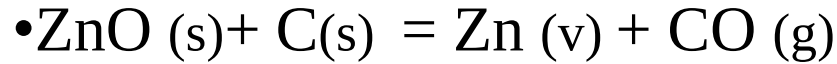


Redução carbotérmica de minérios de zinco



Retortas verticais

Retortas horizontais

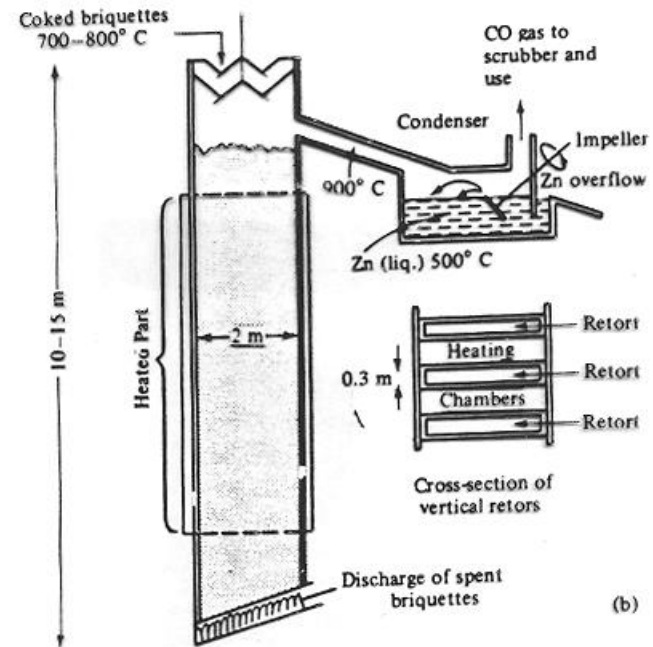
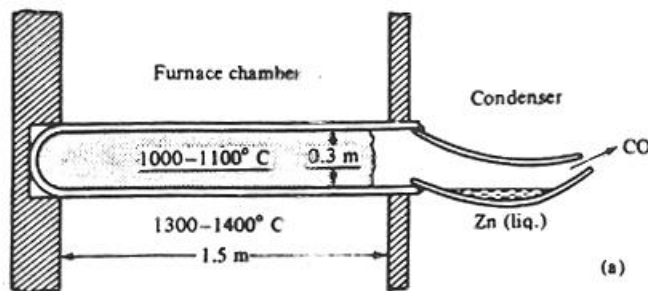


FIGURE 10-7

(a) Horizontal zinc retort. (b) Vertical (New Jersey) continuous zinc retort.

Processo Imperial Smelting

Produção simultânea de zinco e chumbo

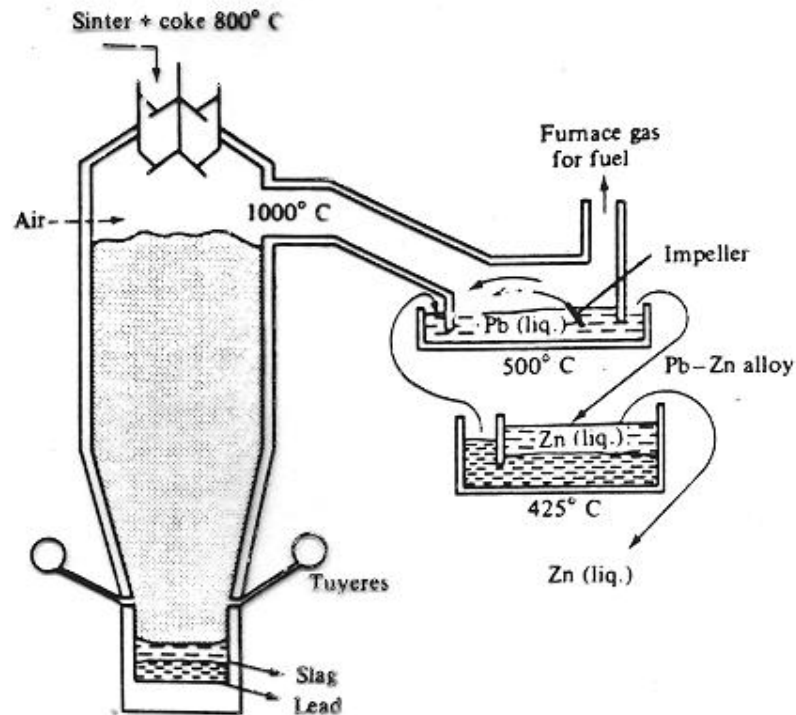


FIGURE 10-8

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

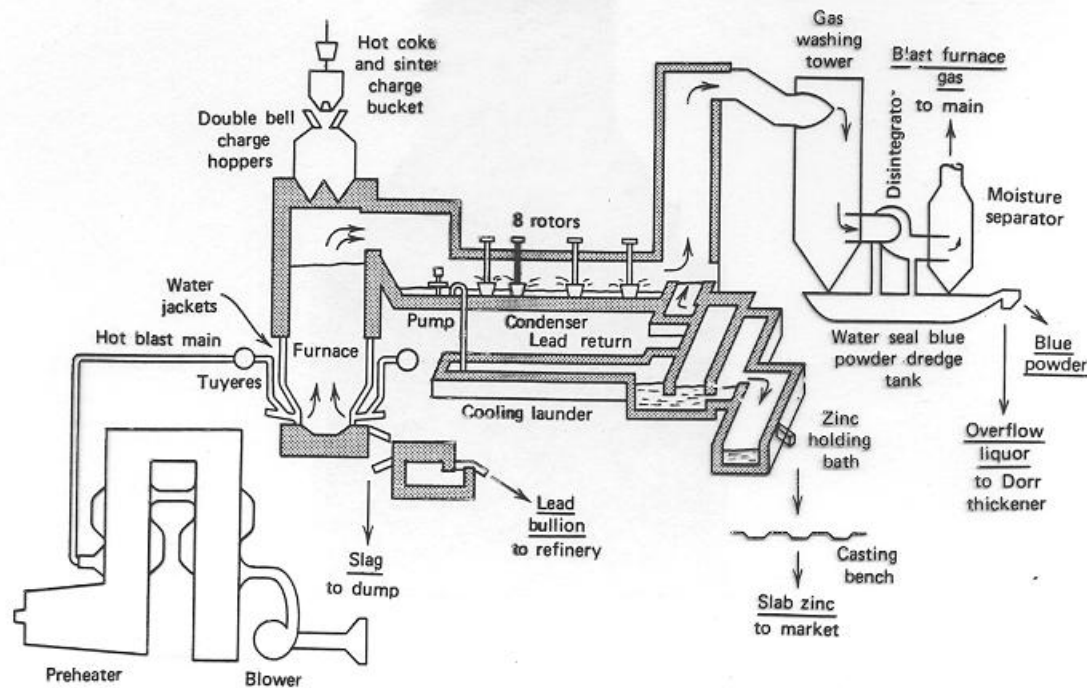


Figure 3.14. Imperial smelting furnace. Source: C. H. Cotterill and J. M. Cigan, Eds., AIME World Symposium of Lead and Zinc, Vol. 2, 1970, p. 687.

Processo eletrotérmico

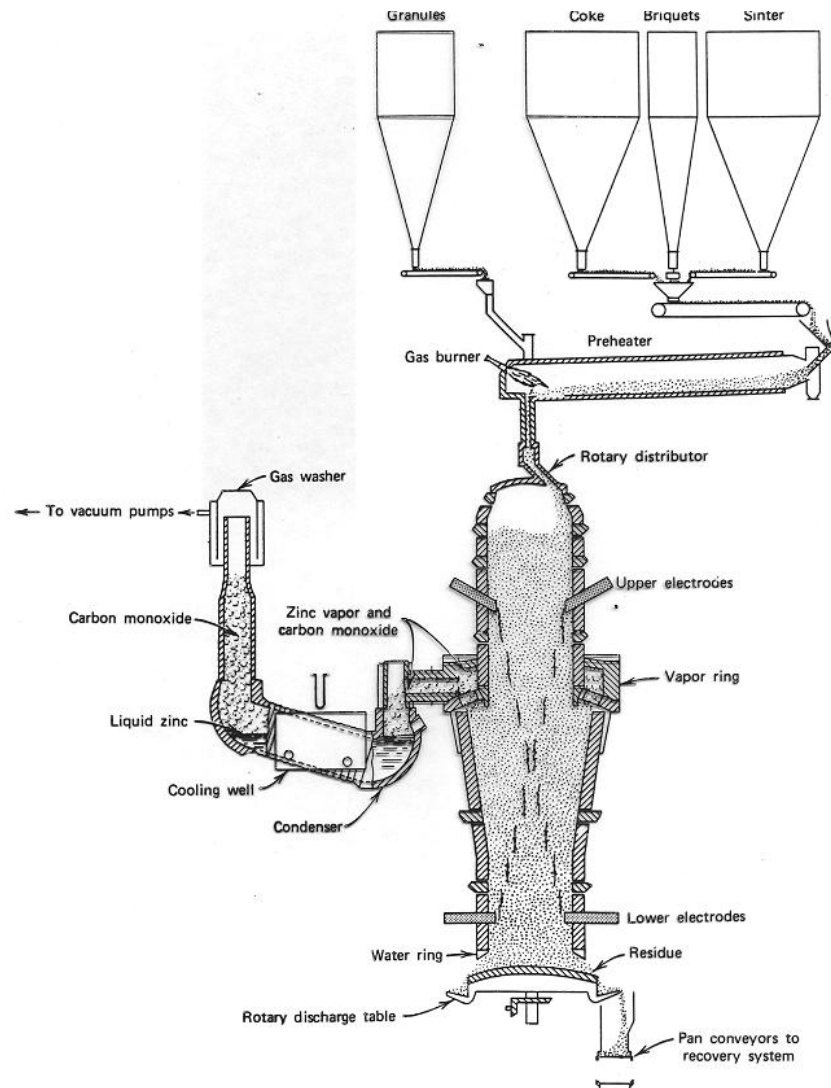


Figure 3.12. Electrothermic zinc furnace. Source: Courtesy of St. Joe Minerals Corporation.

Forno de cuba de produção de chumbo

Forno de camisa d' água

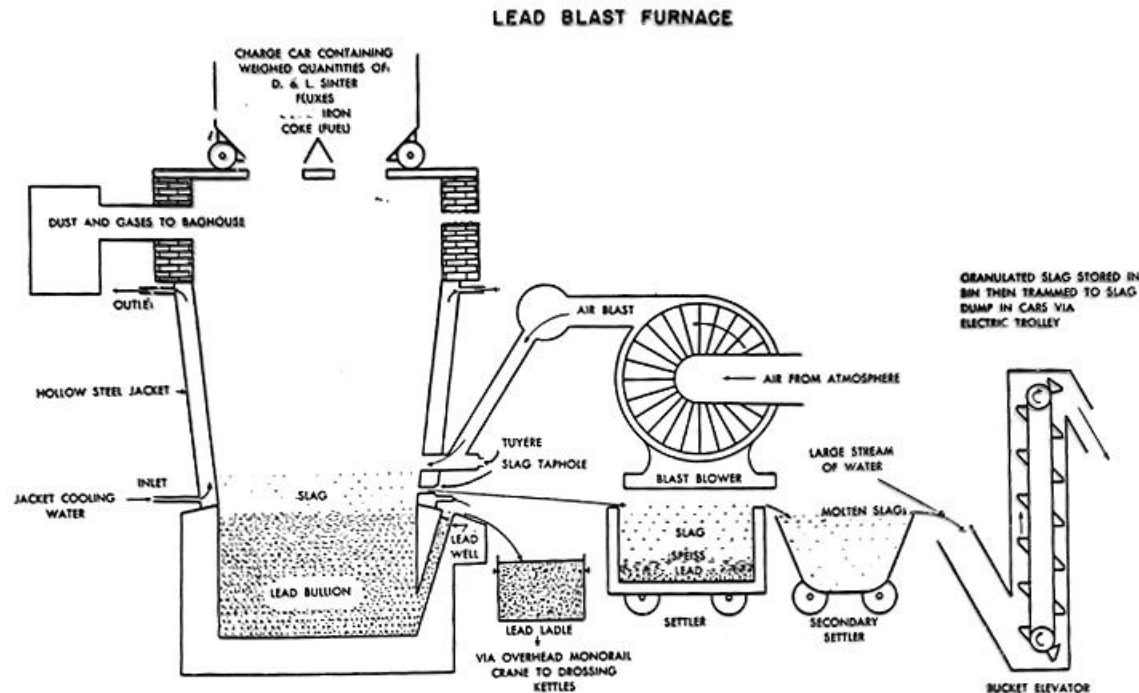
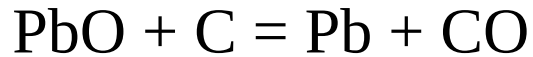


Figure 1.31. Lead blast furnace, open top type. *Source:* United States Smelting Mining and Refining Company.

Forno de cuba de produção de chumbo

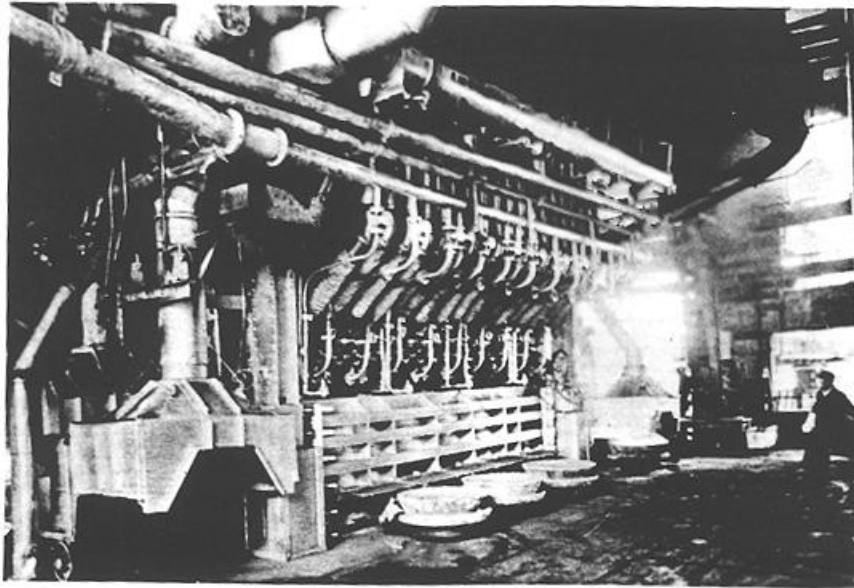


Figure 1.30. Water-jacketed lead blast furnace (Hoboken). *Source:* Courtesy of Metallurgie Hoboken-Overpelt.

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

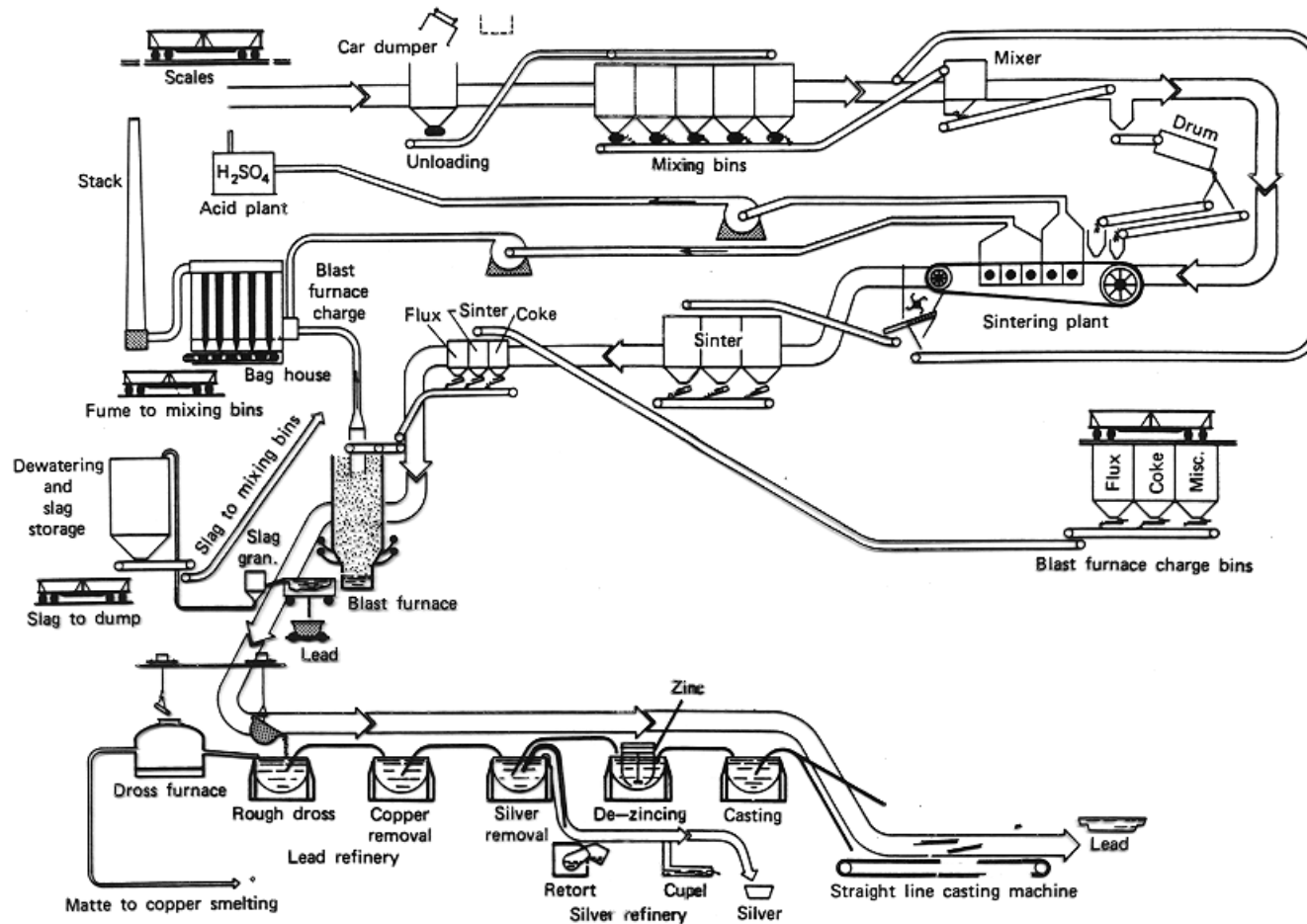
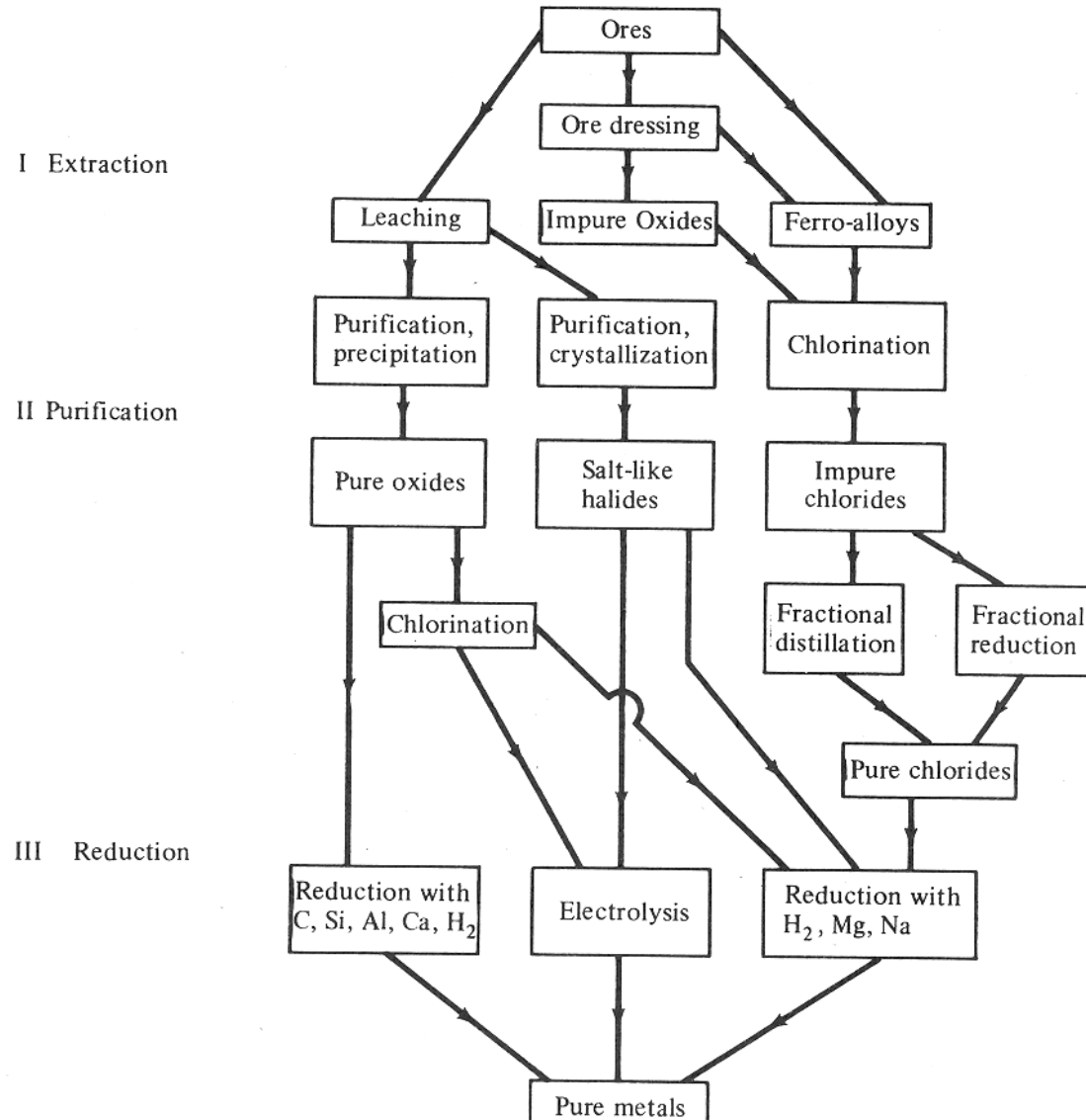


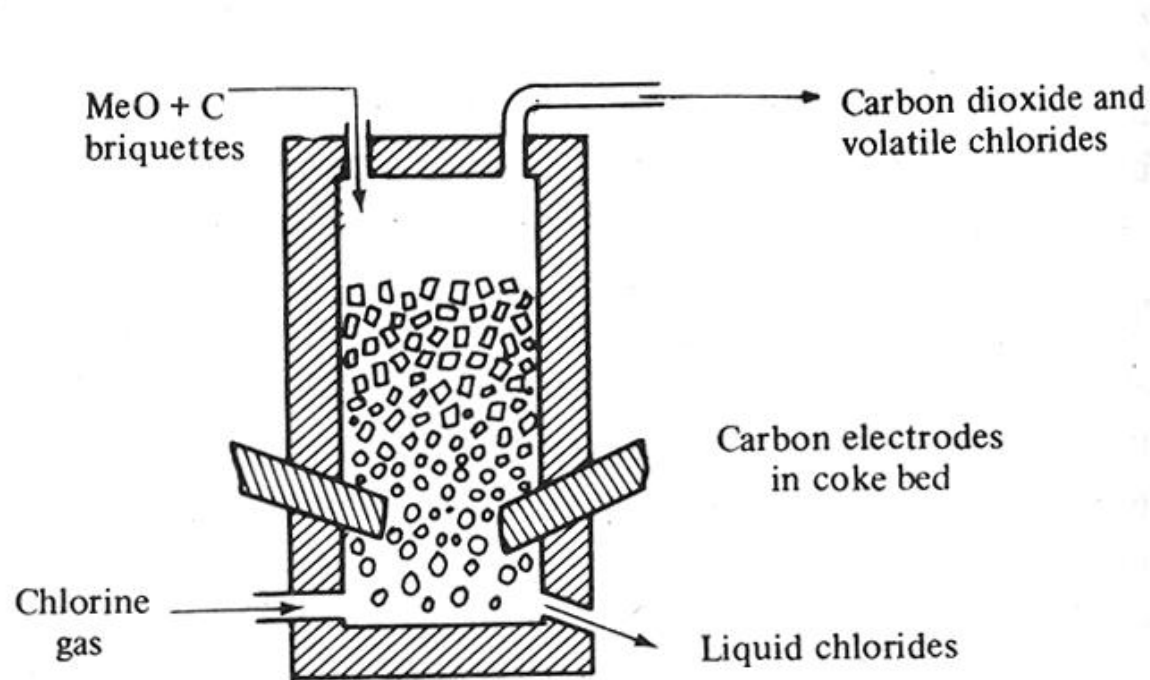
Figure 1.27. Flow sheet of Hercules lead smelter. Source: Courtesy of St. Joe Minerals Corporation.

Alternativas para obter metais puros



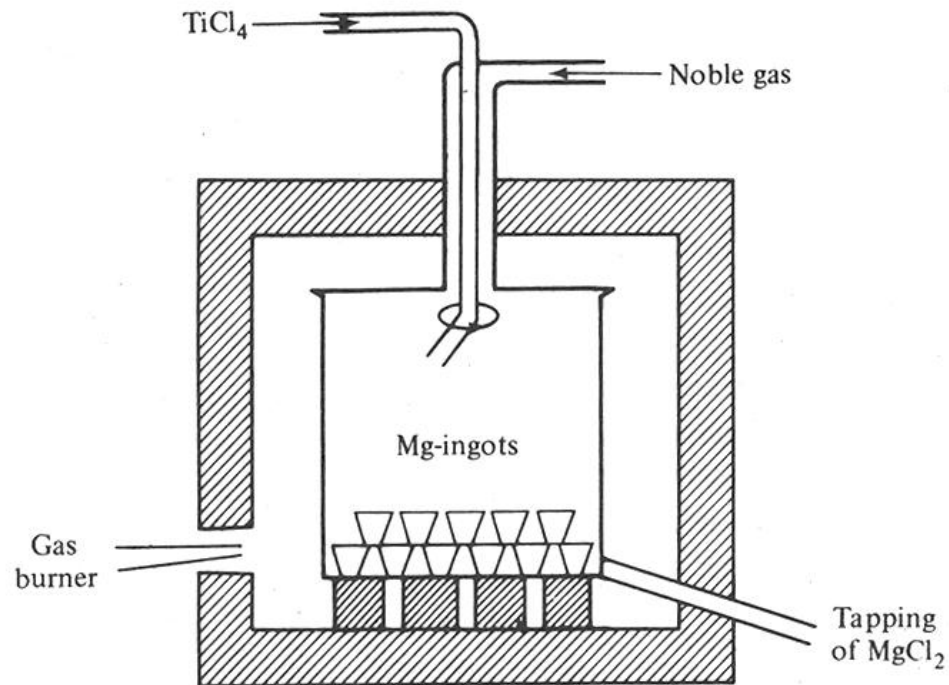
Obtenção de titânio

1. Cloração do TiO_2



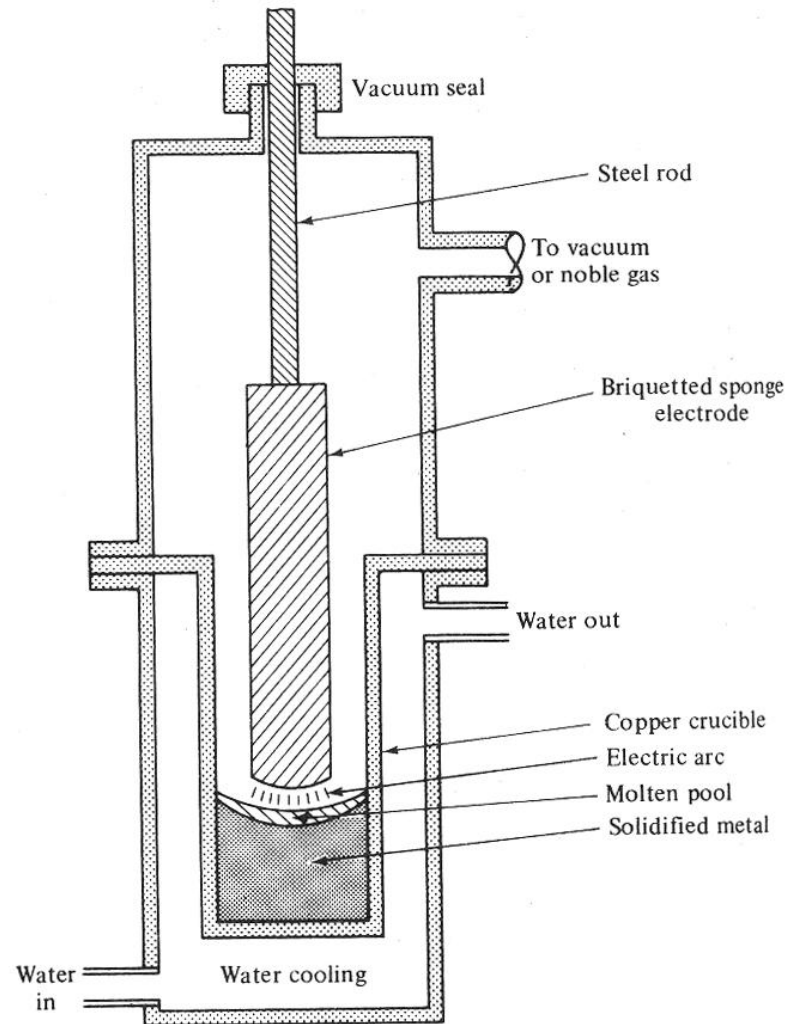
2. Redução do cloreto por magnésio

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
SULPHIDES			
Chalcopyrite	CuFeS_2	34.6	General
Chalcocite	Cu_2S	79.9	General
Bornite	Cu_5FeS_4	63.3	General
Covellite	CuS	66.4	African Copper Belt
OXIDES			
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 Cu_2S e FeS .
- A fusão parte de concentrados parcialmente ustulados , a 1150-1250 °C, que conduz à formação de dois líquidos imiscíveis: uma escória (contendo óxidos: FeO , Fe_3O_4 , CuO , SiO_2 , CaO , Al_2O_3) e matte de cobre (contendo Cu_2S , 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

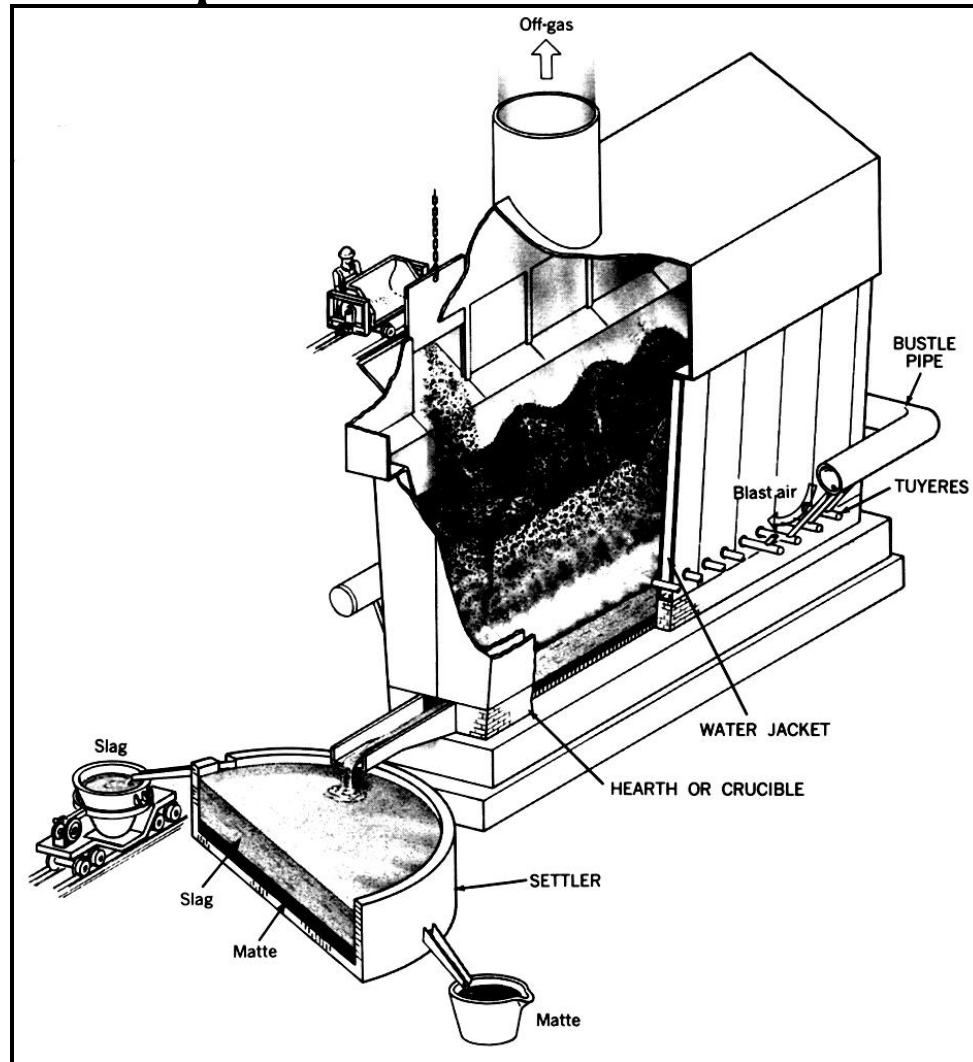
- Propriedades físicas de “mattes”, escórias e outros materiais

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

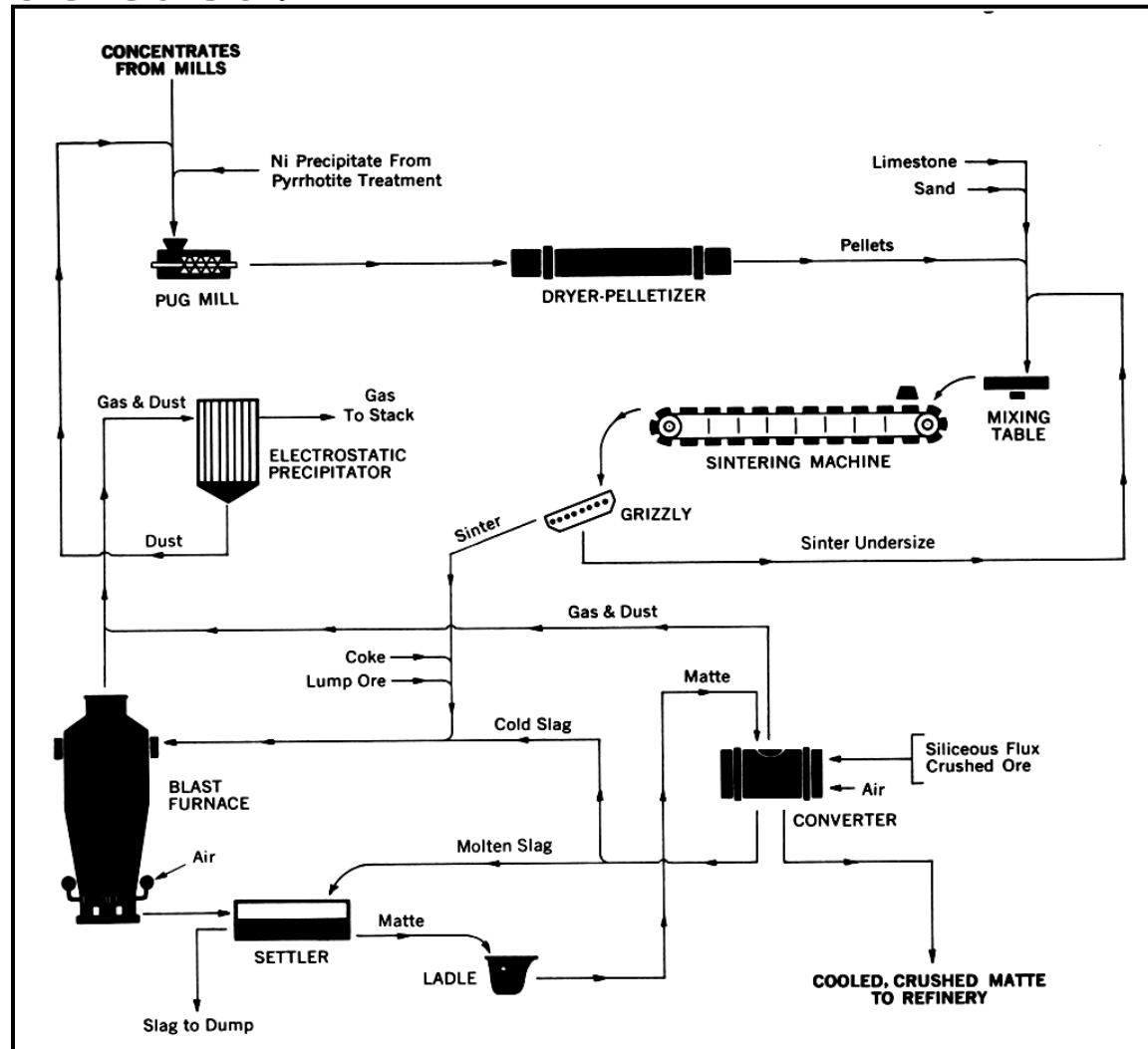
- Os processos pirometalúrgicos de metalurgia do cobre têm a seguinte vantagem:
 - parte-se do concentrado e chega-se ao cobre metálico
- Contudo apresentam uma desvantagem:
 - gera um poluente: SO_2

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

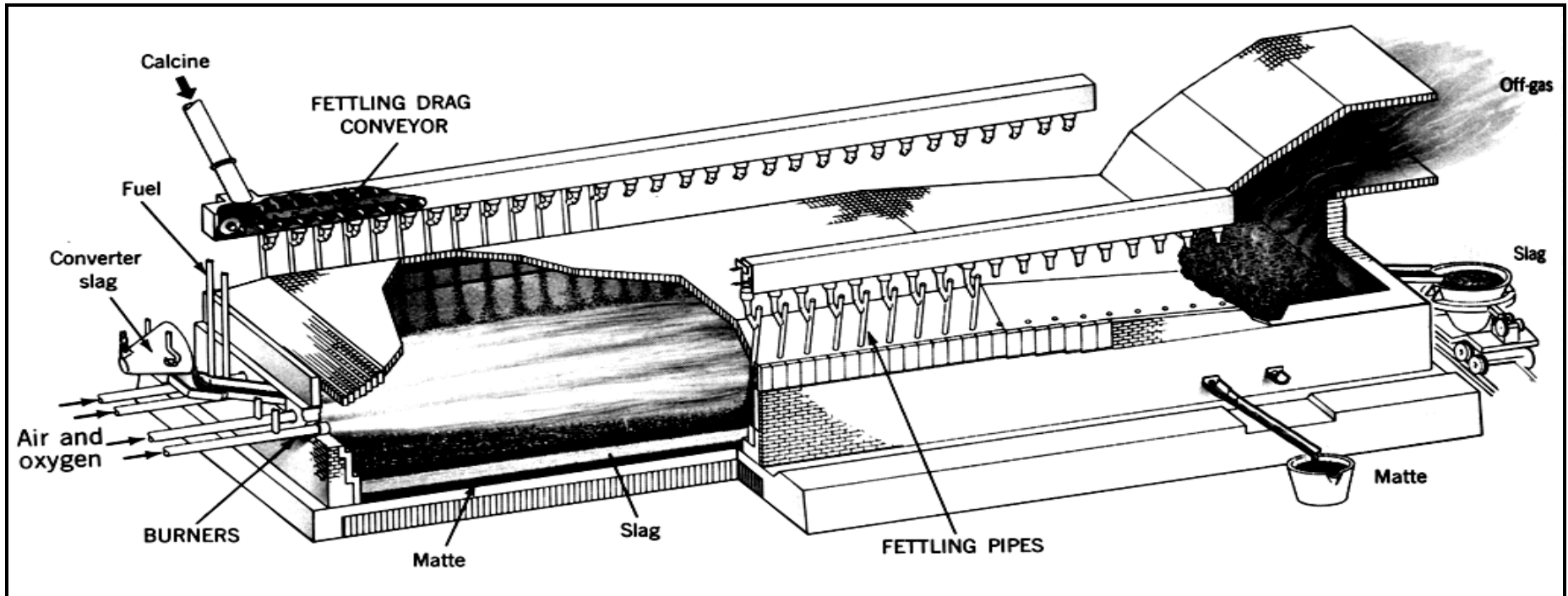
- Forno de cuba para fusão de “mattes”:



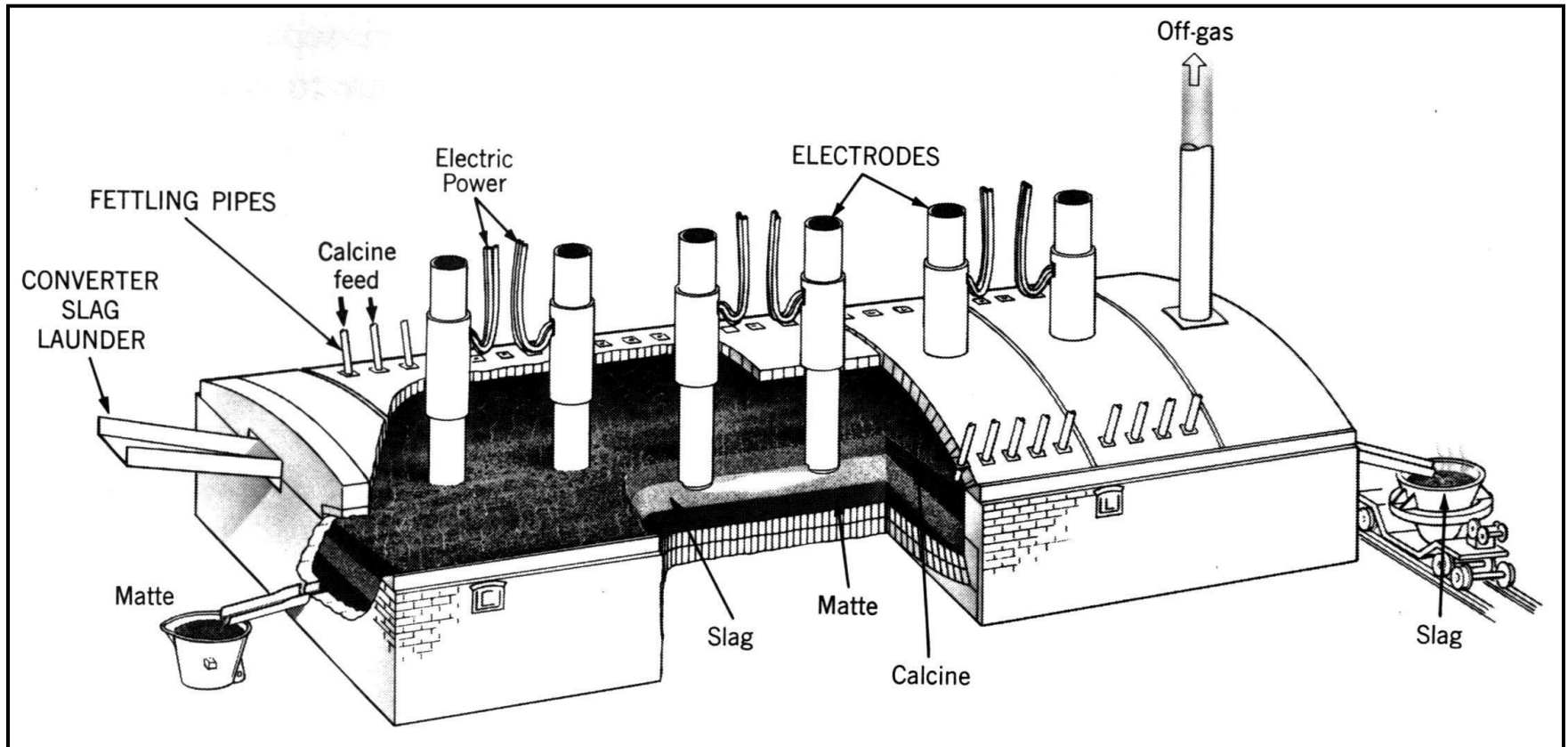
- Fluxograma de produção de matte utilizando forno de cuba:



- Forno de revérbero



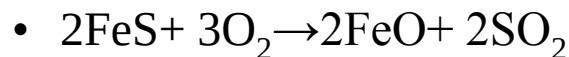
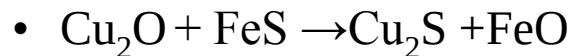
- Forno elétrico para fusão de matte



- Flash smelting

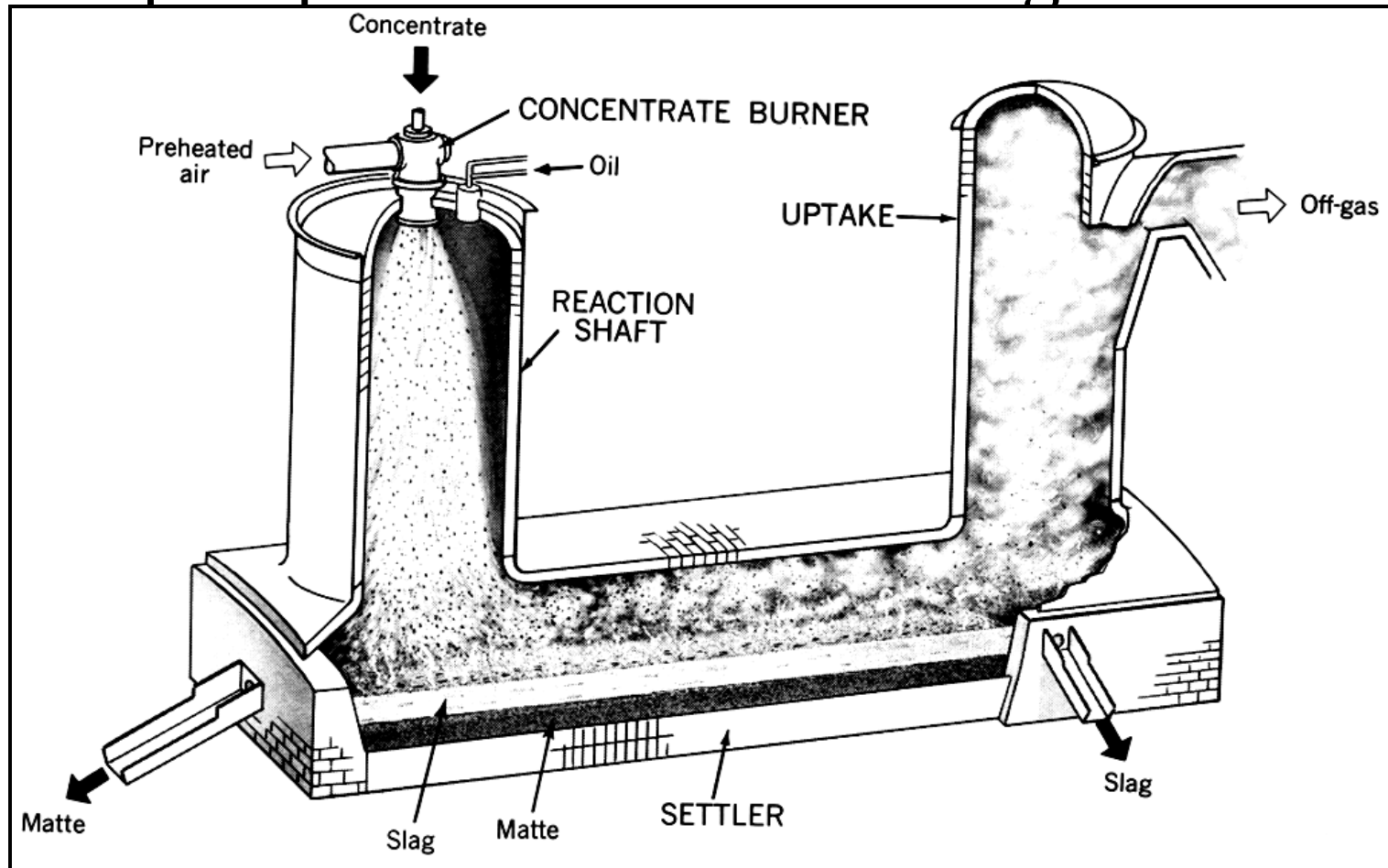
- Neste processo queima-se parte do S e do Fe presentes no concentrado enquanto o mesmo é mantido em suspensão numa atmosfera oxidante.

- Reações:



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

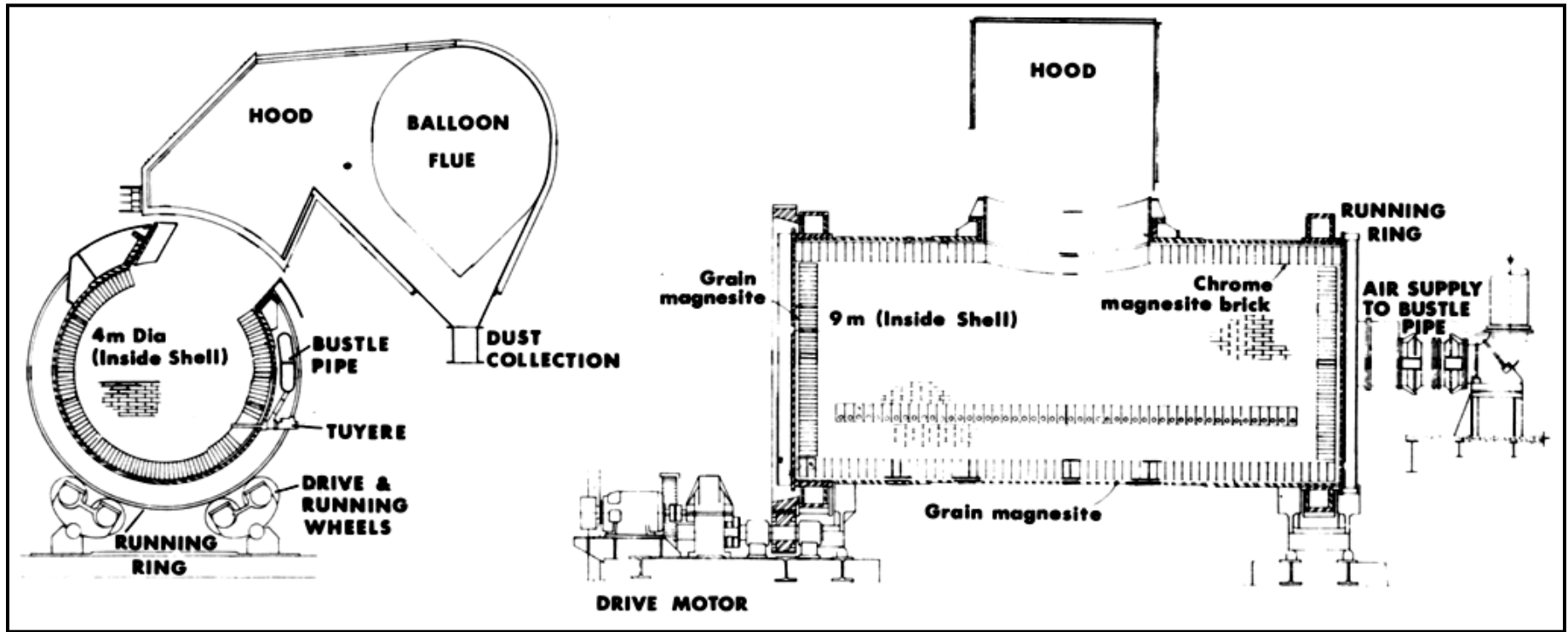
- Corte do equipamento da Outokumpu de fusão de matte pelo processo Flash Smelting:

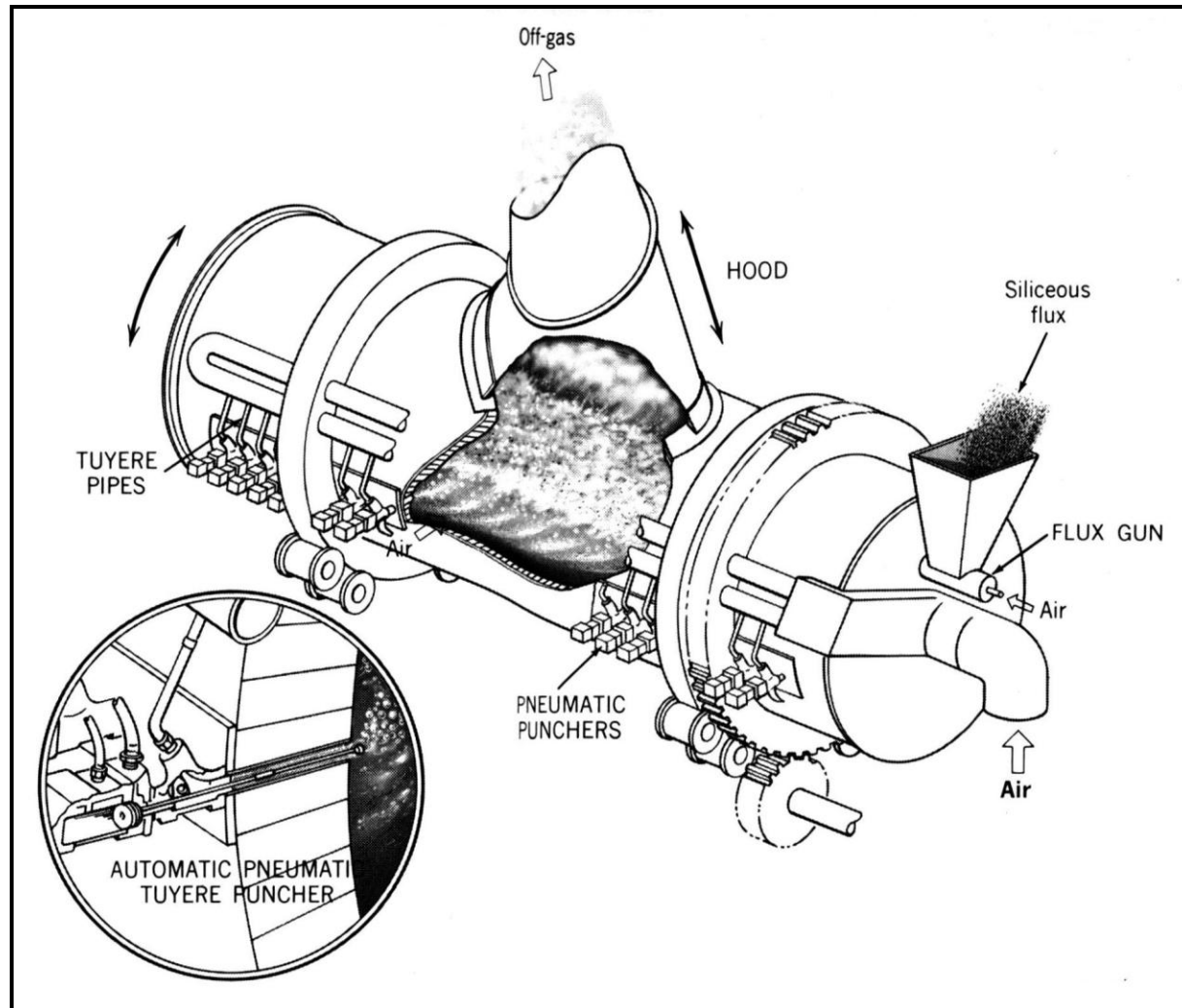


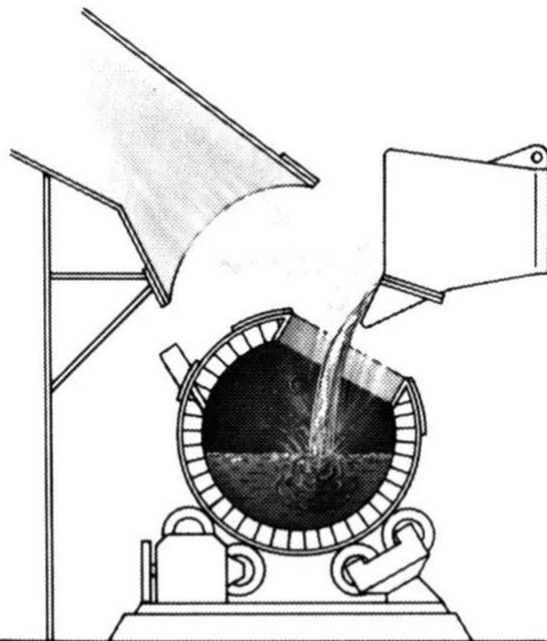
- Conversão do “matte de cobre”
 - O matte contém cobre, ferro, enxofre e 3% de oxigênio dissolvido. Além disso contém pequenas quantidades de impurezas tais como As, Bi, Ni, Pb, Sb, Zn e metais preciosos
 - Esse “mate” é carregado a 1100°C no conversor para transformá-lo em “cobre blister” que contém 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, Fe₃O₄ e SO₂
 - $2\text{FeO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$
 - O produto principal da fase de formação da escória durante a conversão do matte é a formação do “Metal branco” = Cu₂S
 - A fase seguinte é a de produção de cobre blister:
 - $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$

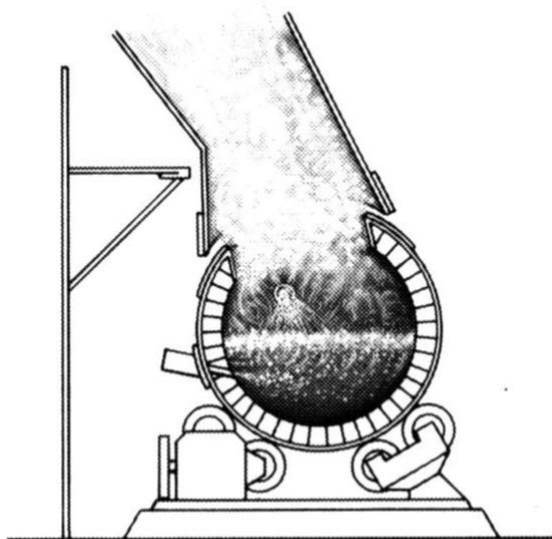
- O conversor Pierce-Smith



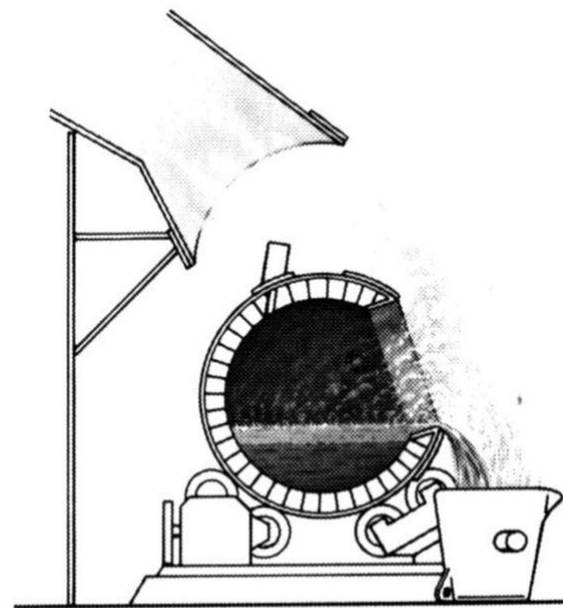




Charging



Blowing



Skimming

- Análise de carga e produtos do conversor

	Cu	Fe	S	O	As	Bi	Pb	Sb	Zn	Au	Ag
	Weight percent										
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 ₂	Fe ₃ O ₄	Al ₂ O ₃	CaO	MgO				
Converter slag	2–15	35–50	20–30	15–25	0–5	0–10	0–5				