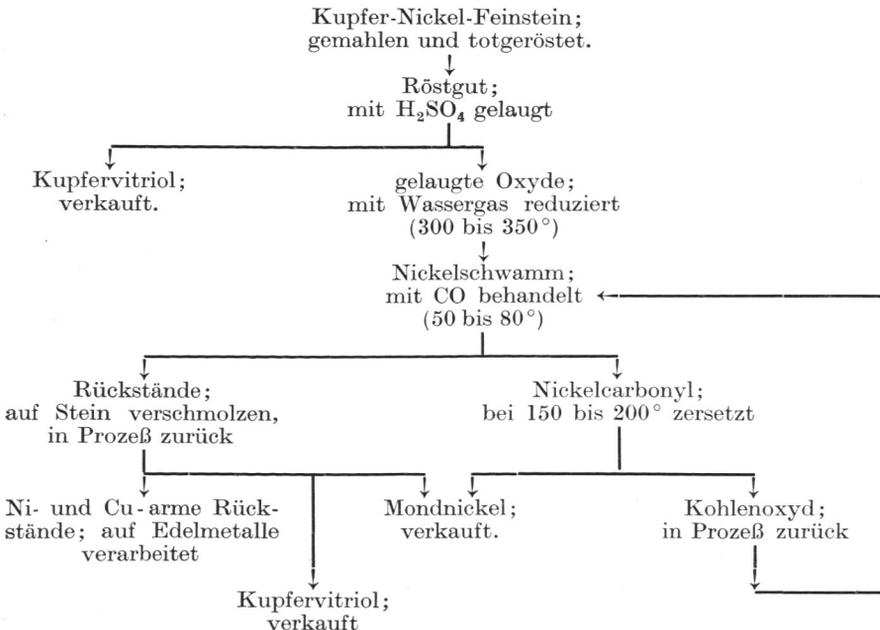


des Turmes in ständiger Bewegung; man erreicht dies durch eine am Boden angebrachte Schnecke, unter welcher sich ein Sieb befindet. Die dieses passierenden kleineren Körner gelangen über die Rutsche *W* in einen Elevator, der sie in ständigem Kreislauf so lange in den Apparat zurückbefördert, bis sie die nötige Größe erreicht haben, d. h. nicht mehr durch das Sieb fallen. Sie werden dann vermittels der Schnecke durch seitliche Öffnungen in eine darunter angebrachte Sammeltasche entleert. Da jedes abgesplitterte Nickelstäubchen als Bildungszentrum für neue Granalien dient, ist ein weiteres Beschicken des Apparates nach Inbetriebsetzung nicht mehr nötig, der Prozeß verläuft kontinuierlich.

Heizung durch Feuerungsgase, die den Heizmänteln der einzelnen Zylinder gesondert zugeführt werden, so daß die Temperatur der einzelnen Einheiten leicht auf 150 bis 200° gehalten werden kann. Um ein Ansetzen von Nickel in und an dem Mittelrohr zu vermeiden, wird dieses durch Wasser gekühlt, das in den Kanälen *P'*, *P'* zirkuliert. Die CO-haltigen Abgase verlassen den Apparat durch seitliche Öffnungen und das Rohr *F* und wandern in den Verflüchtigungsturm zurück.

Die Größe der erzeugten Kugeln (engl. pellets) hängt, abgesehen von der Maschenweite des Siebes, von der Zeit ab, während der sie mit dem Karbonyl in Berührung gebracht werden; diese beträgt für solche von $\frac{1}{8}$ " (ca. 3 mm) Durchmesser ca. 2 Monate, für solche von $\frac{3}{8}$ " (ca. 9,5 mm) Durchmesser ca. 6 Monate. Zur Erzielung eines gleichmäßigen marktfähigen Produktes findet noch eine Klassierung durch Absieben statt. Verpackung in Leinenbeuteln von 28 lb. (12,7 kg) Inhalt.

Stammbaum des Langer-Mond-Prozesses.



Die erzeugte Handelsware enthält 99,8 bis 99,9% Ni, 0,06% Fe, kein Cu, Sp. S und Si, 0,09% C, ist also außerordentlich rein und praktisch Co-frei.

Der gesamte Nickelverlust soll nur 0,5% betragen.

Der Prozeß ist sehr umständlich und erfordert viel Zeit und peinlich genaue Überwachung durch ein gut eingearbeitetes Personal. Andererseits ist das so gewonnene Produkt außerordentlich rein, und die Metallverluste sind sehr gering.

II. Die Verarbeitung von (kupferfreien) Oxydzerzen.

Es handelt sich hierbei in erster Linie um Gewinnung des Nickels aus den Garnieriterzen von Neukaledonien mit 4 bis 10% Ni (ausnahmsweise bis zu 35%), 0,1 bis 0,5% Co, 6 bis 16% Fe, 12 bis 24% MgO, 0 bis 1% CaO, 26 bis 44% SiO₂, 0 bis 0,5% Al₂O₃ und 5 bis 9% gebundenes H₂O, 15 bis 30% Nässe; ferner gehören hierher die ähnlich zusammengesetzten, jedoch ärmeren Erze von Frankenstein (das allerdings seit 1920 wegen Erschöpfung der Grube stillsteht) und gewisse kleinere Vorkommen, z. B. im Schwarzwald und auf Madagaskar; alle diese Erze zeichnen sich durch große Reinheit aus; so fehlen z. B. Cu, As, Sb und S meist ganz, und auch der Gehalt an Edelmetallen ist so gering, daß auf deren Gewinnung keine Rücksicht zu nehmen ist.

Sieht man von dem auch hier zweifellos anwendbaren Langer-Mond-Verfahren (s. oben, S. 537) sowie von dem ebenfalls (weiter unten S. 551) erwähnten direkten reduzierenden Verschmelzen des Erzes auf eine Ni-Fe-Legierung ab, so bleibt, da eine zufriedenstellende aufbereitungstechnische Anreicherung bis heute nicht gelungen ist, will man reines Nickel gewinnen, auch für diese Erze nur eine Konzentration des Nickelinhaltes in einem Stein übrig. Diese Arbeitsmethode ist allerdings insofern unvorteilhaft, als dadurch eine ursprünglich fehlende Verunreinigung, der Schwefel, in den Prozeß hineingetragen wird, die dann wieder mit großen Kosten entfernt werden muß. Doch bietet sie andererseits den großen Vorteil einer weitgehenden Abscheidung der Gangart in Gestalt absetzbarer Schlacke, so daß man jenen Nachteil als das geringere Übel gerne in Kauf nimmt. Immerhin liegt die untere Grenze des Nickelgehaltes, bei welcher noch eine Verarbeitung wirtschaftlich ist, reichlich hoch; sie wird für die Garnieriterze Neukaledoniens mit 5 bis 6% angegeben.

Der erzeugte Rohstein kann nicht (wie wir schon früher S. 518 feststellten) durch eine Röstreaktionsarbeit weiter behandelt, also auch nicht verblasen werden; vielmehr ist man auch hier gezwungen, zunächst nur den Eiseninhalt zu entfernen und den gewonnenen Nickelfeinstein auf dem teureren und umständlichen Wege des Totröstens mit anschließender Reduktion auf Metall zu verarbeiten. Das so erzeugte Rohnickel ist stets noch unrein und erfordert daher, falls eine reinere Qualität gewünscht wird, eine anschließende Raffination. Da die verschiedenen Raffinations- und Trennungsmethoden des Rohnickels und der Nickellegierungen in einem besonderen Abschnitt zusammengefaßt sind, zerfällt der vorliegende Prozeß in folgende Arbeiten:

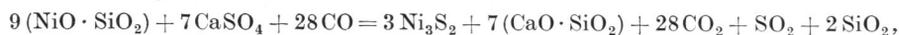
1. Die Erzeugung eines Rohsteines.
2. Die Erzeugung eines Feinsteines.
3. Die Erzeugung von Rohnickel.

Die direkte Erzeugung von Ferronickel ist zum Schluß in einem besonderen Abschnitt behandelt.

1. Die Erzeugung eines Nickelrohsteines.

Sie beruht auf dem reduzierenden Verschmelzen des Roherzes mit einem Schwefel abgebenden Material. Da durch dieses möglichst keine weitere Verunreinigung des Endproduktes erfolgen soll, so verwendet man Schwefelträger, die kein Schwermetall enthalten; als solche stehen zur Verfügung: Gips bzw. Anhydrit, Baryt und CaS-haltige Rückstände von der Le Blanc-Sodafabrikation. Soweit sie aus Sulfaten bestehen, findet nach der bisher üblichen Erklärung beim Verschmelzen Reduktion zu den entsprechenden Sulfiden (CaS, BaS) statt, die sich im Schmelzfluß, wenigstens zum Teil, mit NiO zu Nickelsulfid umsetzen unter gleichzeitiger Verschlackung der Erdmetallbase mit SiO₂.

Die Umsetzung z. B. mit dem gewöhnlich verwendeten Gips erfolgt also nach der Gleichung:



die in folgende Einzelreaktionen zerfällt:

- (1) $\text{CaSO}_4 + 4\text{CO} = \text{CaS} + 4\text{CO}_2,$
- (2) $7\text{CaS} + 9\text{NiO} \rightleftharpoons 3\text{Ni}_3\text{S}_2 + 7\text{CaO} + \text{SO}_2,$
- (3) $\text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2.$

Von diesen ist die unter (2) genannte umkehrbar und erreicht infolge der im Vergleich zu Ni größeren Affinität des S zu Ca sehr bald einen Gleichgewichtszustand, der allerdings durch die Verschlackung des gebildeten CaO in statu nascendi in einem für den Verlauf der Reaktion von links nach rechts günstigen Sinne gestört wird; immerhin ist ein erheblicher Überschuß an CaS erforderlich, will man praktisch vollständige Umsetzung zu Ni₃S₂ erzielen. Einzelheiten, insbesondere der Einfluß der Temperatur auf die Reaktion (2), sind nicht genauer bekannt.

Einleuchtender als die oben gegebene bisherige Erklärung erscheinen folgende Umsetzungen:

- (1) $\text{NiO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaSO}_4 = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{NiSO}_4,$
- (2) $3\text{NiSO}_4 + 10\text{CO} = \text{Ni}_3\text{S}_2 + 10\text{CO}_2 + \text{SO}_2,$
- (1. 2) $3(\text{NiO} \cdot \text{SiO}_2) + 3\text{CaSO}_4 + 10\text{CO} = 3(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{Ni}_3\text{S}_2 + 10\text{CO}_2 + \text{SO}_2.$

Das heißt, es findet infolge des größeren Vereinigungsbestrebens von CaO mit SiO₂ direkte Umsetzung nach (1) statt und anschließend Reduktion von NiSO₄ durch CO.

Bei der praktischen Ausführung hat es sich als zweckmäßig für einen gleichmäßigen Ofengang herausgestellt, die miteinander in Reaktion tretenden Beschickungsbestandteile fein zu mahlen (max. 10 mm) und innig miteinander gemischt zu brikketieren (dies ist ohne weiteres verständlich, da ja Umsetzungen zwischen festen Körpern die Hauptrolle spielen). Ferner hat sich ein geringer Zusatz von Flußspat als günstig erwiesen; dieser setzt den Schmelzpunkt der infolge des hohen MgO-Gehaltes sehr schwer schmelzbaren Schlacke

herab, macht sie dünnflüssig und damit nickelarm und verhindert ein Hängen der Beschickung und sich daraus ergebenden sog. Rohgang des Ofens. Die Briketts werden vor dem Setzen an der Luft oder künstlich getrocknet.

Zum Verschmelzen verwendet man rechteckige oder runde Schachtöfen mit Tiegelofenzustellung und von ziemlich bedeutender Höhe zur Erzielung guter Reduktionswirkung. Querschnitt in der Formebene: 1,225 bis 2,270 qm (rund) bzw. $1,5 \times$ bis 5 m; Tiegelsohle 40 bis 50 cm unter Düsenebene. Durchsatz: 25 bis 150 t Erz mit 10% Gips in 24 Std. Kokssatz: 27 bis 40% der Beschickung. Die so erzielte Schlacke enthält noch 0,25 bis 0,7% Ni und wird abgesetzt¹⁾, der Stein 30 bis 50% Ni, 35 bis 50% Fe, 14 bis 16% S; er wird häufig granuliert, um ihn in eine für die Weiterverarbeitung günstige Form überzuführen.

Beispiel: Frankenstein i. Schles. Verarbeitet wurden hier außer eigenen Erzen mit ca. 2,5% Ni in größerem Umfange auch solche aus Neukaledonien.

100 kg Erz wurden mit 22 kg Kalkstein und 10 kg Gips (bzw. 7 kg Anhydrit) auf 10 mm gemahlen und brikettiert, die Briketts bei hoher Temperatur getrocknet.

Beschickung: Briketts mit 8 bis 10% Kupfrofenschlacke von der Konzentrationsarbeit des Steins (s. unten) und 2 bis 3% Flußspat.

Kokssatz: 27 bis 30%; Durchsatz in 24 Std.: 25 t Erz.

Der Schachtofen besaß rechteckigen Querschnitt von 1,75 qm in der Düsenebene, 5 m Höhe; 6 Formen. Windpressung: 80 bis 85 cm WS.; Windmenge: 50 bis 60 cbm/Min.

Rohstein: 30 bis 40% Ni (+ Co), ca. 48% Fe, 16% S; er wurde granuliert.

Schlacke: ca. 45% SiO₂, 17 bis 18% FeO, 22 bis 23% CaO + MgO, 0,7% Al₂O₃, 0,7% S, 0,15% Cu, 0,25% Ni (bildet ungefähr ein Bisilikat). Sie wurde abgesetzt oder auf Schlackensteine verarbeitet. Ausbringen an Ni in Form von Rohstein: ca. 85%.

2. Die Erzeugung eines Nickelfeinstones.

Die Weiterverarbeitung des Rohsteines bezweckt zunächst die möglichst weitgehende Entfernung des Eisens. Es geschieht dies heute, soweit es sich um die hier in erster Linie interessierende Verarbeitung Neukaledonischer Erze handelt, an Ort und Stelle durch direktes Verblasen im Konverter (ein Verblasen auf Metall kommt, wie mehrfach erwähnt, nicht in Betracht — siehe oben S. 518). Bis vor kurzer Zeit wurde noch eine besondere Anreicherungsarbeit zur Erzielung eines „Konzentrationssteines“ eingeschoben, der dann erst verblasen wurde; in dieser Weise arbeitete auch Frankenstein.

a) Die Konzentrationsarbeit.

Sie erfolgte in ähnlicher Weise wie die Anreicherung des Kupfers in einem Spurstein (s. Bd. I, S. 284): teilweise Abröstung des Schwefels mit anschließendem Verschmelzen unter Verschlackung der Hauptmenge des Eisens. Für die Röstung verwendete man den Fortschauflungs- oder einen mechanischen Röstofen bzw. Sinterapparat, für das Verschmelzen des Röstgutes mit saurem Zuschlag meist den Schachtofen. Der erzeugte Konzentrationsstein enthielt dann ca. 65% (Ni + Co), 15% Fe und 20% S. Schlacke stets reich (bis zu 4% Ni), wurde der Rohsteinarbeit wieder zugesetzt.

¹⁾ Die runden Öfen sollen im allgemeinen eine ärmere Schlacke liefern (?).

Beispiel: Frankenstein i. Schlesien. Der granulierten Rohstein wurde zu einem groben Pulver vermahlen und in Huntington-Heberlein Sintertöpfen (s. S. 58) geröstet, das Agglomerat mit 20 % Quarzzuschlag und zusammen mit Konverterschlacke vom Verblasen des Konzentrationssteines in einem kleinen runden Schachtofen (0,75 m Durchmesser in der Düsenenebene, 2,25 m hoch) verschmolzen; Kokssatz: 12 bis 14 %.

Konzentrationsstein: 60 bis 67 % (Ni + Co), 12 bis 16 % Fe, 18 bis 21 % S; wurde im Konverter verblasen.

Schlacke: 38 bis 42 % SiO_2 , 33 bis 52 % FeO, ca. 5 % (CaO + MgO), 7,2 % Al_2O_3 , 1,2 bis 4 % Ni; ging ins Rohsteinschmelzen zurück.

b) Das Verblasen auf Feinstein.

In Neukaledonien wird heute der in 100 bis 150 t-Wassermantelöfen erschmolzene Rohstein mit 48 bis 50 % (Ni + Co) in Konvertoeren mit saurem

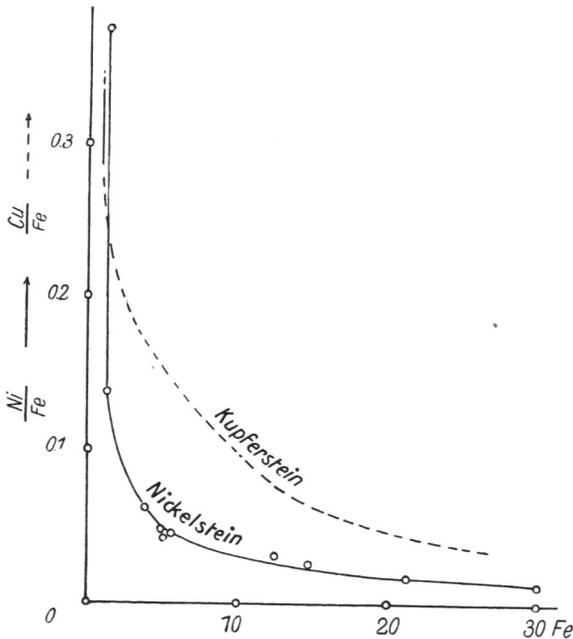


Fig. 170. Verschlacken von Nickel und Kupfer beim Verblasen von Nickel- bzw. Kupferstein. Nach Bogitch.

Zuschlag direkt verblasen; der Betrieb gestaltet sich ebenso, wie die Verblasearbeit von Kupfer-Nickel-Rohstein (s. oben, S. 530) bzw. wie das Bessemern von Kupferstein (s. Bd. I, S. 267 ff.) in der ersten Periode; d. h. es wird abgebrochen, wenn alles Eisen verschlackt ist. Der gewonnene Feinstein enthält 76 bis 79 % (Ni + Co) und nur noch Spuren von Verunreinigungen; er wird nach Europa oder Nordamerika verschifft und hier „raffiniert“, d. h. auf Metall verarbeitet. Die nickelreiche Schlacke geht in das Erzschmelzen zurück. Näheres über den Betrieb ist nicht bekannt.

Wie aus Untersuchungen von Bogitch (s. Fig. 170) hervorgeht, nimmt beim Bessemern die Verschlackung des Ni mit sinkendem Fe-Gehalt des Steines in

starkem Maße zu, was ja durchaus im Einklang mit dem Massenwirkungsgesetz steht; sie wäre wahrscheinlich noch stärker, wenn nicht durch Verschlackung des gebildeten FeO eine Störung des Gleichgewichtes der Reaktion



zugunsten des Ablaufes von links nach rechts einträte. Außerdem soll eine Rückschwefelung von NiO durch SO₂ im Sinne der Umkehrung der Reaktion



stattfinden, und zwar in weit stärkerem Maße, als eine solche von Cu₂O, was durch die zum Vergleich herangezogene Verschlackungskurve des Cu bestätigt wird. Doch sieht man aus den Kurven, daß die Entfernung der letzten Fe-Spuren aus Nickelstein schwieriger ist als aus Kupferstein.

Über die Konstitution des Ni-Fe-Steines s. oben S. 519.

In Frankenstein dienten zum Verblasen des Konzentrationssteines kleine 300 kg fassende Konvertoren; Verblasedauer: 45 Min.; Zuschläge: Quarz und etwas Baryt.

Feinstein: 77,8 % (Ni + Co), 0,15 (max. 0,18) % Fe, 22,3 % S.

Schlacke: 6 bis 10 % (Ni + Co), ging in die Konzentrationsarbeit zurück.

3. Die Erzeugung von Rohnickel.

Um den praktisch aus reinem Ni(+Co)-Sulfid bestehenden Feinstein auf Metall zu verarbeiten, ist zunächst erforderlich, den gesamten Schwefel durch Totrösten zu entfernen. Das so erzeugte Nickeloxydul muß anschließend reduziert werden. Diese Arbeit kann entweder durch reduzierendes Verschmelzen im Flammofen oder, was häufiger geschieht, in festem Zustande durch Reduktion in der Muffel erfolgen.

a) Totrösten.

Um den eine unangenehme Verunreinigung des Rohnickels bildenden Schwefel restlos zu entfernen, muß die Röstung des feingemahlten Feinsteines in 2 Stufen erfolgen mit dazwischen geschalteter nochmaliger Zerkleinerung. Die Vorröstung kann dabei in einem mechanischen Röstofen stattfinden, während man für die Fertigröstung stets einen Handfortschaufler verwendet, da diese Arbeit sehr gewissenhafte und peinliche Überwachung erfordert und der Wert der Beschickung eine so teure Methode lohnt; häufig wird auch für den ersten Teil dieser Arbeit noch ein Fortschaufler benutzt, jedoch zur Vermeidung eines Schmelzens der Beschickung vor der Entschwefelung ein solcher von wesentlich längerer Herdfläche als bei der Fertigröstung, bei welcher ein Schmelzen nicht mehr zu befürchten ist; es ist so möglich, die Erhitzung, die ja schließlich bis über die Dissoziationstemperatur des NiSO₄ (885°) getrieben werden muß, sehr allmählich erfolgen zu lassen.

Um die letzten Schwefelreste entfernen zu können, wird in der zweiten Stufe unter Umständen noch Soda und Salpeter zugesetzt und das gebildete Na₂SO₄ zum Schlusse ausgelaugt.

Beispiel: Frankenstein i. Schlesien. Der aus dem Konverter in Barren gegossene und in der Kugelmühle gemahlene Feinstein gelangte zunächst in einen Fortschaufler mit einem Herd (2,20 m breit, 6,13 m lang). Röstdauer: 56 Std. Kohlenverbrauch 100 % des Eintrages; Temperatur: anfangs dunkle, später helle Rotglut. Abröstung auf 1 % S.

Zum Totrösten des nochmals fein gemahlene Röstproduktes diene ein zweierdiger, wesentlich kürzerer Ofen. Eintrag jeweils 500 kg. Röstdauer: 48 Std.; Kohlenverbrauch: 150 % des Eintrages. Temperatur von Anfang an lebhaftes Rotglut. Endprodukt: reines NiO mit 77 bis 78 % (Ni + Co), 0,1 % Fe, 0,008 bis 0,01 % S.

b) Das Reduzieren des Nickeloxyduls.

Von den beiden in Betracht kommenden Wegen (Reduzieren im Flammofen [bzw. im elektrischen Ofen] und in der Muffel) liefert der zweite ein reineres Produkt, da eine Wiederverunreinigung durch Schwefelaufnahme aus den Feuerungsgasen vermieden wird; dagegen ist er wegen der wesentlich schlechteren Wärmeausnutzung und umständlicheren Arbeit bedeutend teurer. Wo daher ein niedriger Schwefelgehalt unschädlich, bzw. die dadurch bedingte Wertverminderung geringer ist als die erzielte Ersparnis, wird man der Arbeit im Flammofen den Vorzug geben. Reduktion im Schachtofen kommt wegen dessen starker Reduktionswirkung auf andere Oxyde (z. B. FeO) und die dadurch bedingte wesentliche Verunreinigung des Endproduktes hier nicht in Betracht; außerdem würde durch Überführung des feinen Röstgutes in Stückform (z. B. durch Brikettieren) eine Verteuerung oder wenigstens keine Verbilligung gegenüber dem Flammofenprozeß eintreten.

Die Verteuerung infolge geringerer Wärmeausnutzung beim Muffelprozeß wird zum Teil wieder dadurch ausgeglichen, daß hier kein eigentliches Schmelzen des ja sehr schwerschmelzbaren Nickels erfolgt; vielmehr findet die Reduktion bei einer unter dem Schmelzpunkt des Metalles liegenden Temperatur statt und diese muß nur so hoch getrieben werden, daß ein Zusammensintern der ausgeschiedenen Metallkörner stattfindet. Das Endprodukt enthält zwar keinen Schwefel, ist jedoch kohlenstoffhaltig (0,5 bis 2 % C); in dessen ist der aufgenommene Kohlenstoff für viele Verwendungszwecke unschädlich (s. unten, S. 575).

Der Muffelprozeß.

Bei der üblichen Herstellung von Würfelnickel wird das nochmals sehr fein gemahlene Oxydul nach inniger mechanischer Mischung mit einem organischen Bindemittel (Mehl, Zucker, Melasse u. dgl.) und Kohlepulver unter Wasserzusatz zu einem steifen Teig angerührt und dieser auf einer sog. Nickelwürfelmaschine zu Würfeln von ca. 1 cm Kantenlänge gepreßt (es handelt sich um eine Art kleiner Brikettpresse). Die Würfel werden auf einem erhitzten Blech scharf getrocknet, wobei sie, ohne ihre Form zu verlieren, zu einer porösen Masse zusammenschrumpfen, und in den Reduktionsöfen eingetragen.

Als Reduktionsöfen dienen heute allgemein Flammöfen (Fig. 171 a bis c), in deren Herdraum die zylindrischen röhrenförmigen Retorten senkrecht stehen; und zwar ragen sie oben durch das Gewölbe und unten durch die hohl gelagerte Sohle hindurch. Die Retorten bestehen aus Schamotte; sie sind oben und unten offen, besitzen am oberen Ende einen dichtschießenden Deckel und am unteren einen Schieber. Unterhalb des Schiebers befindet sich eine Verlängerung in Gestalt eines eisernen Rohres von 1,22 bis 1,52 m Länge

Fig. 171 a.

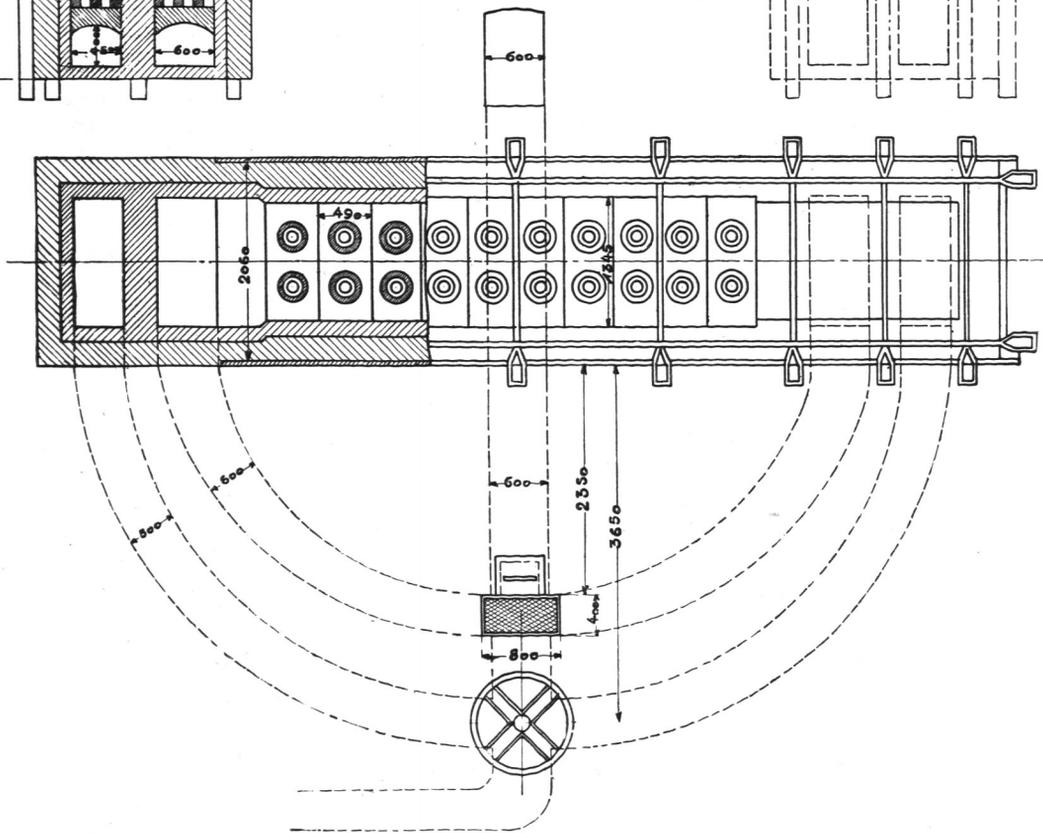
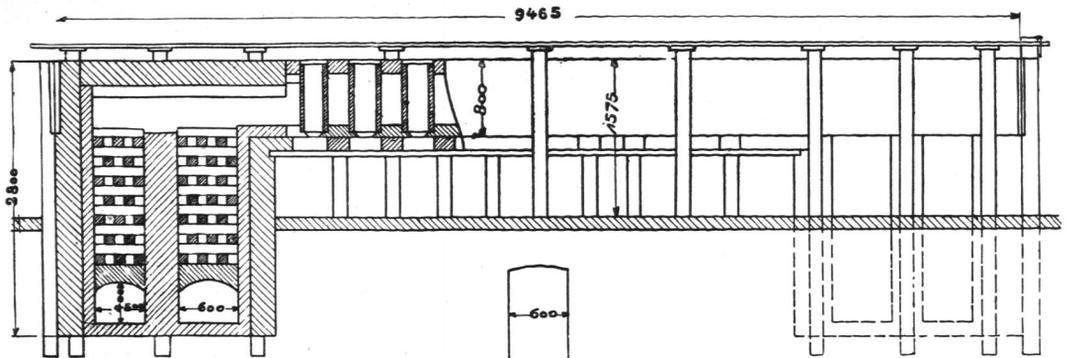


Fig. 171 b.

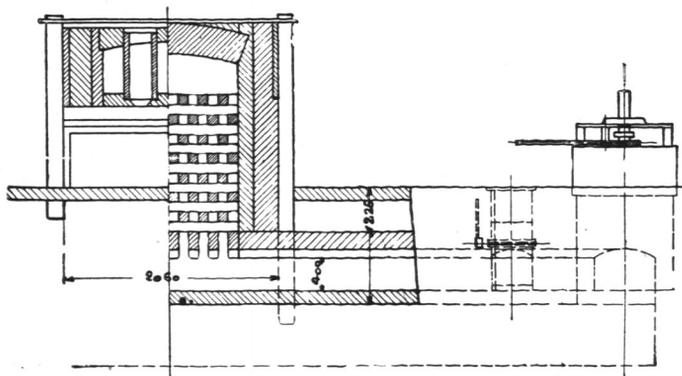


Fig. 171 c.

Fig. 171 a—c. Reduktionsofen für Würfelnickel mit Siemens-Regenerativ-Feuerung; Längsschnitt, Horizontalschnitt bzw. Aufsicht und Querschnitt. Nach Borchers. (Aus Borchers, Nickel.)

mit besonderem Bodenverschluß, in welcher Abkühlung der reduzierten Würfel unter Luftabschluß erfolgt.

Abmessungen der Röhren: 610 bis 800 mm lang, 200 mm Durchmesser i. L., Wandstärke: 2 bis 4 cm. Fassungsvermögen: je ca. 20 kg. Anzahl: 12 bis 20 in 2 Reihen. Die Haltbarkeit ist verhältnismäßig gering. Heizung heute allgemein durch Siemens-Regenerativfeuerung.

Bei Beginn der Arbeit werden die Röhren zunächst mit sehr reiner Kohle oder Holzkohle beschickt und nun auf Rotglut erhitzt; dann erst erfolgt Einsatz eines Gemisches von Oxydwürfeln und 20 bis 30% Holzkohle durch den Verschlußdeckel und Steigerung der Temperatur auf ca. 1260°. Reduktionsdauer: je nach Bauart der Öfen 4 bis 8 Stunden. Durchsatz eines Ofens mit 20 Röhren in 24 Std. 1500 bis 2000 kg. Brennstoffverbrauch: 1500 kg (Koks).

Will man ein vollkommen sauerstofffreies Metall erzielen, so empfiehlt sich ein Zusatz von 3 bis 4% MnO_2 , das ein Produkt liefert, dessen Mn-Inhalt beim Einschmelzen der Würfel darin noch enthaltenes NiO reduziert. Für die Verarbeitung des Nickels ist ein geringerer Manganrest unschädlich. Natürlich hat das Verfahren nur dann Zweck, wenn das Metall keine Bestandteile enthält, die durch Oxydation entfernt werden müssen.

Die Arbeit ist kontinuierlich, indem von Zeit zu Zeit der Schieber gezogen und die Beschickung in die Kühlrohre abgelassen wird; darauf folgt Eintrag einer neuen Ladung. Nach Abkühlung der vorigen Beschickung findet Entleerung der Kühlrohre direkt in Wagen statt.

Zwecks Weiterbehandlung der Nickelwürfel wird zunächst der Staub abgesiebt; darauf passieren sie einen Magnetscheider zur Entfernung kleiner Stücke, die jedoch ebenfalls verkauft werden. Schließlich gelangen sie in eine Poliertrommel, eine drehbare Eisentrommel, in der die Würfel sich aneinander reiben, wobei die unscheinbar graue Farbe verschwindet und das nun verkaufsfertige Produkt Metallglanz erhält.

Das Ausbringen an Nickel, bezogen auf den Gehalt des Feinsteines, betrug in Frankenstein, wo nach der geschilderten Methode gearbeitet wurde, 75%.

Außer den hier beschriebenen Öfen mit senkrecht stehenden Retorten gibt es auch solche mit horizontal gelagerten Muffeln; die Reduktionsdauer wird für diese mit 48 Std. angegeben.

Ältere Öfen arbeiten auch wohl noch mit Tiegeln, die in einem als Muffel ausgebildeten, also von außen geheizten, Heizkanal langsam innerhalb 24 Std. von einem Ende nach dem anderen geschoben werden; indessen erscheint diese umständliche und kostspielige Arbeitsweise gegenüber der oben beschriebenen Methode stark veraltet.

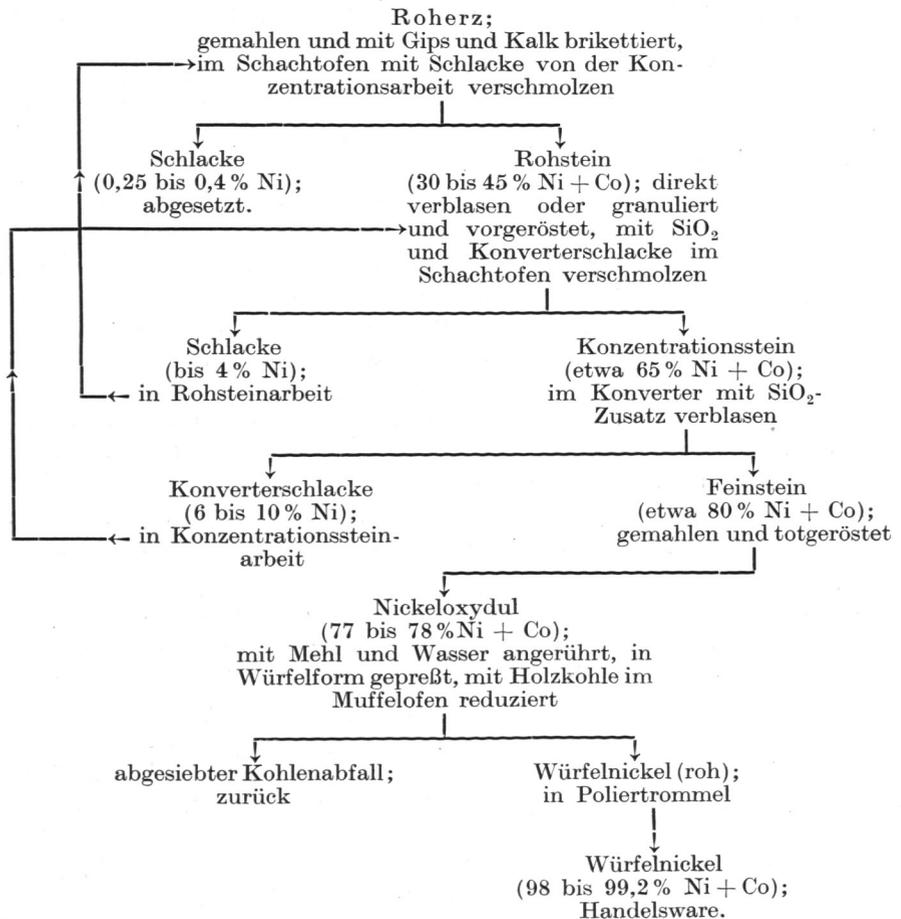
Dagegen erfolgt die Erzeugung von Nickel im Schmelzfluß außer im Flamm- oder elektrischen Ofen ebenfalls in Graphittiegeln von 34 kg Fassungsvermögen, die zu je zwei in einem mit Petroleum und vorgewärmter Luft geheizten Tiegelofen stehen. Schmelzdauer ca. 4 Std.; Zusatz an Holzkohle ca. 16% des NiO.

Außer Würfeln werden so auch „Ronden“ oder „Rondellen“ (franz. rondelles) erzeugt, das sind Zylinder von ca. 32 bis 50 mm Durchmesser,

25 bis 38 mm Dicke. Auch Nickelschwamm kann auf diese Weise hergestellt werden, doch benutzt man dazu keine Röhren-, sondern Tiegelöfen; die Beschickung besteht aus einem innigen Gemisch von Oxydul und Holzkohle; Erhitzung auf mindestens 1200° erforderlich.

Das fertige Würfelnickel enthält je nach der Reinheit des Ausgangsmaterials mindestens 98 (bis 99,25)% (Ni + Co), ferner bis zu 0,5% Fe, 0,3% Cu, 0,2% S, 0,2 bis 0,6% in HNO_3 Unlösliches (C, Si)¹⁾. Es ist für die meisten Legierungszwecke gut geeignet, nicht jedoch zur mechanischen Verarbeitung. Soll es für solche Zwecke verwendet werden bzw. genügt der erzielte Reinheitsgrad nicht, so muß es noch raffiniert werden.

Stammbaum der Verarbeitung oxydischer Nickelerze auf Würfelnickel.



¹⁾ Das in Frankenstein erzeugte Würfelnickel enthielt rd. 98,2% Ni, 0,98% Co, 0,15% Cu, 0,42% Fe, 0,0073% S und 0,20% (C + Si).

Der Flammofenprozeß.

Über diese, offenbar in den Ver. Staaten bzw. in Kanada angewandte Arbeitsweise sowie über das Reduzieren des NiO im elektrischen Ofen ist bisher so gut wie nichts veröffentlicht worden. Mit Rücksicht auf die hierbei erforderliche Überführung des erzeugten Nickels in Schmelzfluß bzw. dessen hohen Schmelzpunkt (1452°) muß die Temperatur wesentlich höher sein, als bei der Steinarbeit im Flammofen oder bei der im übrigen wohl analogen Kupferreduktionsarbeit (s. Bd. I, S. 287). Ferner ist anzunehmen, daß das im Flammofen erzeugte Nickel nicht nur durch Sauerstoff, sondern auch durch Schwefel aus den Heizgasen verunreinigt ist; eine Entfernung des Sauerstoffes kann analog der beim Umschmelzen (s. S. 576) geübten Praxis durch Zusatz einer geringen Menge an met. Magnesium oder einem ähnlich wirkenden Reduktionsmittel beim Vergießen erreicht werden. Das erzeugte Produkt ist sog. Gußnickel.

Die in den Ver. Staaten benutzten elektrischen Einphasenöfen zum Reduzieren und anschließenden Raffinieren des Ni besitzen Graphitelektroden von 7,5 cm Durchmesser; Stromstärke: 1400 Amp.; Spannung: 180 V; Erzeugung: 1000 bis 1150 kg in 13 bis 14 Std., entsprechend 2,2 kWstd. je kg Nickel. Sie liefern ein wesentlich reineres Produkt als der Flammofen.

Die direkte Erzeugung von Ferronickel aus neukaledonischen Nickelerzen.

Schon früher wurde der Versuch unternommen, die Garnieriterze an Ort und Stelle im Schachtofen reduzierend zu verschmelzen; da hierbei zugleich mit dem Nickel auch der Eiseninhalt der Erze reduziert wurde, erhielt man eine Nickel-Eisenlegierung (franz. fonte), die nach Europa zum Zwecke der weiteren Reinigung verschickt wurde. Außer 65 bis 68% (Ni + Co) und 23 bis 29,5% Fe enthielt sie noch 2,5% S (aus den Koks), der die Reinigung außerordentlich kostspielig gestaltete, weshalb das Verfahren wieder aufgegeben wurde; auch Versuche, zur Vermeidung dieses Übelstandes und wegen des hohen Kokspreises im elektrischen Ofen zu schmelzen, lieferten damals kein wirtschaftlich brauchbares Ergebnis.

Die neuerdings von der Société „le Nickel“ in der neuen Hütte von Yaté wieder aufgenommenen Versuche in dieser Richtung scheinen besseren Erfolg zu haben. Man verwendet 1000 kW-Lichtbogenöfen mit Chromitaukleidung, in denen das Erz mit basischen Zuschlägen reduzierend heruntergeschmolzen wird. Stromverbrauch je Tonne Erz: 1100 bis 1200 kWstd., Elektrodenverbrauch: 12 kg. Man erhält eine sehr dünnflüssige Schlacke und ein Ferronickel mit bis zu 90% (Ni + Co), das entweder im Schmelzfluß raffiniert oder nach einem geheim gehaltenen elektrolytischen Verfahren auf Reinnickel verarbeitet wird.

Da die Schlackenmenge geringer und ärmer ist als bei der Steinarbeit, hofft man, auch ärmere Erze so noch mit wirtschaftlichem Erfolg verarbeiten zu können.

Nach einem Vorschlag von Hissink wird das Erz zunächst (wohl zur Vertreibung des Kristallwassers) erhitzt, darauf bei 350° im Gasstrom reduziert und anschließend nach Analogie des Langer-Mond-Verfahrens das Ni in Karbonyl übergeführt. Es besteht kein Zweifel, daß das Karbonylverfahren auch auf der-