

Legierbarkeit: Das Aluminium ist mit vielen Metallen in jedem Mengenverhältnis legierbar. Mit Natrium legiert sich das Aluminium nur in geringem Maße; es nimmt max. 0,2% Na auf. Dieser Umstand ist von besonderer Be-

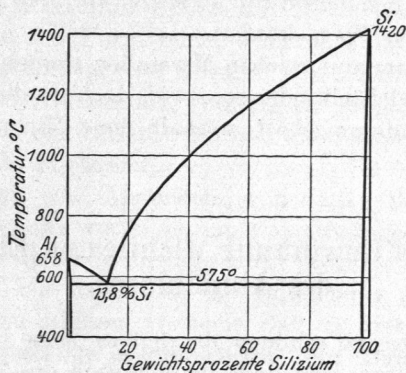


Fig. 175. Erstarrungsschaubild des Systems Aluminium-Silizium.
(Aus Landolt-Börnstein, Physikal.-chem. Tabellen, 5. Aufl., Ergänzungsbd.)

deutung, da bei der Aluminium-Schmelzflußelektrolyse so viel metallisches Natrium entsteht, daß dem Aluminium Gelegenheit geboten wäre, weit größere Mengen von Natrium aufzunehmen.

Besondere Beachtung verdient die Legierbarkeit des Aluminiums mit Silicium, über die das folgende Zustandsschaubild unterrichtet (Fig. 175).

6. Die Gewinnungsmethoden.

a) Allgemeine Gesichtspunkte.

Das Aluminium wird nicht durch einen einfachen reduzierenden Schmelzprozeß, wie man ihn beispielsweise bei der Gewinnung des Bleis oder Eisens ausführt, gewonnen. Ein derartiges Verfahren ist nicht durchführbar, weil das Aluminiumoxyd nur unter Aufwendung sehr großer Energiemengen reduziert werden kann. Außerdem wirkt die Neigung des Aluminiums zur Bildung von Carbid erschwerend auf die Ausführung solcher Verfahren, weil durch die Carbidbildung die Ausbeute an Aluminiummetall außerordentlich herabgesetzt wird. An diesen Schwierigkeiten sind seither auch die Versuche zur elektrothermischen Aluminiumgewinnung gescheitert. Alkalimetalle statt des Kohlenstoffs als Reduktionsmittel zu verwenden, verbietet deren hoher Preis.

So erklärt es sich, daß das Aluminium zur Zeit nur auf elektrolytischem Wege gewonnen wird.

Eine elektrolytische Abscheidung des Aluminiums aus wäßriger Lösung ist nicht möglich, da das Aluminium ein ziemlich stark elektronegatives Metall ist und daher in wäßriger Lösung an der Kathode kein Aluminium nach dem Vorgange $\text{Al}^{+++} \rightarrow \text{Al} + 3 \oplus$ abgeschieden wird, sondern Wasserstoffionen entladen werden. Bekanntlich wird ja bei einer Elektrolyse zuerst das Ion an der Kathode entladen, zu dessen Ausscheidung die geringste elek-

tromotorische Kraft erforderlich ist (Zink, das ebenfalls gegenüber dem Wasserstoff elektronegativer ist, läßt sich trotzdem aus wäßriger Lösung elektrolytisch abscheiden, weil der Wasserstoff an der Zinkkathode eine im Vergleich zur Zersetzungsspannung beträchtliche Überspannung besitzt).

Es bleibt somit für das Aluminium nur der Weg einer Elektrolyse in nicht-wäßriger Lösung übrig. Nun sind hierfür folgende Möglichkeiten denkbar:

1. Der Elektrolyt besteht aus einer Salzschmelze mit niedrigem Schmelzpunkt. Man erhält dann, da man bei Temperaturen unter dem Schmelzpunkt des Aluminiums arbeiten kann, festes Metall an der Kathode. Ein derartiges Verfahren hat sich die Aluminium-Industrie A.G. für Zwecke der Aluminiumraffination patentieren lassen. Ob dieses Verfahren praktischen Wert erhalten wird, steht noch dahin.

2. Der Elektrolyt besteht aus organischen Metallkomplexverbindungen, die bei gewöhnlicher oder nur wenig erhöhter Temperatur flüssig sind. Man kann dann an der Kathode ebenfalls festes Aluminiummetall abscheiden. Ein derartiges Verfahren soll angeblich bereits in einem Laboratorium ausgeführt worden sein. (Met. Ind., New York, 26, 383.)

3. Der Elektrolyt besteht aus einer Salzschmelze, deren Schmelzpunkt in der Nähe oder über demjenigen des Aluminiums liegt. Man elektrolysiert dann bei so hoher Temperatur, daß das abgeschiedene Metall in flüssiger Form erhalten wird. In dieser Weise arbeitet das heute wohl ausschließlich in Anwendung stehende Verfahren der Aluminiumgewinnung.

b) Roh- und Hilfsstoffe für die Elektrolyse.

A. Tonerde.

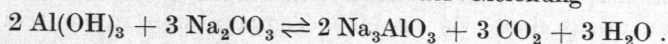
Die Aluminiumelektrolyse kann keines der natürlichen Mineralien direkt verwenden, sondern nur ein reines Tonerdeprodukt, das aus den Aluminiumerzen auf chemischem Wege gewonnen werden muß.

Die Gewinnung aus Bauxit.

Die größte Menge der zur Aluminiumerzeugung verwendeten Tonerde wird aus Bauxit gewonnen. Dieses Mineral läßt sich sowohl durch sauren als auch durch alkalischen Aufschluß verarbeiten. Der saure Aufschluß steht jedoch wohl nur dort in Anwendung, wo es sich um die Erzeugung von Aluminiumsalzen handelt, während die Gewinnung der Tonerde aus Bauxit für die Aluminiumgewinnung ausschließlich mit Hilfe des alkalischen Aufschlusses erfolgt. Auch bei diesem Aufschluß unterscheidet man zwei grundsätzlich verschiedene Wege, den trocknen und den nassen Weg.

Die Tonerde, die in der deutschen Aluminiumindustrie verarbeitet wird, ist in der weitaus größten Menge nach dem Verfahren des trocknen Aufschlusses gewonnen. Man verfährt dabei folgendermaßen: Der Bauxit, und zwar die kieselsäurearmen, infolge ihres Eisengehaltes meist roten Sorten, wird vorgebrochen und im Drehrohrofen getrocknet, um mahlfähig zu werden. Die nun folgende Zerkleinerung geschieht zweckmäßigerweise in Rohrmühlen mit Windsichtern. Der fein gemahlene Bauxit wird in Mischsilos mit Soda

gemischt, und diese Mischung den Aufschlußöfen zugeführt. Es sind dies Drehrohröfen von etwa 60 m Länge, in denen das Material einer Temperatur von 1200 bis 1400° ausgesetzt wird. Die Höhe der zum Aufschluß erforderlichen Temperatur wird durch die Art des Bauxits bedingt. Die genannte Temperatur ist z. B. für ungarischen Bauxit erforderlich. Der eigentliche Aufschlußvorgang besteht in einer Überführung der wasserunlöslichen Tonerde in lösliches Natriumaluminat nach der Gleichung



Nach Verlassen des Ofens durchläuft die Schmelze zu ihrer Abkühlung noch ein kleines Drehrohr, das mit Wasser außen berieselt wird. Die erstarrte Schmelze wird einer Mahlanlage zugeführt und von da in große Laugebottiche gebracht, die mit einem Rührwerk ausgerüstet sind. Zur Lösung des Natriumaluminats verwendet man einen Teil der in einem späteren Abschnitt des Verfahrens anfallenden Sodalauge, Heißwasser und Heißdampf. Man setzt etwas Kalk zu, um Kieselsäure als Calciumaluminiumsilikat abzuscheiden, das sich dann mit dem Eisenoxydhydrat in dem Rückstand, dem sog. Rotschlamm, findet.

Dieser Rotschlamm findet zum Teil als Gasmasse Verwendung, zum Teil wird er auf Anstrichfarben verarbeitet. Da der Titangehalt des Bauxits sich in dem Rotschlamm wiederfindet, kann dieses Nebenprodukt das Ausgangsmaterial für eine Titangewinnung bilden, ebenso kann man bei der Verarbeitung vanadiumhaltiger Bauxite die Gewinnung von Vanadium aus dem Rotschlamm vornehmen.

Der weitere Verlauf der Tonerdegewinnung ist der gleiche wie bei dem als Bayer-Verfahren bekannten Prozeß. Von diesem unterscheidet sich das oben skizzierte Verfahren durch den Aufschluß im Trommelofen, während nach Bayer der Bauxit nach erfolgter Röstung und Zerkleinerung im Autoklaven mit Natronlauge aufgeschlossen wird. Hierauf wird ebenfalls auf Filterpressen der Rotschlamm abfiltriert.

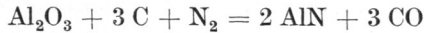
Das Filtrat, die Natriumaluminatlauge, bringt man in große Rührbottiche, in denen durch Rühren das Aluminat hydrolytisch gespalten wird unter Abscheidung von Tonerdehydrat.

Zur Einleitung dieser Reaktion ist es erforderlich, die Lösung durch Zusatz von etwas Tonerdehydrat aus einer vorangegangenen Fällung zu impfen. Auf diese Weise rührt man etwa 60% der in der Lösung vorhandenen Tonerde aus und erhält dabei ein Produkt von großer Reinheit. Das Tonerdehydrat wird meist auf Trommelfiltern abfiltriert, die sich für diesen Niederschlag besser eignen sollen als Filterpressen; letztere benutzt man dagegen, wie oben erwähnt, bei der Filtration des Rotschlammes. Das Filtrat von dem ausgerührten Aluminiumhydroxydniederschlag enthält noch 40% der Gesamtmenge der Tonerde. Um diese noch zu gewinnen, wird in die Lösung Kohlensäure eingeleitet. Hierdurch fällt der Rest als Aluminiumhydrat aus, während durch die Kohlensäure wieder Soda entsteht; es findet also Ablauf der zur Bildung von Na-Aluminat führenden Reaktion (s. oben) in umgekehrter Richtung statt. Das in dieser zweiten Fällung gewonnene Tonerdehydrat ist nicht ganz so rein wie das nur durch Ausrühren gewonnene Produkt, da die geringen Mengen an Kieselsäure, die in der Aluminatlauge in Lösung sind,

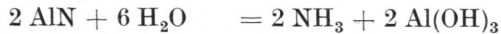
hier mit ausfallen. Die nach der Fällung mit Kohlensäure abfiltrierte Sodalaugewird zur Rückgewinnung der Soda eingedampft. Hierbei kann es unter Umständen wirtschaftlicher sein, die regenerierte Soda nicht wieder in den Prozeß zum Aufschluß zurückzuführen, sondern sie in marktfähige Kristallsoda überzuführen und den Aufschluß mit frischer Rohsoda durchzuführen. Die von den beiden Fällungen herrührenden Filtrerrückstände werden schließlich im Drehrohrofen geglüht, um das für die Aluminiumerzeugung geeignete Tonerdeprodukt zu erhalten.

Eine ganze Anzahl von Verfahren zur Tonerdegewinnung aus Bauxit wurde in Vorschlag gebracht. Erwähnt sei das Verfahren von Peniakoff, bei dem der Aufschluß statt mit Soda mit Natriumsulfat und Kohle vorgenommen wird.

Noch ein anderes Verfahren sei hier genannt, da sich dieses in seinen ersten Operationen wesentlich von allen anderen unterscheidet, wenn es auch die großen Erwartungen, die man an seine Erfindung geknüpft hatte, nicht zu erfüllen vermochte. Es ist dies das Serpek-Verfahren, dessen Eigenart auf den Reaktionen



und



beruht. Die erste Reaktion ist stark endotherm, es ist also erforderlich, das Verfahren bei hohen Temperaturen durchzuführen, jedoch kann durch gewisse Zusätze die Nitridbildungstemperatur etwas herabgesetzt werden. Da zu diesen katalytisch wirkenden Zusätzen Eisenoxyd gehört, ist für die Durchführung des Verfahrens die Verwendung von rotem Bauxit besonders vorteilhaft. Immerhin liegen die Temperaturen so hoch, daß ein großer Teil der Verunreinigungen sich verflüchtigt, während Aluminiumnitrid selbst bei den Temperaturen des elektrischen Lichtbogens noch kaum flüchtig ist. Zur Überführung des Aluminiumnitrids in Tonerde unter gleichzeitiger Gewinnung des Ammoniaks kocht man zweckmäßigerweise mit Alkalilösung. Hierdurch erhält man das Aluminium als Aluminat, das man von dem noch vorhandenen Eisen durch Filtration trennen kann. Die Weiterverarbeitung der Aluminatlösung erfolgt dann wie bei dem Bayer-Verfahren. Für den basischen Aufschluß verwendet man, um keinen zu hohen Verbrauch an den teuren alkalischen Zuschlägen zu haben, möglichst kieselsäurearme Bauxite. Bei der

Gewinnung von Tonerde aus anderen Mineralien

liegen die Verhältnisse günstiger für den sauren Aufschluß, da der höhere Kieselsäuregehalt dieser Rohstoffe einen zu großen Aufwand an Alkalien bedingen würde. Um Ton auf Tonerde zu verarbeiten, wird man daher mit Säure aufschließen, wobei man je nach den örtlichen Verhältnissen der Schwefelsäure oder der Salzsäure den Vorzug geben wird. Die Entscheidung ist im wesentlichen von wirtschaftlichen Gesichtspunkten abhängig, technisch sind jedenfalls beide Verfahren durchführbar; das gilt auch von dem alkalischen Aufschluß des Tons, den man mit einem Gemisch von Kalk und Soda durch-

führen kann. Während der Kriegszeit sind in Deutschland Versuche zur Verarbeitung des Tons auf Tonerde auf verschiedenen Wegen, auch solche in größerem Maßstabe, durchgeführt worden, da man mit dem Eintritt eines Mangels an Bauxit rechnen mußte. Da ein solcher Mangel indes nicht eintrat, ist die Verwendung des an sich billigeren Tones an Stelle von Bauxit nicht in einen Dauerbetrieb übertragen worden.

Nur nach dem Aufschlußverfahren mit Salzsäure sind größere Mengen Tonerde aus Ton hergestellt worden, und das Verfahren ist dabei so entwickelt worden, daß es technisch und wirtschaftlich durchgeführt werden kann. Nach diesem Verfahren wird der durch Zerreißen grob zerkleinerte Ton einem Glühprozeß im Drehrohrofen unterworfen, wobei die richtige Durchführung des Glühens von wesentlichem Einfluß auf den folgenden Löseprozeß ist.

Der geglühte Ton wird in Salzsäure eingetragen, wobei die Reaktion so viel Wärme entwickelt, daß die Lösung in kurzer Zeit vollendet ist. Die anschließende Filtration von der Kieselsäure und dem unaufgeschlossenen Teil des Tons vollzieht sich leicht, leichter als bei dem Aufschluß mit Schwefelsäure; die Titansäure bleibt im Rückstand. Die Aluminiumchloridlösung enthält das Eisen als gelöstes Eisenchlorid. Durch Einengen der Lauge fällt das Aluminiumchlorid aus. Durch Auswaschen mit Salzsäure läßt sich das Eisen aus dem Salzbrei von Aluminiumchlorid weitgehend auswaschen. Das so gereinigte Salz wird in einem Drehrohr der thermischen Zersetzung unterworfen, wobei man reine Tonerde erhält und die Salzsäure in Kondensationstürmen zurückgewinnt. Die bei dieser Zersetzung entweichende Salzsäure soll praktisch vollständig wiedergewonnen werden; dagegen wird man die Salzsäure verlorengelassen, die man mit der Lauge entfernen muß, die sich genügend an Eisen angereichert hat, sofern es nicht gelingt, auch diese Lauge noch aufzuarbeiten. Gegenüber dem Aufschluß mit Schwefelsäure hat das Verfahren mit Salzsäure den Nachteil, daß die Apparaturen aus Steinzeug oder mit Gummiüberzug hergestellt sein müssen, dagegen den Vorteil, daß die Zersetzung bei niedrigerer Temperatur vor sich geht und daß die Rückgewinnung der Säure sich einfacher gestaltet.

Zur Verarbeitung kalireicher Tone ist der Aufschluß mit Schwefelsäure in Vorschlag gebracht worden. Von dem bei diesem Verfahren entstehenden Kalialaun ausgehend, macht man auch das Kalium nutzbar, was für Länder, die an Kalisalzen arm sind, von Bedeutung sein kann.

Aus diesem Grunde hat man auch in Italien die Verarbeitung des Leucit auf Tonerde aufgenommen. Das leucitführende Gestein wird zu diesem Zwecke zunächst einer magnetischen Aufbereitung unterworfen, wodurch man ein ziemlich reines Leucitprodukt erhält, das man mit Salzsäure behandelt. Hierbei geht das Aluminium und das Kalium in Lösung. Bei der folgenden Abkühlung der Salzlösung scheidet sich zunächst das Chlorkalium aus und wird von der Aluminiumlösung getrennt. Um das Aluminiumchlorid abzuscheiden, wird gasförmige Salzsäure zugeführt; von diesem Augenblick an verläuft das Verfahren dann ebenso, wie es bei der Verarbeitung des Tones bereits geschildert wurde.

Auch die Verwendung von Salpetersäure zum Aufschluß ist vorgeschlagen worden, und zwar besonders im Hinblick auf die Nutzbarmachung von Feldspaten für die Tonerdegewinnung. Dieses Verfahren ist aber nicht zur Anwendung im Großbetrieb gekommen, ebensowenig eine große Anzahl anderer Vorschläge, die größtenteils nur Abänderungen der genannten Methoden darstellen. Für verschiedene dieser Verfahren hat man Versuchsbetriebe von immerhin ansehnlicher Größe gebaut.

Eine besondere Gruppe der Verfahren zur Tonerdegewinnung bilden diejenigen, die sich des elektrischen Ofens bedienen, wovon ihnen die Bezeichnung

elektrothermische Verfahren

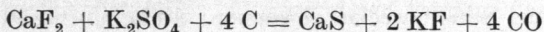
zuteil geworden ist. Ursprünglich verwendete man diese Methode zur Erzeugung von künstlichem Korund, d. h. also geschmolzener Tonerde in stückiger Form, der durch Mahlen in die entsprechende Körnung gebracht wurde, um als Schleifmittel Verwendung zu finden. Ausgehend von Bauxit schlug man beim Niederschmelzen im elektrischen Ofen so viel Kohle zu, daß fast alles Silicium und Eisen reduziert wurde. Das hierbei entstehende Ferrosilicium ließ sich leicht von der Tonerde trennen. Setzte man jedoch so viel Kohlenstoff zu, daß seine Menge theoretisch ausreichend war, um alles Silicium und Eisen zu reduzieren, so entstand Aluminiumcarbid. Dieses jedoch beeinträchtigte die Eigenschaft des erzielten Produktes. Es fehlte nicht an Versuchen, die auf solche Weise gewinnbare Tonerde für die Aluminiumerzeugung nutzbar zu machen, die aber noch zu keinem Ergebnis geführt haben, das Eingang in die Praxis gefunden hätte. Die Tonerde, wie sie auf diesem Wege für Schleifzwecke gewonnen wird, ist für die Aluminiumelektrolyse nicht verwendbar, denn es kommt bei dieser nur eine Tonerde in Betracht, die die Form eines feinen Pulvers besitzt, das leicht von dem geschmolzenen Kryolith gelöst wird. Das dichte geschmolzene Material entspricht diesen Bedingungen nicht, und eine Feinmahlung würde bei seiner großen Härte (Härte 9 der Mohsschen Skala) beträchtliche Kosten verursachen; auch könnte es dabei leicht so viel Eisen aufnehmen, daß es den Anforderungen an seine Reinheit nicht mehr genügen würde, selbst wenn es gelungen wäre, ein Material von der erforderlichen Reinheit im elektrischen Ofen zu erzeugen. Die Versuche zur Behebung dieser Schwierigkeiten haben zur Entwicklung eines Verfahrens geführt, das zur Zeit in betriebsmäßigen Großversuchen ein Produkt liefert, das den für die Aluminiumelektrolyse notwendigen Anforderungen entsprechen soll. Bei diesem, dem Haglund-Verfahren, wird dem Bauxit Schwefel in Form von Magnetkies zugeschlagen. Hierdurch erhält man neben Ferrosilicium eine Schmelze, die aus Aluminiumsulfid besteht, in dem Aluminiumoxyd gelöst ist. Diese Schmelze wird mit Wasser behandelt, wodurch auch das Aluminiumsulfid in Aluminiumhydroxyd übergeführt wird. Den dabei entweichenden Schwefelwasserstoff bringt man mit Rohbauxit zusammen, von dem er absorbiert und so wenigstens zum Teil dem Prozeß wieder zugeführt wird.

B. Kryolith.

Wie bereits bei Besprechung der aluminiumhaltigen Mineralien erwähnt wurde, dient der natürliche Kryolith von der Zusammensetzung $\text{AlF}_3 \cdot 3 \text{NaF}$ bei der Aluminiumelektrolyse als Lösungsmittel für Al_2O_3 . Der in Grönland vorkommende Kryolith besitzt, nachdem er einem magnetischen Aufbereitungsprozeß unterworfen wurde, genügende Reinheit, um ohne weiteres verwendet zu werden.

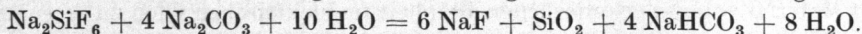
Bei der Erzeugung von künstlichem Kryolith gewinnt man zunächst Flußsäure in der bekannten Weise durch Zersetzen von Flußspat (CaF_2) mit Schwefelsäure. Die Flußsäure wird dann mit Soda und Tonerdehydrat in den entsprechenden Mengenverhältnissen abgesättigt, wobei das unlösliche Doppelsalz $\text{AlF}_3 \cdot 3 \text{NaF}$ ausfällt. Die Methoden, deren man sich dabei im großen bedient, sind mannigfaltig. Man kann sowohl durch Absättigen der Flußsäure mit Soda zunächst ein saures Natriumfluorid herstellen, dem man dann die entsprechende Menge Tonerdehydrat zusetzt, als auch mit Tonerdehydrat absättigen und den Kryolith durch Zusatz der entsprechenden Menge Chlornatrium fällen, oder auch ein in dem richtigen Mengenverhältnis hergestelltes Gemisch von Tonerdehydrat und Kochsalz mit Flußsäure behandeln. Es sind außer diesen Verfahren noch eine Reihe anderer Methoden in Vorschlag gebracht worden, so daß es den Anschein hat, daß jedes Werk, das sich mit der Herstellung von künstlichem Kryolith befaßt, sich in seiner Arbeitsmethode von den anderen unterscheidet.

Um die lästige Hantierung mit Flußsäure zu vermeiden, kann man den Flußspat auch durch Erhitzen mit Kaliumsulfat und Kohle nach der Formel

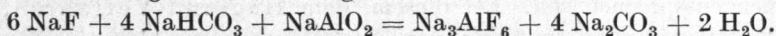


aufschließen. Durch Umsetzung mit Natriumsulfat kann man aus dem Fluorkalium dann Fluornatrium erhalten, und dieses ergibt dann, durch teilweises Umsetzen mit Aluminiumsulfat den gewünschten Kryolith.

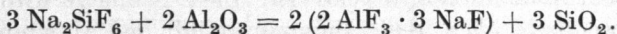
Ein anderes Verfahren benutzt zur Aufschließung kieselsäurehaltigen Flußspates Natriumbisulfat und Kohle. Hierbei entweicht Siliciumfluorid, das mit Natriumsulfat in Natriumsiliciumfluorid übergeführt wird. Dieses schließlich wird nach der folgenden Gleichung in Natriumfluorid übergeführt:



Vor der Umsetzung zu Kryolith wird dann die Kieselsäure entfernt, was quantitativ möglich sein soll. Dann gibt man Aluminatlösung zu und erhält Kryolith nach folgender Gleichung:



Auch nach folgender Gleichung ist eine Zersetzung des Na_2SiF_6 in Anwendung gekommen:



Hierbei erhält man allerdings eine Verbindung, die reicher an Aluminiumfluorid ist als der natürliche Kryolith. Da man aber bei der Elektrolyse, wie später ausgeführt werden wird, oft noch Aluminiumfluorid zusetzt, besteht auch die Möglichkeit einer Verwendung dieses aluminiumfluoridreicheren Produktes.

C. Aluminiumfluorid und andere Zuschläge.

In dem Betrieb der Aluminiumelektrolyse wird auch noch ein Zusatz von Aluminiumfluorid benötigt. Dieses Material wird entweder gewonnen, indem man wie bei der Kryolithherstellung Flußsäure aus Flußspat erzeugt und diese mit Aluminiumhydrat absättigt, oder man behandelt unreine Tonerde (geglühten Bauxit oder Ton) mit Flußsäure und fällt die Verunreinigungen mit Tonerde aus, bzw. man filtriert die Fluoridlösung von noch ungelöstem Ton und den Verunreinigungen ab.

Sollte die Zusammensetzung des Elektrolyten zu sauer, d. h. reicher an Aluminiumfluorid geworden sein, als der Zusammensetzung des Kryoliths entspricht, so ist es nicht erforderlich, das richtige Mengenverhältnis an Natriumfluorid dadurch herbeizuführen, daß man dieses teure Salz zufügt, sondern es genügt ein Zusatz von Soda. Der Verbrauch an diesem wohlbekannten Reagens ist gering und sei hier nur der Vollständigkeit halber unter den Rohstoffen für die Aluminiumgewinnung aufgeführt. Weitere Zusätze zum Elektrolyten sind vorgeschlagen und auch angewandt worden, wie bei Besprechung der Eigenschaften des Elektrolyten gezeigt werden soll. Da diese Zusätze für das Verfahren nicht erforderlich sind, braucht ihrer hier nicht weiter gedacht zu werden.

D. Die Elektrodenkohle.

Als Anode wie auch als Kathode verwendet man bei der Aluminiumelektrolyse Kohlenelektroden. Der Kohlenstoff der Anoden beteiligt sich an den im Ofen vorgehenden Reaktionen, so daß der Verbrauch an Anodenkohlen recht hoch ist. Bisher kennt man noch kein Material, das als Anode bei der Aluminiumelektrolyse verwendbar und gleichzeitig widerstandsfähig gegen die chemischen Angriffe ist.

Die chemische Zusammensetzung der Anodenkohlen ist von großer Wichtigkeit, da die Asche der abbrennenden Anoden in das Bad gelangt und daher die Reinheit des abgeschiedenen Aluminiums beeinträchtigen kann. Daß der Aschegehalt der Elektrodenkohle deshalb große Beachtung verdient, erhellt aus der Tatsache, daß der Elektrodenverbrauch $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ vom Gewicht der gewonnenen Metallmenge beträgt.

Es sind also 2 Eigenschaften, welche die für die Aluminiumelektrolyse als Anoden zu verwendenden Kohlenelektroden besitzen sollen: möglichst niedriger Aschegehalt und möglichst hohe Festigkeit. Die hohe Festigkeit wird gefordert, um den Kohleverbrauch durch Abbrand bzw. Abrieseln so gering wie möglich zu machen. Diesen beiden Anforderungen gleichzeitig gerecht zu werden, bildet die Schwierigkeit der Fabrikation, und man hat früher manche Konzession an die Reinheit der Rohmaterialien gemacht. Neuerdings ist man von der Verwendung von Anthrazit und auch von Retortengraphit wohl ganz abgekommen und nimmt nur noch Petrolkoks oder auch Braunkohlenteerkoks. Dazu kommt dann Pech und Teer zur Verkittung der einzelnen Teilchen. Für die Herstellung der Kathoden kann man aschereicheres Material wählen, worauf bei der Beschreibung der Appa-

ratur zurückgekommen werden wird, ebenso wird dies in bezug auf die Gestaltung der Anodenkohlen dort geschehen.

Da einigen Aluminiumwerken Elektrodenfabriken angegliedert sind, soll hier kurz der Fabrikationsgang angegeben werden.

Die festen Bestandteile für die Elektrodenerzeugung müssen zunächst auf die geeignete Korngröße zerkleinert werden, also hier vorwiegend Petrolkoks und Elektrodenreste, die bei dem Elektrolysebetrieb in ziemlicher Menge anfallen und in die Elektrodenerzeugung zurückgehen. Eine zu weitgehende Zerkleinerung ist hier zu vermeiden, die Wahl der Korngrößen sowie des Verhältnisses der Mengen der verschiedenen Kornklassen zueinander ist von den jeweilig zu verarbeitenden Rohmaterialien abhängig. Das zerkleinerte Mate-

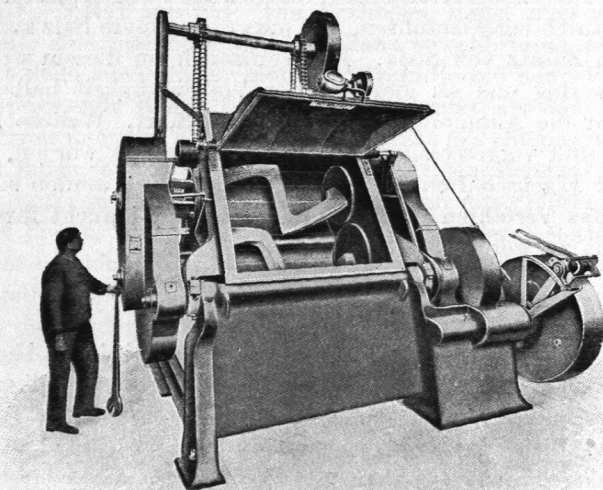


Fig. 176. Mischmaschine von Werner & Pfleiderer, Cannstatt.
(Aus Hugo Krause, Das Aluminium Bd. II.)

rial wird über Magnetscheider gegeben, um von den Zerkleinerungsmaschinen stammendes und sonstiges Eisen zu entfernen.

Die zerkleinerten Materialien müssen sowohl untereinander als auch mit dem Bindemittel gut durchmischt werden. Die Zusammenstellung des Mischungsverhältnisses der verschiedenen festen Rohmaterialien, von deren Kornklassen, des entwässerten Teers, dessen Viscosität usw., werden in den Betrieben als Erfahrungsgeheimnisse betrachtet.

Da die Mischungen, z. B. wenn sie Teerpech enthalten, bei gewöhnlicher Temperatur sehr steif sind, wird das Mischen in heizbaren Maschinen vorgenommen. Die Mischmaschinen (Fig. 176) sind ähnlicher Konstruktion wie sie in der Bäckerei im Gebrauch und durch die Konstruktionen von Werner & Pfleiderer allgemein bekannt sind.

Von der Mischmaschine wird die Masse auf einen Kollergang gebracht, auf dem sie, durch die Abkühlung erhärtend, zu flachen Fladen geformt wird. Diese werden dann zu Ballen gestampft* und in dieser Form der hydrau-