

# PROCESSO DUPLEX COM FORNOS ELÉTRICOS A ARCO. RAZÕES DE SUA ESCOLHA. PROCESSO DE FUSÃO E SEU CONTRÔLE <sup>(1)</sup>

JOSÉ BEZERRA PARAGUAY <sup>(2)</sup>

WALKIR FERREIRA VELLOSO <sup>(3)</sup>

## RESUMO

*Após ligeiro histórico do advento da indústria automobilística, os AA. dizem como a General Motors do Brasil, após cuidadosos estudos, chegou à adoção do processo duplex com fornos elétricos a arco. Indicam os métodos de contrôle, que asseguraram ao conjunto industrial de São José dos Campos um ótimo índice de aproveitamento, comparável com os melhores obtidos nas boas fundições de outros países.*

## 1. HISTÓRICO

Os estudos iniciais para a implantação de uma indústria automobilística no Brasil foram iniciados com mais objetividade em 1952, ano em que, lançando-se mão dos consideráveis saldos de divisas existentes na época, atingiu-se um dos períodos de maior importação de auto-veículos em tôda a história do comércio brasileiro. Assim é que em 1951 o Brasil importou 100.042 auto-veículos de todos os tipos; no ano seguinte essa cifra atingiu 95.468 unidades, correspondendo a um dispêndio cambial de 276,5 e 261,4 milhões de dólares respectivamente. Tais importações representaram para o País um ônus sensivelmente superior ao que se dispendeu com a importação de derivados de petróleo ou de trigo.

“Essa situação sobrevinha, todavia, após um período de guerra, em que as demandas do mercado nacional se mantiveram insatisfeitas, agra-

---

(1) Contribuição Técnica n.º 387. Apresentada na Reunião Aberta sôbre «Produção de peças de ferro fundido de alta qualidade» do XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM; Engenheiro da Usina da General Motors em São José dos Campos, SP.

(3) Membro da ABM; Químico da Usina da General Motors em São José dos Campos, SP.

vando-se sobretudo no que diz respeito à importação de peças de reposição, para manter em serviço a frota brasileira, já naquela ocasião bastante envelhecida. Como decorrência das dificuldades de importação durante a guerra, iniciou-se a indústria de auto-peças, que em 1951 e 1952 se viu ameaçada de perecimento, devido à falta de orientação técnica e de amparo financeiro, agravada pela importação de peças do exterior”.

Estando praticamente nas mãos do transporte rodoviário uma grande parcela da subsistência da Nação, exigiam-se providências urgentes para a solução de tão angustiante problema.

A magnitude do assunto alertou a Comissão do Desenvolvimento Industrial, órgão consultivo da Presidência da República, que, a fim de estudar mais detalhadamente o assunto e sugerir as medidas convenientes para a solução do mesmo, criou a Sub-Comissão de Jipes, Tratores, Caminhões e Automóveis, designando para sua presidência o então Comandante Lucio Martins Meira. Essa Sub-Comissão, iniciando imediatamente seus trabalhos, promoveu intensivos estudos, concentrando inicialmente sua atenção no parque de indústrias de auto-peças, então existentes no País.

Após a elaboração de cuidadosos estudos, a Sub-Comissão propôs, em outubro de 1952, uma série de medidas visando a criação da indústria nacional de auto-veículos. Tais medidas foram aprovadas pela C. D. I. e submetidas ao Presidente da República, que as acolheu e aprovou. Foi estimado naquela época que, para se atingir a nacionalização de cerca de 80% em peso de um auto-veículo seriam necessários cerca de 8 anos. Embora tal suposição parecesse para muitos irrealizável, os fatos demonstram que em período de tempo bem mais curto foi conseguida aquela percentagem de nacionalização.

Dificuldades das mais diversas obstaram o prosseguimento daqueles estudos e sua posterior materialização. Este estado de coisas se prolongou até meados de 1956 quando, pelo decreto presidencial 32.412, foi criado o Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA) com a finalidade de implantar a indústria automobilística no País. E agora que o GEIA completou quatro anos de existência, já se fabricaram no Brasil mais de 250.000 auto-veículos.

A *General Motors do Brasil*, paralelamente aos estudos e planos realizados pelas nossas Autoridades desde 1953, cogitava da ampliação de suas atividades industriais visando a manufatura de veículos no Brasil. Datam daquela época as primeiras pesquisas mais objetivas de mercado para fornecimento de maté-

rias primas e de peças manufaturadas. A boa qualidade das diversas matérias primas foi constatada por análises efetuadas em vários laboratórios, devendo se ressaltar a colaboração do Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo.

Com o objetivo de concretizar seus planos de manufatura, em fins de 1953 a General Motors do Brasil adquiriu uma área de terreno em São José dos Campos. Tal escolha decorreu principalmente dos seguintes fatores:

- 1 — Proximidade aos centros consumidores e fornecedores;
- 2 — Facilidade de acesso, por rodovia, através da Via Presidente Dutra e por ferrovia, através da Estrada de Ferro Central do Brasil;
- 3 — Possibilidade do eventual escoamento de produtos pelo pôrto de São Sebastião.
- 4 — Ampla disponibilidade de água, tanto por meio de poços profundos, como do Rio Paraíba;
- 5 — Localização próxima à importante rêde do sistema elétrico Rio-São Paulo;
- 6 — Existência de áreas suficientemente grandes que permitissem expansões futuras.

Em princípios de 1955 foi elaborado um ante-projeto de manufatura de motores, o qual incluía uma fundição com capacidade para 12,5 unidades por hora, ou seja, 100 unidades diárias por turno normal de oito horas.

Com a aprovação da Lei n.º 2.993, de 6 de dezembro de 1956, que concedeu pelo prazo de 30 meses isenção de direitos, taxas e tarifas aduaneiras na importação de equipamentos para produção de material automobilístico, mais incentivo foi dado às firmas que planejavam a fabricação de auto-veículos no País. Foi no mesmo mês de dezembro de 1956, que a General Motors concretizou a sua intenção de produzir no País, submetendo ao GEIA um completo e detalhado programa de manufatura de caminhões. Logo após sua aprovação, todos os esforços foram dirigidos no sentido de se abreviar ao máximo o início da produção.

Foram enviados aos Estados Unidos técnicos brasileiros que, especialmente treinados, tornaram-se mais tarde os homens-chave nos diversos setores da fábrica. Quase duas centenas de pessoas, entre técnicos, engenheiros, químicos, feitores e outros,

trabalharam nas instalações da Companhia nos EE. UU., aprendendo as técnicas de produção e familiarizando-se com os equipamentos que iriam usar mais tarde, bem como os problemas com que se defrontariam. É necessário mencionar em particular o General Motors Institute, escola superior à qual são enviados todos os anos vários brasileiros mediante bolsas de estudo.

Na realização de seu plano, a Companhia investiu cêrca de US\$ 19 milhões e Cr\$ 2 bilhões. A parcela em dólares, se refere a equipamentos e ferramentas importadas, enquanto que a parcela em cruzeiros cobriu as despesas decorrentes de terraplenagem, fundações, edifícios, instalações de equipamentos, instalações para serviços essenciais, e tôdas as demais compras e despesas locais.

Os gastos e investimentos relacionados sòmente com a Fundação (não incluindo serviços ou construções de uso comum com outros edifícios e instalações) se elevam a cêrca de 10 milhões de dólares em equipamento importado e 483 milhões de cruzeiros para a construção de prédios, inclusive instalações contra incêndio e sistema de ventilação e ar condicionado, e para a compra de equipamentos e outras instalações de origem local.

Os planos foram orientados com o objetivo de se ter numa só área a Fundação e a oficina de Usinagem, com possibilidade de construção, no futuro, de outros edifícios necessários ou desejáveis para uma indústria de auto-veículos integralizada.

O atual conjunto industrial em São José dos Campos foi inaugurado em 10 de março de 1959; até o presente produziu cêrca de 20 mil motores, com um ótimo índice de aproveitamento, comparável com os melhores obtidos nas boas fundições de outros países.

## 2. ESCOLHA DOS TIPOS DE PRODUÇÃO

Depois de considerações cuidadosas das análises dos materiais, pêsos e facilidades para a subsequente usinagem, decidiu-se pelas seguintes peças a serem manufaturadas na fundição:

### 1 — *Ferro duro* (Hard iron):

- Bloco do motor
- Tambores de freio traseiro e dianteiro
- Volante
- Capas dos mancais

2 — *Ferro mole* (Soft iron):

Capa de embreagem  
Tubulação de admissão do motor  
Corpo da bomba de óleo  
Tampa da bomba de óleo  
Suporte da bomba de óleo  
Corpo da bomba de água  
Rotor da bomba de água  
Saida de água  
Caixa do termostato  
Contrapêso do tubo de exaustão  
Mancal de encôsto da árvore de ressaltos  
Guias de válvulas  
Suporte do eixo dos balanceiros  
Caixa de transmissão  
Compensador harmônico

3 — *Ferro especial*:

Árvore de ressaltos (ou eixo de comando de válvulas)

A capacidade de produção, como já foi mencionado, foi calculada na base de 12,5 unidades por hora, equivalente a cêrca de 8 toneladas de ferro por hora, na bica do forno.

## 3. MÉTODOS CONSIDERADOS PARA A FUSÃO

Foram estudados dois métodos diferentes, a saber:

- 1 — Duplex com fornos elétricos a arco;
- 2 — Duplex com cubilô a ar quente de 48" D.I. e forno elétrico a arco.

Foi escolhido o método duplex com fornos elétricos a arco direto, no qual a fusão primária é feita em fornos elétricos, sendo em seguida a carga líquida transferida para um outro forno. Êste último, também elétrico, funciona como um reservatório, no qual a composição e temperatura do ferro são controladas e mantidas dentro dos limites desejados. A escolha desse método baseou-se em razões de ordem econômica e técnica.

I. *Razões de ordem econômica* — Concluiu-se ser o método duplex com fornos elétricos a arco o mais econômico para a finalidade.

Damos a seguir as bases do estudo econômico que foi realizado, no qual foram atualizados os valores, não se devendo es-

quecer que as condições que se nos apresentaram são condições particulares e poderão acusar ligeiras variações com às de outras indústrias.

Consideraram-se três itens essenciais, que são: Custo de operação; Material e Depreciação e amortização.

O cálculo que apresentamos foi feito em cruzeiros, tendo sido o valor do equipamento importado convertido à razão de Cr\$ 200,00 por dólar. A quantia final obtida no processo duplex com fornos elétricos foi igualada a 1,00000 e, em seguida, calculou-se o valor correspondente para o processo duplex com cubilô; obteve-se o valor de 1.04988, ou seja quase 5% mais. Essa relação permanece praticamente igual tanto no caso do ferro duro como do ferro mole. Não se tomaram em consideração certas despesas indiretas incluídas em "over-head" que variam muito, dependendo das condições peculiares a cada firma.

À primeira vista, quando se compara o custo de produção por cubilô com o custo por fornos elétricos, o processo utilizando-se cubilô aparentemente é mais econômico. No entanto, deve-se considerar que as cargas dos fornos nos dois processos são diferentes, além do que só no cubilô é empregado o coque cujo preço é elevado por ter que possuir alto poder calorífico e baixo teor de cinzas, resultando um custo maior da carga do cubilô. Analisando-se a tabela que segue, veremos que a única parcela favorável ao cubilô, é a de amortização e depreciação, que é função direta do investimento feito.

No custo do material por tonelada, vemos que o duplex elétrico apresenta uma vantagem de cerca de 7,1%, que é decorrente do uso de materiais mais baratos que nos fornos cubilô. Tanto isto é verdade que por exemplo os cavacos, para serem usados nas cargas do cubilô, devem se apresentar na forma de briquetes, o que redundará num custo aproximadamente 40% mais elevado do que o cavaco comum, dado o investimento em instalações de briquetagem e seu custo de operação. Além disso, a oxidação nos cubilôs é em média de 6%, enquanto que nos fornos elétricos é de 3%. Já nos fornos elétricos, os cavacos requerem somente uma centrifugação para remoção de óleo e água porventura existentes. A percentagem de uso do cavaco, por outro lado, é limitada pela sua produção, de modo que não irá além de 20% na carga em ambos os casos.

Tivemos oportunidade de ver em operação cubilôs que funcionam com injeção de cavacos na zona de fusão, não necessitando assim de briquetagem. Porém, considerando as variações existentes nas análises do metal, principalmente com relação ao silício e que são provocadas pela injeção de cavacos, preferimos os fornos elétricos a arco, tendo sempre em vista um melhor controle da qualidade.

1 - Equipamento básico estudado

	<u>Duplex com fornos elétricos a arco</u>	<u>Duplex com cubilô a ar quente</u>
a) - Fusão primária	2 fornos elétricos	2 cubilôs
b) - Fusão secundária	1 forno elétrico	1 forno elétrico

2 - Custo de operação

Energia elétrica .....	0,05837	0,00186
Eletrodos .....	0,08529	0,01422
Refratários .....	0,01233	0,00777
Manutenção dos refratários ..	0,00502	0,00259
Combustível para ar quente ..	-	0,00668
Coque .....	-	0,15921
Mão de obra direta .....	<u>0,00400</u>	<u>0,00460</u>
Total .....	<u>0,16501</u> =====	<u>0,19693</u> =====

3 - Custo do material

O índice de custo foi obtido presumindo-se as seguintes cargas típicas:

a) - Carga do forno elétrico:

- 30% Retorno de fundição
- 12% Sucata de aço - pacote
- 20% Cavacos de usinagem
- 4% Sucata de molas
- 34% Gusa
- Foi considerada uma perda de 3%

Custo ..... 0,71810  
=====

b) - Carga do cubilô:

- 25% Retorno de fundição
- 20% Cavacos briquetados
- 25% Gusa
- 24% Sucata de aço
- 0.75% Fe-Si
- 5.25% Gusa especial
- Foi considerada uma perda de 6%

A carga acima escolhida é a média das usadas nas fundições da GM nos EE.UU.

Custo ..... - 0,78924  
=====

4 - Depreciação e Amortização em 10 anos

0,11689  
=====

5 - Sumário:

Custo de operação .....	0,16501	0,19693
Material .....	0,71810	0,78924
Depreciação e Amortização .....	<u>0,11689</u>	<u>0,06371</u>
Custo total comparativo .....	<u>1.00000</u> =====	<u>1.04988</u> =====

No custo de operação tem-se uma vantagem de 3% a favor dos fornos elétricos, resultante principalmente do alto custo do coque importado.

Um outro ponto importante a ser considerado (e que evidentemente irá se refletir no custo do produto), é aquele proveniente do material fundido. No caso do cubilô, caso haja variações de análise superiores aos limites especificados, ter-se-á que lingotar o ferro para posteriormente refundi-lo, ou então efetuar a sua transferência para o forno de fusão secundária, onde será feito o acêrto da composição. Evidentemente ambas as alternativas são anti-econômicas, porquanto ou se tem que refundir o material, ou se tem que paralisar a linha de moldagem enquanto se acerta a composição do metal no forno de fusão secundária.

Quando se utiliza fornos elétricos a arco para a fusão primária, as desvantagens acima são evitadas, pois a correção da composição pode ser feita no forno de fusão primária, estando o ferro dentro das especificações desejadas ao ser transferido para o forno de fusão secundária. Por outro lado, e ainda a respeito das variações na análise da composição, é fato sabido e indiscutível que elas podem ocorrer com maior probabilidade nos cubilôs do que nos fornos elétricos.

Concluindo, deduz-se que há uma diferença de aproximadamente 5% no custo de produção de ferro entre um método e outro, equivalente, aos preços atuais, a cêrca de 550 cruzeiros por tonelada.

II. *Razões de ordem técnica* — Foram as seguintes, entre outras, as razões de ordem técnica que influíram na escolha de fornos elétricos:

- a) A maior uniformidade assegurada pelo forno elétrico na composição do metal obtido na primeira fusão. Por outro lado, o cubilô na primeira fusão produz um metal cuja composição varia de 20 a 30 pontos no silício, e em tórno de mais ou menos 10 pontos no carbono (isto quando se tem uma sucata bem controlada e um bom coque de fundição), demandando mais tempo para a correção da análise do metal no forno elétrico de segunda fusão, afetando assim a linha de moldagem e o "cooling rate" das diversas peças.
- b) As perdas no cubilô são sempre maiores do que no forno elétrico. Neste, elas são da ordem de 2% a 3%, enquanto que no cubilô são da ordem de 6%.
- c) O metal obtido no forno elétrico de primeira fusão, ainda que tenha a mesma composição daquele produzido no cubilô, tendo dureza maior necessitará de uma adição de ferro-liga para a obtenção da dureza desejada.

- d) O super-aquecimento obtido no forno elétrico pode atingir 1510 a 1595 graus C, alterando-se assim as propriedades do metal de tal maneira que as estruturas resultantes se tornam menos sensíveis às diferenças de "cooling rate" do que no ferro de cubilô. O super-aquecimento favorece ainda a dissolução de outras inclusões não metálicas, que são coaguladas e eliminadas, de acordo com a "Silicate Slime Theory". Sem as inclusões para agir como centros de cristalização, a grafitação não é iniciada enquanto a temperatura não tenha caído bem abaixo do ponto eutético. Devido ao curto limite para grafitação e ao fato da precipitação da grafite iniciar-se a uma temperatura mais baixa, os floculos de grafite resultam mais finos, havendo em consequência alguma estabilização dos carbonetos.

#### 4. REVESTIMENTO USADO, SUA TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO. DADOS OBTIDOS DURANTE O PRIMEIRO ANO DE OPERAÇÃO

Devido às circunstâncias, a fundição da General Motors do Brasil em São José dos Campos opera atualmente apenas em um turno de 8 horas de trabalho. Desta maneira os fornos de fusão primária e secundária só são utilizados naquelas horas, havendo em consequência um choque térmico bem maior do que se trabalhassem 16 horas, como é geralmente o caso da maioria das fundições. Apesar disso, nossa experiência tem demonstrado que a duração das abóbadas e das partes laterais dos fornos é superior àquela geralmente considerada normal. Na construção das abóbadas, as juntas de dilatação, permitindo livre movimento dos refratários durante o aquecimento, são fatores preponderantes na sua durabilidade. Os tijolos, principalmente os centrais, são colocados sem pressões bruscas ou choques. As juntas de dilatação aconselhadas pelo fornecedor são de 3 mm por 300 mm no sentido dos anéis, sendo recomendada ainda uma outra junta entre cada dois anéis. Um bom apóio dado aos tijolos que iniciam a abóbada é de grande influência na sua duração, principalmente porque são estes os primeiros a trincarem.

O revestimento dos fornos é do tipo ácido, silicoso, sendo a soleira feita com uma mistura de areia grossa (quartzo granulado), argila, silicato de sódio e água, na seguinte proporção:

Areia grossa . . . . .	5 partes (3 mm tamanho médio e finos)
Argila refratária . . . .	1 parte
Mistura de 15% silicato de sódio, com 85% de água.	

A mistura deve ser feita de 12 a 24 horas antes do seu uso, de modo a se ter uma boa têmpera e de preferência, deve-se usar um misturador. Antes de aplicar a mistura acima, deve-se limpar os tijolos do fundo e pintá-los com uma mistura em par-

tes iguais de silicato de sódio e água, até a altura que irá a soleira. Soca-se a primeira camada da mistura com auxílio de um martelete pneumático, até atingir 16 cm de espessura. Em seguida, depois de arranhar-se toda a área socada e varrer todo o material solto, aplica-se uma pintura de silicato de sódio e água (em partes iguais), e procede-se ao socamento de uma segunda camada de 16 cm de espessura. Depois de acabada, limpa-se todo o material solto e procede-se à sinterização da soleira. Finalmente aplica-se uma camada de 4 cm de espessura e sinteriza-se novamente.

A camada final de 4 cm de espessura é executada com uma mistura de 5 partes de quartzo granulado, de tamanho médio 3 mm misturado com 2 partes de areia (módulo 35-40) e uma parte de argila refratária. Mistura-se em seguida com 15% de silicato de sódio e 85% de água, até que se tenha uma boa consistência, de modo que possa ser jogada com uma pá ou outra ferramenta para dentro do forno.

Em média a duração da abóbada refratária nos fornos de fusão primária é de 150 corridas. As paredes laterais e o arco da porta resistem em média a 230 corridas.

A abóbada refratária e as paredes laterais no forno de fusão secundária têm uma duração média de quatro e meio meses. Os reparos da soleira, quando necessários, são feitos com areia grossa (módulo 35-40), pura.

## 5. DESCRIÇÃO DOS FORNOS — CONSUMO DE ENERGIA, ETC.

Os fornos escolhidos para fusão primária são fornos de abóbada móvel, com cerca de 3 metros de diâmetro e com capacidade para produzir aproximadamente 8 toneladas de ferro fundido por corrida de 2 horas. São carregados pelo tampo por meio de caçambas, cujo fundo se abre por meio de um sistema mecânico de cabo de aço.

O forno de fusão secundária, com capacidade para 14 toneladas, é do tipo de abóbada fixa, sendo carregado pela porta traseira que é provida de uma bica especial. A transferência do metal líquido dos fornos de fusão primária para o forno de fusão secundária é executada por meio de painéis com capacidade para 10 toneladas, transportadas com o auxílio de uma ponte rolante.

Para cada forno há um sistema de exaustão de gases com coletor de pó e lavador, o que contribui sensivelmente para se ter um ambiente saudável e limpo, evitando-se acidentes numa das áreas mais perigosas da fundição.

*Consumo de energia e eletrodos* — Como sabemos, o consumo de energia elétrica e de eletrodos depende diretamente da quantidade de metal fundido. Numa produção a cêrca de 66% da capacidade prevista foram obtidos os seguintes resultados médios:

Consumo de energia elétrica . . . . .	659 kilowatt-horas por t de metal
Gasto de eletrodos . . . . .	9 quilos por t de metal

Evidentemente, os valores acima seriam mais favoráveis se o índice de utilização dos fornos fosse maior. Inversamente, uma diminuição no índice de utilização, resultaria num aumento proporcional de consumo de energia elétrica e de eletrodos.

*Estudo de carga* — Após diversos cálculos foi escolhido o tipo de carga mais econômica em função das disponibilidades máximas dos diversos materiais e de seus preços.

Para o ferro duro (Hard iron), constatou-se ser mais eficiente e econômica a carga composta de:

- 30% Retôrno de fundição (canais e peças sucataadas)
- 12% Sucata de aço em pacotes
- 4% Sucata de molas
- 20% Cavacos de usinagem
- 34% Gusa

Para o ferro mole (Soft iron), foi escolhida a seguinte composição:

- 30% Retôrno de fundição
- 10% Sucata de aço em pacotes
- 10% Cavacos de usinagem . . .
- 50% Gusa

As adições Fe-Si e grafite para corrigir a composição são praticamente as mesmas em ambos os casos.

*Contrôle de fusão primária e secundária* — Feita a carga de 8 t, é iniciada a fusão primária do material, após o que entra o mesmo na fase de super-aquecimento. Amostras são então retiradas e enviadas para o laboratório. Conhecido o resultado da análise, procede-se à limpeza da escória e aguarda-se o momento de transferir o metal para o forno de fusão secundária. O tempo total para carga, fusão e transferência é de aproximadamente 90 minutos. Em virtude de termos uma carga

controlada, as correções durante a transferência do metal líquido são praticamente constantes e são efetuadas na panela.

A temperatura de vazamento do forno de fusão primária é também controlada, sendo de cerca de 1550°C (2820°F). O metal estando dentro dos limites especificados é transferido para o forno de fusão secundária.

Na análise do metal fundido (feita no laboratório) os teores de Si, Cr, Mn, Ni e Mo são fornecidos quase instantaneamente, graças a um espectrometro de leitura direta. As análises de C, S e P são feitas por processos clássicos.

No forno de fusão secundária o metal é mantido a uma temperatura a mais constante possível. A temperatura de vazamento é de cerca de 1510°C (2750°F) e a de vazamento nos moldes varia de 1455°C (2650°F) a 1415°C (2580°F). Se a temperatura cair abaixo do limite inferior, o metal ou é lingo-tado ou retorna ao forno de fusão secundária.

O contrôlo visual do metal é efetuado verificando-se a altura de coquilhamento em cunhas de secção triangular, com 9,5 mm de base e 22 mm de altura, fundidas em macho e sempre resfriadas e quebradas em idênticas condições. Para o contrôlo químico tiram-se amostras cada 10 minutos, analisando-as no laboratório.

A fim de melhorar as propriedades do metal, principalmente de resistência à tração e de usinabilidade, é feita a inoculação durante o vazamento do forno de fusão secundária. O inoculante usado é uma liga de Si, Mn e Zircônio.

Os principais ensaios mecânicos utilizados para o contrôlo da qualidade do material são os seguintes: 1 — Resistência à tração; 2 — Ensaio de flexão e 3 — Dureza.

1. *Resistência à tração* — É um dos fatores de grande importância nas características do ferro, especialmente no caso de produção de motores. Os corpos de prova são barras fundidas em separado das peças de produção normal, porém são desmoldadas nas mesmas condições das peças. De acôrdo com a espessura da peça em produção, são três os tipos de barras produzidas para corpos de prova:

	<i>Diâmetro</i>	<i>Comprimento</i>
Tipo 1 .....	0.5"	Não especificado
Tipo A .....	0.875"	15"
Tipo B .....	1.200"	21"

As barras do tipo 1 são utilizadas para testes de resultados imediatos, servindo somente para fins de orientação e para os quais não é necessário usar o corpo de prova. As barras do

tipo A e B são usinadas de acordo com as dimensões normais da A. S. T. M., ou sejam:

Tipo A .....	0,505" de diâmetro
Tipo B .....	0,750" de diâmetro

As especificações básicas adotadas pelo nosso laboratório de ensaio são as seguintes:

- a) Para ferro mole ..... Mínimo: 28.000 psi (1.969 kg/cm<sup>2</sup>)
- b) Para ferro duro ..... Mínimo: 35.000 psi (2.461 kg/cm<sup>2</sup>)
- c) Para ferro especial ..... Mínimo: 45.000 psi (3.164 kg/cm<sup>2</sup>)

2. *Ensaio de flexão* — Os corpos de prova são barras idênticas às utilizadas para o teste de resistência à tração, porém não há necessidade de serem usinados. Para este ensaio só são utilizados corpos de prova do tipo A e B, e segundo as normas da A. S. T. M. são os seguintes os limites aceitáveis:

Ferro mole .....	entre 1480 e 1800 libras ( 671 a 816 kg)
Ferro duro .....	entre 2000 e 3000 libras ( 907 a 1.361 kg)
Ferro especial .....	entre 2500 e 3500 libras (1.134 a 1.588 kg)

A carga é aplicada de modo que a fratura do material não ocorra antes de decorridos pelo menos 15 segundos no caso do corpo de prova tipo A, e 20 segundos no corpo de prova tipo B.

3. *Dureza* — A dureza Brinell é medida diretamente na peça com uma carga de 3.000 quilos, esfera de 10 milímetros e carga aplicada durante 15 segundos. Os valores obtidos servem não tanto para indicar uma característica dominante quanto para indicar o grau de uniformidade do metal. As especificações limites são as seguintes:

Ferro mole .....	de 156 a 217 Brinell
Ferro duro .....	de 187 a 222 Brinell
Ferro especial .....	de 262 a 311 Brinell

É de se ressaltar que os pontos de teste são específicos e variam de peça para peça produzida.

*Estrutura metalográfica* — É um dos fatores de maior importância na produção em série, pois influi diretamente na usinabilidade da peça e, conseqüentemente, nas despesas com ferramentas, que constituem uma parcela substancial do custo final do produto.

A par da usinabilidade, a peça deve possuir qualidades que ofereçam alta resistência contra desgaste por atrito. Tanto para o ferro mole, como para o ferro duro, a estrutura do material deve ser isenta de carbonetos livres para evitar o desgaste excessivo de ferramentas. Evidentemente, e principalmente no ferro duro, a estrutura deve ter uma matriz essencialmente perlítica, possuir uma percentagem mínima de ferrita e os veios de grafite devem ser de preferência do tipo A, tamanho 3 e 4, assegurando-se dessa maneira uma grande resistência ao desgaste. Já no ferro especial (usado para a árvore de ressaltos), a estrutura é diferente, apresentando carbonetos livres que se distribuem formando uma rêde celular e ligeiramente dendrítica.

## 6. CONCLUSÃO

Na produção em série, como é o caso da nossa fundição, é necessário ter um rigoroso controle de todos os fatores que possam afetar as propriedades do ferro cinzento obtido. Entre estes fatores, destacam-se os seguintes:

- 1 — Composição química
- 2 — Tipo de carga usada
- 3 — Processo de fusão
- 4 — Tratamento dado, desde o metal quente após a fusão até o esfriamento das peças obtidas.

A composição química, com os métodos adotados pode ser controlada, caso necessário, cada 10 minutos. O tipo de carga é facilmente controlado através de uma rigorosa escolha das matérias primas. O processo de fusão é facilmente controlado, elevando ou diminuindo a temperatura do banho metálico, mediante variação da corrente elétrica aplicada.

O tratamento do metal é um dos fatores mais importantes e de mais difícil controle, pois envolve não só a quantidade da inoculação como também o "cooling rate" da peça. A quantidade da inoculação foi determinada após prolongadas experiências, nas quais foram consideradas principalmente a usinabilidade do material e a sua resistência ao desgaste. Dependendo da usinabilidade principalmente da estrutura do metal e esta, em parte, do "cooling rate", conclui-se que o "cooling rate" deve ser cuidadosamente determinado e constante a fim de se obter uma estrutura a mais uniforme possível.

Concluimos nossa exposição na esperança de têmos demonstrado as razões que nos levaram a escolher o processo duplex com fornos a arco direto.

## BIBLIOGRAFIA

- Indústria Automobilística* (distribuído pelo Sindicato da Indústria de Tratores, Caminhões, Automóveis e Veículos similares, no Estado de São Paulo).  
*Modern Castings* — Abril de 1959.  
 ALFRED BOYLES — *The Structure of Cast Iron*.  
*Alloy Cast Irons Handbook*.  
*Cast Metals Handbook*.

**TEMÁRIO**  
**DO**  
**XV CONGRESSO ANUAL DA ABM**

**São Paulo, de 25 de julho e 3 de agosto de 1960**

Damos a seguir, para que também conste de “*ABM-Boletim*”, o temário desenvolvido no decorrer do XV Congresso Anual da ABM, no período de 23 de julho a 3 de agosto de 1960, em São Paulo. Outros fatos relativos a êsse certame, inclusive relações nominais de sócios e de firmas inscritas, foram publicados em “*ABM-Noticiário*” de julho, agosto e setembro do mesmo ano.

**TEMÁRIO DO XV CONGRESSO**

COMISSÃO “A” — Presidente: Eng. RENATO F. DE AZEVEDO

“*Contrôle da temperatura de vazamento em fornos Siemens-Martin. Resultados obtidos na Usina de Volta Redonda da C. S. N.*” — M. L. Hasek, C. H. M. Braga, E. Grees, L. V. Silva e O. L. Barbosa.

“*Modificação dos “cowpers” da Usina de Monlevade em consequência do aumento da capacidade dos altos fornos*” — Pantsche Salabascheff.

“*A fabricação de oxigênio para a aciaria L. D. de Monlevade, da C. S. B. M.*” — Finn Malm e Joaquim Burrel Juvillar.

COMISSÃO “B” — Presidente: Prof. Dr. RAUL D. COHEN

“*Relacion entre las sub-estructuras de segregacion y las dislocaciones formadas durante la solidificacion, em alumínio 99,99%*” — Hiraldo Biloni, da Div. de Metalurgia da “Comission Nacional de Energia Atômica”. República Argentina.

“*Desenvolvimento de um processo para extração total do germânio das fuligens de usinas termoeletricas*” — George Soares de Moraes.

“*Dos casos de corrosion de latones*” — Gunter Joseph e Juan Figueroa.

COMISSÃO "C" — Presidente: Eng. JANUSZ WSCIEKLICA

*"Determinação fotométrica de silício em aço e ferro fundido, pelo método do azul de molibdênio"* — Renato Catani.

*"Contribuição ao estudo sobre amostragem e análise de carbono nos ferros grafitados"* — J. Dias Ferreira.

*"Nueva variedad morfológica de óxido en la corrosión seca de aleaciones hierro-magnesio"* — David Fuller Brain e Felix von Dessauer Grisar.

*"Fenómenos en la interfase metal-óxido durante la corrosión seca del cobalto"* — David Fuller Brain e Hernan Suarez Suarez.

COMISSÃO "D" — Presidente: Eng. JOSEPH HEIN.

*"Possibilidades econômicas da execução de manufaturas por meio de tubos mecânicos e de peças tubulares forjadas"* — Dieter Althoff.

*"Sobre a organização e tarefas do Departamento de Controle de Qualidade em uma usina siderúrgica integrada"* — Hans Maeder.

*"Determinação racional dos estoques numa usina siderúrgica"* — Carlos Dias Brosch.

*"Teleférico como meio de transporte na indústria siderúrgica"* — Hugo Freire.

COMISSÃO "E" — Presidente: Eng. PEDRO SILVA.

*"Desenvolvimento do equipamento mecânico para limpeza química de metais"* — A. A. B. Harvey, Presidente do "Institute of Metal Finishing", de Londres.

*"Progressos em anti-corrosivos. Camadas metálicas e não metálicas"* — Willibald Machu.

*"Desenvolvimentos na limpeza e decapagem de ferro e de aço"* — Willibald Machu.

*"Investigações sobre bolhas em chapas galvanizadas"* — Pedro Silva.

COMISSÃO “F” — Presidente: Eng. H. A. HUNNICUTT.

“*Um método geral para cálculo das cargas de fornos de chumbo*” — T. D. de Sousa Santos.

“*Estudo experimental de sinterização de garnierita*” — T. D. de Sousa Santos e Sérgio Bresciani.

“*Intensidade de sinterização e redutibilidade de sinters de garnierita*” — T. D. de Souza Santos e Sérgio Bresciani.

“*Projeto, construção e operação de uma instalação piloto para extração de magnésio pelo processo Pidgeon*” — José Andrade Gouvêa, Raul Oscar Rauter, Dalton Valeriano Alves, Rubens Ruiz e W. Perró Longo.

COMISSÃO “G” — Presidente: Prof. F. J. PINTO DE SOUZA.

“*Natureza e efeitos das matérias voláteis do carvão vegetal utilizado nos altos fornos de Monlevade*” — Joaquim Burrel Juvillar e Janusz Wscieklica.

“*Caracteres coqueficantes do carvão nacional*” — Walter de Almeida Motta.

“*Uso da atmosfera controlada em forno elétrico básico*” — Carlos Aurélio Dompieri e L. C. Corrêa da Silva.

“*Operação de pequeno conversor L.D. Sua aplicação ao refino de gusa níquelífero*” — Egberto Franco e L. C. Corrêa da Silva.

COMISSÃO “H” — Presidente: Eng. MAURÍCIO GRINBERG.

“*Notas sobre a moldagem em casca*” — Marco Manfredi.

“*Processos e materiais de moldagem*” — Cyro Guimarães e Victor Lo Ré.

“*A técnica da fusão do cobre para as peças fundidas*” — Isaac Berezin.

COMISSÃO “I” — Presidente: Eng. SILVIO E. FRIEDRICH.

“*Estudo da possibilidade de contrôlo da qualidade de placas de aço carbono comuns por meio do ultra-som*” — Sylvio Friedrich.

*“Introdução ao uso do ultra-som em peças fundidas”* — Mário M. Zanella.

*“Estudo metalográfico de chapas de aço SAE 1025, laminadas a quente e tratadas termicamente”* — José Abrão e Janusz Wscieklica.

REUNIÃO ABERTA sobre *“Produção de peças de ferro fundido de alta qualidade”* — Presidente: Eng. MIGUEL SIEGEL.

*“Gusa como matéria prima: dados estatísticos de produção e de consumo de gusa”* — Eng. Saverio L. Abbate.

*“Elementos de liga em ferro fundido perlítico para a indústria automobilística”* — Antônio Augusto da Silva.

*“Fusão duplex, em cubilô-forno elétrico”* — Tomio Kitice.

*“Considerações acerca do conjunto de fornos de indução a baixa frequência da Fundação Ford, em Osasco, SP”* — J. M. Branco Ribeiro.

*“Processo duplex com forno elétrico a arco. Razões de sua escolha; processo de fusão e seu controle”* — José B. Paraguay.

REUNIÃO ABERTA sobre *“Problemas de qualidades nas peças automobilísticas”* — Presidente: Gen. Eng. E. MACEDO SOARES E SILVA.

*“Defeitos de aços nacionais para a indústria automobilística”* — José Bento Hucke e Domingos Espósito Neto.

*“Peças de ferro fundido para a indústria automobilística”* — Lauro de Moraes Faria.

*“Emprego do aço na indústria automobilística. Observações sobre a utilização dos aços brasileiros”* — Reinhold Gaube.

#### CONFERÊNCIA ESPECIAL

do Prof. Dr. Herbert Trenkler, sobre *“O desenvolvimento do processo LD nos últimos anos”*.

## ÍNDICE ALFABÉTICO

do Volume 16 de "ABM-BOLETIM", correspondente aos números 58, 59, 60 e 61, respectivamente de Janeiro, Abril, Julho e Outubro de 1960.

- Aço forjado. Exame de peças de aço forjadas de grande tamanho (Discussão), página 435
- Aço 1.040; ensaios de fadiga por flexão rotativa com — (Discussão), página 445
- Aço SAE — 5135: propriedades mecânicas de —, temperado e revenido com mais de um micro-constituente, página 359
- Aços ao carbono; extração e análise de inclusões não metálicas em —, página 387
- Aços nacionais; defeitos de —, para a indústria automobilística, página 741
- Aços nacionais: observações sôbre a utilização dos — na indústria automobilística, página 767
- Almeida, Derson**, página 39
- Alumínio, ligas de —, determinação do zinco em — pela espectrografia de Raios X, página 413
- Alumínio-Magnésio: aspectos micrográficos de algumas ligas Al-Mg fundidas e tratadas tèrmicamente, página 375
- Alves, Venâncio Ferreira**, página 413
- Arantes, Alberto de Albuquerque**, página 457
- Areia de fundição; influência da umidade na resistência mecânica nos machos de areia —, página 171
- Areias sintéticas para ferros fundidos; prática do preparo de —, página 177
- Barbosa, Orlando L.**, página 21
- BAYER, processo. Aplicação da análise tèrmica diferencial ao contrôle do ataque de bauxitos por soluções de hidróxido de sódio no processo Bayer, página 401
- Bitolagem dos produtos metalúrgicos. Aplicação dos números normais à —, página 487
- Borges, Nelson**, página 39
- Bradaschia, Clovis**, páginas 71 e 123
- Buccheri, Alfonso**, página 413

- Cabos espirais aplicados em elevadores, página 337
- Carvão vegetal. Aglomeração de finos de —, (Discussão), página 439
- Cescon, Tibério**, página 359
- Chapas elétricas; produção de — em Acesita, página 317
- Chapas finas para estampagem; o ensaio de tração como meio de qualificação de —, página 457
- Chapas a frio; cálculo de carga para laminador contínuo para —, página 5  
Discussão, página 18
- Cilindros para laminação de perfilados; fabricação de — na Usina de Volta Redonda da CSN, página 139
- Cintra, Jorge do Amaral**, páginas 457 e 519
- Congresso Anual da ABM. Temário do XV Congresso; São Paulo, Julho de 1960, página 813
- Conversores LD; refratários para os —, página 83
- Corrêa da Silva, Luiz C.**, página 617
- Costa, Ronald F.**, página 39
- Cubilô experimental; projeto, construção e operação de um — no IPT, página 157
- Cysne, José Penha**, página 317
- Discordâncias; observações microscópicas de —, página 519
- Doi Michiyasu**, páginas 497 e 519
- Emrich, Waldir Soeiro**, página 97
- Espectrógrafo de leitura direta da Usina de Monlevade da CSBM (Discussão), página 447
- Espósito Netto, Domingos**, página 741
- Estampagem de chapas finas; ensaio de tração como meio de qualificação, página 457
- Fabriani, Ferruccio**, páginas 473 e 487
- Faria, Lauro de Moraes**, páginas 751
- Fernandes, Renato C.**, página 39
- Ferro esponja; produção de — pelo processo Hoganas com carvão mineral do Rio Grande do Sul, hematitas de Minas Gerais e carvão de eucalipto, página 219
- Ferro fundido. Algumas características mecânicas do — (Discussão), página 437
- Ferro fundido nodular; produção experimental de —, página 123

- Ferro fundido; peças de qualidade. Reunião Aberta do XIV Congresso sobre —, página 423
- Ferro-níquel; obtenção de — de garnierita por redução prévia à fusão, página 201
- Ferros fundidos especiais; emprêgo de elementos de liga em —, página 111
- Ford Motor do Brasil S.A.: Considerações acêrca do conjunto de fornos de indução da fundição da — em Osasco; página 723
- Fornos elétricos de redução, página 97
- Fornos de indução numa fundição. Conjunto de — na fundição da Ford Motor do Brasil em Osasco, SP, página 723
- Fornos-poço; estudo da influência do aquecimento de lingotes de aço em —, página 39
- Fornos Siemens Martin; investigações sôbre a produtividade em fornos SM básicos, página 21
- Franceschini, Felipe J. Vicente de Azevedo**, página 693
- Freire, Hugo**, página 779
- Fundição. Conjunto de fornos de indução da Fundição da Ford Motor do Brasil em Osasco, SP, página 723
- Fundição. Fusão duplex com cubilô e forno elétrico; página 759
- Fundição; influência da umidade na resistência mecânica nos machos de areia para —, página 171
- Fundição; modernos processos de limpeza e de acabamento de peças fundidas, página 187
- Fundição: peças de ferro para a indústria automobilística; página 751
- Fundição; prática do preparo de areias sintéticas para ferros fundidos, página 177
- Fundição: processo duplex com fornos elétricos a arco. Razões de sua escôlha; processo de fusão e seu contrôle; página 799
- Fundição. Produção de peças de qualidade em ferro fundido. Reunião Aberta sôbre —, página 423
- Gabriel, David**, página 39
- Gaube, Reinhold**, página 767
- Germânio; pesquisa do — em materiais nacionais, páginas 583 e 595
- Grees, Edmundo**, página 39
- Guimarães, Cyro**, página 157
- Guimarães, Helio P.**, página 83
- «Gusa como matéria prima»; dados estatísticos sôbre produção e consumo de gusa. Reunião Aberta do XIV Congresso da ABM; página 665

**Haydt, Helio M.**, página 273

Hematita lamelar pulvurulenta (Jacutinga); estudo da briquetabilidade da — visando a produção de ferro esponja, página 249

Hoganas. Produção de ferro esponja pelo processo —, com carvão mineral do Rio Grande do Sul, hematita de Minas Gerais e carvão de eucalipto, página 219

**Hucke, José Bento**, página 741

**Hunnicutt, Horace A.**, página 111

Inclusões não metálicas em aços ao carbono; extração e análise de —, página 387

Indústria automobilística; defeitos dos aços nacionais para a —, página 741

Indústria automobilística: observações sobre a utilização dos aços brasileiros, página 767

Indústria automobilística; peças de ferro fundido para a —, página 751

Jacutinga. Estudo da briquetabilidade da —, visando a produção de ferro esponja, página 249

**Jannini, Sebastião A.**, página 187

**Kitice, Tomio**, página 759

**Kryvickyj, Wolodimir**, página 273

**L'Abbate, Savério V. B.**, página 665

L. D.; refratários para os conversores —, página 83

Laminação de perfilados; fabricação de cilindros para — na Usina de Volta Redonda da CSN, página 139

Laminador contínuo a frio de chapas; um cálculo de carga para o —, página 5

**Lima, Evandro Caetano de**, página 317

Limpeza e acabamento de peças fundidas; modernos métodos de —, página 187

Lingotes de aço; estudo da influência do aquecimento de — em fornos poço, página 39

Lingotamento. Reunião Aberta sobre «Práticas de lingotamento», página 641

Lingoteiras; fabricação de — na Usina de Volta Redonda da CSN, página 273

**Lo Ré, Victor**, páginas 171 e 177

**Loeb, Michel**, página 423

**Lopes, Anchyses Carneiro**, página 219

**Machado, Antonino Dória**, página 5

**Madeira, José A. P.**, página 39

Metalografia dos monocristais puros, páginas 557 e 595

Mischmetal; aplicações do — nos aços, página 71

Mischmetal; dispersão de chumbo em matriz de cobre por inoculação de —, (Discussão), página 443

Monocristais de alta perfeição de rede cristalina; produção de —, página 595

**Moraes, George Soares de**, página 557

Números normais; aplicação dos — à bitolagem de produtos metalúrgicos, página 487

Números normais; aplicações dos —, especialmente em granulometria, página 473

**Paraguay, José Bezerra**, página 799

**Peek, Ljuba van Eyken**, página 583

**Penna, Eduardo**, página 387

**Pinheiro, Roberto Loureiro**, página 139

**Pinkuss, Michael L.**, página 375

**Pires, Ney Bonoso**, página 39

Processo Duplex: páginas 759 e 799

**Pucci, João Riccioti**, página 401

Redução dos óxidos de ferro; fundamentos termodinâmicos da —, página 617

Refratários. A indústria nacional de —; suas realizações e perspectivas ante nosso surto siderúrgico. Conferência do XV Congresso Anual; São Paulo, 1960; página 693

**Ribeiro, José Maria Branco**, página 723

**Robles, Antonio**, página 401

**Rossi Júnior, José**, página 641

**Santos, Lino Afonso de Lacerda**, página 157

**Schustek, Roman**, página 317

**Silva, Lacy Vieira da**, página 21

**Souza Santos, Pêrsio de**, página 401

**Souza Santos, Tharcisio D. de**, página 201

**Stasevskas, Zenonas**, página 595

Teleférico como meio de transporte na indústria. Caso particular do transporte de carvão de madeira para a Usina de Monlevade da CSBM, página 779

Temário do XV Congresso Anual da ABM; página 813

Tijolos BRAMAG; constituição dos — (Discussão); página 451

Transformação martensítica de ligas de ferro; mecanismo da —, página 497

**Villares, Luiz Dumont**, página 337

**Wahberg, Yngve**, página 219.

Zinco. Determinação do — em ligas de alumínio pela espectrografia de Raios X, página 413

TIPOGRAFIA EDANEE S. A.  
IMPRIMIUM — SÃO PAULO