

APLICAÇÕES DOS FERROS FUNDIDOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO CONTÍNUA NAS VIDRARIAS ¹

M. Eng. Arthur Adelino de Freitas Cruz ²

Este trabalho tem por objetivo apresentar as principais aplicações das barras de ferros fundidos obtidos através do processo de fundição contínua – FUCO[®] em vidrarias.

O processo de fundição contínua e as suas vantagens em relação às barras de aço e às peças fundidas através do processo convencional em areia serão apresentadas, bem como as microestruturas e as propriedades mecânicas e físicas de algumas ligas FUCO[®] comercializadas atualmente pela Tupy Fundições Ltda.

As principais aplicações no segmento de vidrarias obtidas com as barras FUCO[®] são: moldes, formas, pinos, punções, neck rings e machos.

Palavras-chave: moldes para vidro, fundição contínua, FUCO[®].

¹ **2º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes.**
21 a 23 de Setembro de 2004. ABM – São Paulo – SP – Brasil.

² Mestre em Engenharia. Engenheiro de Aplicação Tupy. E-mail: arthur@tupy.com.br
Tupy Fundições Ltda. Rua Albano Schmidt 3400. Joinville–SC Brasil.
CEP 89227-901. Tel.: (47) 4418636.

1. Introdução

O processo de fundição contínua foi originalmente desenvolvido na Europa logo após a segunda guerra mundial, sendo introduzido na América Latina em 1975 pela Tupy Fundições Ltda, visando obter um método mais econômico para a produção de peças com qualidade similar ou superior às obtidas a partir de barras de aço ou fundição convencional (areia)^{1,2,3}.

O processo de fundição contínua, conforme apresentado na figura 1, consiste no vazamento de metal líquido dentro de um forno de alimentação, onde na parte frontal inferior está montado um ferramental – coquilha de grafite refrigerada – que confere a forma e a dimensão desejada do perfil a ser produzido. Quando do contato metal líquido / coquilha refrigerada, devido à alta velocidade de extração de calor, forma-se uma casca sólida, e assim que esta tenha uma resistência suficiente para suportar a pressão metalostática e o metal ainda líquido no núcleo da barra, um comando eletrônico aciona os motores que movimentam (tracionam) a barra. Estas barras são apoiadas em roletes condutores e à aproximadamente 12 metros da saída da coquilha, quando todo o metal está sólido, as barras são entalhadas com disco de corte e em seguida são quebradas. Toda esta operação é realizada automaticamente por um painel de comando CLP⁴.

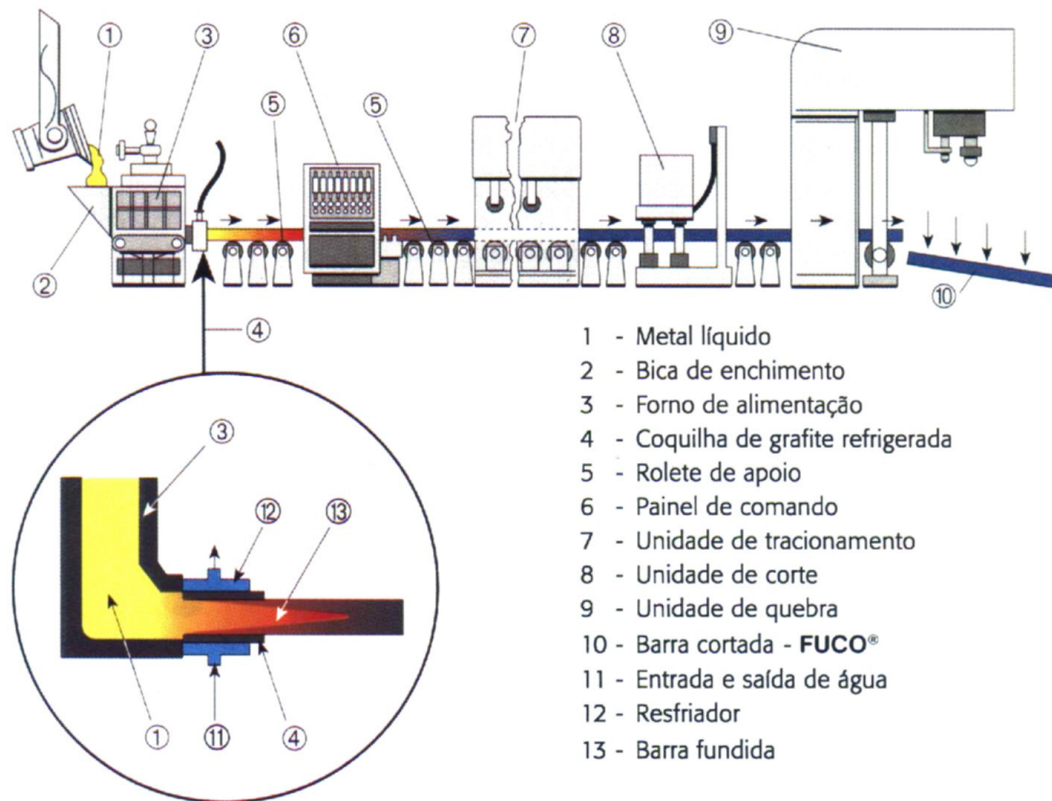


Figura 1. Processo de fundição contínua^{1,5,6}.

2. Vantagens da Fundição Contínua

As barras de ferro fundido obtidas através do processo de fundição contínua - FUCO[®] possuem muitas vantagens em relação as barras de aço e as peças fundidas através do processo convencional.

a) vantagens da fundição contínua em relação à fundição convencional⁴:

- ausência de porosidades;
- ausência de rechupes;
- microestrutura mais refinada;
- menor sobre material para usinagem;
- melhor usinabilidade;
- eliminação dos custos de ferramentais (modelos);
- menor refugo após a usinagem;
- melhor relação custo/benefício.

b) vantagens das barras FUCO[®] em relação às barras de aço⁴:

- menor densidade;
- melhor usinabilidade;
- menor lote mínimo para fabricação de ligas especiais;
- tratamentos térmicos e de superfícies;
- maior condutividade térmica;
- maior amortecimento de vibrações;
- melhor relação custo/benefício.

3. Aplicações dos Ferros Fundidos Obtidos Através do Processo de Fundição Contínua nas Vidrarias

As principais características desejadas para os materiais a serem utilizados para a fabricação de componentes para a produção de vidros são:

- alta resistência a oxidação e corrosão;
- alta condutividade térmica;
- alta estabilidade dimensional em altas temperaturas;
- excelente acabamento da superfície usinada;
- alta resistência à fadiga térmica e ao choque térmico;
- alta resistência ao desgaste;
- boa adesão para revestimentos de superfícies;
- excelente usinabilidade pelo critério vida da ferramenta de corte.

Os ferros fundidos são materiais comumente utilizados na fabricação de componentes para a produção de vidros⁷. As principais aplicações encontradas nas vidrarias para as barras FUCO[®] são: **moldes, formas, pinos, punções, machos e neck rings**. A figura 2 ilustra diversas destas aplicações facilmente encontradas nas principais vidrarias do país.

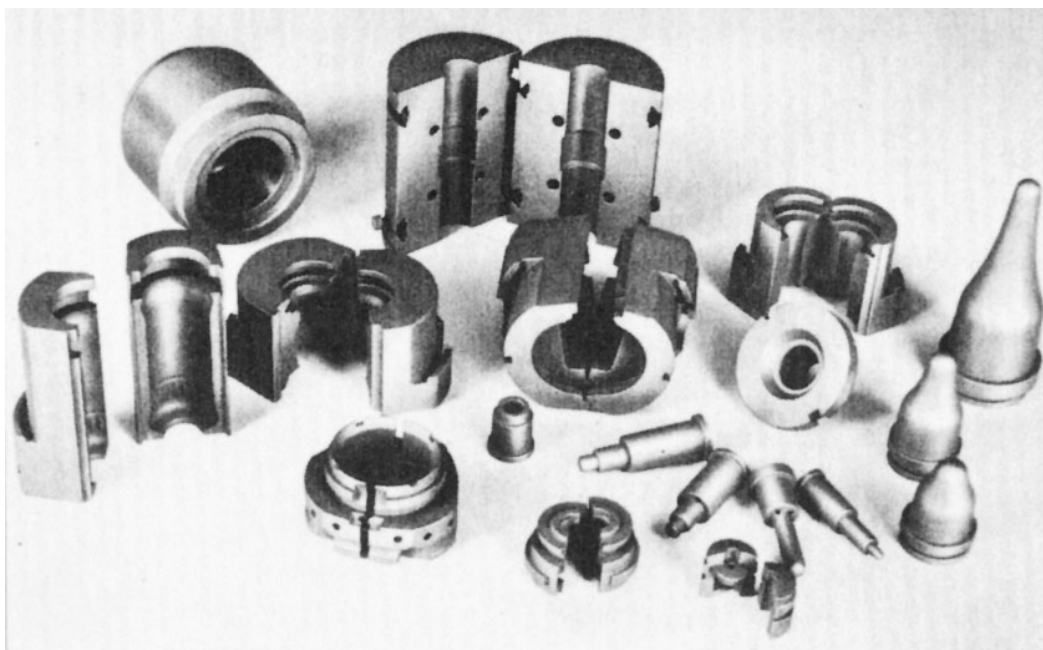


Figura 2. Aplicações de ferros fundidos obtidos através do processo de fundição contínua nas vidrarias^{1,4}.

4. Ligas FUCO[®] Utilizadas nas Vidrarias

As principais ligas FUCO[®] utilizadas nas vidrarias são:

- a) FUCO[®] GMI;
- b) FUCO[®] FENADIR;
- c) FUCO[®] NPE60.

4.1. FUCO[®] GMI

O FUCO[®] GMI – Glass Mold Iron é um ferro fundido cinzento obtido através do processo de fundição contínua com grafita essencialmente tipo D. Este material possui grafita extremamente refinada, proporcionando um acabamento da superfície com alta qualidade. Destaca-se também pela boa condutividade térmica (41 a 44 W/m.K) e excelente usinabilidade principalmente pelo critério de vida da ferramenta de corte. O limite mínimo de resistência à tração desta liga é de 180 MPa¹.

Quando submetido a repetitivos ciclos térmicos de aquecimento e resfriamento, apresenta uma boa estabilidade dimensional devido ao pequeno tamanho da grafita e matriz essencialmente ferrítica. A microestrutura típica do FUCO[®] GMI apresentada na figura 3 é constituída de grafita refinada, forma VII, tipo D (70% mín.), tamanho 5 – 8, avaliada de acordo com ASTM A247. A matriz é ferrítica podendo conter até 15% de perlita e ter no máximo 5% de carbonetos dispersos¹.

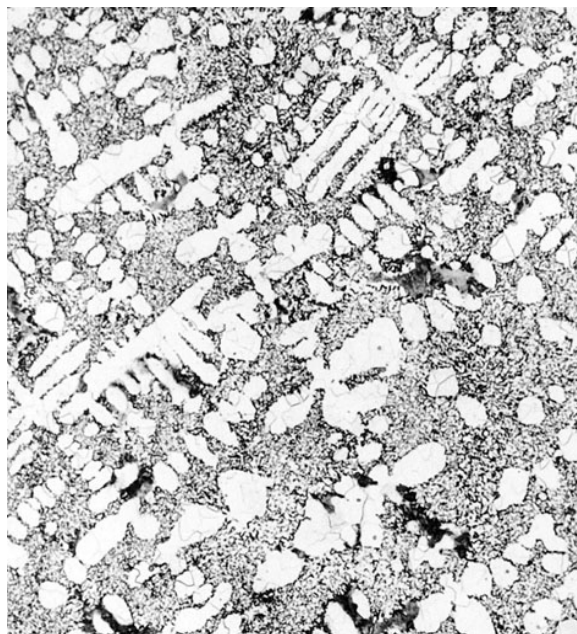


Figura 3. Microestrutura típica do FUCO[®] GMI^{1,2}.

A faixa de composição química típica para o FUCO[®] GMI é apresentada na tabela 1. O titânio (Ti) atua como refinador de grafita e é adicionado nesta liga com o objetivo de promover grafita tipo D.

Tabela 1. Faixa de composição química típica para o FUCO[®] GMI^{1,2}.

Elemento	%
C	3,10 – 3,80
Si	2,30 – 2,80
Mn	0,20 máx.
S	0,015 máx.
P	0,080 máx.
Ti	0,35 máx.

4.2. FUCO[®] FENADIR;

A liga FUCO[®] FENADIR é um ferro fundido nodular com matriz totalmente ferrítica obtida através de tratamento térmico. A matriz ferrítica proporciona excelente usinabilidade, elevada tenacidade e alta permeabilidade magnética. A condutividade térmica deste material é de 36 – 37 W/m.K .

A microestrutura típica do FUCO[®] FENADIR é constituída de grafita na forma de nódulos, forma I e II, tamanho 5 – 8, distribuída em uma matriz ferrítica. A figura 4 apresenta a microestrutura típica do FUCO[®] FENADIR.

A faixa de dureza para esta liga está compreendida entre 121 – 207 HB. O limite de resistência à tração mínimo é de 400 MPa e o alongamento mínimo é de 15%.

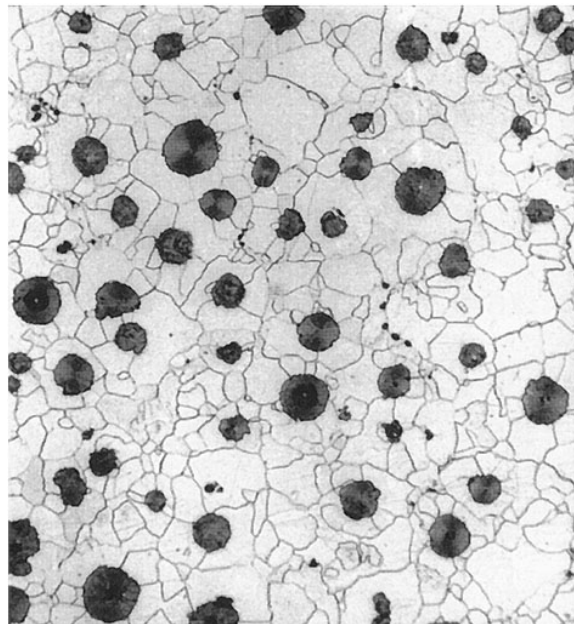


Figura 4. Microestrutura típica do FUCO[®] FENADIR.

4.3. FUCO[®] NPE60.

O FUCO[®] NPE60 é um ferro fundido nodular com matriz perlítica/ferrítica. A matriz possui no mínimo 60% de perlita no médio-raio da barra proporcionando altas propriedades mecânicas.

A microestrutura típica do FUCO[®] NPE60 é constituída de grafita na forma de nódulos, forma I e II, tamanho 5 – 8, distribuída em uma matriz perlítica/ferrítica. A figura 5 apresenta a microestrutura típica do FUCO[®] NPE60.

A faixa de dureza para esta liga está compreendida entre 207 – 269 HB. O limite de resistência à tração mínimo é de 600 MPa e o alongamento mínimo é de 3%.



Figura 5. Microestrutura típica do FUCO® NPE60 no médio-raio da barra.

O FUCO® NPE60 proporciona um bom acabamento da superfície devido à presença de perlita, boa resistência ao desgaste e à fadiga térmica.

5. Temperatura de Trabalho e Vida Útil de Aplicações FUCO® nas Vidrarias

Algumas aplicações das principais ligas FUCO® utilizadas nas vidrarias são listadas na tabela 2 com a respectiva temperatura de trabalho e vida útil de acordo com o processo de fabricação dos vidros. Estas informações foram fornecidas por algumas das principais vidrarias brasileiras.

Tabela 2. Temperatura de trabalho e vida útil aplicações FUCO® nas vidrarias.

Liga FUCO®	Aplicação	Temperatura Média*	Processo de Fabricação	Peças Produzidas Por Molde*
GMI	Pré-Moldes	370 °C	Sopro	250.000
GMI	Molde - Perfumaria	500 °C	Sopro	72.500 – 75.000
GMI	Molde - Remédios	500 °C	Sopro	145.000 – 150.000
GMI	Neck Ring	350 °C	Sopro	45.000 – 50.000
FENADIR	Macho Para Copo	250 °C	Prensa	420.000
FENADIR	Neck Ring	350 °C / 400 °C	Prensa-Sopro	36.000
NPE60	Moldes	500 °C	Sopro	145.000 – 150.000
NPE60	Molde Para Copo	400 °C	Prensa	900.000

* Estimativa de acordo com as vidrarias consultadas.

6. Conclusões

Os ferros fundidos são materiais largamente utilizados para trabalho à quente e para grandes variações de temperatura, entretanto a escolha da liga ideal para cada aplicação é uma atividade complexa em função das características necessárias que cada componente deva apresentar. As principais ligas FUCO® comercializadas pela Tupy Fundições Ltda e utilizadas nas vidrarias são: GMI, FENADIR e NPE60.

Os ferros fundidos obtidos através do processo de fundição contínua são materiais de alta qualidade, elevada resistência mecânica, excelente usinabilidade

com baixo desgaste das ferramentas de corte e bom acabamento na superfície usinada, são cerca de 10% mais leves do que as ligas de aços, podem ser submetidos a diferentes tipos de tratamentos térmicos e de superfícies, apresentam elevada condutividade térmica, grande capacidade de amortecimento de vibrações e uma ótima relação custo/benefício.

As características das barras FUCO[®] permitem a sua utilização em uma grande variedade de aplicações nas vidrarias, dentre as quais destacam-se formas, moldes, pinos, machos, punções e neck rings.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Manual Técnico FUCO – Perfis de Fundição Contínua**
Tupy Fundições Ltda. Joinville–SC 04/1998.
2. **Versa-Bar Technical Catalogue – Continuous Cast Iron**
Tupy Fundições Ltda. Joinville–SC 03/2002
3. **Tupy Utility CD-ROM**
Tupy Fundições Ltda. Joinville–SC 09/2001
4. CRUZ, Arthur Adelino de Freitas; CARVALHO JR, Dilço. **Fundição Contínua – Vantagens e Aplicações**. III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM 2004. Belém–PA Brasil, 2004.
5. Versa-Bar Web Site 01/2004
<http://www.versa-bar.com/vbprops.html#castproc>
6. Tupy Web Site 01/2004
<http://www.tupy.com.br/>
7. CINGI, M.; ARISOY, F.; BASMAN, G.; SESEN, K. **The effects of metallurgical structures of different alloyed glass mold cast iron on the mold performance**.
In: Elsevier – Materials Letters 55, p.360–363, 2002.

APPLICATIONS OF CONTINUOUS CASTING IRON INTO THE GLASS INDUSTRY ¹

M. Eng. Arthur Adelino de Freitas Cruz ²

The aim of this paper is present the main applications of the continuous casting bars – Versa-Bar[®] into the glass industry.

Continuous casting process and its advantages compared to steel bars and sand casting bars are presented as well as microstructures and mechanical and physical properties of some Versa-Bar[®] alloys commercialized by Tupy Foundry.

Some of the main Versa-Bar[®] applications into the glass industry are: molds, pins, punches, neck rings and plungers.

Keywords: glass mold iron, continuous casting iron, Versa-Bar[®].

¹ **2^o Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes.**
September 21st to 23rd, 2004. ABM – São Paulo – SP – Brasil.

² MSc. in Engineering. Engineer of Products and Development. Tupy Fundições Ltda.
Rua Albano Schmidt 3400. Joinville–SC Brasil. CEP 89227-901.
Tel.: 55 47 4418636. E-mail: arthur@tupy.com.br