

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA FORMA DA PEÇA SÔBRE O COMPORTAMENTO DA SINTERIZAÇÃO DE MISTURAS DE PÓS DE COBRE E ESTANHO <sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup>

Eng.º VICENTE CHIAVERINI <sup>(2)</sup>

Eng.º CARLOS DE REVOREDO BARROS <sup>(3)</sup>

## RESUMO

*Os autores neste trabalho comprovam que, nos processos de metalurgia do pó, a forma da peça exerce apreciável influência sôbre o comportamento do material na sinterização. No caso particular, foram abordadas misturas de cobre e estanho, comprimidas a diversas pressões em matrizes de formato e dimensões diferentes e sinterizadas à mesma temperatura e durante o mesmo tempo.*

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo de propriedades de misturas de pós de cobre com outros metais ou substâncias não metálicas já foi objeto de estudo em vários trabalhos dos autores <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>. Em todos êsses trabalhos, os autores preocuparam-se principalmente em medir as propriedades mecânicas das misturas depois de sinterizadas. Se bem que nêles se pesquisasse também a variação de dimensões das peças antes e depois da sinterização <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>, o objeto primordial foi sempre o estudo das condições de opera-

- 
- (1) Trabalho a ser apresentado ao 10.º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais; C. T. n.º 223, São Paulo, outubro de 1954.
  - (2) Membro ABM; Engenheiro da Divisão de Metalurgia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Assistente de "Materiais de Construção" da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
  - (3) Membro ABM; Engenheiro da Divisão de Metalurgia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.
  - (4) A Secretaria da Associação Brasileira de Metais deseja receber discussões sôbre êste trabalho. Preferivelmente, a discussão poderá ser apresentada pessoalmente durante o 10.º Congresso Anual, São Paulo, 6 a 11 de dezembro. A discussão poderá também ser enviada por escrito (duas vias) à Secretaria da ABM. O prazo para apresentação das discussões escritas é de 15 de janeiro de 1955.

ção mais adequadas para a obtenção dos melhores característicos físicos.

No contacto diário com problemas de produção de mancais porosos ainda que em escala experimental, na Secção de Metalurgia de Pó do IPT, notaram os autores que praticamente para cada novo tipo de mancal, o seu comportamento, no que se refere a variações de dimensões antes e depois da sinterização, era diferente. Decidiram então, estudar mais a fundo a questão, sendo que os resultados desse estudo acham-se expostos no presente trabalho.

## 2. MÉTODO DE PESQUISA

a) *Tipos de matrizes.* Foram utilizados os quatro tipos de matrizes seguintes:

- MC — matriz cilíndrica (fig. 1)
- MR — matriz retangular (fig. 2).
- MT<sub>1</sub> — matriz tubular (fig. 3)
- MT<sub>2</sub> — matriz tubular (fig. 4)

obtendo-se respectivamente os compactados das figs. 5, 6, 7 e 8.

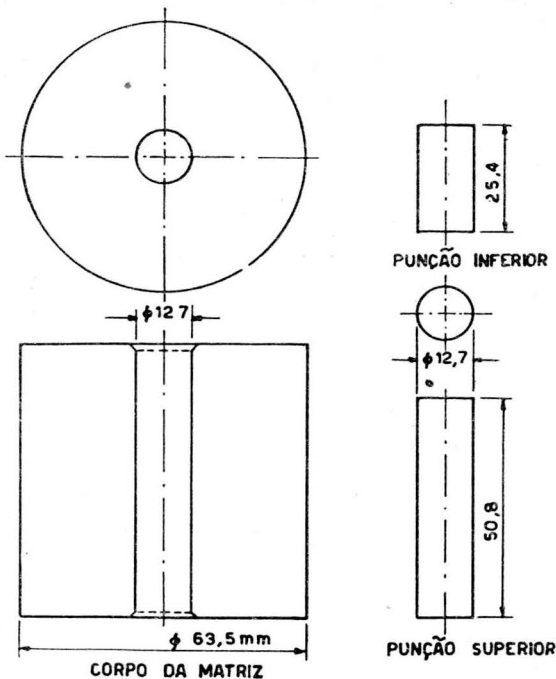


Fig. 1 — Matriz utilizada na obtenção dos compactados.

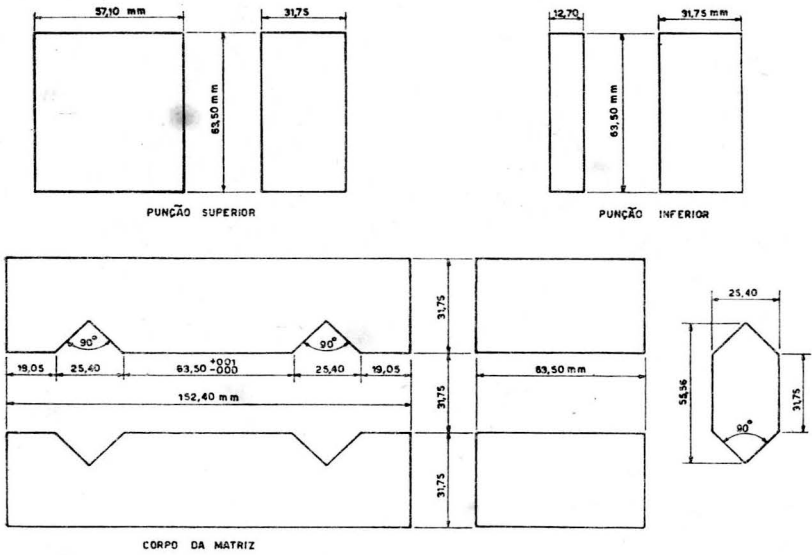


Fig. 2 — Matriz utilizada na obtenção dos compactados.

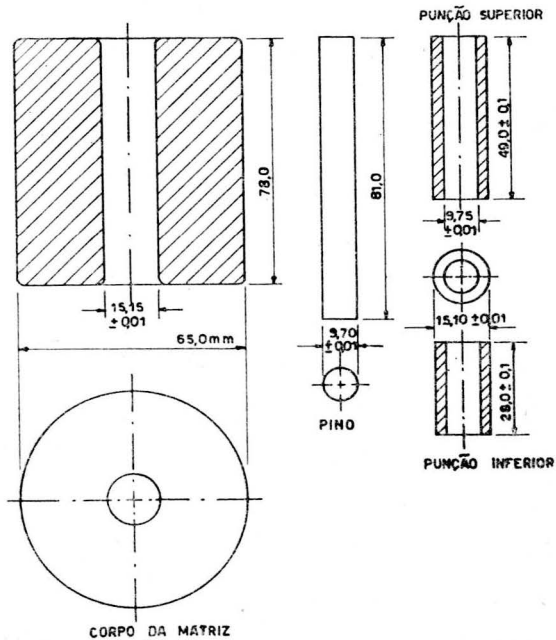


Fig. 3 — Matriz utilizada na obtenção dos compactados.

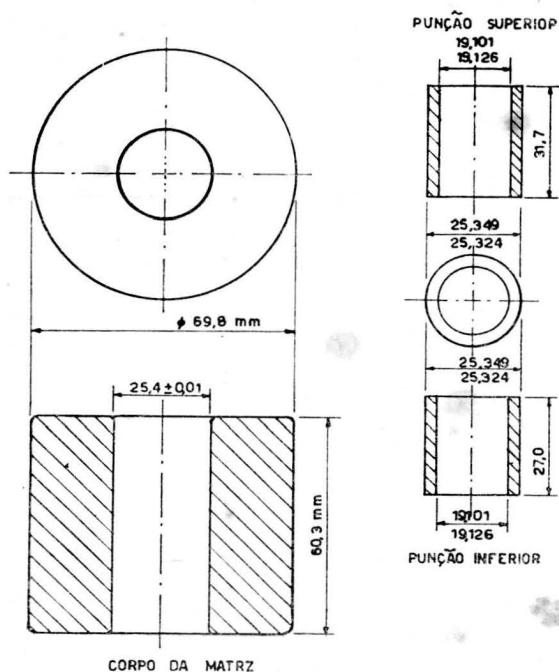


Fig. 4 — Matriz utilizada na obtenção dos compactados.

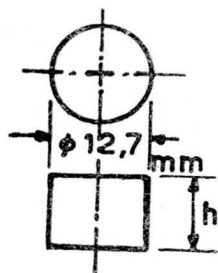


Fig. 5

Compactado utilizado nas experiências.

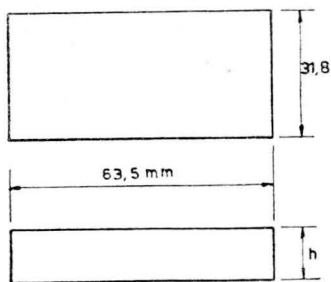


Fig. 6 — Compactado utilizado nas experiências.

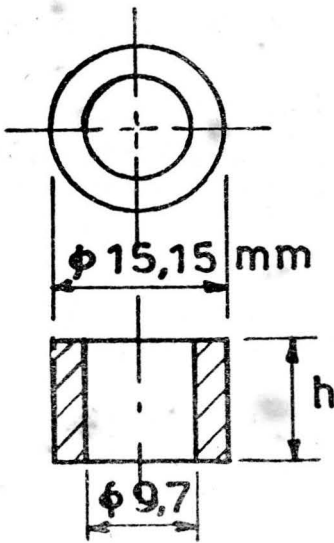


Fig. 7 — Compactado utilizado nas experiências.

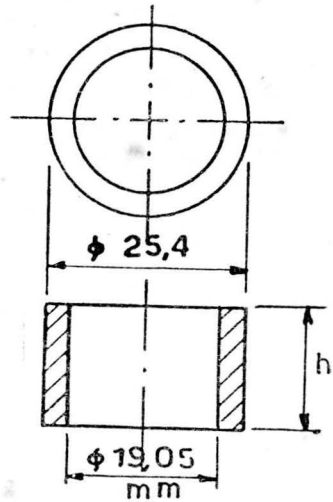


Fig. 8 — Compactado utilizado nas experiências.

As matrizes  $MT_1$  e  $MT_2$ , correspondem a tipos de mancais porosos já fabricados, em escala semi-industrial, no IPT.

b) Misturas. Foram adotadas as três misturas de pós seguintes:

TABELA N.º 1

MISTURAS ADOPTADAS DE COBRE E ESTANHO

Mistura	Cu %	Sn %	Grafita %	Estearato de cálcio %
A	90	10	—	—
B	89	9,5	1,5	—
C	89	9	1,5	0,5

A mistura C tem sido comumente usada na fabricação dos mancais porosos acima citados.

Ambos os pós metálicos — Cobre e Estanho — foram produzidos no próprio IPT, por via eletrolítica, apresentando o pó de cobre a seguinte análise granulométrica:

TABELA N.º 2

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PÓ DE COBRE**

Peneiras mesh	Porcentagem retida %
— 100 + 140	15,7
— 140 + 200	18,4
— 200 + 270	18,0
— 270 + 325	8,5
— 325	39,4

O pó de estanho correspondia todo a — 200 mesh.

c) *Condições de operação.* De cada mistura e para cada matriz, foram comprimidos 4 corpos de prova, às pressões de 1,5; 2,0; 2,5 t/cm<sup>2</sup>; destes, dois foram sinterizados em atmosfera de hidrogênio puro e sêco, a 800°C durante 20 minutos e dois em atmosfera de hidrocarboneto dissociado (Vapocarb) (\*), nas mesmas condições de temperatura e tempo.

Foram tomadas medidas antes e depois da sinterização e determinados os valores da variação de volume e da densidade.

(\*) Esta atmosfera é utilizada num forno Vapocarb, existente na Secção de Tratamentos Térmicos do IPT, para cementação à gás na têmpera de aços especiais.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos estão resumidos numericamente nas tabelas n.º 3, 4 e 5 e representados grãficamente nas figuras 9, 10 e 11.

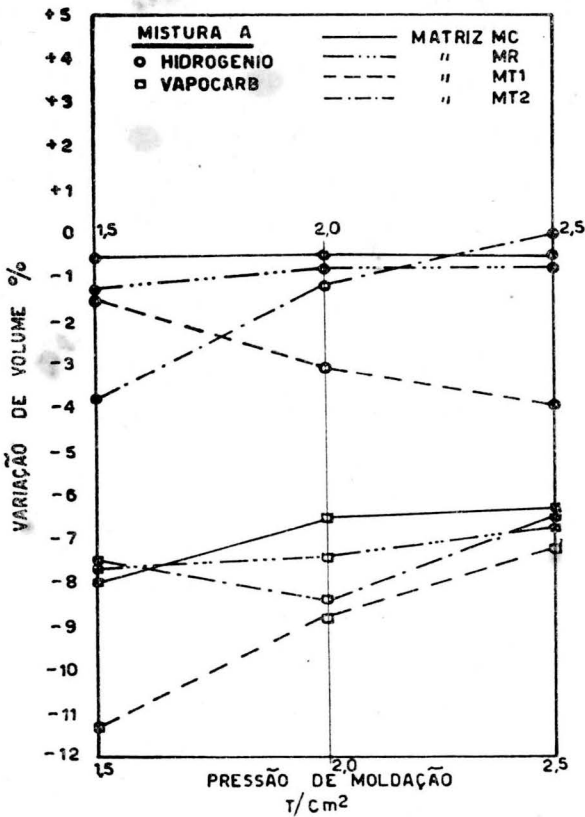


Fig. 9 — Gráfico mostrando a variação de volume, em função das atmosferas de sinterização, das pressões de moldação e dos tipos de matrizes, para a mistura A.

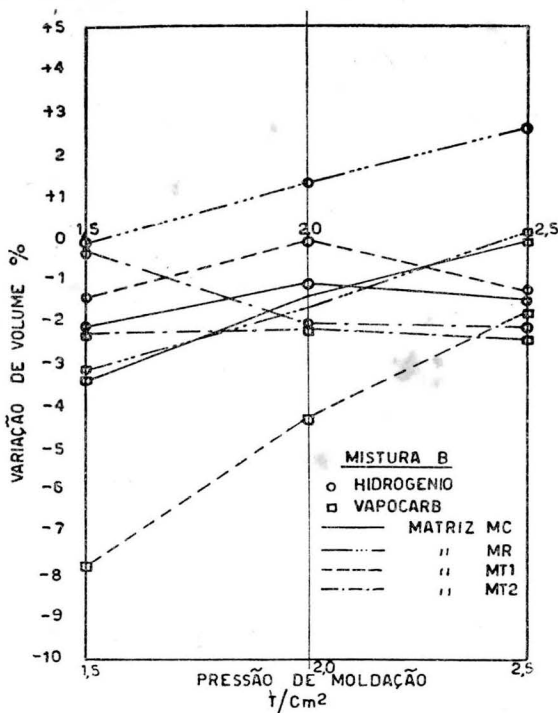


Fig. 10 — Gráfico mostrando a variação de volume, em função das atmosferas de sinterização, das pressões de moldação e dos tipos de matrizes, para a mistura B.

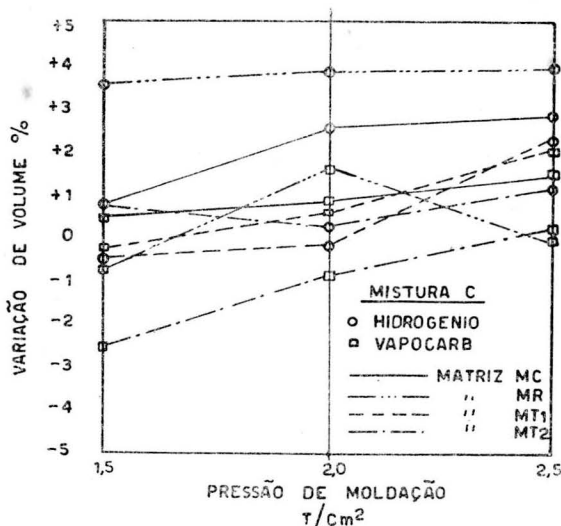


Fig. 11 — Gráfico mostrando a variação de volume, em função das atmosferas de sinterização, das pressões de moldação e dos tipos de matrizes, para a mistura C.



TABELA N.º 3

**VARIAÇÃO DE VOLUME E DENSIDADE NA MISTURA "A"  
PARA OS 4 TIPOS DE PEÇAS**

Tipo de mistura	Tipo de peça (matriz)	Atmosfera de sinterização	Pressão de moldação t/cm <sup>2</sup>	Variação de volume %	Variação de densidade %
A	MC	Hidrogênio	1,5	- 0,57	+ 0,22
A	MR	"	"	- 1,25	+ 0,93
A	MT <sub>1</sub>	"	"	- 1,53	+ 1,02
A	MT <sub>2</sub>	"	"	- 3,80	+ 3,47
A	MC	Hidrogênio	2,0	- 0,47	+ 0,15
A	MR	"	"	- 0,81	+ 2,63
A	MT <sub>1</sub>	"	"	- 3,05	+ 2,51
A	MT <sub>2</sub>	"	"	- 1,14	+ 0,76
A	MC	Hidrogênio	2,5	- 0,50	+ 0,14
A	MR	"	"	+ 0,85	- 0,98
A	MT <sub>1</sub>	"	"	- 3,89	+ 3,54
A	MT <sub>2</sub>	"	"	0	+ 0,42
A	MC	Vapocarb	1,5	- 8,02	+ 8,47
A	MR	"	"	- 7,66	+ 7,75
A	MT <sub>1</sub>	"	"	- 11,27	+ 12,07
A	MT <sub>2</sub>	"	"	- 7,51	+ 7,65
A	MC	Vapocarb	2,0	- 6,50	+ 6,58
A	MR	"	"	- 7,46	+ 7,44
A	MT <sub>1</sub>	"	"	- 8,78	+ 8,92
A	MT <sub>2</sub>	"	"	- 8,40	+ 8,66
A	MC	Vapocarb	2,5	- 6,23	+ 6,14
A	MR	"	"	- 6,70	+ 6,73
A	MT <sub>1</sub>	"	"	- 7,18	+ 7,14
A	MT <sub>2</sub>	"	"	- 6,48	+ 6,43

TABELA N.º 4

**VARIAÇÃO DE VOLUME E DENSIDADE NA MISTURA "B"  
PARA OS 4 TIPOS DE PEÇAS**

Tipo de mistura	Tipo de peça (matriz)	Atmosfera de sinterização	Pressão de moldação t/cm <sup>2</sup>	Variação de volume %	Variação de densidade %
B	MC	Hidrogênio	1,5	- 2,13	+ 1,77
B	MR	"	"	- 0,20	- 0,16
B	MT <sub>1</sub>	"	"	- 1,46	+ 1,04
B	MT <sub>2</sub>	"	"	- 0,33	+ 0,16
B	MC	Hidrogênio	2,0	+ 1,14	- 1,45
B	MR	"	"	+ 1,31	- 1,91
B	MT <sub>1</sub>	"	"	- 0,05	- 0,50
B	MT <sub>2</sub>	"	"	- 2,11	+ 1,61
B	MC	Hidrogênio	2,5	+ 1,41	- 1,70
B	MR	"	"	+ 2,63	- 3,55
B	MT <sub>1</sub>	"	"	- 1,33	+ 1,09
B	MT <sub>2</sub>	"	"	- 2,14	+ 1,77
B	MC	Vapocarb	1,5	- 3,42	+ 3,24
B	MR	"	"	- 3,30	+ 3,01
B	MT <sub>1</sub>	"	"	- 7,85	+ 7,04
B	MT <sub>2</sub>	"	"	- 2,18	+ 1,71
B	MC	Vapocarb	2,0	- 1,39	+ 1,02
B	MR	"	"	- 1,72	+ 1,62
B	MT <sub>1</sub>	"	"	- 4,25	+ 4,14
B	MT <sub>2</sub>	"	"	- 2,16	+ 1,77
B	MC	Vapocarb	2,5	+ 0,09	- 0,56
B	MR	"	"	0	- 0,28
B	MT <sub>1</sub>	"	"	- 1,82	+ 1,37
B	MT <sub>2</sub>	"	"	- 2,49	+ 2,03

TABELA N.º 5

VARIAÇÃO DE VOLUME E DENSIDADE NA MISTURA "C"  
PARA OS 4 TIPOS DE PEÇAS

Tipo de mistura	Tipo de peça (matriz)	Atmosfera de sinterização	Pressão de moldação t/cm <sup>2</sup>	Variação de volume %	Variação de densidade %
C	MC	Hidrogênio	1,5	+ 0,70	- 1,35
C	MR	"	"	+ 3,48	- 3,67
C	MT <sub>1</sub>	"	"	- 0,52	- 0,30
C	MT <sub>2</sub>	"	"	+ 0,71	- 1,30
C	MC	Hidrogênio	2,0	+ 2,49	- 3,14
C	MR	"	"	+ 3,82	- 4,57
C	MT <sub>1</sub>	"	"	- 0,22	- 0,44
C	MT <sub>2</sub>	"	"	+ 0,22	- 0,95
C	MC	Hidrogênio	2,5	+ 2,75	- 3,21
C	MR	"	"	+ 3,90	- 4,26
C	MT <sub>1</sub>	"	"	+ 2,26	- 2,71
C	MT <sub>2</sub>	"	"	+ 1,09	- 1,76
C	MC	Vapocarb	1,5	+ 0,40	- 1,04
C	MR	"	"	- 0,68	- 0,31
C	MT <sub>1</sub>	"	"	- 0,41	- 0,30
C	MT <sub>2</sub>	"	"	- 2,55	+ 1,86
C	MC	Vapocarb	2,0	+ 0,79	- 1,43
C	MR	"	"	+ 1,54	- 2,02
C	MT <sub>1</sub>	"	"	+ 0,54	- 1,15
C	MT <sub>2</sub>	"	"	- 0,91	+ 0,22
C	MC	Vapocarb	2,5	+ 1,43	- 2,08
C	MR	"	"	0	- 0,56
C	MT <sub>1</sub>	"	"	+ 2,02	- 2,57
C	MT <sub>2</sub>	"	"	+ 0,10	- 0,92

## 4. CONCLUSÕES

1 — Em geral, a atmosfera de hidrogênio é mais favorável, pois nela a alteração de volume depois da sinterização, é sensivelmente menor que em atmosfera de hidrocarbonetos dissociados.

2 — Em geral, nas misturas A (Cobre-Estanho) e B (Cobre-Estanho — grafita) verifica-se contração; na mistura C (Cobre-Estanho — grafita — estearato de cálcio) verifica-se dilatação, como seria de esperar, por causa da ação volatilizante do estearato.

3 — A forma da peça realmente influencia a variação de dimensões do material. Vê-se que, em todos os casos, mantidas constantes a pressão, a atmosfera (além da temperatura e do tempo de sinterização) e o tipo de mistura, a alteração de volume foi diferente nos diferentes tipos de peças. Esta é, aliás, a principal conclusão desta pesquisa.

4 — É conveniente portanto, que para cada tipo de peça, se faça um estudo cuidadoso das possíveis alterações de dimensões após a sinterização, lançando-se mão para isso preferivelmente de resultados já conseguidos em peças semelhantes.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) CHIAVERINI, V. — *Alguns dados experimentais sobre a fabricação de mancais porosos*. Boletim ABM, n.º 19, vol. 6, Abril, 1950.
- (2) CHIAVERINI, V. — *Estudo da sinterização de mistura de pós de cobre e estanho*. Boletim ABM, n.º 23, vol. 7, Abril, 1951.
- (3) CHIAVERINI, V. e REVORÊDO BARROS, C. — *Estudo de propriedades de latões e bronzes sinterizados*. Boletim ABM, n.º 32, vol. 9, Julho, 1953 .