

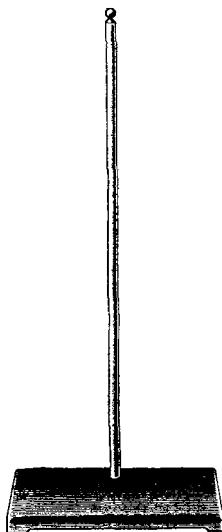
Die vorbeschriebenen Stäbe und Füße ergeben folgende

34 Zusammensetzungen:



Fig. 4.

Asa—Bsb—Bsbm—Bsc—Bscm
Csc—Cscm—Csd—Dsc—Dsd—Dse
Esc—Esd

Fig. 5.
Dlc—Dlem—Dld

</

der Eigenart des Koksgases entsprechenden Weise durch Änderung des Ofenkopfes Rechnung getragen wird⁵⁷⁾.

Über die Frage „Luftgas- oder Mischgasgeneratoren“ sind von Gaswerksdirektor H u d l e r interessante Ausführungen gemacht worden, die zeigen, daß bei allen Generatoren der günstigste Effekt bei einem ganz bestimmten Dampfzusatz erreicht wird⁵⁸⁾.

Der Vergasung des Kokses im Generator stellen sich an sich keine Schwierigkeiten entgegen. Bei der Erzeugung eines Gases, welches die für den Martinbetrieb erforderliche Hitze entwickelt, muß nach Sch w i e r daraufhin gearbeitet werden, einen pyrometrischen Effekt von 2200° bei 25% Luftüberschuß zu erzielen bei einer Vorwärmung des Gases auf 1000° und der Luft auf 2000°. Die Analyse eines Gases, mit welchem dieser Effekt erreichbar ist, hat 30% CO und 15% H₂ ergeben. Es ist erforderlich, daß die Gaserzeuger mit körnigem Koks und mit viel Dampf heiß arbeiten, wenn diese Forderung erreicht werden soll. Besondere Ansprüche an die Festigkeit des Kokses werden hierbei nicht gestellt, so daß dieser Koks in den Kokereien auch aus minderwertigeren, also schlecht backenden Kohlen erzeugt wird. Um die erforderliche Hitze besonders gegen Schluß der Charge mit Sicherheit zu erreichen, wäre außerdem eine Anreicherung des Gases durch Zufügen eines hochwertigen Brennstoffes denkbar, was auf verschiedene Weise leicht durchführbar ist⁵⁹⁾.

Die Schwierigkeiten, die sich bei Anwendung des Generatorkoksgases im Martinofenbetrieb geben, sind durch bauliche Änderungen in bezug auf das Verhältnis von Luftzugquerschnitt zu Gaszugquerschnitt und durch geänderte Flammenführung zu beheben. Das Koksgeneratorgas brennt mit kurzer, sehr heißer Flamme, so daß die Brenner auch entsprechend eingerichtet werden müssen. Infolge des hohen Wasserstoffgehaltes ist das Gas spezifisch sehr leicht, und es ist daher schwierig, die Flamme auf die ganze Länge des Bades niederzuhalten. Es ist am einfachsten, das Gas durch entsprechende Länge des Gaszuges scharf auf das Bad zu drücken. Nach Erfahrungen aus der Praxis läßt sich jedoch noch mit einem Gase bis zu 15—20% H₂ gut arbeiten. Verwendet man Koksgeneratorgas mit hohem Wasserstoffgehalt in einem Martinofen, ohne daß die Brenner entsprechend geändert werden, so wirkt auch noch folgender Umstand daraufhin, die Flamme frühzeitig vom Bade abzuziehen; der über dem Gaszug liegende Luftzug hat gewöhnlich entsprechend der größeren für die Verbrennung benötigten Luftmenge einen größeren Querschnitt, so daß also auf der abziehenden Seite sich in dem oberen Zug eine dem größeren Querschnitt entsprechende stärkere Zugwirkung bemerkbar macht, welche ein Aufflackern der Flamme im letzten Drittel des Herdes bewirkt. Ferner ist es denkbar, daß, falls die Flamme in zu steilem Winkel zu scharf auf den Metallspiegel aufgeschleudert wird, sie von diesem direkt wieder gegen das Gewölbe zurückgeworfen wird. Koksgeneratorgas verbrennt rascher als Kohlengeneratorgas, was auf das Fehlen der langsamer verbrennenden schweren Kohlenwasserstoffe zurückzuführen ist. Die Verbrennungs temperatur des Koksgeneratorgases ist niedriger, so daß zur Erzielung desselben Wärmeeffektes erfahrungsgemäß ein ca. 1,35 facher größerer Gasverbrauch eintreten muß. Aus all diesen Überlegungen folgt, daß die Brenner bei Verwendung von Koksgeneratorgas eine entsprechende Änderung erfahren müssen, wenn das Arbeiten von Erfolg begleitet sein soll⁶⁰⁾.

K o k s o f e n g a s wird nach S i m m e r s b a c h⁶¹⁾ zweckmäßig nicht vorgewärmt, um einen Zerfall von Kohlenwasserstoffen zu vermeiden. Die Ofenbauart erfährt hierdurch die aus Abb. 6⁶²⁾ ersichtliche Vereinfachung.

Der Verbrauch an Koksofengas beträgt 300—350 cbm für die Tonne Stahl bei einem Heizwert von 3700—4000 WE/cbm. Die Erzeugungssteigerung betrug in einem Werk bei Chicago bei einem Koksofengasverbrauch von 300 cbm/t Stahl von 4000 WE/cbm Heizwert 15%, in Seraing bei einem Verbrauch von 325 cbm/t Stahl mit einem Heizwert von 3640 WE 25%. Zuweilen wird ein Misch gas aus Koksofen- und Hochofengas zur Martinofenbeheizung angewandt, das etwa den Heizwert eines guten Generatorgases besitzt. Die Regelung der Ofentemperatur kann in diesem Falle nicht nur quantitativ durch die Einstellung der Gasmenge, sondern auch qua-

litativ durch Änderung des Mischungsverhältnisses erfolgen. — Ferner hat man insbesondere in den Vereinigten Staaten versucht, Siemens-Martinöfen mit T e e r zu betreiben. Bei einer Anlage der Indiana Steel Co.⁶³⁾ in Gary wird der Tee in der flüssigen Form, wie er von der Gewinnungsanlage der Nebenerzeugnisse der Koksofen kommt, verwendet und mittels Dampf zerstäubt. Die Brenner sind ähnlich wie bei Ölfeuerungen. — Auch K o h l e n s t a u b - f e u e r u n g e n⁶⁴⁾ sind in der amerikanischen Eisenindustrie bei Martinöfen erfolgreich eingeführt worden. Sie haben den Vorteil,

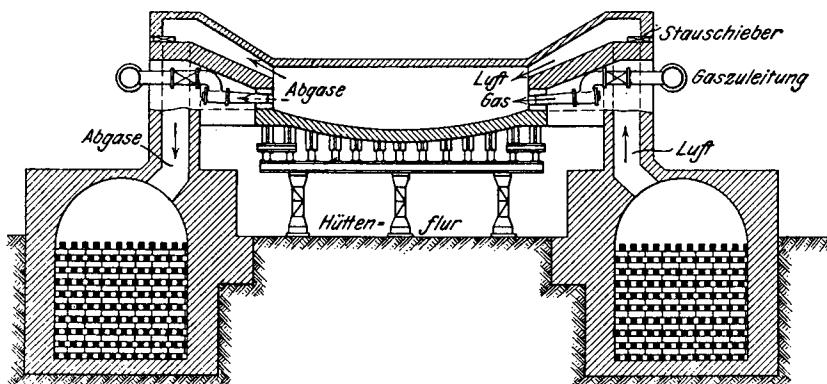


Abb. 6⁶⁴⁾. Siemens-Martinofen mit Koksofengasbeheizung.

dass der gesamte Heizwert der Kohle ausgenutzt wird, während der Wirkungsgrad beim Generator nur 80% beträgt.

Die neueren Bestrebungen im M a r t i n o f e n b a u zielen dahin, den Martinofen einfacher und haltbarer zu gestalten, mithin die Ofenunterhaltungskosten zu verringern und die Erzeugungsfähigkeit zu erhöhen. Manchen Schritt in diesen Bestrebungen ist man durch neuere Bauarten vorwärts gekommen.

B e r n h a r d t⁶⁵⁾ Bestreben ging dahin, alle Brennerstellen gut zu kühlen und leicht zugänglich zu machen; er löst den Brenner vom Ofenkörper ab und führt Gas und Luft durch einzelne, vollkommen voneinander getrennte und freiliegende Kanäle dem Herd zu. Durch diese Bauart wird auch die Armierung des Ofens wesentlich vereinfacht.

Die Bauart M a e r z⁶⁶⁾ bewirkt eine erhebliche Vereinfachung des Baues durch gänzlichen Wegfall der hoch ansteigenden schweren Luftzüge. Sie bricht mit dem alten Grundsatz, die Luft nur von oben

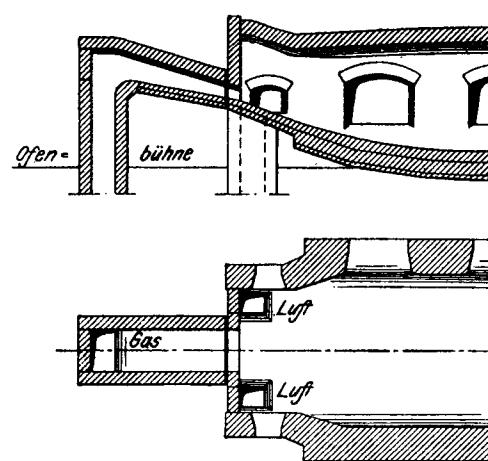


Abb. 7⁶⁷⁾. Siemens-Martinofen, Bauart Maerz.

dem Gasstrom zuzuführen, und zwar wird die Luft auf dem kürzesten Wege von Wärmespeichern oder Schlackenkammern in senkrechten Zügen dem Ofen zugeführt. Die Luftzugmündungen befinden sich vor und zu beiden Seiten der Gaszugmündung (Abb. 7).

Durch diese Bauart wird die größte Zugänglichkeit der Stirnenden des Ofens erreicht, es lassen sich infolgedessen die Reparaturen schnell vornehmen. Die Flamme wird infolge der tiefgelegenen Abzugskanäle besser auf das Bad niedergehalten als früher und damit

⁵⁷⁾ Stahl u. Eisen 38, 1, 649, 703, 725, 765 [1918].

⁵⁸⁾ Stahl u. Eisen 37, 1157 [1917].

⁵⁹⁾ Stahl u. Eisen 37, 1143 [1917].

⁶⁰⁾ Stahl u. Eisen 36, 1245 [1916].

⁶¹⁾ Stahl u. Eisen 33, 273 [1913].

⁶²⁾ Abb. 6, Stahl u. Eisen 33, 275 [1913], Abb. 1 (oberer Teil).

⁶³⁾ Stahl u. Eisen 33, 250, 366 [1913].

⁶⁴⁾ Stahl u. Eisen 35, 625 [1915].

⁶⁵⁾ Stahl u. Eisen 33, 311 [1913].

⁶⁶⁾ Stahl u. Eisen 33, 465 [1913].

eine kürzere Chargendauer erzielt. Nach Angaben von R. Becker⁶⁷⁾ betrug die Erzeugungssteigerung eines nach der Bauart M a e r z umgebauten Martinofens etwa 24% und die Brennstoffverminderung 20%.

Um dem in den Martinofen eintretenden Gasstrom nach dem Zurückbrennen der Ofenköpfe wieder eine tadellose Führung zu geben, setzt A. Z d a n o w i c z⁶⁸⁾ zur Kopfverlängerung sog. „Körbe“ an. In Abb. 8 mögen die unregelmäßigen Linien 5—6 und 3—2 den Umriß des abgebrannten Kopfes von der gestrichelten ursprünglichen Gestalt angeben. Um die Körbe anzubringen, werden die senkrechten Gaszüge von A bis B von außen aufgebrochen, und der ansteigende Gaskanal C wird bei 1—2—3—4 mittels Wölbens vermauert. Hierauf wird der durch ein Eisengerüst getragene Korb A D₁ D B

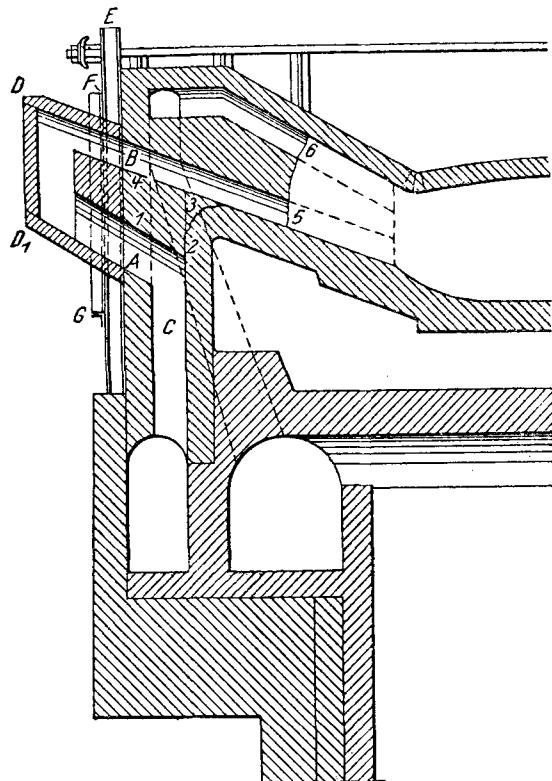


Abb. 8⁶⁹⁾. Siemens-Martinofenkopf mit Zdanowiczkörben.

angesetzt und mittels einer Mörtelschicht am Kopf abgedichtet. Nach Kniepert⁷⁰⁾ soll die Betriebsunterbrechung zwecks Anbringens von vier Körben höchstens 24 Stunden betragen, und die bei Anwendung Z d a n o w i c z e r Körbe bewirkte Jahresmehrleistung rund 5%.

Eine für die Praxis sehr brauchbare Neuerung zur Erhöhung der Gewölbehaltbarkeit metallurgischer Öfen ist das „O r t h sche Rippengewölbe“, durch welches speziell beim Martinofenbetrieb eine Erhöhung von 50% der Ofenreise erzielt worden ist. Der Erfolg beruht auf der Anwendung einer Rippenanordnung, welche dem Gewölbe auch noch dann Festigkeit verleiht, wenn ein gewöhnliches Gewölbe am Ende seiner Lebensfähigkeit angelangt ist und bei weiterem Betrieb zusammenstürzen würde.

Das Gewölbe besteht aus feuerfesten Rippen von 455 m/m Höhe in Entfernung von je 600—915 m/m, zwischen welchen die gewöhnlichen Gewölbegurten aus normalen Wölbsteinen von ca. 300 m/m Höhe angeordnet sind. Wenn das Gewölbe nach langem Betrieb stark zurückgebrannt ist, stützen diese Rippen das restliche dünne Gewölbe. Erfahrungsgemäß muß ein gewöhnliches Gewölbe erneuert werden, wenn 30% der Steinhöhe abgeschmolzen ist, während dies beim Rippengewölbe erst bei 60% der Fall ist. So stürzte z. B. ein Rippengewölbe noch nicht zusammen, als die Gurtsteine bereits 20 m/stark waren⁷¹⁾. Die vorgenannte Figur zeigt ein solches stark abgenutztes Gewölbe im Querschnitt.

Es können ferner kleine Gewölbeteile im Betrieb leicht erneuert werden in der Weise, daß Steine gegen die Vorsprünge der Rippen-

gewölbe quer zur Längsachse eingewölbt werden, ohne daß hierbei der Ofen abzukühlen braucht⁷²⁾.

In den letzten Jahren gewinnt die Einführung des Duplexverfahrens in Amerika immer größeren Umfang; während 1906 nur 11 Mill. t Stahl im Martinofen und über 12 Mill. t in der Bessemer Birne hergestellt wurden, ist die Erzeugung im Jahre 1915 im Martinofen auf 23½ Mill. t angewachsen; die Erzeugung an Bessemerstahl beträgt nur 8 Mill. t. Das Duplexverfahren bietet die Möglichkeit, für jede einzelne Phase des Prozesses diejenige Ofenart in Anwendung zu bringen, welche für die augenblickliche chemische Zusammensetzung des Bades am günstigsten arbeitet. Die verschiedenen Arten des Duplexverfahrens sind:

1. Saures Bessemer- und basisches Siemens-Martinverfahren.
2. Basisches Bessemer- und basisches Siemens-Martin-Verfahren.
3. Saures Bessemerverfahren und Elektroofen.
4. Basisches Bessemerverfahren und Elektroofen.
5. Basisches Martinverfahren und Elektroofen.

Die Anwendung des kippbaren Talbotofens hat hierbei weite Verbreitung gefunden. Der flüssige Stahl wird bei Durchführung des Duplexverfahrens aus der ersten Ofenart in die Pfanne abgegossen oder abgestochen und dann in die zweite Ofenart eingegossen, wo er fertig gemacht wird⁷³⁾.

Da die Temperatur der Abgase bei Siemens-Martinöfen 600 bis 700° beträgt, und die Wärmeverluste eines Ofens durch die Abgase etwa 30%, so sucht man diese Wärmemengen zur Dampferzeugung nutzbar zu machen. Die Verwendung von A b h i t z e k e s s e l n a n S i e m e n s - M a r t i n ö f e n hat in den Vereinigten Staaten großen Umfang genommen, ist jedoch in Deutschland verhältnismäßig vereinzelt geblieben. Eine Anlage der A.-G. Phoenix in Ruhrt bewirkt zur Überwindung der durch Einschaltung von Kesseln usw. vergrößerten Widerstände das Absaugen der Abgase indirekt durch künstlichen Zug. 12% der Abhitze werden in der Kesselanlage wieder nutzbar gemacht, und der Abgasverlust des Martinofens geht also auf 18% zurück. Schreiber⁷⁴⁾ hält selbst dann die Abhitzekessel an Siemens-Martinöfen noch für nutzbringend, wenn die Eintrittstemperatur nur 370° beträgt. Die Anlagekosten der Abhitzekessel sind etwa 25% höher als die der gewöhnlichen mit Kohle geheizten Kessel; die Anlage bedarf ferner wegen Neigung zu Explosionen in den Zügen und Kesseln, sowie Auftreten von Flugstaub aufmerksamer Wertung.

Zur besseren Ausnutzung der Abhitze wird von Pratt auf folgendes aufmerksam gemacht. Die Züge waren bei dem früheren Abhitzekessel so bemessen, daß möglichst geringe Zugverluste eintraten; es wurde mit natürlichem Kaminzug gearbeitet, damit die Verhältnisse im Ofen nicht ungünstig beeinflußt würden. Infolgedessen war die Zuggeschwindigkeit verhältnismäßig klein. Im Gegensatz hierzu ist nach den Vorschlägen von Pratt der Kessel so zu bemessen, daß die durchgeföhrte Gasmenge mit abnehmender Temperatur vergrößert wird, indem die Absaugung der Abgase durch Anwendung künstlicher Mittel vergrößert wird. Erhöhte Gasgeschwindigkeit ergibt eine verbesserte Wärmeübertragung. Die Anwendung des künstlichen Zuges wirkt besonders bei Regenerativöfen (spez. Martinöfen) günstig auf die Wärmeausnutzung, indem die Leistung durchschnittlich um 12% gesteigert wurde. Bei den Abhitzekesseln einer Koksofenbatterie mit einer durchschnittlichen Abhitzetemperatur von 1180° wurde durch Steigerung der Gasgeschwindigkeit um 30% eine Erhöhung der Leistung von mehr als 50% erzielt. Wird keine Erhöhung der Kesselleistung angestrebt, so kann bei Anwendung des künstlichen Zuges eine beträchtliche Verkleinerung des Kessels stattfinden⁷⁵⁾.

Interessant ist ein Bericht über die Verwertung der Abhitze aus einer Martinofenanlage; wobei es sich um eine 400 PS Kesselanlage handelt. Als Wärmequelle dienen 2 Öfen zu je 20 t, von denen immer einer abwechselnd an den Kesseln angeschlossen ist, wodurch ein ununterbrochener Betrieb ermöglicht wird. Da während der Einschmelzperiode die Abhitze nicht genügend groß ist, um den verlangten Druck im Kessel zu erzielen, wird die Kesselbeheizung in dieser Zeit durch eine Hilfsfeuerung verstärkt. Der Essenzug wird zweckmäßig durch einen in die Leitung eingebauten Saugventilator geregelt, der durch einen regulierbaren Motor oder durch eine Dampfmaschine angetrieben wird; durch diese Anordnung ist eine Erhöhung der Kesselleistung möglich. In der Anlage werden täglich

⁶⁷⁾ Abb. 7, Stahl u. Eisen 33, 465 [1913], Abb. 1 und 2.

⁶⁸⁾ Stahl u. Eisen 36, 25 [1916].

⁶⁹⁾ Abb. 8, Stahl u. Eisen 36, 26 [1916], Abb. 1.

⁷⁰⁾ Stahl u. Eisen 36, 25 [1916].

⁷¹⁾ Abb. 2, Stahl u. Eisen 37, 265 [1917].

⁷²⁾ Stahl u. Eisen 37, 365 [1917].

⁷³⁾ Stahl u. Eisen 38, 433 [1918].

⁷⁴⁾ Stahl u. Eisen 33, 45 [1913]; 35, 1233 [1915].

⁷⁵⁾ Stahl u. Eisen 39, 390 [1919].

ca. 112000 kg Wasser verdampft, bei einem Kohlenverbrauch in der Hilfsfeuerung von 1–3 t. Der Kessel wird zweckmäßig in der näheren Nähe des Ofens aufgestellt und zwar so, daß der Eintritt der Abgase an der vorderen Kesselseite erfolgt. Eine ungünstige Wirkung auf den Schmelzbetrieb ist bisher noch nicht festgestellt worden. Der Kessel wird durch die hohe Temperatur der Abgase stark beansprucht und erfordert besondere Wartung. Die Entfernung des Rußes muß täglich dreimal erfolgen; die Heizrohre müssen spätestens alle 6 Wochen einmal ausgeblasen werden⁷⁶⁾.

An Stelle der früher allgemein üblichen Arbeitsweise mit festem, angewärmtem Ferromangan erzielt man heute die Desoxydation mittels flüssigem Ferromangan zusatz⁷⁷⁾. Mit wenigen Ausnahmen wird die Desoxydation mit flüssigem Ferromangan in der Weise vorgenommen, daß es während des Ausgießens des Metallbades dem Strahle des letzteren in der Gießpfanne zugesetzt wird. Die Vorteile der Arbeitsweise mit flüssigem Ferromangan erkannte man frühzeitig; es fehlte jedoch an Öfen und Verfahren, die es gestatteten, Ferromangan wirtschaftlich zu schmelzen und flüssig zu halten. Die Schwierigkeit lag in der niedrigen Verdampfungstemperatur und der großen Neigung des Mangans, beim Umschmelzen zu oxydieren. Erst die elektrischen Öfen eigneten sich zum reduzierenden Schmelzen, die eine Bedingung zur Vermeidung größerer Manganverluste ist. Der erste Ofen, in dem das Ferromanganschmelzen und Warmhalten dauernd in Verbindung mit dem Stahlwerksbetriebe praktisch durchgeführt wurde, war ein Kellerofen in Burbach (1910). Seither sind Héroult-, Girod-, Röchling-Rodenhauser-, Natusiusöfen usw., sowie insbesondere auch Öfen mit Teer- oder Ölfeuerung im Gebrauch. Der Kraftverbrauch bei elektrischen Öfen beträgt nach Springorum⁷⁸⁾ etwa 800 KW/st für die Tonne eingesetztes Ferromangan. Bei Ölfeuerung beträgt der Ölverbrauch nach Angabe desselben etwa 300 kg/t flüssiges Mangan, und die Gesamtschmelzkosten stellen sich auf 25,90 M für die Tonne flüssiges Ferromangan.

Von Davis, dem Vizepräsidenten der American Steel Foundries in Chicago wurde eine Änderung in der bisher üblichen Form der Gießpfanne vorgenommen, wobei er von folgenden Erwägungen ausging: Der Stahl ist in der Pfanne von einer Schlackendecke bedeckt, welche chemisch mit dem Stahl in Reaktion tritt. Der Stahl hat besonders große Neigung, P aus der Schlacke aufzunehmen, während das Si zum Teil in die Schlacke übertritt. Durch diese Reaktion wird der Stahl insofern ungünstig beeinflußt, als er spröde und weniger widerstandsfähig gegen Stoß wird. Das Maß, in welchem diese Reaktion verläuft, ist abhängig von der Berührungsfläche zwischen Stahlbad und Schlackenbad, der Austausch der genannten Elemente wird um so stärker sein, je größer die Berührungsfläche zwischen beiden, je größer die Schlackenmenge, je größer ihr Druck auf den Metallspiegel, und je länger ihre Einwirkungsdauer auf den Stahl ist. Diesem Übelstande soll die neue Pfanne in möglichst weitgehendem Maße abhelfen, was dadurch erreicht wird, daß die Berührungsfläche zwischen Stahl und Schlacke um etwa 50% verringert wird; die Länge der Pfanne wird entsprechend größer. Hierdurch wird zugleich erreicht, daß der ferrostatische Druck auf das flüssige Metall in der Pfanne größer wird, so daß der Auftrieb der suspendierten Schlackenteilchen entsprechend zunimmt. Aus demselben Grunde wird auch die Entleerungsgeschwindigkeit des Pfanneninhaltes beschleunigt. In verschiedener Höhe innerhalb der Schlackenzone sind in der Pfanne Schlackenlöcher D untereinander angeordnet, die vor dem Füllen der Pfanne mit Stopfen aus scharfem Sand und Dolomit verstopt werden. Ist die Pfanne vollgelaufen, so werden diese Stopfen der Reihe nach von oben herab ausgestoßen und so viel Schlacke abgezapft, bis nur noch eine dünne Decke auf dem Stahl liegt, welche als Wärmeschutz dient. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Einwirkung der Schlacke auf das Bad denkbar gering wird.

Die Pfanne besteht aus einem Mantel A, aus der Ausmauerung B, einer inneren Schicht aus Magnetit und Dolomit C. Die punktierte Linie in der Abbildung stellt die gebräuchliche Pfannenform dar⁷⁹⁾.

Die Erzeugung „gesunder“ Rohblöcke, d. h. solcher, die möglichst frei von Lunkern, Gasblasen und starken Saigerungen sind, ist bei der wachsenden Verwendung von Qualitätsmaterial von größter Wichtigkeit, und es hat deshalb an einer Erwägung der Ursachen und an Vorschlägen zur Beseitigung obengenannter Mängel nicht gefehlt. Von neueren Verfahren zur Erzeugung dichter Güsse seien folgende erwähnt:

⁷⁶⁾ Stahl u. Eisen 39, 601 [1919].

⁷⁷⁾ Stahl u. Eisen 34, 803 [1914]; 35, 49, 598 [1915].

⁷⁸⁾ Stahl u. Eisen 35, 598 [1915].

⁷⁹⁾ Stahl u. Eisen 37, 1189 [1917] Abb. 1.

Das Thermitverfahren von Goldschmidt⁸⁰⁾ wird je nach den Verhältnissen auf verschiedene Weise ausgeführt, und eine neuere Ausführung desselben ist von Canaris⁸¹⁾ und Biendl in Vorschlag gebracht worden. Das Gießen erfolgt wie bisher in der allgemein üblichen Art, man läßt die Erstarrung so weit fortschreiten, bis sich eine dicke Kruste an den Kokillenwänden gebildet hat. Dann stößt man mit Hilfe einer dünnen Eisenstange die je nach dem Blockgewicht verschiedenen großen, mit Thermit gefüllte Eisenblechbüchse bis auf den Boden der Kokille und hält sie dort fest, bis die Thermitreaktion erfolgt ist. Die durch diese Reaktion bewirkte Temperaturerhöhung ist, da nach Goldschmidt⁸¹⁾ nur etwa $\frac{1}{2}$ kg Thermit für die Tonne Stahlblock angewandt wird, gering; die Reaktion hat jedoch ein plötzliches starkes Aufwallen zur Folge, nach welchem der Spiegel des Metallbades sinkt. Jetzt wird möglichst sofort nachgegossen, die Kokillendeckel aufgelegt, und der Block sich selbst überlassen. Das starke, nach der Thermitreaktion eintretende Aufwallen verhindert durch die kräftige mechanische Durchmischung die Bildung von Gasblasen und Saigerungen, da die bis zuletzt flüssig gebliebenen unreinen Teile nach dem oberen Blockende mit fortgerissen werden. Der zu diesem Zweck zur Anwendung gelangende Thermit, sog. „Lunkerthermit“, enthält Zusätze, um die sich bildende Schlacke leichtflüssiger zu machen. Nach Angabe von Canaris wird das Verfahren bisher ausschließlich bei nichtsiliciertem Flußeisen angewandt, besonders bei Brammen zur Blechherstellung. Versuche, um es auch bei siliciertem Material anzuwenden, sind bisher ohne Erfolg geblieben. Die Kosten der Behandlung mit Lunkerthermit sollen sich auf 1,23 M für die Tonne Brammen belaufen; das Ausbringen soll um 5% des Einsatzes erhöht werden, und der Ausschuß nur 0,23% des Einsatzes betragen.

Ein Verfahren, das auf dem Flüssighalten des Blockkopfes beruht, ist das Verfahren von Hadfield⁸²⁾. Sofort nach beendigtem Gießen wird auf die Oberfläche des flüssigen Metalls als Wärmeschutz und zur Vermeidung von Kohlung eine Schlackenschicht und hierauf Holzkohle gelegt, auf welche mittels einer Düse Preßluft geblasen wird. Auf diese Weise wird der Blockkopf flüssig erhalten und der Bildung eines Lunkers vorgebeugt. Es werden Kokillen angewandt, deren verjüngtes Ende unten liegt. Dem Verfahren ist besonders in England und in den Vereinigten Staaten Aufmerksamkeit geschenkt worden; nach Angabe des Erfinders sollen etwa 90% der Blöcke dicht werden.

Das Verfahren von Talbot⁸³⁾ sucht die Erzielung dichter Flußeisenblöcke, besonders Schienenstahlblöcke, auf eine ganz neue Weise zu erreichen. Beim Gießen werden 60 g Aluminium für die Tonne Blockgewicht in der Kokille zugesetzt, wodurch man gasblasenfreie und schwach gesäigte Blöcke erhält, die jedoch einen Lunker von etwa $\frac{1}{3}$ der Blocklänge aufweisen. Da Aluminiumzusatz die Erstarrung des Stahles beschleunigt, können die Blöcke etwa $\frac{1}{2}$ St. nach dem Gießen in die Tieföfen eingesetzt werden. Nachdem die äußere Hülle etwas stärker geworden ist, und die Temperatur sich etwas ausgeglichen hat — diese Zeit beträgt nach Talbot etwa 1 Stunde, hängt jedoch von den verschiedensten Umständen ab —, kommen die Blöcke, deren Inneres noch flüssig ist, ins Blockwalzwerk, wo ihr Querschnitt durch einige Stiche etwas verringert wird. Dann bringt man sie bis zur vollständigen Erstarrung und gleichmäßigen Durchwärmung in die Tieföfen zurück, nach welcher sie zu Vorblöcken weiter- und zu Schienen fertiggewalzt werden. Die auf diese Weise erzeugten Blöcke sind völlig frei von Hohlräumen aller Art, was Talbot an über 100 untersuchten Blöcken nachweisen konnte. Ein Nachteil des Verfahrens liegt darin, daß durch die erwähnte Behandlung starke Saigerungen, insbesondere des Kohlenstoffgehalts, und mithin Unterschiede der mechanischen Eigenschaften des Materials auftreten, so daß man bei Talbotblöcken und -schienen drei Zonen: eine äußere Hülle von gewöhnlicher Zusammensetzung, einen kohlenstoffärmeren, weichen Kern und zwischen beiden einen harten, kohlenstoffreicheren Ring deutlich unterscheiden kann. Die Schlagfestigkeit der Talbotschienen soll ebenfalls geringer als die gewöhnlicher Schienen sein.

Neuerdings werden von Talbot zur Erzielung dichter Blöcke auch Pressen verwendet im Gegensatz zu dem Preßverfahren von Whitworth und Hartmet. Nur der obere Teil des Blockes kommt unter Druck, wodurch an Kraftaufwand und Einwirkungs-

⁸⁰⁾ Stahl u. Eisen 37, 1189 [1917].

⁸¹⁾ Stahl u. Eisen 32, 303, 1579, 1752 [1912]; 33, 1893 [1913].

⁸²⁾ Amer. Pat. Nr. 933 751; Iron Age 1912, 296; Stahl u. Eisen 32, 796, 1751 [1912].

⁸³⁾ Stahl u. Eisen 33, 1893 [1913].

dauer sehr gespart wird. Die Wirkung wird noch dadurch erhöht, daß der obere Teil des Blockes mit einer feuerfesten, wärmeisolierenden Masse umgeben wird. Die Wirkung der Presse kann auch so erfolgen, daß nach Erstarrung der äußeren Hülle ein einseitiger Druck auf den Block ausgeübt wird. Durch dieses Verfahren verringert Talbot den sonst üblichen Verlust durch Abschopfen der Blöcke auf 4%⁸⁴⁾.

E. Gathmann⁸⁵⁾ regelt durch eine neuartige Form der Kokillenwandung die Abkühlung des Blockes derart, daß sie in seinem unteren und mittleren Teile sehr schnell, im oberen Teile dagegen langsam verläuft. Der größere Querschnitt der Kokillen liegt oben, was man schon früher als günstig zur Verminderung des Lunkers angesehen hat. Da jedoch das Abstreifen der Kokille vom Block in diesem Falle der umgekehrten Kokillenform sehr unständlich ist, hat Gathmann eine besondere Bauart der Kokillenuntersätze sowie des Stripperkranes angegeben. (Abb. 9.)

Bei dem Verfahren von L. E. Howard⁸⁶⁾ werden die Blöcke kurz nach dem Gießen bei noch flüssigem Kern außerhalb der Kokille in einer besonderen Presse unter einem Druck von 250—500 kg-qcm bis zur vollendeten Erstarrung geprägt. Das Verfahren hat sich im Dauerbetriebe für kleinere Qualitätsstahlblöcke gut bewährt.

Neuerdings scheint sich ein Verfahren zur Erzielung dichter Blöcke zu bewähren, welches auf Grund eines alten Gedankens ausgeführt worden ist, der darin besteht, daß der Stahl nach dem Vergießen in die Kokille in rüttelnde Bewegung gesetzt wird. Hierdurch wird erreicht, daß das Metall bis zum Erstarren ständig in Bewegung bleibt, und daß die aus scheidenden Gasblasen leichter zur Oberfläche steigen können. Die Blöcke erstarren sehr gleichmäßig; es werden sehr dichte Güsse erzielt⁸⁷⁾.

Wenn sich alle diese Vorschläge dem gesteckten Ziele nähern, so kann jedoch auch heute noch nicht von einem einfachen und nicht zu kostspieligen Verfahren zur Erzielung dichter Blöcke, das auf alle Stahlqualitäten und bei allen Blockgrößen dauernde Anwendung finden könnte, die Rede sein.

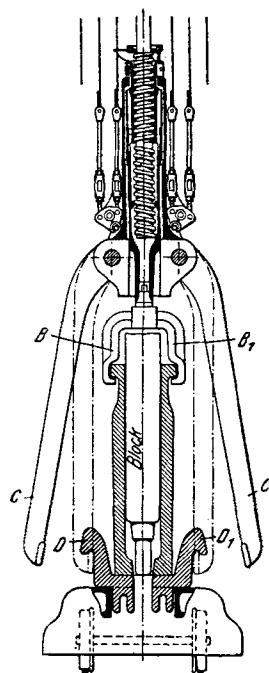


Abb. 9⁸⁴⁾. Kokillenuntersatz und Stripper nach Gathmann.

Zahltafel 3.

Land	Héroult	Girod	Induktionsöfen	Rennerföfen	Andere Bauarten	Ingesamt				
						Jan. 1916	Jan. 1915	Jan. 1913	März 1910	
Deutschland und Luxemburg . . .	19	6	19	—	9	53	46	34	30	
Österreich-Ungarn . . .	10	3	3	—	2	18	18	10	10	
Schweiz	1	2	—	1	—	4	3	2	2	
Italien	4	1	2	—	15	22	22	20	12	
Frankreich	11	7	2	1	—	21	17	13	23	
England	20	1	2	4	19	46	16	16	7	
Belgien	2	1	—	—	—	3	3	3	3	
Rußland	3	1	1	4	2	11	9	4	2	
Schweden	2	—	1	20	—	23	18	6	5	
Norwegen	—	—	2	3	1	6	2	3	—	
Spanien	—	—	1	—	1	2	1	1	—	
Europa	72	22	33	33	49	209	155	112	94	
Vereinigte Staaten	40	4	3	2	24	73	41	19	10	
Canada	3	—	—	—	5	8	2	3	3	
Mexiko	—	—	1	—	—	1	1	4	3	
Amerika	43	4	4	2	29	82	44	26	16	
Andere Länder	—	—	1	—	11	12	14	1	—	
Welt	115	26	38	35	89	303	213	139	110	

⁸⁴⁾ Stahl u. Eisen 38, 1090 [1918].

⁸⁵⁾ Stahl u. Eisen 33, 1890 [1913].

⁸⁶⁾ Abb. 9, Stahl u. Eisen 33, 1893 [1913], Abb. 6.

⁸⁷⁾ Abb. 1, Stahl u. Eisen 38, 686 [1918].

Die Elektrostahlerzeugung ist in dauerndem Aufschwung begriffen, insbesondere hat der Krieg überall eine außerdentliche Steigerung mit sich gebracht.

Aus der Zusammenstellung in Zahltafel 3, welche Angaben bis zum Jahre 1916 enthält, geht hervor, daß die Zahl der Elektroöfen stark im Zunehmen begriffen ist. Im Laufe der letzten Jahre hat die Verbreitung der Elektroöfen einen ganz außerdentlichen Aufschwung genommen, jedoch sind Zahlen hierüber bisher noch nicht zu verzeichnen. Aus derselben Tabelle ist zu ersehen, wie sich die Zahl und die Bauart der einzelnen Ofentypen auf die Hauptindustrieländer verteilt.

Am weitesten ist der Héroulofen verbreitet, an zweiter Stelle stehen die Induktionsöfen und an dritter Stelle die Rennerfötofen, die in letzter Zeit in Schweden rasche Aufnahme gefunden haben:

Dieser seit 1914 auf dem Markt kommende Elektrostahlofen von Rennerfelt⁸⁸⁾ (Abb. 10) hat die Form einer liegenden Trommel, die auf Rollen kippbar gelagert ist, und durch deren Seitenwände je eine wagerechte Elektrode und eine dritte von oben in das Innere des Ofens treten. Die beiden Phasen des in Zweiphasenstrom umgewandelten Drehstroms sind mit den wagerechten Elektroden verbunden. Hierdurch entsteht ein pfeilförmiger, nach unten gerichteter Lichtbogen. Diese Öfen eignen sich zum Schmelzen und Warmhalten von Ferromangan. Nach Sahlin⁹⁰⁾ belaufen sich die Schmelzkosten auf 24,85 M/t.

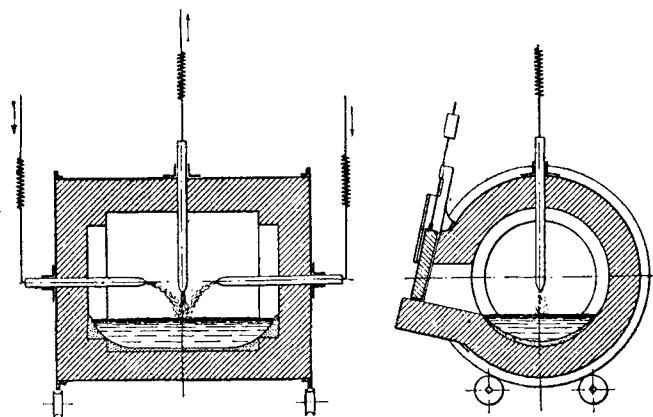


Abb. 10⁸⁸⁾. Elektrostahlofen von Rennerfelt.

In den letzten Jahren ist die Form des Rennerfötofens auch für größere Einsätze geändert worden. Zur Erreichung dieses Zweckes kommt ein sog. Multipelsystem in Anwendung, bei welchem mehrere Elektrodensätze in der Längsrichtung des Ofens angeordnet werden. Durch Heben und Senken der Seitenelektroden läßt sich die für die jeweilige metallurgische Arbeit günstigste Stellung des Lichtbogens leicht erzielen. Im Jahre 1916 wurde eine Form des Rennerfötofens in Amerika auf den Markt gebracht, dessen Herd bei Anwendung eines Elektrodensatzes rund ist, bei Anwendung von zwei oder drei Elektrodensätzen dagegen oval. Während bisher das Bad eine rechtwinklige Oberfläche hatte, wird dasselbe hierdurch kreisrund oder oval. Eine bessere Wärmeausnutzung des Lichtbogens unter Vermeidung kalter Ecken wird dadurch erzielt, daß man den Lichtbogen durch vertikales Verschieben der seitlichen Elektroden in konstanter Entfernung 6—7½ m/m von der Badoberfläche entfernt halten kann. Die Zustellungskosten des Ofens gingen von 11,60 auf 3,20 M je t herunter, die Energieaufnahme wurde auf 600 KW gesteigert⁹¹⁾.

Der Elektroofen von Booth-Hall ist ein Lichtbogenofen, bei welchem die Stromzufuhr durch die Decke mittels Elektroden und die Abfuhr des Stromes durch einen im Herd eingebauten Rost erfolgt; die Herdmasse besteht aus gesintertem Magnetit, die Wände aus Dolomitsteinen und das Gewölbe aus Quarzsteinen. Die Haupt-eigentümlichkeit des Ofens besteht in der Elektrodenanordnung; gearbeitet wird mit 1-, 2- und 3-Phasenwechselstrom. Bei Verwendung von 1-Phasenöfen ist eine Haupt- und eine Nebenelektrode vorgesehen, während in den Herd nur 1 Stahlrost eingebaut ist. Der 2-Phasenofen hat zwei Elektroden und zwei Roste, der 3-Phasenofen drei Elektroden und einen Rost. Bemerkenswert ist, daß neben den Haupteletroden noch eine Nebenelektrode vorhanden ist, die zu Beginn der Einschmelzperiode in Tätigkeit tritt. Sie drückt nämlich

⁸⁸⁾ Stahl u. Eisen 34, 329 [1914].

⁸⁹⁾ Abb. 10, Stahl u. Eisen 34, 329 [1914], Abb. 3.

⁹⁰⁾ Stahl u. Eisen 35, 50 [1915].

⁹¹⁾ Stahl u. Eisen 38, 294 [1918].

dann durch ihr eigenes Gewicht auf den Schrott und dient so als direkte Stromzuführung zu demselben. Während dieser Periode ist die Hauptelektrode etwas hoch gezogen, so daß sich zwischen dieser und dem Schrott ein Lichtbogen bilden kann. Hat sich ein genügend großer Metallumpf gebildet, und ist der Boden durch die Wärme leitend geworden, so wird die Hilfselektrode hochgezogen und bleibt dann stromlos im Ofen⁹²⁾.

Eine Abart des Héroultöfen ist der Ludlumofen, der von der Ludlum Steel Co. nach eigenem Plan erbaut worden ist. Er dient hauptsächlich zum Einschmelzen von Eisen- und Stahlabfällen, kann aber auch jede beliebige Stahlsorte liefern. Der Ofen hat drei Elektroden in einer Reihe angeordnet; er hat keine senkrechten Wände; er ist allseitig leicht zugängig gemacht. Die Spannung beträgt je nach Wunsch 90, 95 und 100 Volt. Der ganze Ofen ist kippbar eingerichtet mit abnehmbarem Ofendeckel. Das Mauerwerk, welches verhältnismäßig schwach ist, besteht aus Magnetitstein. Die Neuzustellung des Ofens kann innerhalb 24 Stunden erfolgen⁹³⁾.

Der Grünwald-Dixonofen der Elektrometall A. B. ist ebenfalls ein Lichtbogenofen, und zwar wird der Ofen für kleineren Einsatz mit zwei Elektroden und für größere Fassung (20 t) mit vier Elektroden ausgerüstet. Der Zweielektrodenofen wird mit Zweiphasenstrom betrieben, wodurch eine Drehung des Bades und gute Durchmischung hervorgerufen wird. Die Elektroden, durch welche die Zuleitung des Stromes erfolgt, treten durch die Decke ein, während die Ableitung durch den mit Teerdolomit ausgestampften, leitenden Boden erfolgt. Bei den größeren Öfen mit 4 Elektroden geschieht die Elektrizitätszufuhr durch Drehstrom in besonderer Zuleitung; die vier Elektroden und der leitende Boden sind derartig mit der einphasigen Niederspannungswirkung verbunden, daß durch alle Elektroden gleich viel Strom fließt. Der Boden wird so ausgebildet, daß unter dem Stampfdolomit auf den Grundplatten zuerst eine Kohlenmasse aufgebracht wird, in welcher Kupferplatten eingesetzt werden, die den Anschluß für die Zuleitung bilden⁹⁴⁾.

Abbildung 1⁹⁵⁾ zeigt das Zuleitungsschema des Zweielektrodenofens, Abb. 2⁹⁶⁾ die des Vierelektronenofens. Die Abbildungen 3 u. 4 lassen die Gesamtkonstruktion des Ofen erkennen⁹⁶⁾.

Die Regelung der Elektrodenentfernung von der Badoberfläche oder von dem Schmelzgut erfolgt bei Lichtbogenöfen von Hand, wenn es sich um grobe Einstellungen handelt, während für genauere Einstellungen automatische Regler in Anwendung sind. Bis vor dem Ausbruch des Krieges wurde in Deutschland die Erzeugung eines solchen Apparates nicht durchgeführt; in den ersten Kriegsjahren wurde unter dem Druck der Verhältnisse von der Firma Bergmann-Elektrizitätswerke ein brauchbarer Apparat auf den Markt gebracht, der vollkommenen Ersatz für den bisher verwandten Thuri-Regler bietet. Die selbsttätige Elektrodenreglereinrichtung wirkt auf die Steuerung der beiden Antriebsmotoren ein, unter Verwendung der durch den wechselnden Abstand der Elektroden entstehenden Änderungen in dem elektrischen Verhältnis. Der Apparat ist dann in Ruhe, wenn der Lichtbogenstrom einer bestimmten eingestellten Stromstärke entspricht. Ändert sich die Stärke des Lichtbogens, so tritt entweder durch Gewichts- oder Kontaktwirkung der Regler in Tätigkeit. Genauere Ausführungen sind in dem Aufsatz von Obering. Kunze, Berlin, über diesen Spezialapparat erhalten⁹⁷⁾.

Die neuzeitliche Entwicklung des Elektrofens geht dahin, denselben nicht nur mit geringem Fassungsvermögen und Ausbringen für die Qualitätsstahlerzeugung zu verwenden, sondern ihn vielmehr unter bedeutender Erhöhung des Einsatzes auch für die Großindustrie zur Verbesserung des Stahles nutzbar zu machen. Diese Absicht ist besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika zu bemerkern, wo bereits sehr große Mengen Schienenstahl im Elektrofenz raffiniert werden. Nur in Ausnahmefällen arbeitet der Elektrofenz als Umschmelz- oder Frischapparat wirtschaftlich, so daß er in den meisten Fällen nur als Raffinierofen in Betracht kommt. Man führt infolgedessen die Arbeit des Umschmelzens und Frischens in anderen Ofenarten, z. B. im Martinofen oder Konverter durch und bringt das vorgefriichte Material zum Fertigmachen in den Elektrofenz (Induktions- oder Lichtbogenofen) von entsprechend großen Dimensionen bis zu 25 t Inhalt. Es hat sich auf diese Art und Weise im Elektrostahlbetrieb ein Duplexverfahren und neuerdings ein Triplexver-

fahren herausgebildet. Über letzteres berichtet W. Robinson in einem Vortrag vor dem Am. Iron a. Steel Inst.⁹⁸⁾. Das Verfahren wird auf dem Süd Chicago-Werk ausgeführt, welches heute die größte Elektrostahlanlage der Welt ist. Sie umfaßt zwei Mischer von 1000 t und 300 t Inhalt, zwei saure 25 t-Bessemerbirnen, 3 zu je 250 t kippbare Martinöfen, während die Elektrostahlanlage 3 zu je 25 t Héroultöfen umfaßt; vorhanden sind ferner noch zwei ältere zu je 15 t Héroultöfen, mit deren Hilfe die Produktion monatlich auf 7000 t gesteigert werden kann. Die Arbeitsweise nach dem Triplexverfahren ist aus der Abbildung⁹⁹⁾ ersichtlich. Man erkennt, wie der in der Bessemerbirne und im Martinofen vorgearbeitete Stahl zum Fertigmachen in den Elektrofenz aus der Pfanne mit Hilfe einer Rinne in den Elektrofenz eingefüllt wird. Dort wird mit reduzierender Schlacke zur Desoxydation und zur Entschwefelung, die bekanntlich nur im Elektrofenz weitgehend durchgeführt werden kann, bei stark gesteigerter Temperatur gearbeitet. Der auf diese Weise erzeugte Elektrostahl ist also nur ein fertig raffiniertes Material, kein elektrisch erschmolzenes. Es ist selbstverständlich, daß ebenso auch mit dem Duplexverfahren auf dem Werk gearbeitet werden kann.

Auch ein umgekehrtes Duplexverfahren ist in Amerika zur Anwendung gekommen¹⁰⁰⁾. Da in diesem sauer zugestellten Elektrofenz eine Entschwefelung und Entphosphorung unmöglich ist, kann in demselben nur mit tadellosem S- und P-freiem Einsatz gearbeitet werden. Andererseits ist bei saurer Chargenführung eine vollkommenere Desoxydation und infolgedessen ein besseres Endprodukt zu erzielen. Um dennoch mit einem schlechten Einsatz zum gleichen Ziele zu kommen, arbeitet die Michigan Steel Casting Co. folgendermaßen: Minderwertiger Einsatz wird im basischen Elektrofenz eingeschmolzen, von S und P befreit und teilweise zu einer Charge aus gutem Einsatz, die inzwischen in den saueren Ofen eingeschmolzen ist, zugegossen. Unter der sauren Schlacke wird die Desoxydation dann noch weiter vollendet. Dieses Verfahren hat folgende Vorteile: man kann billige S- und P-haltige Abfälle verwerten, die sich im sauren Ofen nicht verwenden lassen. Man arbeitet im basischen Ofen mit niedriger Temperatur, so daß die basische Zustellung, die gegen hohe Temperatur empfindlich ist, geschont wird, während die zur vollständigen Desoxydation benötigte hohe Endtemperatur, im weniger empfindlichen sauren Ofen zur Anwendung kommt. Als Endprodukt erzielt man ein S- und P-armes, saures Elektromaterial. Der Vorteil der sauren Schlacke besteht darin, daß dieselbe die Luft besser abschließt und den Stahl länger heiß erhält, so daß das Material besser abstehen kann. Man erzielt auf diese Weise einen gasfreien, schlackenfreien heißen Stahl, der besonders für kleine Gußstücke sehr geeignet ist. [A. 1.]

Die Chemie des Gartens.

Von Dr. Ing. B. WAESER.

(Eingeg. 31.1. 1920.)

Für Gärtner und Gartenfreunde steht die Schädlingssbekämpfung, über die G. Günther¹⁾ im vorigen Jahre in dieser Zeitschrift berichtet hat, im Vordergrund des Interesses. Die chemische und biologische Forschertätigkeit beginnt auch in Deutschland sich allmählich diesem wichtigen Spezialgebiet zuzuwenden, dessen volkshygienische und volkswirtschaftliche Seiten von Prof. Dr. Karl Eichhorn²⁾ in einer außerordentlich lesenswerten Schrift beleuchtet werden. Sehr wirkungsvoll belegt Prof. Dr. J. Wilhelm vom Landesamt für Wasserhygiene in seiner Buchveröffentlichung: „Die angewandte Zoologie als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und kultureller Faktor“³⁾ den praktischen Nutzen der systematischen Schädlingsbekämpfung durch recht beachtenswerte Zahlen.

Die an der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg gehaltenen Vorträge gibt Karl Müller unter dem Titel: „Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung“, heraus⁴⁾. Der Technische Ausschuß für Schädlingsbekämpfung⁵⁾ beim preußischen

⁹²⁾ Stahl u. Eisen 37, 70 [1918].

⁹³⁾ Stahl u. Eisen 39, 125 [1919].

⁹⁴⁾ Abb. 5, Stahl u. Eisen 39, 507 [1919].

⁹⁵⁾ Abb. 1, Stahl u. Eisen 39, 507 [1919].

⁹⁶⁾ Stahl u. Eisen 38, 90 [1918] 39, 505 [1919];

⁹⁷⁾ Stahl u. Eisen 38, 125, 153, 189, 213 [1918].

⁹⁸⁾ Stahl u. Eisen 39, 42 [1919].

⁹⁹⁾ Stahl u. Eisen 38, 294 [1918].

¹⁰⁰⁾ Stahl u. Eisen 32, I, 162 [1919].

¹⁾ Angew. Chem. 32, I, 162 [1919].

²⁾ Verlag von Werner und Winter G. m. b. H., Frankfurt a. M., Fichardstr. 5—7; 1919.

³⁾ Verlag von Jul. Springer, Berlin 1919; 88 Seiten. Geh. 5 M.

⁴⁾ Verlag von G. Braun, Karlsruhe 1918. Mit 2 farb. Tafeln,

1 Karte und 65 Textabb. Geh. 6 M.

⁵⁾ Chem.-Ztg. 43, 283 [1919]. Wichtig ist übrigens auch Raupenleim.