peça estudada, valores do limite de resistência à tração e à flexão de 25 e 8 kg/cm², equivalentes à dureza A.F.S. de cerca de 95 (fig. 4), já permitem a obtenção de cascas que asseguram peças fundidas perfeitas. Esses valores são obtidos à custa de 5% de resina na mistura.

4. A presença de matéria orgânica na mistura influencia desfavoravelmente os resultados do ensaio.

AGRADECIMENTO

Deseja o autor exprimir o seu agradecimento ao Eng. Lino A. de L. Santos, Chefe da Secção de Ferros Fundidos do I.P.T. pelo apoio e orientação recebidos durante a execução do trabalho, realizado em 1959, quando assistente-aluno da Secção.

BIBLIOGRAFIA

1. BRAYBROOK, A. e WATER, B. H. C. — *Some aspects of Shell-Molding Theory*. Foundry Trade Journal, vol. 101, n.º 2097, págs. 721-728; n.º 2098, págs. 753-762, Dezembro, 1956.
2. BOLT, J. E. — *Controlling variables in processing Shell-Moulding Sands*. Foundry, vol. 86, n.º 4, págs. 107-109, Abril, 1958.
3. DRUMM, M. F. — *Resins and Sands for Shell-Moulding*. Transaction A. F. S., vol. 61, págs. 367-377, 1953.
4. DIXON, M. C. e BUSHNELL, R. S. — *The "C" process of Casting*. Foundry Trade Journal, vol. 94, n.º 1908, pág. 355, Março, 1953.



DISCUSSÃO ⁽¹⁾

M. Grinberg ⁽²⁾ — Felicitando seu Autor, o Eng. Marcos Manfredi, abro a discussão sobre o trabalho "*Notas sobre a moldagem em casca*".

Hilário Ferreira da Silva ⁽³⁾ — Pediria detalhes sobre a areia da mistura padrão.

M. Manfredi ⁽⁴⁾ — Em tôdas as misturas, usamos como areia base a areia do mar, lavada, de módulo de finura entre 95 e 100. Informamos que tem dado bons resultados.

José Maria Girona Coll ⁽⁵⁾ — Pediria detalhes sobre a espessura da casca e dos fatores que nela influem.

M. Manfredi — A espessura da casca depende essencialmente de três fatores. Em primeiro lugar, da temperatura da placa; temos trabalhado com a temperatura de 200°C, medida no pirômetro do contacto, no qual é possível um erro de cerca de 5 a 10°C. A espessura da casca depende ainda da altura do material na caixa basculante: — quanto maior a pressão, tanto maior essa espessura. O terceiro fator é o tempo durante o qual se bascula a casca; mantivemos esse tempo constante de 30 segundos.

Em resumo, com nosso equipamento e nossa areia, com a temperatura citada para a placa, com 25 cm de material na caixa basculante e num tempo médio de 30 segundos, temos tido cascas de 5 a 6 mm de espessura.

J. M. Girona Coll — De que metal é a placa? Qual o processo de aquecimento?

M. Manfredi — Há vários processos de aquecimento. No nosso caso particular, a placa é de aço, os modelos são alumínio, e o aquecimento elétrico. Obtivemos, durante as experiências, mais ou menos 500 cascas.

J. M. Girona Coll — Para separar a casca da placa, é indicado algum material descolante?

M. Manfredi — O elemento descolante usualmente usado é a silicona, diluída com água e aplicada sobre a placa com um revólver. Temos usado também, com resultados satisfatórios, cêra de carnaúba, diluída em querosene, na proporção de uma parte de cêra para duas partes de querosene, em volume. Esta mistura provou ser satisfatória para a produção de até 5 placas consecutivas. Entretanto, há um enfraquecimento provocado por resíduos carbonosos da própria cêra, que ficam incorporados à superfície da casca. Isso pode causar sérios inconvenientes.

J. M. Girona Coll — A placa é aquecida ou não.

-
- (1) Contribuição Técnica n.º 402. Discutida na Comissão «H» do XV Congresso da ABM; São Paulo, julho de 1960.
 - (2) Membro da ABM e Presidente da Mesa. Superintendente da Cia. Fabricadora de Peças «COFAP»; São Paulo, SP.
 - (3) Membro da ABM; Engenheiro da Fundação Becker Limitada; Porto Alegre, RS.
 - (4) Membro da ABM e Autor do trabalho discutido; do Instituto de Pesquisas Tecnológicas; São Paulo, SP.
 - (5) Membro da ABM; da Faculdade de Engenharia da Universidade de Buenos Aires; República Argentina.

M. Manfredi — É aquecida na estufa e debaixo da própria placa há uma resistência elétrica de 1.500 watts. Se a placa é aquecida uniformemente, a cor da casca resulta uniforme.

Marcio A. Menezes ⁽⁶⁾ — Desejava saber qual a idéia do Eng. Marco Manfredi quanto à influência do fator permeabilidade sôbre o comportamento da casca.

M. Manfredi — Não dispunhamos de equipamento para medir permeabilidade das cascas. Tivemos oportunidade de ver, posteriormente ao trabalho, uma adaptação do aparelho Dietert que permite medir a permeabilidade das cascas. Esta, de modo geral, é bastante grande e acho lógico admitir que seja proporcional à espessura.

M. Menezes — Qual a idéia que o senhor tem sôbre a influência da areia sôbre a mistura e sôbre suas características.

M. Manfredi — Aumentando o módulo de finura da areia, torna-se necessária maior quantidade de resina para obter a mesma resistência mecânica. Não pudemos fazer experiência neste sentido por não dispormos de areia de módulo 120-140. Experimentamos algumas areias moidas, cuja distribuição granulométrica porém não se mostrou conveniente.

Hernan Poblete ⁽⁷⁾ — Queria saber se foram feitas experiências com cubetas para ver a superfície de prova do corpo fundido.

M. Manfredi — Quanto à superfície das paças fundidas, parece haver certa dificuldade para obtenção de bom acabamento nos aços de baixo carbono, sendo usados neste caso como inibidores percentagens de óxido de magnésio adicionadas à mistura.

Manoel Moraes ⁽⁸⁾ — Os senhores fizeram algum estudo sôbre se o «shell-molding» retém umidade depois de polimerizado, ou se isso ocorre só quando misturado na areia?

M. Manfredi — Não fizemos nenhum estudo sôbre a influência da umidade sôbre as cascas depois de prontas. Pelas referências que temos, isto não deve ter grande importância, porque uma das vantagens do processo é justamente a de se poder guardá-las armazenadas por tempo indefinido — que se pode ser de alguns meses. De modo que não nos preocupamos com eventual umidade. Mas êsse é um trabalho de análise que pode ser feito, dado que há ainda muita coisa a se estudar nesse processo; nosso trabalho é apenas uma contribuição inicial.

M. Moraes — A literatura ensina que a resina é higroscópica e que deve ser guardada ao abrigo da umidade. Não foi feita observação neste sentido?

M. Manfredi — Foi observado que a resina, antes da polimerização, é de fato higroscópica. Se guardada dois dias, ela começa a mudar de cor e a casca obtida é mais fraca. Não tenho nenhum dado para mostrar

(6) Membro da ABM; da Sociedade Mineira de Engenheiros; Belo Horizonte, MG.

(7) Membro da ABM; Engenheiro do «Instituto Chileno del Acero» — ICHA; Santiago do Chile; República do Chile.

(8) Membro da ABM; Engenheiro da Cia. Fabricadora de Peças; São Paulo, SP.

o fato quantitativamente, mas tenho experimentado misturas deixadas dois a três dias ao ar livre e tenho verificado inclusive aumento na segregação.

M. Grinberg — O senhor fez experiências com uma peça de ferro fundido para resistência elétrica com aparelhos diversos. Poderia informar se notou a densidade, a diferença de fundição? O senhor passou, eu sei, de uma moldagem em areia para uma moldagem em casca.

M. Manfredi — Essa mesma resistência era fundida em areia, deitada. Passámos a fundi-la de pé, porque achámos mais conveniente. Mesmo fundindo deitado porém, o que foi feito, o processo não apresentou modificações. Porém, de modo geral, tornam-se necessárias modificações no sistema de alimentação quando se passa de um processo de moldagem para outro. A temperatura de vazamento foi a mesma usada para fundir em areia. Deve haver, em muitos casos, necessidade de balançar o carbono-silício para compensar essa diferença na extração de calor. Mas, no caso, não houve essa necessidade porque as peças eram calçadas com areia; reproduziam-se, mais ou menos, as condições da moldagem em areia. Em alguns trabalhos que tenho visto sobre secções metalográficas de peças fundidas em areia e «shell-molding», notam-se de fato diferenças quanto à textura.

M. Grinberg — O senhor notou que, para obter a mesma resistência, teria de fazer modificações na técnica de fundição, inclusive do metal?

M. Manfredi — De modo geral, deveria.

M. Grinberg — Não sei se todos os presentes estão familiarizados com o método «shell-molding». O senhor está admitindo, no seu trabalho, que todos conhecem esse método. Poderia fazer uma exposição bem sucinta de como se faz moldagem em «shell-molding»? Quais são as diversas fases? Sendo assunto relativamente novo no Brasil, seria interessante que todos os presentes ficassem familiarizados com ele.

Quando o senhor calçou o seu molde, disse que o fez com areia. Notou alguma dificuldade no enchimento do molde com calço de areia?

M. Manfredi — Não. Calcei pelo seguinte: não tínhamos máquinas para colar as placas e então elas eram fechadas com grampos. Mas sempre, num ou noutro lugar, havia vazamento; só calçando evitaríamos tal fato. Mas não havia necessidade de se aumentar a resistência mecânica, porque fundimos algumas sem calçar e os resultados foram iguais.

M. Grinberg — Estou chamando a atenção dos Srs. sobre o problema do vazamento.

M. Moraes — Queria fazer uma observação. Não sei se houve um lapso por parte do conferencista, que achou que o molde resfria mais rapidamente a peça. A nossa experiência tem mostrado que ele resfria muito mais lentamente. Como o molde é muito mais permeável, ele realiza uma pressão térmica em volta da peça. A nossa experiência tem acusado também que, na fundição de uma peça, temos sempre que fazer um ferro mais duro pelo processo «shell-molding» do que em areia. A explicação que temos é que sendo o «shell-molding» mais poroso, uma areia mais permeável, resfria mais lentamente a peça. De maneira que não sei se o conferencista se equivocou nesta observação ou se ele não teve essa experiência.

M. Manfredi — As suas peças são calçadas ou não?

M. Moraes — Tenho a impressão de que no caso de calçamento em areia pode ser que funcione diferentemente. Mas não vejo motivo para isso. Mesmo que eu utilize material isolante entre a areia e a peça, o resfriamento é muito lento. Isso seria suficiente para que a estrutura do material fôsse mais grossa. Essa é a nossa experiência, para obter a mesma qualidade de metal de um ferro fundido em areia e em «shell-molding».

M. Manfredi — Estava me referindo a peças não calçadas.

M. Moraes — Neste caso, tenho a impressão de que seria necessário um corpo de prova. O «shell-molding» queima com tanta rapidez que usualmente não se pode fazer fundição em «shell-molding» completamente sem calço.

M. Manfredi — Tenho feito experiências naturalmente em peças pequenas.

M. Moraes — Pode-se admitir, então, que o resfriamento seja mais rápido.

M. Manfredi — Tenho visto também muitas figuras em revistas em que fundem diretamente a peça sem calço.

M. Moraes — Acho que isso só é possível em peça muito pequena, de metais leves.

M. Grinberg — Ai é mais uma questão puramente econômica. A parte dos debates, o Eng. Marco Manfredi citou o custo do quilo de casca. Naturalmente se o preço do quilo de casca influi economicamente, logo, se se usar calço, poder-se-á usar sempre certos limites a casca ao custo mínimo. No material usado pelo Eng. Marco Manfredi evidentemente não se estava vendo êsse aspecto, mas apenas estudos, o estabelecimento de corpos de prova. Agora, numa fundição comercial, o custo viria, sem dúvida, influenciar.

Fernando H. Bonafede ⁽⁹⁾ — Desejaria saber se o autor do trabalho tem observado o efeito que tem a casca sôbre a peça fundida, numa comparação com os moldes em areia.

M. Manfredi — Era juntamente o que estava explicando há pouco, isto é, resfriamento maior ou menor. Nas peças que temos fundido, verificámos que, naquelas que têm 3 a 4 mm de espessura, não houve defeito quando calçadas com areia.

F. H. Bonafede — Complementando o que se disse há pouco, acredito que o «shell-molding» produz maior efeito sôbre o gusa, pela ausência de umidade. Então, para se ter igual dureza em «shell-molding», basta usar um teor de carbono mais baixo. Essa seria a explicação por que a peça fundida em «shell-molding» é mais dura.

M. Manfredi — Simplesmente afirmei o seguinte: no caso de não se calçar a peça, ela sai mais dura. Mas o Eng. Manoel Moraes disse que, de modo geral, não é essa a técnica empregada.

(9) Membro da ABM; Secretário da «Sociedad Argentina de Metales»; Buenos Aires; República Argentina.

M. Moraes — Não tenho grande experiência nesse sentido. Mas, haveria necessidade de saber se essa resistência é conseguida com alto carbono e alto silício. Neste caso, estamos num limite de ferro fundido de sensibilidade muito fraca. E o efeito aí, fundido com ou sem «shell-molding», quase que desaparece.

Tenho a impressão até de que a fundição de uma resistência em «shell-molding» vai aumentar as suas características, afinando o grão, se feita com alto carbono e alto silício para fluidez. De maneira que a aplicação do «shell-molding» irá melhorar o acabamento, irá dar uma granulação muito mais fina, um material mais fechado, digamos assim. Isso, provavelmente não teria sido observado, ou seja, a influência do resfriamento neste caso, porque está fora do limite de sensibilidade do ferro fundido. Num caso encrocado, provavelmente, o problema aparecerá. Aliás, eu tinha esquecido que a umidade é um fator muito forte.