

III REUNIÃO ABERTA

SÔBRE

PRODUÇÃO DE PEÇAS DE FERRO FUNDIDO DE ALTA QUALIDADE ⁽¹⁾ ⁽²⁾

Presidente: *Eng. Miguel Siegel*

Orientador: *Eng. Maurício Siqueira*

M. Siegel ⁽³⁾ — No preparo da presente Reunião Aberta, convidamos as principais fundições para apresentarem Contribuições Técnicas; as respostas que recebemos demonstram bom acolhimento para esse tipo de reuniões. Enviámos cerca de vinte cartas-convide, as quais, em sua maioria, foram respondidas. Somente umas cinco entidades deixaram de fazê-lo. As demais responderam, se bem que algumas negativamente; as que não mandaram trabalhos, prontificaram-se, contudo, a enviar representantes oficiais para participar destas discussões.

Das cinco contribuições recebidas, com separatas distribuídas, vamos ouvir a primeira, que versa sobre:

“Elementos de liga em ferro fundido perlítico para a indústria automobilística”

de autoria do Eng. Antonio Augusto da Silva. ⁽⁴⁾

.....

M. Siqueira ⁽⁵⁾ — Dando início aos debates, perguntaria ao Autor se existe uma diferença entre a técnica americana e a européia quanto ao uso de ligas. Se existe, seria ela motivada por motivos econômicos? Quero crer que os americanos empregam teores mais altos de ligas, no sentido de melhorar as propriedades mecânicas. Os europeus procuram suprir em parte o emprêgo de ligas por métodos de trabalho mais aprimorados.

A. A. da Silva ⁽⁶⁾ — De um modo geral, cada comprador tem uma especificação, ditada por condições técnicas e econômicas locais. Certos países da Europa, lutando com dificuldades econômicas maiores, são

(1) Realizada no decorrer do XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Sobre o mesmo tema, ver as reuniões anteriores:
cada em “ABM-Boletim”, volume 15, página 497.
— *II Reunião Aberta* — XIV Congresso, Belo Horizonte, 1959. Publicada em “ABM-Boletim”, volume 16, página 423.

(3) Membro da ABM; Presidente de Equipamentos Industriais EISA; São Paulo, SP.

(4) Contribuição publicada em “ABM-Boletim”, volume 17, página 471.

(5) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista; São Paulo, SP.

(6) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista; São Paulo, SP.

levados a fazer aplicação de elementos de liga em menor escala, sem prejudicar as características das peças. Isso é também função do equipamento da usina; reputo por exemplo que, em forno elétrico, sempre se conseguem características melhores do que as que seria possível obter em cubilô.

M. Siegel — Parece-me que o emprêgo de teores mais ou menos altos de ligas se prende também às dificuldades técnicas inerentes à obtenção de propriedades máximas. Com ligas, é um tanto mais fácil a obtenção de ferro fundido melhor, mesmo sacrificando-se em algo a parte econômica.

Nos Estados Unidos, por exemplo, empregavam-se ligas com certa largueza, em teores relativamente elevados. Com a escassez destas durante a guerra, laboratórios e usinas procuraram substituir os elementos mais escassos pelos mais abundantes, modificando técnicas de fabricação. Resultaram séries de ferros fundidos e de aços com teores bem mais baixos de elementos nobres, mas ainda com ótimas propriedades; muitos dêles existem e são especificados ainda hoje.

A. A. da Silva — Realmente existem casos em que certos elementos de liga podem ser substituídos por outros, mais baratos. Um dos casos que me ocorre é o do níquel, que pode ser substituído pelo cobre, e em grande parte o é, principalmente quando as peças não requerem tratamento térmico ou quando não têm exigências muito maiores. Para peças comuns, pode-se adicionar cobre sem nenhuma preocupação maior, sem nenhum tratamento; mas, desde o momento que essa peça tenha que responder a um determinado tratamento, como o de têmpera, por exemplo, o emprêgo do níquel torna-se capital. Quanto à percentagem dentro da faixa de limite superior às especificações ou em limite inferior, naturalmente isso será determinado pela segurança do trabalho; o técnico terá que dar, pelo menos, a percentagem mínima.

J. M. Branco Ribeiro ⁽⁶⁾ — No caso particular da Ford, em que trabalhamos com ferros sintéticos, a aplicação de ligas é de primordial importância. Concordamos, em linhas gerais, com as conclusões a que chegaram os colegas. Mencionaremos, entretanto, um ponto: como complemento à adição de ferro-ligas no banho, na preparação de uma corrida, é técnica comum nas fundições da indústria automobilística o uso de inoculantes de panela. Acho que se poderá obter boa economia com tratamento direto na panela, com quantidade relativamente pequena de adição.

A. A. da Silva — Pondero que as adições de liga devem, de preferência, ser feitas no forno, e podem ser feitas economicamente, mesmo porque geralmente se sabe a quantidade de metal existente no forno, conhecem-se bem as perdas, e, dêsse modo, em temperatura mais alta, como geralmente ocorre no forno, ganha-se tempo quando se faz uma adição nessa unidade de fusão.

De modo geral, deve-se adotar, como média, vinte minutos para uma dissolução completa; é geralmente o tempo suficiente para se aquecer o metal. Quanto às inoculações — não falei detalhadamente, mas de maneira geral — geralmente devem ser feitas na panela, e só há sucesso nesse caso.

Aliás, faço uma restrição. O cobre não deve ser *adicionado no forno*, mas sim na panela, para melhor se conseguir as vantagens que êle apresenta.

(6) Membro da ABM; Engenheiro Chefe da Fundação da Ford Motor do Brasil S/A.; Osasco, SP.

José Bezerra Paraguay ⁽⁷⁾ — Minhas palavras são de apoio ao Engenheiro da Ford, Sr. J. M. Branco Ribeiro, porque, inclusive, na nossa fundição, tivemos o problema de melhorar a resistência à tração. Mas essa melhora foi obtida somente pela inoculação. O inoculante tem sido o de ligas de silício, manganês e cobre. Aumentamos a inoculação e, com isso, obteve-se um aumento de resistência tremendo. Nesses casos, creio que as adições de ferro-liga especiais, como disse o Eng. Miguel Siegel, podem ser perfeitamente evitadas, a não ser em casos especiais, como o do comando de válvulas, peça que deve ser tratada posteriormente. Então, é necessário a adição dessas ligas.

A. A. da Silva — Considero a juntada dos elementos silício, manganês e cobre na panela como sendo uma *inoculação* e não uma *adição*. Como inoculantes, além do silício, temos o elétrodo de grafita, os quais devem ser adicionados na panela para se obter o máximo de resultado. Doutro lado, a adição de cromo na panela seria de resultado duvidoso, devido à sua irregularidade de dispersão; podem resultar diferenças de concentração em vários pontos da peça.

Bacu Cox ⁽⁸⁾ — Perguntado, direi que são empregados ambos os sistemas. É recomendável o emprêgo de briquetes de ligas de silício, manganês, cobre e outras, no cubilô; as adições em panela são indicadas para quem opera com fornos elétricos. De modo que ambos os processos podem ser empregados com êxito, dependendo das condições de cada usina, tanto aqui como na Europa.

A. A. da Silva — Parece-me que as adições de elementos de liga em panela são geralmente feitas quando se opera em cubilô, no qual há dificuldade em se fazer a adição da liga. Nesse caso, a prática obriga, como única solução, a adição na panela.

Wolodymir Kriwicki ⁽⁹⁾ — Informo que, em Volta Redonda, usamos adição de pequena quantidade de liga, para ferro fundido, para efeitos de inoculação. Achamos mais interessante, para nossa especificação, essa inoculação do que a adição no forno para ferro perlítico de baixa liga. Existem inoculantes de dois tipos: um grafitizante, que todo o mundo está usando, com base no ferro-silício ou em outros elementos grafitizantes, e existem inoculações contrárias, estabilizantes, onde são usados elementos como o vanádio e outros, em pequenas quantidades. O processo de grafitização pode ser regulado pela introdução desses inoculantes, grafitizantes ou estabilizantes. No caso de ferro fundido perlítico, podem ser conseguidos bons resultados com o emprêgo de pequenas quantidades das baixas ligas citadas, introduzidas como inoculantes na panela, e só em casos especiais. Quando a dissolução no ferro fundido fôr um pouco vagarosa podem ser adicionadas na bica. Mas me parece que a introdução mais prática e mais econômica dessas pequenas quantidades de elementos de liga não é no forno, mas sim na panela ou na bica, como inoculante.

A. A. da Silva — A nossa opinião a respeito continua a mesma. Incluímos a inoculação de ação grafitizante e, digamos assim, também podemos utilizar a inoculação estabilizadora. Nesta, o elemento mais recomendado, o que mais se usa é o cromo. Em percentagens pequenas

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

(8) Membro da ABM; Engenheiro da Prometal S/A.; São Paulo, SP.

(9) Membro da ABM; Engenheiro Chefe da Fundição da Usina de Volta Redonda da CSN; Volta Redonda, RJ.

e em processo que vise inoculação em trabalho de cubilô, os resultados são aceitáveis. São resultados que se encontram rotineiramente, e, mesmo na literatura, ouve-se falar bastante que o cromo é adicionado mesmo na bica. Uma de suas principais funções é estabilizar o carbonato, evitando ferrita livre. Mas, havendo necessidade de se adicionar elementos de liga para dêles se obter as vantagens que se espera, não me demoverei da idéia de que, a adição deve ser feita no forno. Não vejo inconveniente nenhum nisso, mesmo porque as vantagens não são anuladas. Há segurança, mais facilidade, menos desperdício, enfim, só encontro vantagens.

É bem verdade que estou raciocinando sempre em termos de fornos elétricos, não deixando de mencionar que a inoculação de elementos grafitizantes deve ser feita na panela.

Günther Joseph Baumann ⁽¹⁰⁾ — Perguntaria se as adições de silício poderiam ser feitas em forma de cálcio-silício, como ficou patente há anos? Qual sua opinião a respeito?

A. A. da Silva — Temos aplicado silício, de um modo geral, nas inoculações, sob a forma de liga ferro-silício, de 75% de Si. Há quem use com 95% de Si. Se não me engano, a Ford faz isso. Mas o normal parece-me que é mesmo 75%.

M. Siqueira — O Eng. Fernando Bonafede deseja saber se existe fundição em São Paulo que esteja aplicando boro de forma regular ou esporádica.

J. M. B. Ribeiro — Respondendo parcialmente à essa pergunta, posso dizer que estamos fazendo o ferro sintético ligado com boro, mas apenas para lingotar. A aplicação é feita para Conexões Foz.

Tomio Kítice ⁽¹¹⁾ — Com efeito, adicionamos ferro-borro. O seu efeito não é pròpriamente de liga, mas é para inibir a grafitização. Adicionamo-lo em pequenas proporções, na panela. Devo explicar que somos produtores de maleável tipo americano, que será, posteriormente, submetido a um ciclo de maleabilização para decomposição da cementita.

Clovis Bradaschia ⁽¹²⁾ — Com a palavra, direi, preliminarmente, que a metalurgia do ferro fundido, a meu ver, é extremamente complexa; sôbre êstes assuntos poderíamos entreter-nos durante dias. Para começar, antes de abordar pròpriamente o problema da inoculação do ferro fundido, partiria, se o A. me der licença, da definição que deu de ferro fundido comum. Êle o define como sendo «essencialmente uma liga de ferro e carbono, na qual o carbono está em excesso da quantidade em que êle pode ser retido em solução sólida na austenita, na temperatura do eutético». Pergunto: onde está o silício? Porque o que se entende como ferro fundido comum, é uma liga ferro-carbono-silício. Houve, portanto, uma omissão.

Abordaremos, em seguida, a conceituação da adição e de inoculação. Houve discussão sôbre se se deveria fazer tôda adição na panela ou no forno. Acho que essa é, também, uma questão de definição. *Inoculação*, pelo que entendemos, vem a ser a adição, na panela, de

(10) Membro da ABM; Chefe do "Instituto de Investigaciones y Ensaos"; Santiago, República do Chile.

(11) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista da Conexões Foz e Docente de Metalurgia da Escola de Engenharia Mackenzie; São Paulo, SP.

(12) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista-consultor; Docente de Metalurgia da EPUSP; São Paulo, SP.

pequena quantidade do elemento de liga, que não vai afetar fundamentalmente a composição química; apenas vai agir sobre a estrutura metalográfica e, em conseqüência, sobre as propriedades mecânicas. A inoculação tem por principal escopo agir na físico-química do fenômeno de solidificação. As adições, ao contrário, vão afetar a composição química e devem ser feitas no forno.

Ninguém vai adicionar, por exemplo, 0,5% de cromo na panela, porque, dificilmente, este teor de cromo seria dissolvido de forma homogênea no ferro líquido. A adição será feita no forno e vai atuar substancialmente sobre a composição química. A inoculação tem outra finalidade: a de influir sobre as características de nucleação, que vão afetar as propriedades mecânicas do metal, mas sem afetar profundamente a composição química.

Quanto ao emprêgo de elementos que influem, em pequenos teores, na fixação da cementita ou na forma de dispersão da grafita, ouvimos aqui falar no boro. Existem, no entanto, outros elementos. Há uma firma em São Paulo que produz pistões para automóveis e que, com ligeira inoculação de liga "mischmetal" na panela (cerca de 0,5%) — não no forno — consegue uma dispersão e um dimensionamento da grafita que são considerados ótimos para eles, para pistões de automóveis e também para camisa.

Dêsse modo termino as ponderações que tinha a fazer sobre essa questão de inoculações, pois este assunto, pela sua importância, bem que merecia um simpósio especial.

M. Siegel — Quero lembrar outro aspecto do problema: o de que não adianta fazer adição de ligas num ferro fundido de má qualidade. É importante que se siga um controle metalúrgico rigoroso, para se conseguir um ferro fundido de boa qualidade, que tenha composição tal que possa se beneficiar com a liga que se lhe quer adicionar. Lembro-me dos velhos tempos do IPT, em que recebíamos amostras de ferro fundido com alto teor de níquel e cuja resistência, no entanto, era baixíssima. Tratava-se de ferro fundido já com teor elevadíssimo de carbono e silício, ao qual se adicionava níquel. Conseqüência: piorava a qualidade. Do mesmo modo, poder-se-ia falar de outras ligas. Por exemplo, adicionando cromo a uma liga de baixo teor de silício teríamos um ferro fundido não utilizável, a não ser que o queira para um fim especial. Em conclusão, é preciso deixar claro que um elemento de liga não é, de per si, corretivo para um ferro de má qualidade.

*

M. Siegel — Passemos ao segundo tópico de nossa agenda, "*Métodos de Fusão*", sobre o qual foram apresentados três trabalhos. Dêles houve distribuição de exemplares; contudo, pedirei aos respectivos autores que façam um resumo de suas contribuições, que são as seguintes:

"*Fusão duplex, em cubilô-forno elétrico*", pelo Eng. Tomio Kítice (publicado em "ABM-Boletim", volume 16, página 759).

"*Conjunto de fornos de indução a baixa frequência da Fundição da Ford Motor do Brasil, em Osasco, SP*", pelo Eng. J. M. Branco Ribeiro (publicado em "ABM-Boletim", volume 16, página 723).

"*Processo duplex com forno elétrico a arco. Razões de sua escolha. Método de fusão e seu controle*", pelo Eng. José Bezerra Paraguay (publicado em "ABM-Boletim", volume 16, página 799).

Vamos proceder à discussão desses três trabalhos em conjunto, a fim de termos uma visão mais geral do problema.

T. Kitice — No trabalho do Eng. Bezerra Paraguay, na tabela de comparação do custo de operação, item «coque», desejaria saber: esse valor de 015921, foi tirado partindo de que preço do coque e qual a relação coque-metal?

J. B. Paraguay — A relação tomada foi de 1:8. Quanto ao preço pode ser feita pesquisa no mercado, que informará.

T. Kitice — Gostaria de saber qual o preço tomado como base para poder fazer a comparação.

J. B. Paraguay — Dei esses dados, mas só tenho a chave de custo em nossa fábrica, por ser um dado confidencial. Se o colega souber o preço do coque saberá o preço de nossa tonelada.

T. Kitice — Não estão trabalhando nesse processo de duplex-cubilô? Penso que poderia dar.

J. B. Paraguay — As instruções que tive foi para não fornecer.

T. Kitice — Na mesma tabela o colega fez referência de que o custo do dólar seria de Cr\$ 200,00 e, nessa base, a depreciação e amortização em 10 anos seria de 0,11689. Sabemos que isto talvez seja um dólar especial para a General Motors, mas para uma outra firma o dólar é Cr\$ 300,00 ou mais. Essa diferença então passaria a não ser mais 0,11, mas sim 0,15 ou 0,16. Considerando que o cálculo é feito em cruzeiros. (*)

J. M. B. Ribeiro — O que nos levou a escolher o forno de indução foi o fato de termos sucata de aço suficiente para nossas necessidades. Não era preciso entrarmos com a compra de ferro gusa, de coque e outros elementos que, como já enumeramos, também apresentavam seus problemas. De modo que, desde o início, decidimo-nos pelo uso do ferro sintético dentro das nossas instalações, pelo que não temos um preço comparativo entre os vários elementos.

M. Siqueira — Há uma pergunta do Eng. Fernando H. Bonafede, sobre se a reatividade dos inoculantes dos ferros fundidos nos processos com fornos de indução difere de maneira substancial da reatividade desses mesmos inoculantes quando aplicamos em cubilôs.

J. M. B. Ribeiro — Infelizmente, não posso responder diretamente à pergunta porque não trabalhamos com cubilô e, pessoalmente, nunca tive experiência com esse tipo de forno. Os resultados que temos com inoculantes de panela são plenamente satisfatórios e a inoculação é rápida. Gostaria de citar o caso do ferro nodular que é feito com inoculante na panela, com inoculação rapidíssima, e, mesmo no caso de inoculantes de cromo, temos obtido resultados satisfatórios. Mas não poderia comparar os resultados obtidos em forno de indução com cubilô, porque não operamos com esse tipo de forno.

(*) Nesta altura dos debates, as notas taquigráficas resultaram incompletas; delas suprimimos a parte mais confusa.

A. A. da Silva — Eu me permitiria tentar explicar o fenômeno da inoculação nesse caso. A impressão que tenho é de que o ferro fundido feito em forno de indução e, principalmente, pelo processo de sucata do aço, quer dizer, sintético, deve requerer muito mais inoculantes grafitizantes do que o ferro de cubilô.

F. H. Bonafede — Eu me referia, não só ao forno de indução, como também ao sistema duplex com forno elétrico a arco.

A. A. da Silva — Num ferro fundido tratado em temperaturas mais altas, a inoculação tem sempre maior influência do que no ferro feito em cubilô. Essa afirmativa é verdadeira.

J. M. B. Ribeiro — Aliás, está dito aqui no nosso trabalho: aquecendo-se o ferro, como fazemos, em forno de indução, êle requer uma inoculação adequada para se corrigir oportunamente a estrutura grafitica.

A. A. da Silva — Pediria ao Eng. Branco Ribeiro que me esclarecesse se, em todos os ferros feitos para as peças da Ford, é usado o ferro fundido sintético.

J. M. B. Ribeiro — Exatamente. Trabalhamos com ferro cinzento sintético, porque pelo menos metade da carga é de sucata de aço.

A. R. da Silva — Temos uma relativa experiência com ferro sintético em determinados tipos de peça e verificámos que, tôda vez que há um acréscimo de sucata de aço nas cargas de ferro fundido, há como que uma diminuição de inoculação. É que a inoculação torna-se mais difícil. Na peça acabada, os veios de grafita são mais esparsos e em maior quantidade. Queria saber se existe ou não essa ocorrência, tratando-se de forno de indução, nas peças que a Ford usa e se há algum malefício nesse fato.

J. M. B. Ribeiro — A sua observação é verdadeira parcialmente. Realmente, observa-se um tipo de estrutura diferente da que se observa nos fornos a arco. Por exemplo: não que os veios de grafita sejam escassos, mas são muito menores em tamanho. Embora obtenhamos uma distribuição tipo A, geralmente tipo AB, algumas vêzes o tamanho da grafita é bem menor, da ordem de 4, 5, às vêzes, 6.

A. A. da Silva — Quanto às características físico-mecânicas, não há dificuldade?

J. M. B. Ribeiro — Trabalhamos dentro dos padrões da Ford dos Estados Unidos, a qual trabalha com fornos cubilô.

A. A. da Silva — Faria, agora, uma nova pergunta, relativamente à composição. Existe outra razão para o uso de coque como elemento carbonetante, ao invés de usar elétrodo moído?

J. M. B. Ribeiro — Escassez. Jamais encontrei elétrodo na praça em quantidade suficiente.

Jordão Vechiatti ⁽¹³⁾ — Gostaria que o Eng. Branco Ribeiro, se possível, me desse dados comparativos entre as propriedades do ferro fundido puramente sintético obtido no Brasil e aquêles que a Ford obtém

(13) Membro da ABM:

em outros países em que ela use duplex-cubilô. Gostaria de saber, também, qual a diferença fundamental entre as propriedades mecânicas do ferro fundido obtido em nosso país e as do ferro obtido nos Estados Unidos e outros países, em que se use duplex cubilô-forno elétrico ou outros tipos.

J. M. B. Ribeiro — Basicamente, é o mesmo ferro. Tem as mesmas propriedades mecânicas de tração, pureza, etc. Mas, pelo menos assim nos parece, exatamente por causa dessa distribuição de grafita diferente que o ferro sintético dá, notamos uma quantidade muito menor de vazamentos em câmaras d'água. Em outras palavras, é o que na gíria de fundição se chama de «ferro mais fechado».

Essa, na minha opinião, a principal diferença entre o nosso ferro e o ferro americano de cubilô e cubilô-duplex. Mas, as demais características são semelhantes, inclusive a usinabilidade. É verdade que os teores de fósforo e enxofre são bem inferiores aos do ferro americano.

G. J. Baumann — Quisera saber se há uma razão econômica poderosa para o uso do sistema duplex, porque também se fabricam peças fundidas em uma só etapa, não só aqui, como na América do Norte e em outros países. Na Alemanha, visitei uma fábrica que fundia as suas peças, comumente, numa só etapa. Assim, pediria aos colegas brasileiros que nos dissessem qual essa razão.

J. B. Paraguay — O caso em consideração envolve justamente nosso tipo de produção. Se tivéssemos somente um forno elétrico, como iríamos acertar a composição? Teríamos que parar a linha de moldagem. Parando-se a linha de moldagem, diminuiria a eficiência da fábrica inteira. De maneira que seria anti-econômica e impraticável.

J. Vecchiati — A informação de nosso colega do Chile, — a de que na Alemanha se pratica a fundição direta de peças muito boas, já é conhecida. O fato parece provir, a meu ver, de condições peculiares à Europa, e se prende à outra pergunta aqui formulada, quando da discussão do trabalho do Eng. A. A. da Silva: por que na Europa se usa menos liga para obter ferros fundidos de qualidade, em comparação com o que fazem os fundidores americanos? De fato, os europeus têm experiência secular em fundição; operam com coque e gusa bem conhecidos e a prática lhes deu uma segurança no manuseio do cubilô que ainda não possuímos. De nosso lado, nosso coque é irregular e rico em enxofre; o gusa é oriundo de pequenas unidades, que o produzem muito bom mas nem sempre, porém, com a desejável uniformidade para grandes encomendas. Daí procurarmos suprir as deficiências oriundas da heterogeneidade das matérias-primas empregando o processo duplex. É certo, porém, que o cubilô, desde que carregado com matérias-primas conhecidas e controladas, dá um ferro com características bastante uniformes para fins práticos.

M. Siegel — Desejo esclarecer a resposta dada pelo Eng. Bezerra Paraguay, que talvez não tenha sido bem compreendida. O problema não é só de qualidade do ferro, mas também de sincronizar uma instalação de fusão com outra, anexa, de moldagem. Essa sincronização depende um pouco do tipo de instalação de moldagem, a qual, no caso da GM, é contínua, como os senhores vão ver durante a visita que terão oportunidade de fazer. É um transportador contínuo, que requer ferro vazado continuamente na bica do forno. Isso só pode ser conseguido utilizando-se um forno para fundir e outro para «holding», para manter o ferro à temperatura uniforme.

No caso normal, prefere-se a combinação do cubilô com o forno elétrico, principalmente devido ao investimento que é mais baixo. A

GM preferiu a combinação forno elétrico-forno elétrico, devido às nossas condições peculiares, dificuldade de coque, preços díspares de matéria-prima em relação aos dos Estados Unidos. O duplex, êles o necessitariam de qualquer maneira.

J. B. Paraguay — Querria acrescentar mais o seguinte: não se trata só do fator econômico, mas de qualidade, contrôle de qualidade, porque qualquer pessoa que opera o cubilô sabe que sômente a posteriori é que se pode controlar a estrutura da peça vazada.

M. Siqueira — Realmente, parece que a questão de sincronização da linha de fusão com a linha de moldagem é outro importante fator técnico e econômico.

J. Vecchiatti — O Eng. Bezerra Paraguay diz que o cubilô dá menor uniformidade. Diz êle, no seu trabalho, o seguinte: «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 metal cuja composição varia de 20 a 30 pontos no silício, e em tôrno 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. Eu, contrariamente, tenho dúvidas de que o forno elétrico — com cuidados análogos aos que podem ser tomados no cubilô — dê, em primeira fusão, carbono e silício mais uniformes do que isso.

J. B. Paraguay — Regularmente fazemos isso. Essa variação de 20 a 30 pontos nós a verificamos em fundições americanas, em que se usa bom coque e boas cargas. Aqui, no Brasil, varia muito mais do que isso.

J. Vecchiatti — Quis referir-me ao forno elétrico na primeira fusão, carregando 30% a 40% de gusa nacional. É possível garantir-se, na primeira fusão, a variação de silício dentro de 20 a 30 pontos?

J. B. Paraguay — Certo, o Sr. obtém; pode tirar amostra e analisar no espectrógrafo (Quantômetro), a fim de fazer a correção necessária.

M. Siqueira — Aí entra um terceiro fator que não foi mencionado ainda e que é o da uniformidade permitida pela unidade duplex.

J. B. Paraguay — Como já frisei, quando se faz a transferência da carga, após fusão primária para o forno secundário, o metal está pronto para vaziar. De modo que não se perde tempo; um minuto depois já está sendo vazado. A carga é corrigida dentro do forno de fusão primária. Não se perde um segundo, porque se se perder cinco minutos, por exemplo, isso equivale a todo o pessoal de acabamento parado e até vai influir no «cooling rate», como já falei. Por exemplo: o Sr. tem tempo certo para desmoldar uma peça. Se se a desmoldar mais cedo ou mais tarde, vai haver dificuldade.

A. A. da Silva — Minha pergunta é a seguinte: essa questão de silício de 20 a 30 pontos numa corrida normal, é muito fácil de ser conseguida. Ouvi do Eng. Bezerra Paraguay que êle consegue em tôrno de 10 pontos de carbono como faixa normal. Não é um pouquinho aberta esta porcentagem?

J. B. Paraguay — Isso em cubiló.

A. A. da Silva — Qual é a faixa de trabalho normal, os limites de composição de carbono que obtém no momento de vaziar?

J. B. Paraguay — Depende da peça. Mas consegue-se cinco pontos.

A. A. da Silva — O Eng. Paraguay também fala em superaquecimento, dando a ordem de grandeza de 1.500°C. Essa temperatura no «cooling rate» é comum?

J. B. Paraguay — Não, falei nessa temperatura no «cooling rate». A temperatura na transferência do primário para o secundário é de 1.550°C.

A. A. da Silva — No forno de segunda fusão fazem a correção?

J. B. Paraguay — Não fazemos a correção, sai pronto; do contrário, não haveria nenhuma vantagem.

A. A. da Silva — O Eng. Paraguay fala em «ferro duro» e «ferro mole». Não seria mais lógico, se me permite, tratar esses ferros como comuns ou SAE, ou, então, segundo especificação da GM? Digo isso porque na nossa linguagem comum de fundição, quando se fala em «ferro duro» é porque o resultado não está bom. Isto também de chamar de «ferro mole» é quando o material não tem propriedades satisfatórias. Eu me permitiria perguntar o que quer dizer com «ferro duro» e se ele tem liga ou não.

J. B. Paraguay — Coloquei entre parêntesis (hard iron) o que chamei «ferro duro». É um ferro de características certas. Infelizmente, não possuímos ainda em português terminologia e especificação fixadas. O «ferro duro» tem o cromo como elemento de liga. O «ferro mole» não tem cromo.

A. A. da Silva — Só queria fazer uma última pergunta. Qual a temperatura normal de vazamento primário para o «hard iron»?

J. B. Paraguay — A temperatura de vazamento do forno de fusão primária, controlada, fica em torno de 1.550°C, ao ser o metal transferido para o forno de fusão secundária. Nesse, o metal é mantido a uma temperatura a mais constante possível. A temperatura de vazamento é de cerca 1.510°C e a de vazamento nos moldes fica entre 1.455°C e 1.415°C.

F. H. Bonafede (14) — Perguntaria qual o tratamento metalúrgico que se realiza no segundo forno do processo duplex da GM; como se trabalha a escória e qual a modificação que se deseja obter nesse segundo forno?

J. B. Paraguay — Preliminarmente informo que trabalhamos sem escória. Quanto às alterações que se processam no segundo estágio, direi que a única mudança é a temperatura, que era de 1.550°C e baixa para cerca de 1.500°C. No trabalho esclareço que, durante o vazamento do forno secundário, é feita a inoculação, para melhorar as propriedades mecânicas e de usinabilidade.

(14) Membro da UBM; Membro da "Sociedad Argentina de Metales"; Buenos Aires, República Argentina.

M. Siegel — Perguntaria ao Eng. Kitice o seguinte: na introdução do seu trabalho, faz uma observação quanto à dúvida que havia sobre a eficiência ou possibilidade da utilização do processo duplex em cubilô-forno elétrico, para obtenção de maleáveis do tipo da Albion Malleable Iron. Segundo me consta, existem fundições que utilizam esse processo normalmente, para maleável que é quase sempre produzido com sistema duplex, exceto em fundições muito pequenas. De modo que imagino que deva ter havido alguma dúvida peculiar às nossas matérias-primas ou às nossas fundições. Pergunto: qual teria sido essa dúvida?

T. Kitice — Não tínhamos feito nenhum estudo preliminar. As únicas observações a esse respeito, eram as de várias fundições, que diziam ter trabalhado por esse processo e não tinham conseguido bons resultados devido às nossas matérias-primas. Esta é a razão por que, antes de procurarmos executar esse programa, fizemos as experiências citadas, no IPT.

M. Siegel — Perguntaria ao Eng. J. M. Branco Ribeiro o seguinte: na primeira página do seu trabalho se refere à existência da matéria-prima selecionada, aço SAE 1010, de que a Ford dispunha em abundância. A escolha do forno de frequência de linha foi motivada principalmente devido à existência dessa matéria-prima?

J. M. Ribeiro — A resposta é afirmativa. Esse foi o fator principal e, naturalmente, acrescido de outros fatores que naquela época considerávamos negativos em relação aos demais, como: existência de coque de boa qualidade, gusa, etc. Aliás, chamo a atenção em meu trabalho para o fato de que, já em 1956 e antes de estarmos cuidando de fazer fundição, cogitávamos de lingotar esta sucata.

M. Siegel — Quanto à questão de investimento, não há necessidade de equipamento auxiliar? Consta que a Ford tem um forno Detroit que é utilizado para fazer os blocos de fundo para dar partida ao forno. Este é equipamento obrigatório ou é apenas questão de comodidade da operação?

J. M. B. Ribeiro — A resposta aqui é negativa. Realmente, temos um forno Detroit, mas um forno de 100 kg; é mais um forno de laboratório. Doutro lado, há necessidade de partir com um fundo sólido. Mas, propriamente, na última corrida do forno, sempre se lingota um certo número de blocos para partidas posteriores. Isto se poderia até comprar fora.

M. Siegel — Sabendo-se que o forno trabalha intermitentemente, com revestimento silicoso, a duração do revestimento é satisfatória?

J. B. M. Ribeiro — Considero essa uma pergunta difícil de responder, porque o forno de indução ainda é novo para se ter padrões de consumo. Nosso revestimento dura, em média, 400 t, o que equivale a 100 corridas, pelo método com que fundimos. Temos notícias muito recentes de que a Auto Union, na Alemanha, que opera com forno semelhante, chegou a 800 t. Não conseguimos chegar a esse ponto. Considero esse um dos pontos básicos, que recebe a maior atenção de nossa parte e, principalmente, dos fornecedores de refratários.

M. Siegel — Voltando à questão da conveniência de se utilizar duplex versus fusão direta, disse o Eng. J. M. Branco Ribeiro que utiliza o processo de fusão direta. Eu diria que o processo da Ford pode ser comparado melhor ao processo duplex, pois que contam com duas unidades de alta potência (1.500 kW) e de uma unidade de 400 kW.

O próprio forno é religado depois da fusão à unidade de baixa potência. Portanto, o próprio forno é utilizado como «holding». Equivaleria a passar o metal de um forno para outro a ligação da carcaça de um circuito para outro.

J. M. B. Ribeiro — Realmente, pode ser interpretado dessa forma. Eu estava partindo da definição clássica. No processo duplex transfere-se o metal de um forno para outro, ao passo que nós só transferimos o controle elétrico, e isso não é feito todas as vezes. Também fazemos diretamente. É apenas uma questão de coordenação entre as linhas de moldagem e o equipamento de fusão.

M. Siegel — Aliás, a respeito, gostaria de lembrar que existe uma fundição que está utilizando forno elétrico a arco, de grande capacidade para fusão direta e no qual se fazem adições intermitentes, em intervalos muito curtos, de modo que, com um forno só, eles trabalham como se estivessem operando um sistema duplex. É um sistema de vazamento contínuo, utilizando forno único. Portanto, isso parece que completaria o quadro das possibilidades de sincronização do sistema de fusão com o da moldagem contínua.

Agora, mais uma pergunta ao Eng. J. M. Branco Ribeiro, com respeito à carburação e à questão de inclusões. Sempre que se discute o forno de indução, seja de frequência de linha ou de alta frequência, ouve-se, como argumento importante, o da eficiência da mistura que se consegue com o forno (aliás, excelentemente caracterizado no trabalho do Eng. J. M. B. Ribeiro) e que permite facilmente distribuir ligas no banho.

A primeira impressão que se tem é a de que se alia essa vantagem à desvantagem de também misturar no banho coisas indesejáveis (como inclusões não metálicas). Isso também está confirmado no trabalho, porquanto o forno é deixado desligado durante 30 minutos para uma decantação, para depois se proceder a uma escorificação. Evidentemente, esses trinta minutos são um compromisso econômico entre o desejável e o que seria economicamente possível para deixar o equipamento parado.

Os senhores notaram na Ford se, depois dessa decantação, ainda existem inclusões, talvez microscópicas, que poderiam ser prejudiciais à qualidade das peças?

J. M. B. Ribeiro — Obviamente, não tiramos todas as inclusões. Mas, do ponto de vista de fundição, de controle das qualidades do nosso ferro, consideramos o número de inclusões que ainda restam como perfeitamente aceitável e não comprometendo a qualidade da peça.

M. Siegel — Pediria um esclarecimento a respeito da duração da corrida. Em seu trabalho, a duração total da corrida consta como sendo de 270 minutos, o que corresponde a 4,30 h. Verifica-se que grande parte do tempo é absorvida por vazamento e para a própria flotação. No entanto, parece, à primeira vista, que ainda assim é um tempo relativamente alto para forno elétrico. Isso é uma prática normal ou é uma prática peculiar da Ford, devido a condições específicas?

J. M. B. Ribeiro — É devido a condições específicas, vamos dizer, ao cuidado que temos em todas as análises e questões de escorificação. Fazemos uma escorificação cuidadosa e, naturalmente, o processo de carbonetação exige certo tempo também.

Gostaria de adicionar o seguinte: demos um exemplo que chamáramos de corrida inicial. O processo normal é, depois de pronta a corrida, vazarmos aproximadamente a metade do forno e o recarregarmos nova-

mente, o que dá um ritmo de trabalho de, aproximadamente, duas horas para cada corrida de 4 toneladas.

M. Siegel — Com respeito ao trabalho do Eng. Paraguay, da GM, existe uma tabela em que há comparação de custo de material. Figura, no caso da carga de forno elétrico, «retorno de fundição: 30%» e, no caso da carga de cubilô, «retorno de fundição: 25%». À primeira vista, diria que a comparação deve levar em conta prática diferente, porque, se há retorno da ordem de 30% na operação em fornos elétricos, não vejo motivo para que o retorno seja inferior no caso de cubilô mais forno elétrico.

J. B. Paraguay — Esclareço que essa cifra foi escolhida porque é a média da carga na GM dos Estados Unidos. Eles usam 25% de retorno. Eu não poderia modificar esse dado, porque estaria modificando o processo deles. Em segundo lugar, o retorno de fundição, de acordo com o cálculo, é o material mais caro, porque estão incluídos eletrodo, material, mão-de-obra e todas essas despesas indiretas. De maneira que, no caso daqui, dou uma vantaguzinha ao cubilô.

M. Siegel — Portanto, existe uma certa dificuldade em se fazer também a comparação de custo, porque estamos comparando cargas em condições diferentes, estamos comparando condições de operação dos Estados Unidos no caso do cubilô a condições de operação de fornos elétricos, no Brasil. Não é verdade?

S. A. Jannini ⁽¹⁵⁾ — No caso do forno da Ford, no início, quando em processo de fusão ou a meio caminho da fusão, o metal está em estado pastoso; caso venha a ocorrer uma parada de energia por algumas horas, que aconteceria com o metal que está no forno?

J. M. B. Ribeiro — Acho que essa hipótese poderia ser comum a qualquer forno elétrico. Com uma parada do suprimento da força, há resfriamento da carga. Obviamente, haverá deterioração do revestimento. Podemos dizer que nunca tivemos essa desagradável experiência; de maneira que não posso dar dados concretos sobre o que aconteceria.

S. A. Jannini — No caso de um forno elétrico, se houvesse uma parada simplesmente se desligaria o forno, ou melhor, levanta-se o eletrodo e espera-se a volta da energia. Em caso de volta de energia, simplesmente arrea-se o eletrodo e continua-se a fusão.

Pergunto: no caso de forno de indução, há essa possibilidade, ou tem que se tirar o material, porque me parece que no caso desses fornos, nêles existe um recipiente para a possibilidade de se esvaziar o forno nessa emergência.

J. M. B. Ribeiro — Vou reportar-me somente ao que li na literatura, que é muito escassa a respeito disso. Teoricamente não haveria inconveniente, poderíamos deixar o bloco metálico solidificar-se e partir novamente. O fabricante do forno, porém, faz recomendações precisas para que não se deixe acontecer isso, porque afetará o revestimento, que será estragado nessas condições.

No forno de indução, temos um recipiente na frente, para vazamento e descarregamento rápido, e para a proteção do forno, da sua carcassa e da sua bobina, no caso de ruptura durante a fusão; a respeito

(15) Membro da ABM; Engenheiro da Companhia Fabricadora de Peças; São Paulo, SP.

disso já tivemos experiência. Nesse caso, deve-se fazer um vazamento rápido, para evitar que o ferro chegue até à bobina. Essa é a causa de termos uma lingoteira na frente, com capacidade igual à do forno.

Raul Cohen ⁽¹⁶⁾ — A minha pergunta não tem pròpriamente relação com processos de fusão, mas se origina da leitura do trabalho apresentado pelo representante da GM, no título «Estrutura Metalográfica». Gostaria, se possível, que me fôsse esclarecido o porquê de se desejar para os veios de grafita, para melhor resistência ao desgaste, tamanhos 3 e 4 e não um tamanho menor.

J. B. Paraguay — A essa pergunta pode-se responder que se chegou a essa conclusão através da experiência, dos resultados obtidos, os quais confirmaram a prática adotada.

R. Cohen — Desejaria uma justificativa mais concreta, mais científica, digamos assim. Realmente, a informação de prática é de suma valia e acredito que os tamanhos 3 e 4 sejam os mais recomendados. Talvez algum outro Congressista presente pudesse esclarecer-me a respeito, porque me recordo de já ter visto uma especificação tempos atrás, nesse sentido, e confesso que não atinei com a razão.

A. A. da Silva — Vou tentar dar uma explicação. Aliás, no meu trabalho falo sôbre a grafita, supondo que o espaço que ela ocupa no ferro possa ser considerado como vazio. Se imaginarmos um veio de grafita numa peça e essa peça trabalhar por atrito, digamos assim há um desgaste, há um microestragalhamento da grafita. Ela vai-se decompondo paulatinamente e êsse desgaste será tanto maior, quanto mais grosseiro for êsse veio de grafita. Mas se houver um meio especial para limitar êsse tamanho, acredito que automaticamente teremos um desgaste demorado, mais prolongado. Quanto à razão de ser dos tamanhos 3 ou 4 acho que isso foi naturalmente concluído por experiência. Da razão disso, não tenho nenhuma idéia exata.

R. Cohen — De acôrdo com o que o Sr. disse, talvez o tamanho 2 fôsse o mais favorável.

A. A. da Silva — Talvez o limite 2 fôsse desfavorável porque começaria a desaparecer a grafita.

R. Cohen — Refiro-me só ao tamanho do veio, considerando o restante da estrutura igual.

A. A. da Silva — O que acontece é que os tamanhos muito finos são de grafita tipo «B» e «E».

M. Siqueira — Talvez a coisa se prenda ao fato de que a grafita fina demais desgastaria a peça que trabalha sôbre ela. E, no caso de ela ser grossa demais, essa peça se gasta e a outra não. Talvez seja questão de meio termo.

J. B. Paraguay — Creio que, na sua explicação, o Sr. completa o meu pensamento. No caso de a grafita ser fina, a usinabilidade não será tão boa, e, no caso de ser muito grosseira, haverá um desgaste. Quer dizer, é a prática que verificou isso.

(16) Membro da ABM; Professor Catedrático da Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul; Pôrto Alegre, RS.

Michel Loeb ⁽¹⁷⁾ — Tenho duas perguntas a formular. A primeira, dirigida ao Eng. J. M. Branco Ribeiro, é a seguinte: Quando o A. faz carburação com moinha de coque deve ter uma granulação controlada. Gostaria de saber a granulometria do material usado, em pêso.

J. M. B. Ribeiro — Tenho a impressão de que a mencionámos aqui no nosso trabalho. Praticamente: malha 8-53%; o resto é distribuído em malhas 14, 30, 70, 200. Gostaria de dizer que, na realidade, não vamos ao rigorismo de controlar. Usamos a moinha de coque normalmente existente que cai nessa granulometria.

M. Loeb — A segunda pergunta é dirigida ao Eng. Paraguay: refere-se a «Gasto de elétrodos — 9 quilos por tonelada de metal». Esse número me parece relativamente alto. Há uma razão específica para isso?

J. B. Paraguay — Se o Sr. ler o parágrafo anterior vai encontrar, relativamente a esse dado que mencionou, a expressão seguinte: «Numa produção a cêrca de 66% da capacidade prevista, foram obtidos os seguintes resultados médios». Quer dizer que não estamos fundindo à capacidade total dos fornos. Tôda vez que o forno trabalha com baixa capacidade, o aumento de consumo de elétrodos é considerável. Quando se fundir, vamos supor, a 50% ou a 30%, o aumento ainda será bem maior, tanto de elétrodos, como de energia.

Paulo Rocha Azevedo ⁽¹⁸⁾ — O Eng. J. M. Branco Ribeiro, sôbre revestimento refratário, citou, como vida normal, mais ou menos 400 t por revestimento, e tem notícia de que na Alemanha há uma produção de 800 t. Gostaria de saber se esse forno da Alemanha trabalha em regime intermitente, análogo ao da Ford, ou se trabalha em regime contínuo.

J. M. B. Ribeiro — Na realidade, não estou certo. Parece-me que o regime em que êle trabalha é o contínuo.

A. A. da Silva — Agora uma pergunta ao Eng. Tomio Kitive: na última página do seu trabalho, o Sr. fala no contrôle de meia em meia hora do cubilô e do forno elétrico, e que analisa o enxôfre e o cromo. Esses elementos são analisados sistemáticamente também de meia em meia hora?

T. Kitive — Colhemos amostras de meia em meia hora do cubilô e do forno elétrico, e analisamos os três elementos: carbono, silício e manganês, de meia em meia hora. O enxôfre analisamos cada duas horas, e o cromo duas vêzes por dia.

Carlos Passeggio ⁽¹⁹⁾ — Queria fazer uma pergunta ainda sôbre consumo de elétrodos, referente ao trabalho do Eng. Paraguay. Acredito que a pergunta do Eng. Loeb é precedente. O Eng. Paraguay citou 9 kg/t de metal e depois disse que, como os fornos não trabalham com a capacidade total, esse número fica agravado. Em forno de 15 t para aço, portanto com consumo muito maior, lógicamente, costumamos trabalhar com 7 a 8 kg/t de elétrodo. Ainda acredito que, mesmo tra-

(17) Membro da ABM; Engenheiro de Equipamentos Industriais EISA; São Paulo, SP.

(18) Membro da ABM; Engenheiro da Cerâmica São Caetano; São Paulo, SP.

(19) Membro da ABM; Engenheiro de Aços Villares S/A.; São Paulo, SP.

balhando com capacidade reduzida, o número 9 é muito elevado. Deveria haver uma razão específica para isto.

J. B. Paraguay — Creio que, no nosso caso, o consumo de elétrodos para se fundir ferro é sempre maior do que para se fundir aço. Trabalhamos oito horas. O forno passa dezesseis horas frio e vai gastar certa quantidade de elétrodos para ser aquecido. Se êle trabalhasse dezesseis horas, gastaria muito menos elétrodos. Se trabalhasse vinte e quatro horas, melhor ainda.

C. Passeggio — O colega teria dito primeiro que era por causa da capacidade reduzida. Um forno, trabalhando nas mesmas condições, com ferro e aço, nunca pode gastar mais com o aço do que com ferro.

J. B. Paraguay — Não trabalhamos com aço. Pesamos os elétrodos antes e depois e lhes medimos o comprimento. O consumo dado é mais certo. Queria agora fazer ao Eng. Branco Ribeiro a seguinte pergunta: nas cargas do forno, nas porcentagens de sucata de aço de retórno, são usados cavacos também?

J. M. B. Ribeiro — Usamos. Já declarei que consideramos nosso ferro fundido sintético, porque usamos 60% de sucata doméstica interna, vinda de canais e peças que não estão boas e usamos cavaco sem briquetar e sem lavar.

J. B. Paraguay — Então têm necessidade de comprar sucata de aço.

J. M. B. Ribeiro — Depende do regime em que trabalhamos. Passámos dois anos trabalhando sem comprar sucata de aço, por dela dispormos de quantidade suficiente.

J. B. Paraguay — A respeito de revestimento, gostaria de saber se há meios práticos de se constatar quando o revestimento está excessivamente gasto, pondo em perigo a parede do forno.

J. M. B. Ribeiro — O forno tem equipamento elétrico que acusa uma eventual fuga de corrente entre o forno e a terra; isso nos dá a indicação da espessura do revestimento. Mas, o melhor método, na prática, ainda é o de esvaziar o forno e olhar. Não há outro melhor.

J. B. Paraguay — A respeito do desgaste das peças, tem sido satisfatório, comparando por exemplo, com ferro de cubilô? Creio que a Ford tem fornos elétricos. A resistência ao desgaste vem provando bem na prática?

J. M. B. Ribeiro — O único dado que temos é que a resistência dos nossos ferros ao desgaste é maior que a dos americanos. Foi o dado que tivemos no laboratório.

M. Siqueira — Aproveito a oportunidade para, mais uma vez, congratular-me com os colegas que aqui estão e que acabaram de apresentar seus trabalhos. Passo a palavra ao Eng. Saverio L'Abate, para expor seu trabalho: "*Gusa como matéria-prima: dados estatísticos de produção e de consumo de gusa*". (*)

(*) Ante o fato de que várias usinas não remeteram em tempo os dados de produção pedidos, não foi possível ao Autor poder apresentar um trabalho completo; pediu que não o publicassemos. Douro lado, o Autor se propôs apresentar ao XVI Congresso (Pórtó Alegre, julho de 1961) englobadamente os dados referentes a 1959 e 1960.