

# A PRODUÇÃO DE COBRE METÁLICO – EXTRAÇÃO E REFINO

Metalurgista Industrial

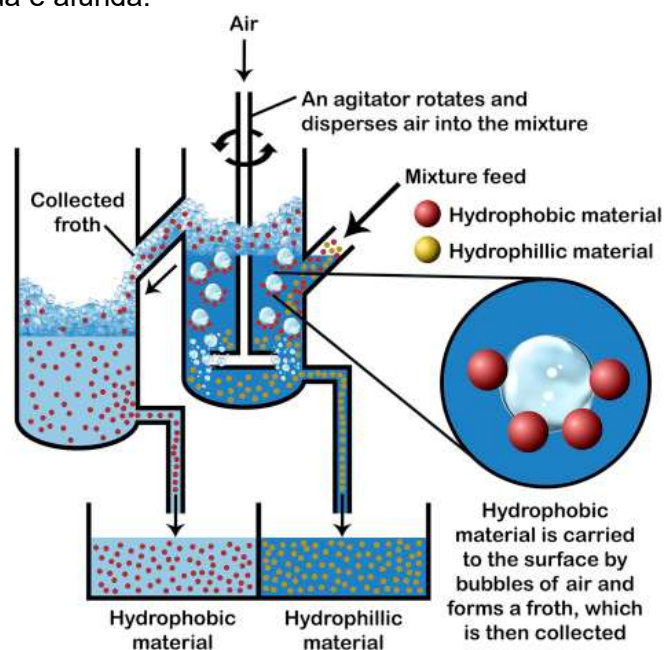
março 2020

[www.metalurgistaindustrial.com.br](http://www.metalurgistaindustrial.com.br)

A Resenha Técnica Cobre e Suas Ligas em Eng. de Metais aborda as ligas e propriedades deste metal, o terceiro metal industrial em relevância de consumo, logo após o ferro e o alumínio.

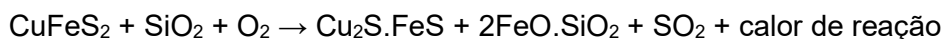
Os minérios sulfetados de cobre, como a calcopirita, um sulfeto de cobre e ferro ( $\text{CuFeS}_2$ ), concorrem para praticamente toda a concentração de cobre. Esses minérios, que contêm tipicamente 0,5 a 2% de cobre, sofrem britagem e moagem com o objetivo de liberação da ganga contida, sendo em seguida submetidos a concentração para um teor de 25 a 30% deste metal antes de serem economicamente submetidos a fusão redutora (*smelting*). A via pirometalúrgica é a mais utilizada para a recuperação de cobre metálico de minérios sulfetados.

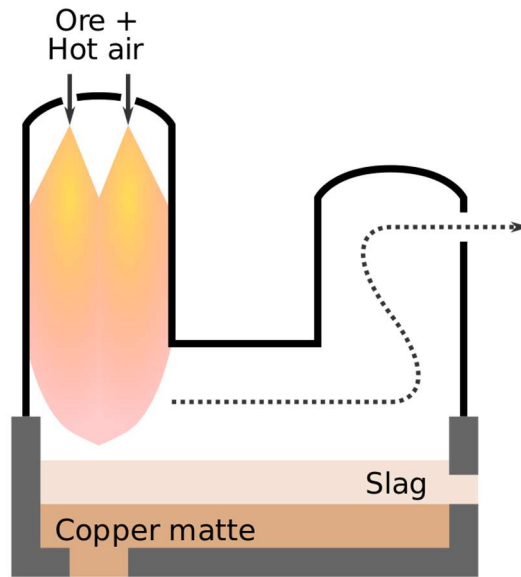
A técnica de concentração adotada é a de flotação por espumas (*froth flotation*). Essa técnica, ilustrada a seguir, é um processo de separação de materiais baseada se estes são repelentes de água (hidrofóbicos) ou se possuem afinidade por esta (hidrofilicos). As partículas finas de minérios sulfetados como os de cobre são naturalmente hidrofóbicos e tendem a aderir nas bolhas e carregadas para uma espuma. A ganga é molhada pela água e afunda.



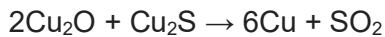
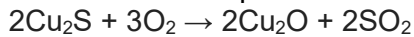
No moderno processamento de cobre metálico, os concentrados são submetidos a fusão redutora direta em tecnologias como os fornos flash (*flash smelting*), ilustrado em prosseguimento, que operam com ar enriquecido por oxigênio. Os processos por fornos de revérbero e altos-fornos caminharam para obsolescência.

Nos fornos flash, os concentrados são instantaneamente oxidados, sofrem fusão (fusão mática) e separam-se por seu próprio calor de reação em um mate, que é uma liga Cu-Fe-S com 45 a 60% de cobre contido, segundo a reação:

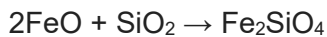
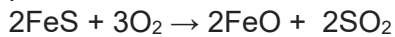




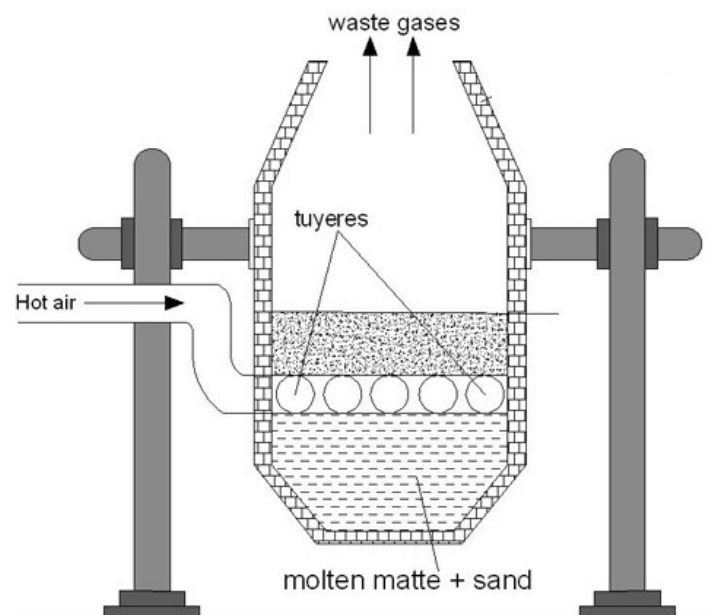
O mate produzido é transferido para um convertedor Bessemer onde ar é soprado para sua oxidação, resultando no cobre *blister* com teor de 98% de cobre contido. Os sulfetos são usualmente oxidados quando aquecidos na presença de oxigênio. O SO<sub>2</sub> liberado pode ser aproveitado para a produção de ácido sulfúrico. O cobre assim obtido é chamado *blister* (bolha) porque ao se solidificar, o SO<sub>2</sub> neste contido escapa produzindo bolhas em sua superfície.



O oxigênio presente no ar oxida FeS a FeO que combina com a sílica suprida ao processo e é convertido em escória de silicato de ferro.

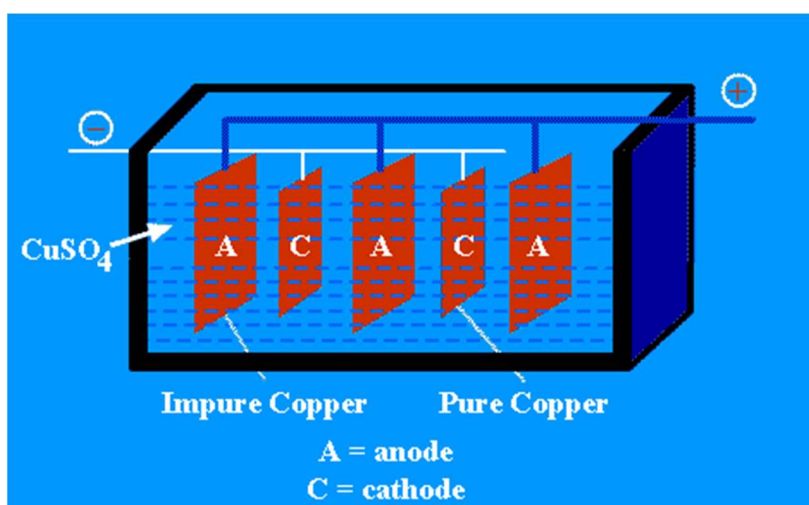


O reator é ilustrado abaixo com as ventaneiras (*tuyeres*) localizadas lateralmente, inspirado no convertedor Bessemer original abordado na Resenha Técnica Os Processos Pneumáticos de Produção de Aço.



A próxima etapa é o de refino pirometalúrgico (*fire refining*), onde o cobre *blister* é processado em um forno anódico com o objetivo de aumentar sua pureza em aproximadamente 99%. A maior parte do enxofre e ferro remanescentes é removida. Gás natural ou outro agente redutor é soprado através do óxido fundido de cobre para promover a queima da maior parte do oxigênio incorporado ao *blister*.

O cobre *blister* refinado é vazado em moldes e lingotado em placas de anodo para refino eletrolítico, que promove a dissolução do cobre dos anodos, desenvolvida por meio de uma solução ácida com formação de eletrólito. O cobre metálico é transportado para o catodo por ação de corrente elétrica, onde se deposita com grau de 99,99% de cobre contido, constituindo neste polo a folha de cobre de alta pureza eletrodepositada. As impurezas insolúveis no eletrólito, inclusive os metais preciosos, depositam-se no fundo da célula eletrolítica, constituindo a chamada lama anódica, a qual é removida e utilizada para recuperação dos metais presentes. Os catodos de cobre são utilizados para a produção das ligas de cobre.



A fusão e elaboração das ligas de cobre atentam para a superação de contingências como:

- (i) a incorporação de impurezas metálicas que forma compostos intermetálicos com o cobre reduzindo sua ductilidade, que podem ser removidas por oxidação seletiva;
- (ii) a captura de oxigênio e hidrogênio; e
- (iii) a presença de inclusões não metálicas de natureza endógena ou exógena.

Os métodos de tratamento abrangem:

- (i) oxidação por injeção de oxigênio gasoso;
- (ii) desoxidação por fósforo, boro ou lítio que formam compostos com o óxido de cobre (Cu<sub>2</sub>O);
- (iii) desgaseificação por purga (*flushing*) pela injeção de nitrogênio ou argônio que promove a difusão do hidrogênio nas bolhas formadas por esses gases injetados. O mesmo efeito pode ser promovido pela adição de fluxantes que liberam bolhas de gases quando aquecidos no banho líquido; e
- (iv) filtração em meio cerâmico.