



Schmelzmetallurgische Kupferherstellung

Aufgaben:

1.) In diesem Text sind die Bilder-Nummern in den Klammern richtig einzusetzen.



Abb. 1

Aufbereitung der Erze

Kupfererze werden sowohl im Untertagebau als auch im Tagebau gewonnen. Der Kupfergehalt der geförderten Erze beträgt meist nur 0,3 bis 2 Gew.%, dennoch lohnt sich der Abbau (Tagebau).

Derzeit stammen rund **75%** des gewonnenen Primärkupfers aus dem Tagebau. Der grösste Kupfererztagbau ist die **Chuquicamata Mine in Chile** (siehe Abb. _____), die etwa 4 km breit und 800 m tief ist.

Da die Kupfererze unterschiedliche Mengen von Gangart, d.h. von unerwünschten Mineralien und Gesteinen wie **Quarz, Ton oder Granit** enthalten,



Abb. 2

müssen sie aufbereitet werden, um die **Kupferkonzentration** zu steigern. Nur so ist die Kupfergewinnung technisch und wirtschaftlich möglich. Bei Kupfererzen werden dazu die Erze durch spezielle

Erzbrecher zerkleinert und in **Möhlen** zu Pulver zermahlen. In anderen Aufbereitungsverfahren werden Bestandteile, die kein Kupfer enthalten, abgetrennt.

Nach der Aufbereitung erhält man so Kupferkonzentrate, die einen **Kupfergehalt von 20 bis 30 Gew.%** aufweisen, in einigen Fällen sogar bis zu 50 Gew.%.

Schmelzmetallurgische Gewinnung

Das wichtigste Ausgangsprodukt der schmelzmetallurgischen Kupfergewinnung ist das **Kupferkies** (CuFeS_2), das mit **Förderbändern** zum Produktionsort gebracht wird. Damit die Kupfergewinnung reibungslos ablaufen kann, wird in den meisten Fällen das Erz auf irgendeine Art und Weise **vorgöröstet**, d. h. mit ausreichend

Luft heiss gemacht. Dabei reagiert ein Teil des **Schwefels** aus dem Erz mit **Sauerstoff** und entweicht als Schwefeldioxid, auch ein Teil des Eisens reagiert mit Sauerstoff. Anschliessend wird das vorgöröstete Erz geschmolzen, dabei entsteht der **Kupferstein**, ein Gemisch aus Kupfersulfid und Eisensulfid.



Abb. 3

Ausserdem wird dem Gemisch **Siliciumoxid** als Schlackebildner zugesetzt, das mit dem Eisensulfid **Schlacke** bildet, die vom Kupferstein abgetrennt werden kann, weil sie oben schwimmt.

Der flüssige Kupferstein kann nun in den **Konverter**, einen grossen, rundlichen Behälter für geschmolzenes Metall, überführt werden. Hier erfolgt eine weitere **Reinigung** des Kupfers. Auch hier entweicht wieder **Schwefeldioxid** und das Eisen wird nach dem oben genannten Prinzip mit Siliciumoxid verschlackt,



Abb. 4

sodass es als Schlacke erneut abgetrennt werden kann. Übrig bleibt schliesslich flüssiges **Rohkupfer**, das der **Raffination** zugeführt werden kann. Das zu **99% reine Rohkupfer** hat noch nicht die Eigenschaften, die vom Kupfer gefordert werden, vor allem die Leitfähigkeit ist wegen der **Verunreinigungen** noch nicht ausreichend.



Schmelzmetallurgische Kupferherstellung

Deshalb erfolgt nun die **Raffination**. Dabei unterscheidet man: die **Fuerraffination** mit geschmolzenem Kupfer („im Schmelzfluss“) und die **elektrolytische Raffination** von festen Kupferplatten durch elektrischen Strom.

Bei der **Fuerraffination** wird das noch flüssige Kupfer zunächst durch Einblasen von Luft auf einen hohen Sauerstoffgehalt gebracht. So können Verunreinigungen als Gase entweichen oder sich als Schlacke absetzen. Danach werden organische Gase eingesetzt, die mit dem Sauerstoff im Kupfer CO_2 bilden.



Abb. 5

Das so feuerraffinierte Kupfer kann nun gegossen werden. Allerdings wird ca. 90% des Kupfers nicht für die Endproduktion in herkömmliche Gussformate gebracht, sondern für die anschließende elektrolytische Raffination in der Anodengiessanlage zu Anoden vergossen (siehe Abb. _____).



Abb. 6

Anoden können dann weiter elektrolytisch raffiniert werden. Dazu werden sie nebeneinander in riesige Elektrolysebecken (siehe Abb. _____) gehängt, die mit einer sauren Kupfersulfatlösung gefüllt sind.



Abb. 7

Zwischen den Anoden befinden sich **Kathodenbleche**, die entweder aus Edelstahl sind oder aus feinen Kupferblechen bestehen. Bei einer niedrigen Spannung

bilden sich **Kupfer-Ionen**, die in Lösung gehen. Die Ionen wandern vom Pluspol zum Minuspol. Am Minuspol werden die Kupfer-Ionen zu **elementarem Kupfer** umgewandelt bzw. reduziert.

Das reine Kupfer scheidet sich an der Elektrode ab. Unedle Metalle können nicht reduziert werden und bleiben in Lösung, edlere Metalle wie Gold oder Silber werden nicht verändert und setzen sich als **Anodenschlamm** am Beckenboden ab (siehe Abb. _____). So entstehen die zu 99,9% reinen, feinen Kupferkathoden (siehe Abb. _____), die erneut eingeschmolzen werden, um zu **Gussformaten** (siehe Abb. _____) verarbeitet zu werden. Aus dem Elektrolysebad und dem Anodenschlamm können in Nebenbetrieben weitere Metalle gewonnen werden, die einen nicht unerheblichen Beitrag zum Gewinn eines Unternehmens leisten und die Kupfergewinnung erst wirtschaftlich gestalten.

Überprüfen der Lösung:

Die richtige Reihenfolge der Bilder kann durch folgende einfache **Rechnung** ermittelt werden:

$$6 \times 9 - 66 + 15 \times 333 + 1 \times 11 + 675 \times 400 + 5321 + 400000:$$

Die Ziffernfolge entspricht der richtigen Reihenfolge der gefragten Bildnummern im Text.