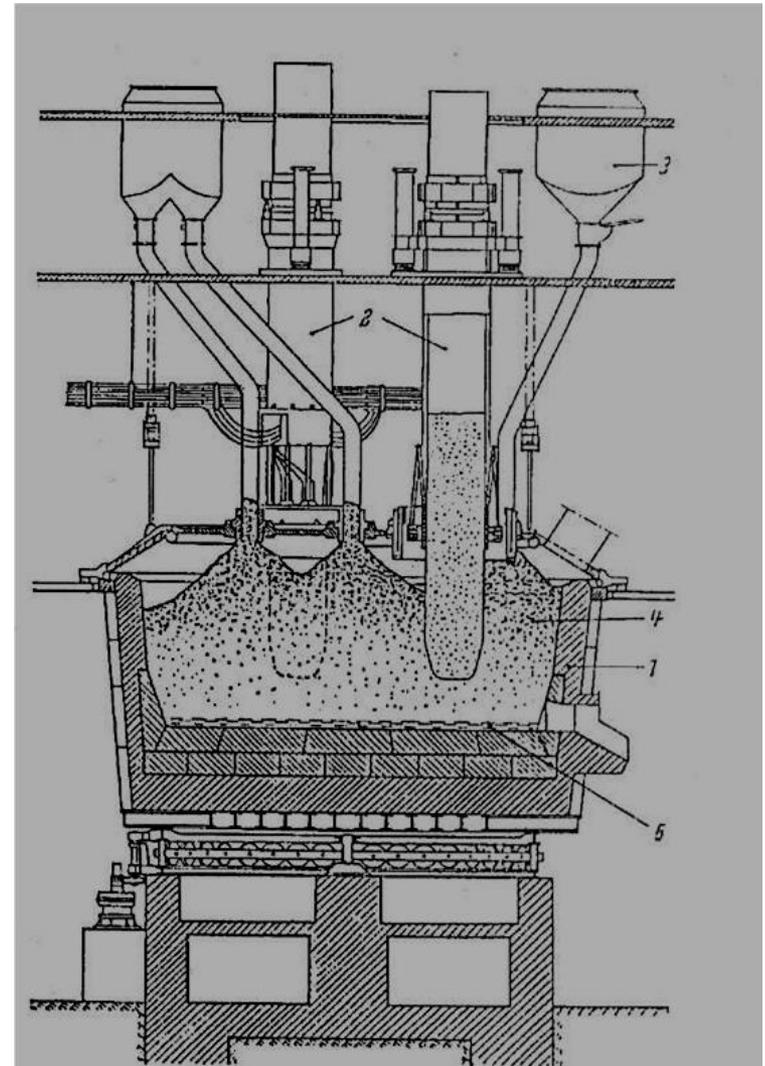
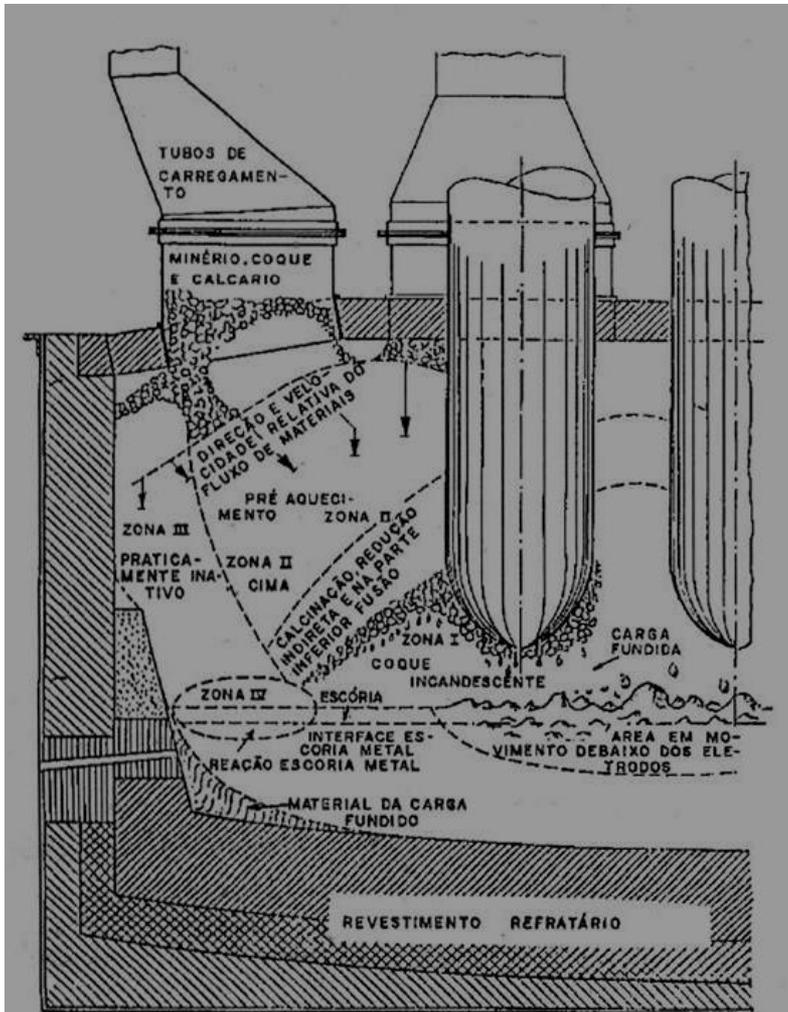


**OBTENÇÃO DE Z<sub>N</sub>, P<sub>B</sub>, T<sub>I</sub> E C<sub>U</sub>**

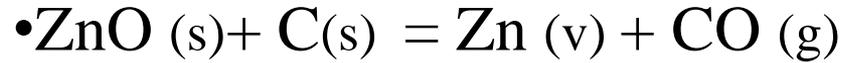


# Forno Elétrico de Redução

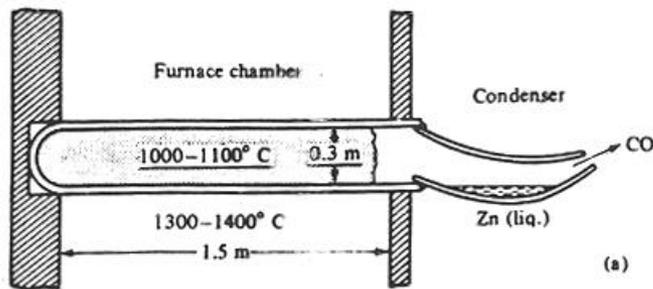
## Obtenção de Si, Mn, ferroligas



# Redução carbotérmica de minérios de zinco



## Retortas horizontais



## Retortas verticais

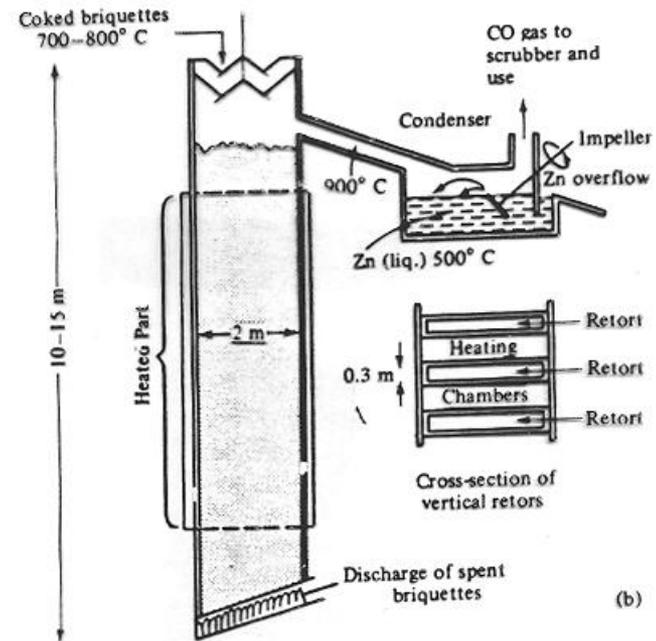


FIGURE 10-7  
(a) Horizontal zinc retort. (b) Vertical (New Jersey) continuous zinc retort.

# Processo Imperial Smelting

## Produção simultânea de zinco e chumbo

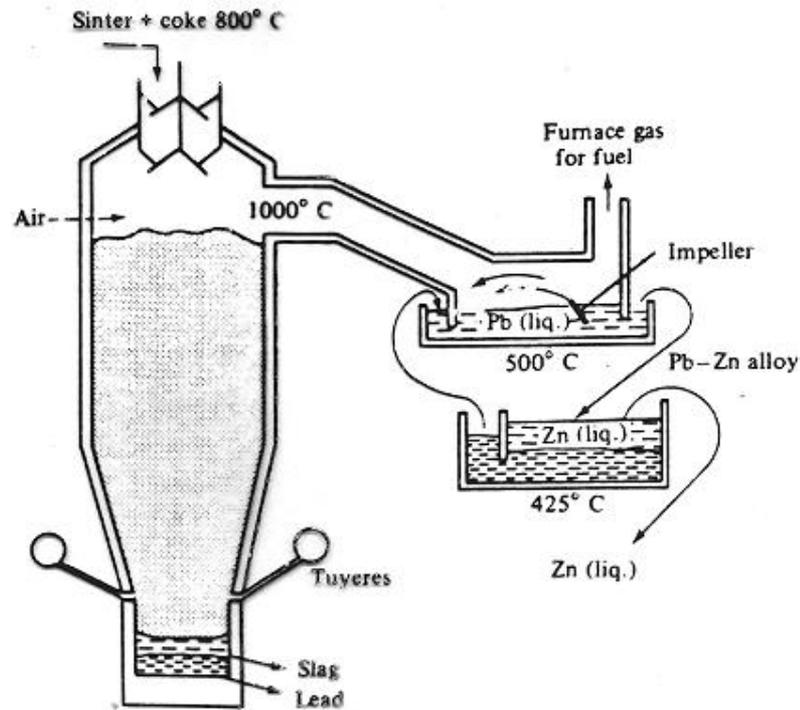


FIGURE 10-8  
Principle of the Imperial Smelting Corporation blast furnace for smelting of mixed zinc and lead sinter.

# Processo Imperial Smelting

## Produção simultânea de zinco e chumbo

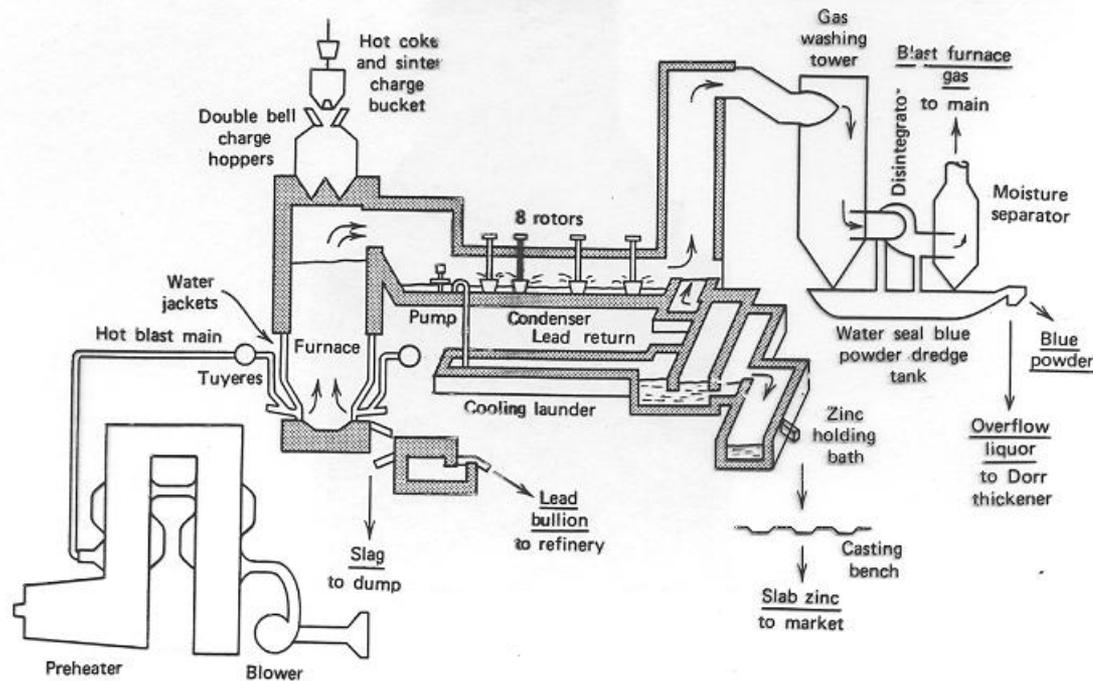


Figure 3.14. Imperial smelting furnace. Source: C. H. Cotterill and J. M. Cigan, Eds., AIME World Symposium of Lead and Zinc, Vol. 2, 1970, p. 687.

# Processo eletrotérmico

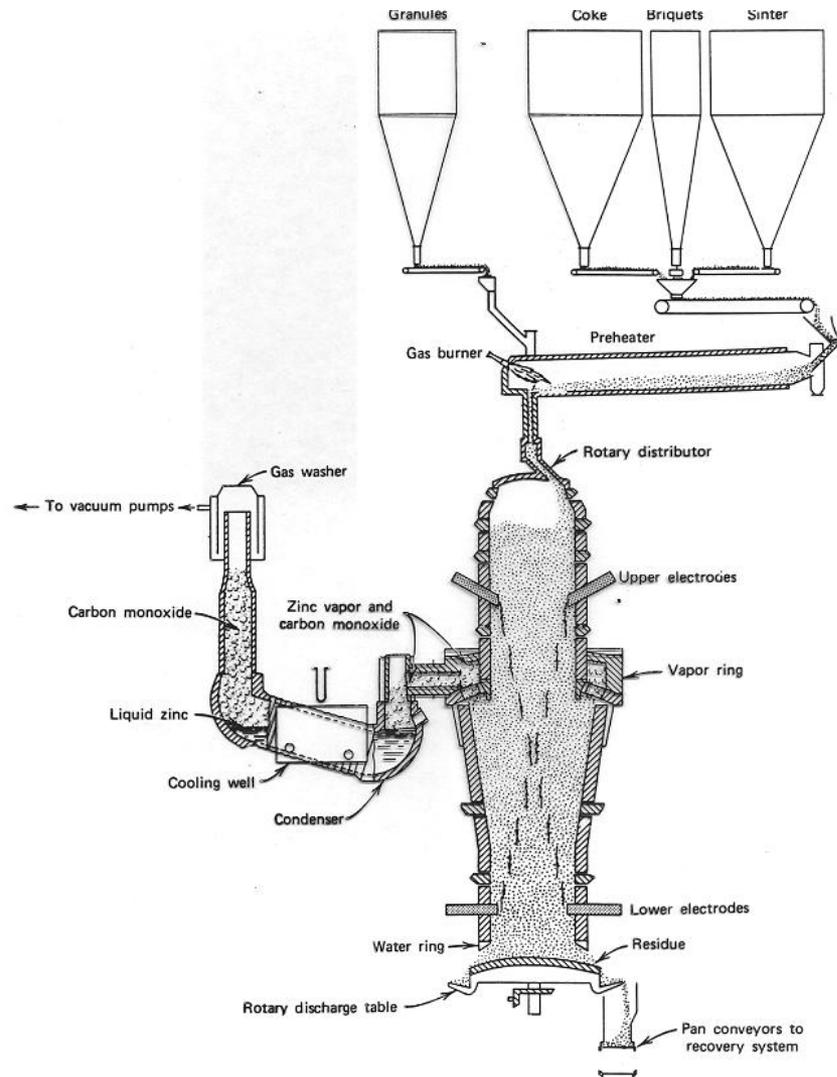


Figure 3.12. Electrothermic zinc furnace. Source: Courtesy of St. Joe Minerals Corporation.

# Forno de cuba de produção de chumbo

## Forno de camisa d' água

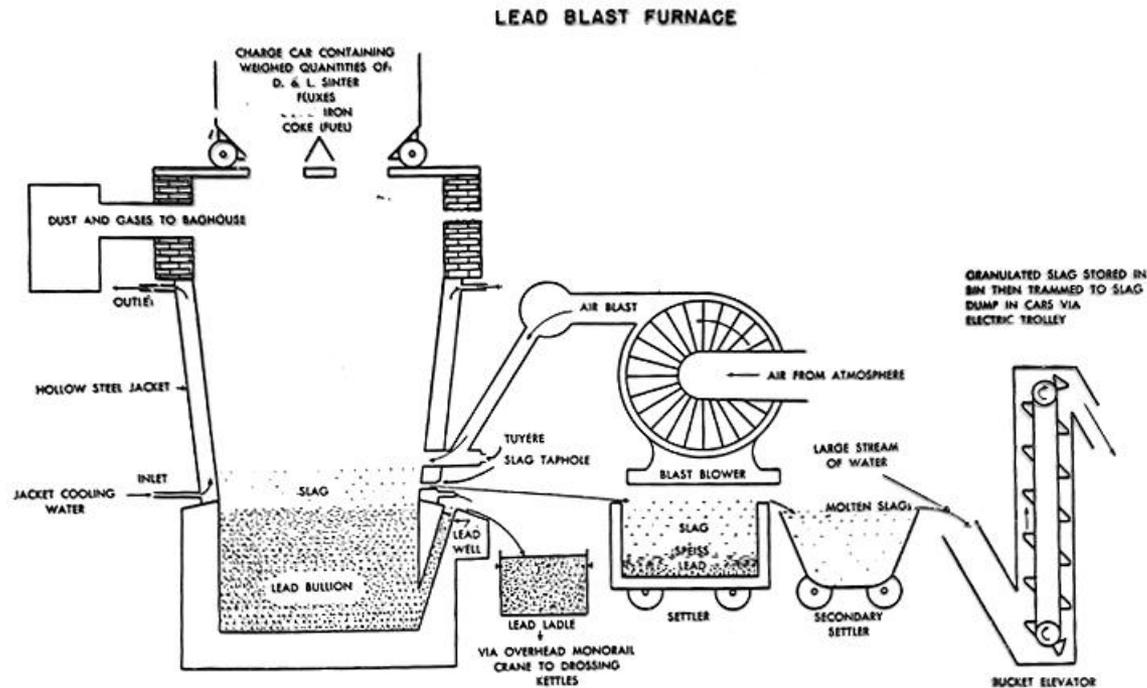
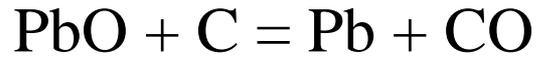


Figure 1.31. Lead blast furnace, open top type. Source: United States Smelting Mining and Refining Company.

# Forno de cuba de produção de chumbo

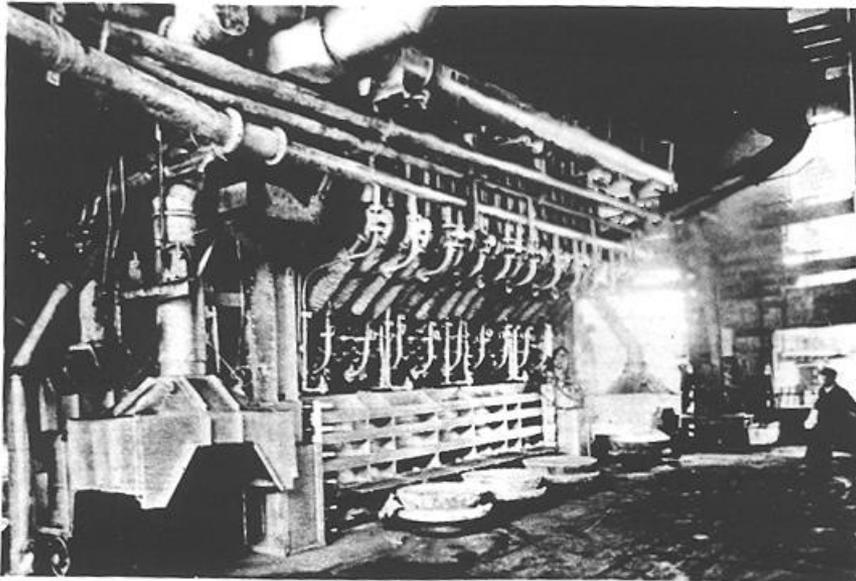


Figure 1.30. Water-jacketed lead blast furnace (Hoboken). *Source:* Courtesy of Metallurgie Hoboken-Overpeelt.

The speiss, matte, and slag are relatively insoluble in one another and separate into liquid layers. The speiss is an arsenide of iron, cobalt, and nickel with a specific gravity of 6, the matte a sulfide of copper, iron, cobalt, and nickel with a specific gravity of 5.2, and the slag a silicate of iron, lime, magnesia, and alumina with a specific gravity of 3.6. Any entrained lead and most of the matte and speiss are removed through tap holes in the

# Fluxograma de produção de chumbo

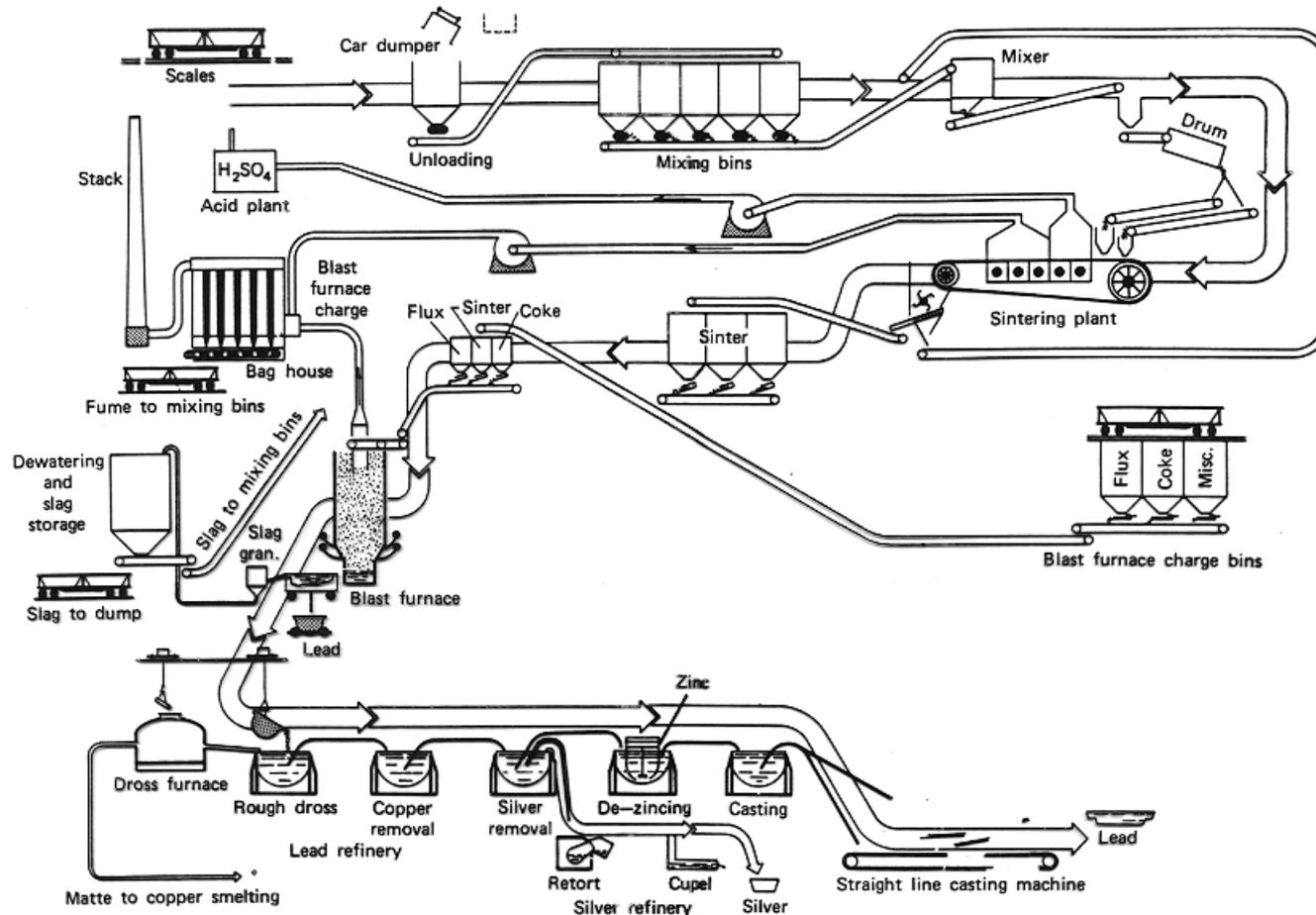
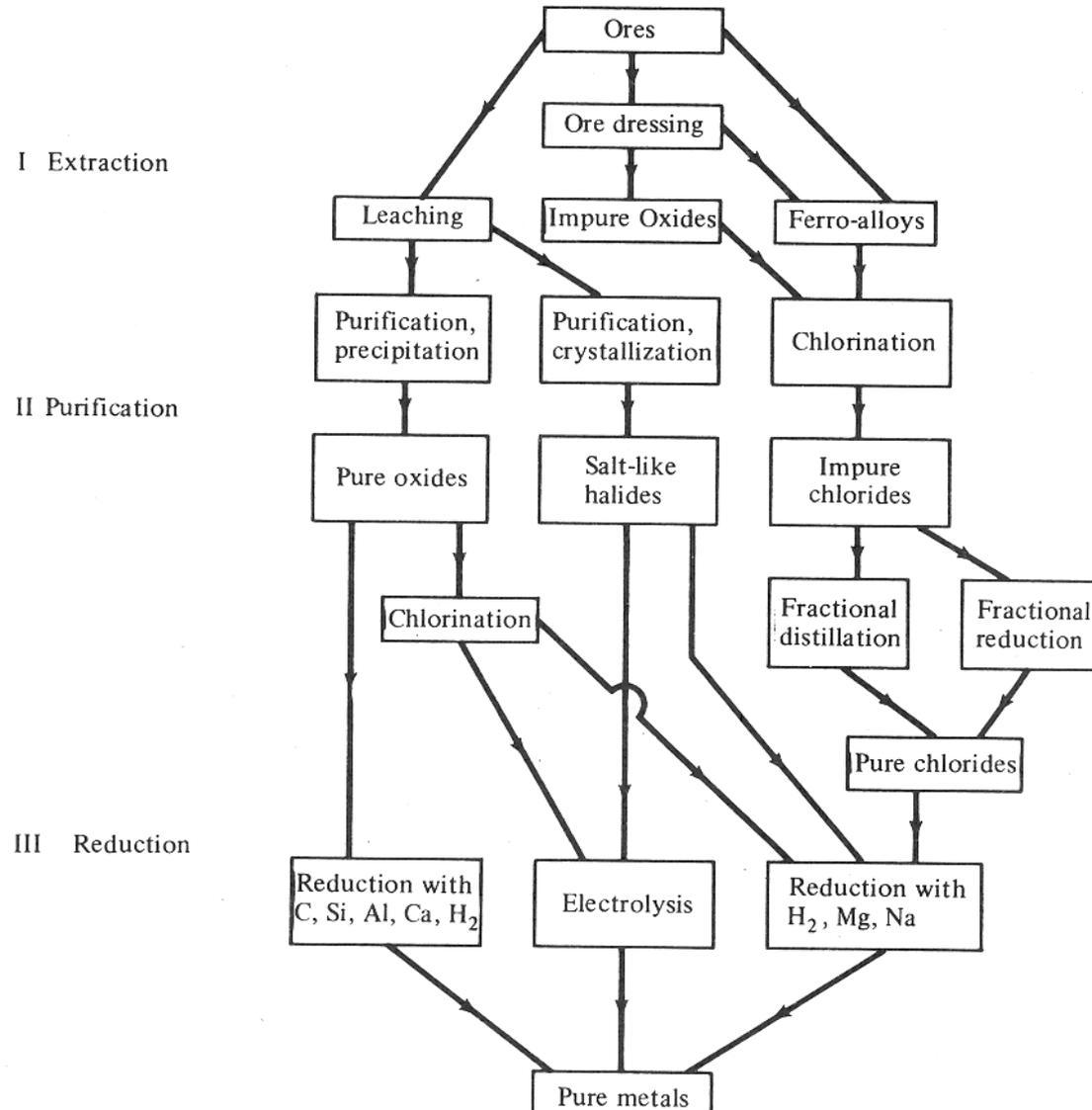


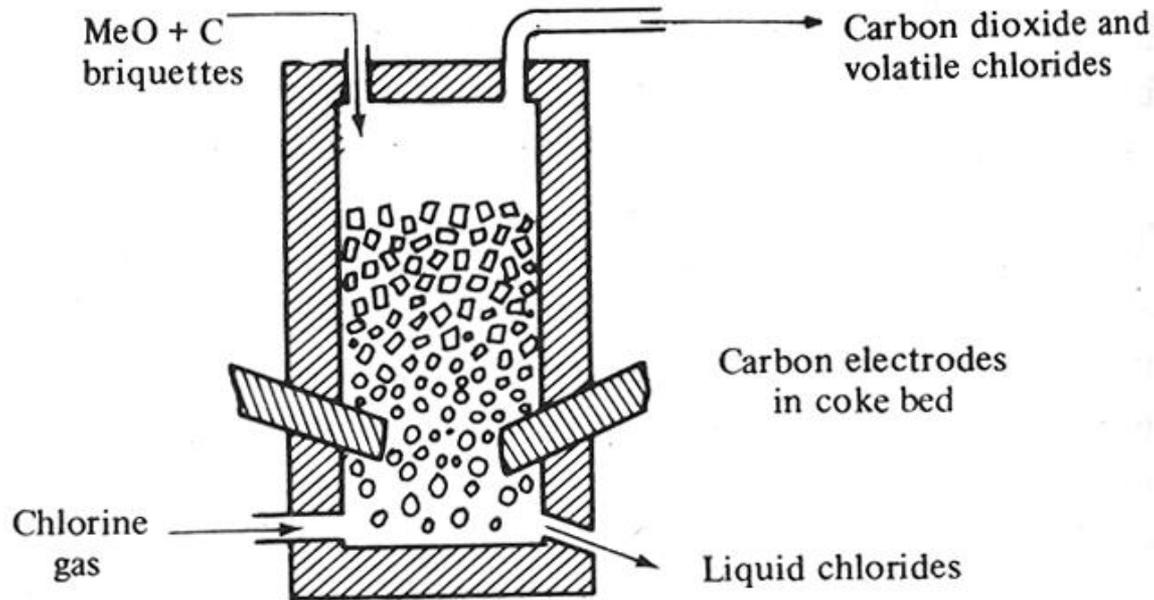
Figure 1.27. Flow sheet of Hercules lead smelter. Source: Courtesy of St. Joe Minerals Corporation.

# Alternativas para obter metais puros

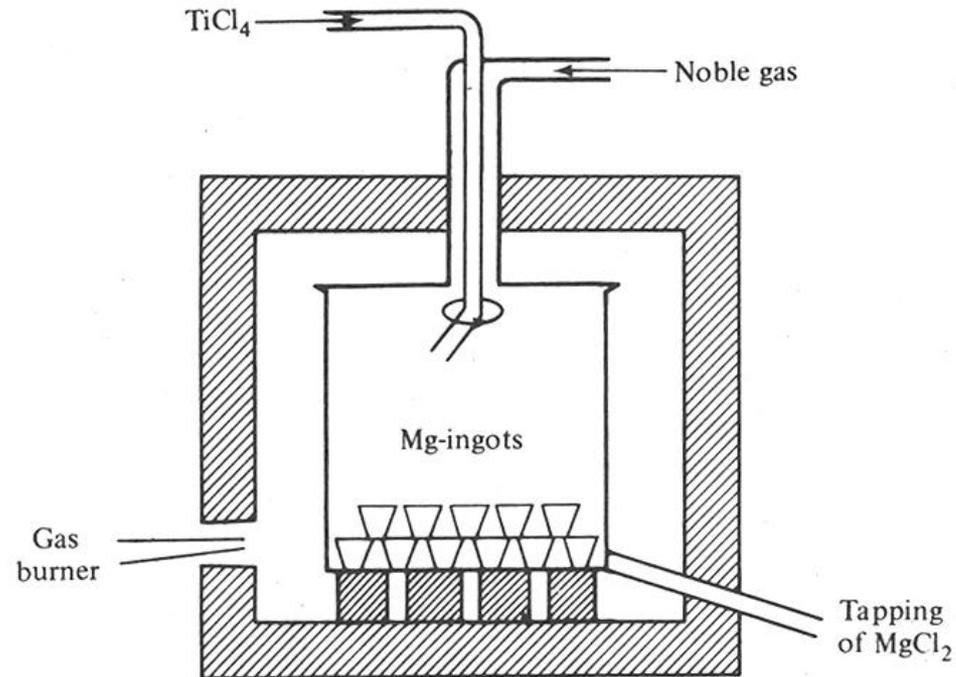


# Obtenção de titânio

## 1. Cloração do $\text{TiO}_2$

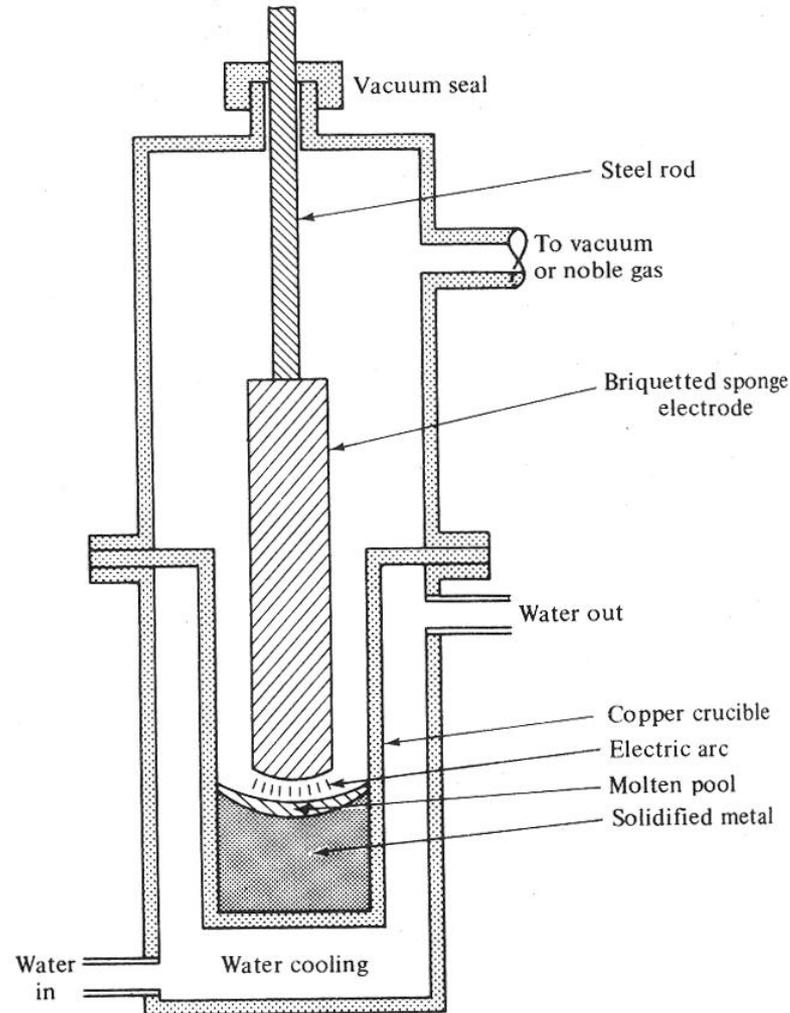


## 2. Redução do cloreto por magnésio processo Kroll



Kroll reactor (schematic).

### 3. Fusão da esponja de titânio- electro slag melting



# **PIROMETALURGIA DO COBRE**

- Principais minerais a partir dos quais o cobre é extraído:

Mineral	Theoretical composition	Theoretical % Cu	Principal occurrence
<b>SULPHIDES</b>			
Chalcopyrite	$\text{CuFeS}_2$	34.6	General
Chalcocite	$\text{Cu}_2\text{S}$	79.9	General
Bornite	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	63.3	General
Covellite	$\text{CuS}$	66.4	African Copper Belt
<b>OXIDES</b>			
Malachite	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$	57.5	General
Azurite	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$	55.3	General
Chrysocolla	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36.2	General
Antlerite	$\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$	53.7	Chuquicamata (with other sulphates)

O processo pirometalúrgico de extração e de refino de cobre baseado em metalurgia de mattes (mistura fundida de sulfetos) compreende:

- Fusão dos “mattes” de cobre”
- Conversão dos “mattes de cobre a cobre “blister”
- Refino a fogo do cobre “blister”

- A fusão de “mattes” de cobre implica em se partir de minérios de cobre ricos em sulfetos. Os “mattes” são líquidos constituídos basicamente de  $\text{Cu}_2\text{S}$  e  $\text{FeS}$ .
- A fusão parte de concentrados parcialmente ustulados , a  $1150\text{-}1250\text{ }^\circ\text{C}$ , que conduz à formação de dois líquidos imiscíveis: uma escória (contendo óxidos:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e matte de cobre (contendo  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{FeS}$ ).
- Os “mattes” de cobre contem de 30 a 60% Cu. Grau de matte é o teor de Cobre no matte.
- Os mattes também são um ótimo solvente para os metais preciosos presentes no minério original de cobre

- Propriedades físicas de “mattes”, escórias e outros materiais

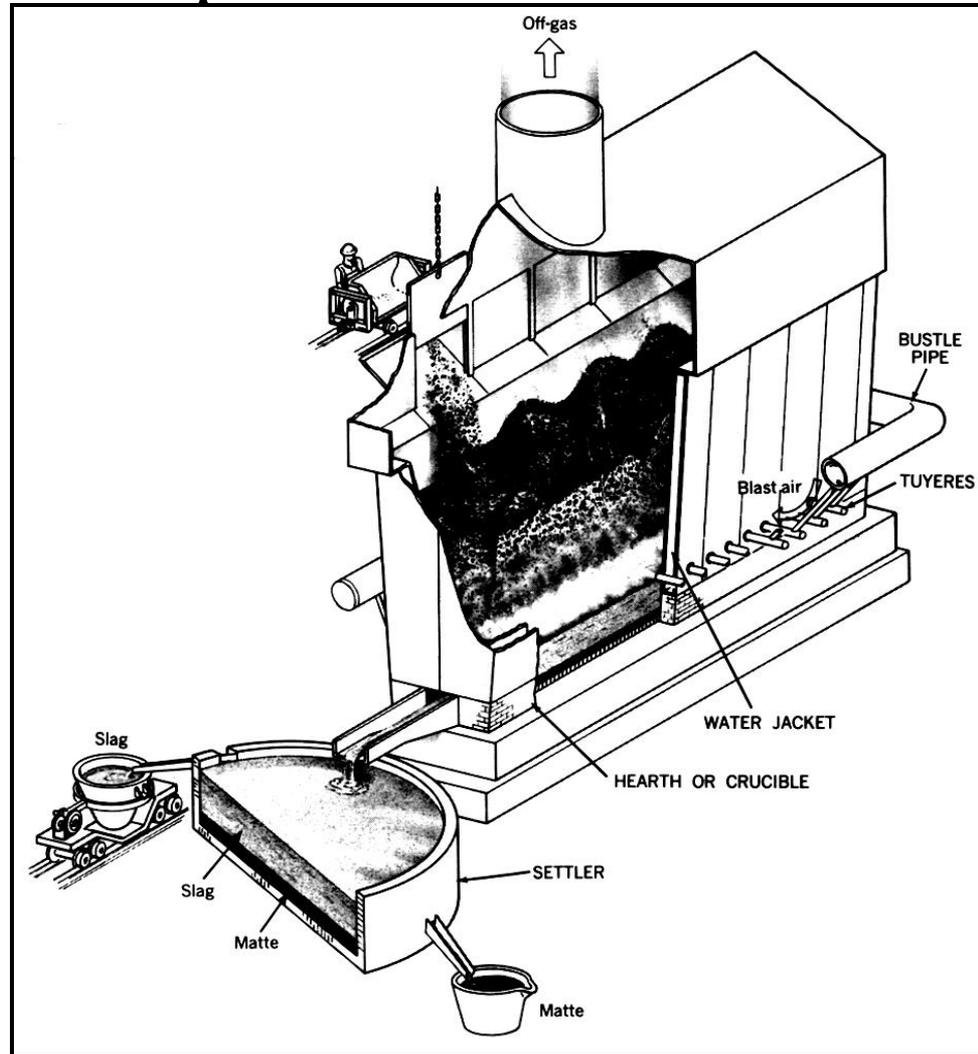
Material	Melting point (°C)	Liquid density (g cm <sup>-3</sup> ) <sup>a</sup>	Viscosity (cP)
Blister copper	1080	7.8	3.3
Cu <sub>2</sub> S	1130	5.2	
FeS	1190	4.0	
Cu <sub>2</sub> S—FeS mattes			
30% Cu	1050	4.1	
50% Cu	1000	4.6	10
80% Cu (“white metal”)	1130	5.2	
FeO	1377		
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1597	5.0–5.5 (solid)	
SiO <sub>2</sub>	1723	2.6 (solid)	
Smelting slag	≈ 1150	3–3.7	500–2000
Converter slag	≈ 1150	3.2–3.6	

<sup>a</sup> or tonnes m<sup>-3</sup>.

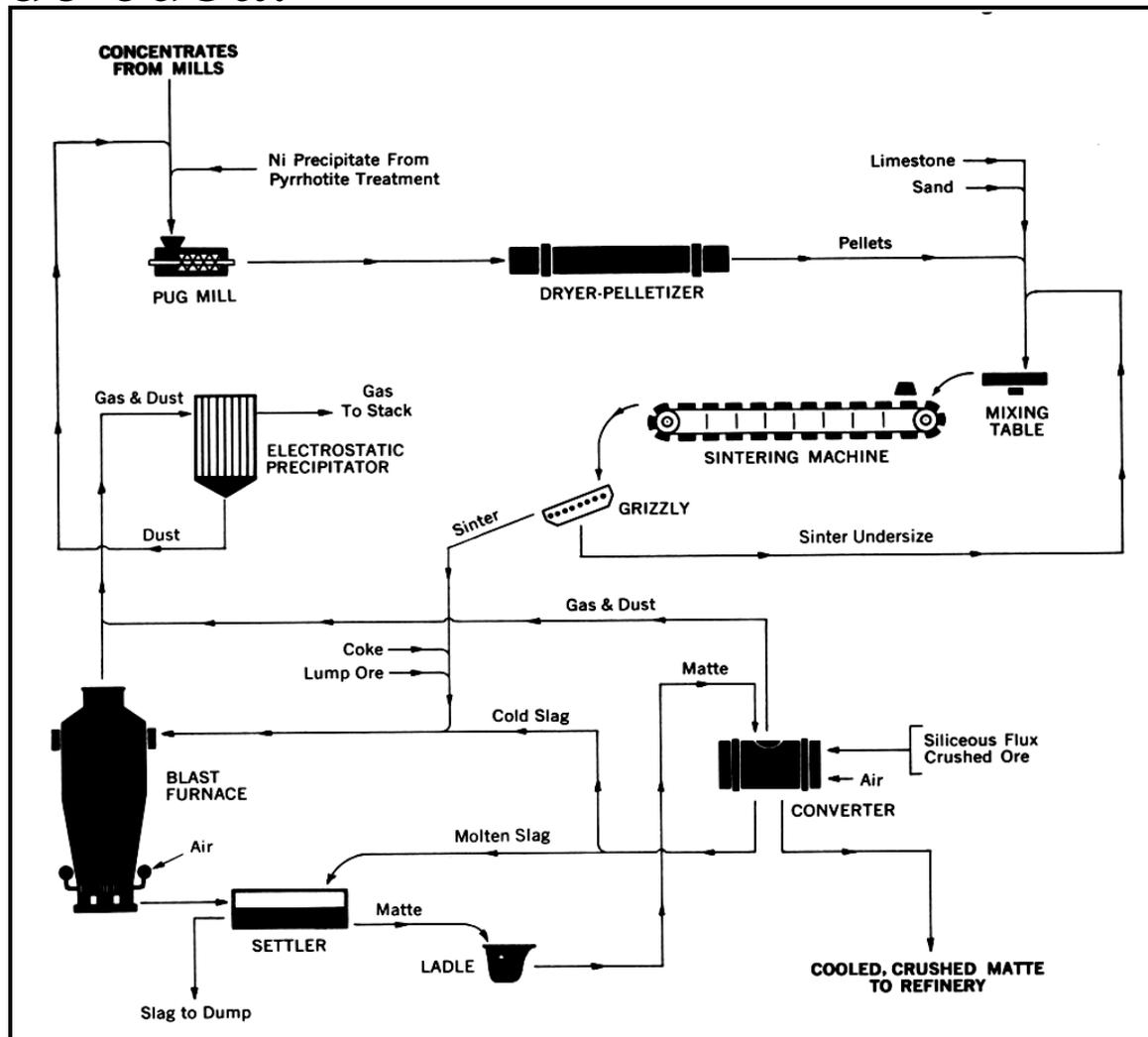
- Os processos pirometalúrgicos de metalurgia do cobre têm como vantagem que se parte do concentrado e chega-se ao cobre metálico
- Contudo apresentam como principal desvantagem a geração de  $\text{SO}_2$ , que é um importante poluente

- A fusão de “mattes” de cobre pode ser feita em:
  - Forno de cuba
  - Forno de revérbero
  - Forno Elétrico
  - Forno de Processo “Flash Smelting”

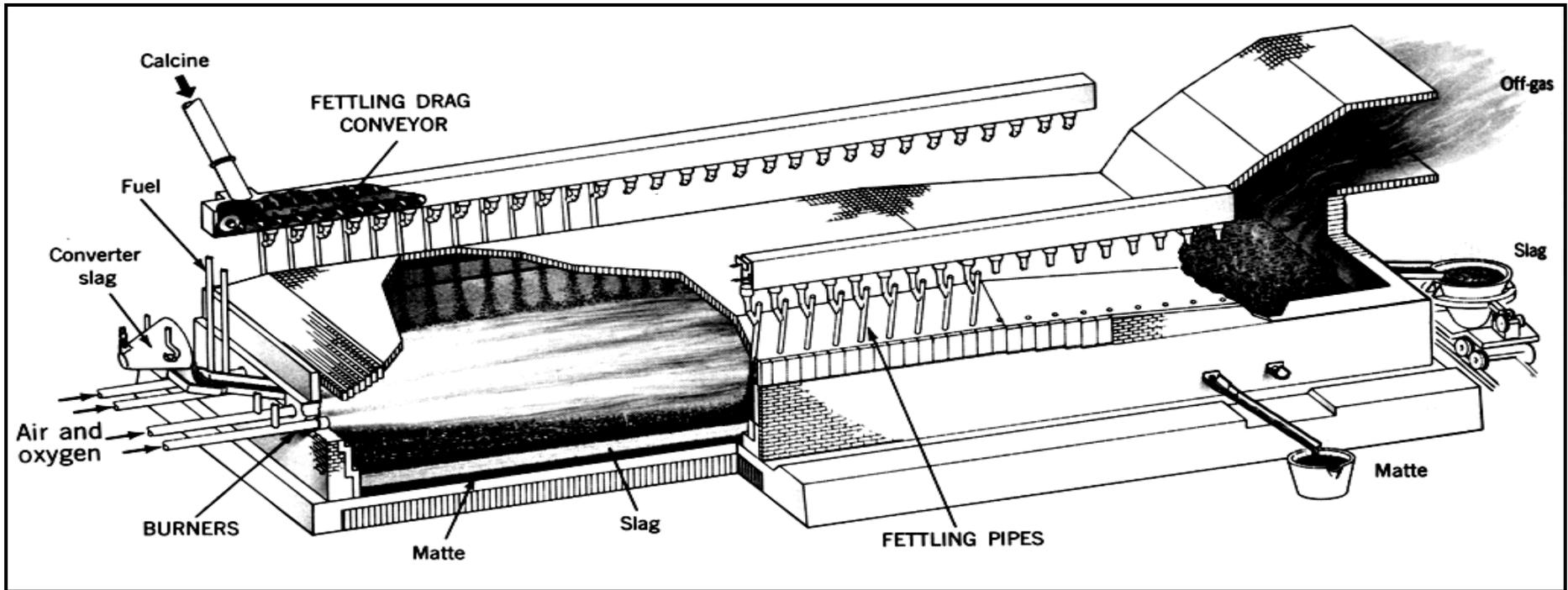
- Forno de cuba para fusão de “mattes”:



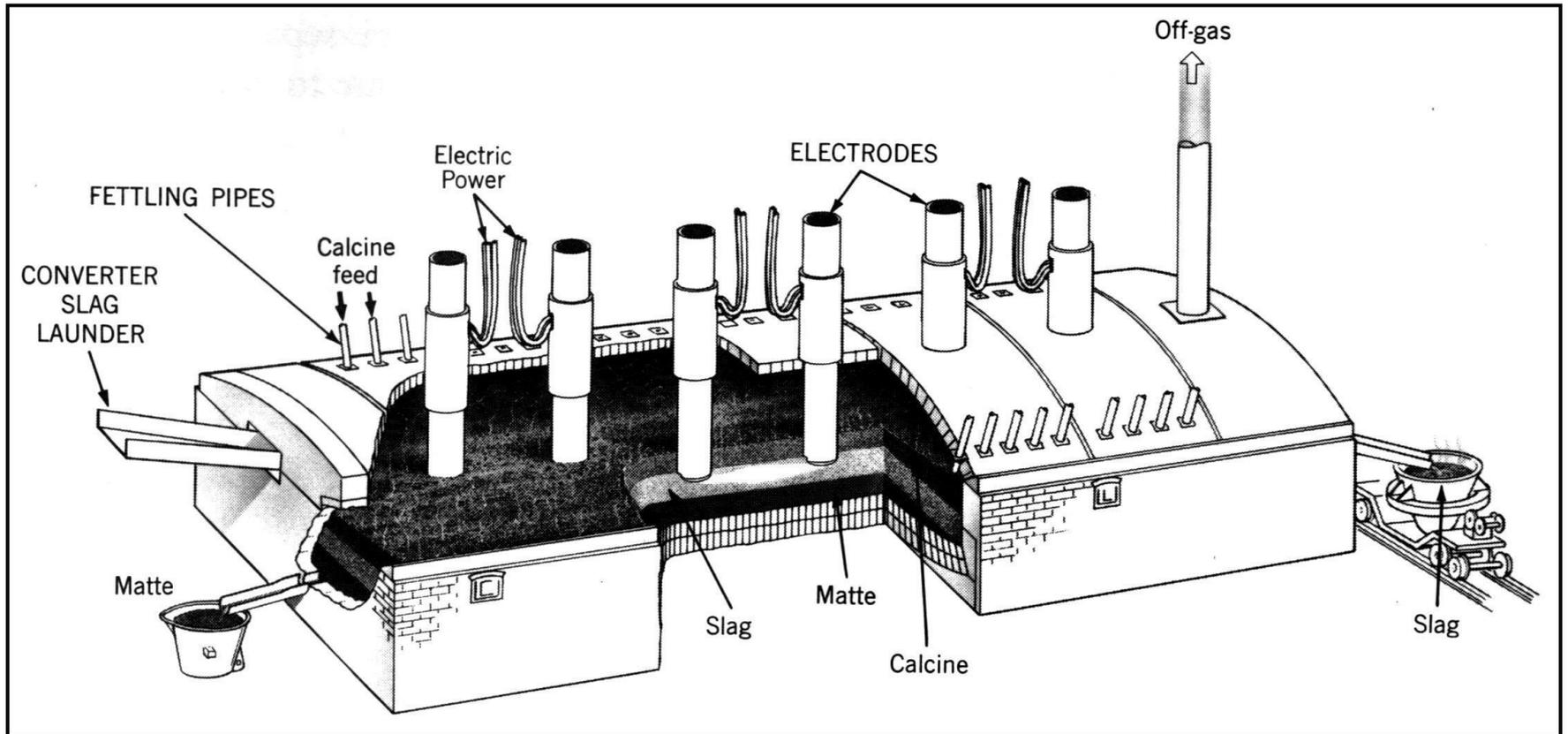
- Fluxograma de produção de matte utilizando forno de cuba:



- Forno de revérbero



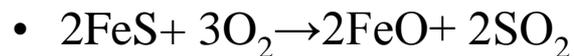
- Forno elétrico para fusão de matte



- Flash smelting

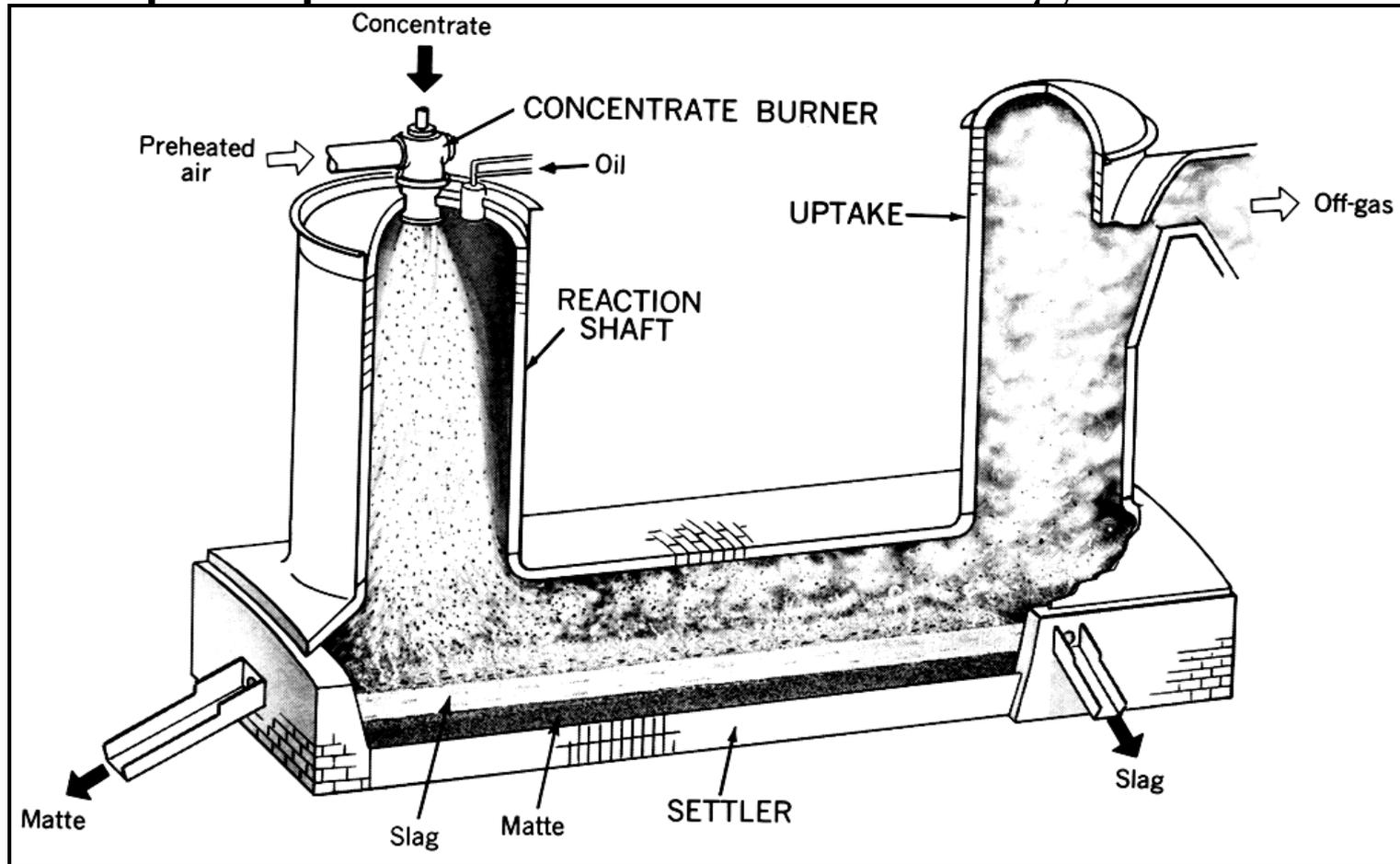
- Neste processo queima-se parte do S e do Fe presentes no concentrado enquanto o mesmo é mantido em suspensão numa atmosfera oxidante.

- Reações:



- No Brasil adota-se o processo de flash smelting na Bahia, a partir de concentrado sulfetado de minérios de cobre.

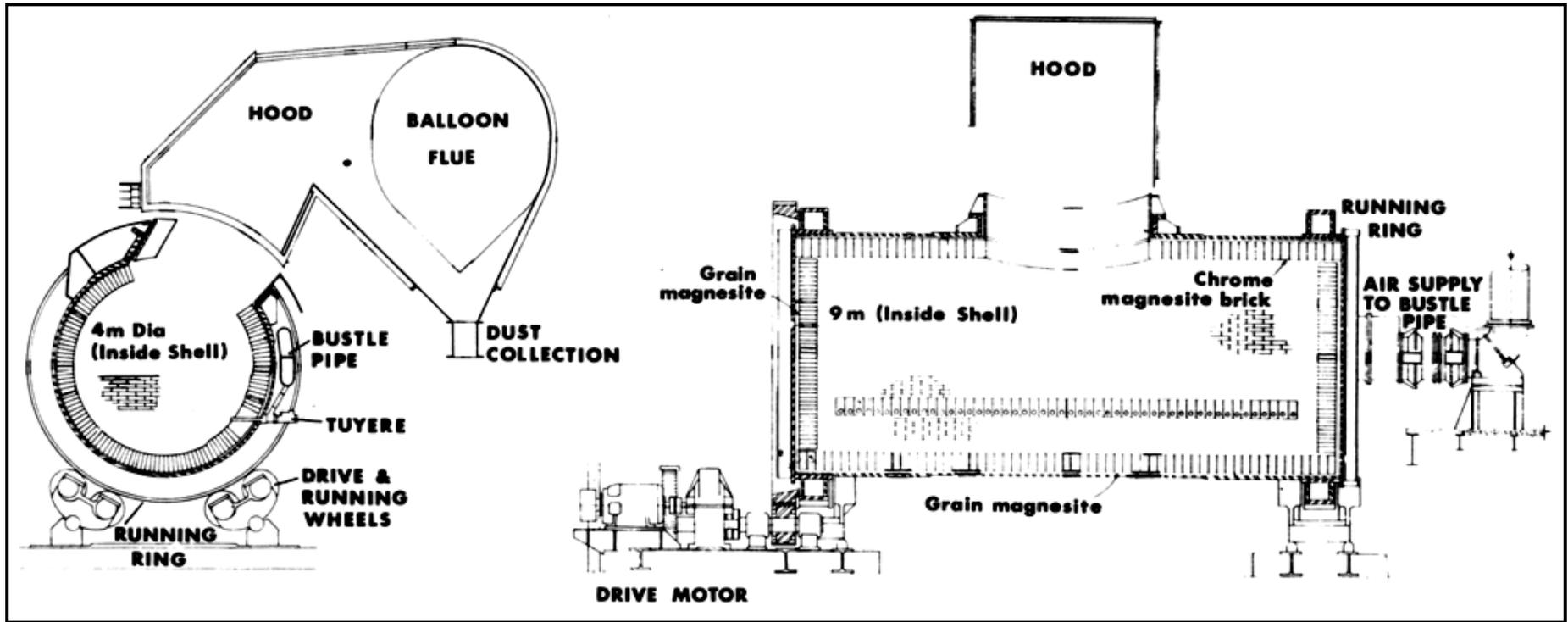
- Corte do equipamento da Outokumpu de fusão de matte pelo processo Flash Smelting:

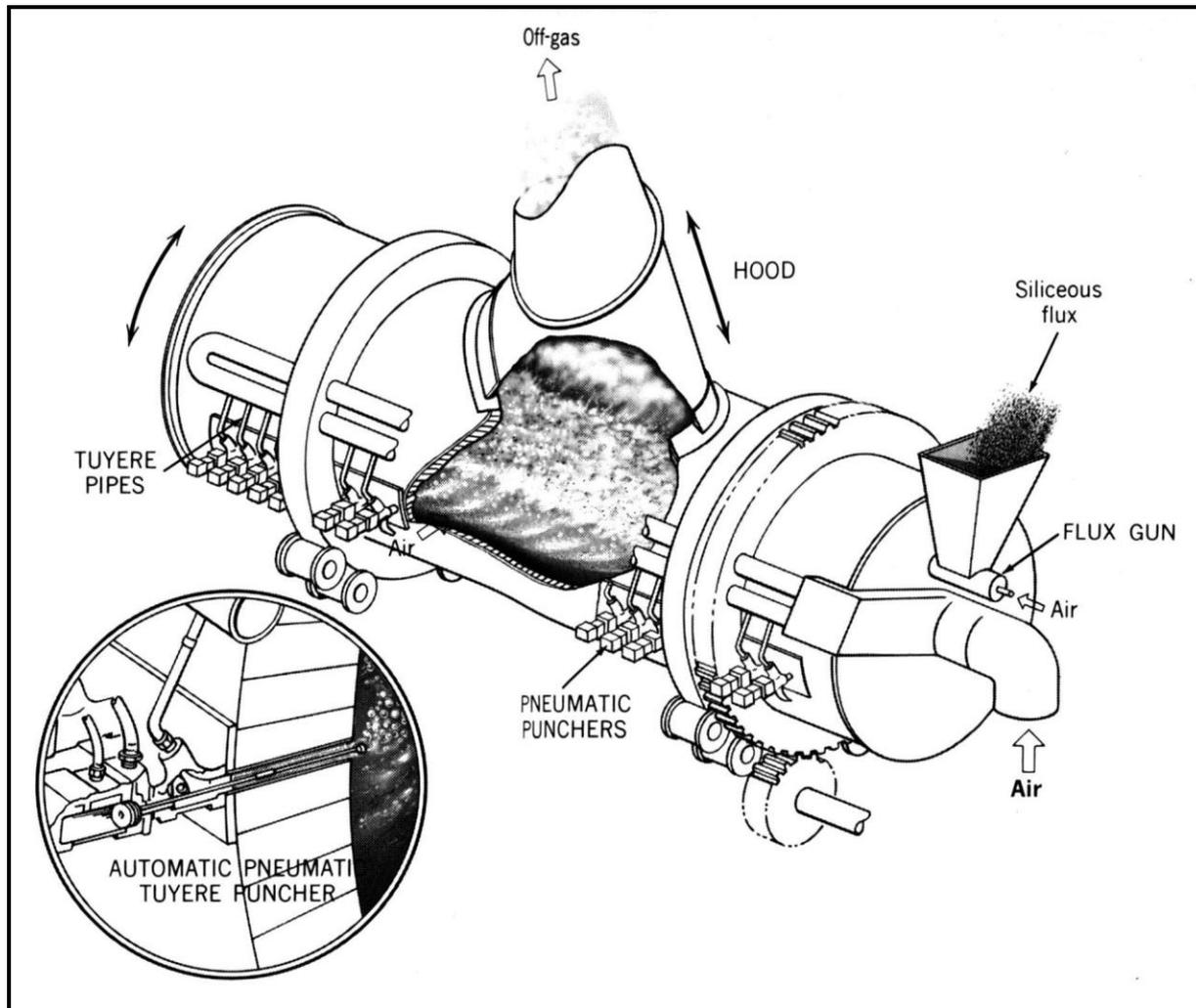


- Conversão do “matte de cobre”
  - O matte contém cobre, ferro, enxofre e 3% de oxigênio dissolvido. Além disso contém pequenas quantidades de impurezas tais como As, Bi, Ni, Pb, Sb, Zn e metais preciosos
  - Esse “mate” é carregado a  $1100^{\circ}\text{C}$  no conversor para transformá-lo em “cobre blister” que contém de 98,5% a 99,5% Cu. A conversão do matte consiste na oxidação do mesmo com oxigênio à temperatura de  $1150\text{-}1250^{\circ}\text{C}$

- A conversão dos “mattes” de cobre consiste de duas etapas, a saber:
  - Formação de escória a partir de FeS: é oxidado a FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> e SO<sub>2</sub>
  - $2\text{FeO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$
  - O produto principal da fase de formação da escória durante a conversão do matte é a formação do “Metal branco” = Cu<sub>2</sub>S
  - A fase seguinte é a de produção de cobre blister:
    - $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$

- O conversor Pierce-Smith







- Análise de carga e produtos do conversor

	Cu	Fe	S	O	As	Bi	Pb	Sb	Zn	Au	Ag
	<b>Weight percent</b>										
Matte	30-55	30-45	20-25	2-3	0-0.5	0-0.1	0-5	0-1	0-5	$0-15 \times 10^{-4}$	0-0.1
Blister copper	98.5-99.5	0.1	0.02-0.1	0.5-0.8	0-0.3	0-0.01	0-0.1	0-0.3	0.005	$0-100 \times 10^{-4}$	0-0.1
Precipitator dusts (vapour plus splashes)	5-15	5-10	10		0-1	0-2	0-30	0-1	0-15	$0-6 \times 10^{-4}$	0-0.05
	Cu	Total Fe	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO				
Converter slag	2-15	35-50	20-30	15-25	0-5	0-10	0-5				