

# PEÇAS DE FERRO FUNDIDO PARA A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA <sup>(1)</sup>

LAURO MORAES DE FARIA <sup>(2)</sup>

## RESUMO

*O Autor traça um quadro geral acêrca do problema do fornecimento de fundidos de ferro à indústria automobilística. No aspecto brasileiro, aprecia como poderia, e como está sendo, resolvido o fornecimento de ferro cinzento e de maleável àquela indústria.*

### 1. ASPECTO GERAL

Tôdas as peças fundidas empregadas em veículos são, por obrigação, peças fabricadas em série. Daí, sua produção caracteriza-se por grande volume e uma necessária uniformidade. As exigências de uma fundição seriada são:

- a) Equipamento mecanizado adequado ao tipo e ao volume das peças a produzir;
- b) Planejamento cuidadoso de detalhe da produção de cada tipo de peça — desde o modelo até o acabamento;
- c) Preparação (experimentação e contrôle) de cada tipo de peça;
- d) Rigoroso entrosamento de trabalho em equipe;
- e) Contrôle contínuo das diversas operações e do produto final;
- f) Uniformidade de suprimento das matérias primas e materiais de trabalho;
- g) Nos casos difíceis (peças com machos internos e paredes finas, peças sujeitas a empenamentos, a trincas, a formação de bolhas, etc.) devem ser encontradas soluções que possam ser aplicadas “em massa”, não dependendo, portanto, de operações demoradas, que exijam muita habilidade manual.

Quando falamos que as peças fundidas para a indústria automobilística são peças de série, devemos lembrar-nos de que

---

(1) Contribuição Técnica n.º 383. Apresentada na Reunião Aberta sobre «Problemas de qualidade nas peças automobilísticas». XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM; Engenheiro da Mercedes Benz do Brasil S/A.; São Bernardo do Campo, SP.

a própria indústria automobilística é talvez o principal responsável pelo desenvolvimento da fundição seriada. Esta cresceu solicitada sobretudo pela demanda da indústria de fabricação de veículos. É fácil compreender que a invenção das linhas de montagem teve como repercussão natural o desenvolvimento da produção em série de tôdas as peças nas mesmas empregadas.

Como muitas dessas peças são provenientes da fundição, é claro que esta teria de esforçar-se por atender às necessidades das linhas de montagem. Dessas necessidades se pode ter uma idéia considerando-se que, em média, se necessitam 350 kg de peças de ferro cinzento e 80 kg de peças de maleável por veículo.

Cada caminhão médio LP 231 contém 525 kg de ferro cinzento e 120 kg em maleável. O LP 331 encerra 830 kg de ferro cinzento e 100 kg de maleável. As peças de ferro cinzento correspondem a cerca de 16% do pêso de cada caminhão.

Das peças de ferro cinzento, as principais são os blocos, os cabeçotes, os canos de escapamento, os tambores de freio e as guias de válvula. As três primeiras são produzidas neste material sobretudo em virtude de suas excelentes propriedades de expansão térmica e resistência a desgaste, combinadas com a facilidade de enchimento de formas intrincadas. As duas últimas aproveitam as propriedades de resistência e desgaste e de usinabilidade.

Muitas outras peças são produzidas em ferro cinzento para a indústria automobilística, por unirem a economia de produção à não exigência de alta resistência à tração. No intuito de aumentar esta resistência e obter estrutura uniforme são usadas em alguns casos pequenas adições de liga.

De modo geral, a exigência fica entre os limites — 20 a 25 kg/mm<sup>2</sup> resistência à tração e 160 a 200 kg/mm<sup>2</sup> dureza Brinell. As peças sujeitas a grande desgaste são, de preferência, de ferro fundido perlítico, com resistência à tração da ordem de 30 kg/mm<sup>2</sup> e dureza Brinell de 180 a 210 kg/mm<sup>2</sup>.

As peças de maleável são geralmente do tipo "black heart", ou maleável "standard" americano. São muito empregadas nos veículos de projeto americano, menos nos veículos europeus. A razão disto parece ser a seguinte: Seth Boyden, em New Jersey — Estados Unidos, procurou fabricar, em 1826, peças de ferro maleável europeu ("White heart"), único conhecido então. Não o conseguiu; porém obteve pela primeira vez o que veio a ser o "maleável americano" ou "*black heart*". O processo europeu, baseado na descarbonetação (por penetração de oxigênio vindo de fora), não permite a obtenção de peças inteiramente maleabilizadas em espessura superior a 5-6 mm. Con-

trariamente, o processo americano, baseado na precipitação da grafite por ação do calor unicamente (permanência acima da temperatura crítica), permite a obtenção de peças grossas inteiramente maleabilizadas.

A primeira aplicação do maleável americano foi, naturalmente, a produção de ferragens para carruagens, arreios e implementos agrícolas. Mais tarde a indústria ferroviária fez largo uso de peças de maleável para pequenas alavancas, dobradiças e ferragens diversas para vagões, assim como para material de linha. Para todos os usos acima muito deve ter contribuído a extraordinária resistência do maleável americano à corrosão atmosférica, quando comparada com a do aço doce.

Quando se implantou a indústria automobilística nos Estados Unidos, esta encontrou no país um produto razoavelmente desenvolvido, que se prestava de modo admirável à usinagem (é o mais usinável dentre os ferrosos) e que atendia aos requisitos de resistência e maleabilidade de muitas peças de veículo, tais como: carcassa do diferencial, caixa de satélites, braço de direção, caixa de direção, pedais, alavancas e suportes diversos.

Na Europa muitas dessas peças são forjadas. Evidentemente há um campo comum às peças forjadas e às de ferro maleável. As peças forjáveis, que devem ter resistência à tração superior a  $35 \text{ kg/mm}^2$  ou que devam trabalhar a temperaturas elevadas, pertencem unicamente ao campo de forjados. As peças de formas complicadas demais para forjar têm de pertencer ao campo das fundidas, que poderão ser de maleável se não exigirem resistência à tração superior a  $35 \text{ kg/mm}^2$ . O âmbito comum é, pois, o de todas as peças *forjáveis*, cuja resistência à tração não passe do limite comum do maleável americano, acima mencionado. No referente às propriedades mecânicas, de modo geral, o maleável americano é parente próximo do aço doce, em razão de sua estrutura básica ferrítica. Sua resistência ao impacto se compara a alguns tipos de aço ao carbono. Aqui entram em discussão os fatores de escolha. Os que usam tradicionalmente os forjados podem argumentar que, sendo o metal trabalhado por compressão a quente na operação de forjamento, não poderão restar falhas internas, que poriam em perigo a resistência da peça em serviço. Essas falhas são muito de temer na fundição, sejam os restos de vazio provenientes da contração, sejam cavidades de ar ou gases, sejam inclusões de areia ou trincas de contração.

O argumento acima é muito forte se se comparam peças forjadas sob boa técnica e utilizando a correta matéria prima, com peças fundidas sem o devido cuidado. Devemos, entretanto, reconhecer que, se se comparam peças "bem" fundidas, o

argumento perde fôrça, mas permanece válido: *é mais difícil garantir a sanidade da peça fundida de maleável que a da peça forjada*. Em ambos os casos o contrôle de qualidade no fornecimento e na recepção será o responsável pela aceitação ou não da peça. Em lotes grandes, como são normalmente os exigidos pela indústria automobilística, a amostragem, por mais bem feita e criteriosa que seja, pode sempre deixar passar peças com defeitos internos. Note-se: falo de processo de "amostragem", normalmente usado na indústria. Se se pode empregar raios-X em cada peça em particular, então o contrôle será praticamente perfeito, mas este não é o caso normal na prática.

Creio, pois, que a rigor, têm razão os adeptos dos forjados, sob o ponto de vista da segurança. Vejamos agora o caso do preço. Sabemos que é difícil generalizar, pois os problemas afetos à fundição e ao forjamento não apresentam dificuldades paralelas. Podemos admitir que o custo do metal seja equivalente em ambos os casos, sendo a mão de obra um tanto maior para as peças fundidas, por causa das necessárias manipulações de areia, das operações de vazamento e de desmoldação. O fator que nos parece decisivo, entretanto, é o custo da aparelhagem individual de produção — modelo (para as peças fundidas) e matriz (para as forjadas).

Tomando, como exemplo típico, peças do conjunto de suporte de molas, que podem ser confeccionadas em maleável como em forjado, encontramos preços da ordem de Cr\$ 85,00 por peça de 0,905 kg em maleável e Cr\$ 488,00 para a mesma peça forjada, isto em um caso de encomenda de 1.000 peças. Essa brutal diferença somente pode provir das incidências do modelo e da matriz no preço das peças. Note-se que, para lotes seguintes de 1.000 peças, o preço do forjado cai a Cr\$ 220,00 por peça. Mesmo assim, é quase três vezes superior ao da peça de maleável.

Uma placa-modelo permite, no caso, produzir umas 8 peças por operação de moldagem. A matriz correspondente, permitindo forjar uma peça por vez, custará preço muito mais alto e durará talvez a produção de umas 3.000 peças, findo o que terá de ser reformada ou substituída. A placa-modelo, submetida a serviço muito menos severo, permitirá possivelmente a moldação de umas 50.000 peças.

Vê-se, portanto, que, para muitas peças, que tanto podem ser fundidas em maleável como forjadas, há grande vantagem econômica em que sejam fundidas. Se fôr possível realizar teste individual em cada peça, a solução da peça fundida poderá ser adotada com tôda a segurança, mesmo em caso de grande responsabilidade. A tendência atual é aparelhar as fundições

com raios-X, passando cada peça pelo teste. Esta solução importa em pesado investimento, que só pode ser economicamente justificável em fundição de grande produção.

Esta apreciação comparativa de emprêgo de peças de maleável e de forjados tem por fim chamar a atenção para dois pontos:

1. De como a demanda de peças de maleável pode expandir-se ou se restringir, segundo a decisão das firmas quanto à escolha do material adequado para algumas de suas peças.
2. De como a demanda de peças de maleável pode ser influenciada pela existência ou não de forjarias capacitadas a fornecer peças pertencentes ao campo comum.

## 2. ASPECTO BRASILEIRO

No que antecede procurámos focalizar de modo geral o problema de fornecimento de fundidos de ferro à indústria automobilística. Isto fizemos para formar um quadro que nos permitisse apreciar como poderia e como está sendo resolvido o fornecimento de peças de ferro cinzento e de maleável à recém-criada indústria automobilística nacional.

Cabe observar que o espírito dos decretos que criaram o GEIA foi fazer com que, através da nacionalização progressiva, as firmas montadoras, que aqui viessem estabelecer-se, se transformassem em incentivadoras da formação das indústrias fornecedoras de peças.

*Ferro fundido cinzento* — Ora, no que concerne às peças de *ferro fundido cinzento* (cujas necessidades, para uma produção anual da ordem de 100.000 unidades, seria de 3.000 toneladas por mês), o que encontraram as firmas montadoras que pudesse ser considerado como uma base, um ponto de partida?

Bem poucas fundições mecanizadas havia em São Paulo e arredores, região naturalmente escolhida para o estabelecimento das fábricas montadoras, pela pré-existência do maior parque industrial do País. Nenhuma fundição tinha prática da produção de blocos de cabeçotes. Duas soluções poderiam ser adotadas — incentivar uma das poucas fundições mecanizadas existentes a entrar no ramo da produção de peças para carros ou montar sua própria fundição. A primeira solução foi adotada pela MBB, a qual forneceu à SOFUNGE a orientação técnica necessária através do concurso da Daimler-Benz e lhe propiciou também o equipamento de moldação conveniente. À Mercedes-Benz e à SOFUNGE cabe, sem dúvida, a glória de haver rompido o tabú da fundição de blocos e cabeçotes no

Brasil. A Willys, tendo a princípio pretendido seguir orientação idêntica à MBB, decidiu mais tarde adquirir a fundição de Taubaté, de Máquinas Piratininga, produzindo assim, ela própria, as peças de que precisa. Atualmente, não somente os blocos e cabeçotes para os jipes e Aero-Willy são fundidos em Taubaté, mas também os dos Dauphines. A Ford, a General Motors e a Internacional preferiram montar e operar suas próprias fundições. A DKW-Vemag abastece-se na SOFUNGE e a Volkswagen encomenda suas camisas centrifugadas em determinada fundição, devendo próximamente resolver o problema da fundição nacional das carcassas de alumínio de seus motores. A FNM, que emprega blocos de motor fundidos em alumínio, ainda não conseguiu executar a produção dos mesmos no Brasil.

As peças de ferro cinzento para a indústria automobilística, outras que os blocos e cabeçotes, vêm sendo normalmente fundidas por diversas fundições mecanizadas que surgiram ou se ampliaram nestes quatro anos de preparação e início da indústria automobilística.

Felizmente para nós, ambas as soluções adotadas pela indústria automobilística deram certo, graças aos esforços dos técnicos das empresas interessadas, ao capital empregado e à energia com que foi atacado o problema. Devemos lembrar-nos de que a indústria automobilística está, apenas, em comêço. A demanda em peças de ferro fundido está, provavelmente, ultrapassando as 3.000 toneladas por mês. Algumas das fundições inauguradas pelas firmas montadoras têm larga capacidade de produção e estão aptas a enfrentar economicamente pesados aumentos de demanda. Outras terão de ampliar-se.

No tocante à matéria prima disponível no país não há problema de qualidade. A mão de obra operária está em pleno processo de formação e desenvolvimento. Podemos prever, pois, que o setor de produção de peças de ferro cinzento para a indústria automobilística, tendo vencido galhardamente as duras provas de seu início, esteja capacitado para acompanhar o desenvolvimento da indústria a que serve.

Convém notar que a indústria automobilística em si é tida no mundo inteiro como um consumidor exigente e também oscilante no relativo ao volume de encomendas. Os veículos são em grande parte bens de consumo e não de primeira necessidade. Portanto, sua venda é muito sensível à variação da capacidade aquisitiva do povo. É recomendado às vezes às fundições que trabalham para a indústria automobilística que procurem parcelar sua produção, de modo a não destinar fração muito elevada da mesma àquela indústria. Sem dúvida, é uma medida elementar de prudência não comprometer totalmente a produção de uma fundição com um só ramo industrial. Infelizmente, porém,

quando um ramo, como o automobilístico, está em crise, outros ramos o seguem, embora em intensidade diferente, de modo que a crise de encomenda poderá, quando muito, ser minorada, mas não evitada.

*Ferro maleável* — Conforme fizemos ver, o único maleável aceito amplamente pela indústria automobilística é o “americano standard” ou “black heart”. Em 1956, embora cêrca de meia dúzia de fundições de maleável europeu já operassem entre nós, havia praticamente uma só fundição equipada e destinada a produzir em série o maleável americano. Sua capacidade de produção, tida como da ordem de 100 t/mês, seria insuficiente para atender à futura demanda, estimada como do nível de 700 t/mês, para uma produção de 100.000 veículos por ano.

Nestes últimos quatro anos duas das melhores fundições de maleável europeu passaram a produzir o “black heart”, enquanto duas novas fundições de maleável americano se instalavam. A capacidade total atualmente disponível neste material é de cêrca de 700 toneladas, o suficiente para atender o consumo à base de 100.000 veículos por ano. Estamos sobrepujando esta marca atualmente. A capacidade das fundições já instaladas não apresenta grande folga, mesmo que a mesma seja, em total, até o dôbro da estimada (700 t/mês), pois as fundições são, e serão, solicitadas ao fornecimento para outros ramos industriais (conexões de canalização, ferragem para linhas de alta-tensão, implementos agrícolas, etc.). Nos Estados Unidos a indústria automobilística absorve cêrca de 50% da produção de maleável. Ainda não podemos saber que parte tocará à indústria automobilística nacional. Uma eventual escassez de maleável poderia ser comprovada com o recurso a forjados, mas, aí entra um grande fator de dúvida, pois parece que as forjarias estarão em breve em maiores dificuldades para atender à indústria de veículos. Talvez venha a se dar o contrário: peças forjadas passarão a ser confeccionadas em maleável.