Das folgende Handbuch ist in seiner gedruckten Fassung nicht mehr verfügbar und wird auch nicht mehr herausgegeben.

Mit freundlicher schriftlicher Genehmigung des Autors Herr Dipl.-Ing. Herbert Netzel, möchten wir hiermit jedem Gießereifreund dieses Handbuch frei zum Download zur Verfügung stellen.

Diese Fassung ist frei von jeder Art von Werbung um den Download zu erleichtern.

Mit freundlichen Grüßen



Zoran Tesic
Geschäftsführer der TCT Tesic GmbH

Induktionsofenhandbuch

von
Herbert H. Netzel

Das vorliegende Handbuch soll den Schmelzern, Vorarbeitern, Meistern, Technikern und Ingenieuren des Schmelzbetriebes, der Giesserei und der Instandhaltung als Nachschlagewerk hilfreich sein.

Die Fachausdrücke sind alphabetisch geordnet und damit leicht auffindbar.

3. Auflage mit Erweiterung um ca. 130 Stichworte auf jetzt ca. 300 Stichworte,
November 2003

Nachdruck und teilweise fototechnische Kopien sind nicht gestattet.

Eigenverlag
I E S
Induktion Experience Service
Harkortring 6
58453 W I T T E N
Tel.: 0 23 02 69 60 39
Fax: 0 23 02 78 91 75
E-mail: herbert.netzel@t-online.de
Druck: Koffler bitprint GmbH & Co. KG, Dortmund

Vorwort

Der Autor Herbert H. Netzel blickt auf eine 35 jährige Erfahrung mit Induktionstiegelschmelzöfen zurück. Vor dem Eintritt bei BBC 1970 wurden die ersten Kontakte während des Studiums der Elektrotechnik bei einem Betreiber eines 1 t Netzfrequenzofens gesammelt. Nach dem Eintritt bei dem bedeutenden Ofenhersteller in Dortmund befasste er sich im Kundendienst mit der Berechnung, Konstruktion, Montage und Inbetriebnahmen von Netzfrequenz- und Mittelfrequenzöfen, davon 20 Jahre als Leiter der Kundendienstabteilung. Neben den Schmelzöfen, Warmhalteöfen, Giesseinrichtungen wurden auch die Nebenaggregate wie Transformatoren, Rückkühlanlagen und Chargiereinrichtungen zum Beratungsgegenstand. Hilfseinrichtungen wie Tiegelreinigungsgerät, Abschlackvorrichtung, Tiegelausdrückvorrichtung und Absaugeinrichtungen gehörten ebenfalls zum Aufgabenbereich. Besonderes Interesse galt stets den betriebspezifischen Prozessabläufen in den unterschiedlichen Giessereien.
Auf Grund der Nachfrage vieler Mitarbeiter in den Giessereien nach Informationen, hat sich der Autor zum Schreiben dieses Handbuches entschlossen.
Die 1. Auflage vom Mai 2003 war nach 2 Monaten vergriffen und es wurde die 2. Auflage auf Grund der regen Nachfrage aufgelegt.
Durch die Zulieferindustrie kam die Anregung zum Druck des Induktionsofenhandbuches in englischer Sprache und die Einbindung von Veröffentlichungen über die Produkte der interessierten Firmen. Dieses war der Anlass zur 3. Auflage mit der Erweiterung der Stichwortanzahl um ca. 80 %. Die englische Auflage wird in Abhängigkeit der Nachfrage ggf. Ende 2003 oder Anfang 2004 erscheinen.

Witten, im November 2003

Abbinden

ist das Erhärten von Mörtel und Beton.

Abbrand

sind Metallverluste, die beim Schmelzen vorwiegend durch Oxydation oder Verdampfen anfallen. Die Oxide gehen in die Schlacke und werden mit dieser dann aus dem Schmelzbad entfernt. Der Metallabbrand wird damit als Gewichtsunterschied zwischen dem kalten Metalleinsatz und der fertigen, im Ofen bereitstehenden, Schmelze definiert. Bei kleinstükkigem Einsatz, wie Späne und feine Stanzreste, ist der Abbrand höher als bei kompaktem Schrott. Bei gleichem Gewicht des Einsatzes ist hierbei die Oberfläche des Einsatzgutes (Späne) ein vielfaches wie bei kompaktem Schrott.

Abklingen

sagt man zu dem Verlust von Legierungselementen. Der Verlust an Mg-Gehalt beim Speichern und Gießen von GGG in größeren Behältnissen ist die häufigste Anwendung des Begriffs Abklingen.

Abkühlen

ist der Temperaturverlust des Tiegels im ausgeschalteten Zustand des Ofens und in der Regel bei leeren Tiegeln. Bei gefüllten Tiegeln spricht man vom Temperaturverlust. Saure Tiegel läßt man während der Betriebsunterbrechung abkühlen. Neutrale und basische Tiegel werden in der Regel auf Temperaturen oberhalb 800 °C gehalten.

Abkühlungsgeschwindigkeit

wird in Kelvin/sec oder Kelvin/min angegeben.

Abplatzungen

sind Oberflächenfehler an Gussstücken, die durch Gas- oder Lufteinschlüsse unterhalb der Gusshaut hervorgerufen werden. Diese brechen meistens bei der Wärmebehandlung der Gussstücke auf. Auch an feuerfestem Mauerwerk und an Tiegelzustellungen treten durch unsach-

gemäßes Aufheizen, plötzliche Temperaturänderung oder chemische Einflüsse Abplatzungen auf.

Abschrecken

ist der allgemeine Begriff für eine Temperaturabsenkung mit hoher Abkühlungsgeschwindigkeit. Formstoffe mit hoher Wärmeleitfähigkeit führen zum Abschreck-Effekt, dieser ist um so stärker, je dünnwandiger der Guss ist.

Abstich

ist die Entnahme des flüssigen Metalls aus einem Ofen. Speziell versteht man unter Abstich das Öffnen des Stichloches bei einem Hochofen oder Kupolofen, damit das Metall in die Rinne abfließen kann.

Abstichtemperatur

ist die Entnahmetemperatur eines flüssigen Metalls aus dem Ofen.

Absaugungen

sind beim Betreiben von Induktionsöfen weitgehendst vorgeschrieben. Bei Tiegelöfen fällt beim Chargieren und dem Herstellen von GGG direkt vor dem Ofen so viel Rauch und Staub an, dass hier eine Absaugung unumgänglich ist. Bei einem 5 t-Ofen wird bei einer integrierten Haubenabsaugung mit Deckel eine Luftmenge von ca. 10.000 Nm^3/h erforderlich. Bei einer Abstandshaube, die über den Ofen geschwenkt wird, müssen ca. 15.000 Nm^3/h und entsprechende Fließgeschwindigkeitsmaßnahmen getroffen werden.

Abschlacken

wird in der Regel nach dem Erreichen des Abstichfüllstandes durchgeführt. In den meisten Fällen wird ein Schlackenbinder auf das Bad gebracht und mit Handgeräten oder pneumatischen Schlackenbaggern entfernt.
Die eingesetzten Werkzeuge müssen vorher mit Schlichte behandelt werden, damit später ein besseres Lösen der Schlacke möglich ist. Vor dem Eintauchen in das schmelzflüssige Bad, muss das Werkzeug ausreichend über diesem getrocknet bzw.erwärmt worden sein.

Abziehen

ist das Entfernen einer Schlacke von der Badoberfläche. Bei der Entnahme von Gießereihilfsstoffen aus Bunkern mit mechanischen Vorrichtungen spricht man auch vom Abziehen.

Aggregatzustand

gibt die Zustandsform eines Stoffes fest, flüssig oder gasförmig an.

Akkumulator

ist eine Vorrichtung zur Energiespeicherung, z. B. Elektrobatterie, Druckkessel bei Luft und Druckspeicher bei Hydraulik.

Alitieren

ist ein Oberflächenschutzverfahren für Stahl und bestimmte Eisensorten zur Verbesserung der Zunderbeständigkeit durch Eindiffundieren von Aluminium. Das Aluminium wird durch Spritzen oder Tauchen aufgebracht und dann durch Glühen eindiffundiert. Der behandelte Werkstoff wird bis ca. 950 °C zunderbeständig.

Alpaka

ist die Handelsbezeichnung für Neusilber mit 47-60 % Cu, 12-25 % Ni, bis 2 % Pb, Rest Zink.

Anfahrblöcke

werden bei Induktionstiegelöfen bis ca. 150 Hz Betriebsfrequenz zum Start benötigt, damit ein Ofen mit akzeptabler Leistungsaufnahme und elektrischem Wirkungsgrad starten kann. Der Durchmesser sollte ca. 100 mm kleiner als der Tiegeldurchmesser bei Neuzustellung sein.
Die Konizität ist für eine schnelle Entleerung aus der Form erforderlich. Manche Kunden haben sich teilbare Formen angefertigt und können dadurch mit ganz geringer Konizität von unter 1 % arbeiten. Beim Giessen der Anfahrblöcke werden die Anhängeösen aus Baustahl direkt mit eingegossen. Damit beim Übereinanderstellen im Tiegel oder auch am Lagerplatz dieAnhängeösen nicht beschädigt werden ist es sinnvoll,

im unteren Bereich des Anfahrblockes eine entsprechende Aushöhlung vorzusehen. Bei entsprechender Ausbildung der Form mit 2 seitlichen Nuten werden die vorgefertigten Anhängeösen in diese Nuten gesteckt und sind somit ausreichend fixiert. Auch Betreiber von Mittelfrequenzanlagen sollten sich eine Anzahl an Anfahrblöcken auf Vorrat halten. Zum Eindrücken von leichtem Schrott oder zum Absenken der Schmelzentemperatur beim Sumpfschmelzen sind diese sehr dienlich.

Anfahren

von Induktionstiegelöfen ist in Abhängigkeit der Betriebsfrequenz sehr unterschiedlich. Es gibt das Anfahren eines neuen Tiegels und eines schon in Betrieb gewesenen Tiegels auch Kaltstart genannt.
Zum Anfahren eines neuen Tiegels sagt man auch Sintern, es gibt das Flüssgsintern nach Ausbau einer Dauerschablone oder mit der verlorenen Schablone, die im Ofen verbleibt und aufgeschmolzen wird. Nach Erreichen des maximalen Füllstandes wird die Schmelze auf ca. 50 bis 100 K über die normale Abstichtemperatur gefahren und bis 2 Stunden bei sauren Massen und bis zu 4 Stunden bei neutralen und basischen Massen gehalten. Danach erfolgt der 1. Abstich.
Beim Anfahren von feucht zugestellten Massen sind die Herstellervorschriften strikt einzuhalten, um das Austreiben der Feuchtigkeit sicherzustellen. Diese Massen können nicht mit Flüssigmetall beschickt werden.
Netzfrequenzöfen ohne Flüssigbefüllung müssen mit Anfahrblöcken angefahren werden. Der Durchmesser sollte ca. 100 mm geringer sein als der Tiegeldurchmesser. Die Füllhöhe sollte etwa bei 2/3 der Spulenhöhe sein.
Mittelfrequenzöfen ohne Flüssigbefüllung können mit normalem Stahlschrott, der jedoch keine Späne, keine Abmessungen grösser als 50 % des Tiegeldurchmessers und keine Blechpakete enthalten sollte, angefahren werden.

Anfahrringe

können als Ersatz von Anfahrblöcken zum Einsatz kommen. Der Außendurchmesser ist ca. 100 mm kleiner als der Tiegeldurchmesser, der Innendurchmesser der Ringe ist ca. 200 mm kleiner als der Außendurchmesser. Der Einsatz dieser Ringe wurde in den 70er Jahren bei Netzfrequenzöfen mit Tiegeldurchmessern > 1.000 mm für die Sinter-

chargen empfohlen. Der erste Ring legte sich auf den Tiegelkonus, anschließend legte man an 3 Stellen auf dem Umfang 50 mm dicke Abstandsstücke, ca. 100 mm lang und breit. Auf diese Teile kam dann der nächste Ring. Dieses Verfahren wurde bis zur Oberkante der Induktionsspule geführt. In den Hohlraum der Ringe kann noch kompakter Schrott bis oben hin gefüllt werden. Auf Grund der guten Ankopplung erreicht man eine sehr gleichmäßige Erwärmung der Ringe und damit der Stampfschablone sowie der Stampfmasse. Bei Trockenmassen wurde mit ca. 100 K/h gefahren. Wenn halbplastische Massen mit bis zu 4 % Feuchtigkeit eingesetzt wurden, reduzierte man die Temperaturerhöhung auf 50 °K/h. Dadurch erhielt man eine gleichmäßige Trocknung mittels der Stampfschablone an der Tiegelwand. Dieses Verfahren ist Ende der 70er Jahre jedoch aus Kostengründen eingestellt worden. Die Anfahrringe wurden aus ca. 80/100 mm dicken Stahlplatten gebrannt. Ein Kunde in Finnland hat die Ringe aus Resteisen gegossen.

Anfahrwiderstände

werden meistens 1-phasig in eine Ofenphase bei Netzfrequenzöfen geschaltet. Bei Anlagen bis 1000 kW sind auch 3-phasige Anfahrwiderstände eingesetzt worden. Bei einem 1-phasigen Widerstand ist dieser etwa gleich groß wie der Scheinwiderstand des Induktionsofens. Bei niedrigen Ofenspannungen liegt der Wert um 0,4 Ohm und bei höheren, wie z. B. 2600 V, liegt der Wert um 1,2 Ohm. Der Nennstrom liegt bei 300 bis 800 Ampere, je nach vorgesehener Einschaltdauer. Bei SPS-Steuerungen werden wesentlich niedrigere Einschaltzeiten erforderlich. Die Energie am Anfahrwiderstand wird in Wärme umgewandelt und führt bei häufigem Einschalten in kurzen Zeitabständen zur Zerstörung der Widerstandselemente aus Grauguss. Wenn 800 A fließen ergibt sich an einem 1 Ohm Widerstand eine Leistung von 640 kW, die bei einer Einschaltdauer von 5 Sekunden eine Energie von ca. 0,9 kWh in Wärme umgesetzt. Ein 50 kg schwerer Widerstand erwärmt sich in dieser Zeit um etwa 50 K. Das Einschalten von Induktionstiegelöfen ohne Anfahrwiderstand führt zu unzulässigen Stromspitzen im Netz, die vermieden werden müssen. Das Einschalten des Ofens ohne Anfahrwiderstand bei 50 % der Nennspannung ermöglicht den Betrieb mit 25 % der Nennleistung und etwa gleichem Einschaltstrom wie mit einem Anfahrwiderstand. Das Einschalten mit höheren Spannungen kann zum Ausfall der Schaltgeräte führen.

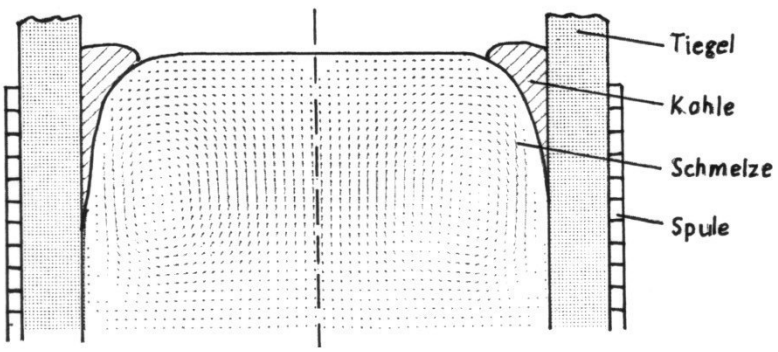
Aufkohlen

ist bei der Herstellung von Gusseisen aus Stahlschrott und Kohlenstoff sowie anderer Legierungselemente unumgänglich, da bei der metallurgischen Probe sehr selten der exakte Kohlenstoffgehalt getroffen wird. In der Regel müssen bis zu 0,3 % C aufgekohlt werden.
Der Induktionstiegelofen ist für den Aufkohlungsprozess sehr gut geeignet. Die Badbewegung/Rührwirkung und die gleichzeitige Temperaturerhöhung führen zu optimalen Ergebnissen, wenn die nachstehenden Randbedingungen eingehalten werden. Das sind bei 0,3 % Aufkohlung 5 Minuten Rührzeit und eine Temperaturerhöhung von 100 K und ein Badüberstand oberhalb der aktiven Induktionspule von ca. 25 % der Spulenhöhe bei Netzfrequenz (50/60 Hz) und ca. 5 % der Spulenhöhe bei Mittelfrequenz (500 Hz) mit gleicher spezifischer Leistung. Die spezifische Leistung für gleiche Badbewegung liegt bei 300 kW/t für Netzfrequenz, bei 545 kW/t bei 250 Hz und 750 kW/t bei 500 Hz .
Sollte für bestimmte Fälle ein Aufkohlen um ca. 0,5 % C erforderlich sein, so muss neben einer Erhöhung der Temperaturdifferenz von 100 K auf 130 K auch eine Rührzeit von ca. 7 Minuten vorgesehen werden um eine sichere Lösung des Kohlenstoffes in der Schmelze zu erreichen.
Für die 3 obengenannten Frequenzen sind nachstehende Ofengrössen und Leistungen als ideal anzusehen.

NF - 50 / 60 Hz	12,5 t -3.000 kW	9 Minuten	für 100 K - 25 % Überhöhung
MF - 250 Hz	5,5 t -3.000 kW	4 Minuten	für 100 K - 25 % Überhöhung
	mit 2.400 kW	5 Minuten	für 100 K - 20 % Überhöhung
	mit 3.000 kW	5 Minuten	für 125 K - 25 % Überhöhung
MF - 500 Hz	4,0 t -3.000 kW	3 Minuten	für 100 K - 25 % Überhöhung
	mit 1.800 kW	5 Minuten	für 100 K - 15 % Überhöhung
	mit 3.000 kW	5 Minuten	für 166 K - 25 % Überhöhung

Aus diesen Werten kann man entnehmen, dass ein Netzfrequenzofen um ca. 300 mm, ein 250 Hz-Ofen um ca. 220 mm und ein 500 Hz-Ofen bei angepasster Leistung um ca. 150 mm überfüllt werden kann.
Wenn auf Grund der für den Betrieb erforderlichen Schmelzleistung/h eine wesentlich höhere spezifische Leistung installiert ist, muss die metallurgische Schmelzführung optimal eingestellt und beim Erreichen der Spulenoberkante die erforderliche Kohlenstoffmenge für den Endfüllstand eingestellt sein.

Ein 5,5 t-Ofen mit z. B. 4.800 kW hat eine Überhitzungsleistung von 40 K/Minute und somit eine Rührzeit von ca. 2, 5 Minuten für 100 K. Um die Rührzeit von 5 Minuten einzuhalten müsste die Temperaturdifferenz 200 K sein. Dieser Wert ist in der Praxis nicht realistisch. Man sollte diesen Ofen mit ca. 3.000 kW ca. 5 Minuten und einer Temperaturdifferenz von 125 K fahren.



Badkuppe und Schmelzenströmung im oberen Bereich eines 6 t-Tiegelofens (200 Hz, 5.800 kW) nach Zugabe von Kohle auf die Badoberfläche

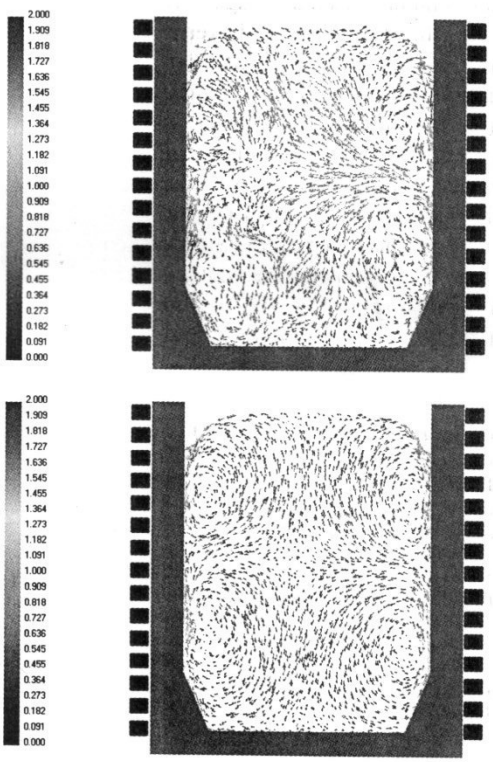
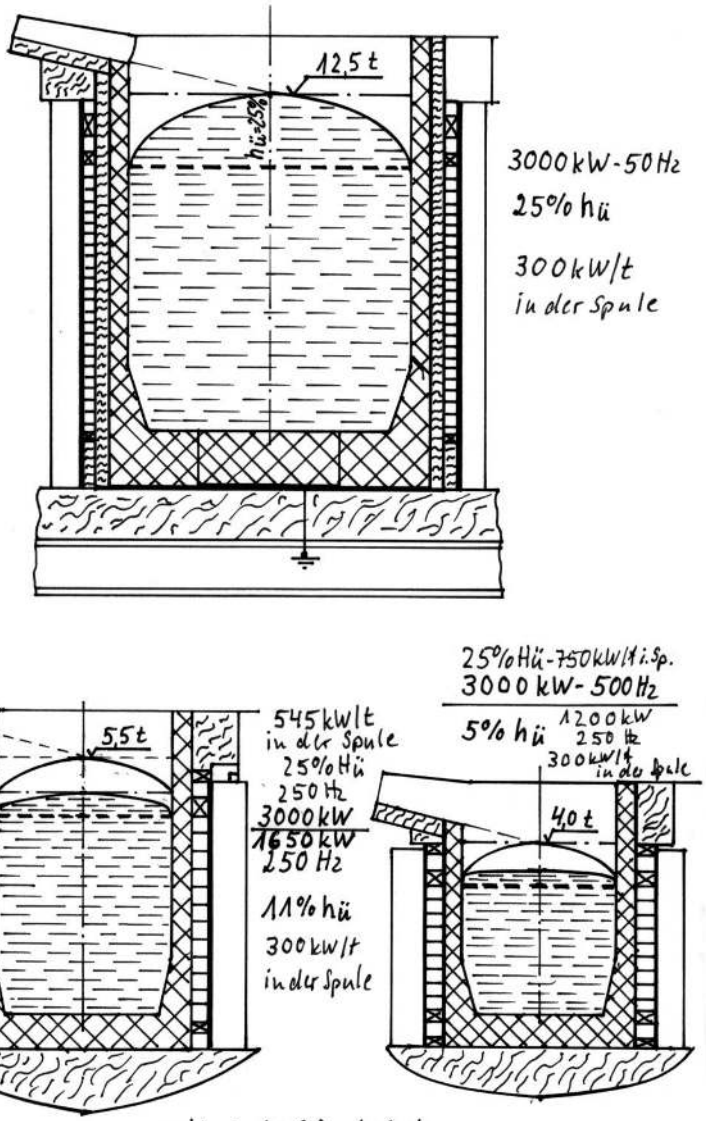
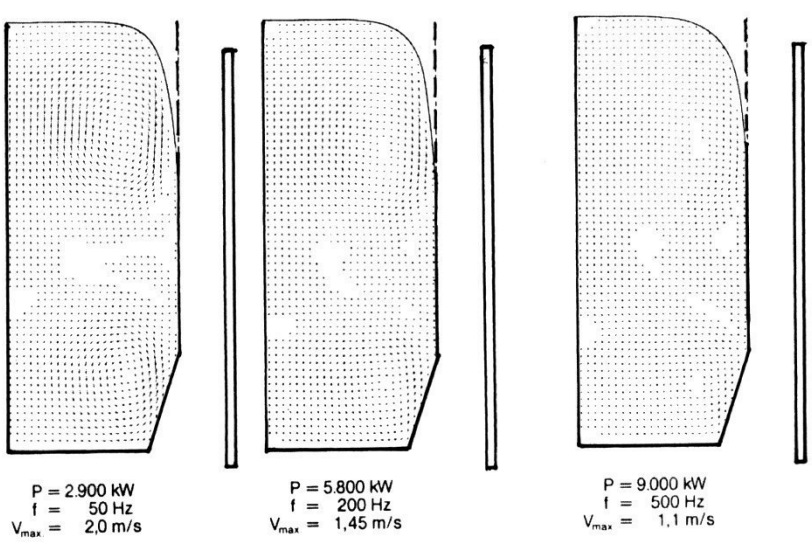


Bild 2:
Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit in einem Induktionstiegelofen im instationären Zustand (oben) und im zeitlich gemittelten Zustand (unten) berechnet mit dem LES-Turbulenzmodell



optimierte Ofenleistungen



Betrag und Richtung der Schmelzenströmung im 6-t-Tiegelofen

Anlagensysteme zum automatischen Gießen von Eisengußwerkstoffen

E. Neumann, D. Trauzeddel

Aufgabenstellung

Die zunehmende Rationalisierung des Gießprozesses insbesondere in Verbindung mit dem Einsatz von Hochleistungsformautomaten, aber auch die gleichzeitige Forderung nach erhöhter Flexibilität und vor allem die Gewährleistung konstanter Gießparameter ist ohne den Einsatz automatischer Gießöfen und -einrichtungen nicht denkbar. Der Gießvorgang, der sonst von dem individuellen handwerklichen Können des Gießers abhängig ist, wird durch die Automatisierung im hohen Maße reproduzierbar, und die optimierte Gießkurve kann exakt nachgefahren werden. Das trägt entscheidend zur Verbesserung der Gußstückqualität bei, führt zu einer Verringerung des Ausschußanteils und reduziert das Kreislaufmaterial.

»Die Abdeckung mit keramisch zugestellten Deckelsegmenten reduziert die Abstrahlverluste deutlich«

Damit stehen die wirtschaftlichen Vorteile, die Prozeßsicherheit und die Einengung der Qualitätsparameter als Entscheidungskriterien für den Einsatz der automatischen Gießsysteme fest.

Die Otto Junker GmbH stellt seit Jahrzehnten Anlagensysteme unterschiedlicher Baugröße und Ausführung – druckbetätigte Gießöfen und unbeheizte Gießeinrichtungen – für den Gießprozeß her und verfügt über langjährige praktische Erfahrungen aus dem Produktionseinsatz dieser Aggregate. Diese Erfahrungen sind Basis für die ständige Weiterentwicklung der Anlagen.

Bei allen graduellen Unterschieden zwischen den Gießöfen und den unbeheizten Gießeinrichtungen – in bezug auf die Automatisierung des Gießprozesses erfüllen sie grundsätzlich die gleichen Anforderungen. Darüber hinaus bieten die Gießöfen folgende Möglichkeiten für den Schmelz-und Gießprozeß:

- Speicherung und Pufferung von flüssigem Eisen,
- Warmhalten und Überhitzen,
- Analysenausgleich,
- längere Speicherung von behandeltem Gußeisen mit Kugelgraphit.

Unbeheizte Gießeinrichtungen

Die Wärmeverluste in den unbeheizten Junker-Gießeinrichtungen bewegen sich auf Grund der sehr guten Isolierung und der gewählten Konstruktion auf einem sehr niedrigen Niveau, sie sind aber grundsätzlich nicht vermeidbar. Somit sinkt die Temperatur des flüssigen Eisens ab, so daß unter den Bedingungen hoher Qualitätsanforderungen und der Einhaltung weitgehend gleicher Gießparameter nach 12 bis 15 Minuten das Abgießen der im Gefäß gespeicherten Eisenmenge beendet sein sollte und ein erneutes Befüllen erfolgt.

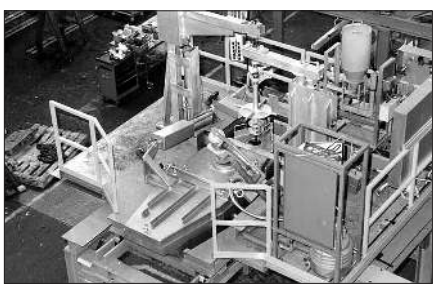


Bild 1. Unbeheizte Otto-Junker-Gießeinrichtung

Davon ausgehend, hat sich für die überschlägige Auslegung die Faustformel ergeben, daß das Nutzfassungsvermögen einer unbeheizten Gießeinrichtung ein Viertel des stündlichen Flüssigeisendurchsatzes betragen soll.

Die automatisch dosierende Gießeinrichtung besteht aus einem wannenförmigen Gefäß, das mit einer keramischen Gießmasse ausgekleidet ist und ein Nutzfassungsvermögen von bis zu 2 500 kg hat. Die Abdeckung mit keramisch zugestellten Deckelsegmenten reduziert die Abstrahlverluste deutlich.

Die Anlage ist in zwei Richtungen, genau wie ein Gießofen, verfahrbar und zum Dosieren mit Stopfeneinrichtung und automatischer Gießspiegelregelung ausgerüstet.

Gegenüber einem Gießofen hat die unbeheizte Gießeinrichtung die Vorteile, daß ein Eisenwechsel (andere Werkstoffqualität) einfach und schnell erfolgen kann, die Aufwendungen für die Investition und das Betreiben (Energie, Zustellung, Wartung) geringer sind und die Anlage schnell und unproblematisch angefahren werden kann.

Schon die Tatsache, daß das Warmhalten am Wochenende entfällt, führt zu einer nicht unerheblichen Energieeinsparung im Vergleich zu einem Gießofen.

Diesen Vorteilen stehen die sich aus der fehlenden Beheizung ergebenden Konsequenzen gegenüber.

Bild 1 zeigt eine unbeheizte Gießeinrichtung mit einem Fassungsvermögen von 2 000 kg mit Stopfeneinrichtung und Gasbrenner zum Aufheizen.

Dipl.-Ing. Elmar Neumann und Dr. Dietmar Trauzeddel beide Otto Junker GmbH, Simmerath

Druckbetätigter Gießofen

Das Ofenkonzept kann als bekannt vorausgesetzt werden, so daß nachstehend spezielle Ausführungen beschrieben werden, die zeigen, daß, aufbauend auf einer bewährten und häufig eingesetzten Grundkonstruktion, die erforderliche Flexibilität für individuelle Lösungen vorhanden ist.

Bevor jedoch auf diese Sonderkonstruktionen eingegangen wird, folgen einige Bemerkungen zu den Normalausführungen. Die in Bild 2 erfaßten Daten von realisierten Gießofenanlagen dokumentieren, daß von Otto Junker ein breites Spektrum an verschiedenen Baugrößen abgedeckt wird. Bezogen auf das Fassungsvermögen, reicht das von 2 t bis zu 40 t Nutzfassung und Leistungen der elektrischen Schaltanlage von 150 kW bis 1 200 kW. Dabei zeigt es sich, daß trotz erheblicher, projektspezifischer Unterschiede durchschnittlich ca. 20 kW/t für das Überhitzen des gespeicherten Eisens zur Verfügung stehen, während der spezifische Warmhaltewert naturgemäß mit steigender Ofengröße deutlich sinkt. Nicht unerwähnt bleiben soll, daß man beim Einsatz von behandeltem Gußeisen mit Kugelgraphit eine etwas höhere Überhitzungsleistung anstrebt. Die Induktorleistung ist um ca. 50 kW höher auszulegen.

Für das automatische Gießen mit Stopfeneinrichtung gilt, daß sowohl das Teach-In System als auch die Gießspiegelregelung mit einem Laser oder einer Kamera vielfach erfolgreich zur Anwendung gekommen sind.

Für die Prozeßsteuerung der gesamten Anlage sowie für die Überwachung und Dokumentation aller Funktionen und Parameter kommt der Gießprozessor „JOKS“ zum Einsatz.

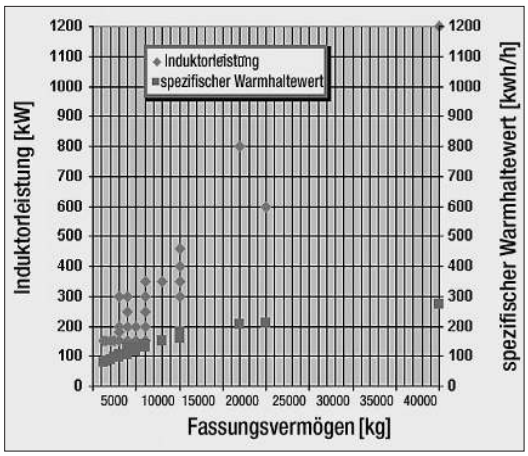


Bild 2. Übersicht über realisierte Gießofenanlagen der Otto Junker GmbH

Sonderausführungen von Gießöfen

Das direkte Gießen mit dem geregelten Stopfen in den Eingußtrichter der Form ist in einigen Fällen nicht möglich. Es trifft zu, wenn:

- ein gewichtsdosiertes Impfen unmittelbar vor dem Gießen erfolgen soll,
- ein offener Oberlauf in der Form eingesetzt wird,
- die unmittelbare Positionierung des Stopfens über dem Einguß aus Platzgründen nicht möglich ist,
- die Gießzeit länger als die Taktzeit der Formanlage ist,
- die Formanlage mit kontinuierlichem Vorschub arbeitet.

In diesen Fällen bieten sich Konzepte mit Zwischenpfannen oder Verteilerrinnen an, um die technischen Anforderungen erfüllen zu können.



Bild 3. 20-t-Gießofenanlage mit zwei wechselbaren Doppelstopfen und Einfüllstand

Werden in einem Formkasten zwei unterschiedliche Gußstücke mit getrenntem Einguß hergestellt, ist ein Doppelstopfensystem einzusetzen (es wurden auch schon Dreifachsysteme verwendet); das trifft auch zu, wenn mit zwei Eingüssen für ein Gußstück gearbeitet wird.

Dabei können die Eingüsse parallel oder nacheinander mit Eisen gefüllt werden. Sollen zwei Formkästen gleichzeitig abgegossen werden, so kommt ebenfalls eine Lösung mit Doppelstopfen zur Anwendung.

Aus der Anzahl derartiger maßgeschneiderter Lösungen werden nachstehend Beispiele realisierter Anlagen vorgestellt.

Im ersten Fall sah die Aufgabenstellung vor, daß bei einer Formkastengröße von 1 250 mm × 1 665 mm zwei getrennte Eingußsysteme parallel mit Eisen zu versorgen waren. Zum anderen war die Möglichkeit zu schaffen, daß zwei Formkästen mit je einem Einguß zusammen abgegossen werden können. Die Ausführung mit einem Doppelstopfen war auf Grund der unterschiedlich entfernten Eingußpositionen nicht ausreichend: Es mußten zwei schnell wechselbare Gießschnauzen mit unterschiedlicher Position der Doppelstopfen vorgesehen werden. Die Stopfensteuerungen sind auf beide Düsenpositionen einstellbar.

»Für die Prozeßsteuerung der gesamten Anlage kommt der Gießprozessor „JOKS“ zum Einsatz«

Dieser Otto-Junker-Ofen hat ein Nutzfassungsvermögen von 20 t, und die Schaltanlage ist für eine Leistungsaufnahme des Ofens von 600 kW ausgelegt. Die Gießleistung pro Stopfen liegt bei 11 kg/s.Für die Badstandsregelung in der Schnauze wurde ein Laser-System und für die automatische Formfüllung eine Gießspiegelregelung eingesetzt. Neben mehreren Geräten für die Zugabe von Impfmittel und Legierungsträger ist die Anlage mit einem mechanisierten mitfahrenden Einfüllstand ausgestattet. Abgegossen wird Gußeisen mit Kugelgraphit bei einer Temperatur von 1 400 °C.

Bild 3 zeigt die Anlage mit den beiden wechselbaren Doppelstopfenausführungen und den Einfüllstand während der Werkstattmontage.

Das andere Beispiel bezieht sich auf das Eingießen (Verschweißen) von Anodenträgern für die Al-Elektrolyse. Für das Eingießen des Trägers mit vier getrennten Nippeln in einem Formblock war ein direktes Anfahren der Eingußpositionen nicht möglich. Bei einer Taktzeit von ca. einer Minute und einem Gewicht von jeweils 11 kg pro Nippel war das Konzept so zu wählen, daß die Nebenzeiten für das Anfahren der einzelnen Nippel minimiert werden und möglichst nur kleine Massen bewegt werden müssen. Das führte zu der in Bild 4 dargestellten Lösung: Vier auf einem verfahrbaren Transportwagen montierte Zuführrinnen gießen nacheinander die einzelnen Nippel ein. Die Rinnen sind schräg auf dem Transportwagen angeordnet, um möglichst kurze Fahrwege beim Anfahren der einzelnen Eingußpositionen zu erreichen. Der Gießofen ist feststehend und wird nur für Reinigungs- und Wartungsarbeiten senkrecht zur Gießstrecke verfahren. Die Dosierung des flüssigen Eisens wird mit einer Teach-in-Steuerung über das Stopfensystem des Gießofens in jede einzelne Rinne vorgenommen.

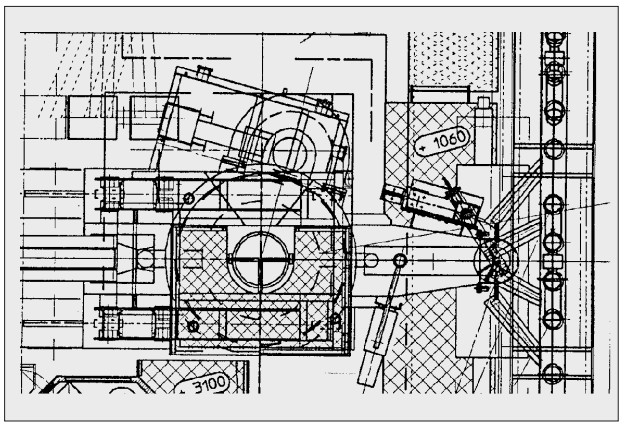


Bild 4. Layout-Darstellung der Anlage zum Eingießen von Anodenträgern (Ausschnitt)


Bild 5. Anodenträgergießofen in der Montage (Ausschnitt mit Stopfeneinrichtung und Zuführrinnen)

Der Ofen hat einen Nutzinhalt von 3 t bei einer Leistung der Schaltanlage von 150 kW, abgegossen wird eine GJL-Standardqualität.

Bild 5 zeigt die Montage der Zuführrinnen und der Stopfeneinrichtung.

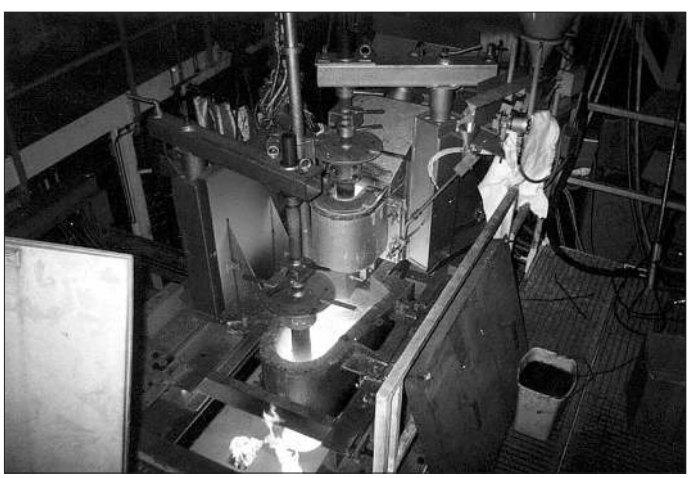
Beim dritten Beispiel handelt es sich um ein 10-t-Gießofen (Leistungsaufnahme 350 kW), der über ein Zwischengefäß mit Stopfenentleerung zum Abgießen der Formen einer automatischen Kasten-Formanlage eingesetzt wurde. Die Lösung mit einem Zwischengefäß wurde gewählt, um eine definierte Eisenmenge als Gesamtheit impfen zu können, statt im Gießstrahl oder in der Gießschnauze zu impfen.

Das Zwischengefäß ist mit einer Wiegeeinrichtung versehen und kann für Wartungs- und Reinigungsarbeiten verfahren und gekippt werden. Das Füllen erfolgt über die Stopfeneinrichtung des Gießofens, dosiert wird über das gemessene Gewicht. Das Zwischengefäß hat ein Fassungsvermögen von ca. 400 kg, das Abgußgewicht beträgt bis zu 175 kg. Das bedeutet, daß ca. die Hälfte der im Zwischengefäß gesammelten Menge abgegossen und anschließend wieder mit frischem Eisen aus dem Gießofen gefüllt wird. Diese Verfahrensweise wurde aus metallurgischen Gründen gewählt. Die Impfmenge im Zwischengefäß liegt bei 90 bis 150 g, der Graugußwerkstoff wird bei 1 440 °C vergossen.

Über die Teach-in-Steuerung des Stopfens wird die Dosierung des flüssigen Eisens in die Form vorgenommen. Bei einer Taktzeit von 40 s beträgt der Durchsatz bis zu 14 t/h.

Bild 6 zeigt das Zwischengefäß mit den beiden Stopfeneinrichtungen.

Soweit zu einigen Sonderausführungen von druckbetätigten Gießöfen für spezielle Anwendungen. Dazu ist festzustellen, daß derartige Gießofenanlagen nicht nur einen höheren Investitionsaufwand zur Folge haben, sondern naturgemäß aufwendiger in Betrieb und Wartung sind. Damit ist die Entscheidung darüber, ob Normalanlage oder Sonderausführung, von einer exakten Kosten-Nutzen-Analyse des gesamten Gieß- und Formprozesses abhängig, es sei denn, es gibt keine andere technische Möglichkeit, als eine maßgeschneiderte Anlage einzusetzen. ◄


Bild 6. Gießofenanlage mit Zwischengefäß

Automobilguss

ist die Bezeichnung von Gussstücken für den Automobilbau.

Baderdung

aus sicherheitstechnischen Gründen sollte das Schmelzbad in einem Induktionstiegelofen ständig geerdet sein. Die Erdung wird in der Regel über Bodenelektroden gewährleistet. Bei keramisch zugestellten Öfen ist das kein Problem. Beim Einsatz von Fertigtiegeln aus Tongraphit oder Siliziumcarbid wird unter dem Tiegel eine Spirale aus St 4828 in Graphit eingebettet und auf Erdpotential außerhalb des Ofengehäuses gelegt. Eine andere Methode ist die Erdung über die Gießschnauze, in der liegt eine Lasche, die einseitig an der Stahlkonstruktion angeschweißt ist. Beim 1. Abguß eines Tiegels fließt die Schmelze über die Lasche und das Bad wird dann über den leitenden Tiegel geerdet. Verlorene Stampfschablonen haben in der Regel während der Sintercharge keine Verbindung zu den Bodenelektroden, da der Tiegelboden 5-10 mm höher gestampft wird als die Bodenelektroden. Um hier die Erdung sicherzustellen, kann über ein Erdkabel mit 2 Kontaktmagneten, wie beim Lichtbogenschweißen, die Erdung zwischen der Schablone und Erde hergestellt werden.

Badüberhöhung

tritt bei Induktionstiegelöfen auf Grund der Potentialkräfte in der Schmelze auf. Nach dem Induktionsgesetz wirkt auf einen stromdurchflossenen Leiter eine Bewegungskraft, die bei einem Induktionstiegelofen senkrecht zur Wand wirkt und damit die Schmelze von der Tiegelwand abdrückt. Die Schmelze kann dieser Kraft nur nach oben ausweichen und dadurch entsteht die Badkuppe, die sich je nach Leistung und Frequenz höher oder niedriger ausbildet.

Bär

ist die Bezeichnung für das Restmetall, das in der Pfanne oder dem Ofen erstarrt ist. Man sagt auch Pfannen – oder Ofenbär.

Belüftung

ist in erster Linie zum Abführen von Wärmeverlusten an den Anlagenkomponenten erforderlich. Bei Induktionsofenanlagen im

Schmelzbetrieb wird die Anlage so gestaltet, dass die Luftaustritte zu einem Überdruck im Schaltanlagenraum führen und dadurch der Staubeinfall von außen kaum möglich ist. Bei luftgekühlten Umrichterschränken muss über entsprechende Filter der Reinheitsgrad der Frischluft eingehalten werden.

Beschwereisen

sind Gewichte aus Gußeisen, die auf gießfertige Sandformen aufgelegt werden, um dem Auftriebsdruck der Gießform entgegen zu wirken.

Betonringe

sind keramische Konstruktionselemente, die bei Einbau der Induktionsspule unterhalb und oberhalb der Induktionsspule als Widerlager und „Befestigungselemente“ dienen. Der untere Betonring nimmt die thermisch/mechanischen Kräfte des Tiegels unterhalb der Ofenspule auf. Der obere Betonring dient als Niederhalter für die Ofenspule, die durch die Schiebekräfte der Stampfmasse nach oben „gedrückt“ wird. Als Masse werden Feuerfestbetone mit Beständigkeiten bis ca. 1450 °C eingesetzt.

Blindleistung

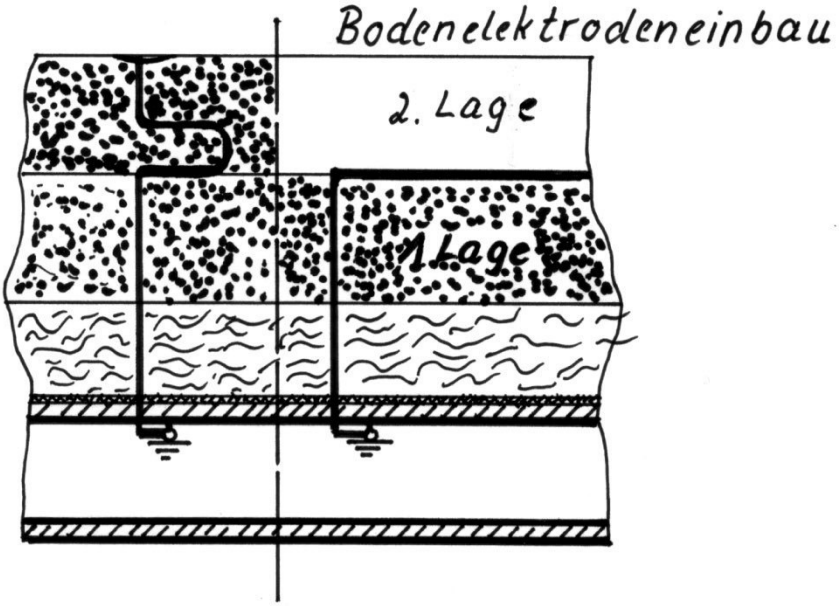
ist das Produkt aus Spulenspannung multipliziert mit dem Blindstrom, der zwischen der Ofenspule und der Kondensatorbatterie fließt, angegeben in kVar.

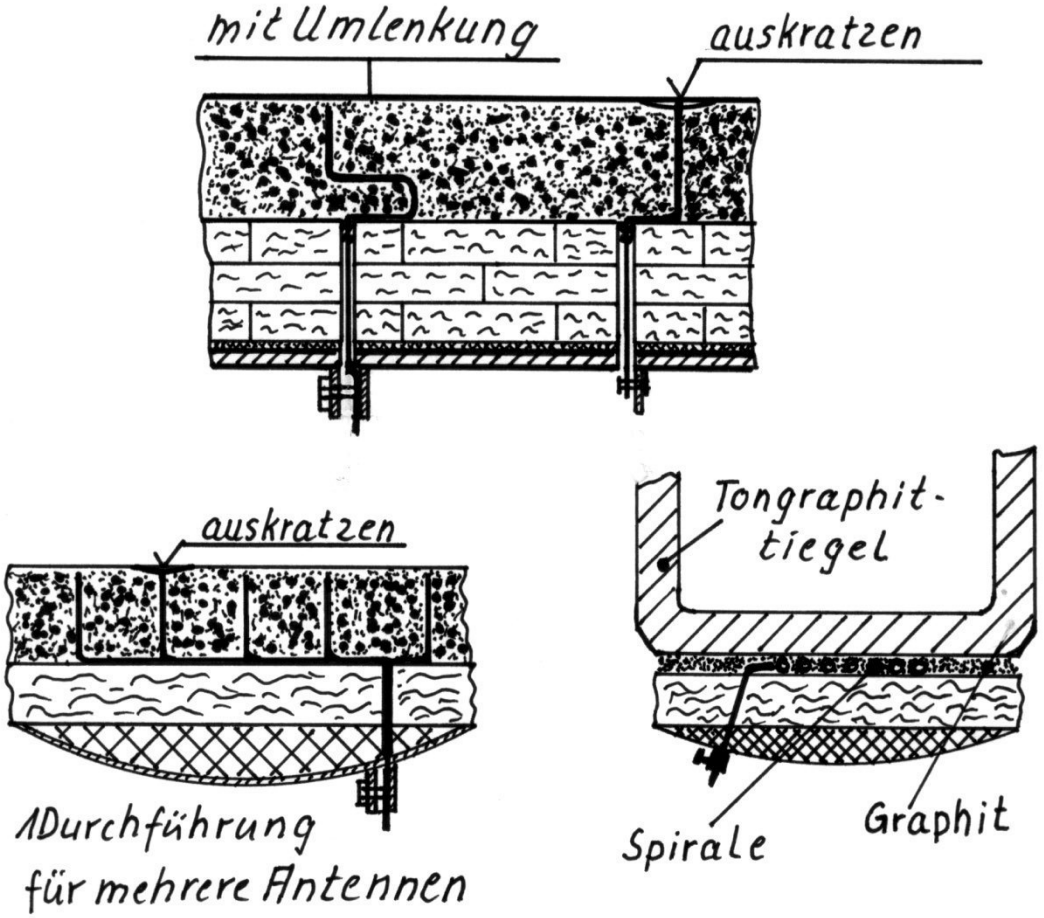
Bodenelektrodeneinbau

wird in Abhängigkeit der Bodenkonstruktion unterschiedlich ausgeführt. In der Regel werden hitzebeständige Drähte von 2 bis max. 5 mm eingesetzt. Unterhalb des Ofenkörpers befinden sich je nach Grösse des Ofens 1-4 Erdungsklemmen. Unter Berücksichtigung des Tiegelausdrückens werden meistens einzelne Drähte durch den betonierten Ofenboden geführt und in einem Ring unter dem Ofenboden befestigt. Am Ofenboden kann 1 Rohr mit 10 mm Durchmesser und 50 mm Länge angeschweisst sein. Seitlich wird eine M8-Schraube zur Erdkontaktbildung mit dem Draht angeordnet. Dadurch kann die abgenutzte Drahtlänge ggf. immer wieder nachgeführt werden. Die Bodenelektro-

dendrähte oder auch Bodenantennen genannten Drähte sind so einzubauen, dass beim Rütteln des Bodens kein Kontakt zwischen der Rüttelplatte und den Drahtspitzen entsteht. Bei 2-lagiger Bodenrüttlung kann der Draht durch eine Umlenkung mit 100 mm Auslage und einer Höhe von ca. 50 mm eingerüttelt werden. Bei 2-lagiger Bodenrüttlung können die Drähte in der Höhe der 1. Lage mit einer Restlänge von mindestens Lagenhöhe plus 250 mm für die Umlenkung parallel zum Boden umgebogen werden. Die Masse für die1. Lage wird aufgeschüttet, entlüftet und dann mit der Rüttelplatte verdichtet. Vor dem Einbringen der Masse für die 2. Lage muss die 1. Lage sehr gut aufgerauht werden, damit eine gute Verbindung zur 1. Lage entstehen kann. Jetzt werden die Antennendrähte mit einer Umlenkung auf die richtige Einbauhöhe gebracht und die erforderliche Masse für die 2. Lage eingefüllt und verdichtet.Da die Drähte immer 5-10 mm innerhalb des Tiegelbodens enden sollen, entsteht bei der Sintercharge noch kein „Erdkontakt“. Um sicherzustellen, dass bei der Sintercharge ein Erdkontakt entsteht, muss die Masse an einem Elektrodendraht ausgekratzt werden. Die Lage kann mit einem Magneten oder durch Markierungen an der Spulenwand ermittelt werden.

Bei Tongraphit- und Siliziumcarbidtiegeln wird vor dem Einsetzen des Tiegels eine Spirale aus hitzebeständigem Stahl auf den Ofenboden gelegt. Das eine Ende wird durch den Ofenboden nach unten durchgeführt und dann am Boden von aussen befestigt. Nun wird eine ca. 30 mm dicke Lage Graphitkorn oder -pulver auf den Boden verbracht. Jetzt kann der Tiegel mit Drehungen eingesetzt werden. Die Hinterfüllmasse wird nun wie üblich eingebracht und verdichtet. Durch diesen Bodenelektrodeneinbau hat der Tiegel eine relativ sichere Erdverbindung.


Bodenelektrodeneinbau
2. Lage
1. Lage

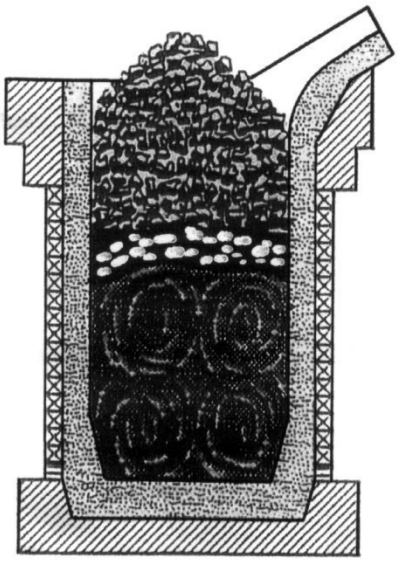

mit Umlenkung
auskratzen
auskratzen
Tongraphit-
tiegel
1Durchführung
für mehrere Antennen
Spirale
Graphit

brennstoffbeheizte Tiegelöfen

werden mit Gas oder Öl beheizt und als Metallschmelzöfen für Buntmetall, wie Kupferlegierungen, Aluminium, Magnesium, Blei usw., eingesetzt.

Brückenbildung

ist eine im Induktionsofen nicht ganz zu vermeidende Erscheinung. Wenn sich zwischen der flüssigen Schmelze und dem darüber befindlichen Einsatzgut keine wärmeleitende Verbindung befindet, sagt man, dass der Tiegel eine Brücke hat. Diese Erscheinung kann z. B. durch sich aufgehängtes Einsatzgut oberhalb der Schmelze oder durch einen keramischen Deckel auf der Schmelze durch Überhitzung und Stampfmassenauflösung auftreten. Zur Vermeidung sollte immer nur soviel nachchargiert werden, dass man eine „Glatze“ im Tiegel sehen kann. Falls es zu einer Brücke gekommen ist, sollte der Ofen angekippt und die Brücke unter größten Vorsichtsmaßnahmen aufgebrochen werden, bei MF-Öfen kann ggf. die Brücke mit geringer Leistung aufgeschmolzen werden. Durch das unkontrollierte Aufschmelzen und Aufbrechen der Brücke in Grundstellung sind schon grosse Schäden, auch beim Personal, aufgetreten.



Unter der sogenannten Brückenbildung versteht man die Bildung eines festen, dicht schließenden Deckels oberhalb der flüssigen Schmelze. Der Deckel wird als Brücke bezeichnet, weil zwischen dem festen und der darunter liegenden Schmelze kein Kontakt mehr besteht.

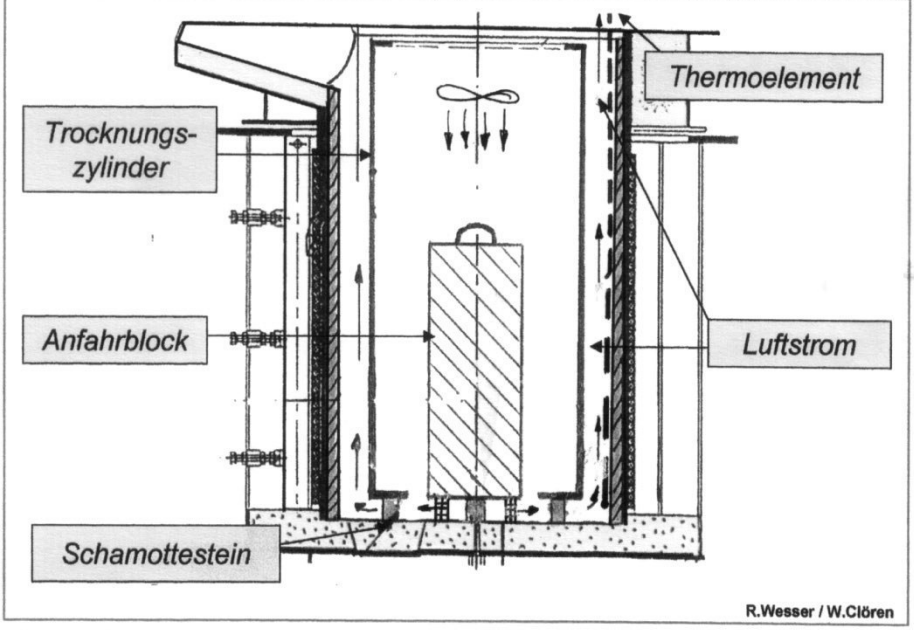
VDG Taschenbuch

IEKW Feuerfest und Service im System

Gefahr der Brückenbildung im Induktionstiegelofen bei unübersichtlich beschicktem Tiegel

RWesser

22.24



R.Wesser / W.Clören

IEKW Feuerfest und Service im System

Induktives Trocknen des Dauerfutters

RWesser

22.9

Bunker

sind Vorratsbehälter zum Speichern von Schüttstoffen. In den Gießereien werden Bunker für Formstoffe, Brennstoffe und Gattierungsstoffe eingesetzt.

Chargieren

wird in der Regel das Befüllen eines Schmelzofens mit Schmelzgut genannt. Das Chargieren kann bei kleinen Öfen bis 1 t von Hand erfolgen. Bei grösseren Öfen werden mechanische Hilfseinrichtungen eingesetzt.

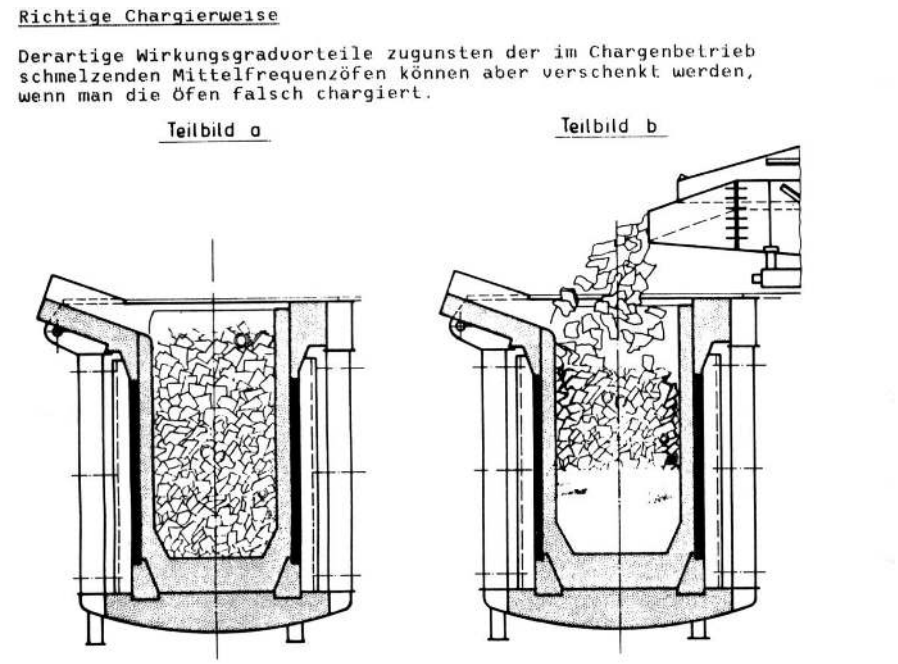


Bild 15: Chargieren von MF-Schmelzöfen bei Chargen-Schmelzbetrieb mit normalstückigem und kleinstückigem Einsatzmaterial

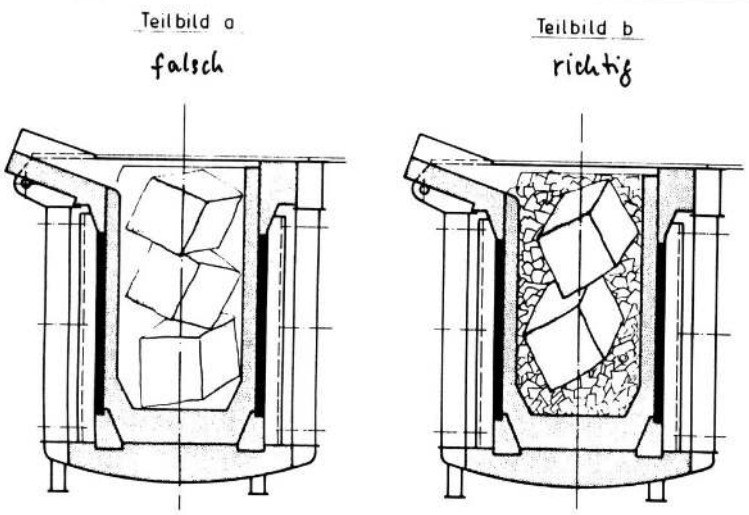


Bild 16: Chargieren von MF-Schmelzöfen bei Chargen-Schmelzbetrieb mit sperrigem Einsatzmaterial

Checkliste

ist der neudeutsche Ausdruck für die Prüfliste, die zum Abarbeiten von vorgegebenen Prüfpunkten erstellt wird. Bei Induktionsöfen unterscheidet man den elektrischen und den mechanischen Teil. Alle führenden Ofenhersteller haben für die Anlagenkomponenten die Checklisten separat ausgearbeitet oder geben über die Betriebsanweisung entsprechende Hinweise.
Grundsätzlich sollte mindestens alle 4 Wochen eine Säuberung inkl. einer optischen Prüfung durchgeführt werden. Hierbei ist insbesondere auf die Dichtigkeit der wasserführenden Teile und die Hydraulik zu achten. Reparaturen sind nicht aufzuschieben, um unvorhersehbare Ausfälle zu vermeiden.

Checkliste Nr. ____ **für Induktions-Öfen** Kunde _____
Datum _____

zu	Überprüfung	gut	schlecht	Erläuterungen
1	Schienenbefestigung			
	Hochstromschalter			
	Transformator/Drossel			
	Kondensatorschütze/Sym. Schütze			
	Kondensatorentladung			
	Hauptschütze (voreilend)			
	Spulenspanner			
	Spulenisolation			
	Paketisolation			
	Ofenkabel			
2	Kippzylinderlager			
	Ofenkipplager			
	Ofenabdeckung			
	Paketspanner			
	Spulenspanner			
	Lüfter			
	Filter			
	Pumpen/Wasser			
	Kühlwasserleitungen			
	Schläuche			
3	Dichtigkeit Ofenzylinder			
	Dichtigkeit Deckelzylinder			
	,, Hydraulikaggregat			
	,, Kühler			
4	oberer Betonring			
	unterer Betonring			
	Durchsatz/Zustellung			
	Borsäure-Zusatz			
	Deckelausdampfung			
5	Mengenwächter Ofen			
	desgl. Kondensator			
	Temperaturüberwachung Ofen			
	desgl. Kondensator			
	Kühlwassermengen lt. Mengenwä.			
	Kontr. der Gleichspannungsvers.			
6	Relaiseinstellung R/S/T			
	Meß- und Anzeigegeräte			
	Regelgeräte Komp./Sym.			
	Überstrom und sonstige Auslösungen			
	Zeitrelais			
	Hilfsschütze			
	Funktionsablauf			

Elektr. Werte: _____

ME/D 2.6588 (03.89 500 Satz)

Cogemikanit

ist ein Handelsname für ein Plattenschichtmaterial, das im Induktionsofenbau als elektrische Isolierung und als Trennmittel am Tiegel zwischen dem Verschleisstiegel und dem Spulenputz eingesetzt wird.
Es werden Plattendicken von 0,5 bis 2,5 mm verarbeitet. Über 2,5 mm sind die Platten nicht mehr beweglich genug und damit in der Anwendungsmöglichkeit begrenzt. Es gibt Dicken von 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,8 ; und 1,0 mm auf Rollen mit 1.000 mm Breite und Längen von 10 bis 25 m je nach Dicke.
Eine spezielle Ausführung ist Cogemikanit mit innenliegendem „Fliegendrahtgitter“ und aussen jeweils 0,5 mm Mikanit zum Anschluss von Überwachungssystemen in Tiegelöfen.
Eisenpakete werden mit 2 mm Isoplan und in Abhängigkeit der Betriebsspannung mit 2 x 0,5 bis 6 x 0,5 mm Cogemikanit bei 3.000 Volt gegen den Spulenaussenmantel isoliert.

Curiepunkt

ist die Temperaturhöhe bei der der metallische Werkstoff vom ferromagnetischen in den unmagnetischen Zustand übergeht.
Beispiele sind: Eisen 769 °C und Nickel 320 °C.

Dauerfutter

werden bei Tiegelöfen mit Wanddicken von über ca. 150 mm eingebracht. In der Regel handelt es sich um hochtonhaltige Giessmassen, die mit Hilfe einer nach oben konischen Schablone gegossen werden. Die Konizität ist wie beim Tiegelausdrücken ca. 0,8 %. DieDicke am oberen Rand sollte 25 mm aus giesstechnischen Gründen nicht unterschreiten.
Bei einem 30 t Ofen ist die Dicke oben 30 mm und damit unten 46 mm.
Diese Massen werden mit ca. 6 % Wasser verarbeitet. Grössere Wassermengen führen zwar zu einem besseren Giessverhalten, haben aber den Nachteil der höheren Porosität und damit eine wesentlich geringere Festigkeit. Ausserdem muss das Wasser mühsam mit Hilfe von verschiedenen Heizmethoden entfernt werden. Das Trocknen kann mit gas- oder ölbefeuerten Brennern sowie induktiv erfolgen. Die max. Temperatur am unteren Rand des Dauerfutters sollte 400 °C nicht überschreiten, damit die wassergekühlte Induktionsofenspule keinen Schaden erleidet.
Im Übrigen sollte der Trocknunsprozess wie bei den Giessmassen beschrieben durchgeführt werden. Ein langsam getrocknetes Dauer-

futter neigt nicht so schnell zu Rissbildungen wie ein zu schnell getrocknetes Dauerfutter.

Deckelantriebe

für Induktionstiegelöfen gibt es in vielfälltiger Ausführung. Bei Klappdeckeln oder Schiebedeckeln wird mit Differentialzylindern und Ketten gearbeitet. Wenn Deckelhauben eingesetzt werden, wird der Antrieb über 2 Differentialzylinder realisiert.
Schwenkdeckel werden über eine Kurvenrolle und Führungszylinder mittels eines senkrecht wirkenden Plungerzylinders angetrieben. Das Absenken erfolgt über das Eigengewicht des Deckels und der Kolbenstange. Bei bestimmten Erfordernissen wird auch ein kleiner Differentialzylinder eingesetzt.

Deckelhaubenabsaugung

ist eine Kombination von einem internen Deckel, der mit einer Absaughaube die diesen Deckel umschliesst. Dieser Absaugtyp hat sich bewährt und wird fast ausschliesslich bei Hochleistungsöfen eingesetzt. Über vorgegebene Öffnungswinkel kann diese Haube den jeweiligen Bedürfnissen angepasst werden und z. B. beim Chargieren den gesamten Qualm aufnehmen. Eine Option ist die Ausrüstung dieser Absaugung mit sich selbsttätig öffnenden Schlitzen im vorderen Bereich zum Absaugen der Dämpfe bei der Herstellung von Sphäroguss direkt vor dem Tiegelofen.

Deckelringabsaugung

wird meistens nur bei kleineren Öfen eingesetzt. Bei diesem Absaugungstyp ist ein konischer Ring mit Absaugschlitzen zum Deckel hin keramisch ausgekleidet. Die Befestigung an der Ofenabdeckel erfolgt über Keile. Bei geschlossenem Deckel oder ca. 200 mm angehobenem Deckel ist eine genügende Saugleistung gegeben. Wenn der Deckel beim Chargieren geöffnet ist, sind Qualmaustritte nicht zu vermeiden.

Desoxydation

ist die Sauerstoffentfernung aus der Schmelze, d. h. Reduktion der in der Schmelze vorhandenen Oxide.

Differentialzylinder

Sind „doppeltwirkende“ Zylinder, d. h. zur Bewegungsausführung können beide Enden mit Druck beaufschlagt werden. Diese Zylinder können auch waagerecht eingebaut werden.

Dioden

sind nicht steuerbare Halbleiterelemente, die bei Umrichtern im Bereich der Gleichrichter mit niedrigen und höchsten Leistungen, d. h. Durchgangsströmen, eingesetzt werden.

Drehtrommelöfen

werden mit Gas oder Öl beheizt und für Buntmetalle und Grauguß eingesetzt. Mit Hilfe von Hochleistungsbrennern können auch Temperaturen bis 1.500 °C in der Schmelze gefahren werden. Da die Legierungsmöglichkeiten sehr beschränkt sind, hat sich dieser Ofentyp trotz seiner relativ geringen Investitionskosten nicht durchgesetzt.

Drillleiter

siehe Roebelstab

Druckluft

ist vom Kompressor verdichtete Luft, die zum Antreiben von Maschinen und Werkzeugen sowie als Energieträger für bestimmte pneumatische Förderanlagen oder für Sprüh- und Blaseinrichtungen verwendet wird.

Dualtrak

ist die Bezeichnung eines 2 Ofenbetriebes aus einer elektrischen Energieversorgung der Firma Inductotherm, Lammersdorf.

Duomelt

ist die Bezeichnung der Firma Junker aus Lammersdorf für einen 2 Ofenbetrieb aus einer elektrischen Energieversorgung mit elektronischen Schaltern, die eine Gesamtschaltzeit von ca. 1 Sekunde haben.

Duplexbetrieb

nennt man das Einschmelzen in einem Ofen mit Zusatz von flüssigem Schmelzgut, z. B. aus einem Kupolofen, oder Verschneiden von Kupolofen- oder Hochofeneisen.

Durchbruch

ist ein Austritt feuerflüssiger Schmelze durch den Tiegel bis zur Ofenspule oder durch die Ofenspule hindurch in den äusseren Ofenbereich.

Eingußtrichter

ist der obere, konisch erweiterte Teil des Eingusses für Sand und Kokillenguss.

Einsatz

ist das Material, das in einen Ofen gesetzt wird um geschmolzen zu werden.

Einsatzgut

ist der Oberbegriff für das zu schmelzende Einsatzmaterial. Ein Induktionsofen eignet sich grundsätzlich zum Schmelzen aller elektrisch leitender Werkstoffe. Grenzen werden durch das Verhalten des geschmolzenen Materials in dem Tiegelwerkstoff gesetzt.

Einschalten

von Induktionstiegelöfen erfolgt in der Regel von Hand, bei Prozessorsteuerungen automatisch. Netzfrequenzanlagen sind meistens 3-phasig am Drehstromnetz angeschlossen. Über die Steinmetz-

schaltung wird das Drehstromnetz auch bei 1-phasigem Anschluss des Induktionsofens auf allen 3 Phasen gleichmäßig belastet. In Abhängigkeit der Netzbelastung darf die Schieflast der 3 Phasen untereinander auch bis zu 10 % des höchsten Phasenstromes betragen. Bei Phasenströmen über ca. 500 A wird die symmetrierte Phase voreilend eingeschaltet und eine Ofenstromphase wird über einen Einschaltwiderstand mit reduziertem Einschaltstrom geschaltet. Kurze Zeit nach diesem Einschaltvorgang wird das Überbrückungsschütz zum Kurzschliessen des Einschaltwiderstandes geschaltet. Durch diese Maßnahme wird der hohe Einschaltstrom von ca. 1500 A auf etwa ein Drittel verringert. Das Hochfahren eines Netzfrequenzofens über die einzelnen Trafostufen bringt keine Vorteile, da jede einzelne Stufe letztendlich mit voller Last eingeschaltet wird. Der grosse Nachteil ist sogar die Vervielfältigung der Schaltspiele an den Haupt- und Überbrückungsschützen.
Bei Mittelfrequenzanlagen wird der Strom über eine so genannte Anfahrrampe entsprechend den Vorgaben von 0 auf den Maximalwert des erforderlichen Stromes gebracht. Manche Kunden lassen sich diesen Vorgang z. B. so einstellen, dass in der 1. Einschaltphase die Leistung auf 1000 kW und dann nach ca. 10 Sekunden auf die Maximalleistung von 3200 kW gefahren wird.
Sofort nach dem Einschalten der elektrischen Leistung steht wie bei einem Durchlauferhitzer die Energie in Form von Wärme an. Aus diesem Grund muss grundsätzlich vor dem Einschalten eines Induktionsofens die Wasserversorgung der Ofenspule mit ausreichender Menge und angepasster Temperatur sichergestellt sein.

Eisenpakete

werden zur Rückführung und Leitung des magnetischen Stromes außerhalb der Ofenspule eingesetzt. Außerdem halten die Eisenpakete konstruktiv die Ofenspule. Ohne die Eisenpakete wäre der Bau von grossen Induktionstiegelöfen nicht möglich. Eisenpakete werden bis zu ca. 2.000 Hz Betriebsfrequenz eingesetzt. Die Verlustleistung beträgt zwischen 0,35 W/kg und 1,5 W/kg Eisen. Die Eisenpakete werden mit einem Mindestüberstand über die Spulenlänge/-höhe von 100 mm oder dem Abstand zwischen der Schmelze und dem Spulendurchmesser eingesetzt. Im konstruktiven Aufbau sind die Eisenpakete sehr wichtig und die Abmessungen richten sich nach der magnetischen Belastung sowie den mechanischen Anforderungen hinsichtlich der Stabilität. Bei hohen

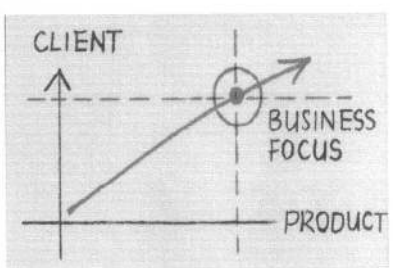
elektrischen Leistungen und Mittelfrequenz werden die Eisenpakete wassergekühlt ausgeführt. Eisenpakete der Tiegelöfen werden aus nichtkornorientierten Blechen hergestellt.

Eisenpaketüberstand

wird aus konstruktiven und elektomagnetischen Gründen benötigt. Die Eisenpakete dienen zur Führung und Leitung des magnetischen Flusses ausserhalb der Induktionsofenspule. An den beiden Enden der Induktionsspule entsteht ein Querfeld, das durch die Eisenpakete „eingefangen" werden muss, damit das sonst entstehende Streufeld nicht die Stahlkonstruktion des Ofenkörpers induktiv erwärmen kann.
Der Eisenpaketüberstand sollte oben etwa so gross sein wie der Abstand zwischen dem Nenntiegeldurchmesser und dem Spuleninnendurchmesser. Im unteren Bereich werden ca. 30 % mehr an Überstand eingesetzt. Genauere Werte ergeben sich aus den elektrischen Daten des jeweiligen Ofens. Bei einem 5 t-Ofen mit 3.000 kW sind es oben ca. 120 mm und unten ca. 160 mm. Wenn der Ofen mit 4.800 kW betrieben wird können hier 150 und 200 mm erforderlich werden.

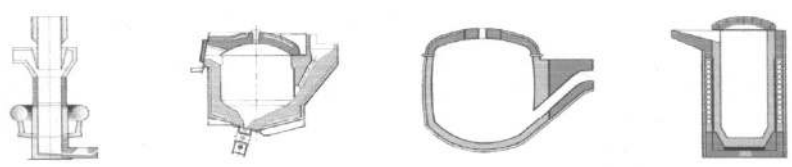
Zeitgemäße Feuerfest-Technologie für die gesamte Gießerei-Industrie

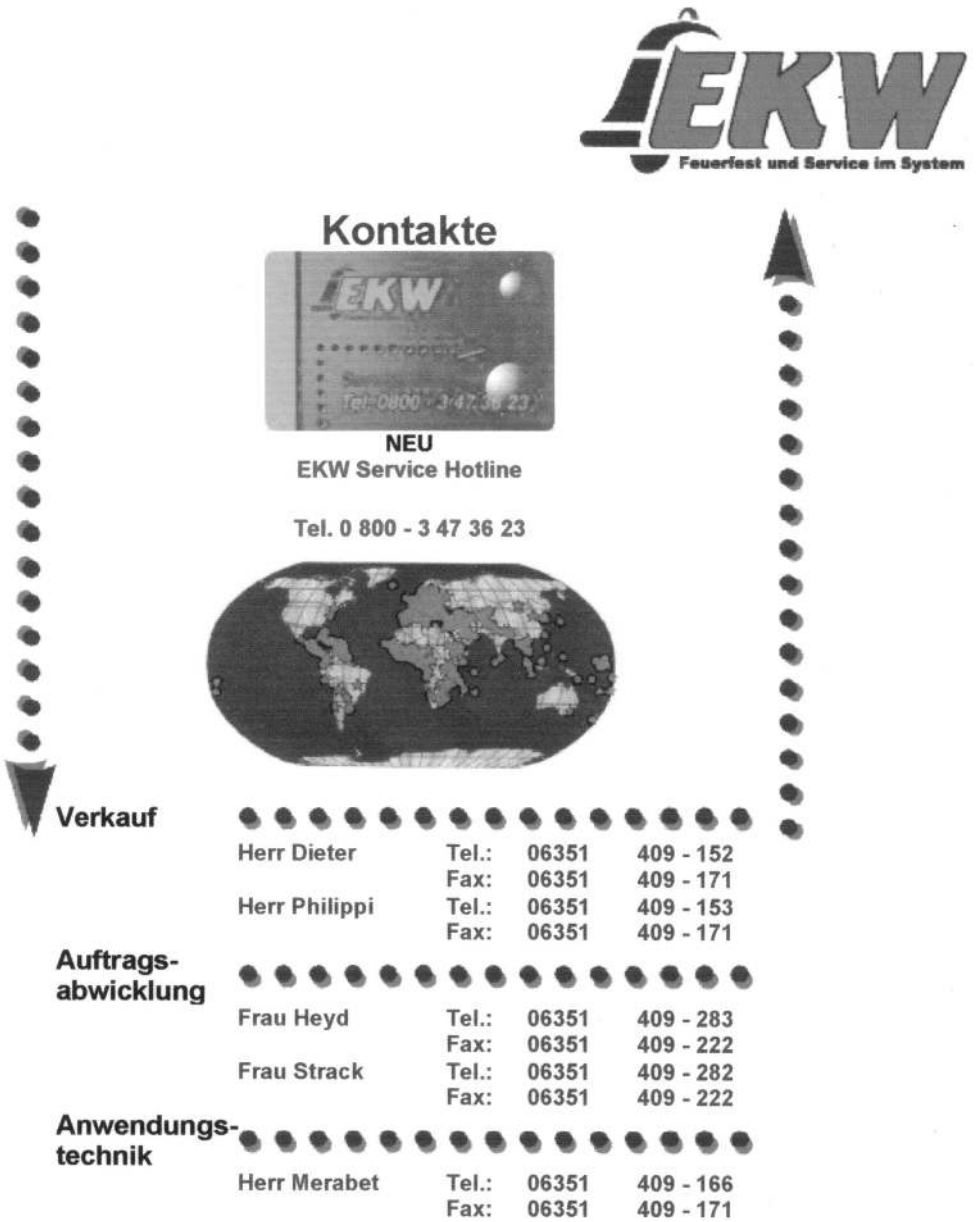
100 Jahre EKW
Feuerfest und Service im System



EKW GmbH
Postfach 12 20
D-67299 Eisenberg
Tel: 0049/6351/409-0
Fax: 0049/6351/409-170

Hausanschrift:
EKW GmbH
Bahnhofstr. 16
D-67304 Eisenberg
Internet: www.ekw-feuerfest.de
email: ekw@ekw-feuerfest.de





Emission

nennt man den Austritt von Strahlen, Gasen oder Stoffen, z. B. Staubemission aus einem Kupolofen.

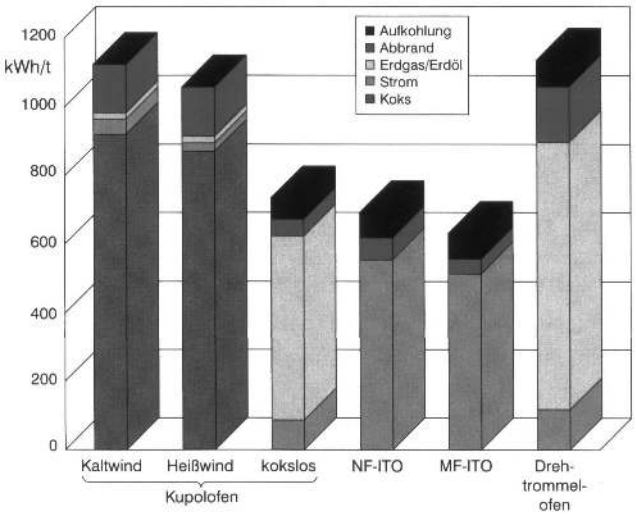


Bild 1: Spezifischer Endenergiebedarf beim Schmelzen von Gusseisen bei brennstoff- und elektrisch beheizten Schmelzanlagen

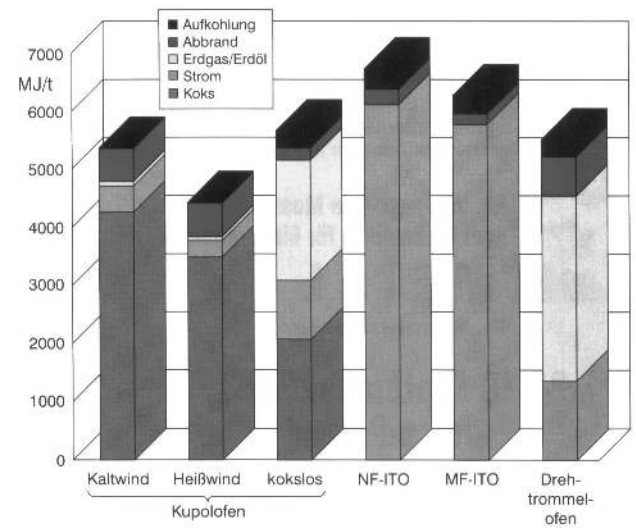


Bild 2: **Spezifischer Primärenergiebedarf beim Schmelzen von Gusseisen bei brennstoff- und elektrisch beheizten Schmelzanlagen**

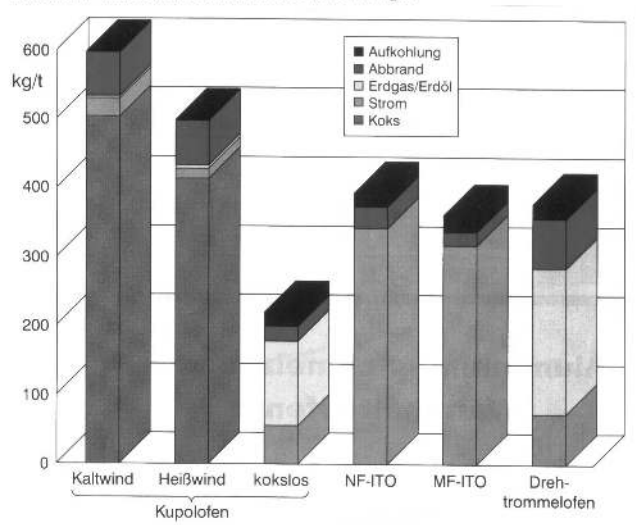


Bild 3: Spezifische CO_2-Emissionen beim Schmelzen von Gusseisen bei brennstoff- und elektrisch beheizten Schmelzanlagen

Energie / Energieverbrauch

ist die Bezeichnung für das Produkt aus Leistung mal Zeit und wird angegeben in kWh. Beim Schmelzen ist in der Regel der Begriff „Energieverbrauch“/Tonne Schmelzgut von Interesse. Hierbei muß man zwischen dem theoretischen und dem praktischen unterscheiden. Bei Hochleistungsschmelzöfen liegt der theoretische Verbrauch bei 510 bis 540 kWh/Tonne geschmolzenem Eisen. Der praktische stellt sich hierzu mit Werten von 585 bis 640 kWh/Tonne ein. Wenn ein Tiegelofen als „Schmelzmaschine“ mit optimaler Chargierung, Absaugung und Prozesssteuerung gefahren wird, sind Energieverbräuche von 560 kWh/Tonne und Abstichtemperaturen bei 1.550 °C möglich.

Entschwefelung

partieller oder weitergehender Entzug des Schwefels aus Metallschmelzen, z. B. mit Calciumcarbid, Kalk oder Soda bei Gußeisen. Eine gute Entschwefelung ist eine Voraussetzung bei der Herstellung von Gußeisen mit Kugelgraphit.

Entstauben

ist die Reinigung der Abluft, der staubbeladenen Absaugfilter und der Heißgase im Industriebetrieb und den Gießereien.

Erdschluss

ist ein Isolationsfehler zwischen spannungsführenden Konstruktionselementen und den auf Erdpotential liegenden Konstruktionselementen sowie dem über Bodenelektroden geerdeten Schmelzenbad.

Erdschlusssuche

beschränkt sich in der Regel auf den Bereich des Ofens und dort im Wesentlichen auf den Bereich der Ofenspule. Als 1. sollte man die Funktion der Erdschlussanzeige mit einem 500 Ohm Widerstand, der in die Messstrecke eingebaut wird, prüfen. Zur Feststellung, ob der Erdschluss zwischen der Schmelze und der Spule ist, muss nach dem Abklemmen der Bodenelektroden ein wesentlich höherer Widerstandswert angezeigt werden. Falls weiterhin der Erdschluss mit gleichem Wert ansteht, muss dieser ausserhalb der Ofenspule anstehen. In einem dunklen Ofenraum kann ein Schluss ggf. sichtbar werden. Sollte der Schluss im Bereich der Zuleitungen oder der Energieversorgung liegen, so könnte dieses in dunklen Betriebsräumen sichtbar sein. Bei Netzfrequenzanlagen treten oft Erdschlüsse im Bereich der Anfahrwiderstände auf. Eine „Hammermethode“ ist die Prüfung mit überbrücktem Isolationswächter, geerdetem Sternpunkt des Trafos über eine 25 oder 35 Amperesicherung. Bei dieser Methode kann man über einen längeren Zeitraum auch eine eventuell hörbare Diagnose treffen, z. B. in der Symmetrierdrossel oder zwischen einem Eisenpaket und der Spule.

Erosion

ist das Abtragen von Material an der Oberfläche von Bauteilen, an denen Flüssigkeiten, Dämpfe oder Gase vorbei strömen.

Erstarrung

ist der Übergang vom schmelzflüssigen in den festen Zustand. Hier tritt eine Erstarrungsschrumpfung ein, der dabei im Formraum entstehende Volumenverlust muss durch Nachspeisung mit noch flüssigem Metall ausgeglichen werden.

Fertigtiegel

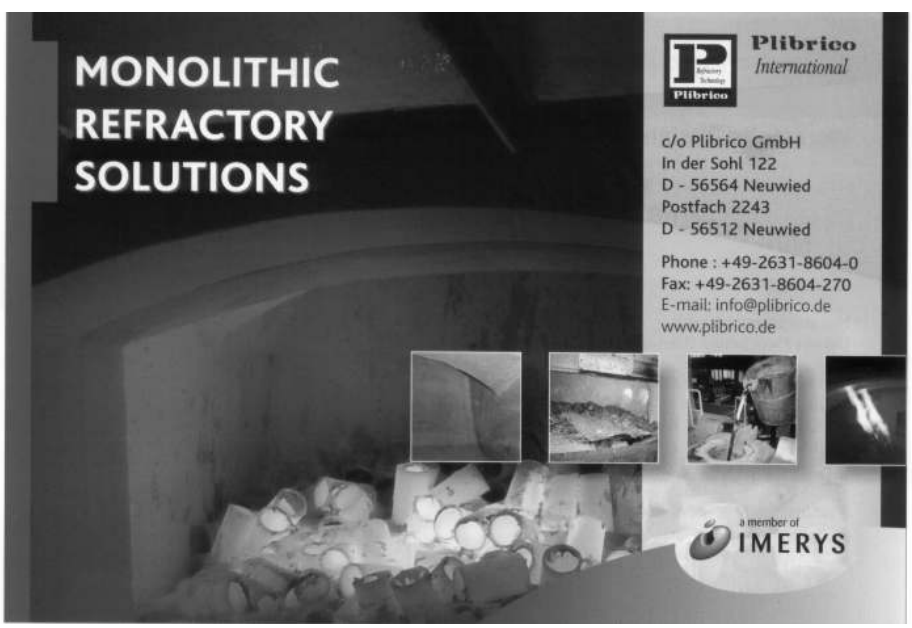
werden bis zu ca. 1,5 t Inhalt aus Tongraphit oder Siliziumcarbid sowie bei Metalltiegeln aus Gusseisen, Gussstahl, Stahlblech und plattiertem

Stahlblech hergestellt. Diese Tiegel werden in Metallgiessereien für Buntmetall eingesetzt. Saure Fertigtiegel werden aus Si O_2-Material bis zu 13 t Inhalt hergestellt. Die Tiegel werden in speziellen Formen unter Zusatz von Bindemitteln gerüttelt und dann nach einer Luftabkühlzeit in Trockenöfen getrocknet oder sogar vorgefrittet, damit ein Transport per LkW oder Bahn möglich ist. Diese Tiegel werden nach dem Einsetzen in den Ofen mit Hinterfüllmasse „befestigt", am oberen Rand gepatcht, und dann wie ein normal zugestellter Tiegel gesintert. Die Standzeiten sind mit denen der herkömmlich zugestellten Tiegeln vergleichbar.

Feuerfest

wird unter dem Begriff „Zustellung" behandelt.





Flickmassen

werden meistens nur am Tiegelrand und im Schnauzenbereich eingesetzt. Man spricht auch von Patchmassen, die entsprechend der Verarbeitungsvorschriften eingebracht werden. Da diese Massen mindestens 5 % Wasser enthalten, können diese auch mit geeigneten Maschinen gespritzt werden. Nach einer Lufttrocknungszeit müssen sie mit einer Gasflamme getrocknet werden, andernfalls platzen diese Massen nach der Berührung mit feuerflüssigen Schmelzen ab.

Fließgeschwindigkeit

in wasserführenden Leitungen, wie in Kabeln, Rohren und Schläuchen, sollten 2,5 m/sec nicht überschreiten. In den Induktionstiegelofenspulen rechnet man mit ca. 2 m/sec. Bei Anschlussbereichen und konstruktiv erforderlichen Verengungen können auch schon mal Fliessgeschwindigkeiten von bis zu 4 m/sec auftreten. Die hierbei auftretenden Längen sollten sich im Bereich von max. 100 mm bewegen.
Bei Absaugungen werden in den Rohrleitungen Geschwindigkeiten von ca. 40 m/sec erreicht. In einer Haubenabsaugung an einem 13 t-Ofen sollte die Fließgeschwindigkeit am Absaugschlitz im Tiegeldeckel ca. 6 m/sec betragen, um einen genügend große Unterdruck zu erreichen.

Formen

ist das Herstellen von Gießformen, speziell Sandformen. Man unterscheidet das Maschinenformen und Handformen.

Formgase

entstehen beim Gießen in die Form, die, durch den Sauerstoff der in der Form befindlichen Luft, meistens brennbar und als Gasflamme sichtbar sind.

Formimpfung

ist sehr wirksam, da die Zeitspanne zwischen Impfung und Erstarrung sehr kurz ist.

Formkästen

sind starre, verdrehungssteife und biegungssteife Rahmen zur Aufnahme und zum Festhalten der darin verdichteten Formstoffe.

Formmaschinen

sind Einrichtungen zur Herstellung von Sandformen. Man unterscheidet je nach Art der Sandverdichtung:

a) Handformmaschinen
b) Rüttelformmaschinen
c) Pressformmaschinen
d) Stampfformmaschinen
e) Blasformmaschinen
f) Formschießmaschinen
g) Schleuderformmaschinen (Slinger)

Frequenz

ist die Anzahl der Schwingungen in der Zeiteinheit Sekunde. Das Formelzeichen ist f und die Maßeinheit ist Hertz – Hz. Bei 50 Hz liegt die Netzfrequenz in Europa, in Übersee gibt es Netze, die mit 60 Hz betrieben werden. Bei Frequenzen oberhalb von 60 Hz spricht man von Mittelfrequenzen.
Übliche Betriebsfrequenzen für Induktionsöfen sind:
Nf, 70 Hz, 95 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 750 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz und seltener höhere Frequenzen wie 3 kHz, 4 kHz, 5 kHz und 10 kHz für Kleinstöfen und induktive Erwärmung zum Schmieden oder Härten.

Furanharzbinder

sind kalt- oder warmhärtende Formstoffbinder, die meistens zur Kernfertigung verwendet werden.

Futter

ist die Bezeichnung für feuerfeste Auskleidung von Öfen und Pfannen.

Gabelstapler

sind gleislose Fahrzeuge zum Aufnehmen, Befördern, Absetzen und Stapeln von Transportgütern. Siehe auch Flurförderfahrzeuge.

Gasbrenner

werden als Normalbrenner mit Luft oder als Hochleistungsbrenner mit Sauerstoff betrieben. Je nach Größe eines Tiegel-, Warmhalte-, Speicher- oder Rinnenofen werden Leistungen von 100 bis 500 kW, seltener 750 kW, eingesetzt. Die Anwendungstemperaturen liegen bei 800 °C bis 1.200 °C an der Keramik. Die Flammentemperaturen sind wesentlich höher und können Werte bis ca. 2.400 °C erreichen.

Gasstromrühren

ist die Schmelzbehandlung in einer Pfanne mit einem Gasspülstein im Pfannenboden. Je nach Druck und Menge des Gases kann eine Rührwirkung in der Pfanne erzeugt werden. Es können durch den gezielten

Einsatz von Entschlackungs- und Aufkohlungsmittel metallurgische Arbeiten ausgeführt werden.

Gattieren

ist das Befüllen des Chargiergerätes mit dem Schmelzgut. Diese Arbeiten werden meistens mit einem Magnetkran ausgeführt.

Gicht

nennt man den oberen Teil eines Schlachtofens wie es der Kupolofen ist. Durch die Gicht erfolgt die Ofenbeschickung und die Ofenabgase ziehen durch die Gicht ab.

Gichtbühne

ist die Plattform oder Arbeitsbühne zur Beschickung mit den Einsatz- oder Gattierungschargen.

Giesseinrichtungen

werden meistens beheizt und seltener unbeheizt ausgeführt. Das Giessen wird heute seltener über einen Stopfen direkt aus dem Gefäss durchgeführt. Es hat sich das Giessen über einen Syphonausguss mit Stopfen durchgesetzt. Giesseinrichtungen werden mit Inhalten von 0,8 t bis ca. 20 t geliefert. Als Beheizungsaggregat gibt es den herkömmlichen Rinneninduktor und bei besonderen Anwendungen auch einen Tiegelinduktor mit bis zu 300 kg Eigeninhalt. Das Gefäss oder Kessel haben einen Ein- und Ausgusssyphon die ggf. abflanschbar ausgeführt sind. Durch die Erhöhung des Gasdrucks oberhalb des Badspiegels wird der Badspiegel innerhalb des Gefässes abgesenkt und er steigt im Ausgusssyphon auf die vorgegebene Giesshöhe, die auch während des Giessprozesses eingehalten wird. Der Giessprozess wird über Lasertechnik oder Kameratechnik gesteuert bzw. geregelt. Das Teachin-Prinzip speichert bis zu 99 vorgegebene und manuell eingefahrene Giesskurven, die dann Kasten für Kasten abgefahren werden können.
Eine Totalentleerung des Gefässes erfolgt mit Hilfe von Hydraulikzylindern durch den Einguss. Giesseinrichtungen werden mit der Formanlage gekoppelt und so stets in die richtige Giessposition gefahren.

Gießen

ist die Formgebung eines Werkstoffes, der im flüssigen Zustand unter dem Einfluß der Schwerkraft, der Fliehkraft oder unter Druck in eine dem Fertigungserzeugnis entsprechende Form gefüllt wird und darin erstarrt. Im Allgemeinen versteht man unter Gießen das Einbringen des flüssigen Gießwerkstoffes in die Form.

Möglichkeiten zum automatischen Gießen

In Bild 3 sind die gebräuchlichen Lösungen für das automatische Gießen dargestellt.

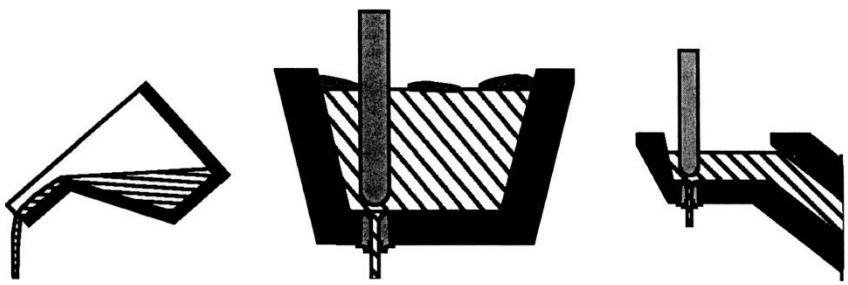


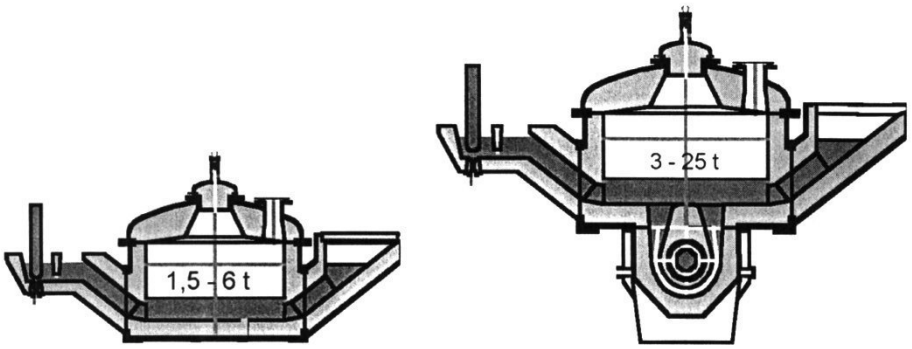
Bild 3: Kipp-Pfanne, Stopfenpfanne, druckbeaufschlagte Gießeinrichtung.

Die Kipp-Pfanne stellt den Gießprozess dar, wie er auch von Hand durchgeführt wird. Lediglich die Bewegung wird motorisiert und in eine Steuerung eingebunden. Die Problematik der schwappenden Schmelze beim zu schnellen Angießen und des wandernden Gießstrahls bleiben weitgehend erhalten. Die bereitstehende Menge ist sehr begrenzt. Für den kontinuierlichen Gießbetrieb muss die Pfanne ständig und schnell gewechselt werden. Der Chargenbetrieb führt zu Schwankungen in Legierungszusammensetzung und Temperatur der Schmelze und hat direkten Einfluss auf die Streuung der Teilequalität.
Ähnliches gilt auch für die Stopfen-Pfanne. Die Vorteile dieses Gieß-Systems gegenüber der Kipp-Pfanne liegen in der Bodenentleerung. Der Gießstrahl wandert nicht, kann ohne Schwappen in den Einguss geleitet werden und jede Eingießposition ist erreichbar. Schnelles Angießen ist kein Problem. Die auf der Oberfläche schwimmende Schlacke gelangt nicht in den Gießstrahl, solange der Badspiegel nicht unter eine Mindesthöhe über dem Ausgussstein absinkt.
Das druckbeaufschlagte Gießsystem verbindet diese Vorteile mit einer Glättung der Schwankungen in Legierungszusammensetzung und Temperatur; es ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Durch einen angemessen großen Speicher an der Gießlinie steht immer Material zur kontinuierlichen Formfüllung bereit.
- Gut isoliert und mit der Möglichkeit zu beheizen kann auch bei Stillstand der Formanlage die Temperatur in definierten Grenzen gehalten werden.
- Die Portionierung der Menge wird reproduzierbar, da der gleichbleibende metallstatische Druck keine Veränderungen der Fließgeschwindigkeit verursacht.
- Der Gießstrahl hat einen kurzen Weg und gelangt ohne starke Turbulenzen in die Form.
- Geringer Wartungsaufwand und hohe Verfügbarkeit senken die Kosten
- Siphonein- und Ausguss sorgen für Schlackenabscheidung sowie für eine geschlossene Atmosphäre über der Schmelze. Dadurch wird der Betrieb mit Inertgas ermöglicht, der besonders für das Gießen von Mg-behandelten Schmelzen von Vorteil ist.

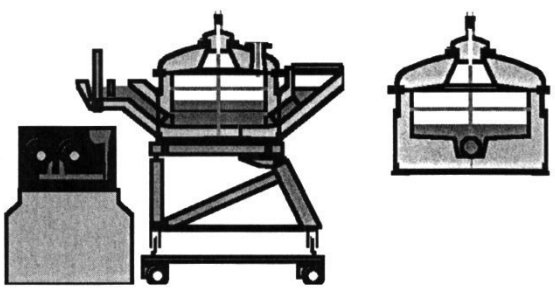
Bauformen der druckbeaufschlagten Gießsysteme

Man kann zwischen unbeheizten und beheizten Gießsystemen unterscheiden



Unbeheiztes Gießsystem POUROMAT und beheiztes System PRESSPOUR®

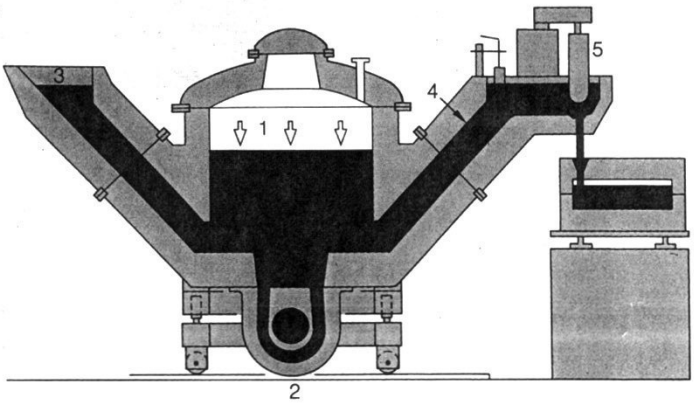
Das unbeheizte System POUROMAT (Bild 5) ist für kleinere Mengen und schnellen Legierungswechsel ausgelegt. Durch eine Rinne im Boden wird die zu entleerende Restmenge gering gehalten, weil nur wenig Sumpf im Gefäß bleibt.
Durch die flache Bauart eignet es sich für die Aufstellung auf Gießereiflur ohne Grube. Eine Rahmenbauweise ermöglicht zudem den schnellen Wechsel des Druckgefäßes, wobei Stopfenmechanik, Gießspiegelregelung, Impfsystem u.s.w. mit dem Rahmen verbunden sind. Die Zeit für den Wechsel des Gefäßes beträgt ca. 1-2 h.



Der Temperaturabfall der Schmelze im unbeheizten POUROMAT ist auf max. 1,5 K/min beschränkt. Hierbei hilft die Geometrie des Gießbeckens mit einer sehr kleinen Oberfläche und der pneumatisch betätigte Deckel auf dem Einfülltrichter.

Unbeheizte Gießeinrichtung POUROMAT

Das beheizte System PRESSPOUR® baut tiefer, da es über eine induktive Energiezufuhr im Bodenbereich verfügt. Standard ist hierbei ein Rinneninduktor, möglich ist aber auch die Anflanschung eines Tiegelinduktors. Gießöfen mit Rinneninduktor werden wegen der Rissempfindlichkeit der Induktor-Feuerfestzustellung auch in Stillstandzeiten mit Schmelze gefüllt warmgehalten, während die mit Tiegelinduktor ausgerüsteten Gießöfen beispielsweise am Wochenende ohne Schmelze stehen können und nur einen Gasbrenner für die Vorheizung benötigen.



1 Druckkessel mit Schmelze
2 Induktor
3 Einfüllstutzen
4 Ausgußsiphon
5 Niveauregelung und Stopfenmechanik

Prinzip der PRESSPOUR(R)-Rinnenöfen, deren Schmelzeinhalt unter Gasdruck steht, so daß sich am Ausguß das Metallniveau konstant halten kann

Manche Sonderfälle erfordern Zwischenpfannensysteme zwischen dem Ausguß aus der Gießschnauze und der Form (siehe Bild 16). Dafür eignen sich Verteilerpfannen, wie Kipp- oder Stopfenpfannen in Einzel- oder in Doppelanordnung, mit der Besonderheit, daß sie dem Bewegungsablauf der Formanlage während des Gießens folgen können. Die Pfannen werden hauptsächlich an kontinuierlichen Formanlagen benötigt. Dort laufen sie während des Gießens automatisch gesteuert mit der Formlinie synchron, um nach Gießabschluß in die Füllposition unter die Ofenschnauze zurückzufahren.

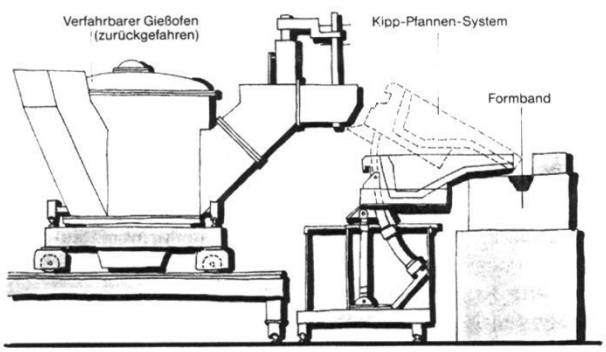


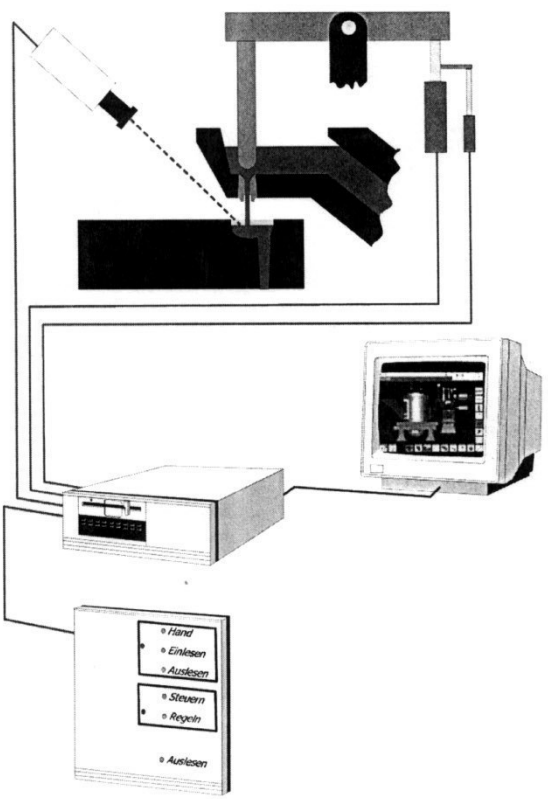
Bild 16: Kipp-Pfannen-System mit dem Gießofen PRESSPOUR(R)

Pfannensysteme werden auch benötigt, wenn in größerem Maße Legierungen während des Gießens hinzugesetzt werden sollen oder wenn die Geometrie des Ballens oder Kastens bzw. des Beschwergewichtes der Formanlage ein direktes Gießen aus dem Ausguß der Ofenschnauze nicht zuläßt.

Gießspiegel-Steuerung und -Regelung

Um die anforderungsgerechte Formfüllung zu gewährleisten, gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten der Steuerung.

1. Die Programmierung des Gießverlaufes mittels Teach-In. Hier fährt die Steuerung die zum Kasten gehörende Gießkurve ab, ohne auf Toleranzen im Lauf bzw. Änderungen an Stopfen und Ausgussstein zu reagieren.
2. Im geschlossenen Regelkreis wird der Füllstand des Eingusstrichters per Laser (Bild 7) oder Kamera ständig gemessen und die Dosierung des Flüssigeisens über Rückkoppelung mit dem Stopfenantrieb dem Schluckvermögen der Form angepasst, d.h. der Gießspiegel im Eingusstrichter wird konstant gehalten. Zum Ende der Formfüllung wird der Badspiegel im Einguss abgesenkt, um den Kreislauf zu minimieren.



Schema einer lasergesteuerten Gießstrahlregelung

Zur Verfügung stehen die Regelsysteme Optipour™ und LaserPour®, die sich nur in der Art der Messwerterfassung unterscheiden, die einmal mit Kamera und zum anderen mit Laser erfolgt.

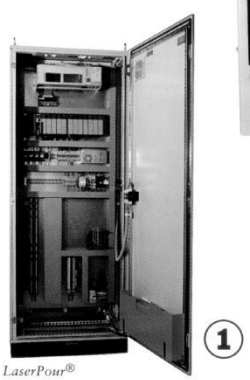
Durch diese Systeme wird ein Überlaufen des Eingusstrichters verhindert, da der Stopfen schnell genug geschlossen wird. Bei Formbruch wird innerhalb eines festgelegten Zeitfensters ebenfalls gestoppt, auch wenn der Badspiegel noch nicht ansteigt. Somit wird bei durchlaufender Schmelze ein übermäßiger Eisenaustritt verhindert.

Speziell für schnelle kastenlose Formmaschinen mit vertikaler Formteilung nach dem Disamatic-Prinzip gibt es ein Zusatzmodul, welches durch voreilende Steuerbefehle die Taktzeit zwischen den Gießzyklen minimiert, so dass eine Taktzeit von < 8 s pro Ballen erreicht werden kann.

LaserPour® Lieferumfang

Die automatischen LaserPour® Gießsysteme arbeiten auf Laserbasis und verwenden schnelle digitale Regelkreise, speziell entwickelt für die automatische und genaue Regelung des Füllstands flüssigen Eisens in Gießpfannen und –trichtern.

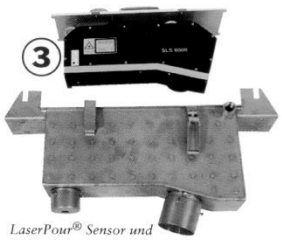
Die Verwendung von schnellen Lasersensoren (16.000 Messungen/Sek.) ermöglicht die fortlaufende Füllstandsmessung, anhand der die Regelung den Metallstand über den gesamten Gießvorgang nachführt, vom Anfang bis zum Ende.



LaserPour® Schaltschrank



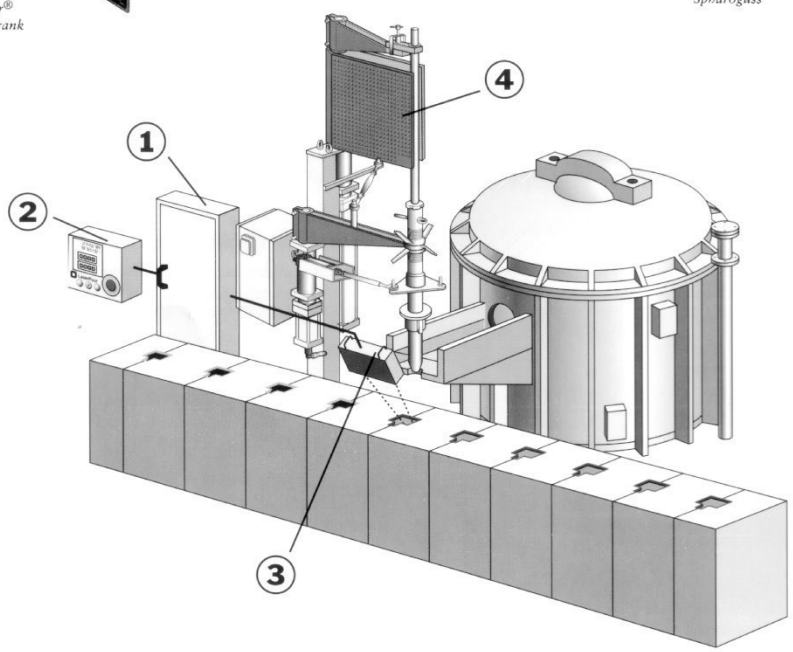
LaserPour® Bedienpult



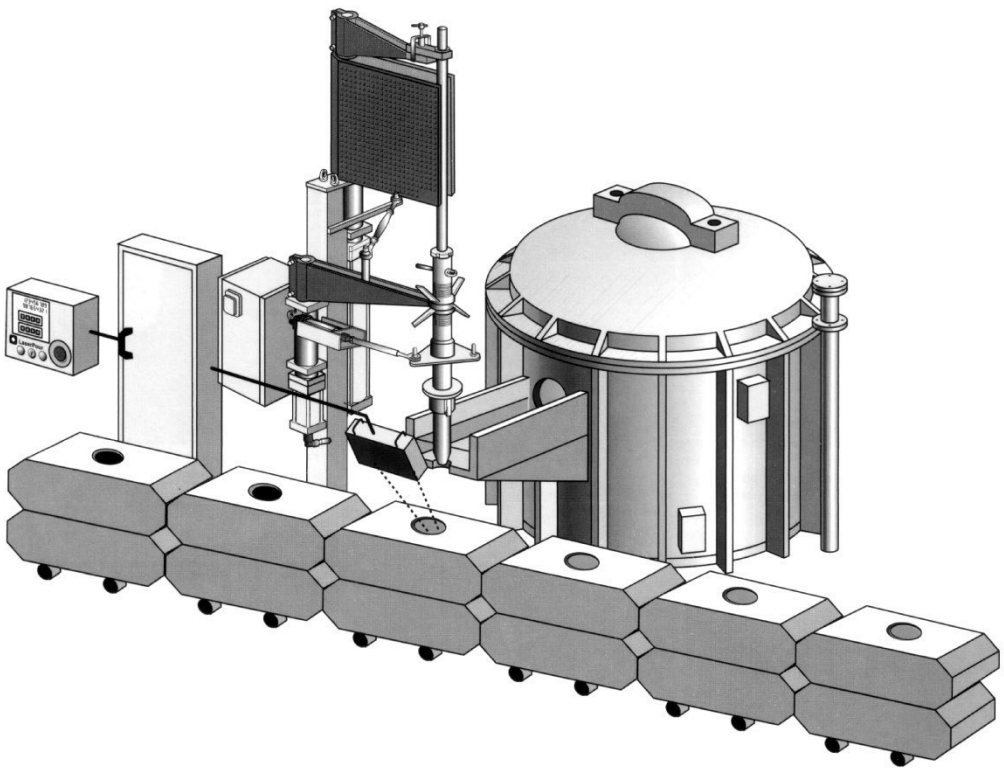
LaserPour® Sensor und Kühlgehäuse



LaserPour® Stopfen für Sphäroguss



LaserPour® für Kastenlinien

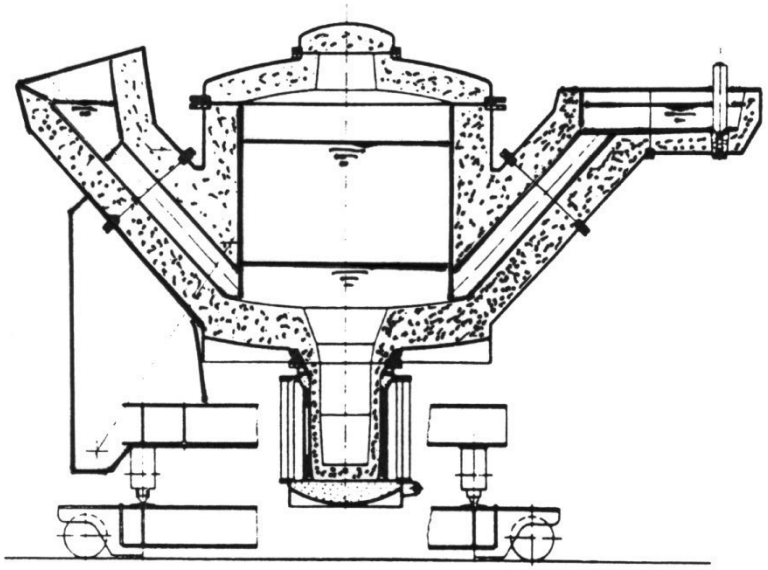


LaserPour® für Kastenlinien übernimmt die automatische Positionierung und den Abguss.

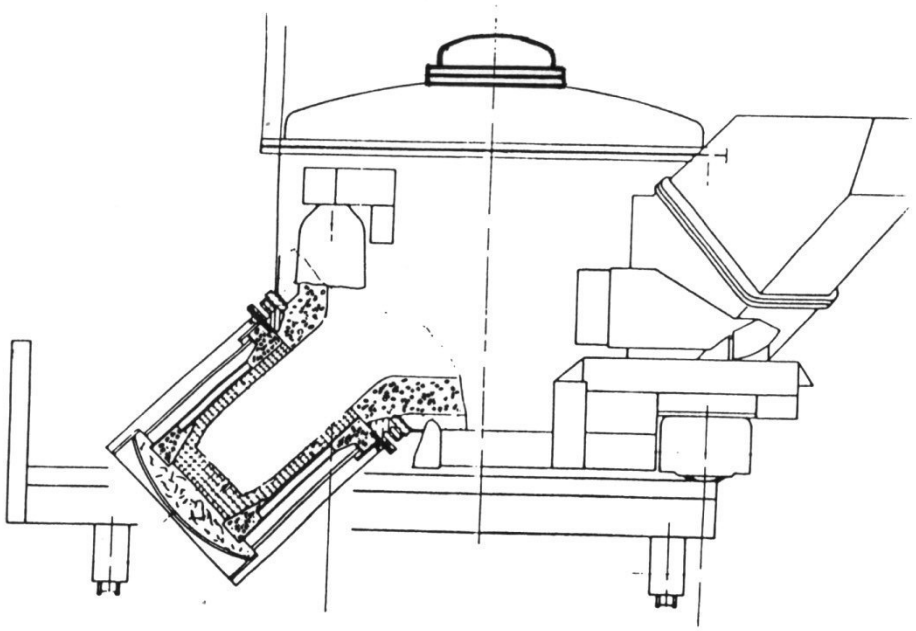
Wenn sich die Lage des Gießtrichters bei Modellwechsel ändert, positioniert das System die Gießeinheit entsprechend den von der Formmaschine vorgegebenen Werte (X-Y Position). Der Laser des Systems überprüft das Vorhandensein des Gießtrichters und stellt sicher, dass der Eisenstrom den Trichter richtig trifft. Durch die Schnelligkeit des Lasers geschieht diese Kontrolle ohne jegliche Verzögerung des Gießvorgangs.

Sobald die Lage des Gießtrichters überprüft ist, beginnt das LaserPour® System den Abguss und regelt den Metallfluss durch die Überwachung des Füllstands des Eisens im Gießtrichter und erzielt so eine optimale Gussqualität.

Das LaserPour® System wird sowohl für Grauguss, als auch für Sphäroguss an Gießöfen und unterschiedlichsten Pfannentypen eingesetzt. Das System kann an Gießvorrichtungen verschiedenster Hersteller leicht nachgerüstet werden.



Gießofen PRESSPOUR® mit angeflanschtem Tiegelinduktor, Nutzfassung 5 t,
Umrichterleistung für Tiegelinduktor 350 kW bei 260 Hz



Gießofen PRESSPOUR® mit unter 45° angeflanschtem Tiegelinduktor

Gießer

ist die allgemeine Bezeichnung für den Gießereifachmann und die Berufsbezeichnung für die Gießereiarbeiter, die das Abgießen der Formen durchführen.

Gießereien

sind Industriebetriebe, die sich mit der Formgebung durch Gießen befassen und metallische Gußerzeugnisse herstellen.

Gießereikoks

wird speziell für den Einsatz im Kupolofen hergestellt, die Stückgröße ist größer als 80 mm. Beim Spezial-Gießereikoks hat man eine Stückgröße über 100 mm.

Giessmassen

sind meist auf der Basis $Al_2 O_3$ oder Mg O hergestellt. Je nach Anwendung werden ca. 5-11 % Wasser zugesetzt. Das Verdichten erfolgt über Rüttelflaschen, die mit einem Durchmesser von ca. 15 bis 60 mm im Handel erhältlich sind. Je geringer der Wassergehalt beim Verarbeiten ist, desto dichter wird die Masse. Das Trocknen der Massen muss sehr sorgfältig und langsam erfolgen. Sinnvoll sind Temperaturanstiege von 30 °C/h und bei 500 °C eine Haltezeit von 30 Minuten, die dann bei einem weiteren Anstieg von 50 °C/h jeweils bei 100 K eingelegt wird. Das Aufheizen muss bis mindestens 1.000 °C erfolgen und dann mit einer Haltezeit von 2 Stunden abgeschlossen werden. Hochleistungsbrenner mit Sauerstoffunterstützung erreichen Temperaturen von ca. 1.200 °C. Hier ist dann eine Haltezeit von 1 Stunde ausreichend.

Gießschnauze

ist der Begriff für den Ausguß eines Tiegelofens. In Abhängigkeit von der Gestaltung, d. h. Form, Länge und Winkel zum Tiegel, wird die Qualität des Gießens aus dem Tiegelofen beeinflußt.

Gießtrommel

ist eine Trommelpfanne, die eine feuerfeste Auskleidung und wegen der geringeren Abstrahlungsmöglichkeit, als bei einer normalen Gießpfanne, auch geringere Temperaturverluste hat.

Gütezeichen

kennzeichnen bestimmte Erzeugnisse. Das bekannteste Gütezeichen für Gießereien mit Kugelgraphit ist das „4G“.

Gußeisen

ist eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit mindestens 2 % C und weiteren Legierungsbestandteilen, insbesondere Silizium. Man unterscheidet „graues Gußeisen“ (Grauguß, Gusseisen mit Lamellengraphit) und Gußeisen mit Kugelgraphit (Sphärguß), sowie Grauguß mit Vermiculargraphit, die alle eine graue Bruchfläche haben. Tempergußeisen und Hartguß, die weiß erstarren und in der Regel eine weiße Bruchfläche aufweisen.

Gussputzen

wird das Trennen der Rohgussstücke von den Anschnitten und Speisern, das Entfernen von Gussgraten und Formstoffresten sowie das Säubern und Reinigen der Gussstücke durch Strahlungsmittelbehandlung genannt.

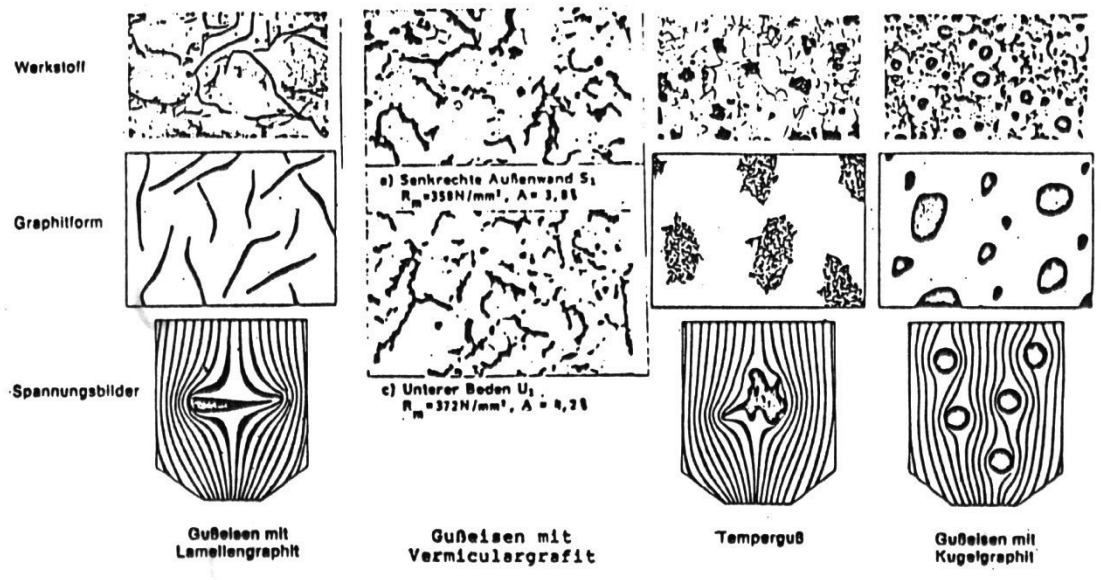


Bild 1: Gefüge, Graphitform und Spannungsbilder verschiedener Gußeisenwerkstoffe

Gusswerkstoffe

die in Tiegelöfen effizient geschmolzen werden können, sind nachstehend ohne Wertung genannt:
Grauguß, Stahl, Kupfer, Messing, Aluminium, Zink, Magnesium, Gold, Platin, Zinn und Bronzen, Nickel und Silber.

Halbzeug

sind metallische Erzeugnisse in Form gepresster bzw. gezogener Stangen, Drähte, Rohre und Profile oder gewalzter Bleche und Bänder.

Hängebahn

oder Monorail ist eine bodenfreie Fördereinrichtung für die Materialbewegung mittels eines Kranes oder Seilzuges.

Härten

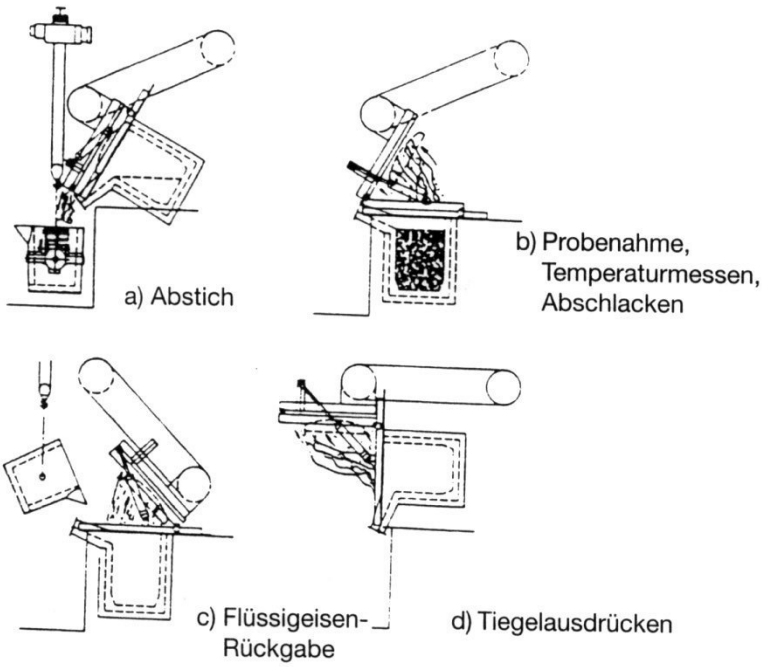
ist die Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe zum Zweck der Härtesteigerung.

Hartguß

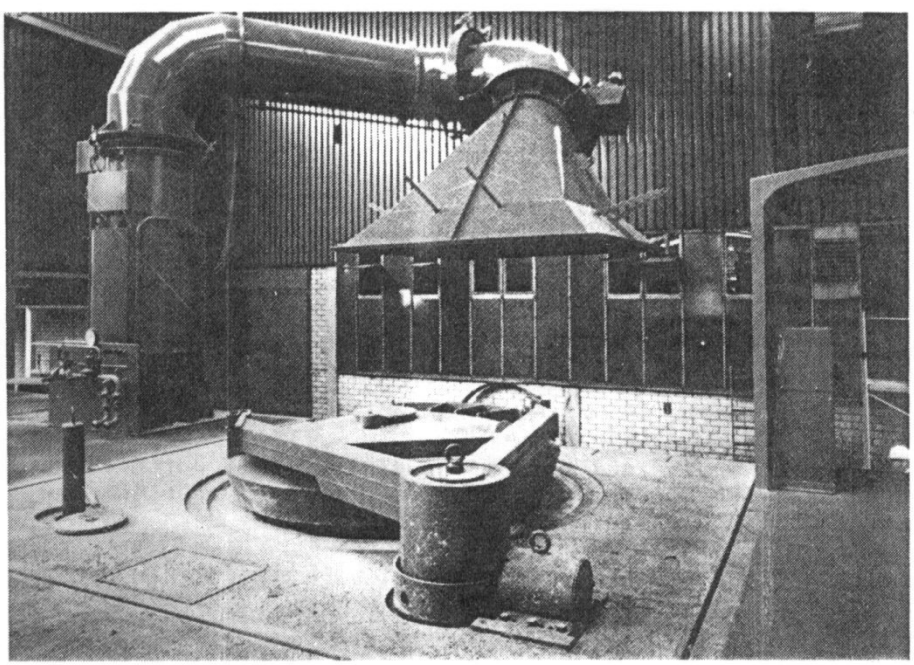
nennt man eine Eisen-Kohlenstofflegierung mit niedrigem Graphitierungsfaktor, damit Weißerstarrung eintritt

Haubenabsaugungen

wurden wie die Schmiedeessenabsaugungen über den Öfen installiert. Auf Grund des grossen Abstandes zu der Ofenbühne sind sehr hohe Luftleistungen erforderlich. Zur Erhöhung der Luftgeschwindigkeit am Ende der Haube wurden in dem Trichter Anströmdüsen eingebaut. Da diese Hauben beim Chargieren und Abgiessen zur Seite geschwenkt werden müssen, ist hier auch noch ein aufwendiges Schwenksystem erforderlich. Um den hohen Abstand während des Schmelzens zu verkleinern wurden auch noch Hubsysteme nachgerüstet. Man kann sagen, dass dieses System optimiert werden kann, aber die Kosten sind bei gleicher Wirkung wesentlich höher als bei anderen Ausführungen.



Funktion der Absaughaube für verschiedene Betriebszustände



Ofenbühne und Absaughaube

Hinterfüllen

von Formen und Tiegeln ist für die Stabilität unerlässlich. Fertigtiegel aus SiO_2-Massen oder Tongraphit werden mit Quarzsand hinterfüllt. Der obere Rand wird mit Patchmasse gegen Ausrieseln abgesichert.

Hochofen

ist ein Schachtofen zur Erzeugung von Roheisen, einer Vorstufe des Stahls.

Hydraulikanlagen

sind Gesamteinrichtungen zum hydraulischen Antrieb von Maschinen, bestehend aus Pumpenaggregat, hydraulische Arbeitszylinder oder hydraulische Motoren, Rohrleistungen und Steuereinrichtungen. Als Energieträger dient eine Hydraulikflüssigkeit, Öl oder Emulsion, die vom Pumpenaggregat gefördert und mit Druck bis 200 kp/cm^2 beaufschlagt wird.

Immission

ist der Zutritt von Strahlen, Gasen oder festen Stoffen fremder Herkunft, z. B. Staubimmission durch den Kupolofenbetrieb auf einem Nachbargrundstück.

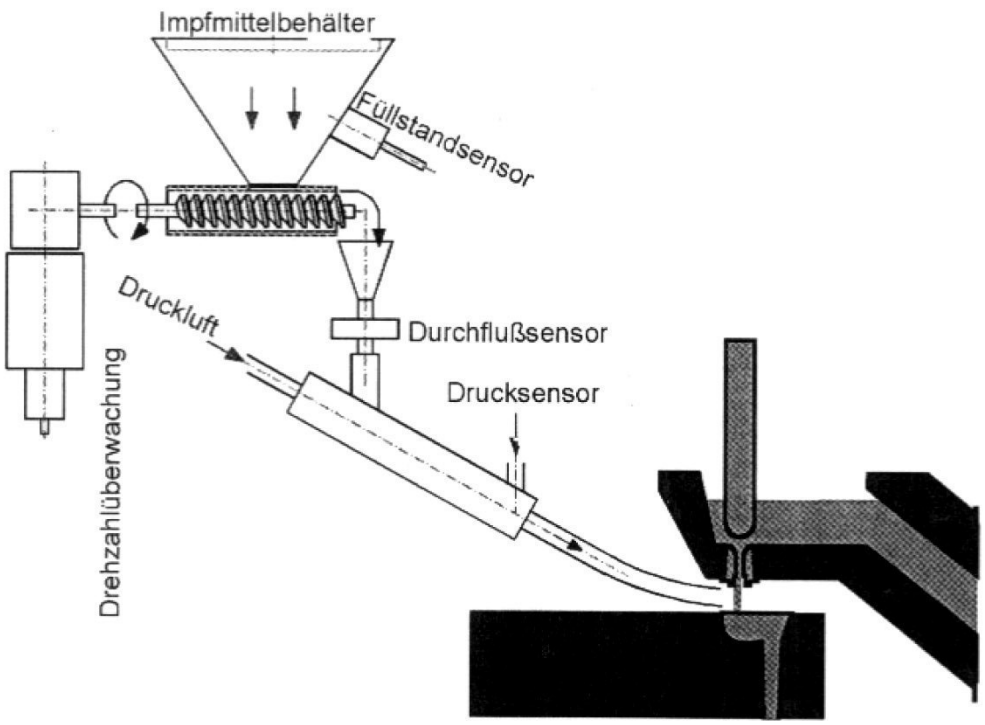
Impfen

ist das Einbringen von leichtlöslichen Legierungselementen zur Erreichung optimaler Werkstoffeigenschaften. Die Impfmittel werden meistens in Pulverform während des Giessens in den Giessstrahl geleitet. Wenn auf Grund besonderer Erfordernisse eine sehr Grosse Menge an Impfstoff benötigt wird, ist der Einsatz von Drahtimpfeinrichtungen zu empfehlen. Das Impfen vor dem Einfüllen des Eisens in eine beheizte Giesseinrichtung kann zu verstärkter Ansatzbildung im Rinneninduktor oder im Induktorhals führen.

Integriertes Impfen

Ein weiterer Vorteil der Gießeinrichtung besteht in der Möglichkeit der zuverlässigen Impfung direkt vor der Formfüllung. Durch die hier beschriebenen Methoden ist die zeitliche Abfolge zwischen Impfung und Erstarrung bei jedem Abguss reproduzierbar, so dass die Schwankungen durch Abklingen oder Entmischen vermieden werden. Die Steuerung des Impfprozesses ist in das Steuerungssystem der Gießeinrichtung integriert.

Die meistgenutzte Möglichkeit, in Verbindung mit dem automatischen Gießsystem zu impfen, ist die Gießstrahl-Impfung. Hierbei wird das pulverförmige Impfmittel während des Formfüllens in den Gießstrahl eingeblasen. Wichtig für den Gießer ist, dass die Überwachung der Impfung lückenlos und nachweisbar ist. Ein Beispiel für eine vollständige Überwachung ist in Bild 8 dargestellt.



Schema einer Gießstrahl-Impfung mit benötigter Überwachung

Als Alternative oder Ergänzung (für zweistufiges Impfen) dient die Drahtimpfung, bei der durch ein Einspulgerät der Draht direkt während des Abgießens in das Gießbecken eingespult wird (Bild 9). Die veränderbaren Parameter können in der Steuerung (Geschwindigkeit, Länge, Zeitpunkt) oder bei der Auswahl des Fülldrahtes (Durchmesser, Zusammensetzung) beeinflusst werden.

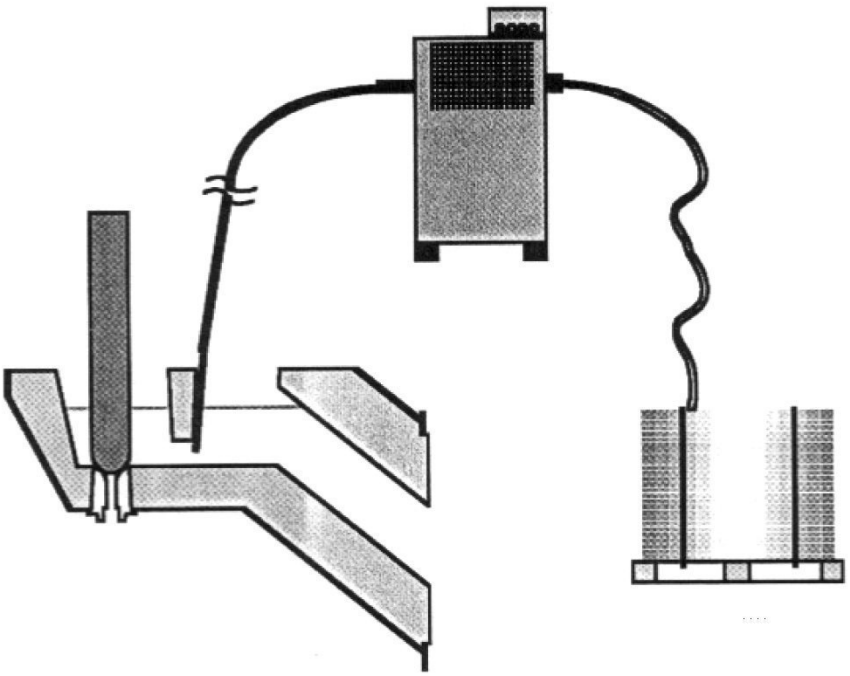


Bild 9: Drahtimpfung im Gießbecken

Eine Steigerungsmöglichkeit in Sachen Genauigkeit bietet das Isopour®-Verfahren. Hier wird das Impfmittel in einer verschlossenen Kammer zugegeben und somit nur die definierte, abzugießende Menge behandelt. Der höhere mechanische Wartungsaufwand dieses Verfahrens ist gegenüber den Genauigkeits-Vorteilen abzuwägen.

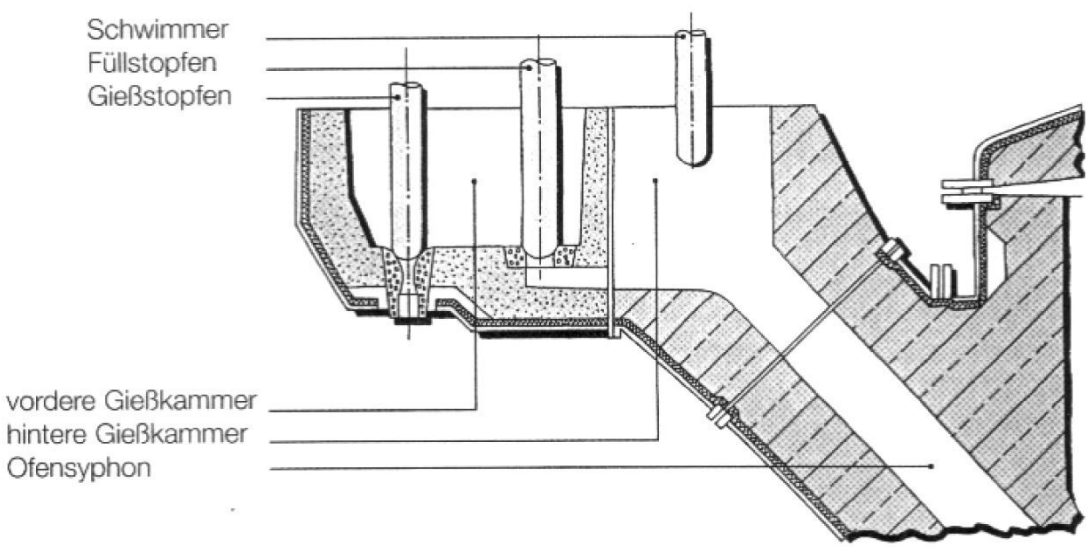
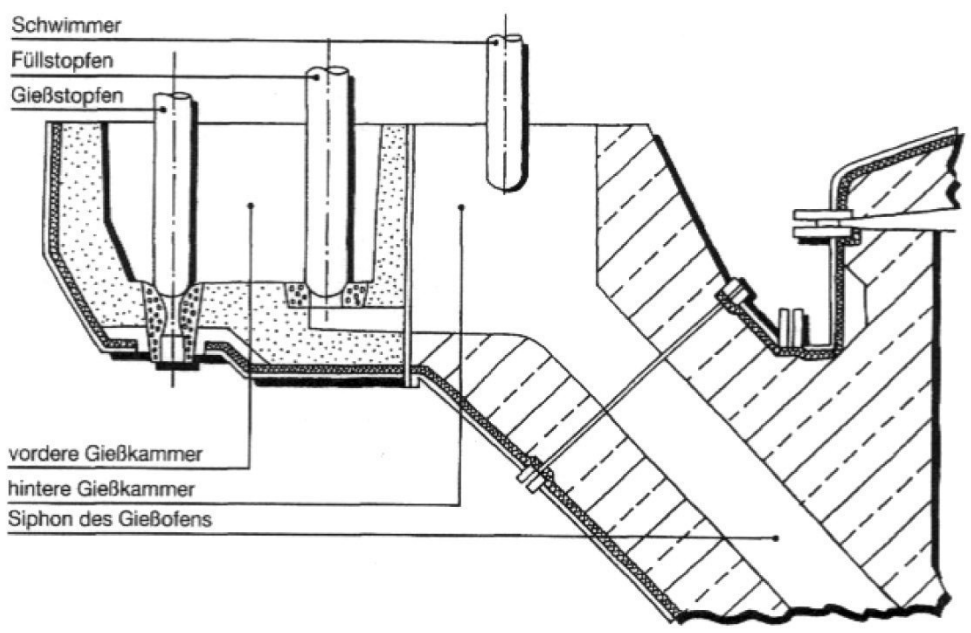
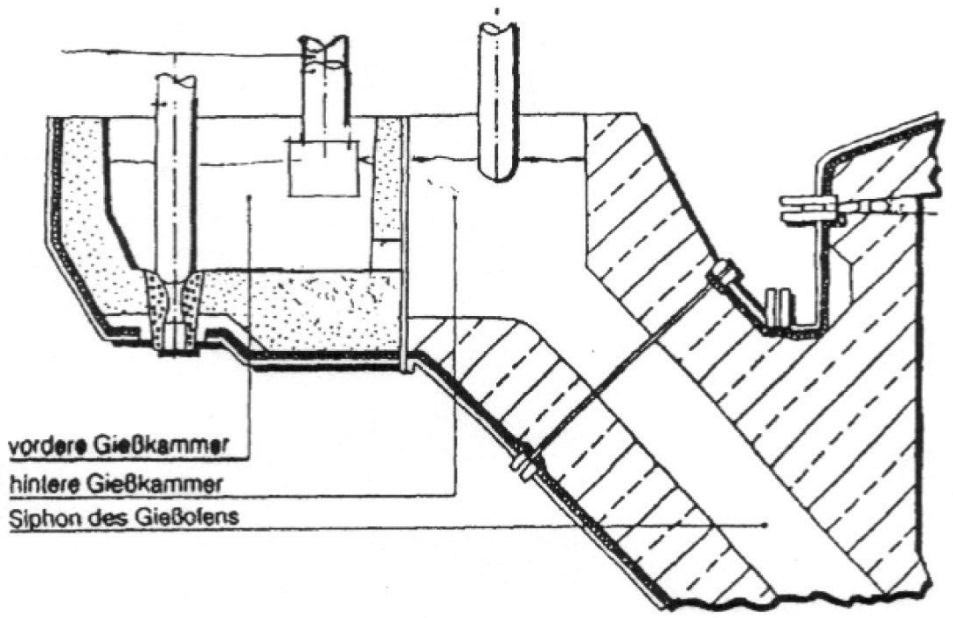


Bild 10: Isopour®-Verfahren

Für die Sicherstellung des gewünschten Impfeffektes und zur Einhaltung der vorgegebenen chemischen Zusammensetzung ist die Flüssigeisenmenge hinsichtlich Volumen, Temperatur und Keimzustand konstant zu halten. Aufgrund dieser Anforderungen sowie zur Vermeidung eines Vermischens mit der im Ofengefäß befindlichen Schmelze wurde der Gießkopf als integrierte Zwischenpfanne ausgelegt. Entsprechend Bild 2 ist dazu in das Gießbecken eine feuerfeste Trennwand eingebaut, so daß eine hintere und eine vordere Gießkammer entstehen. Diese sind über eine Durchflußöffnung miteinander verbunden, welche durch den sogenannten Füllstopfen verschließbar war. Dieser Füllstopfen wurde während der Inbetriebnahmephase in Schwerte durch ein Rührwerk entsprechend Bild 3 zur Optimierung der Gießkopfimpfung und die Drahtimpfung durch ein Einblasen von Impfmittel in den Gießkopf ersetzt. Das war aus folgenden Gründen erforderlich:



Gießkopf als intergrierte Zwischenpfanne, System ISOPOUR®



Modifizierter Gießkopf mit Rührwerk zum Einrühren von Impfmittel

- Durch die vergleichsweise geringe Taktleistung der neuen Formanlage kam es in der Einlaufphase häufig durch zu lange Trennung der Schmelze im Gießkopf zu Temperaturverlusten und zu Abklingeffekten hinsichtlich Mg-Gehalt und Keimhaushalt;
- Bei Wartezeiten größer 3 Minuten ist eine Wiederholungsimpfung im Gießkopf notwendig, dabei waren die Temperaturverluste durch den Stahlmantel des eingeführten Impfdrahtes zu hoch;
- Bei Wartezeiten größer 5 Minuten haben wir eine Entleerung der Schmelze aus dem Gießkopf in das Ofengefäß vorgesehen, was zu einem hohen Reinigungs- und Wartungsaufwand, insbesondere im Bereich des Füllstopfensteines, führte;
- Eine Legierungskorrektur oder Legierungsänderung im Gießkopf war durch die Einbindung der neuen Anlage in den vorhandenen Schmelz-, Form- und Mg-Behandlungsprozeß nicht mehr erforderlich, es werden die gewünschten Legierungen im Schmelzofen bzw. im GF-Konverter eingestellt.

Induktion

beruht auf Magnetismus im Zusammenhang mit elektrischen Spannungen und Strömen. Es gelten nachstehende Regeln, die im Motorenbau und bei Transformatoren genutzt werden. Befindet sich ein elektrischer Leiter in einem sich ändernden Magnetfeld, so wird in dem Leiter eine elektrische Spannung induziert. Fliesst durch diesen Leiter ein Strom, so erhält der Leiter einen Bewegungsantrieb, der unter einem Winkel von 90° zur Stromrichtung erfolgt. Diese Eigenschaft wird im Motorenbau angewendet. Beim Generator wird in einem fremdbewegten Leiter eine Spannung in der Rotorwicklung oder in der Statorwicklung erzeugt.
Beim Transformator befinden sich auf einem Kern 2 getrennte Spulen mit unterschiedlichen Windungszahlen. In Abhängigkeit der Windungszahlen bzw. dem Übersetzungsverhältnis wird die Spannung hoch oder runter transformiert. Der Strom ist wegen der Gleichheit der beiden Leistungen umgekehrt proportional.
Z. B.

Primär :	10 kV	200 Wdg.	50 A	500 kVA
Sekundär:	1 kV	20 Wdg.	500 A	500 kVA

Der Induktionstiegelofen basiert auf dem Induktionsprinzip der Transformatoren, das nachstehend an einem Beispiel erläutert werden soll.

Ein Mittelfrequenzofen hat bei 5 t Fassungsvermögen 3.000kW Leistung bei 3.000 Volt, 11Windungen und 140 mm Tiegelwandstärke. Es fliesst in der Spule ein Wirkstrom von 1.000 A.
Setzt man nun die Schmelze oder den Schrotteinsatz als 1 Windung sekundär an, so ergibt sich theoretisch eine Spannung im Tiegel von 273 Volt und ein Strom als Summe in der Schmelze von ca. 11.000 A. Dieser hohe Strom führt als Wirbelstrom zum Erwärmen und Schmelzen des Einsatzgutes.

Induktionstiegelofen

ist die Bezeichnung für einen Ofen, der einen Tiegel hat, der mit einer den Tiegel umschliessenden Induktionsofenspule beheizt wird. Es gibt Induktionstiegelschmelzöfen und Induktionstiegelwarmhalteöfen, die sich im wesentlichen in ihrer Nennleistung unterscheiden. Es können komplett baugleiche Öfen mit unterschiedlichen Spannungen als Schmelz-, Speicher- und Warmhalteofen betrieben werden. Bei baugleichen Öfen ist die Ofenanschlussspannung für die Nennleistung die ausschlaggebende Grösse.

Mit einer Erdschluß- oder Unsymmetrieüberwachung der Spule kann außerdem eine Verbindung zwischen Spule und Bad (Futterdurchtritt) festgestellt werden. Auf diese Weise kann bereits ein Warnsignal erzeugt werden, wenn die Schmelze bis in Spulennähe vorgedrungen ist.
Weiterhin besteht die Gefahr, daß durch einen Windungsschluß, der von diesem Metall verursacht wird, der Leiter so weit beschädigt wird, daß Kühlwasser austritt.
Es muß auf jeden Fall vermieden werden, daß Wasser in die Schmelze gelangt. Deshalb ist bei gefährlicher Annäherung des Bads an die Spule automatisch die Spannung abzuschalten. Außerdem kann durch eine zweckmäßige Bauart der Spule diese Gefahr stark vermindert werden.
Zum Ofen selbst gehören die elektrischen Zusatzeinrichtungen, die in Bild 114 für einen Mittelfrequenzofen aufgeführt sind; für Netzfrequenzbetrieb entfällt lediglich der Umrichter.

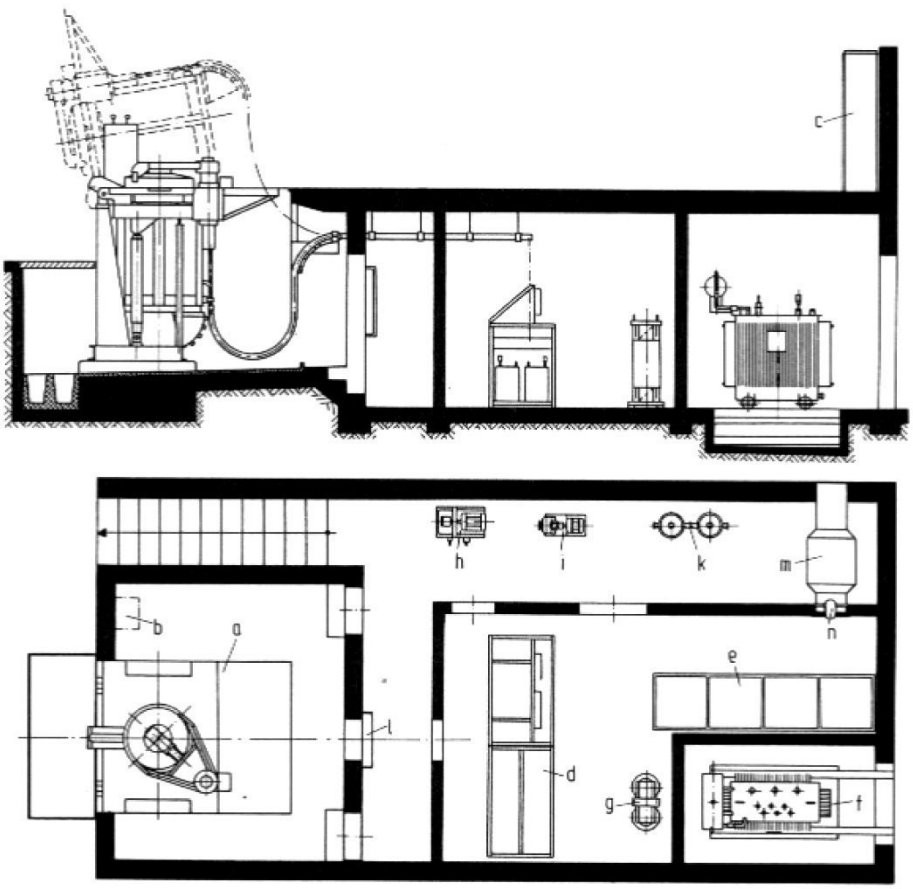


Bild 114. Aufbau einer Gesamtanlage bzw. Aufstellungsplan für Mittelfrequenz-Tiegelöfen [82]
a MF-Tiegelofen, b Steuerpult, c Schaltschrank, d Kondensatorgerüst, e Thyristor-Umrichter, f Transformator, g Drossel, h Hydraulikaggregat, i Wasserpumpe, k Wasserrückkühler, l Kühlwasserüberwachung, m Luftfilter, n Ventilator

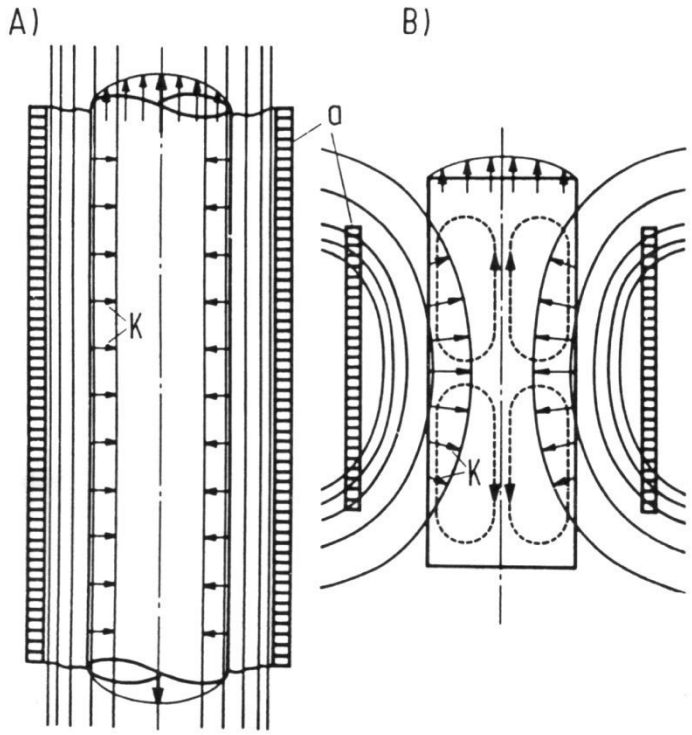


Bild 76. Prinzip des Induktions-Tiegelofens

A) parallele Magnetfeldlinien bei unendlich ausgedehnter Spule sowie die daraus resultierende Kraftrichtung, B) gekrümmte Magnetfeldlinien bei endlicher Spule sowie die sich ergebende Kraftkomponente

a Spule, K Kraftkomponente

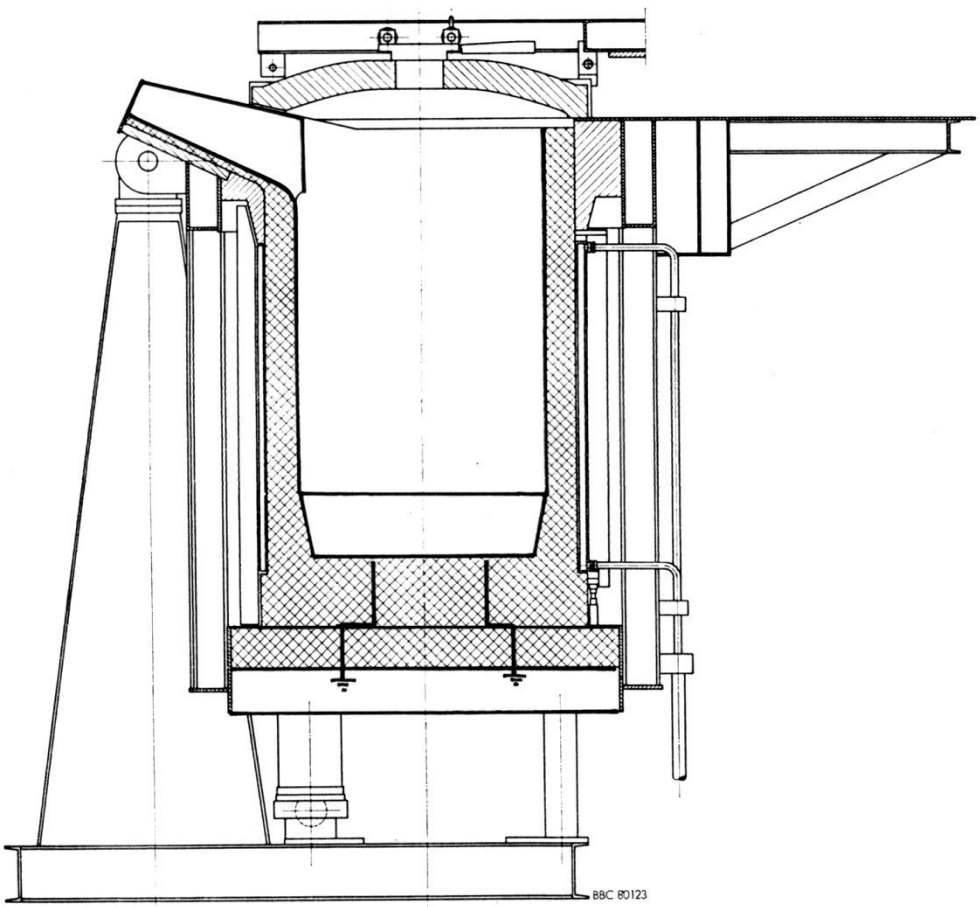


Bild 3-70
Ofenquerschnitt in senkrechter Richtung, Ofen mit zylindrischer, wassergekühlter Spule ausgerüstet, Fassungsvermögen 140 bis 3600 dm^3

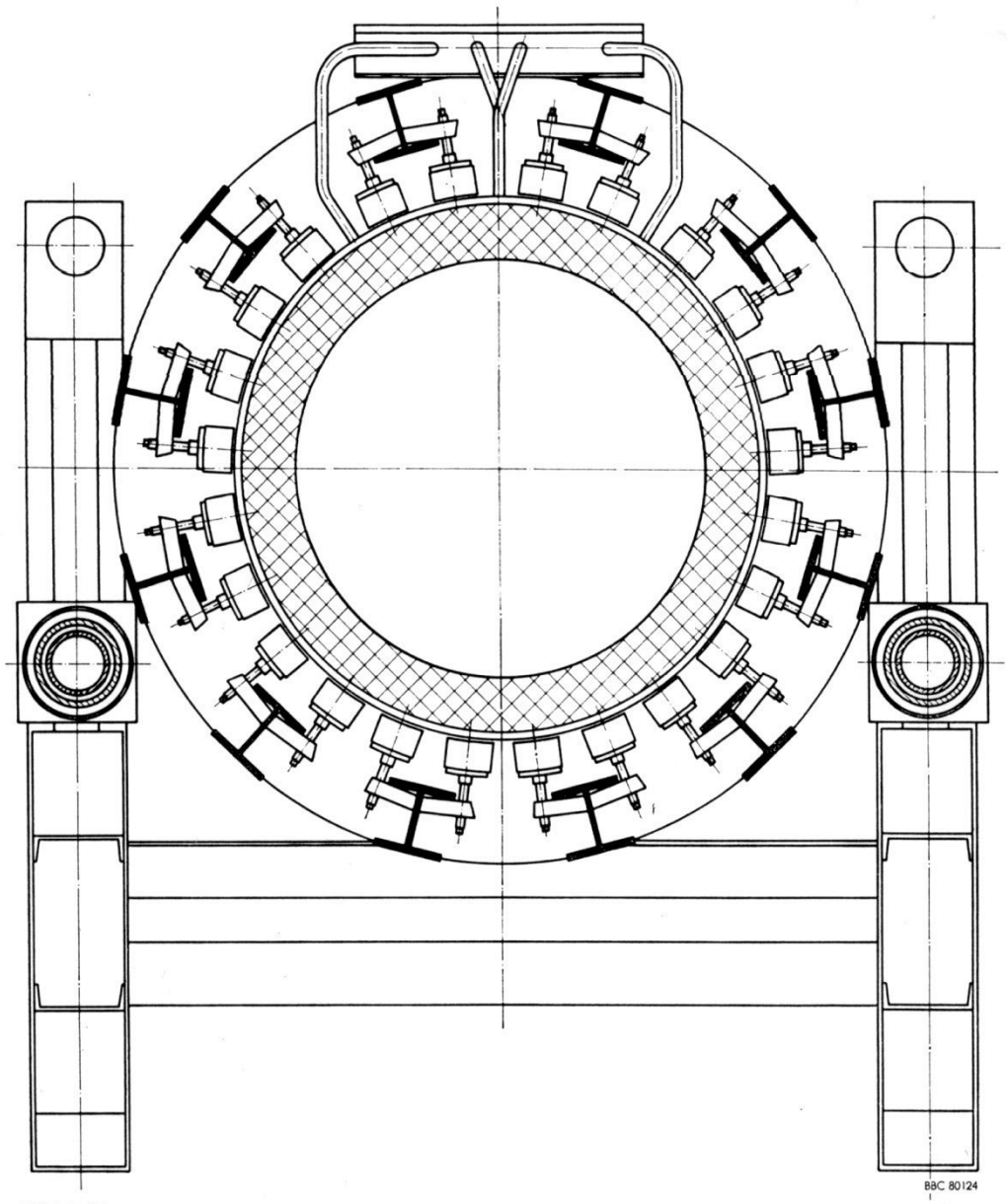


Bild 3-71
Ofenquerschnitt in waagerechter Richtung, Ofen mit zylindrischer, wassergekühlter Spule ausgerüstet, Fassungsvermögen 140 bis 3600 dm^3

Induktor

nennt man bei Rinnenöfen und Gießeinrichtungen das Beheizungsaggregat. Ein Rinneninduktor ist einem Transformator sehr ähnlich aufgebaut. Man hat einen geschlossenen Eisenkern/Joch, auf dem 1 oder 2 Spulen sitzen. Sekundär ist die Rinne unter 90° durch die Jochöffnungen angeordnet. Ein Induktor hat eine relativ hohe Flächenleistung in der Rinne, bezogen auf den Querschnitt und die Innenmantelfläche der Rinne. Ein 800 kW-Induktor hat eine Ankopplungsfläche von ca. 2,1 m^2. Die Induktorspule hat z. B. bei 660 V – 50 Hz – 34 Windungen mit einem Wirkstrom von ca. 1.212 A und damit 41.208 Amperewindungen. Demnach hat die Rinne eine Stromstärke von 41.208 A, da die Windungszahl 1 ist. Dies entspricht einer Stromdichte von 1,84 A/mm^2. Die Flächenleistungen sind: ca. 890 kW/m^2 beim Induktor und ca. 380 kW/m^2 bei einem vergleichbaren Tiegelofen mit 3 t und 800 kW Leistung.

Bild 5 zeigt den Schnitt durch einen Induktor, wie er für Leistungen von 250 kW bis 2000 kW in Betrieb ist. Die Induktorspule, der die Spule umschließende Kupferzylinder und das Rinnengehäuse sind wassergekühlt.

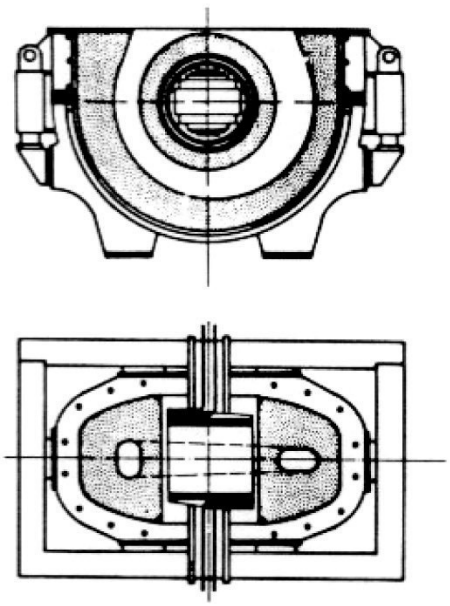


Bild 5: Schnitt durch und Sicht auf einen Rinneninduktor für Leistungen von 800 bis 2000 kW

In Bild 6 ist die 1200-kW-Ausführung dieses Induktors in Betrieb, angeflanscht an einem 85-t-Rinnenofen, abgebildet.

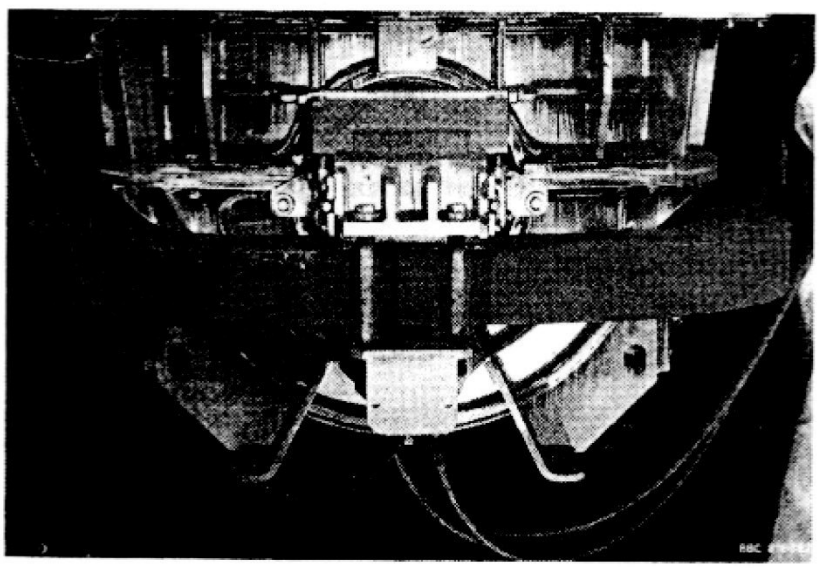


Bild 6: 1200-kW-Induktor am Boden eines 85-t-Rinnenofens

Industrieroboter

sind computergesteuerte, frei programmierbare Automaten, die mit unterschiedlichen Greifern, Werkzeugen u. a. ausgestattet werden können. Sie können an Fertigungsstraßen auch komplizierte Arbeitsvorgänge ohne menschliche Eingriffe durchführen. Einprogrammierung nach einmaliger manueller Führung durch den Menschen. Es werden Roboter für Nutzgewichte von ca. 500 kg hergestellt und finden damit auch Anwendung im Gießbetrieb.

Viele Arbeiten in der Gießerei werden auch in der heutigen Zeit noch manuell erledigt. Automationsversuche schlugen in der Vergangenheit häufig fehl oder brachten nicht die gewünschte Leistung. Hauptgründe dafür waren die nicht gießereigerechten Automationsgeräte und das fehlende übergeordnete Prozesswissen bei den Automationsfachleuten in der Gießerei.

Geeignete Roboter-Ausführung

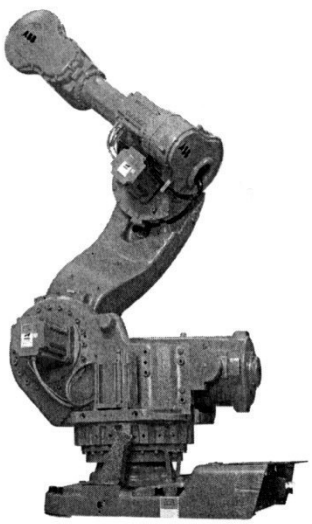


Bild 1: Knickarmroboter IRB 7600 für 500-kg-Traglast.

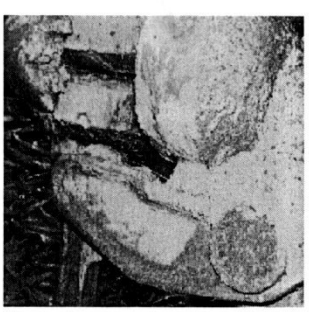


Bild 2: Beispiel eines verschmutzten Roboters in einer Aluminium-Gießerei

Die rauhe Umgebung verlangt Maschinen, die für die entsprechenden Schutzklassen konstruiert wurden und leicht zu bedienen sind.

Moderne Knickarmroboter in der Schutzklasse IP 67 (Bild 1) sind dicht gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit (Bild 2) und können sogar mit einem Hochdruckreiniger abgewaschen werden.

Diese Roboter gibt es von ABB für Traglasten von 5 – 500 kg und mit Reichweiten bis zu 3 m. Für größere Lasten und längere Reichweiten können Portalroboter eingesetzt werden. Der Roboter besteht aus dem Manipulator (Knickarm oder Portal) und der Steuerung, welche mit einem Bedienteil (nach einer Grundschulung) leicht zu bedienen ist. Zusätzliche, PC-basierte Software vereinfacht die Programmierung und den Wartungsaufwand durch die Möglichkeiten der Fernwartung und der Simulation oder Offline-Programmierung.

Zusätzlich zu den mechanischen Anforderungen verlangt der Gießereibetrieb besondere Belastbarkeit in Bezug auf Temperaturen. Die höchst genaue Mechanik des Roboters soll in einem großen Temperaturbereich zuverlässig funktionieren.

Inmold-Verfahren

ist von der International Meehanite Metal Co. Ltd. Reigate (England) entwickelt worden. Die kugelgraphitbildende Magnesiumbehandlung von Gusseisenschmelzen wird nicht vor dem Guss in einer Pfanne, sondern unmittelbar in der Gießform durchgeführt. Es wird ein körniges Pulver, das neben Magnesium auch Calcium und Silicium enthält und damit gleichzeitig auch als Impfmittel im Sinne einer Formimpfung, eingesetzt.

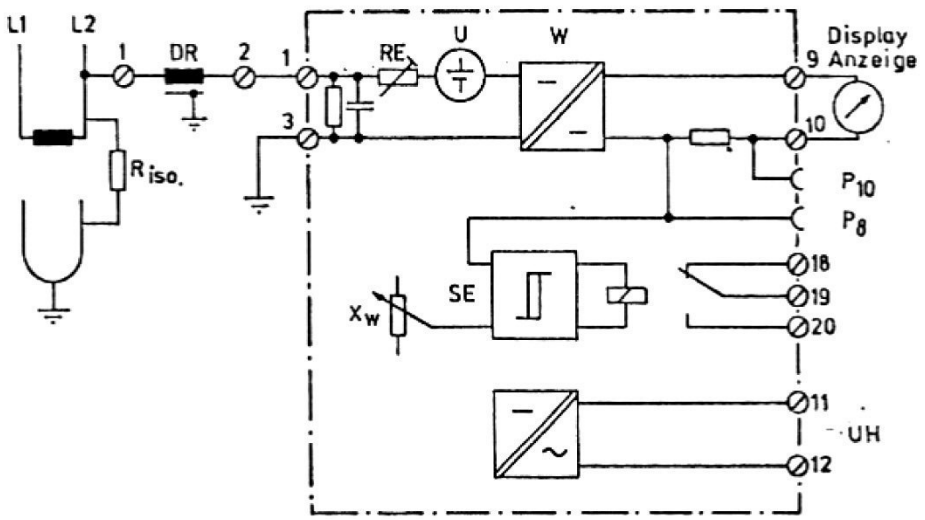
Instandhaltung

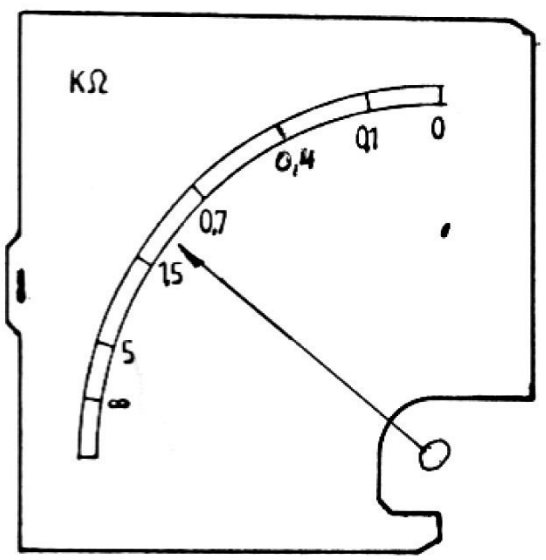
von Produktionsanlagen führt zu einer vertretbaren Verfügbarkeit dieser Anlagen. Es gibt die reine Reparaturinstandhaltung, d.h. es wird erst dann repariert wenn die Anlage ausfällt oder sich Anzeichen des Ausfalls durch kleinere Störungen abzeichnen. Für manche Komponenten kann dies die beste Lösung sein. Es zeichnet sich aber immer mehr die Notwendigkeit von Reparaturmaßnahmen vor dem eigentlichen Schadenseintritt ab. Bei einem Pkw werden Inspektionen und der Austausch von bestimmten Teilen in Abhängigkeit der km-Leistung oder der Laufzeit durchgeführt. Das gleiche Vorgehen sollte man bei Induktionsofenanlagen und den Anlagenkomponenten auch berücksichtigen, um vor Überraschungen sicher zu sein. Aus diesem Grund haben einige Firmen die vorbeugende Instandhaltung eingeführt. Je nach Auslastung der Anlagen werden Wartungsarbeiten und Kontrollen mit dem Blick in Richtung Verfügbarkeit der Anlage ausgeführt. So werden bestimmte Teile ohne Rücksicht auf den tatsächlichen Zustand vorbeugend ausgewechselt, damit nicht unvorhersehbar oder unvermeidbar ein Ausfall zustande kommen kann. Dieses kann z. B. der Austausch einer Induktionsofenspule nach 5 oder schon nach 3 Betriebsjahren sein. In Abhängigkeit des Zustandes von Kühlwasserschlauchoberflächen kann sich die Notwendigkeit des vorzeitigen Austausches der Schläuche auch schon nach kürzeren Betriebszeiten ergeben. Die Firma ABB hat schon Mitte der 70-iger Jahre die vorbeugende Instandhaltung nach Checkliste eingeführt. Hierbei wird wie bei einem Pkw beim TÜV die gesamte Anlage mit allen Komponenten vom Ofentransformator bis zur Giessschnauze in Augenschein genommen und das weitere Vorgehen oder erforderliche Reparaturen festgelegt. Einige Giessereien lassen diese Checks in der Zeit bis April eines jeden Jahres ausführen, um dann in den Betriebsferien oder auch schon vorher die erforderlichen Maßnahmen ergreifen zu können.

Isolationsüberwachung

über durch Bodenelektroden geerdetes Schmelzbad bringt für das Bedienungspersonal eine grosse Sicherheit und kann ggf. über den Tiegelzustand eine Aussage machen. Bei diesem System wird der Isolationswert zwischen der spannungsführenden Ofenspule und dem Erdpotential mittels Gleichstrommessung ermittelt. Bei optimaler elektrischer Isolation zwischen der Spule und den Eisenpaketen, sowie dem Hochstromsystem, der Energieversorgung und dem Erdpotential kann man einen schlechten Isolationswert dem Widerstand zwischen der Spule und dem geerdeten Schmelzbad und damit dem Tiegelzustand zuordnen.
Bei einem neu betonierten Spuleneinbau mit Spulenputz ist ein hoher Feuchtigkeitsgehalt für einen schlechten Widerstandswert verantwortlich. Darum soll ein Inkuktionstiegelofen bei Widerstandswerten unter 400 Ohm nicht über 1.000 Volt Betriebsspannung betrieben werden. Von 400-700 Ohm sollten 1.500 Volt nicht überschritten werden, da neben dem gemessenen „Erdschluss“ über Feuchtigkeit zwischen der Spule und der Erde auch die Windungsspannung zu Windungsschlüssen führen kann. Bei ca. 60 Volt Windungspannung und Netzfrequenz hat man 3 mm Windungsisolation. Im feuchten Zustand sollte die Windungsspannung nicht mehr als 10 V/mm somit 30 Volt sein. Bei Mittelfrequenzöfen hat man Windungsspannungen von bis zu 270 Volt und 15 mm Zwischenlagenisolation. Somit sollte die Windungsspannung 150 V nicht überschritten werden.

Anschluß-Schaltbild





R_{iso}	0	0,1	0,7	1,5	5	10	20	100	∞
I_m	20	17,43	10,30	7,14	3,93	3,02	2,52	2,1	2,0
α	90°	78,44	46,35	32,13	17,69	13,59	11,34	9,45	9°

Isoliersteine

in Formen eingesetzt, verzögern die Erstarrung an bestimmten Stellen der Form. Die Wärmeleitfähigkeit dieser Steine ist wesentlich niedriger als der übrige Formstoff.

Isolierung

im Induktionsofenbau gibt es die elektrische und die wärmetechnische Isolierung. Die Isolierstoffe sind 100 % asbestfrei. Für die elektrische Anwendungen werden Epoxydglashartgewebe (Diverrit E), Mikanit und keramischorganische Pressstoffe eingesetzt. Für thermische Anwendungen werden keramische Faserwerkstoffe und Pressstoffe wie Isoplan, Nevalit und ähnliche eingesetzt. Glassilikatwerkstoffe werden für beide Anwendungen eingesetzt.

Joche

ist ein anderer Begriff für Eisenpakete. In der Regel spricht man bei Rinnenöfen von Jochen, da es sich um geschlossenene Eisenkerne in U- oder E-Form handelt. Bei Tiegelöfen spricht man von Eisenpaketen, seltener von Eisenbalken. Joche werden aus kornorientiertem Elektroblech hergestellt.

Kabel

werden bei Induktionsöfen wassergekühlt ausgeführt und als Kühlwasserrückleitung benutzt. Bei niedrigen Leistungen können Kabel auch als Wasserzuleitung eingesetzt werden. Die Kupferlitzen haben 35 oder 50 mm^2 Kupferquerschnitt. Bei Mittelfrequenz haben die Einzelleiter eine Lackisolierung, die bei Netzfrequenz keine Vorteile bringt. Die Stromanschlüsse können als Flachanschlüsse oder Klemmringanschlüsse ausgeführt werden.

Kalorie

früher gebräuchliche Wärmeeinheit mit dem Einheitszeichen cal. 1 cal ist die Wärmemenge, die 1 g Wasser bei Normaldruck von 14,5 s°C auf 15,5 °C erwärmt. 1000 cal = 1 kcal. Im internationalen Einheitensystem ist die Kalorie durch Joule ersetzt worden. 1 cal = 4,1868 J (alte Umrechnung 1kWh = 860 kcal/h bei Kühlanlagenberechnungen).

Kaltstart

ist das Anfahren eines Tiegels nach einem Stillstand. Bei einem NF-Ofen sind Anfahrblöcke erforderlich, die bis 2/3 der Spulenhöhe reichen. Diese Blöcke werden induktiv erwärmt und sacken dann in sich zusammen. Zu diesem Zeitpunkt können dann geringe Mengen an Schrott nachchargiert werden. Nach Erreichen des 2/3 Füllstandes können grössere Schrottmengen (5 % des Fasssungsvermögens) nachgesetzt und aufgeschmolzen werden. Mit ca. 70 % der Nennleistung wird der Ofen auf max. Füllstand gefahren. Jetzt sollte die Schmelze auf etwa 100 K unter normale Abstichtemperatur gebracht und 1 Stunde gehalten werden. Danach wird auf Abstichtemperatur gefahren und es erfolgt der 1. Abstich. Bei Netzfrequenzöfen mit spezifischer Leistung ab ca. 240 kW/t kann der noch warme Tiegel mit grobem Stahlschrott und Stanzstreifen von ca. 2 mm Blechdicke und max. Länge von ca. 20% des Tiegeldurchmessers gefüllt und dann mit 50% der Nennleistung auf Rotglut gefahren werden und dann langsam über die Stillstandszeit abkühlen. Der Schrott verschweisst und es bildet sich ein „physikalischer Anfahrblock“ über die hohe Schüttdichte und die hohe Anzahl von Kontaktstellen, die sich durch das Verschweissen der einzelnen Blechstreifen ergeben. Bei Mittelfrequenzöfen ab ca. 200 Hz sollte kompakter Stahlschrott ohne Presspakete bis etwa Spulenoberkante chargiert werden. Mit ca. 250 K/h sollte der Ofen auf ca. 850 °C gefahren werden, hier sollte eine Haltezeit von 1 Stund eingelegt und dann auf ca. 100 K unter Abstichtemperatur gefahren werden. Bei dieser Temperatur dann 1 Stunde stehen und dann auf

Abstichtemperatur fahren und den 1. Abstich durchführen. Es sind die entsprechenden Hinweise der Stampfmassenhersteller zu beachten. Eigene Betriebserfahrungen können zu Abweichungen gegenüber den Herstellern führen. Durch den Einsatz von Schmelzprozessoren werden die einzelnen Schritte dem Bedienmann vorgegeben. Hier kann es zu Abweichungen gegenüber den vorstehenden Ausführungen kommen. Über den Schmelzprozessor können die jeweils für den Kunden und den Betriebabläufen optimalen Bedingungen vorgegeben werden.
Eine besondere Kaltstartmethode für Netzfrequenzöfen und Mittelfrequenzöfen unter 150 Hz wird nachstehend beschrieben:
Ein 10 t-Ofen mit Netzfrequenz und 2.800 kW Leistung wird am Boden mit ca. 300 kg kompaktem Schrott aus Steigern und Eingüssen beschickt. Mit einem Hochleistungsgasbrenner von 500 kW wird der Tiegel in 4 Stunden auf 900 °C erwärmt. In diesen Tiegel werden dann 2-4 Tonnen Flüssigeisen aus einem kleineren vorher angefahrenen Ofen überführt. Bei 2 t Füllung wird ein etwa 400 kg schwerer Anfahrblock, bei 4 t Füllung wird ein 800 kg schwerer Anfahrblock in den Ofen chargiert. Diese Anfahrblöcke senken die Temperatur des Flüssigeisens ab, ohne es zum Erstarren zu bringen. Jetzt wird der Ofen mit etwa 50 % der Nennleistung, hier 1.400 kW für die Dauer von 3 Minuten beim 400 kg Block oder 5 Minuten bei 800 kg Block gefahren. Anschliessend wird in beiden Fällen mit ca. 1.000 kg normalem Schrott chargiert und der Ofen mit 2.000 kW zum Schmelzen des Schrotts eingestellt. Nach ca. 20 Minuten ist der Tiegelinhalt flüssig und es kann der nächste 1.000 kg Satz chargiert und aufgeschmolzen werden. Ab ca. 6 Tonnen Füllstand kann dann mit der max. Schmelzleistung gearbeitet werden. Es ist darauf zu achten, Dass die Schmelzentemperatur nicht über 1.350 °C gefahren wird. Nach erreichen des max. Füllstandes sollte der Ofen ca. 30 Minuten auf 100 K unter Abstichtemperatur gehalten werden. Danach auf Abstichtemperatur fahren und den 1.Abstich durchführen.

Kavitationen

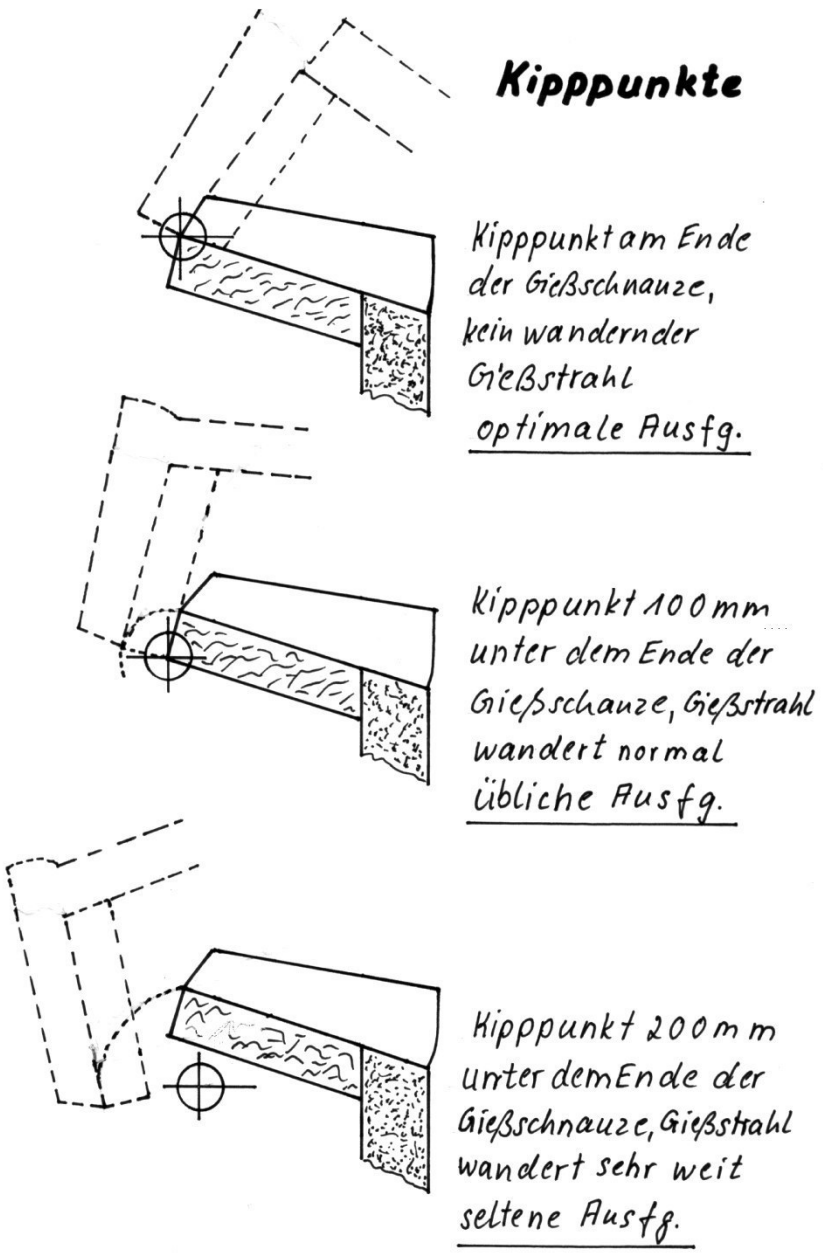
entstehen durch Flüssigkeiten, die mit hoher Geschwindigkeit und Gas- oder Dampfblasenbeaufschlagung durch Rohrleitungen strömen. Es handelt sich hier um eine Oberflächenaus- oder -abtragung.

Kerne

dienen in der Regel zur Herstellung von Hohlräumen in Gießformen für das zu gießende Gussteil.

Kippunkt

eines Tiegelofens nennt man den Drehpunkt des Tiegelofens, um den der Ofen gekippt wird. In Abhängigkeit von dem Einsatz des Ofens und der schmelzabnehmenden Einrichtung, muss die Gießschnauzenlänge und der zugeordnete Kipppunkt optimiert werden. Ein optimaler Drehpunkt für alle Anwendungen ist die „Unterlippe“ der Gießschnauze mit relativ langer Gießschnauze, um einen Abstand für Pfannen vor dem Ofen zu erreichen. Durch diese Anordnung wird der Gießstrahl optimal geführt und man hat die geringstmöglichen Höhenunterschiede vom Angießen bis zur Totalentleerung.



Kippwinkel

sind für die Totalentleerung wichtig. Bei Duplexöfen wird wegen der Tiegelansätze oft ein Kippwinkel von 100° realisiert. Die meisten Tiegelöfen haben einen Kippwinkel von 95°. Bei Gießeinrichtungen wird unter Berücksichtigung des Induktorenanbauwinkels und der Gefäßabmessung ein Winkel zwischen 60 und 95° berücksichtigt.

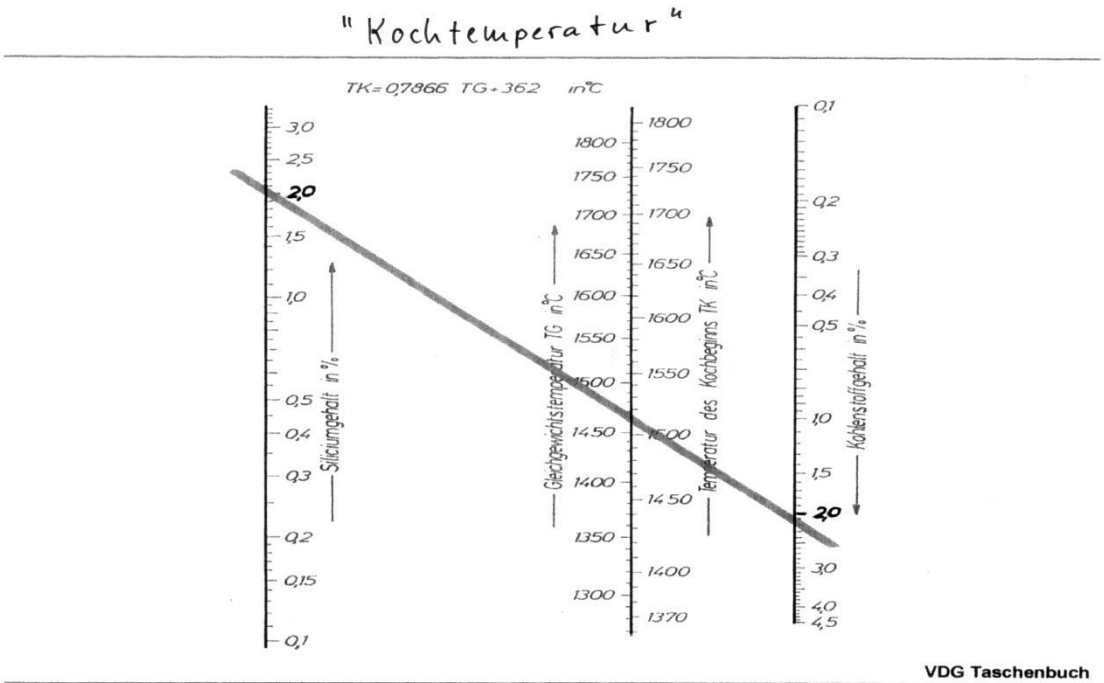
Kippzylinder

sind in der Regel als „Plungerzylinder" ausgebildet, d. h. die Kolbenstange ist ohne eigene Dichtelemente gleichzeitig der „Kolben". Das Absenken erfolgt durch den Gegendruck des anzuhebenden Ofens. In den meisten Fällen werden die 2 Kippzylinder seitlich im vorderen Bereich der Öfen angeordnet. Der Hebelarm ist bei kleinen Öfen 250 mm und z. B. bei einem 70 t-Ofen 1.000 mm. Man versucht die Anordnung so zu realisieren, dass in der Grundstellung die Kippzylinder senkrecht oder bis zu 3° nach hinten stehen. In der Endstellung sollten die Kippzylinder senkrecht oder max. 3° nach vorne oder hinten stehen. Bei Öfen ab ca. 10 t werden die Kippzylinder mit einer „Endlagendämpfung", die auf Grund der Kolbenstangenausbildung am Boden erreicht wird, ausgerüstet. Damit soll ein schlagartiges Absenken in die Grundstellung und damit ein hartes Aufsetzen vermieden werden. Zur Vermeidung von ununvorhersehbaren „Kippfehlern", sollte alle 6 Monate das Entlüften der Zylinder durchgeführt werden.

Klemmringverschraubung

ist aus der Hydraulik für hohe Drücke bestens bekannt. In der Hochstromtechnik hat man sich diese Technik ebenfalls zu nutze gemacht. Bei Strom-Wasseranschlüssen werden Rohre aus Kupfer eingesetzt die von DN 18 bis DN 60 gehen. Der zu übertragende Strom liegt bei DN 40 in der Grössenordnung von max. 9.000 A. Die Konstruktionselemente bestehen aus Ms 58 und der Dichtring wird aus Elektrolytkupfer hergestellt und entsprechend seiner Anwendung weichgeglüht. Bei oft zu wechselnden Elementen für auswechselbare Ofeneinsätze werden die Enden der Stromrohre aus Messing oder sogar aus Sonderlegierungen mit höheren Festigkeiten hergestellt.

oder Siedeverzug tritt bei einem bestimmten Verhältnis von Silizium zu Kohlenstoff und Arbeitstemperatur auf. Der VDG hat zu diesem Thema einige Untersuchungen durchgeführt und veröffentlicht. Laut VDG Taschenbuch wird bei einem Verhältnis Si zu C von ca. 0,91 oder 2% Si und 2,2 % C und 1.510 °C der Beginn des Kochprozess oder Siedeverzuges einsetzen. Dieser Zustand sollte möglichst vermieden werden oder schnell durchfahren werden, da das Kochen nicht ohne negative Einflüsse für die Schmelze unterbrochen oder beendet werden kann. Das Behandeln mit Alu ist die schlechteste aber effizienteste Lösung, wenn größere Schäden im Verzug sind. Eine schlagartige Temperaturabsenkung mit Kühlschrott führt zu Erfolgen ohne negative Einflüsse auf die Schmelzenzusammenstellung.



Leitertafel zur Bestimmung der Gleichgewichtstemperatur

Kompressoren

sind Maschinen zum Fördern und Verdichten von Gasen. Bei Rohrleitungen werden Kompressoren zur Aufnahme von Längenausdehnung eingesetzt.

Kondensation

ist der Übergang vom dampfförmigen in den flüssigen Zustand.

Kokillen

sind Dauerformen zur Herstellung von Kokillengusserzeugnissen. Kokillen sind meistens wassergekühlt und bestehen aus Graphit oder metallischen Werkstoffen.

Kondensatoren

dienen zur Kompensation der Blindleistung, die bei einem induktiven Verbraucher wie dem Induktionsofen auftritt. Bei 50 Hz benötigt man ca. den 4,5-fachen Wert der Wirkleistung als Kondensatorleistung, wenn die Anlage mit 250 Hz betrieben wird hat man ca. den 7,5-fachen Wert zu berücksichtigen, Anlagen mit 500 Hz haben einen ca. 11-fachen Wert.

500 Hz – 1.000 kW – 11.000 kVar
250 Hz – 1.000 kW – 7.500 kVar
50 Hz – 1.000 kW – 4.500 kVar

Netzfrequenzkondensatoren sind in der Regel luftgekühlt ausgeführt, dagegen werden Mittelfrequenzkondensatoren ab ca. 100 Hz als wassergekühlte Einheiten hergestellt.

Kontrolle

wird allgemein dir Prüfung und Überwachung von bestimmten Vorgängen genannt. Man unterscheidet die Quantitäts-, Kosten- und Qualitätskontrolle.

Korngrenze

ist die äußere Begrenzung eines Kristallkorns, wie sie sich im Schliffbild zeigt.

Korund

wird aus Bauxit gewonnen und hat die chemische Formel Al_2O_3, es ist ein kristallisiertes Aluminiumoxyd, das als Schleifmittel und feuerfester Zustellungsstoff eingesetzt wird.

Kreislauf

ist eine Bezeichnung von Gußrücklaufmaterial aus eigener Herstellung. Es kann sich um Eingüsse, Steiger oder Verbinder handeln. Fälschlicherweise wird in einigen Betrieben der Ausschuß auch direkt dem Kreislauf zugerechnet, was aber aus wirtschaftlicher Betrachtung nicht sinnvoll ist. Beim Ausschuß muß man zwischen dem direkten Gießausschuß aus der Form, Gießfehler nach dem Putzen, Fehler nach der mechanischen Bearbeitung und Fehlern nach dem Glühen unterscheiden. Durch geeignete Maßnahmen kann man die einzelnen Fehler minimieren und damit die Kosten erheblich senken.

Kühltürme

werden zum Rückkühlen des durch die Umrichter und Induktionsöfen erwärmte Kühlwasser benötigt. Es gibt 3 Arten von Kühltürmen, die direkt mit Induktionofenanlagen eingesetzt werden.

a) Trockene Kühltürme, die wie Autokühler mit Kühllamellen und hohen Luftmengen arbeiten, können in Mittel – und Nordeuropa eingesetzt werden. Für extrem niedrige Temperaturen sind entsprechende Heizeinrichtungen und Ventilatorabdeckungen vorzusehen. Zur Sicherstellung der max. Vorlauftemperatur für Umrichter von 34 °C werden Zusatzleitungskühler, die mit Stadtwasser betrieben werden, eingesetzt.
b) geschlossene Kühltürme, die wie trockene Kühltürme arbeiten, jedoch mit Spraywasser auch bei Lufttemperaturen über der max. Vorlauftemperatur die Kühlung auf die erforderliche Leistung bringt.
   Diese beiden Kühlturmtypen werden direkt zur Rückkühlung ohne Wasser Wassertauscher mit den zu kühlenden Anlagenkomponenten verbunden. Es fällt bei „a“ kein Wasserverbrauch an. Bei „b“ muss das Verdunstungswasser nachgespeist werden.
c) Offene Kühltürme, bei denen zwingend ein Wasser/Wassertauscher eingesetzt werden muss, haben Spraydüsen, die das gesamte Kühlwasser zerstäuben und dann mit dem durchziehenden Luftstrom runterkühlen. Dieses Wasser kühlt dann im Wasser/Wassertauscher das jeweilige Anlagenwasser auf die erforderliche Vorlauftemperatur runter. Diese Anlagen sind sehr effizient, haben aber den Nachteil des „Wasserverbrauchs“ der bis zu 5 % der stündlichen Durchlaufmenge in 24 Stunden ausmachen kann.

Kühlwasser

wird zum Abführen der Wärmeverluste der Ofenspule, hervorgerufen durch den hohen Strom und dem Widerstand der Ofenspule, der Verluste in den Eisenpaketen, dem Kurzschlussring sowie den thermischen Verlusten aus der Tiegelwand benötigt. In der Regel handelt es sich um Stadtwasser. Nur bei sehr stark kalkhaltigem Wasser wird auf Kesselwasser oder aufbereitetes Wasser zurückgegriffen. Das Wasser wird im geschlossenen Kreis gefahren, und es muss nur das „Verlustwasser“ nachgespeist werden.

1. Im Ofenkreis läßt sich aufbereitetes Wasser benutzen, das Korrosionsschäden sowie Ablagerungen von Kalk und Schmutz ausschließt. An den Rohwasserkreis brauchen dagegen keine hohen Anforderungen gestellt zu werden, das Rohwasser kann billig sein.
2. Im Zwischenkühlkreis läßt sich das Temperaturniveau so einstellen, daß die Temperatur der umgebenden Luft nicht unterschritten wird. Dadurch wird am ganzen Leitungssystem, besonders aber bei allen wassergekühlten Bauteilen, z. B. der Ofenspule, jegliche Bildung von Kondenswasser vermieden.

Den Aufbau eines Kühlkreises mit den verschiedenen Möglichkeiten der Wasser-Rückkühlung durch Rohwasser oder/und Luft zeigt das Bild 7-14.

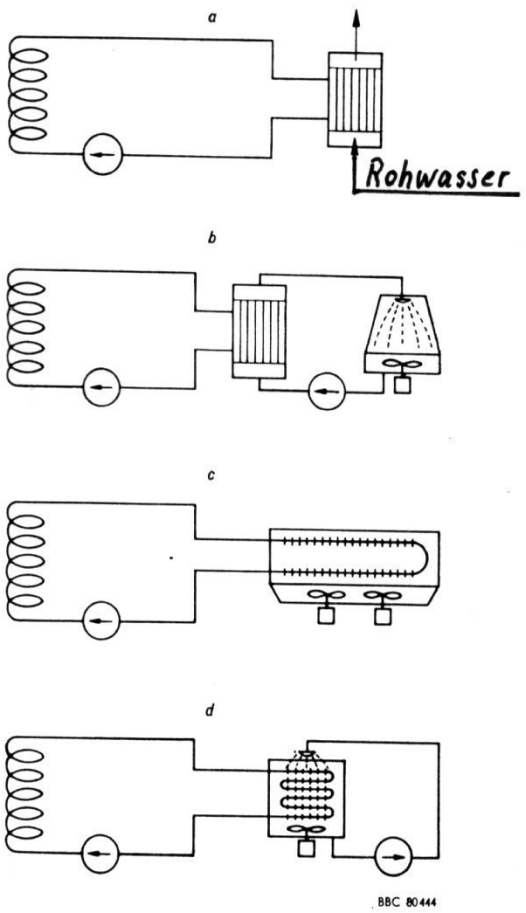


Bild 7-14
Aufbau von Kühlkreisen; die Wärmeabfuhr geschieht über folgende Anordnungen:
a = Rohwasser
b = Luft über Kühlturm
c = Luft über Rückkühler
d = Luft über Rückkühlwerk

Bei Vorhandensein von billigem Rohwasser ist die Rückkühlung des Ofenwassers durch Rohwasser am zweckmäßigsten.

Steht überhaupt kein Rohwasser zur Verfügung oder sind die Wasserkosten sehr hoch, so muß die Kühlung des Ofenwassers in einem Wasser/Luft-Rückkühler geschehen.

Kühlwassermengen

werden im Wesentlichen von der elektrischen Leistung bestimmt. Man kann grob festhalten, dass ca. 27 % der Ofenleistung und die Wärmeverluste der Tiegelwand abgeführt werden müssen. Überschlägig kann man mit ca. 35 % der Ofenleistung als Gesamtverlustleistung, die abgeführt werden muss, rechnen.
Bei einem 5 t-Ofen mit 250 Hz und 3.000kW sind das 1.050 kW oder 903.000 kcal/h, die Mit einer Temperaturdifferenz von 27 K abzuführen sind. Es ergibt sich hierbei eine Kühlwassermenge von 33,5 m^3/h (33.444 l/h). (Menge der kcal/h geteilt durch die Temperaturdifferenz ergibt die Liter/h).

Kühlwasserschlauch

für Induktionsofenanlagen wird aus kohlenstoffarmen Gummilegierungen mit Textileinlagen hergestellt. Die Firma Lippmann vertreibt einen Typ unter dem Handelsnamen Protector. ABB hat einen Schlauch entwickeln lassen, der unter der Bezeichnung, ABB INDUCTION FURNACE, vertrieben wird.

Kühlwasserüberwachungen

werden in den Energieversorgungsanlagen von Induktionsöfen und an den Induktionsöfen eingesetzt. Es werden die Kühlwassermengen und die Kühlwassertemperaturen in den Rückläufen überwacht. Bei Umrichteranlagen darf die max. Vorlauftemperatur 34 °C nicht überschreiten und die Rücklauftemperatur sollte 40 °C max. betragen. Die max. Rücklauftemperatur der Induktionsöfen soll 72 °C, wegen der Kalkausfällung, nicht überschreiten.
Früher wurden mech. Strömungsschalter, die mit Gegengewichten arbeiteten, eingesetzt. Seit dem Einzug der Elektronik werden mehr und mehr elektronische Geräte eingesetzt, die sich im Prinzip auch bewährt gaben. Es kommt aber auch des öfteren vor, das dies Geräte einen Durchfluss anzeigen, aber die ermittelte Menge nicht dem tatsächlichem Durchfluss entsprechen. Insbesondere in den Kühlwasserkreisen, mit hohen elektrischen Strömen, kann die Anzeige nach kurzer Zeit ausfallen.

Kupolofen

ist ein Giessereischachtofen zum Schmelzen von Gusseisen. Der metallische Einsatz (Roheisen, Schrott und Kreislauf) wird unter Zugabe von schlackenbildenden Zuschlagstoffen, Kalkstein und Koks als Energieträger geschmolzen. Die Verbrennungsluft (Wind genannt) wird von einem Gebläse verdichtet und über Düsen in den Ofenschacht geblasen. Man unterscheidet Kaltwind- und Heisswindkupolöfen je nachdem, ob die zugeführte Verbrennungsluft kalt oder aufgeheizt ist.

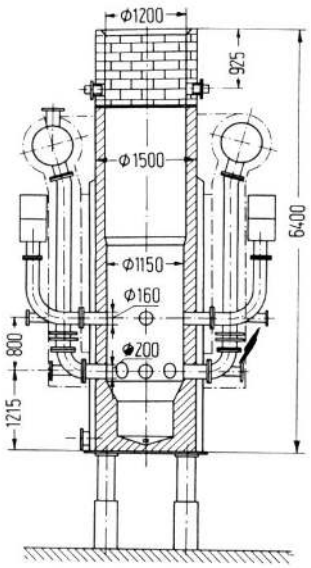


Bild 33. Ofen mit Sekundärdüsenreihe

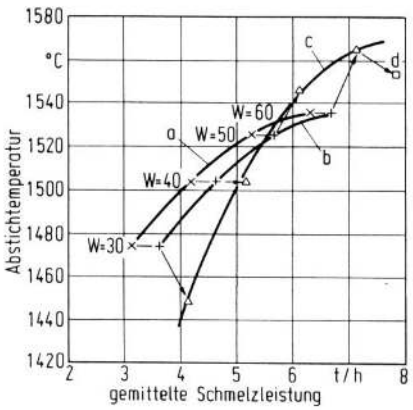


Bild 34. Eisentemperatur in Abhängigkeit von Windmenge und Ölzusatz, Kokssatz = 10%
a ohne Öl, b 50–60 l Öl pro Stunde, c 90 l Öl pro Stunde, d 120 l Öl pro Stunde

Ölzusatzfeuerung

Die beim Hochofen mit *Zusatzfeuerung* gemachten guten Erfahrungen versuchte man auch für den Kupolofen zu nutzen. Die Ölverbrennung ist vor Eintritt in den Ofenschacht, also noch außerhalb des Kupolofens durchzuführen. Zudem hängt der Nutzeffekt von der Anordnung der Brenner ab. Wählt man die Düsenebene, so ist die Wirkung meist gegenüber einer höher liegenden Einspeisung schwächer. Die bekannt gewordenen Versuche erlauben jedoch keine diesbezüglich konkreten Angaben, wie z. B. bei Erdgaszusatzfeuerung; sicherlich kann man aber von vergleichbaren Annahmen ausgehen.

Bei weiterführenden Untersuchungen waren die Brenner in Düsenebene angebracht Bild 34 zeigt, daß bei einem Ölverbrauch von 90 l/h entsprechend 13 l/t ein Temperaturmaximum erreicht wird; bei weiterer Erhöhung der Ölmenge fällt die Temperatur wieder ab. Der Temperaturgewinn gegenüber 0% Ölzusatz betrug bei 10% Koks 30 °C.

90 l Heizöl (74 kg Öl) mit einem Heizwert von 35169 kJ/l entsprechen einem Heizwert von 3181968 kJ.

106 kg Koks mit einem Heizwert von 30124 kJ/kg entsprechen ebenfalls einem Heizwert von 3161968 kJ.

Auf eine Schmelzleistung von 6,5 t/h bezogen, ergibt sich hieraus eine äquivalente Koksmenge von 1,6%. Daraus folgt also, daß 74 kg Öl 106 kg Koks entsprechen. 1 kg

Bei einem futterlosen Kupolofen ist der Schacht nicht feuerfest ausgekleidet und der Mantel wird mit aussen abfliessendem Wasser gekühlt. Die Firma Dücker hat einen kokslosen Kupolofen entwickelt, bei dem die Aufkohlung in einem induktiv, mittels Rinneninduktor, beheizten Vorherd durchgeführt wird. Dieser Vorherd wird „Durchlauferhitzer" genannt.

einen Kupolofen im Betriebszustand dargestellt, der das Gemenge der niedergehenden Beschickung erkennen läßt. Sie besteht im wesentlichen aus dem Brennstoffanteil (Koks) und dem metallischen Einsatz, der durch die freigesetzte Energie bei der Verbrennung des Kokses tropfenweise abgeschmolzen wird, dann über den glühenden Koks abrollt und sich im Gestell des Ofens sammelt. Die zum Schmelzen erforderliche Energie wird erst im Kupolofen selbst erzeugt. Damit wird das Abschmelzen mit allen Schwankungen der Verbrennungsvorgänge belastet, die zum Beispiel durch unterschiedliche Koksmenge und Koksbeschaffenheit, Windmenge und Temperatur sowie Luftfeuchtigkeit hervorgerufen werden.

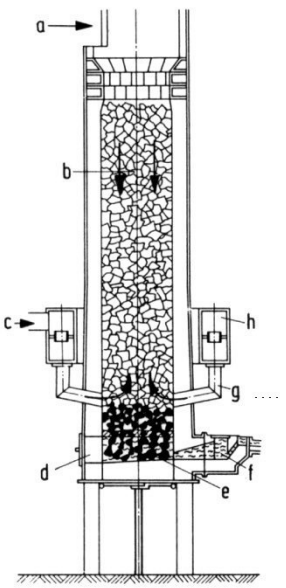


Bild 4. Schachtofenprinzip
a Zuführung der Beschickung, b Beschickung (Eisen, Koks u. Kalkstein), c Gebläse, d Einstiegsöffnung, e Koksbett, f Siphon, g Düsen, h Windring

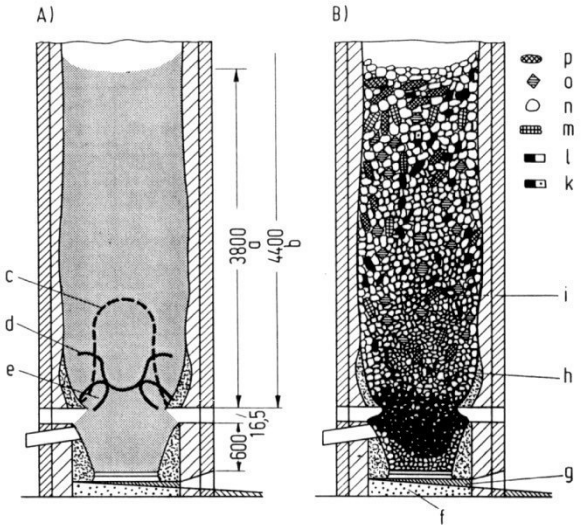


Bild 5. Schnitt durch einen mit Wasser abgeschreckten Kupolofen; Durchmesser in der Düsenebene 1200 mm
A) Verbrennungs- und Schmelzzonen, B) Lage der metallischen Gattierungsbestandteile
a Schütthöhe, b Abstand bis Unterkante Gichtöffnung, c Begrenzungslinie der Koksverbrennung, d Eindringtiefe des ungeschmolzenen Eisens, e Zonen starker Koksverbrennung, f Sandboden, g Metall, h Schlacken- und Metallansatz, i ursprüngliche Füllhöhe, k Stahl (innen), l Stahl (außen), m Schienenstücke, n Koks, o Gußbruch, p Roheisen

Der als Energieträger verwendete Koks dient auch gleichzeitig als tragende Säule für die Beschickung. Der untere Teil des Schachts ist mit weißglühendem Koks gefüllt, der beim Kontakt mit den flüssigen Eisentropfen Kohlenstoff und Schwefel an das Eisen abgibt und bei Berührung mit Schlackeoxiden hierauf reduzierend wirkt. Der Koks hat als Ballaststoff einen Aschengehalt von 9 bis 10%, der aufgrund seines hohen Anteils an SiO_2 (40 bis 50%) als saure Gangart bezeichnet wird. Die restlichen Bestandteile sind 27 bis 40% Al_2O_3, 8 bis 14% Fe_2O_3, 4% CaO und 2,5% MgO. Die saure Gangart, die allerdings nicht nur durch die Koksasche, sondern überwiegend durch den Futterausbrand und durch den Siliziumverlust bedingt ist, wird durch entsprechende Kalk-

was sich auch im Anstieg des FeO und MnO in der Schlacke zeigte. Der durch Erdgassubstitution verminderte Staubauswurf ordnet sich in die bereits erörterte funktionelle Abhängigkeit des Staubauswurfs vom Kokssatz (Bild 35) ein.
In gleicher Weise zeigt sich eine Verminderung der Schwefelaufnahme und auch ein geringerer Schwefelausstoß über das Abgas (Bild 38).

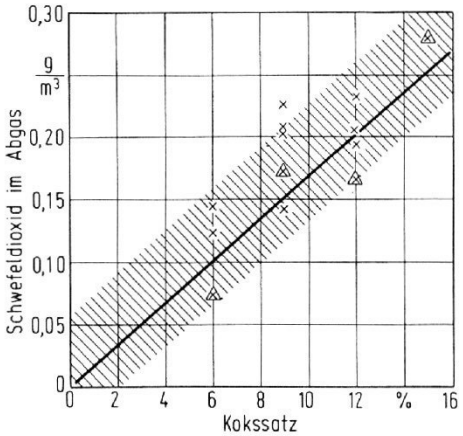


Bild 38. Schwefeldioxidgehalt des Abgases in Abhängigkeit vom Kokssatz
x Tagesmittelwerte, △ Tagesmittelwert für Schmelzoptimum

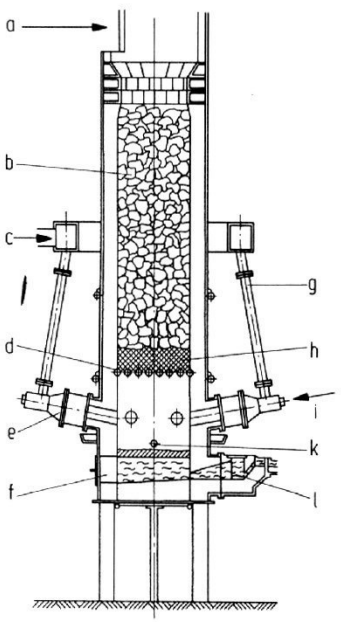


Bild 39. Koksloser Kupolofen
a Zuführung der Beschickung, b Beschickung (Eisen und Kalkstein), c Gebläse, d wassergekühlter Rost, e Brenner, f Einstiegsöffnung, g Windleitung, h keramische Kugeln, i Brennstoff, k Aufkohlung, l Siphon

Koksloser Kupolofen

Als Vorläufer des *kokslosen Kupolofens* ist der Flavenofen zu betrachten, der eine Kombination von Schacht- und Herdofen darstellt. Bild 39 zeigt den Aufbau des Systems. Es läßt erkennen, daß die Beschickungssäule, die normalerweise vom Koksbett getragen wird, auf einem wassergekühlten Rost ruht. Diese Roststäbe sind oberhalb der Brennerebene angebracht, so daß das herabtropfende Eisen durch den Rost bis in das Sammelbecken gelangt. Die Verbrennung erfolgt in einer Brennermuffel außerhalb des Ofens, so daß die heißen Gase auf ihrem Wege durch den Ofenschacht ihre Wärme an die Beschickung abgeben. Da das glühende Koksbett als Träger der Überhitzungszone fehlt, ist man gezwungen, ein Überhitzungsbett aus kugelförmigem feuerfest-Material auf dem wassergekühlten Rost aufzubauen.
Nach Angaben von *W. Sachs* beträgt der Verbrauch an Feuerfestkugeln 30 bis 50 kg/t Einsatzmaterial, die ständig mit der Charge zwecks Ersatz neu eingebracht werden, um eine bestimmte Höhe von etwa 500 bis 700 mm als Überhitzungszone aufrecht zu erhalten. Es darf kein Verkleben im feuerfesten Bett bzw. am Rost auftreten.

Kurzschlußringe

werden bei magnetischen Anwendungen eingesetzt, um die Streufelder von bestimmten Komponenten fernzuhalten. Im Induktionstiegelofenbau werden Kurzschlußringe bei Öfen mit hoher spezifischer Leistung erforderlich, damit die sich vornehmlich im oberen Ofenbereich befindlichen Teile nicht durch das Streufeld übermäßig erwärmt werden. Im Bodenbereich sind die elektrischleitenden Teile weiter von der Spule entfernt als im oberen Bereich. Der Kurzschlußring wird aus Spulenkupfer in wassergekühlten Ausführung gefertigt. Die Anordnung ist in der Regel oberhalb hinter den Eisenpaketen, um gegen das Streufeld ein Gegenfeld zu erzeugen. Auf Grund des Induktionsgesetztes ist das erzeugte Magnetfeld dem ererzeugenden Magnetfeld entgegengesetzt ausgerichtet.
Bei großen Öfen mit hohen spezifischen Leistungen kann die Verlustleistung in dem Kurzschlußring bis ca. 10 kW betragen. Die erforderliche Wassermenge zum Abführen der Energie beträgt ca. 35 l/h und kW, somit bei 10 kW ca. 350 l/h. Der Kurzschlußring muss gegen die tragende Konstruktion elektrisch isoliert eingebaut werden. Ein Eingießen in den oberen Betonring ohne Austrittsmöglichkeiten für eventuelles Verlustwasser ist nicht zu empfehlen.

Kurzspulöfen

gibt es in 2 recht unterschiedlichen Ausführungen. Bei der Ausführung A wird ein „Unterofen mit integrierter niedriger Induktionsspule“ mittels eines Flansches unter einen „zylindrischen Oberofen“ ohne Kühleinrichtungen geflanscht. Die Eisenpakete sind nur im Bereich der Ofenspule. Bei der Ausführung B handelt es sich um einen Tiegelofen mit einer niedrigen Induktionsspule und einer direkt in Spulenverlängerung aufgebauten Kühlspule, die aus V2A-Material hergestellt wird. Die Eisenpakete sind im Bereich der Spule mit Elektroblech versehen, im Kühlspulenbereich dienen nur die verlängerten Seitenbleche mit eingeschweißten Brücken zur Stützung der Kühlspule gegen den Ofenkörper. Die Verluste liegen bei Typ B, wegen der höheren Induktionsspule ca. 15 % niedriger als bei Typ A.

Legieren

ist das Einbringen von Legierungsbestandteilen in eine Metallschmelze, zur Herstellung einer Legierung oder zur Korrektur einer bereits vorhandenen Legierung.

Legierung

ist ein metallischer Werkstoff, der aus mindestens 2 Elementen besteht und durch Legieren im flüssigen Zustand hergestellt worden ist.

Lehm

ist ein sandhaltiger, meist mit Eisenoxiden durchsetzter Ton.

Leistung

ist in der Elektrotechnik der Begriff für das Produkt aus Spannung in V multipliziert mit Strom in A und hat als Einheit Watt bzw. Kilowatt, kurz kW. P = U x I.

Leistungssteigerung

von vorhandenen Anlagen bei Mittelfrequenz oder Netzfrequenz sind in dem Bereich bis 10 % möglich, Grundvoraussetzung ist aber die ausreichend dimensionierte Wasserrückkühlanlage. Durch die Veränderung der Spannung an der Spule um 5 % ergibt sich bei gleicher Frequenz eine Leistungssteigerung um ca. 10 %. Die meisten Trafos haben +/– Anzapfungen. Kondensatoren sind ca. + 5 % spannungsfest. Eine Verringerung der Frequenz um ca. 8 % bei gleicher Spannung ergibt eine Leistungssteigerung um ca. 10 %. Bei gleichbleibenden Frequenzen und Spulenspannungen sind Leistungssteigerungen durch Änderungen der Windungszahl möglich.
Bei einer Netzfrequenz hat z. B. die Induktionsspule eine Windungszahl von 25 Windungen und eine Länge/Höhe von ca. 1000 mm. Wird nun die Windungszahl bei gleicher Spulenlänge /-höhe um 1 Windung auf 24 Windungen verringert, so erhöht sich die elektrische Leistung um ca. 8 %. Falls der Spulenaufbau sich auch in der Länge verringert, so erhöht sich die Leistung um ca. 4 %.
Die totale Wandstärke von der Neuzustellung bis zu dem Spulendurchmesser am Kupfer ergibt die Ankopplung. Wenn die Wandstärke

eines Induktionsofens sich um 1 mm verringert, so ergibt sich eine Leistungssteigerung von ca. 0,8 %, bei gleicher Frequenz und Spannung. Bei einer Durchmesservergrößerung von 10 mm ergibt sich somit eine Leistungssteigerung von ca. 4 %.
Bei Netzfrequenzanlagen kann auch durch eine Überkompensation durch die Kondensatorbatterie und die damit verbundene kapazitive Spannungstransformation eine Leistungssteigerung von bis zu 10 % möglich sein.

Lichtbogenöfen

gibt es mit indirekter Lichtbogenheizung wie beim Graphitstabofen und direkter Lichtbogenbeheizung wie beim Drehstrom- und Gleichstrom-lichtbogenofen.

Liquidustemperatur

ist die Temperatur bei der ein Werkstoff vom flüssigen in den festen Zustand übergeht, bzw. die Erstarrung beginnt. Die Erstarrung ist abgeschlossen, wenn die Solidustemperatur erreicht wird.

Lochstein

nennt man den Aufnahmestein für den Ausguss.

Löten

ist die Bezeichnung für das Verbinden von 2 metallischen Werkstoffen mit einem niedrigschmelzenden Lötwerkstoff. Die zu verbindenden Metallteile müssen metallisch sauber sein. Es wird zur Reinigung Lötwasser oder Lötfett eingesetzt. Als Wärmequelle dienen Lötkolben, Lötlampen oder Brennerflammen. Bei industrieller Anwendung werden Induktionswärme und elektrisch beheizte Durchlauföfen eingesetzt.

Lunker

entstehen beim Erstarren einer Schmelze durch Volumenabnahme. Durch geeignete Formausbildung sollte die Lunkerung nicht im Gussstück sondern im Einguss oder Steiger erfolgen. Mit Hilfe von Lunkerpulver kann eine exotherme Speiserbeheizung erfolgen.

Magnesiumschmelze

wird in Stahltiegeln hergestellt. Die größte Anwendung ist in Druckguß-Gießereien. Die Öfen werden widerstands- oder brennstoffbeheizt angeboten. In Recyclingbetrieben mit Jahresdurchsätzen > ca. 3.000 t/a und Abmessungen des Schrotts von ca. 500 x 200 x 50, wird der induktiv beheizte Stahltiegelofen von ABB erfolgreich angewendet. Diese Öfen werden mit Fassungsvermögen von ca. 800 kg mit 400 kW und 1.500 kg mit 560 kW angeboten. Keramisch zugestellte Magnesiumöfen haben sich wegen der starken Verunreinigungen (Dross) nicht beim Recyclen bewährt. In den USA werden Öfen mit 7 und 10 t Magnesium keramisch zugestellt betrieben. Hierbei wird aber mit 1/3 Sumpf und chargierten Masseln gearbeitet. Die Masseln sind aus russischer und chinesischer Produktion mit Verunreinigungen, die in diesen Öfen „ausgebracht" werden. Die Öfen müssen ständig betrieben werden, da die Stampfmasse nicht auskühlen darf.

Magnetabscheider

werden zum Aussortieren von magnetischen Werkstoffen von anderen Werkstoffen eingesetzt. Diese Geräte werden auch als Bandabscheider gebaut.

Magnetkran

ist ein Hilfsmittel zum Transport von magnetischem Schmelzgut von einem Punkt zu einem anderen. Er wird zum Gattieren und Chargieren eingesetzt. Beim Betrieb ist auf grösste Sicherheit zu achten, damit nicht unvorhersehbar magnetische Hilfsmittel wie Löffel und Stangen angezogen und damit zur Unfallgefahr werden. Die max. „Anzugsgewichte" sind streng einzuhalten, damit nicht während des Betriebes Gefahren auftreten können.

Bild 5 zeigt das Gattieren der Chargier-Schwingförderrinnen mittels Hochleistungsmagnet und Hallenkran, der zur Dosierung mit einer Kranwaage ausgestattet ist.

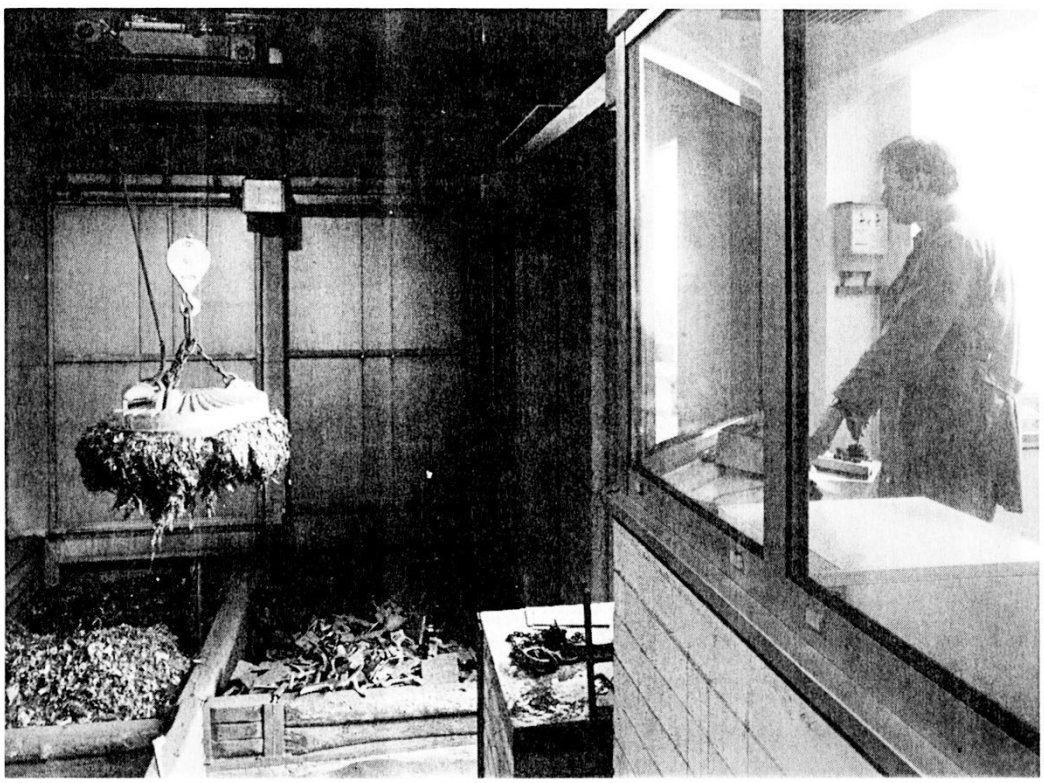


Bild 5: MF-Ind.-Schmelzanlage, 35 t/Tag Gesamtproduktion - Gattierung

Meehanite-Gußeisen

ist eine geschützte Markenbezeichnung der Meehanite-Metall- Corporation für einen Werkstoff/Gußeisen, der Schmelz-, gieß-, form- und wärmebehandlungstechnisch hochentwickelt worden ist. Die Grundlage bildet ein im Jahre 1922 in den USA an A. F. Meehan erteiltes Patent, das sich im Wesentlichen auf ein spezielles Impfverfahren auf CaSi-Basis zur Erzielung eines sehr feinen Graphits im Gefüge erstreckte.

Maschinenguss

wird das Herstellen von Gussstücken für den Maschinenbau genannt.

Maskenformen

bestehen aus mindestens 2 Formhälften, die mit Füllsand stabilisiert in Formkästen zum Einsatz kommen. Die Maskenformen werden maschinell hergestellt und werden bei Gusswerkstoffen, die zu Penetration neigen, eingesetzt.

Masseln

werden in Sand- oder Kokillenformen abgegossen. Bei NE-Metallen werden Endlegierungen in Gewichten von 1-50 kg abgegossen. Bei Eisenmetallen werden ggf. quaderartige Formen mit bis zu 500 kg gegossen.

Mechanisierung

ist der Einsatz von mechanischen Mitteln an Stelle manueller Arbeitsverrichtung.

Mehrstofflegierung

besteht aus mindestens drei Legierungselementen.

Metallspritzen

ist das Aufspritzen eines schmelzflüssigen Metalls auf ein Werkstück.

MIG-Schweißen

ist die Abkürzung für Metall-Inert-Gas-Schweißen. Es ist eine Lichtbogenschweißung mit Zusatzdraht unter Schutzgas wie Argon oder Helium.

Mikanit

ist die Handelsbezeichnung für Platten- und Formstücke zur elektrischen Isolierung von Induktionsöfen und widerstandsbeheizter Heiz-

einrichtungen, z. B. Toaster im Haushalt. Kernisolation in Induktionsöfen.

Modell

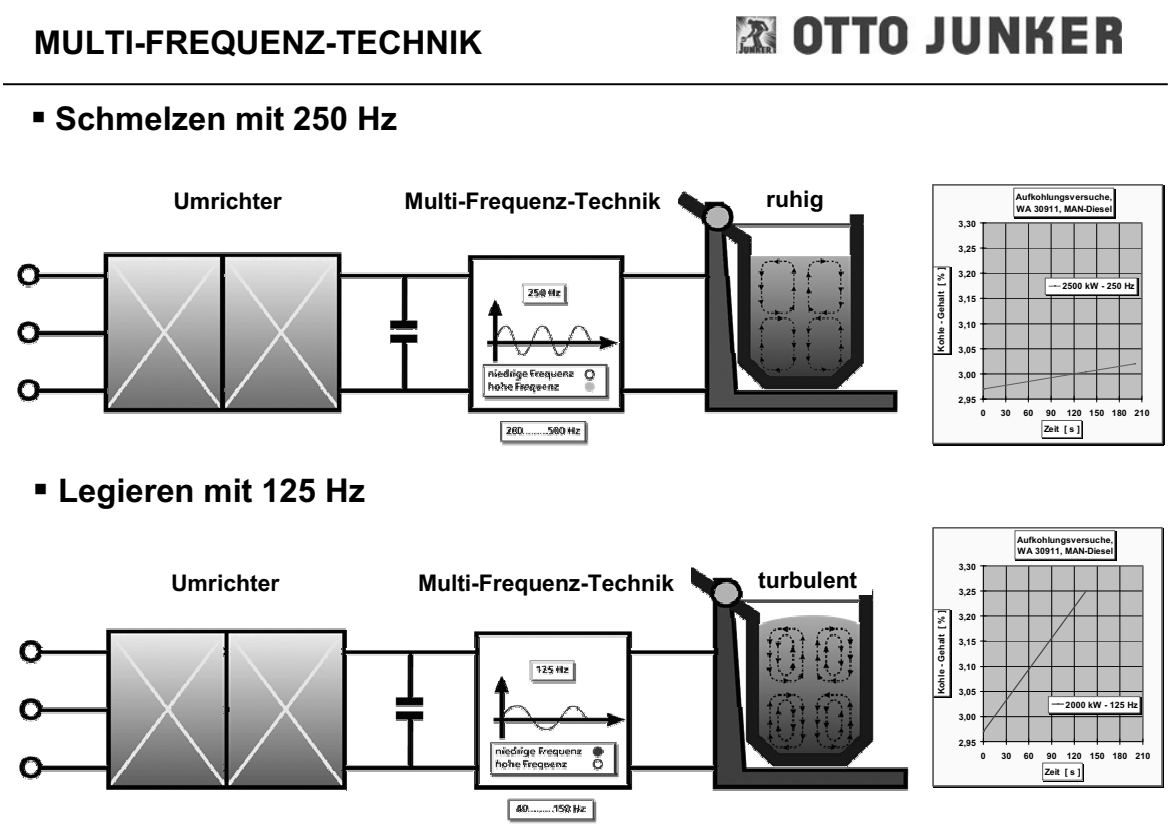
ist die Formeinrichtung zum direkten Abformen des Formhohlraumes einer Gießform zur Herstellung des maßgenauen Gussstückes.

Modellplatten

nehmen die Modellhälften zum Abformen der Gießform auf. Die Modellplatten werden auf dem Formmaschinentisch befestigt.

Multi-Frequenz

ist eine Bezeichnung der Firma Junker für die Frequenzumschaltung beim Schmelzen und Aufkohlen.



Ni-Hard-Gusseisen

ist ein martensitisches, mit Nickel und Chrom legiertes, weißes Gußeisen für verschleißbeanspruchte Pumpengehäuse, Pumpenlaufräder, Mahlkugeln, Walzen usw.

Ofenbodenaufbau

ist entsprechend der Ofengröße und der Anwendung unterschiedlich gestaltet. Durch den Einbau von Wärmedämmsteinen kann man die Wärmeverluste verringern, aber die Festigkeit wird auch verringert. Gegossene Betonelemente haben höhere Festigkeiten und etwas höhere Wärmeleitfähigkeiten. Der Trend führte zu höheren Standzeiten mit hochwertigen Betonen. Aus Kostengründen hat man in den meisten Fällen die Steinuntermauerungen von Induktionsspulen durch Betonieren ersetzt. Bei Ofengrößen bis ca. 5 t kann die Tiegelausdrückvorrichtung zentriert angeordnet werden. Über 5 t Inhalt wird die Anordnung exzentrisch in Richtung Gießschnauze verlegt.

Ofendeckel

dienen im Wesentlichen zur Vermeidung von Wärmeverlusten und als Sicherheitseinrichtung für das Bedienpersonal zur Abschirmung gegen die Wärmestrahlung und „Absturzgefahr". Ofendeckel werden aus Stahlblech mit einer keramischen Auskleidung, in der Regel gegossen, ausgeführt. Ein imaginärer Ofendeckel wird beim Prozessorbetrieb eines Tiegelofens zum Abschluß des Schmelzprozesses aufgesetzt und alle gespeicherten Werte der Schmelze werden verarbeitet und über den Bildschirm und Drucker dem Bediener zur Kenntnis (für weitere Maßnahmen aufgearbeitet) gegeben.
Größere Öfen mit Deckeldurchmesser über ca. 1.200 mm haben noch einen kleinen von Hand schwenkbaren Deckel. Durch die Öffnung können Zuschläge in die Schmelze gebracht oder die Temperatur gemessen werden.

Ofenführung

ist der Betrieb eines Ofens, insbesondere Schmelzofens, um bestimmte metallurgische Bedingungen zu erfüllen. Man sagt auch Prozessführung.

Ofengröße

wird in der Regel mit der Angabe des Nutzinhalts der unterschiedlichen Öfen festgelegt. Ältere Angaben bezogen sich bei Tiegelöfen z. B. auf den Inhalt innerhalb der Ofenspule und das Nennfassungsvermögen z. B. 4/5,2 t oder 10/13 t. Bei Rinnenöfen kann die Angabe z. B. sein 45/60 t, oder bei Giesseinrichtungen 5/6,2 t.

Ofentransformatoren

werden, außer bei Mittelfrequenzanlagen, als Stufentransformatoren ausgelegt. In der Regel werden für Netzfrequenzanlagen 10 oder 12 stufige Sekundärwicklungen angewendet. Die Umschaltung erfolgt im lastlosen Zustand auf der Sekundärseite. Die obersten 5 oder 6 Stufen sind für Nennleistung ausgelegt, bei den unteren Stufen fällt die Leistung mit dem Quadrat der abnehmenden Spannung. Die unterste Stufe wird so gewählt, das der angeschlossene Ofen mit 60 % seines Fassungsvermögens noch warmgehalten werden kann, ohne das die Temperatur wesentlich ansteigt. Bei einem 12, 5 t-Ofen sollte die vom Ofen gezogene Leistung etwa 140 kW sein. Wenn die max. Spannung 2000 V für 2600 kW ist, muß die unterste Spannungsstufe 465 Volt haben.

Ofenumschaltungen

sind immer dann erforderlich, wenn aus einer oder mehreren Energieversorgungseinrichtungen mehrere Öfen versorgt werden sollen. Die einfachste Umschaltung ist die Ofenstromumschaltung von einer Schaltanlage auf 2 nachgeschaltete Öfen. Alternativ wäre hier die Wirkstromumschaltung mit je einer Kondensatorbatterie für jeden Ofen. Die Ofenumschalteinrichtung mit der optimalen „Reserve" für die Öfen und die Energieversorgung ist die sogenannte Schienenversorgung. Bei dieser Einrichtung kann jeder Ofen auf jede Energieversorgung geschaltet werden. Hierzu sind gleiche Anzahlen an Öfen wie an Energieversorgungen, sowie für jeden Ofen die entsprechende Anzahl an Wirkstromumschaltern erforderlich. Da diese Anlagen bei mehr als 3 Öfen ein zu grosses und unübersichtliches Schienensystem erfordern wird man ab 4 Öfen auf ein 2 x 2 Ofensystem gehen.
Bei Netzfrequenzanlagen ist der Strom zum Ofen ca 4,5 mal so hoch wie der Wirkstrom. 250 Hz-Anlagen haben einen ca. 7,5 mal so hohen Strom zum Ofen wie der Wirkstrom. 500 Hz-Anlagen haben einen ca. 11 mal so hohen Strom wie der Wirkstrom.
Als Alternative zu diesen Umschaltungen sind die Anlagen mit der stufenlosen Aufteilung der Leistung auf 2 oder mehr Öfen entwickelt worden. Wobei diese noch den Vorteil haben, dass 2 Öfen gleichzeitig mit Energie versorgt werden können.
Die elektronische Umschaltung ist nicht so häufig zum Einsatz gekommen, da jeweils nur 1 Ofen mit Energie versorgt werden kann. Die Aus- und Einschaltzeit beträgt ca. 1 Sekunde.

Ofenwaagen

dienen zur kontinuierlichen Erfassung des Gesamtgewichtes eines Ofens. Durch eine entsprechende Tarierung bei einem leeren Ofen kann die exakte Füllmenge oder nach einem Abstich die Entnahmemenge und der Restinhalt festgestellt und protokolliert werden. In der Regel werden Druckmessdosen mit Dehnungsmessstreifen eingesetzt. Es gibt runde Messzellen und für schwere Lasten Messbalken, die den Vorteil einer 100 %-igen Fixierung des Ofens ermöglichen. Bei runden Messzellen ist der Ofen beweglich gelagert und nur mit einer Abhebesicherung gegen Kippen gesichert. Die Anzeigeschritte liegen bei kleinen Öfen bei 2 kg und bei grösseren Öfen bei 5 oder 10 kg. Für prozessorgesteuerte Anlagen ist der Einsatz von Ofenwaagen zwingend notwendig.

Das Schaltschema für den Tiegelspeicherofen mit umschaltbarer Spule ist in Bild 9 dargestellt.

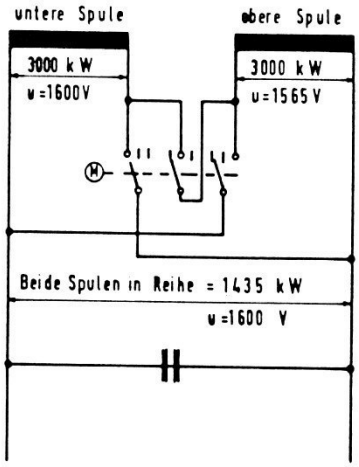
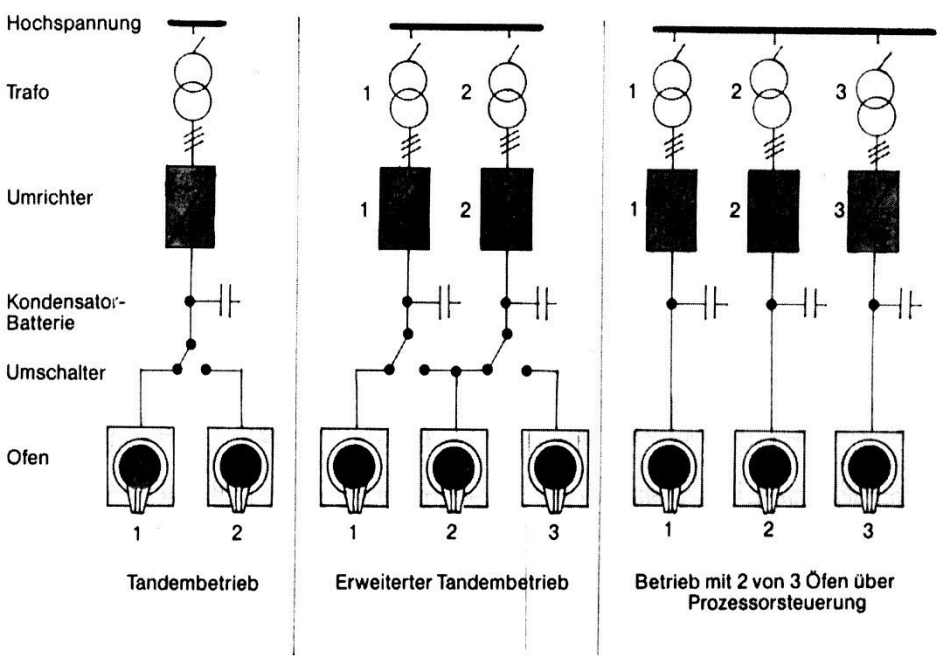


Bild 9: Schaltschema des Tiegelspeicherofens mit umschaltbarer Spule



Ofenzustellung

Feuerfeste Auskleidung eines Ofens zum Schmelzen von Metallen.

Ölbrenner

Mit Heizöl betriebener Brenner zur Beheizung von Öfen und Feuerungsanlagen.

Optipoursystem

ist das optische Giesssystem der Firma ABB, das mit einer elektronischen Kamera die Oberfläche eines Gießsumpfes im Eingießstrichter einer zu giessenden Form vermisst und in Abhängigkeit der ermittelten Flüssigmetallfläche den Giessprozess regelt. Bei Erreichen des vorgegebenen Füllstandes wird der Abguss beendet.

Oxydieren

Zuführung von Sauerstoff zum Zwecke der Oxydation.

Paketschrott

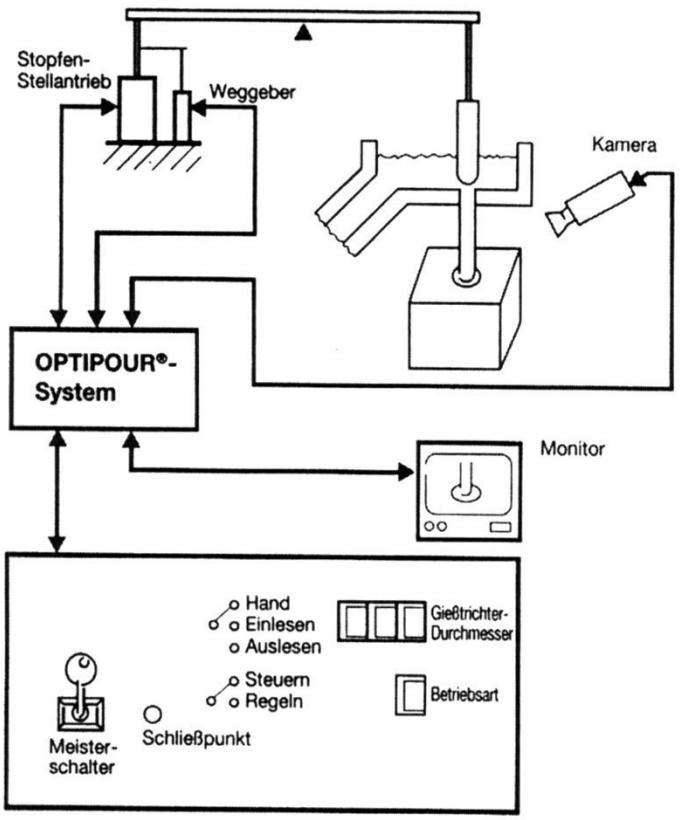
soll frei von Wasser, Ölen und Fetten sein und weder Hohlkörper noch organische Einschlüsse haben. Paketierter Schrott kommt bei Induktions- und Kupolöfen zum Einsatz. Die Abmessungen müssen den Ofenabmessungen angemessen werden, d. h. die max. Länge/Diagonale sollte nicht mehr als 60% des Ofendurchmessers sein.

Pellet

ist ein aus feinkörnigen Stoffen unter Verwendung von Bindemitteln brikettierter Preßling mit max. 100 mm Länge. Briketts haben bis 250 mm Länge.

Pfanne

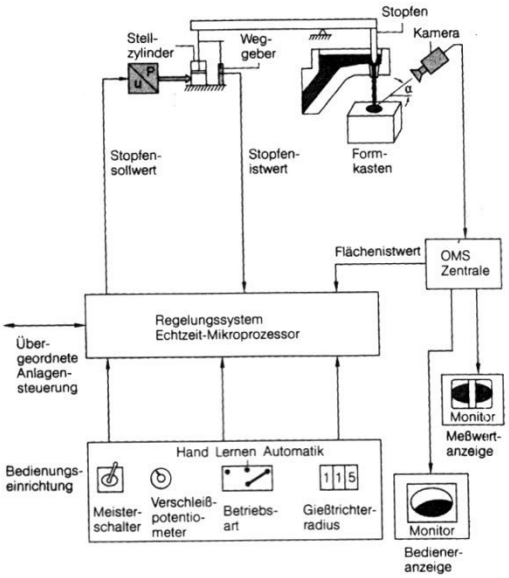
ist ein feuerfest ausgekleidetes Gefäß das zur Aufnahme einer Schmelz aus einem Ofen und zum Transport oder zum Gießen eingesetzt wird. Von der Konstruktion her sagt man Transport- oder Gießpfannen.



Funktionsprinzip des Gießsystems OPTIPOUR®

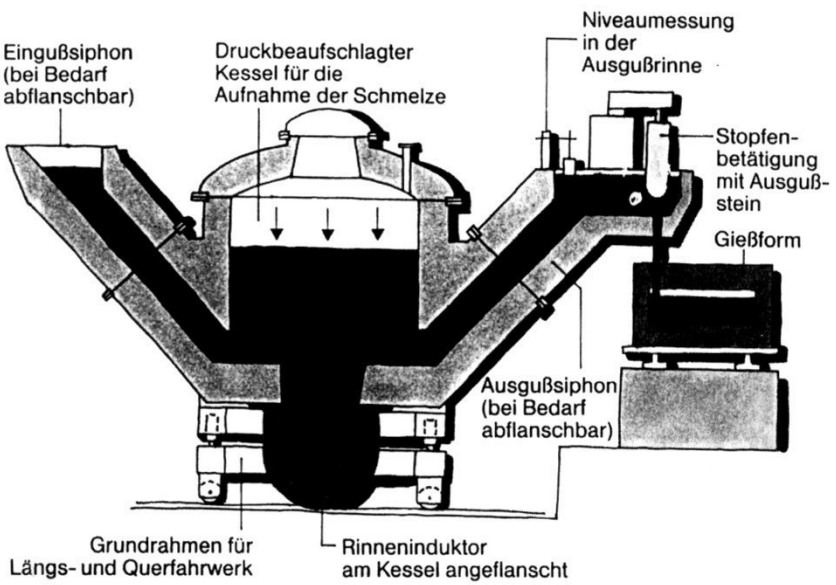
Der Eingußtrichter des Formkastens wird ständig durch eine Kamera überwacht. Das Bildsignal wird einer im Rechnersystem integrierten Bildverarbeitungseinheit zugeführt, mit deren Hilfe die sichtbare Eisenfläche im Kamerabild bestimmt wird. Hieraus wird über entsprechende Algorithmen die aktuelle Höhe des Eisenspiegels im Gießtrichter berechnet. Eine übergeordnete Regeleinrichtung sorgt über den Stellantrieb der Stopfenbetätigung dafür, daß das Eisenniveau während des gesamten Gießvorgangs konstant gehalten wird.

Als Option enthält OPTIPOUR® ein Modul, das die automatische Positionierung der Gießeinrichtung zur sich ändernden Position des Gießtrichters ermöglicht, wie es bei einigen Typen von kastenlosen Formanlagen gefordert ist.



OPTIPOUR(R)-Verfahren zur Gießspiegelregelung

Sofern der geschlossene Regelkreis des optischen Systems nicht erforderlich ist, wird nur das PROPOUR(R)-System eingesetzt, das sich ohne Nachregelung auf die mit Hand vorgefahrenen Ablaufkurven eines Lernprogrammes stützt. Dabei muß das Personal die Kurven zeitweise den Zustandsänderungen von Stopfen, Ausguß und Formen an der Gießanlage nachprogrammieren.



Druckgasbetätigter ABB-Gießofen PRESSPOUR(R)

Pinchen

ist der Ausdruck für das Abreißen des Rinneneisens und damit des sekundären Induktorstroms durch eine zu hohe Leistung, bezogen auf den statischen Druck der Schmelze aus dem über dem Induktor befindlichen Gefäßes. Durch Ablagerungen und damit verbundene Verkleinerung der Rinne, kann das Pinchen auch bei für den Normalbetrieb ausreichenden statischen Druck auftreten. Um Beschädigungen am Induktor zu vermeiden, muss die Leistung beim Pinchen reduziert werden.

Plungerzylinder

sind „einfachwirkende“ Zylinder, die hydraulisch oder, auch selten, pneumatisch senkrecht wirken. Das Absenken erfolgt durch das angehobene Gewicht. Die Kolbenstange ist gleichzeitig der Kolben. Über einen angedrehten Ring am unteren Ende der Kolbenstange und eine Anschlagbüchse im oberen Bereich des Zylinderrohres wird der max. Hub begrenzt. Die Dichtelemente werden im Zylinderrohr eingebaut.

Pore

ist die Bezeichnung für einen offenen oder geschlossenen Hohlraum im Gefüge.

Pouromat

ist das eingetragene Warenzeichen der Firma ABB für alle von ABB hergestellten Giesseinrichtungen mit und ohne Beheizung.

Power-Focus

ist die Benennung der Firma Junker für die Verschiebung der Leistungskonzentration über die Höhe der Ofenspule.

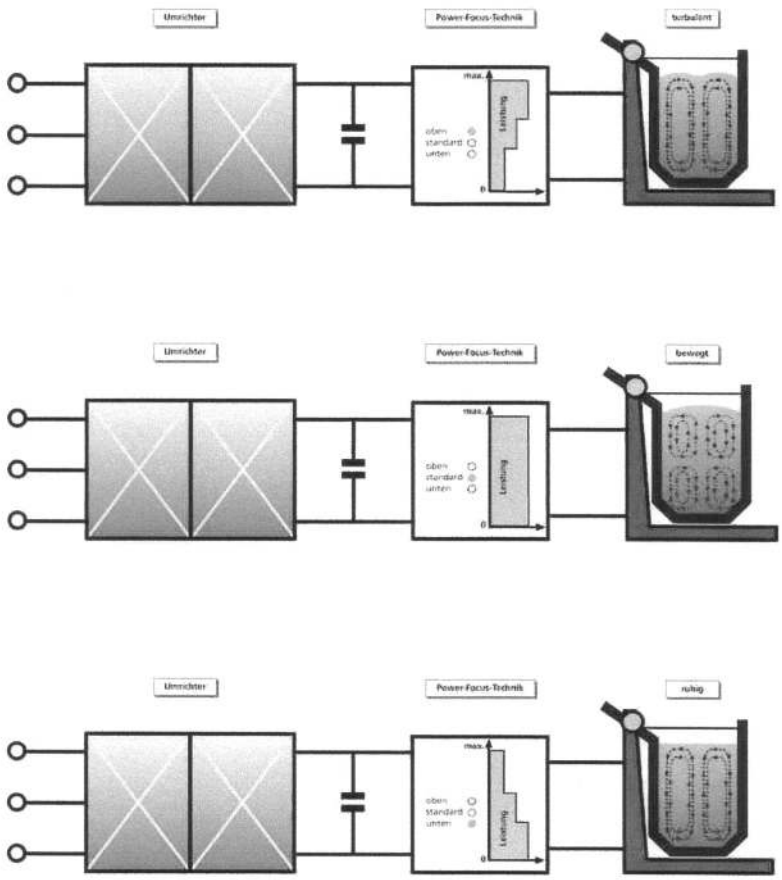
Präzisionsguss

darf nur als Sammelbezeichnung für Feinguss eingesetzt werden.

Junker-Power-Focus-Technik

Verschiebung der Leistungskonzentration über die Ofenspule

- Verfahrensabhängig durch den Bediener
- Prozessorgesteuert nach Ofenfüllgrad



JUNKER

Probenlöffel

sind Gießlöffel zum Entnehmen einer Schmelzprobe und zum Gießen von Probestücken.

Prozessoren

gibt es für Tiegel-, Rinnenschmelz-, Warmhalteöfen und Gießeinrichtungen. Die umfangreichsten Aufgaben werden von einem Schmelzprozessor erfüllt. Bei Tiegelschmelzöfen besteht dieser Prozessor aus einem Computer mit Farbmonitor zur Information des Personals, einer Funktionstastatur zur Bedienung der Anlage sowie einem Drucker zur Protokollierung der Betriebsdaten.
Über entsprechende Schnittstellen sind angeschlossen:
– das Wiegesystem des auf Druckmeßdosen/Wägebalken stehenden Tiegelofens
– das Tauchtemperaturmessssystem
– die zur Verriegelung notwendige SPS
– das zur Analysenermittlung benutzte Spektrometer
– ein für Ferndiagnose- oder Servicezwecke notwendiges Modem
– ein übergeordnetes betriebliches Prozess-Leitsystem

Der Prozessor steuert in Abhängigkeit von den eintreffenden Signalen die Ofenleistung und Energiezufuhr. Entsprechend dem Ofeninhalt und der schon aufgenommenen Energie ermittelt der Schmelzprozessor die mittlere Temperatur der Charge. Während das Schmelzprogramm abläuft, werden auf dem Monitor angezeigt:
– Gewicht des Schmelzgutes
– Berechnete mittlere Temperatur des Schmelzgutes
– Gesamter chargenbezogener Energieverbrauch
– Spezifischer chargenbezogener Energieverbrauch
– Restliche freigegebene Energiemenge

Über erweiterte Anschlüsse können die Kühlwassertemperaturen in den einzelnen Wasserkreisen sowie die Vorlauftemperatur angezeigt und überwacht werden. Nach Abschluss des Schmelzprozesses wird ein imaginärer Deckel auf das System gesetzt, der alle bis dahin erfaßten Werte verarbeitet und auf dem Monitor sichtbar macht. Mit der Temperaturmessung und der Analyse der Schmelze wird die Korrekturmenge der einzelnen Werkstoffe ermittelt. Nach der Zugabe der Korrekturstoffe wird die Schmelze bei gleichzeitigem Einrühren der Korrekturstoffe auf die voreingestellte Abgußtemperatur und Sollanalyse gebracht. Danach schaltet der Schmelzprozessor den Ofen auf

Warmhalten und fordert den Bediener zum Abguß auf. Nach dem Entleeren/Abguß der max. Menge, unter Berücksichtigung eines Restsumpfes, kann der nächste Schmelzablauf gestartet werden. Außer der Steuerung des eigentlichen Schmelzablaufes verfügt ein Schmelzprozessor noch über mehrere Programme, die abgerufen werden können. Der Prozessor verfügt über ein Programm für das Anfahren eines kalten Tiegels nach längerem Stillstand, z. B. nach dem Wochenende oder längeren Betriebsstillstandzeiten. Das Programm ermöglicht das gefahrlose induktive Aufheizen des kalten mit Chargiergut gefüllten Tiegels, so dass der Normal-Schmelzbetrieb bei Schichtbeginn wieder anlaufen kann.
Ein weiteres Programm ist für das Sintern des neu zugestellten Tiegels enthalten. Über zeitabhängige Temperaturprofile steuert der Prozess den Sintervorgang nach der Neuzustellung. Auf Grund der sich mit der Verringerung der Wandstärke verändernden Parameter für Wirk- und Blindleistung, Frequenz und Tiegelinhalt, wird der Tiegelverschleiß überwacht. Er berechnet aus den elektrischen Daten des Ofens die Auswaschung des Ofentiegels. Auf dem Bildschirm wird dann der zeitliche Verlauf der Wanddicke währende der Tiegelreise sowie der jeweils aktuellen Tiegelzustand während des Betriebes dargestellt. Sämtliche analogbezogenen Ereignisse, die über entsprechende Schnittstellen verfügbar sind, einschließlich aufaufgetretener Störungen, werden erfaßt und zeitgerecht ausgedruckt. Alle relevanten Betriebsdaten werden regelmäßig über das Chargenprotokoll zur Verfügung gestellt und bei Bedarf, oder mit Start der nächsten Charge, automatisch für die abgelaufene Charge ausgedruckt. Bei einem mit Induktor beheizten Rinnenofen oder Gießofen werden von dem Prozessor die nachstehenden Daten gespeichert:

- Induktorspannung und –strom
- Wirk- und Blindleistung
- Isolationswiderstände zwischen dem Induktorkühlmantel und dem Metall in der Induktorrinne sowie den spannungsführenden Teilen und der Betriebserde
- Kühlwassertemperaturen der einzelnen Kreise und des Zulaufs
- Temperaturen an 5 Stellen des Kessels
- Der Prozessor für diese Anwendung speichert alle Meßwerte. Er kann wahlweise ein oder mehrere Größen zeitabhängig auf dem Monitor darstellen und ggf. vom Drucker ausdrucken lassen. Für die Anwendung kann zwischen mehreren Zeiträumen zwischen Start des Induktors und den letzten 4 h gewählt werden.

Um die Störsicherheit zu garantieren, müssen die Ein- und Ausgänge des Rechners über eine SPS an den Ofen gekoppelt sein. Über ein Modem

können alle erfaßten und gespeicherten Daten übermittelt und über Fernwartung bearbeitet werden. Mit Hilfe der erfaßten Werte kann das Induktordiagramm berechnet und dargestellt werden. Treten während des Betriebes kritische Situationen auf, löst der Prozessor Alarm aus.
Die integrale Aussage über die Verhältnisse von Wirk- und Blindleistung können durch die Darstellung der Verluste in den wassergekühlten Bauteilen des Gehäuses gestützt werden. Damit erfährt man auch, ob der Induktor z. B. im Bereich des Unterteils des Induktors auswäscht und im Oberteil zuwächst.

PRODAPT®-M steuert:

- die Energiezufuhr für den Schmelzbetrieb
- die Energiezufuhr für den Warmhaltebetrieb
- die Energiezufuhr für das Anfahren des kalten Ofens
- die Energiezufuhr für das Sintern des Ofens

6. Tele-Service

Das Schmelzprozessor-Tele-Service-Modul ermöglicht dem ABB-Service-Team an ABB-Induktionsanlagen Diagnose, Wartung, Kundendienst und Service weltweit per Telefon durchzuführen. Es verbindet die Anlagen und die Experten weltweit miteinander. Die Kommunikation erfolgt über die öffentlichen Telefonnetze.

Tele-Service erlaubt dem Service-Personal der ABB-Stellen, den Schmelzprozessor in der Anlage des Kunden so zu bedienen, als ob man sich vor Ort an der Anlage befindet.

Über Tele-Service kann der Fehler von Dortmund aus diagnostiziert werden und der Programmablauf geändert werden.

Tele-Service für den Schmelzprozessor ist die schnellste Verbindung unserer Spezialisten mit den weltweit installierten Anlagen; eine neuartige wirtschaftliche Dienstleistung von Kontinent zu Kontinent.

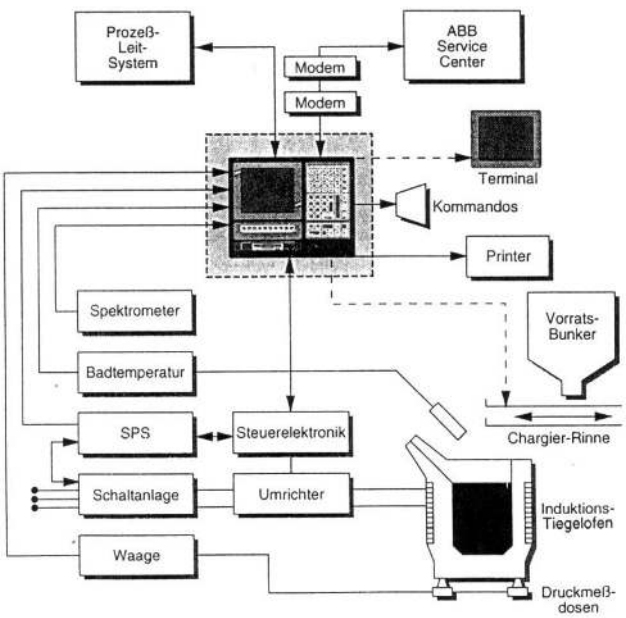


Bild 6:
Tele-Service

Putzen

ist der Sammelbegriff für alle Arbeiten am rohen Gussstück, wie dieses nach dem Abkühlen aus der Gießform kommt.

Pyrometer

werden zum Messen von hohen Temperaturen eingesetzt. Man unterscheidet thermoelektrische- und Strahlungspyrometer. Pyrometer werden zur Messung von 1000 °C bis max. 1600 °C (kurzzeitig 1800 °C) eingesetzt.

Quarz

ist ein feuerfestes Material, das auch mit Siliciumdioxid (SiO_2) bezeichnet wird. Bei 870°C erfolgt eine Umwandlung, die bei Abkühlung zu Schwindungsrissen führt. Beim Aufheizen über ca. 1000 °C schließen sich diese wieder.

Rinnenofen

ist die Bezeichnung für einen Induktionsofen, der mit 1 bis 4 Rinneninduktoren betrieben wird. Rinnenöfen werden in der Regel als Warmhalte- oder Speicheröfen eingesetzt.
Bei Buntmetall und Zink werden, wegen des guten Wirkungsgrades, auch Rinnenöfen zum Schmelzen eingesetzt. Beim Grauguß hat sich dieses Prinzip/Bauform nicht durchgesetzt. In Buntmetallgiessereien hat sich der Doppelkammerrinnenofen durchgesetzt. Er besteht im Prinzip aus einem Rinneninduktor mit 2 Flanschen, an denen eine Einlaufkammer und eine Giesskammer angeflanscht werden. Diese Öfen haben nur eine geringe Leistung, die nicht zum Aufschmelzen von festem Einsatzgut geeignet ist. Für Aluminium gibt es leistungsstärkere Öfen, die auch feste Masseln aufschmelzen können.

Das Prinzip des induktiv beheizten Rinnenofens geht aus dem folgenden Bild 64 hervor. Unterhalb des eigentlichen Ofenspeichers ist der Induktor angeordnet. Er besteht aus einer mit flüssigem Eisen durchströmten Rinne, welche die Sekundärspule des Trafosystems bildet. Die Rinne wird um die eigentliche Primärspule geführt. Das Magnetfeld arbeitet wegen der Führung über ein Joch relativ verlustarm. Die Energiebeaufschlagung der Induktoren, die meist mit einem Magnesitfutter (auch mit Al_2O_3) ausgekleidet sind, reicht bis zu 2000 kW; der Anwendungsbereich in der Praxis liegt aber vorwiegend bei 500 bis 800 kW, da größere Leistungen meist gar nicht benötigt werden. Sonderausführungen wie die *Doppelrinne* oder die zwecks intensiverer Strömung mit *Jet flow* versehene Rinne blieben bisher nur auf Einzelfälle in ihrer Anwendung beschränkt.

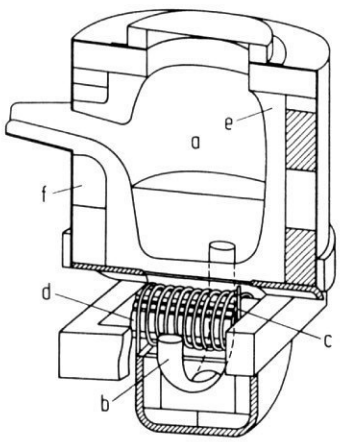


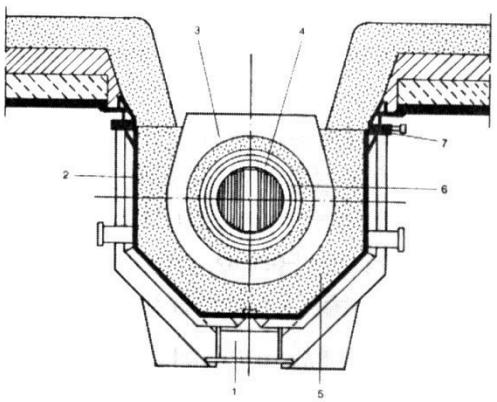
Bild 64. Netzfrequenz-Induktionsrinnenofen
a Sammelgefäß, b Schmelzrinne, c Primärspule, d Trafokern, e Stampfmasse, f Isolierung

Das eigentliche Speichergefäß wird meist mit einem feuerfesten Futter auf Al_2O_3-Basis ausgekleidet, das eine Haltbarkeit von mehreren Jahren hat. Das Fassungsvermögen liegt im Bereich von 20 bis 150 t; für mittlere bis größere Gießereien haben sich Speichergefäße mit einem Nutzinhalt von 30 bis 40 t als besonders geeignet erwiesen. Diese Zahlen lassen erkennen, daß die Relation zwischen Induktor-Inhalt und Ofenfassungsvermögen sehr klein ist, was bedeutet, daß die durch die induktive Energieübertragung hervorgerufene Badbewegung insgesamt betrachtet relativ schwach ist. Der Analysen- und Temperaturausgleich ist zufriedenstellend, was darauf zurückzuführen ist, daß einerseits eine große Speichermenge vorhanden ist, und andererseits die Wege zwischen Ein- und Auslauf relativ lang sind; zudem führt die direkte Verbindung zwischen Ein- und Auslauf an der Induktorrinne vorbei, so daß durch die dort herrschende Badbewegung eine Umlenkung erfolgt.

Wirkungsweise

Am Ofenkessel ist ein auswechselbarer Rinneninduktor (Bild 2+b) angeflanscht. Der in der Primärspule des Induktors fließende Strom erzeugt ein magnetisches Wechselfeld, das vorwiegend im Magnetkern geführt wird. Den Sekundärkreis stellt das in der Rinne befindliche flüssige Metall dar. Das magnetische Feld induziert in diesem Kreis eine Leistung, die in Wärme umgesetzt wird. Der Energietransport aus der Rinne in den Ofenraum erfolgt im wesentlichen durch einen Metalltransport hervorgerufen durch folgende Mechanismen:

1 Magnetjoch
2 Induktorgehäuse
3 Rinnenschablone
4 Spule
5 Feuerfest-Auskleidung
6 Kühlmantel
7 Kühlrahmen



1 Magnetjoch
2 Induktorgehäuse
3 Rinne
4 Spule
5 Feuerfest-Auskleidung
6 Kühlmantel

Bild 2: Prinzipschema Rinneninduktoren
a) bis zu 700 kW Leistung

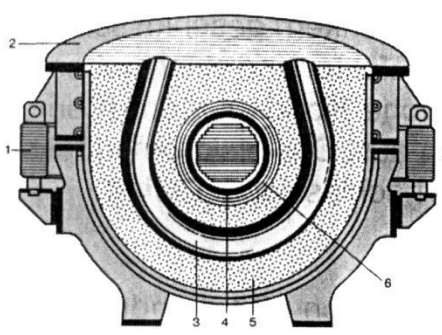


Bild 2: Prinzipschema Rinneninduktoren
b) ab 800 kW Leistung

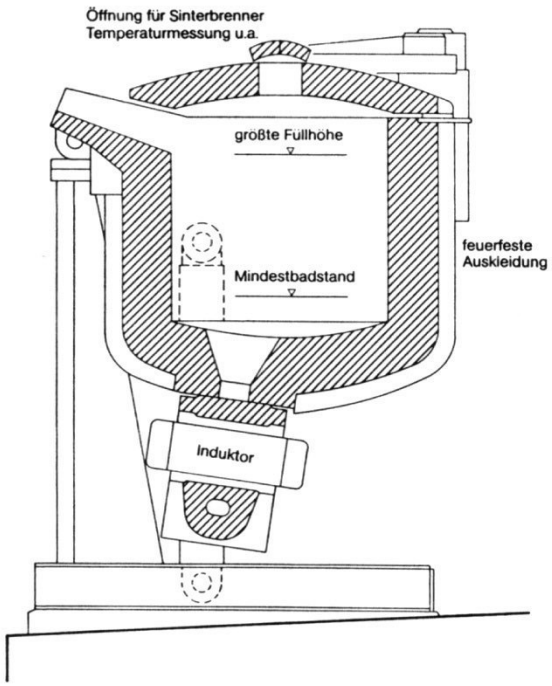


Bild 1: Rinnenofen zum Schmelzen von Gußeisen

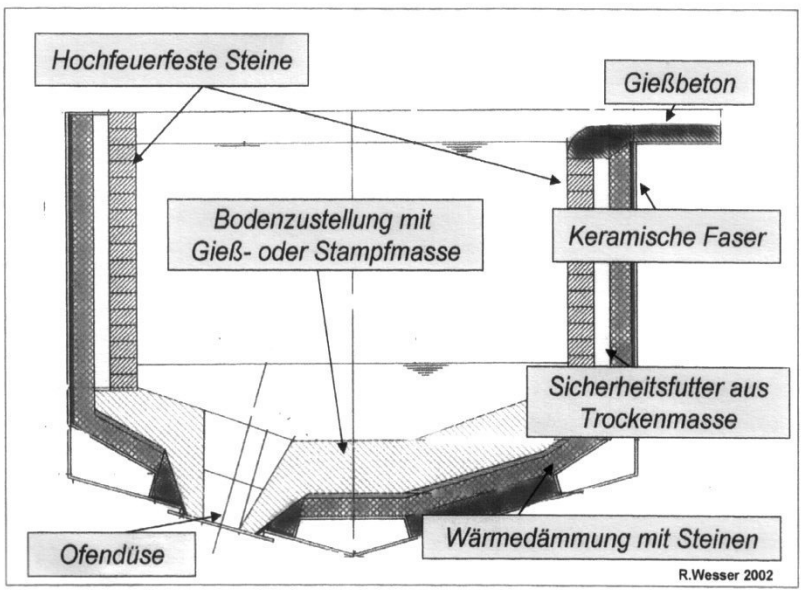
Betriebskosten

a) Energieverbrauch

Aufgrund der Führung des elektrischen Feldes im geschlossenen Transformator-Kern hat der Rinnenofen gegenüber dem Tiegelofen eine wesentlich niedrigere Blindleistung und einen um etwa 10 Prozentpunkte besseren Wirkungsgrad. Daraus ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten günstigen Werte für den Schmelzenergieverbrauch des Rinnenofens.

	η_{el}	Schmelzenergie
Rinnenöfen	90 %	423 kWh/t
Tiegelöfen, NF oder MF	80 %	475 kWh/t

Tabelle 1: Energieverbrauch beim Schmelzen von Gußeisen in verschiedenen Ofentypen, Temperatur 1.500 °C



Rinnenofen Feuerfestzustellung der Ofenwanne
Ofentyp: ASEA 45 CSH

RWesser

40.3

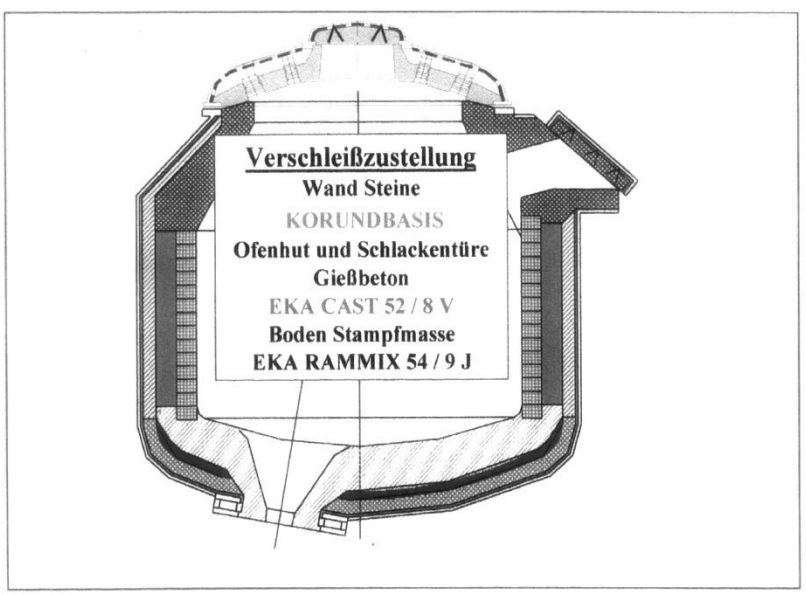
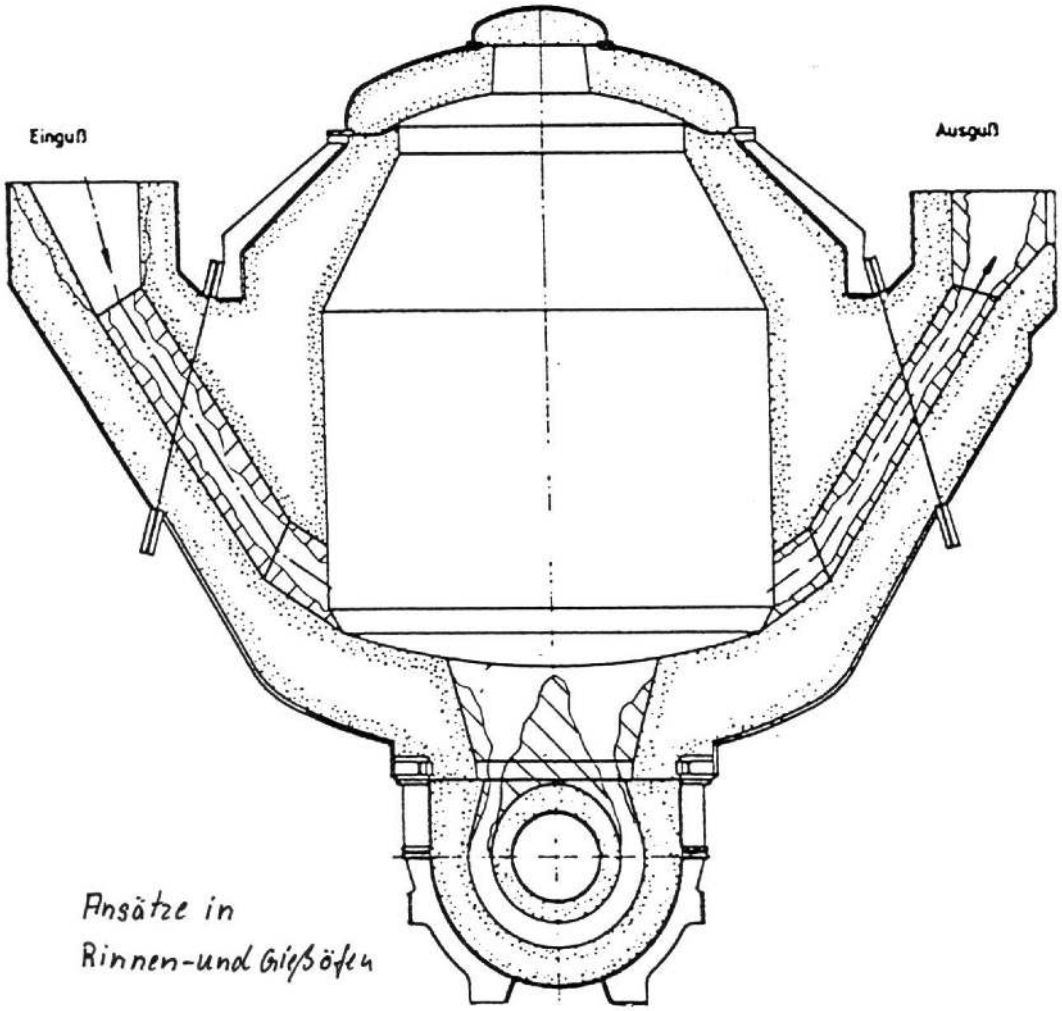


ABB IRT 115
gemauerte Zustellung

RWesser

40.2



Ansätze in Rinnen- und Gießöfen

Herkunft der Oxide
Feuerfestmaterial, Stahlschrott
z. B. GGG-Kreislauf
Feuerfestmaterial, Legierungsstoffe, Einsatzmaterial, Reste von Formsand
Legierungsmittel; Kalkstein bei Kupolofen
Rost, Einsatzmaterial
Legierungsmittel

Roboter

ist eine Bezeichnung für eine menschenähnliche mechanische Vorrichtung oder Maschine, die aus dem Tschechischen kommt. Die heutigen Industrieroboter sind hochmechanisiert und aus der Giessereiindustrie nicht mehr wegzudenken. Speziell in Druckgussgiessereien mit den niedrigeren Stückgewichten haben die Roboter schon direkt nach ihrer Entwicklung Einzug gehalten. Heute werden Roboter mit Manipuliergewichten von 500 kg erfolgreich eingesetzt.

Roebelstab o. Drillleiter

ist eine besondere Leiterausführung in der Generatorentechnik gewesen. Der BBC-Ingenieur Ludwig Roebel erhielt am 19. März 1912 das Patent über die miteinander verflochtenen bzw. verdrillten Kupferstreifen. Das besondere an diesem Leiter ist, dass jeder Teilleiter in einem vorgegebenen Längenbereich jede Lage aller Einzelleiter einnimmt. Die Einzelleiter sind gegeneinander isoliert und verringern dadurch die nicht unerheblichen Wirbelströme, die zu Verlusten führen. In der Induktionsofentechnik hat man sich diese Kenntnis beim Bau von luftgekühlten Induktoren bis ca. 500 kW je Induktorspule zu nutze gemacht. Für Induktionstiegelöfen ist dieser Leiter nicht einsetzbar. Auf Grund der für den Bau von Induktoren vorgegebenen Abmessungen der Rinne, des Eisenkernes, des Durchmessers der Spule, der Windungszahl, der Baulänge und der Luftkanäle für die Kühlung ist er Einsatz von luftgekühlten Induktoren eingeschränkt. Physikalisch und energietechnisch ist der Einsatz als sehr sinnvoll anzusehen, da die Verluste geringer sind als bei normal parallelgeführten Leitern und den wassergekühlten Kupferhohlleitern. Zum Vergleich die Kupferverlustzahlen der 3 gängisten Leiterarten bei 500 kW Nennleistung:

wassergekühlter Kupferhohlleiter	ca. 90 kW
12 – facher flacher Teilleiter unverdrillt	ca. 75 kW
12 – facher flacher Teilleiter verdrillt	ca. 64 kW

Da aber der Aufwand für die relativ saubere Kühlluft auch nicht unerheblich ist, hat sich der wassergekühlte Induktor in der Praxis durchgesetzt. Luftgekühlte Induktoren werden bis ca. 150 kW gebaut und haben in der Regel 1-fache Flachleiter oder ab ca. 120 kW auch 2-fache unverdrillte Flachleiter.

Fig. 1.

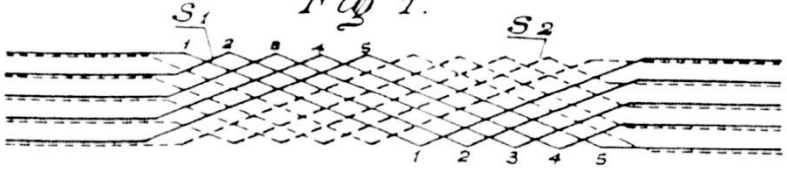


Fig. 1a.

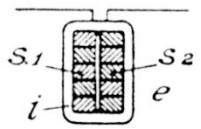


Fig. 6.

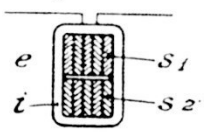


Fig. 2.

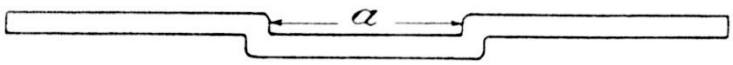


Fig. 3.



Fig. 4a.

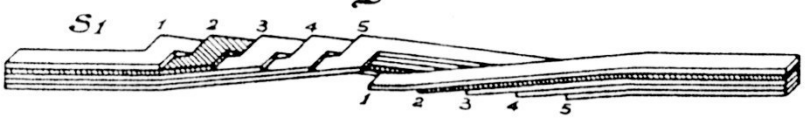


Fig. 4b.

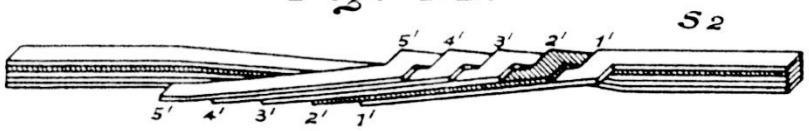
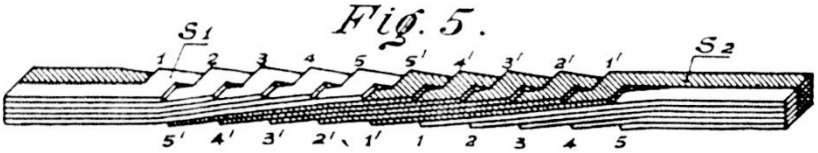


Fig. 5.



Roebelstab

Roheisen

ist ein im Hochofen aus Eisenerzen hergestelltes und noch nicht weiterbehandeltes Eisen erster Schmelzung. Es wird als Einsatzstoff zur Herstellung von Gußeisen und zur Stahlerzeugung angewendet. Hämatitroheisen wird ausschließlich für Gießereizwecke eingesetzt. Die Standardsorte hat nachstehende Analyse:
2,50 bis 3,00 % Si, 0,70 bis 1,00 % Mn, max. 0,12 % P, max. 0,04 % S, 3,70 bis 4,1 % C. Das Gießereirohreisen wird ebenfalls in Gießereien eingesetzt und hat den wesentlichen Unterschied zum Hämatit im Phosphorgehalt mit 0,50 bis 0,70 %, der 4 bis 6 mal so hoch ist. Spiegeleisen ist ein Spezialroheisen mit wesentlich höherem Mangangehalt von 6 bis 30 %. Die Normalanalyse ist: 4,00 bis 5,00 % C, 6,00 bis 30,00 % Mn, 0,10 bis 0,15 % P, bis 1,00 % Si, bis 0,04 % S.
Weitere Roheisensorten sind:
Niedriggekohltes und hochgekohltes Roheisen, Siegerländer Spezial- und Sonderroheisen, Spezialroheisen zur Herstellung von Gusseisen mit Kugelgraphit und Holzkohlenroheisen. Roheisen wird in der Regel als Masseln von ca. 20 kg Gewicht, seltener als 60 kg Masselreihe bestehend aus 3 brechfähigen 20 kg Masseln, eingesetzt.

Ruß

wird in Spezialöfen mittels unvollständiger Verbrennung kohlenstoffhaltiger Gase, Flüssigkeiten oder Feststoffe hergestellt. Ruß ist ein Kohlenstoff von besonders kleiner Teilchengröße.

Sandaufbereitung

ist der allgemeine Begriff für die Herstellung eines formgerechten Fertigsandes für die Sandformerei, Maskenformerei oder für die Kernmacherei. Man unterscheidet die Sandaufbereitung für Neu- oder Altsande.

Saveway

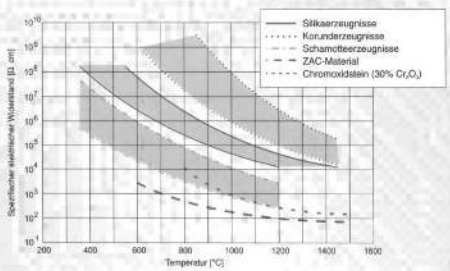
ist ein System, das wie folgt arbeitet: Es basiert auf dem sich stark nichtlinear ändernden elektrischen Widerstand des Feuerfestmaterials. Mit Verringerung der Tiegelwandstärke dringt die Schmelze in Richtung der eingebauten Elektrodenplatten vor. Dadurch steigt die Temperatur des vorgelagerten Feuerfestmaterials und dessen elektrischer Widerstand

sinkt. Für einen eingespeisten Meßstrom bedeutet dies, dass er von einer Elektrode zur Schmelze und von da zurück zur anderen Elektrode fließt. Ein gewisser Anteil des Messstroms fließt direkt von Elektrode zu Elektrode. Dieser Anteil geht mit abnehmender Wandstärke gegen Null, während der Meßstrom über die Schmelze stark ansteigt. Die beschriebene Zustandsänderung der feuerfesten Zustellung wird vom komplexen Meßsystem bewertet. Daraus wird der Verschleißzustand an jeder Elektrodenplatte berechnet und angezeigt.

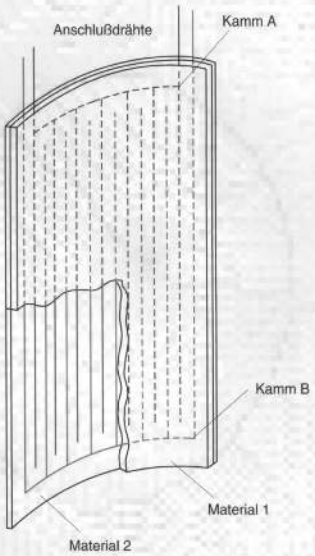
Meßprinzip Elektrodenplatten

Das Meßsystem setzt die Installation von Sensoren in Form von Elektrodenplatten innerhalb der feuerfesten Zustellung voraus.
Die Messung des Feuerfestverschleißes basiert auf dem sich stark nichtlinear ändernden elektrischen Widerstand des Feuerfestmaterials.
Mit zunehmendem Verschleiß dringt Schmelze in Richtung der eingebrachten Elektrodenplatten vor. Damit steigt die Temperatur des vorgelagerten Feuerfestmaterials und dessen elektrischer Widerstand sinkt.

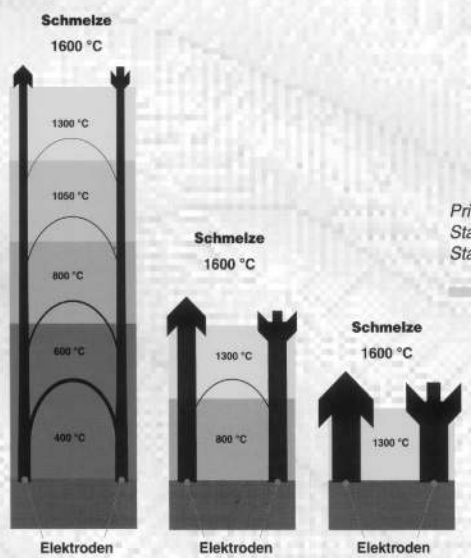
Für einen über die Elektrodenplatten eingespeisten Meßstrom bedeutet dies, daß er von einer Elektrode zur Schmelze und von da zurück zur anderen Elektrode fließt. Ein geringer Anteil des Meßstromes fließt direkt von Elektrode zu Elektrode. Dieser Anteil geht mit abnehmender Wandstärke gegen Null während der Meßstrom über die Schmelze stark ansteigt.
Die beschriebene Zustandsänderung der feuerfesten Zustellung wird vom komplexen Meßsystem bewertet. Daraus wird der Verschleißzustand berechnet und angezeigt.



Abhängigkeit des spezifischen elektrischen Widerstandes verschiedener keramischer Materialien von der Temperatur



Prinzipieller Aufbau einer Elektrodenplatte
Standardbreite: 500 mm
Standardstärke: 0,3 mm



Temperaturprofil des Feuerfestmaterials für drei verschiedene Futterstärken mit prinzipieller Darstellung des Meßstromes

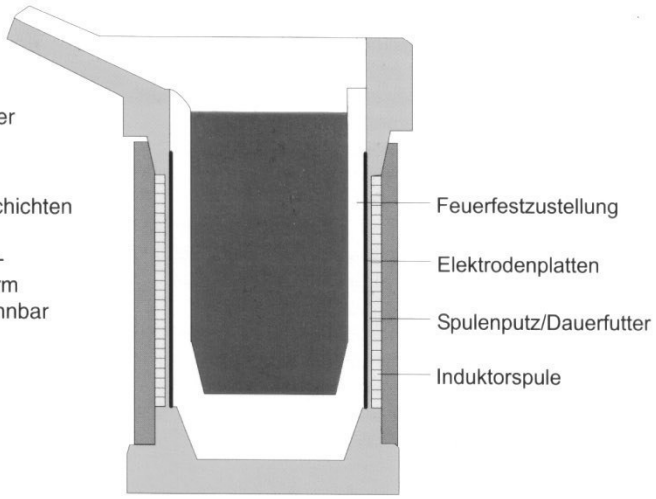
Das SAVEWAY-System am Induktionstiegelofen

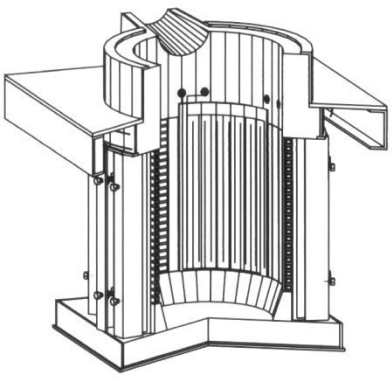
Technische Ausführung

Zur Messung des Verschleißzustandes des Ofens werden Elektrodenplatten auf dem keramischen Spulenputz/Dauerfutter anstelle der herkömmlichen Isolierung eingebracht.

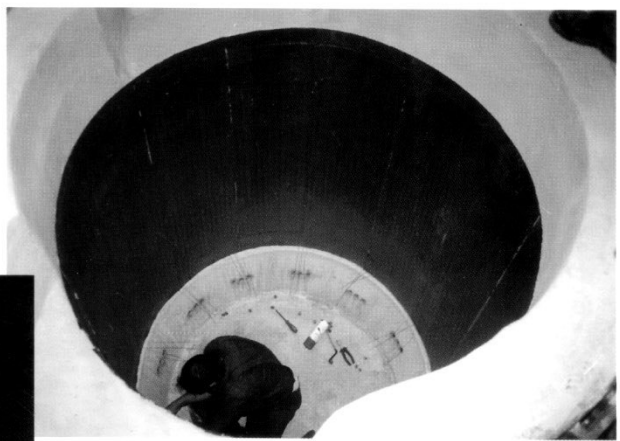
Die Elektrodenplatten bestehen aus zwei Schichten spezieller flexibler keramischer Materialien. Zwischen diesen Schichten sind die Sensorelektroden integriert. Dieser Elektrodenschirm macht jedes Vordringen der Schmelze erkennbar ~~und bietet~~ rundum Schutz für die Spule.

Gleichfalls wird von einem Spulenleck in Richtung Futter vordringende Feuchtigkeit erkannt.

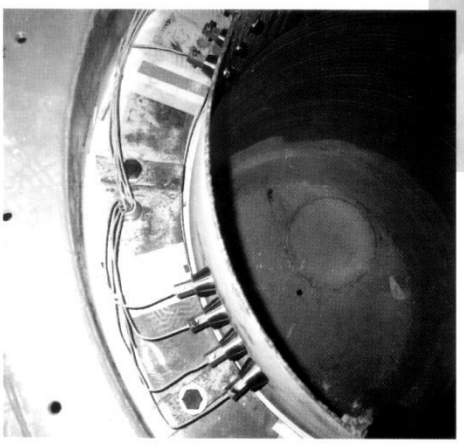




Durch die Einteilung der Ofenwandung in unterschiedliche Segmente wird der Verschleiß lokalisiert. Die Unterteilung kann bezüglich des Ofenumfanges und der Spulenhöhe erfolgen. Bei Bedarf kann auch der Ofenboden überwacht werden.



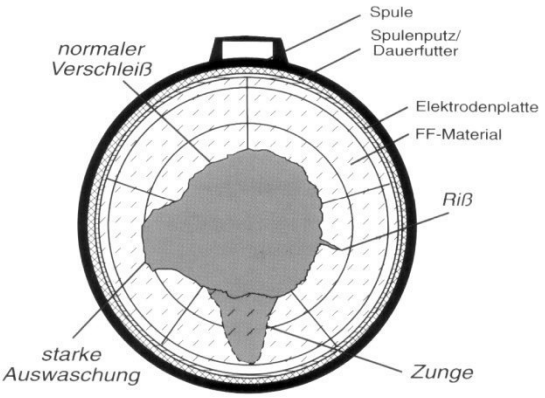
In einem Induktionstiegelofen eingebrachte Elektrodenplatten



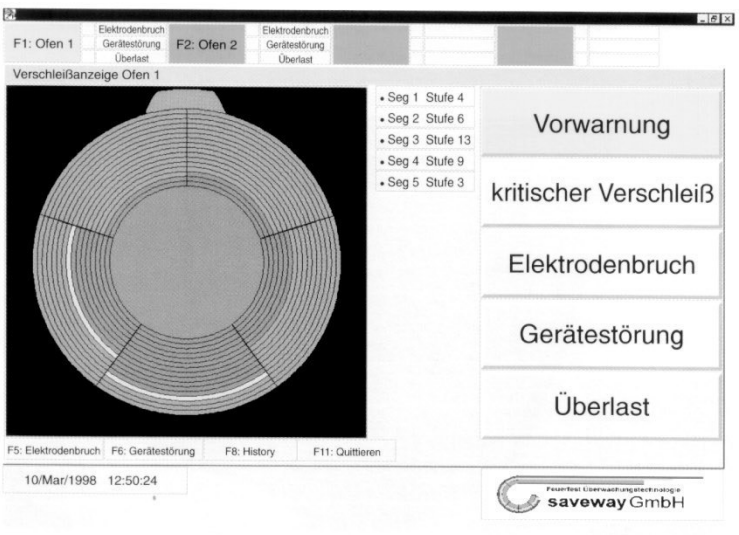
Installation der Anschlußbolzen im Ofenkopf eines Induktionstiegelofens zur Überwachung mittels SAVEWAY-System

Anzeigeprinzip

Das SAVEWAY-System gestattet die kontinuierliche Visualisierung des Zustandes des Ofenfutters. Der Feuerfestverschleiß wird in 16 Stufen auf dem Bildschirm der Steuerungs- und Visualisierungseinheit dargestellt.
Bei einem neu zugestellten Ofen leuchtet der innere grüne Ring der Anzeige, während bei einem weitgehend verschlissenen Ofenfutter die äußeren gelben bzw. roten Segmentanzeigen diesen Zustand eindeutig charakterisieren. Man kann beobachten, wie sich die Schmelze dem Spulenputz/Dauerfutter nähert.
Für den Ofenbetrieb kritische Zustände werden als zusätzliche optische Meldungen ("Vorwarnung", "kritischer Verschleiß") an der Steuerungs- und Visualisierungseinheit angezeigt.
Während der ständigen Eigenüberprüfung des Systems festgestellte Unregelmäßigkeiten ("Gerätestörung", "Elektrodenbruch", "Überlast") werden ebenfalls als optische Meldungen am SAVEWAY-System angezeigt.



Nicht jeder Futterverschleiß ist mit dem Auge zu erkennen.
Das SAVEWAY-System erkennt hingegen jegliche Art von Verschleiß, wie Erosion, Infiltration, Risse, Zungen sowie Feuchtigkeit aufgrund von Spulenschäden.
Die Anzeige erfolgt kontinuierlich und zuverlässig.



Darstellung des Verschleißzustandes auf dem Monitor

Feuerfest Überwachungstechnologie
SAVEWAY GmbH
Oberweg 2
98704 Langewiesen
Deutschland
Telefon: +49 / (0) 36 77 / 80 60-0
Telefax: +49 / (0) 36 77 / 80 60-99

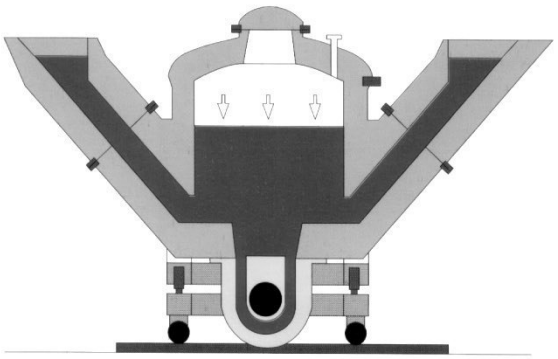
Feuerfest Überwachungstechnologie
saveway GmbH

Das SAVEWAY-System am Rinnenofen

Technische Ausführung

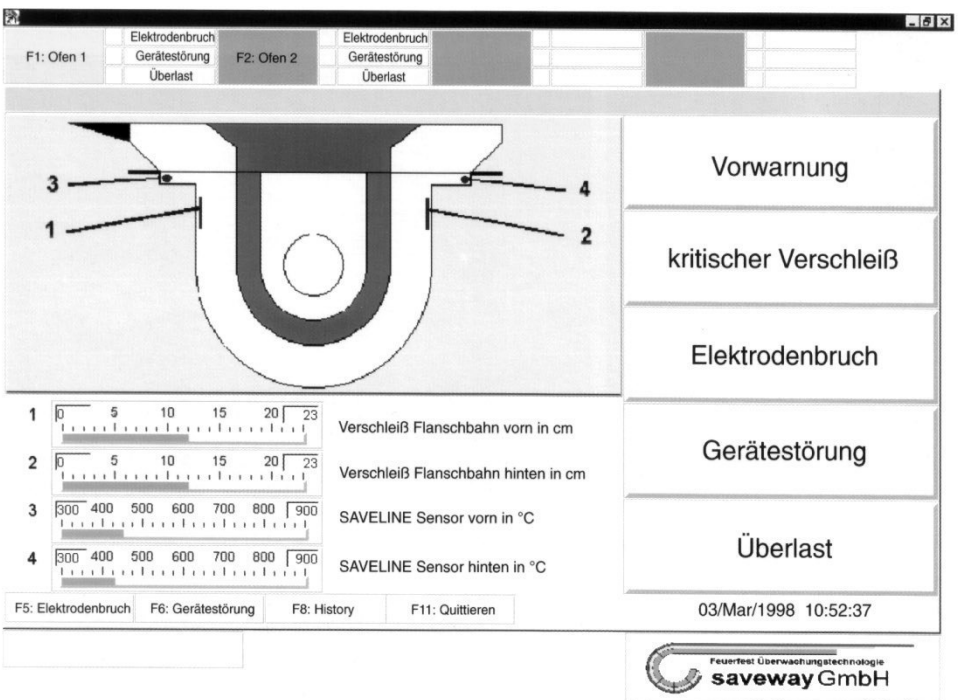
Kritische Bereiche am Rinneninduktor, wie der Kühlzylinder, das Gehäuse oder der Anflanschbereich können mit dem SAVEWAY-System sicher überwacht werden.

Für eine effektive Überwachung des Kühlzylinders hat sich das Gießen einer keramischen Schicht um den Kühlzylinder mit darin integrierten Sensoren bewährt. Je nach Anwendungsfall können Elektrodenplatten oder SAVELINE-Sensoren eingesetzt werden.



Der Verschleiß am Rinnenofen wird in 16 Stufen auf dem Bildschirm der Steuerungs- und Visualisierungseinheit dargestellt.

Bei der Verwendung von Elektrodenplatten ergibt sich die Möglichkeit, den Verschleiß in Form einer Restwandstärke darzustellen. Bei Anwendung von SAVELINE-Sensoren werden lokale Überhitzungen angezeigt.



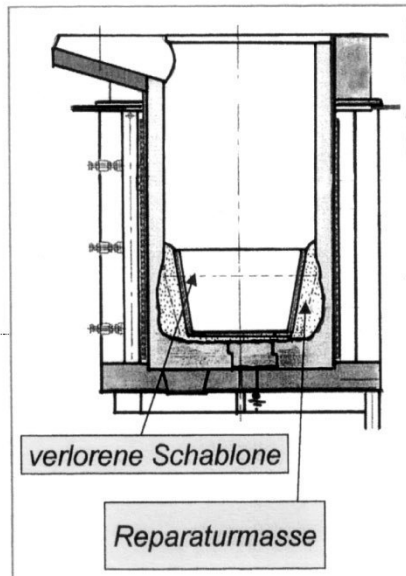
Darstellung des Verschleißzustandes auf dem Monitor

Schablonieren

nennt man die Herstellung von Sandformen größerer Abmessungen für rotationssymmetrische Gussstücke, wobei Drehschablonen an Stelle von Modellen verwendet werden, z. B. Glockenguss.

Schälen

wird bei den relativ niedrigen Kosten für saure Stampfmassen heute nur noch selten ausgeführt. Beim Schälen wird die innere Tiegelwand, die mit Eisen infiltriert ist, mit Presslufthämmern entfernt. Die Dicke dieser Schicht liegt bei 30 bis 50 mm. Nach dem Entfernen des Ausbruchs wird die „Tiegelwand“ von losen Teilen gereinigt. Nun wird eine verlorene Stampfschablone gesetzt und die trockene Masse eingefüllt. Nach dem Rütteln wird der Tiegelofen wie bei einer normalen Neuzustellung angefahren. Bei diesem Verfahren spart man die Kosten für die Isolierung hinter dem Verschleißfutter und den Anteil der im Ofen verbleibenden Restmasse von ca. 30 %.
Wenn man den Tiegel mit einer Tiegelausdrückvorrichtung ausdrückt, rechnen sich die Kosten für das Schälen nur noch in seltenen Fällen. Bei Netzfrequenzöfen über ca. 12 t wird mit einer Teilschälung im unteren Bereich oft eine kostengünstigere Reparatur erreicht. Es wird in etwa das untere Drittel der Tiegelhöhe geschält und eine ca. 60 mm kleinere Reparaturschablone gesetzt. Nenndurchmesser 1.190 mm ergibt ca. 1.130 mm. Es wird mit einem Gasbrenner vorgeheizt und dann flüssig gesintert.



Beim Entleeren des Ofens in kleinen Mengen bei konstanter Abgießtemperatur kommt es zu Vorverschleiß im Konusbereich (Elefantenfuß)

Reparatur:

- Feuerfestfutter von Schlacke reinigen
- Teilschablone einbauen (verlorene Schablone)
- Quarzitstampfmasse hinterfüllen und verdichten
- Ofen auheizen wie bereits beschrieben

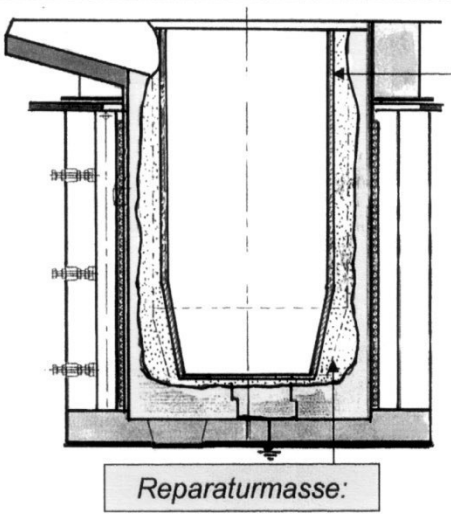
W.Clören/R.Wesser

IEKW Feuerfest und Service im System

Konusreparatur des Induktionstiegelofens

RWesser

22.43



Normaler Verschleiß im Induktionstiegelofen

Reparatur :

- Boden und Ofenwand von Schlacke reinigen (schälen)
- Boden stampfen
- verloren Schablone einbauen
- Trockenstampfmasse einfüllen
- Vibrieren mit Wandrüttler
- Aufheizen wie bereits beschrieben

W.Clören/R.Wesser

IEKW Feuerfest und Service im System

Ofenwandreparatur des Induktionstiegelofens

RWesser

22.45

Schelllack

wird in der Gießerei in alkoholischer Lösung mit Brennspiritus als Anstrich für Gipsmodelle verwendet. Schelllack ist ein Naturharz.

Schlacken

sind oxydische Stoffe, die sich überwiegend nicht in flüssigen Metallen lösen, sondern sich von diesen trennen und auf dem flüssigen Metall eine separate Schicht bilden. Man unterscheidet basische und saure Schlacken.

Schlackenregulierungsmittel

werden als Zusatz zur Schlacke im Schmelzofen gegeben, um deren Zusammensetzung zu ändern bzw. die sich bildenden Schlacken zu binden, um diese dann mit geeigneten Werkzeugen zu entfernen, d. h. Abschlacken. Diese Mittel werden auch zur Beseitigung von störenden Schlackenansätzen an den Ofenwänden eingesetzt. Hierfür wird oft auch handelsübliches Soda benutzt. Beim Einsatz von Soda muß man darauf achten, dass nicht die Tiegelwand zu weit „aufgelöst“ wird.

Schleuderguss

ist ein Gießverfahren in rotierenden Formen unter Einwirkung der Fliehkraft. Herstellung von Rohren und Zylinderlaufbüchsen.

Schmelze

ist der flüssige Aggregatzustand eines Stoffes. Metalle werden in der Regel in einem Ofen in den flüssigen Zustand gebracht. Nur Quecksilber ist bei Raumtemperatur flüssig.

Schmelzer

werden im Schmelzbetrieb zur Bedienung der Schmelzanlagen eingesetzt.

Schmelzzeit

und spezifischer Durchsatz/h werden im Wesentlichen von der spezifischen Leistung in kW/t, dem Schmelzprozess und der Bedienung beein-

flußt. Die Wärmeverluste sind proportional der Schmelzzeit und sind bei hoher Ofenleistung entsprechend geringer als bei niedrigen Leistungen. Bei einem 5 t-Ofen und einer Ofenleistung von 3.100 kW rechnet man mit einer Tap-to-Tap-Zeit von ca. 60 min bei GG mit 1.450 °C Abstichtemperatur. Bei einer Abstichtemperatur von 1550 °C ergib sich hier eine Erhöhung der Tap-to-Tap-Zeit auf ca. 64 min. Diese Zeiten beinhalten schon die Nebenzeiten für das erforderliche Handling. Die reinen Schmelzzeiten liegen für die genannten Beispiele bei ca. 52 min bzw. bei 55 min.

Schrotttrocknung

ist bei Induktionsöfen unbedingt erforderlich, wenn das Einsatzmaterial nicht unter Dach sondern im Freien gelagert wird. Beim Betreiben von Induktionsöfen ist sicherzustellen, dass keine Flüssigkeiten von der Schmelze eingeschlossen werden. Beim Eindringen von 1 cm^3 Flüssigkeit in das Bad wird schlagartig das Volumen auf 500-600 cm^3 gebracht. Man spricht von einer Wasserdampfexplosion. Bei Mittelfrequenzöfen kann bei entsprechendem Handling auf die Schrotttrocknung verzichtet werden. Der Bediener muss stets darauf achten, dass er nicht in den Sumpf chargiert sondern stets genügend festes Material oberhalb der Schmelze ist, um vor dem Kontakt mit der Schmelze getrocknet zu sein.
Die früher praktizierte Schrottvorwärmung auf Temperaturen bis ca. 200 °C ist auf Grund der gestiegenen Energiekosten heute nicht mehr sinnvoll. Es wurden mit 60 % Schmelzgut noch 40 % Behältnis erwärmt. Die erreichbare Schmelzleistungssteigerung fällt wesentlich geringer aus als die theoretischen Berechnungen ergeben.

Schrottvorwärmung

Bei allen Einsatzstoffen im Induktionsofen ist darauf zu achten, daß kein feuchtes Material in das flüssige Bad eingetaucht wird, denn hierbei kann es zu explosionsartigem Auswurf kommen. Meistens weist nur ein geringer Anteil der Einsatzstoffe Feuchtigkeit auf. Wenn man diesen Chargenanteil zuletzt aufgibt, kann die Feuchtigkeit vor dem Eintauchen in das Bad austrocknen.

In kritischen Fällen muß aufgrund der Betriebssicherheit eine Trocknung des Einsatzmaterials vorgeschaltet werden. Das Aufheizen hierfür erfolgt im allgemeinen mit Öl, Erdgas oder auch mit elektrischer Energie.

Die früheren Anlagen wurden meist für Vorwärmtemperaturen bis zu 600 °C ausgelegt, so daß über die Trocknung hinaus eine Vorwärmung erreicht wurde, die einem Wärmeinhalt des Eisens von rund 100 kWh/t gleichkam. Das bedeutet, daß bereits um 25% der erforderlichen Nutzwärme über die Vorwärmung aufgebracht wurde. Demzufolge konnte man die elektrische Leistung schwächer auslegen oder den Durchsatz steigern.

Bei hohen Öl- und Gaskosten beschränkt man sich auf eine Trocknung des Einsatzmaterials. Dies erlaubt einige technische Vereinfachungen, da mit niedriger Ofentemperatur gearbeitet werden kann.

Für die Vorwärmung bzw. Trocknung unterscheidet man die stationären Verfahren, bei denen die Vorwärmung im Beschickungskübel durchgeführt wird, von den Durchlauf- bzw. Durchstoßanlagen, die entweder für Kübel- oder Bandtransport vorgesehen sind.

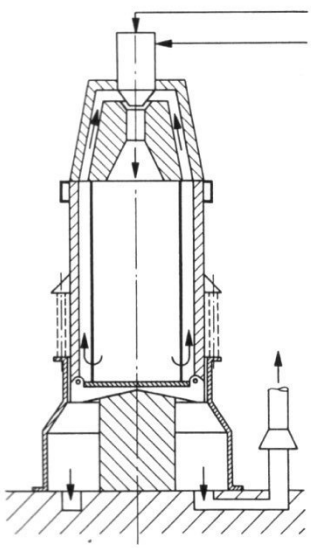


Bild 109. Vorwärmen bzw. Trocknen der Charge für Induktions-Tiegelöfen; System: Chargierkübel mit aufgesetzter Brennervorrichtung, wobei durch die umgewälzten Abgase die Eintrittstemperatur der Heizgase in die Charge auf Temperaturen unter 1100 °C abgesenkt wird [98]

Das *stationäre System* stellt eine Einzelkübelbeheizung dar. Der gefüllte Kübel wird in die Beheizungsstation gebracht, wobei die Brennervorrichtung aufgesetzt und das Gas durch die Charge gedrückt oder gesaugt wird. Zur besseren Nutzung kann es nochmals umgeleitet und über die Entstaubungsanlage abgeführt werden. Bild 109 zeigt ein solches System. Das zurückgeführte Gas dient gleichzeitig zum Kühlen der Verbrennungsgase, um ein zu hohes Erwärmen und damit Verbrennen der Chargenteile zu vermei-

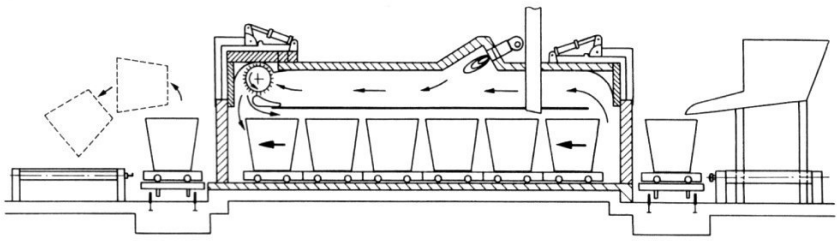


Bild 110. Vorwärmen bzw. Trocknen der Charge für Induktions-Tiegelöfen; System: Gasbeheizte Durchstoßofenanlage (500 °C) mit starker Gasumwälzung, insbesondere zum Vorwärmen von Blechpaketen. Ofenzeit etwa 60 min, Kerntemperatur der Blechpakete 200 °C, Chargengewicht des Ofens 2 t, Durchsatz 2×2 t/20 min = 12 t/h

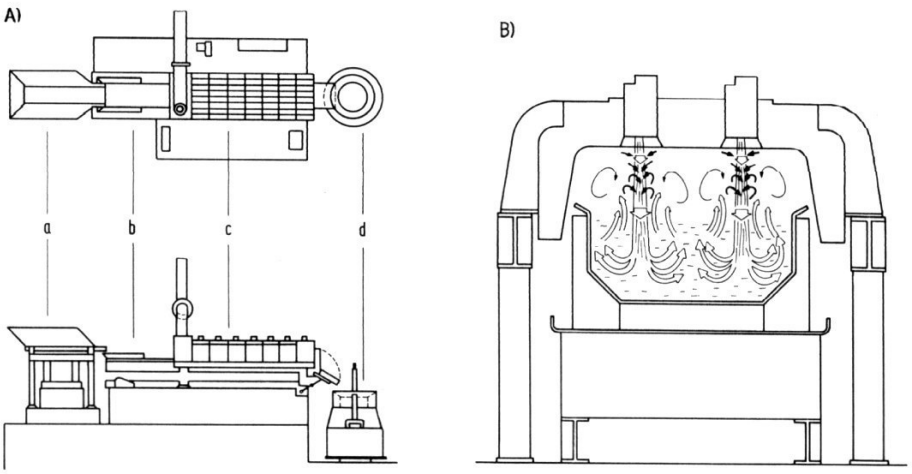


Bild 111. Vorwärmen bzw. Trocknen der Charge für Induktions-Tiegelöfen; System: Conveyor-Vorwärmer
A) Prinzip, B) Verlauf der Rauchgasströmung
a Zuführung, b Vorwärmförderband, c Vorwärmhaube, d Gichtkübel

Schüttelpfannen

werden als Behandlungspfannen für flüssige Metalle eingesetzt. Durch einen exzentrischen Antrieb wird die Schüttelbewegung erzeugt. Schüttelpfannen wurden oft zum Entschwefeln von Hochofen- und Kupolofeneisen eingesetzt. Die Nutzgewichte liegen bei 0,8 t bis max. ca. 10 t.

Schweißen

ist die Bezeichnung für das Verbinden von 2 metallischen Werkstoffen mit einem etwa gleichschmelzenden Schweißwerkstoff. Es gibt Schweißdraht für das Flammenschweißen und Elektroden für das Lichtbogenschweißen. Beim unter Schutzgasschweißen wird ein spezieller Draht von der Rolle kontinuierlich zugeführt. Hier gibt es die Begriffe MIG-Schweißung und WIG-Schweißung.

Schwindmaß

wird in Prozent zwischen Modell und Abguß ausgedrückt. Es ist die lineare Schwindung eines Gussstückes bei seiner Abkühlung von der Solidustemperatur auf Raumtemperatur.

Schwingförderer

sind Stetigförderer in Rinnenform für Schüttelgut, sie werden in Gießereien zum Chargieren von Tiegelöfen eingesetzt. Zur Trennung von Altsanden werden sie ebenfalls angewendet. In Abhängigkeit ihrer Auskleidung können sie auch vorgewärmtem Schrott oder auch noch warme Gussstücke fördern.

Siedepunkt

nennt man die Temperatur, bei der ein Stoff vom flüssigen in den gas- oder dampfförmigen Zustand übergeht.

Silikose

ist eine Lungenerkrankung, hervorgerufen durch das Einatmen von Staub mit hohem Feinstanteil. Beim Arbeiten mit SiO_2-Materialien sollte eine Mundschutzmaske mit Nasenfilter getragen werden.

Simplexbetrieb

nennt man das Einschmelzen von festen Werkstoffen in einem Ofen ohne Zusatz von flüssigem Schmelzgut.

Sintern

ist das Verfestigen kristalliner, körniger oder pulverförmiger Stoffe durch Zusammenwachsen der Kristallite bei entsprechender Erwärmung, ohne dass sämtliche Komponenten der Stoffe aufschmelzen. Durch den Einsatz von Sintermitteln wird die Reaktionstemperatur ggf. um bis zu 200 °C herabgesetzt. So wird z. B. bei sauren Stampfmassen Borsäure oder Borsäureanhydrit eingesetzt. Durch diesen Zusatz von 0,8 % wird der Sinterpunkt des reinen Quarzits von 1700 °C auf 1550 °C herabgesetzt.

Siphonausguss

ermöglicht bei Gießpfannen einen schlackenfreien Abguß. Bei Rinnenöfen sind der Ein- und Ausguss nach dem Siphonprinzip angeordnet. Dadurch wird das flüssige Metall immer unterhalb der Badoberfläche zugeführt und auch entnommen. Beim Entleeren über den Mindestsumpf hinaus darf zum Befüllen die Funktion des Siphons nicht aufgehoben werden, d. h. der Ofen darf nur langsam in Abhängigkeit des Füllstandes zurückgekippt werden. Falls der Ofen bei Unterfüllung in Grundstellung gekippt wird, ist der Einfall von Luft und damit auch von Sauerstoff nicht vermeidbar. Dadurch wird die Ofenatmosphäre mit Sauerstoff angereichert und es kommt zu erhöhter Schlackenbildung auf dem Schmelzensumpf. Außerdem kann die Keramik im Bereich Übergang der Siphons in den Ofenkessel Schaden nehmen.

Späneschmelzen

ist auf Grund des relativ geringen Gewichts der Späne mit Schwierigkeiten verbunden. Die meisten Kunden haben Eigenentwicklungen und Prozessverfahren, die in Verbindung mit den vorhandenen Betriebseinrichtungen erfolgreich sind.
Nicht bewährt hat sich der Einsatz von „Spänebriketts". Das spezifische Raumgewicht oder Füllgewicht ist zu gering zum Eintauchen in die Schmelze. Kurz nach dem Kontakt mit der Schmelze fällt der Brikett auseinander und die Späne verteilen sich auf der Badoberfläche.Bei Rinnenschmelzöfen ist der Einsatz von mechanischen Rührwerken begrenzt erfolgreich. Messingschmelzöfen mit Rinneninduktoren haben z. B. Betonquader, die ca. 80 % der Oberfläche abdecken, sie werden mit Krananlagen zum Absenken auf den chargierten Schrott installiert.
Bei Induktionstiegelöfen sollte in der Regel ein 40 %-iger Füllstand in der Spule sein. Bei trockenen Spänen und hohen spezifischen Leistungen können die Späne bis zur Oberkante der Spule chargiert werden. Bei Netzfrequenzöfen wird meistens bis zum Auftreten der Glatze geschmolzen, bevor wieder chargiert wird. In Gießereien mit Mittelfrequenzöfen wird in der Regel schon vorher nachchargiert. Mit diesem Vorgehen kann man bis zur Oberkante der Ofenspule schmelzen, um dann mit kompaktem Kreislauf oder Masseln bis zum max. Schmelzenstand zu fahren. Bei angepassten Leistungen und Frequenzen (240 kW/t bei NF, 540 kW bei 250 Hz und 760 kW bei 500 Hz) können kontinuierlich chargierte Späne, auf das flüssige Bad auf-

treffend, von ca. 30 bis 70 % Füllstand geschmolzen werden. Bei Messing oder Rotguß können bei diesem Verfahren mit ca. 330 kW/t und 960 kW-Ofenleistung bei Netzfrequenz in einem 4 t-Ofen ca. 1,6 t Späne in ca. 33 Minuten geschmolzen werden. Wichtig hierbei ist, dass die Zuführung der Späne gleichmäßig auf die Badmitte erfolgt und ca. 45 bis 50 kg/min beträgt.
Versuche, bei einem 18 t-Ofen mit 3.500 kW haben gezeigt, dass bis ca. 175 kg/min diese Schmelzweise sehr gut funktioniert. Ab ca. 200 kg/min kontinuierlichem Chargierens bildete sich an der Tiegelwand ein Ring, der nicht mehr aufgeschmolzen werden konnte, sondern mechanisch von Hand in die Schmelze verbracht werden mußte.

Spannung

ist der Begriff für die elektrische Spannung. Sie ist das Maß für das Potential zwischen 2 elektrischen Phasen bei Drehstrom oder 2 Polen bei Gleichstrom. Die Spannung wird in Volt gemessen. 1 Volt ist die Spannung, die durch einen elektrischen Widerstand von Ohm einen elektrischen Strom von 1 Ampere fliessen lässt.

Speichern

ist der Begriff für die „Lagerhaltung“ einer Schmelze in einem Speicherofen, der als Rinnen- oder Tiegelspeicherofen ausgebildet sein kann. Beim Speichern von GGG muß auf die Besonderheiten des Mg-Abbrandes geachtet werden, damit das Abklingen des Mg-Gehaltes nicht zu einem unkontrollierten Ereignis wird.

Speicheröfen

dienen als Warmhalte- und Speichergefäße in kontinuierlichen und diskontinuierlichen Schmelzbetrieben. Es kann auch in einem kontinuierlichen Gießbetrieb zu unvorhersehbaren Störungen kommen, die dann mit Hilfe von Speicheröfen aufgefangen werden können. Speiöfen werden als Rinnenöfen oder Tiegelöfen mit guter Wärmeisolierung ausgeführt. Ein Tiegelspeicherofen hat den Vorteil der Totalentleerung gegenüber dem Rinnenofen, der immer mit einem Restsumpf betrieben werden muss. Die Wärmeverluste sind wie folgt bei 40 t-Öfen:

a) normaler Tiegelschmelzofen ca. 400 kW
b) Tiegelspeicherofen ca. 300 kW
c) Rinnenofen 40 t Nutz/12 t Sumpf ca. 250 kW

Speicherwärme

ist der Wärmeinhalt des Tiegels und der Masse im Deckel. Wenn ein Ofen zum Wochenende total auskühlt, muss am Wochenbeginn diese Energie wieder dem Tiegel zur Verfügung gestellt werden. Ein 5 t-Ofen hat als Speicherwärme im Deckel und Tiegel ca. 900 kWh.

Spektralanalysegeräte

dienen zur schnellen chemischen Analyse eines Stoffes aus dem Spektrum seiner Bestandteile. Die Probe wird im Lichtbogen abgefunkt. Das vom Funkenbogen ausgesandte Licht wird in seine Spektren zerlegt und auf diese Weise werden die Spektrollinien aller elementaren Stoffkomponenten sichtbar. Durch deren Identifizierung erfolgt die qualitative Analyse der einzelnen Elemente, die in der Probe erhalten sind. In der Regel werden 8-10 Elemente bestimmt.

Sphäroguss

ist die geschützte Markenbezeichnung der International Nickel Ltd. London für Gußeisen mit Kugelgraphit.

Spinell

ist ein Tonerdemineral mit der Bezeichnung MgO Al_2O_3 für echten Spinell.

Spülen

von Kühlwasserkreisen ist von dem Verschmutzungsgrad der Leitungswege und den Betriebstemperaturen des Kühlwassers abhängig. Ausserdem spielt die Härte des Anlagenfüllwassers auch eine Rolle. Es haben sich Firmen auf das Spülen der wassergekühlten Stromkreise speziallisiert. Diese Firmen arbeiten mit den Ofenherstellern zusammen und kennen die Besonderheiten der einzelnen Anlagenkomponenten. Es wird meistens mit kalklöslichen Mitteln zur Entfernung der Ansätze gearbeitet und dann zur Neutralisierung mit Stadtwasser nachgespült. Die Mittel sind umweltfreundlich und werden auch in der Lebensmittelindustrie eingesetzt.

Spulenmantel

ist ein Ausdruck für die äussere Schutzbekleidung von Induktionsofenspulen, der aus flexiblen keramisch-organischen Platten oder Glasgewebetüchern besteht. Er dient zum Schutz der Spulen vor metallischen Stäuben und Spritzeisen während des Betriebes. Aus sicherheitstechnischen Gründen dürfen keine feuchtigkeitsundurchlässigen Werkstoffe und Lackanstriche eingesetzt werden. Diese haben dann die Funktion einer Dampfsperre, die zu Windungsschlüssen mit Wasseraustritt aus der Spule führen können. Sollte dieses Wasser in den Bereich der Schmelze gelangen, so kommt es zu Wasserdampfexplosionen, die meistens einen unkontrollierten Schmelzenauswurf aus dem Tiegel und einen Durchbruch feuerflüssiger Massen durch die Spule zur Folge haben. Oft sind hierbei auch Personenschäden zu beklagen.

Spulenputz

wird bei Induktionstiegelöfen direkt auf die mit Zwischenlagen isolierte Spule aufgetragen. Diese keramische „Spulenisolierung“ wird auch mit Spulenglattstrich bezeichnet. Er dient zum Ausgleichen der Spulenunebenheiten an der Spuleninnenwand und als Gleitlager für den in sich wachsenden Tiegel. Zwischen dem Spulenputz und dem Verschleisstiegel wird als Trennmittel eine „Isolierschicht“ aus Mikanit, Isoplan oder ähnlichen Werkstoffen eingesetzt. Der Tiegel kann dann beim Erkalten an der Wand nach unten und beim Aufheizen nach oben gleiten. Wenn ein Tiegel ohne „längere Unterbrechungen“ kontinuierlich betrieben wird, kann man auf diese Gleit- oder Trennschicht verzichten. Bei einem 3t-Ofen und 10 Tiegelwechseln/Jahr sind Einsparungen von ca. 1.500 EUR, bei 20 t-Öfen von ca. 5.000 EUR möglich.

Spulenreparatur

im eingebauten Zustand ist nur bei wenigen Ofenherstellern möglich. Es muss sich um eine offene Käfigausführung handeln, bei der ggf. Die Eisenpakete von außen gelöst und zur Seite versetzt werden können. Der Spulenmantel wird an der geschädigten Spulenstelle aufgeschnitten. Von innen kann die Spule durch das Entfernen des Spulenputzes oder Spulenglattstrichs freigestellt werden. Die beschädigte Zwischenlagenisolation wird entfernt, das defekte Spulenkupfer gesäubert und repariert. Nach der Wasserdruckprobe wird die Zwischenlagenisolation

eingebaut, das Spulenkupfer lackiert und die Reparaturstelle mit Heißluft ca. 15 min getrocknet. Danach kann der Putz wieder eingebracht werden. Vor dem Zustellen des Tiegels sollte die Reparaturstelle in Abhängigkeit der Größe und der Dichte des Spulenputzes 4 bis 12 h getrocknet haben. Der Spulenmantel wird von außen wieder angeklebt und die Schnittstellen mit Glasgewebetuch abgeklebt. Das oder die Eisenpakete werden in ihre Position gebracht und mit den Preßschrauben befestigt.

Spülstein

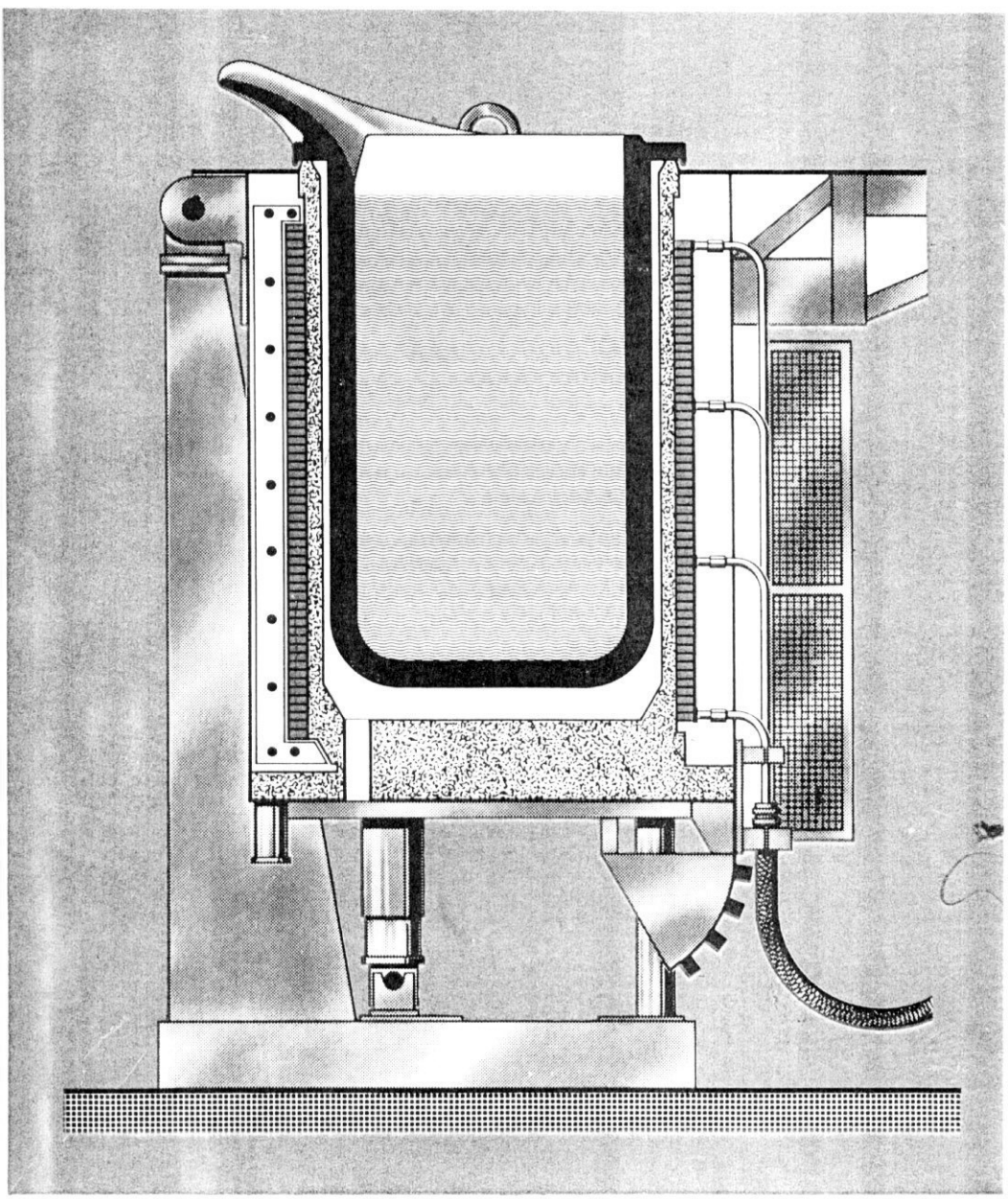
ist der übliche Begriff für einen porösen Bodenstein, durch den ein Begasen einer Schmelze in Öfen oder einer Pfanne möglich ist. Es wird in der Regel mit Argon gespült. Das Gas wird mit geringem Druck in die Schmelze eingeleitet und durch die Partialdrucksenkung anderer Gase aus der Schmelze entfernt. Außerdem kann das Einblasen von Spülgas (auch Stickstoff) zum Verrühren oder Vermischen der Schmelze mit zugesetzten Reaktionsstoffen, z. B. Aufkohlungs- und Entschwefelungsmittel, dienen.
Beim Schmelzen von Chrom-Nickellegierungen im Induktionstiegelofen kann mit Hilfe der Argonspülung eine wesentliche Verkürzung der Schmelz- und Legierungszeit erreicht werden.
Mit Hilfe einer Stickstoffspüllanze kann bei Leichtmetallen und bei Zink eine höhere Schmelzleistung durch die intensive Badbewegung erreicht werden.

Stahl

ist eine Eisenlegierung, die ohne Nachbehandlung schmiedbar ist. Die Grenze der Schmiedbarkeit liegt bei ungefähr 2 % C (in der Regel bei 1,7 % C). Im binären System Eisen-Kohlenstoff werden alle Legierungen mit Gehalten bis etwa 2 % C zu den Stählen gerechnet. Im Gegensatz dazu: Gußeisen, einschl. Temperguß, und Hartguß sowie Roheisen. Es gibt eine Vielzahl von Handels- und Herstellungsbezeichnungen für Stahl. Nachstehend einige der bekannteren Sorten:
Austenitischer Stahl, Automatenstahl, Bandstahl, Baustahl, Edelstahl, Einsatzstahl, Gußstahl, Federstahl, Formstahl, Kaltbandstahl, LD-Stahl, legierter Stahl, Magnetstahl, nichtrostender Stahl, Vergütungsstahl, warmfester Stahl und Werkzeugstahl.

Stahltiegelöfen

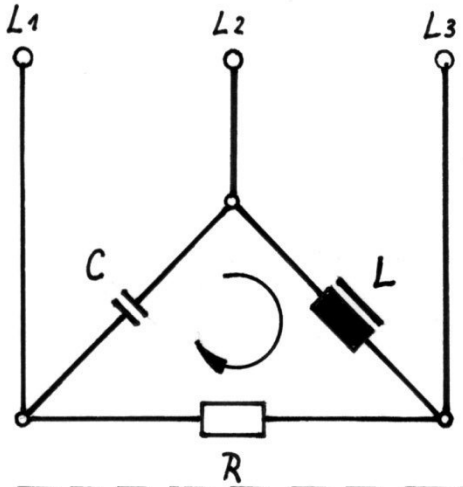
nennt man die Tiegelöfen, die mit einem aus Stahl, geschweißt oder gegossen, hergestellten Tiegel arbeiten. Stahltiegel werden für Buntmetalle und in der Regel für besondere Anwendungen eingesetzt. Der häufigste Anwendungsfall ist das Schmelzen von Receyclingmagnesium.



Stahltiegelofen f. Magnesium

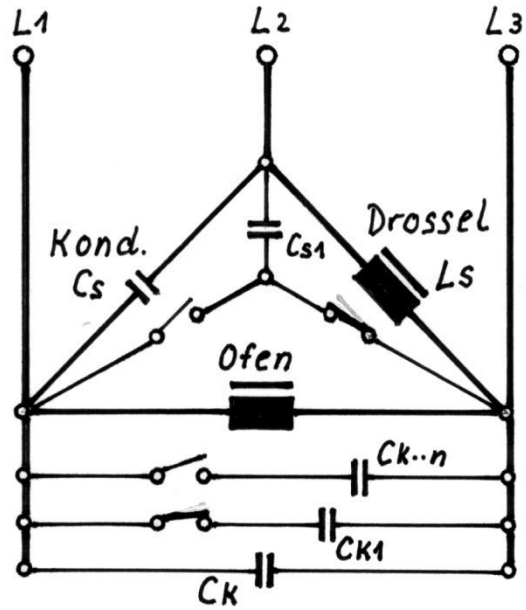
Steinmetzschaltung

ist die Symmetrierschaltung für das Betreiben von 1-phasigen Induktionsöfen an 3-phasigen Drehstromnetzen. Bei der Steinmetzschaltung geht man davon aus, dass die Kompensation des 1-phasigen Ofens auf 1 eingestellt ist. Durch eine Symmetriersteuerung wird der kapazitive Teil der Symmetrierung mit dem induktiven Teil gleichgeschaltet, dass heisst, die Kapazität der Symmetrierkondensatoren ist gleich der Leistung der Drossel. Durch entsprechende Kondensatorstufenschaltungen werden Kondensatoren parallel zur Drossel oder zu den Symmetrierkondensatoren geschaltet. Die Grösse der Symmetrierleistung ist abhängig von der vom Induktionsofen aufgenommenen Leistung. Ideal ist, Ofenleistung dividiert durch 1,73. Da ein Induktionstiegelofen so ausgelegt wird, dass er auch bei ca. 25 % Auswaschung noch mit Nennlast betrieben werden kann, müssen die Transformatorstufen entsprechend ausgelegt werden. Die Symmetrierung muss somit auch bei entsprechend niedriger Ofenspannung eine ausreichende Kapazität haben. Bei einem 12,5 t-Ofen mit 3.000 kW Leistung bei 2.600 V würden die Spannungsstufen für gleiche Leistung wie folgt ausgelegt:
2.600 V, 2.490 V, 2.380 V, 2.270 V. Entsprechend dieser niedrigsten Spannung muss die Symmetrierung ausgelegt werden, damit bei dieser Spannung die Kondensatorleistung noch die erforderlichen 1.735 kVar und die Drossel noch 1.735 kVA haben. Somit haben die Symmetrierkondensatoren bei 2.600 V, 2.275 kVar und die Drossel 2.275 kVA als Nennleistung.



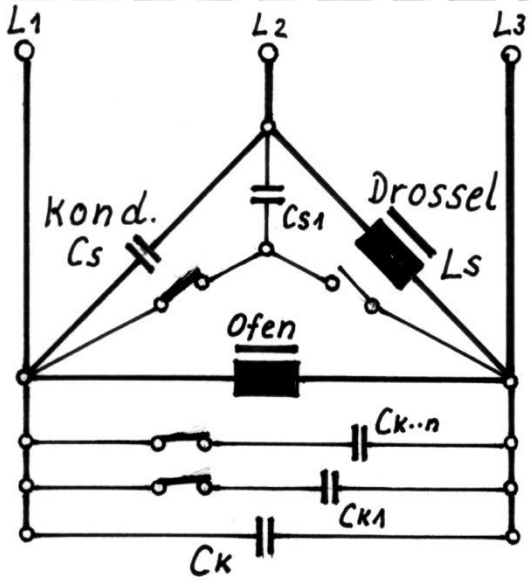
Steinmetzschaltung

an R sind 10 kW
C = 5,78 kVar L = 5,78 kVA
alle 3 Phasen haben
die gleiche Stromstärke



Induktionsofenanwendung

neuer Tiegel - 2600 V
Ofen voll flüssig 3000 kW
Cs = 1735 kVar Ls - Cs1 = 1735 kVA
Ck = 8400 kVar
Ck1 = 5150 kVar
} 13550 kVar
Ck..n = 4200 kVar



Induktionsofenanwendung

verbrauchter Tiegel 2270 V
Ofen vollflüssig 3000 kW
Cs+Cs1 = 1735 kVar
Ls = 1735 kVA
Ck + Ck1 + Ck..n = 13500 kVar

Stopfen

werden zum Verschließen des Stichloches von Kupolöfen eingesetzt. Als Werkstoff wird Ton verwendet. Zum Verschluss einer Stopfenpfanne wird an der Stopfenstange ein Stopfen angeschraubt, der das Ausgussloch verschließt.

Stopfenbetätigungen

gibt es in hydraulischen und pneumatischen Ausführungen. Durch den Einsatz von optimierten Komponenten sind beide Typen schnell genug und auch sehr zuverlässig. Das Giessen von Sphäroguss erfolgt meist mit Hohlstopfen, durch die mit einem geeigneten Reinigungsstopfen der Ausgussstein in regelmässigen Abständen oder nach jedem Abguss gereinigt werden kann.

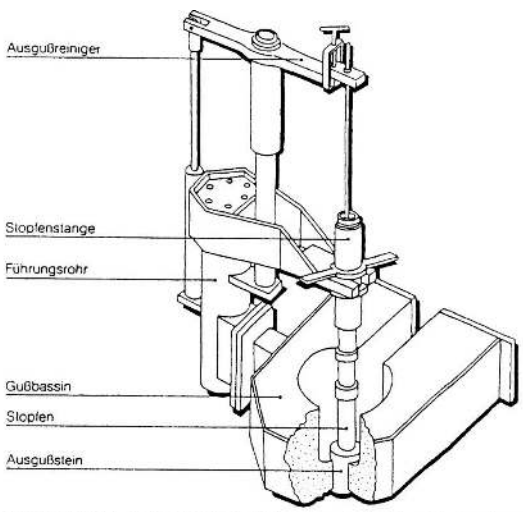


ABB-Stopfenbetätigung mit patentierter Reinigungseinrichtung für den Ausguß

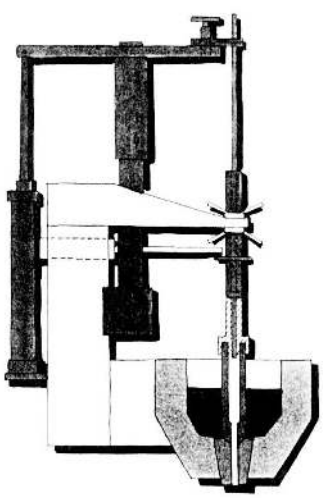


ABB-Stopfenbetätigung mit patentierter Reinigungseinrichtung für den Ausguß

Der Vorteil der Gießöfen gegenüber den unbeheizten Systemen liegt vor allem darin, dass unvorhergesehene Stillstände der Formanlage nicht zu zusätzlichen Wartezeiten führen, da bei Wiederaufnahme der Produktion der Gießofen ohne Zeitverzögerung wieder gießbereit ist.

Beheizte und unbeheizte Systeme verfügen über die gleiche bewährte Unterbautechnik mit Längs- und Querverfahrwagen, um an die unterschiedlichen Gießpositionen angepasst zu werden.

Ebenfalls bei beiden Systemen zu finden ist die Stopfendosierung. Bild 6 zeigt den Aufbau der Stopfenbetätigung. Sie besteht aus einem pneumatischen Antrieb mit verwindungssteifem Arm, einer für den Schnellwechsel geeigneten Stopfenhalterung, einer Stopfendrehvorrichtung und einer patentierten Reinigungsvorrichtung für den Ausgussstein. Letztere hat sich vor allem beim automatischen Gießen von Mg-behandelten Schmelzen bewährt.

Um den Stopfenverschleiß gering zu halten, wurde die Anpresskraft des Antriebes auf 750 N begrenzt. Damit ist ein dichtes Schließen gewährleistet und die Flächenpressung auf dem Rand des Ausgusssteines liegt noch im vertretbaren Bereich der Werkstoffe. Ein dafür dimensionierter pneumatischer Zylinder arbeitet mit einer Ansteuerung über ein Proportionalventil schneller (Faktor 2,5) als ein mit den gleichen Grenzwerten ausgelegter Hydraulikzylinder. Hinzu kommt, dass der Umgang mit Hydraulik im Heißbereich einer Gießanlage entfällt. [2]

Die Stopfendrehvorrichtung verhindert Leckagen, indem der Stopfen beim Schließen um ca. 60° gedreht wird, bevor der maximale Schließdruck anliegt. Die Anzahl der Gießzyklen zwischen den Drehvorgängen ist in der Steuerung anwählbar und kann an die individuellen Bedürfnisse angepasst werden.
Die durch den hohlen Stopfen geführte Ausgussreinigungsstange kann ebenfalls je nach Bedarf genutzt werden. Am Ende eines angewählten Gießzyklus sticht die Reinigungsstange durch den Ausgussstein und schält den Ansatz ab; der Abrieb fällt auf den Formkasten. Der saubere Querschnitt im Ausgussstein garantiert einen reproduzierbaren Volumenstrom.

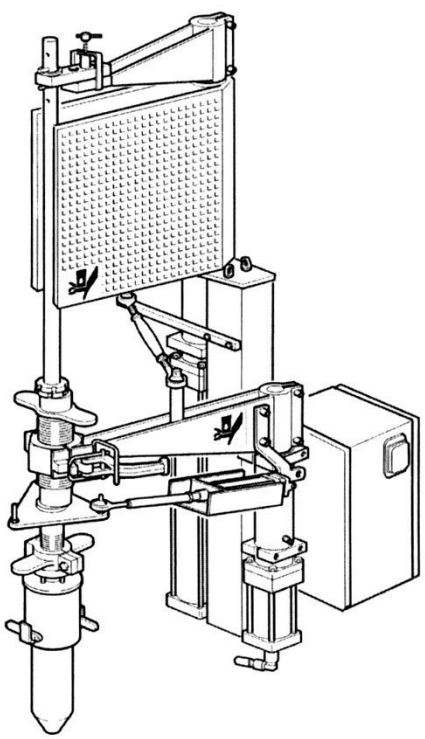
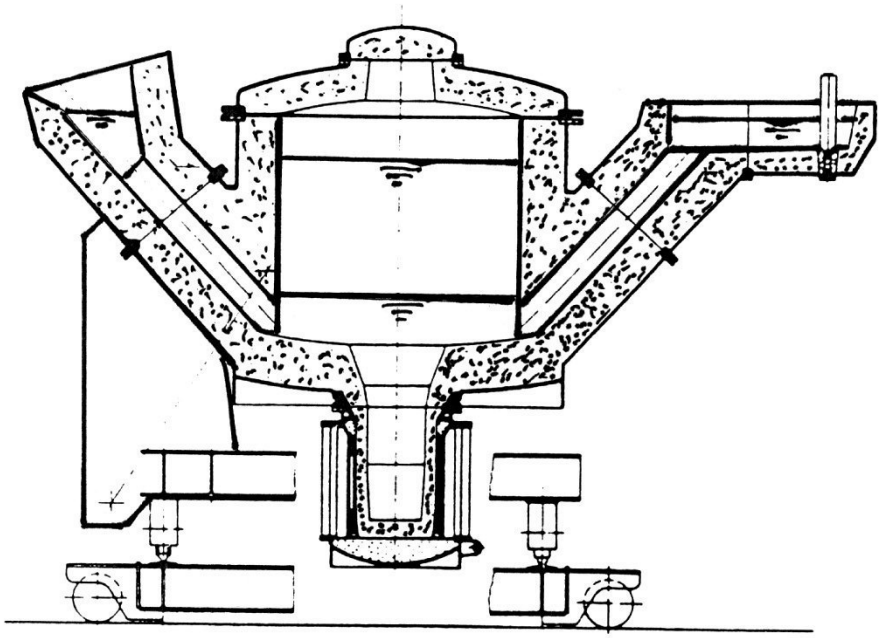
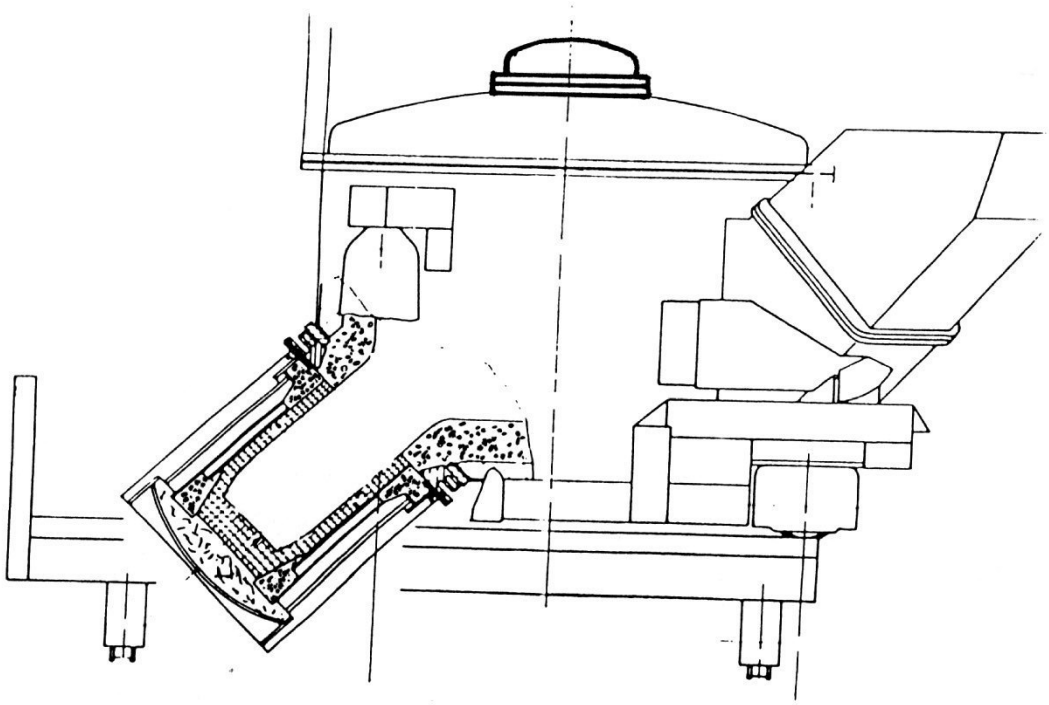


Bild 6: Aufbau des ABB-Stopfensystems zum automatischen Gießen



Gießofen PRESSPOUR® mit angeflanschtem Tiegelinduktor, Nutzfassung 5 t, Umrichterleistung für Tiegelinduktor 350 kW bei 260 Hz



Gießofen PRESSPOUR® mit unter 45° angeflanschtem Tiegelinduktor

Stopfenpfanne

ist eine Gießpfanne mit Bodenentleerung, die durch das Anheben der Stopfenstange entleert werden kann. Alternativ kann auch ein Schieberverschluss eingesetzt werden.

Strahlmittel

dienen zum Putzen mit körnigen Stoffen, die auf die zu bearbeitenden Guss- oder Werkstücke geblasen oder geschleudert werden. Man unterscheidet metallische Strahlmittel, Nichteisenstrahlmittel, sowie nichtmetallische Strahlmittel wie mineralische und organische Strahlmittel, die aus Nussschalen, Fruchtkernen oder Kunststoffen bestehen können.

Strangguss

wird zur Herstellung von symmetrisch und unsymmetrisch gestalteten Voll- und Hohlgussstücken durch kontinuierlichen Kokillenguss eingesetzt. Je nach Abzugsrichtung unterscheidet man senkrechten und waagerechten Strangguss.

Strom

wird in der Elektrotechnik in Ampere, kurz A, gemessen. Laut Ohm'schem Gesetz ist 1 Ampere der Strom, der durch eine Spannung von 1 Volt in einem ohmschen Widerstand von 1 Ohm zum Fließen gebracht wird.

Stromaufteilung

über parallel geführte Leiter erfordert zum Verringern der Leitungsverluste in Abständen von 2-3 m phasenweise „Brücken". Wenn die Schienenlänge zwischen dem Kondensatorgerüst und dem wandseitigen Ofenanschluss 3 m beträgt, soll hier im Bereich des Überganges solch eine Phasenbrückung eingesetzt werden. Bei längeren Schienenwegen oder auch Stromrohren sollte nicht auf das Brücken verzichtet werden. Im Bereich von Schaltern zum Aus- oder Umschalten muß die Schienenführung mindesten 1 m vor und hinter dem Schalter ohne Abwinkelung verlaufen. Seitliche Abgänge sind an Hochstromschaltern zu vermeiden, da der Strom den Weg des geringsten Widerstandes nimmt. Wenn z. B. beide Abgänge zur gleichen Seite sind werden die Pole auf der abgewendeten Seite weniger belastet als die im Bereich der Stromzu- und Ableitung.

Stromdichte

ist der physikalische Wert für Strom dividiert durch Querschnittsfläche. Die Maßeinheit ist A/mm^2. Luftgekühlte Stromschienen haben bei Netzfrequenz maximal 2A/mm^2, bei Mittelfrequenz bis 500 Hz ca. 1A/mm^2. Wenn der elektrische Leiter von Wasser umströmt wird, wie in wassergekühlten Kabeln, sind maximal 16A/mm^2 in der Anwendung. Wegen der Verluste der Leitungen muß neben dem Querschnitt auch die Länge berücksichtigt werden. Doppelte Länge bei gleichem Querschnitt bedeutet auch doppelte Verluste. Ein 5 m langes Kabel mit 600 mm^2 Kupferquerschnitt hat bei 9600 A übertragenem Strom Verluste von 13,7 kW, somit sind die Verluste bei 10 m Kabel 27,4 kW. Wenn der Ofen 2 Kabel hat, betragen die Verluste somit 27,4 kW bei 5 m und 54,8 kW bei 10 m Kabellänge. Dieser Anwendungsfall gilt für einen Ofen mit 2150 kW bei 1.000 V. Durch die Verringerung der Stromdichte von hier 16A/mm^2 auf 10,67A/mm^2 ergeben sich die Verluste mit 18,2 kW und 36,4 kW.

Sumpf

ist die fachsprachliche Bezeichnung für flüssiges Metall in einem Schmelzofen oder einer Pfanne das nicht entleert wird, sondern wieder verwendet wird.

Sumpfschmelzen

wird in der Regel in Netzfrequenzinduktionsöfen praktiziert Die optimale Sumpfhöhe entspricht ca. dem 2/3 Füllstand. Da hierbei die gesamte Spule mit Flüssigmetall gefüllt ist und die maximale elektrische/induktive Ankopplung gegeben ist. Bei Mittelfrequenzöfen arbeitet man mit einem Sumpf von ca. 15 % des totalen Fassungsvermögens. Nach einem Abstich beim MF-Ofen hat der Sumpf noch eine relativ hohe Temperatur. Beim Einschalten der Leistung nach dem Chargieren würde der Restsumpf sehr gut ankoppeln und kurzfristig überhitzt werden. Dadurch entsteht ein „Elefantenfuß“ wie beim Netzfrequenzofenbetrieb üblich. Zur Vermeidung wird in dem Sumpf ca. 30 % des Sumpfgewichtes aus kompaktem Kühlschrott (Steiger, Angüsse und ca. 100 mm große Teile) chargiert. Bei größeren Öfen (ab ca. 5 t) kann auch ein „Anfahrblock“ mit einem Gewicht von ca. 30 % des Sumpfgewichtes chargiert werden. Hierdurch wird die Temperatur

abgesenkt, der Badspiegel angehoben und der Verschleiß an der Tiegelwand verringert.

Symmetrierung

wird beim Anschluss eines 1-phasigen Induktionstiegelofens am Drehstromnetz gefordert. Durch die Steinmetzschaltung wird die 1-phasige Belastung in eine 3-phasige gleichgroße umgewandelt. Die Energieversorger lassen in Abhängigkeit der Netzstabilität eine Unsymmetrie von 10 % des höchsten Phasenstromes zu. Bei dem Ausfall einer Symmetrierdrossel kann ein Induktionstiegelofen auch ohne Symmetriereinrichtung gefahren werden. Ggf. muß das Energieversorgungsunternehmen um Erlaubnis für diese Schieflast mit 60 % des Nennstromes auf 2 Phasen gebeten werden.
Wichtig ist bei dieser Betriebsart, dass der Nennstrom des Transformators nicht überschritten wird. Ein Beispiel für einen 12, 5 t-Ofen mit 2000 V und 2600 kW Nennleistung.
1. muß die symmetrierte Phase vom Netz getrennt werden.
2. die Drossel wird komplett entfernt
3. der max. Phasenstrom wird ermittelt und zwar am Leistungsschild des Transformators.
Dieser Strom ist bei der niedrigsten Schmelzstufe für konstante Leistung angegeben. In der Regel sind die obersten 5 Stufen hierfür ausgelegt, das bedeutet in diesem Fall bei 1700 V und Stufe 6 mit 930 A.
4. bei 1700 V und 930 A ergibt sich eine Leistung von 1580 kW, somit 60 % der Nennleistung.
5. durch langsames Hochfahren der Leistung bei 70 % der Tiegelfüllung wird die maximale Spannung in der Praxis ermittelt. Wenn z. B. bei 1700 V der Phasenstrom über 1000 A liegt, muß die nächst niedrigere Stufe mit 1400 V als max. Spannungsstufe festgelegt werden, damit der Trafo nicht überlastet wird. Die Leistung beträgt dann 1275 kW und 49 % der Nennleistung.

Synthetisches Eisen

ist ein Begriff für das aus Stahlschrott unter Zugabe von Kohlenstoff und Silizium hergestelltes Gußeisen.

Temperatur

ist der Wärmegrad eines Stoffes, gemessen in Kelvin (K) oder Grad Celsius (°C). K ist die SI-Einheit. Die Kelvinskala beginnt mit dem absoluten Nullpunkt der bei –273,15°C liegt. Für die Umrechnung in °C gilt:
K = °C + 273,15
°C = K – 273,15
Temperaturunterschiede werden in Kelvin ausgedrückt, können aber auch in Grad Celsius angegeben werden.
In manchen Ländern ist noch Fahrenheit als Einheit gebräuchlich. Hierzu die Umrechnung von:
°C = (°F-32) x 5/9
°F = °C x 9/5 + 32

Temperaturanstieg

ist in der Regel die Temperaturdifferenz in °C oder K pro Stunde. Wichtig ist die Einhaltung vorgegebener Temperaturanstiege beim Aufheizen von keramischen Massen. Beim Überhitzen von Schmelzen werden Werte in K/min angegeben.

Temperaturgradient

Temperaturdifferenz, bezogen auf die Entfernung zwischen 2 Punkten. Die Dimension des Temperaturgradienten ist K/m oder K/cm.

Temperaturverlust

wird angegeben in K/h bei vollgefülltem Tiegel und ausgeschalteter elektrischer Leistung. Kleinere Öfen haben höhere Temperaturverluste als große Öfen. Bei einem 1 t-Ofen und 1.450 °C wird sich ein Wert von ca. 50 K/h und bei 12 t ca. 30 K/h einstellen. Diese Werte gelten für durchwärmten Tiegel und komplett geschlossenem Ofendeckel und ausgeschalteter Rauchgasabsaugung.

Temperaturwechsel

oder Temperaturwechselbeständigkeit beziehen sich bei Induktionsöfen in der Regel auf die Eigenschaften der Keramik bei unterschiedlichen Temperaturen. Eine saure Zustellung ist weniger temperaturempfindlich

und damit temperaturwechselbeständiger als basische und neutrale Massen.

Temperguß

ist ein Hartguß aus Eisen mit 2,4 bis 3 % Kohlenstoff, er wird bis zu mehreren Tagen oberhalb von 900 °C geglüht (getempert). Man unterscheidet weißen und schwarzen Temperguß. Weißer Temperguß ist entkohlend geglühter Temperguß mit nachstehender Richtanalyse:
3 bis 3,2 % C
0,75 bis 0,55 % Si
max. 0,20 % S
max. 0,10 % P
Mn=1,7x % S

Schwarzer Temperguß ist nichtentkohlend geglühter Temperguß mit folgender Richtanalyse:
2,40 bis 2,60 % C
1,40 bis 1,20 % Si
max. 0,15 % S
max. 0,10 % P
Mn= 1,7x % S

Thermoelement

ist ein elektrisches Element, das durch Erwärmung eine Spannung erzeugt. Es besteht aus 2 verschiedenen Drähten, die auf Grund der Spannung einen Strom fließen lassen. Die werden bis max. 1600°C angewendet. Die erzeugte Spannung liegt im mV-Bereich.

Thyristor

ist in der Elektrotechnik ein steuerbares Halbleiterelement, im Gegensatz zu einer Diode, die nicht steuerbar ist. Thyristoren werden in der Umrichtertechnik für Gleich- und Wechselrichter zum Betreiben von Induktionsöfen eingesetzt. Hochleistungsthyristoren werden wassergekühlt ausgeführt und benötigen dadurch eine nur sehr geringe Baugrösse. Es sind auch Bauelemente in luftgekühlter Ausführung entwickelt worden, die jedoch eine relativ saubere Kühlluft mit max. 33 °C benötigen.

Tiegelausdrückvorrichtung

ist ein Gerät zum Entfernen des Verschleisstiegels aus dem Tiegelofen. Auf Grund der Tiegelschwindung im kalten Zustand und der etwa 0,8 %-igen Konizität ist dieses mit Hydraulikzylindern unterschiedlicher Druckfläche und Hublänge möglich. Um eventuellen Schwierigkeiten vorzubeugen sollte im Bereich der Giessschnauze ein „Lösen des Tiegels“ von Hand erfolgen. Wenn das Ausdrücken wegen zu geringer Schwindung nicht möglich ist, muss der Tiegel von unten nach oben auf einer Breite von etwa 100 mm geschlitzt werden. Das Schlitzen von unten nach oben hat 2 Vorteile gegenüber der Arbeit von oben nach unten, das sind: 1. beim Start im unteren Konusbereich werden die Arbeiten nicht direkt gegen die Spule geführt und 2. beim weiteren Stemmen nach oben wird gegen das vorhandene Loch bzw. später gegen den Schlitz gearbeitet. Dadurch ist die Gefahr der Spulenbeschädigung minimiert. Die Lage ist gegenüber der Giessschnauze. Das Andrücken erfolgt mit bis zu 200 kp/cm² und das weitere Ausdrücken bei 30-60 kp/cm² je nach Tiegelgrösse, ohne Beschädigungen an der Spule.

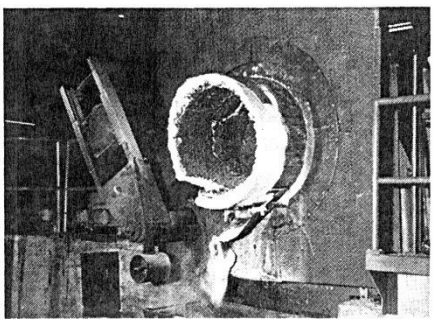


Bild 14

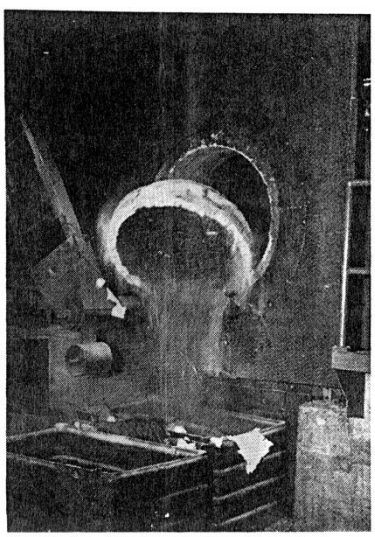


Bild 15

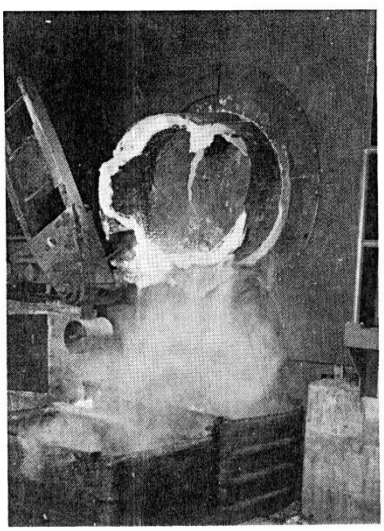


Bild 16

Tiegelausziehvorrichtungen

wurden zum Umgehen des Tiegelausdrückpatentes entwickelt. Hier wird unter dem Tiegel eine ca. 20 mm dicke Stahlplatte in der Tiegelmitte mit einem 30-50 mm grossen Loch eingesetzt. Zum Ausziehen wird dann ein Loch in den Tiegelboden gebohrt und eine Stange von dem Tiegelinnenraum durch dieses Loch geführt und unter der Ausziehplatte mit einer Mutter oder einem Spannkeil fixiert. Das Ausziehen erfolgt dann mit einem Kran, der aber nicht mit der Katze in Brückenmitte stehen darf, da diese Arbeitsweise nicht ohne Gefahr ist. Beim Ziehen mit ca. 10 t Zugkraft löst sich der Tiegel schlagartig und das Gewicht des dann am Haken hängenden Tiegels beträgt bei diesem Beispiel nur noch 3 t. Durch diesen Vorgang des schlagartigen Lastwechsels kann der Kran zum „Springen“ kommen.

Tiegelinduktor

ist ein relativ kleiner Tiegelofen, der oberhalb des oberen Betonrings einen Flansch zum Befestigen an dem eigentlichen Ofen hat. Diese Tiegelinduktoren haben bei der Anwendung als Warmhalteaggregat einen Tiegeldurchmesser von ca. 500 mm und eine Tiegelhöhe von ca. 750 mm. Somit beträgt das Fassungsvermögen ca. 1.000 kg bei einer Leistung von 300 bis 500 kW. Der größte gebaute Tiegel-Induktor-Ofen hat einen Gesamtinhalt von ca. 100 Tonnen einschliesslich dem Tiegelinduktor mit 6,6 Tonnen bei Grauguss, und ca 38 Tonnen Aluminium total. Der Durchmesser des Tiegels beträgt 950 mm und die Höhe des Tiegels 1.400 mm. Die installierte Leistung ist 2.300 kW.

DIE KONSTRUKTION DES OFENS

Aus der Notwendigkeit heraus entwickelte sich eine ziemlich einzigartige Konstruktion, bestehend aus einem großen Kessel oder Obergehäuse ohne Leistungsspule, ähnlich einem Rinnenofen. Der eigentliche leistungsbeaufschlagte Teil ist ein untergebauter relativ kleiner Tiegelofen. **Bild 1** zeigt diesen sogenannten Tiegel-Induktor-Ofen.

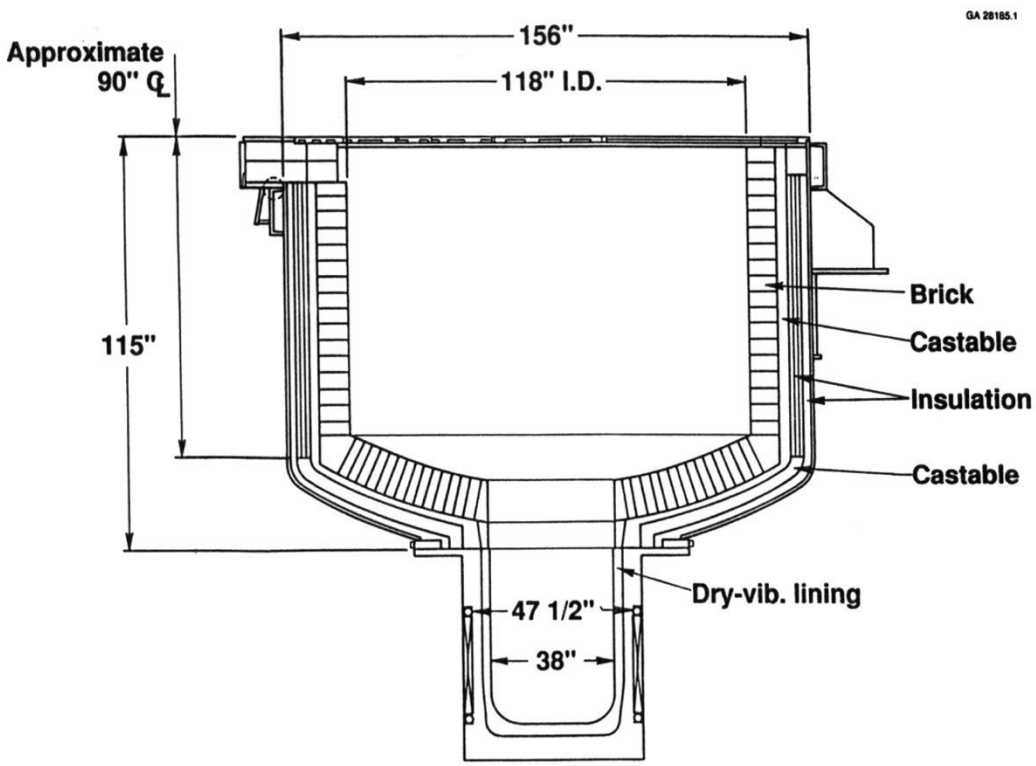


Bild 1: Tiegel-Induktor-Ofen

Bild 3 zeigt die berechnete Metallströmung im Ofen, wie sie durch die induktive Energieübertragung bewirkt wird. Zu sehen ist das typische „Doppel-Acht"-Bild im Tiegelinduktor und die Ausdehnung in das Obergehäuse hinein, mit einem zusätzlichen Wirbel dicht unter der Badoberfläche.

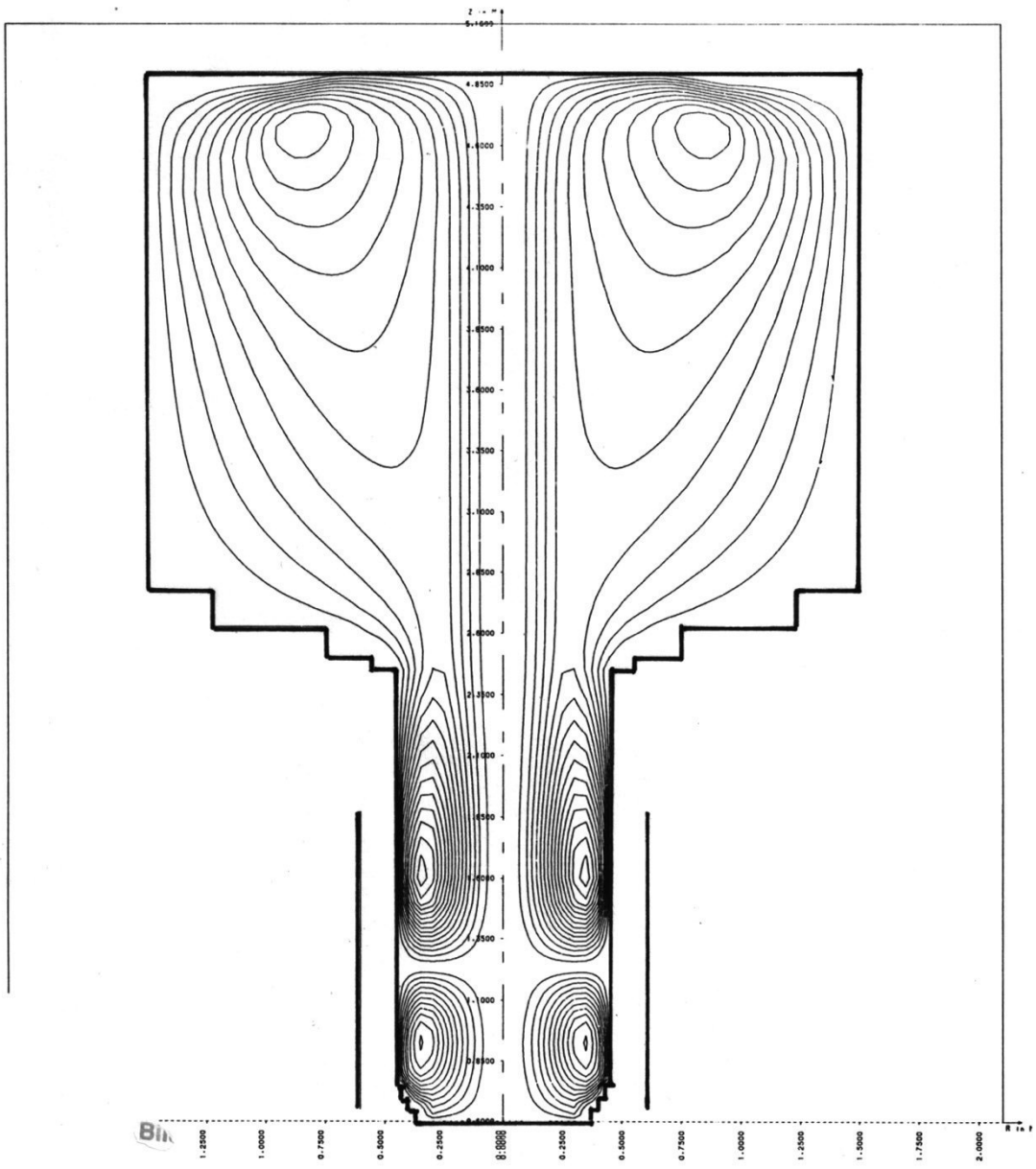


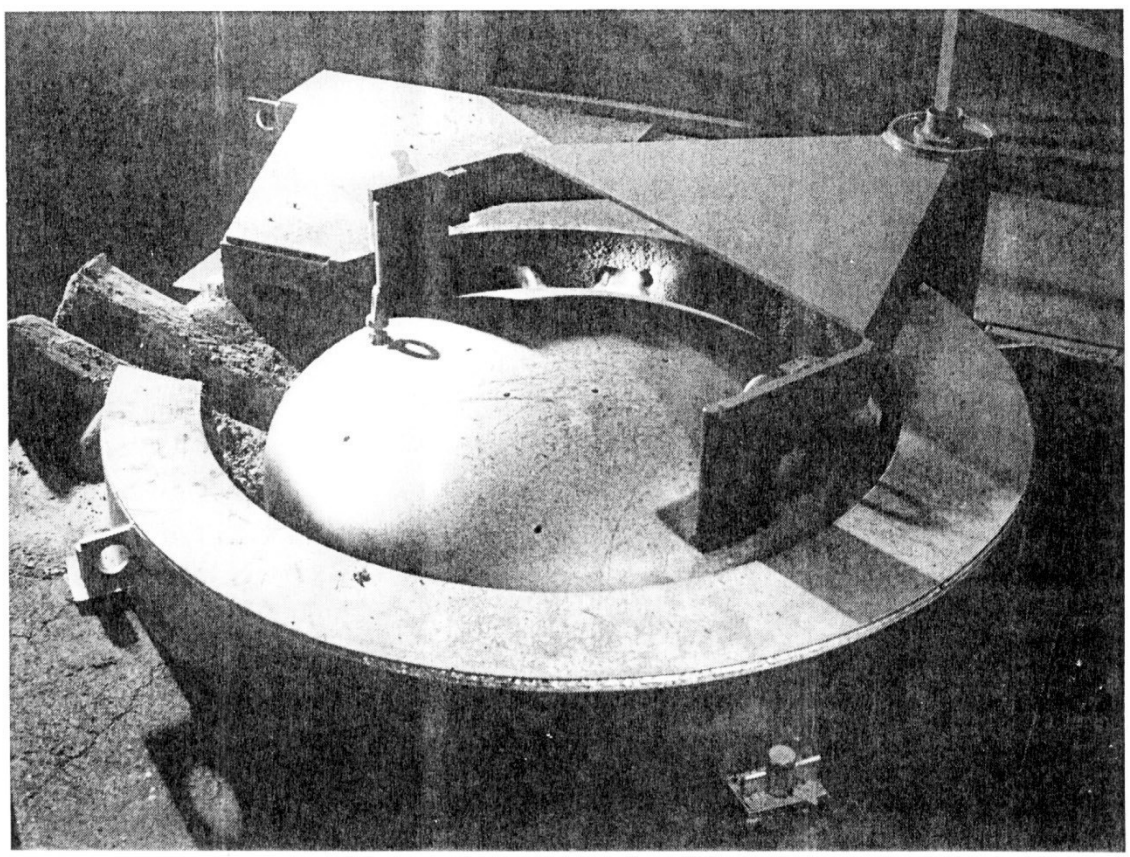
Bild 3:
Metallströmung

Tiegelöfen

haben von außen beheizte Tiegel, die induktiv-, brennstoff- oder widerstandsbeheizt ausgeführt werden können. Der bekannteste Tiegelofen ist der Induktionstiegelofen.

Tiegelrandabsaugung

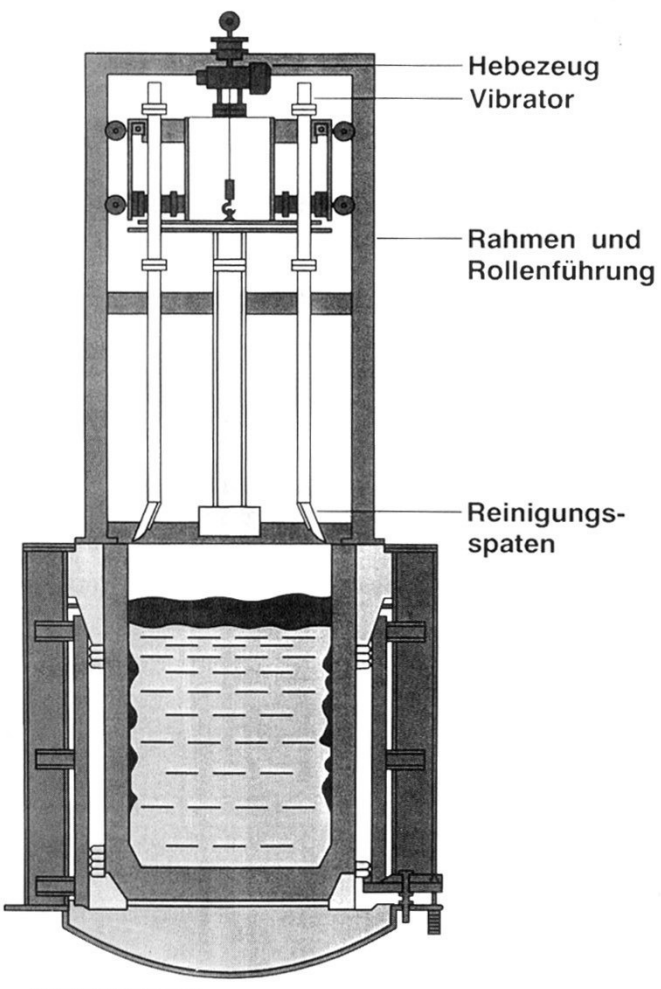
ist ähnlich der Deckelringabsaugung aufgebaut mit einem konischen Ring, der jedoch einen grösseren Abstand zum Deckel hat als der Ring der Deckelringabsaugung. Die Funktionen sind bei geschlossenem Deckel gut. Wenn jedoch der Deckel zur Seite geschwenkt wird, ist die Absaugwirkung weitgehendst aufgehoben und der Qualm wird ungenügend abgesaugt.



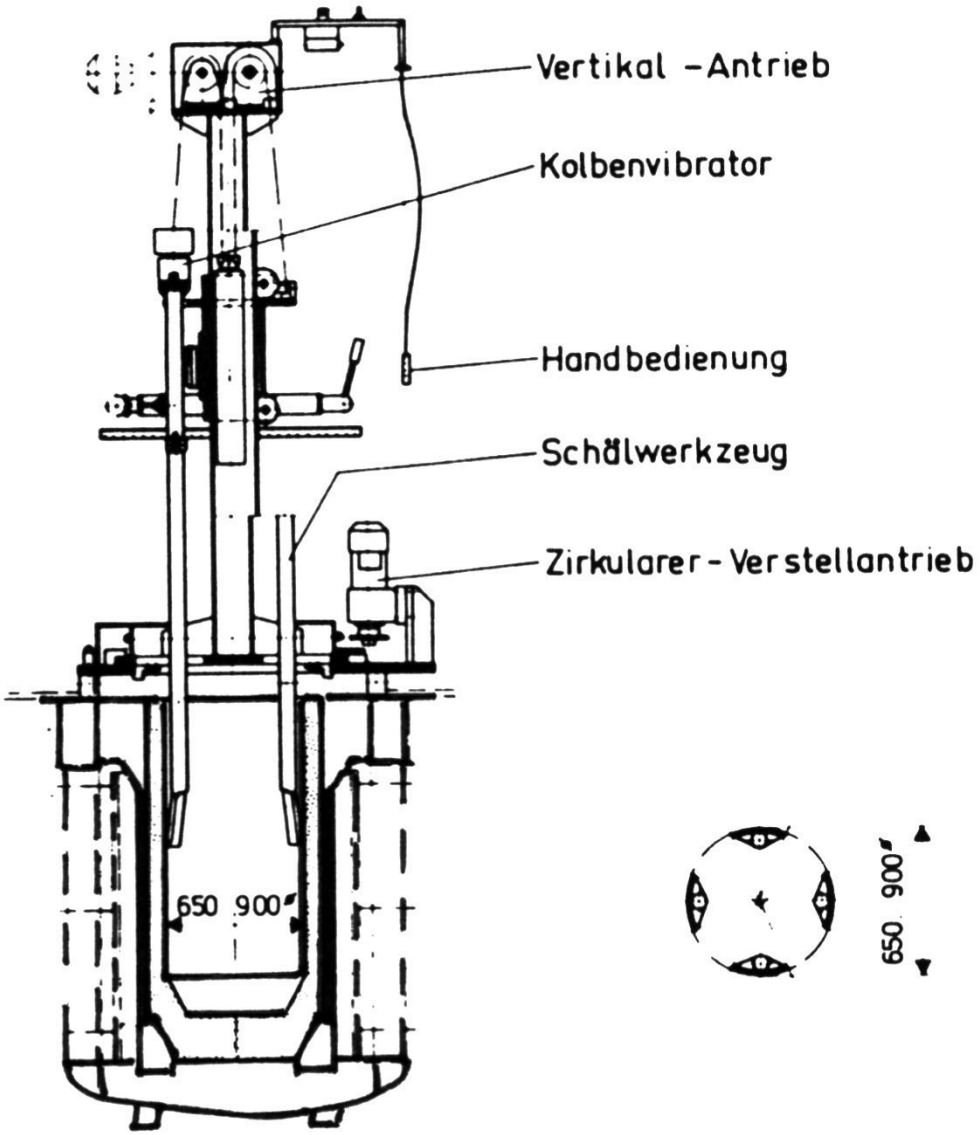
Tiegelofen mit Tiegelrandabsaugung

Tiegelreinigungsgeräte

werden zum Abkrätzen und Reinigen von keramischen Tiegeln in Aluminiumtiegelschmelzöfen eingesetzt. Es handelt sich um ein Gerät mit 3 oder 4 Spaten, die ggf. einzeln pneumatisch wie ein Pressluft-hammer betätigt werden. Nach dem 1. Abwärtshub werden die Spaten nach oben gefahren, um die vorgegebene Teilung gedreht und noch 2-5 mal zum Reinigen nach unten gefahren. Zum Entfernen werden ca. 300 mm Aluminium im Tiegel belassen um dann mit einem modifizier-te“ Schlackenbagger „die Reste aus dem Ofen zu holen Diese Arbeiten müssen im noch betriebswarmen Zustand ausgeführt werden, da bei einem zu kalten Tiegel nicht nur die Krätze entfernt wird sondern auch die Tiegelwand erheblich beschädigt werden kann. Mechanische Abfräs-geräte haben sich nicht bewährt.



Tiegelreinigungsgerät



Tiegelreinigungsgerät

Tiegelspeicheröfen

sind im Prinzip genauso aufgebaut wie Tiegelschmelzöfen. Sie haben jedoch entsprechend ihrem Einsatz eine wesentlich bessere Wärmeisolierung und ggf. eine Induktionsspule, die geteilt ausgeführt wird. Bei einer 50 %-igen Teilung haben zum Beispiel die beiden Spulen jeweils 3.000 kW Leistung. Bei der Reihenschaltung beider Spulen ist die Gesamtleistung nur 1.500 kW. Tiegelspeicheröfen haben den Vorteil, dass sie bei Störungen Betriebsstillstandszeiten oder sonstigen Unterbrechungen total entleert werden können. Wegen der geringen spezifischen Leistung ist es sinnvoll, die Tiegelspeicheröfen mit Flüssigeisen zu sintern.

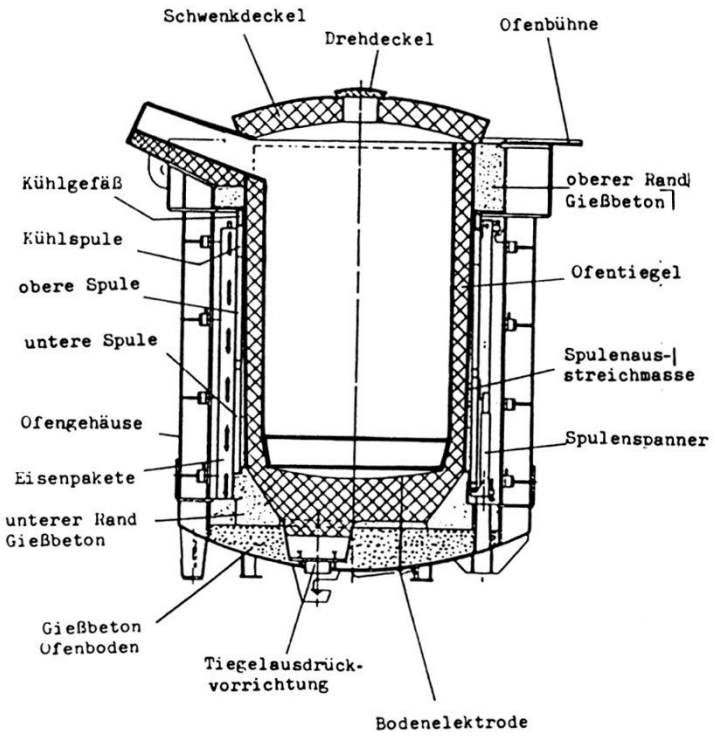


Bild 1: Aufbau des Ofens OCQ 11.2 *Tiegelspeicherofen*

2. Technische Daten

Ofendaten

Fassungsvermögen	40	t
lichter Tiegeldurchmesser	1.680	mm
lichte Tiegeltiefe	3.018	mm
Badtiefe	2.600	mm
Nennwandstärke	190	mm
Stampfmassenbedarf (Gewicht)	ca. 8.000	kg

Leistungsdaten	untere Spule	obere Spule	untere und obere in Reihe
max. Schmelzleistung im kontinuierlichen Betrieb	6,5 t/h	7 t/h	3,3 t/h
Wärmeverluste des Ofens bei geschlossenem Deckel (saure Zustellung)	320 kW	320 kW	290 kW
Vorstehende Daten sind temperaturabhängig und gelten für eine Abgußtemperatur von	1550 °C	1550 °C	1550 °C
Ofenleistung bei Nennspannung	4000 kW	4300 kW	1990 kW
Nennspannung	1430 V	1430 V	1430 V
Frequenz	50 Hz	50 Hz	50 Hz

Tiegelstandzeit

wird in der Regel über den Durchsatz, Chargenanzahl oder Arbeitstage angegeben. Je nach Betriebsweise z. B. 1-, 2- oder 3-schichtig können sehr weit streuende Tiegelstandzeiten ergeben. Sehr hohe Abgußtemperaturen >1.600 °C verkürzen die Standzeit bei gleichem Ofen mit 1.540 °C um ca. 30 %.

Tiegelüberwachung

ist eine wichtige Aufgabe des Isolationswächters. Hierbei wird der Isolationswiderstand zwischen spannungsführenden Teilen und auf Erdpotential liegenden Komponenten gemessen. Die Messung wird mit Gleichspannung ermöglicht. Die Fa. Saveway hat ein System für kontinuierliche Tiegelüberwachung ohne Isolationsmessung der Anlage entwickelt. Hierbei wird der „thermisch" beeinflußte Widerstand der Masse zwischen Messanoden an der „Außenwand" des Verschleißtiegels gemessen, siehe Saveway.

Tiegelvermessung

ist eine aufwendige Maßnahme, die sehr viele Vorbereitungen und Vorarbeiten schon beim Spuleneinbau erforderlich machen. Über 3 bzw. 4 feste Punkte auf der Ofenplattform muss die Tiegelmitte genau festgelegt werden können. Beim Einbau der Ofenspule muss diese nun zu diesem Mittelpunkt exakt eingebaut werden. An dem senkrechten Lot, das in der Spulenmitte angeordnet ist, müssen in senkrechtem Abstand von 100 oder 150 mm Markierungen angebracht werden. Nun wird der jeweilige Abstand zwischen der Mitte und der Spulenwand in vier Richtungen ermittelt und dokumentiert. Bei dem Einbau und Ausrichten der Zustellungsschablone ist ebenfalls die genaue Mitte, d. h. der Abstand vom Lot und der Stampfschablone einzuhalten, und ggf. zu dokumentieren. Nach einer Ofenreise kann mit der 1. Abkühlung auf ca. 40 °C der Stampfmasse eine genaue Vermessung des Tiegels erfolgen. Mit dieser Methode kann man auch seitliche exzentrische Abtragungen der Stampfmasse feststellen.
Eine einfachere Methode, bei der exzentrische Abtragungen nicht festgestellt werden können, ist mit einem exzentrischen T-Balken zu erreichen. Der kürzere T-Balken ist bei 1/3 : 2/3 mit einer Haltestange verschweißt. Der kurze T-Balken ist der Meßbalken, den man mit 4 verschiedenen Längen herstellt oder über Schraubenbolzen auf verschiedene Längen bringen kann. Man hat 1. das Nennmaß und dann in Schritten von 10-15 mm

die vergrößerten Durchmesser. Mit dieser Meßmethode kann man direkt nach einer Totalentleerung den Tiegeldurchmesser kontrollieren.
Nennmaße bei 12,5 t-Ofen
Ø Spule 1.470 mm
Ø Tiegel 1.190 mm
Totale Wand 140 mm
min. Restwand 95 mm
d. h. Ø Tiegel max. 1.280 mm
Meßbalken max. 1.260 mm
Haltestange = Ofentiefe + 1 m

Tiegelverschleiß

tritt durch die enorme Temperaturbelastung der Feuerfestzustellung und dem mechanischen Abrieb beim Chargieren auf. In der Regel sind Tiegelöfen so ausgelegt, das ein Wandverschleiß von ca. 30 % der totalen Nennwandstärke möglich ist. Da dieser Verschleiß meistens nicht gleichmäßig über die Wandfläche ist, müssen von Zeit zu Zeit Messungen des Tiegels durchgeführt werden. Bei voreilendem Verschleiß spricht man vom „Elefantenfuß“, der bei Netzfrequenzanlagen häufiger als bei Mittelfrequenzanlagen vorkommen kann. Mit dem unter „Saveway“ beschriebenen System kann der Verschleiß kontinuierlich erfaßt werden.

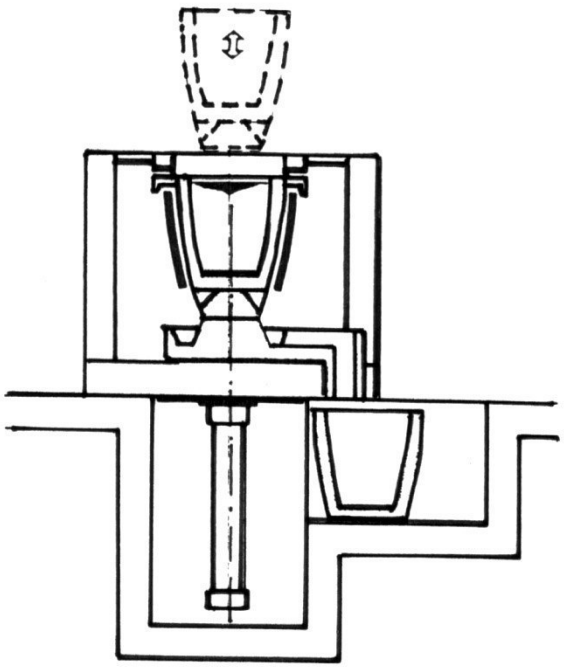
Tonerdeschmelzzement

ist ein Zement, der mit Wasserverbindung sehr schnell abbindet und sehr hart wird. Als 25%-iger Zusatz bei normalem Zement führt er innerhalb von 30 Minuten zur Abbindung.

Tongraphittiegel

müssen am Tiegelboden für eine optimale Erdung vorbereitet werden. Eine Erdung in der Gießschnauze ist erst nach dem 1. Abguss wirksam. Zur Erdung wird eine Spirale mit min. 5 Windungen aus 3 mm Draht auf dem Ofenboden angeordnet. Diese Spirale wird dann mit feinkörnigem Graphitpulver so hoch bedeckt, dass der einzusetzende Tongraphittiegel seine Einbauhöhe nach einigen Drehungen erreicht. Danach wird die Hinterfüllmasse eingebracht und verdichtet. Zum Abschluss wird der obere Rand der Hinterfüllmasse mit einem Patch abgedeckt, dadurch

kann die Hinterfüllmasse beim Kippen des Tiegels nicht herausrieseln. Vor dem 1. Befüllen mit Schrott oder flüssigem Material sollte der Tiegel induktiv mit einer Leistung von ca. 40 kW/250 kg Tiegelgewicht aufgeheizt werden. Der Tiegel soll ca. 100 mm unterhalb des Tiegelrandes eine hellrote Farbe haben. Jetzt wird feinstückiges Material (am besten Späne) auf den Boden gebracht und dann normaler Schrott nachgefüllt. Nun kann die 1. Charge geschmolzen werden.



Schnitt durch einen Hubtiegelofen für 120 bzw. 200 kg Inhalt

Transformator

ist in der Elektrotechnik ein Gerät zur Erhöhung oder Erniedrigung einer Wechselspannung ohne nennenswerte Energieverluste. Ein Transformator in 1-phasiger Ausführung hat auf einem geschlossenen O-Kern jeweils auf einem Schenkel die Primär – und Sekundärspule. Der in der Primärspule fließende Wechselstrom erzeugt durch Induktion in der Sekundärspule eine Spannung, die dem Verhältnis der Windungszahlen proportional ist. Zur Erreichung eines möglichst starken gemeinsamen Magnetfeldes der beiden Wicklungen sitzen diese ggf. auch auf einem Schenkel eines O-Kernes.

Bei Drehstromtransformatoren sind auf den 3 senkrechten Schenkeln oder Säulen jeweils die Primär- und Sekundärwicklung einer Phase angeordnet. Die Primärspulen bestehen aus relativ dünnen Drähten oder Flachprofilen. Für die Sekundärwicklungen werden bei hohen Strömen Leiterbänder mit bis zu 1 m Breite eingesetzt.

Twin Power

ist das eingetragene Warenzeichen der Firma ABB für das Betreiben von 2 Induktionsöfen an einer elektrischen Energieversorgung mit wahlweiser Aufteilung von ca. 5 % bis 95 % zur Nutzung der 100 % Gesamtleistung.

Übergießverfahren

ist das Legieren eines flüssigen Metalls mit einem anderen festen Metall dadurch, dass das Zusatzmetall auf den Boden der Legierungspfanne gelegt und dann mit dem flüssigen Metall übergossen wird. Das Verfahren wird auch zur Herstellung von Kugelgraphitguss angewandt.

Ultraschallprüfung

dient zur Feststellung von Werkstofffehlern mittels Ultraschall, d. h. mit Schallschwingungen oberhalb von 20000 Hz. Die verwendeten Frequenzen liegen zwischen 0,05 MHz und 25 MHz. In der Praxis liegt der Mittelwert bei 12 MHz.

Umformer

sind Motor-Generatoren, die über die Kombination Motorantrieb mit Netzfrequenz und Generator die erforderliche Betriebsfrequenz erzeugen. Bis ca. 1970 wurden die Umformer in waagerechter und senkrechter Ausführung von ca. 30 kW bis 3.000 kW geliefert. Auf Grund des relativ schlechten Wirkungsgrades, der aufwendigen Regelung sowie der Reparaturaufwendungen, wurden die Umformer immer mehr durch statische Umrichter ersetzt.

Umrichter

sind Frequenzumformer, die ohne rotierende Teile über die Kombination Kondensator und Drossel einen Schwingkreis aufbauen. Bei den

s. g. Triduktoren, 3-fache Netzfrequenz, und Quintduktoren, 5-fache Netzfrequenz, wird mit einem Wandlerwirkungsgrad von ca. 0,94 direkt aus der Netzfrequenz die 3-fache oder 5-fache Netzfrequenz als Betriebsfrequenz erzeugt.
Moderne Umrichter haben einen Wirkungsgrad von 96 % und erzeugen über den Umweg des Gleichrichters die erforderliche Betriebsfrequenz von ca. 70-10.000 Hz
Diese Umrichter haben einen Gleichrichter, der über Thyristoren oder Dioden aus dem 3-phasigen Drehstrom einen 1-phasigen Gleichstrom erzeugen. Zwischen dem Gleichrichter und dem Wechselrichter ist eine Gleichstromglättungsdrossel als Zwischenkreis einbezogen. Nach der Drossel ist der regelbare Wechselrichter, der selbstgesteuert in Abhängigkeit der Induktivität des Ofens und der Kapazität der Kondensatorbatterie sowie der Leistungsaufnahme eine entsprechende Betriebsfrequenz erzeugt. Man spricht von lastgeführten Umrichtern, die in Abhängigkeit der Kondensatorschaltung als „A“ Parallel- oder „B“ Reihenschwingkreisumrichter benannt werden.

A: nur hoher Strom zwischen Ofen und Kondensatoren
B: hoher Strom im gesamten Ofenkreis

Lastkreis

Der Lastkreis des Umrichters besteht im wesentlichen aus dem Verbraucher (Induktionsspule) und der parallel zum Verbraucher liegenden Kondensatorbatterie. Der Lastkreis wird direkt (in Sonderfällen auch über einen Transformator) an den Umrichterausgang geschaltet.

Der Blindleistungsbedarf des Verbrauchers wird durch die Lastkondensatoren gedeckt, der Umrichter liefert nur die Wirkleistung.

Eine Nachkompensation bei Änderung des Verbraucherzustandes erfolgt automatisch über die Frequenzänderung im Lastkreis. Ein Schalten von Lastkreiskondensatoren ist darum während des Betriebes nicht nötig.

Das Ein- und Ausschalten des Umrichters erfolgt durch Freigabe bzw. Sperrung des Gleichrichters. Da keine mechanischen Schalter dabei betätigt werden und der Umrichter sofort betriebsbereit ist, kann er auch bei kleinen Betriebsunterbrechungen abgeschaltet werden. Beim Einschalten erzeugt eine Starteinrichtung im Lastkreis die erste Schwingung und prüft diesen auf fehlerhafte Zustände.

Gleichzeitig wird dafür gesorgt, daß der Gleichrichter unverzögert genügend Leistung liefert, damit die angestoßene Schwingung erhalten bleibt. Die Kommutierungsenergie wird dem Lastkreis entnommen.

Bild 5 zeigt den prinzipiellen Verlauf von Ausgangspannung und Ausgangsstrom eines Umrichters.

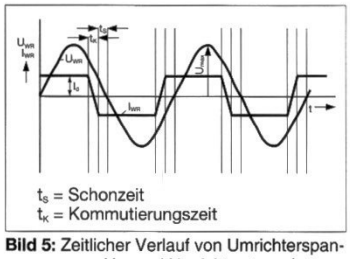


Bild 5: Zeitlicher Verlauf von Umrichterspannung U_{WR} und Umrichterstrom I_{WR}

Konstantleistungsregelung

Insbesondere Umrichter für Mittelfrequenz-Schmelzanlagen sind mit Konstantleistungs-Regelung ausgerüstet. Durch entsprechende Dimensionierung des Wechselrichters und Steuerung des Umrichters werden zwei Eigenschaften erreicht:

- der Wechselrichter stellt dem Verbraucher in einem weiten Bereich der Ausgangsspannung (z.B. zwischen 70 und 100%) stets die Nennleistung zur Verfügung. Dies ist wesentlich für den Betrieb von Schmelzöfen im Chargenbetrieb, da sich der Ofenwiderstand während einer Charge ändert (Füllstand, Temperatur).
- in diesem vorher genannten Bereich der Wechselrichterausgangsspannung ist der Gleichrichter immer voll ausgesteuert, d.h. der netzseitige Leistungsfaktor (Cos. φ) bleibt auf dem optimalen Wert.

TWIN POWER-Schaltung

Mit der TWIN POWER-Schaltung kann die dem Netz entnommene Leistung (1 Trafo, 1 Gleichrichter) stufenlos und gleichzeitig auf zwei Verbraucher in beliebigem Verhältnis aufgeteilt werden, – z. B. auf zwei Schmelzöfen im Tandembetrieb oder zwei Spulen eines Erwärmers. Jedem Verbraucher ist seine eigene Lastkreis-Kondensatorbatterie und ein eigener Wechselrichter zugeordnet.

Bild 7 zeigt die Frontansicht eines Umrichters mit 4,8 MW/250 Hz, 24pulsig in TWIN POWER-Schaltung.

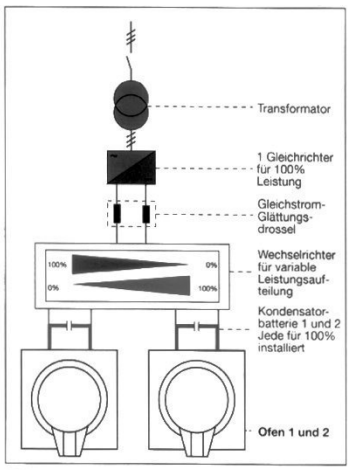
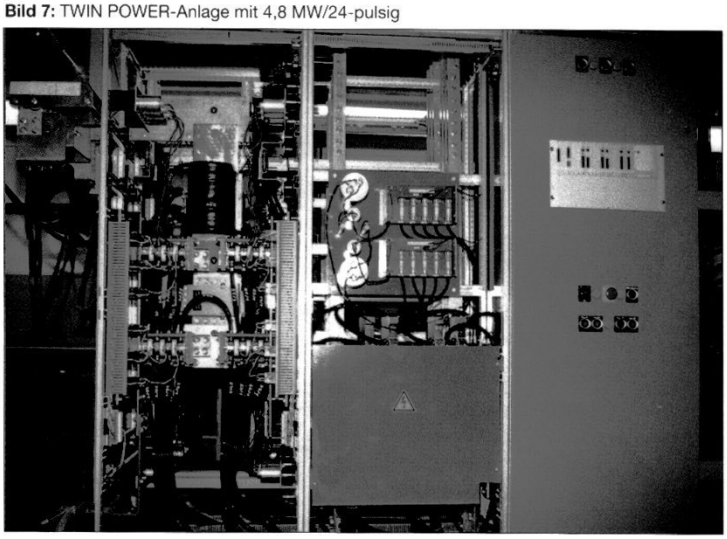


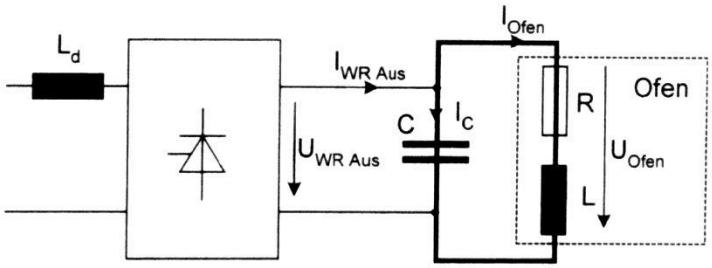
Bild 6: TWIN POWER-Schaltung

Bild 7: TWIN POWER-Anlage mit 4,8 MW/24-pulsig



Grundlagen der Umrichtertechnik

Parallelschwingkreisumrichter



$P = 3000kW$

$U_{Ofen} = 3000V$

$Q = 8$

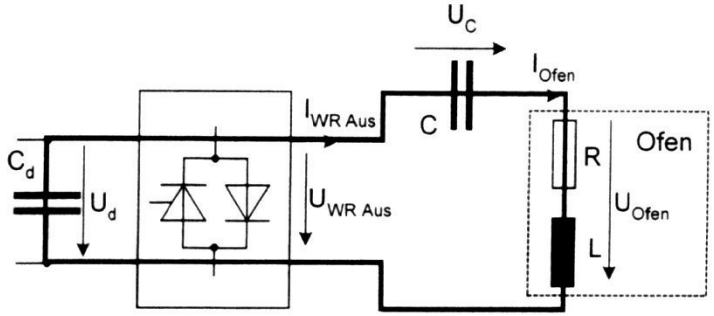
$f = 250\,Hz$

$U_{WR,Aus} = U_c = U_{Ofen} = 3000V$

$$I_{WR,Aus} = \frac{P}{U_{WR,Aus}} = \frac{P}{U_{Ofen}} = \frac{3000kW}{3000V} = 1000A$$

$$I_C \approx I_{Offen} \approx Q \cdot I_{WR,Aus} = 8000A$$

Reihenschwingkreisumrichter



$P = 3000kW$

$U_{Ofen} = 3000V$

$Q = 8$

$f = 250\,Hz$

$$U_{WR,Aus} \approx \frac{U_{Ofen}}{Q} \approx \frac{U_C}{Q} = \frac{3000V}{8} = 375V$$

$$I_{WR,Aus} = \frac{P}{U_{WR,Aus}} = \frac{3000kW}{375V} = 8000A$$

$$I_{WR,Aus} = I_C = I_{Ofen} = 8000A$$

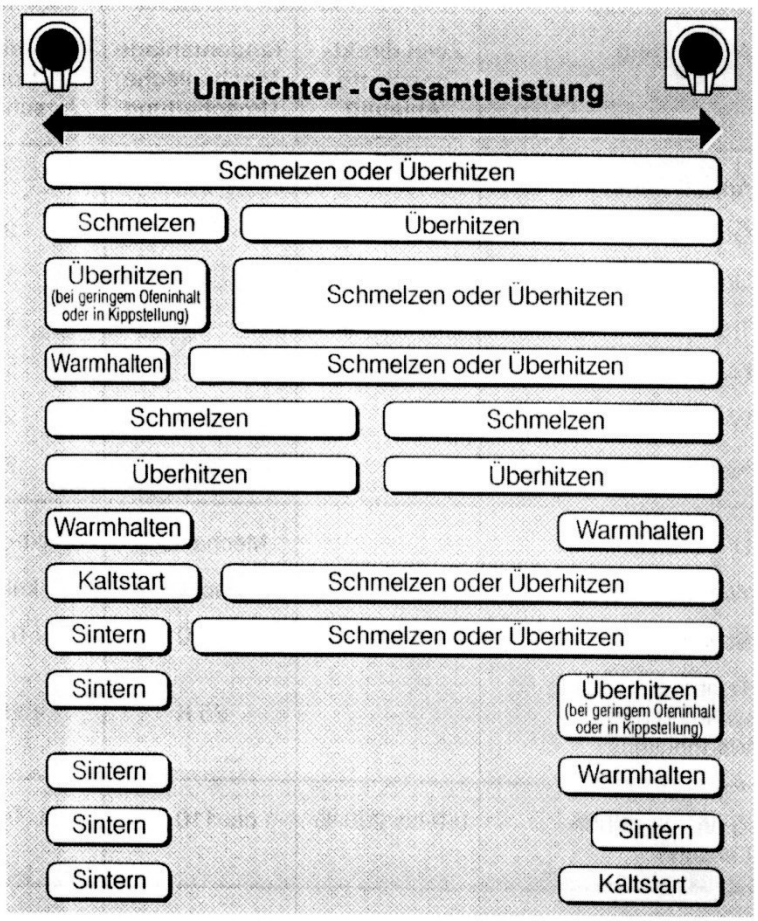


Bild 3 b): Unterschiedliche Betriebszustände einer MF-Tandemanlage mit schaltungsfreier, variabler Leistungsauftteilung nach dem TWIN-POWER®-Prinzip

Somit ist gewährleistet, daß z. B. beide Öfen gleichzeitig schmelzen, oder in einem Ofen schmelzen, im anderen warmhalten, oder in beiden Öfen warmhalten sowie weitere Möglichkeiten, wie in einem Ofen sintern, im zweiten schmelzen usw.

Gegenüber der Direkteinspeisung eines Tiegelofens mittels direkt zugeordnetem Umrichter weisen Tandemanlagen eine wesentlich höhere Wirtschaftlichkeit auf.

Umrüstung von Nf auf Mf

kann aus betrieblichen und energiepolitischen Gründen sinnvoll sein. Hier einige Vorteile, die für Mittelfrequenzanlagen sprechen:
- Anfahrblöcke und langwieriges Anfahren entfallen
- keine aufwendige Schrotttrocknung oder Trockenlagerung erforderlich
- elektrische Wirkungsgradsteigerung durch den Chargenbetrieb
- Schmelzen mit hoher Leistung und kurzer Schmelzzeit
- Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades durch kleinere Ofengrösse
- geringstmöglicher Energieverbrauch bei optimaler Flexibilität
- Einsparung von Instandhaltungs- und Reparaturkosten
- Steigerung der Betriebssicherheit
- Verringerung der Feuerfestkosten bei gleichem Durchsatz
- Steigerung der Gesamtwirtschaftlichkeit
- alter Energieverbrauch bei 13 t-Ofen mit Netzfrequenz 750 kWh/t (2.800 kW)
- neuer Energieverbrauch bei gleichem Ofen 640 kWh/t (4.800 kW - 250 Hz)

Unfallschutzgitter

dienen zum Absichern der sich beim Kippen eines Ofens öffnenden Ofengrube. Es gibt 3-seitige Unfallschutzgitter, die mit Gegengewichten bis auf eine Höhe von ca. 1 m hinter dem Ofen und seitlich nach vorne abfallend, selbsttätig hoch ziehen. Eine neuere Konstruktion arbeitet ohne Gegengewichte sondern mit Speicherfedern, die einen Hub von max. 1,2 m zulassen.

Verlustleistung

ist der Sammelbegriff für die Differenzleistung zwischen der dem Ofen über die Kabel vom Trafo zugeführten Leistung und der in das Schmelzgut induzierten Leistung. Nachstehend eine Auflistung über die Verlustleistungen:
Schaltanlagenverluste, Kondensatorverluste, Leistungs- und Kabelverluste, Spulenverluste, thermische Ofenverluste und Deckelverluste.
Diese Gesamtverluste können bis zu 40 % der Anlagennennleistung ausmachen. In Abhängigkeit vom Betreiben einer Ofenanlage können diese Verluste auf ca. 32 % reduziert werden.

Beispiel 3: Einfluß unterschiedlicher Ofenfüllstände

Bild 7 zeigt für einen Hochleistungsofen mit den Daten 6 t, 6000 kW, 250 Hz die induzierten Verluste im Ofenboden und im oberen Kurzschlußring für verschiedene Füllgrade des Ofens. Man erhält daraus die in **Tabelle 3** angegebenen Werte.

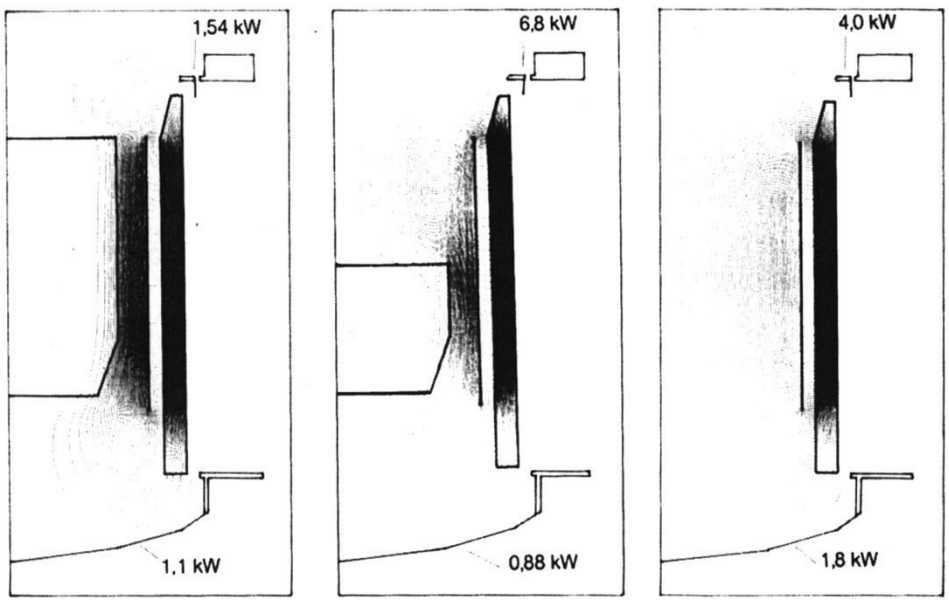
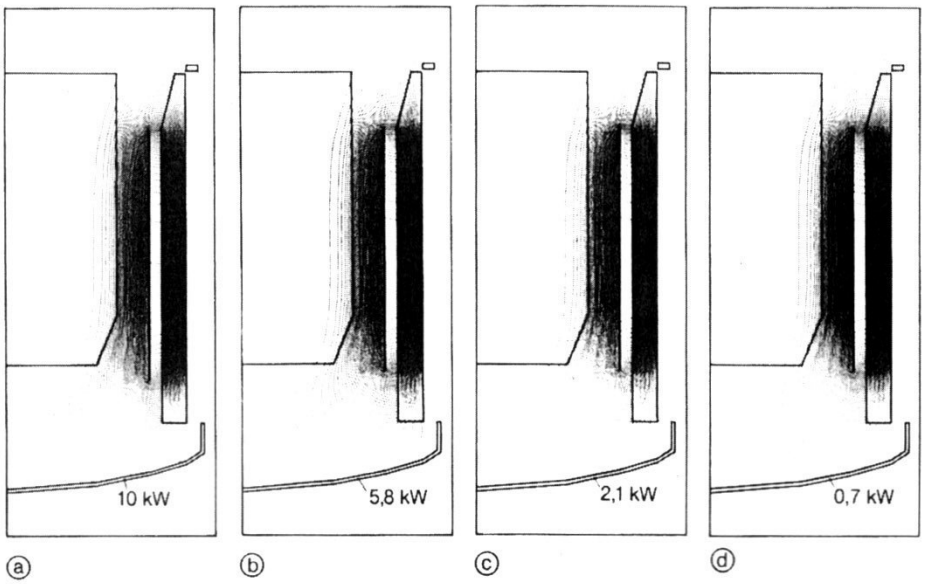


Bild 7: Verlauf der magnetischen Feldlinien bei verschiedenen Ofenfüllgraden eines 6-t-Mf Ofens, 6000 KW, 250 Hz

	induzierte Leistung	
Ofen-Zustand	Ofenboden	oberer Kurzschlußring
Ofen voll, flüssig (6 t)	1,1 kW	1,5 kW
Ofen halbvoll	0,9 kW	6,8 kW
Ofen leer	1,8 kW	4,0 kW

Tabelle 3: In Ofenboden und oberen Kurzschlußring induzierte Verluste bei verschiedenen Ofenfüllgraden



Verlauf der magnetischen Feldlinien im unteren Ofenbereich bei konstanter Leistung und unterschiedlicher Ausführung des Ofenbodens

In **Tabelle 2** sind die Ergebnisse für einen 3-t-MF-Ofen mit 1800 kW/250 Hz zusammengefaßt:

Ofenboden-Ausführung	im Ofenboden induzierte Verluste
a) gewölbter Stahlboden	10 kW
b) wie a), jedoch unteres Spulenende 35 mm höher	5,8 kW
c) wie b), zusätzlich Aluminium-Schirmblech	2,1 kW
d) wie b), zusätzlich Kupfer-Schirmblech	0,7 kW

Tabelle 2: Reduzierung von Verlusten im Ofenboden

Durch die Wahl von entsprechenden Abständen des Bodens zur Spulenunterkante und durch Auskleidung mit geeignetem Schirmungsmaterial lassen sich die elektrisch induzierten Verluste im Ofenboden auf ein Minimum drücken.

Vermiculargraphit

ist ein wurmförmiger Graphit, eine Graphitform, die zwischen dem Lamellengraphit und dem Kugelgraphit liegt. Er ist unerwünscht bei der Herstellung von Kugelgraphit. Er entsteht infolge ungenügender Magnesiumbehandlung oder durch zu langes Abstehen des behandelten Eisens.

Verschleißfutter

ist der Teil der Feuerfestauskleidung der einem Verschleiß unterliegt. Es muss von Zeit zu Zeit erneuert werden. Das Dauerfutter unterliegt keinem Verschleiß und hat eine lange Standzeit.

Verschneiden

ist das Reduzieren des Kohlenstoffgehalts einer Eisenschmelze aus dem Kupolofen, einer Roheisenschmelze oder ggf. aus einem Warmhalteofen entnommenen Schmelze um ca. 30 % des ursprünglichen Kohlenstoffgehaltes mittels Zugabe von niedriggekohltem Stahlschrott.

Visualisierung

ist die bildliche Darstellung von Schaltzuständen und Prozessabläufen auf Bildschirmen.

Volt

ist die Einheit der elektrischen Spannung. Sie wird damit definiert, dass 1 Volt durch einen Widerstand von 1 Ohm einen elektrischen Strom von 1 Ampere fließen läßt. Das Ohm'sche Gesetz U = R x I.

Vorlegierung

ist die Bezeichnung für Legierungen, die ausschließlich als Legierungsmittel verwendet werden.

Vorwärmen

wird in der Regel für das Trocknen des Einsatzgutes vor dem Chargieren in Induktionsöfen verwandt. Als sinnvolle Temperatur hat sich hier der

Bereich 150-180 °C ergeben. Bei höheren Temperaturen ist der Wirkungsgrad zu gering.
Das Vorwärmen des Tiegels erfolgt mittels Gas- oder Ölbrenner, sowie induktiv mit einem Sinterzylinder.

Wärmerückgewinnung

ist bei Tiegelöfen nur beschränkt und in Abhängigkeit der Anlagenkonfiguration nur mit hohem Aufwand erfolgreich einsetzbar.
In der Regel liegt der Temperaturbereich des Kühlwassers zwischen 30 und 65 °C mit einer Temperaturdifferenz von 27 K. Wärmepumpen arbeiten bei ca. 80 °C effizient. Oberhalb von 72 °C fällt aus dem Kühlwasser der Kalk aus, die Wasserleitungen setzen sich zu und erfordern eine entsprechende Behandlung des Wassers. Nutzbare Anwendungen sind:
Aufbereitung von Waschwasser und Beheizung von Räumen im Winter. Bei einem 5 t-Ofen mit 3.000 kW fallen max. 900 kW Wärmeenergie im Kühlwasser an, die nur zu einem geringen Anteil wirtschaftlich genutzt werden können. Es gibt eine Vielzahl von Ingenieurbüros, die sich mit der Wärmerückgewinnung beschäftigen.

Wärmeverluste

hat man bei allen Behältnissen in denen sich Schmelzen mit hohen Temperaturen befinden. Bei Rinnenwarmhalteöfen werden die Verluste durch die Schmelzenkontakfläche, die Badoberfläche und die Induktorleerverluste bestimmt. Die Induktorverluste betragen bei einem 120 kW-Induktor ca. 25 kW und bei einem 2.000 kW-Induktor ca. 100 kW. Bei optimaler Gefäßauslegung entspricht der Schmelzendurchmesser auch der Höhe des Schmelzbades, damit erreicht man die geringste Kontakt-/Oberfläche bei höchstem Rauminhalt. Warmhalteöfen können in Abhängigkeit der wärmetechnischen Isolierung und der Zustellung wie eine „Thermoskanne“ wirken. Bei einem 13 t-Tiegelofen rechnet man mit 120 kW thermischem Wandverlust, 20 kW Bodenverlust, 35 kW Oberflächenverlust bei geschlossenem Deckel, somit 175 kW Leerlaufverluste.

Warmhalten

ist der Ausdruck für die Temperaturführung auf Abgußtemperatur. In Abhängigkeit der Ofenkonstruktion und den wärmetechnischen

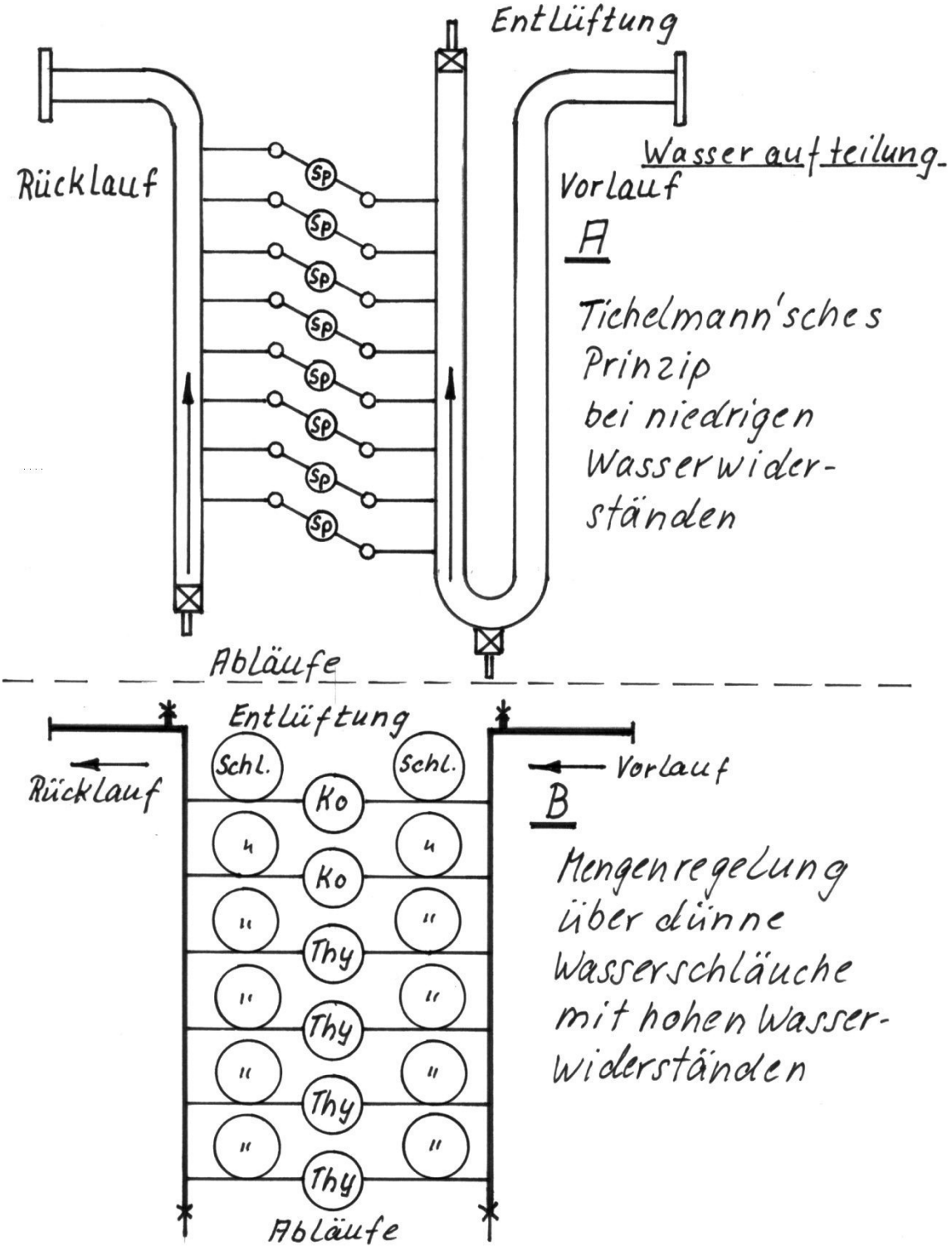
Isolierungen können die Wärmeverluste in kW/t Inhalt zwischen ca. 6 bei Rinnenwarmhalteöfen mit 130 t Inhalt und 28 bei Tiegelöfen mit ca. 3 t Inhalt betragen. Warmhalten kostet Geld und sollte in Abhängigkeit der Prozesssteuerung minimiert werden.

Wasser / Wassertauscher

werden bei höheren Leistungen und einem vorhandenen Betriebswassersystem eingesetzt. In Gebieten mit hohen Lufttemperaturen werden diese in Verbindung mit Verdunstungskühlern zur Einhaltung der Mindestkühlwasservorlauftemperaturt von 34 °C bei den Umrichtern und 45 °C für die Induktionsöfen.
Die Tauscher funktionieren wie in er Elektrik ein Transformator. Wenn durch den Ofenkreis z.B. 34,5 m^3/h fliessen, die von 65 °C auf 38 °C runtergekühlt werden sollen, dann müssen auf der Kühlturmseite oder Betriebswasserseite 103,5 m^3/h fliessen, die im Gegenfluss von 21 °C auf 30 °C erwärmt werden.
Das Produkt aus Menge x Temperaturdifferenz muss auf beiden Seiten gleich sein.
103, 5 m^3/h x 9 K=34, 5 m^3/h x 27 K
931, 5 m^3 K/h=931, 5 m^3 K/h

Wasseraufteilung

über Sammelrohre im Vor- und Rücklauf macht die Berücksichtigung des „Tichelmannschen Prinzips“ erforderlich, wenn die Sammelrohre relativ nah zueinander mit kurzen Kühlwasserwegen verbunden sind. Bei älteren Induktionsöfen war auf beiden Seiten direkt neben den Spulenanschlüssen der Vorlauf und der Rücklauf installiert. In diesem Fall musste die Fliessrichtung in beiden Rohren gleich sein, d. h. auf der rechten Seite fliesst das Wasser in der Summe von unten zu und der Reihe nach zu den Teilspulen. Auf der linken Seite fliesst das Wasser der Reihe nach von unten ab und in der Summe nach oben weg.
Tichelmannsches Prinzip sagt man zu der optimalen Aufteilung von Sammelflüssen auf Einzelflüsse und die Rückführung von Einzelflüssen auf Sammelflüsse. Einfach ausgedrückt muß die Fliessrichtung in beiden Systemen gleichgerichtet sein. Beim Wasser kann man dieses nach Bild A für Mengen über 10 l/min lösen. Bei Mengenregelung unter 10 l/min über dünne Schläuche (DN 5-8 mm) und Längen von 3-6 m kann man auf dieses Prinzip verzichten siehe Bild B.


Entlüftung
Rücklauf
Wasser aufteilung
Vorlauf
Sp
A
Tichelmann'sches Prinzip bei niedrigen Wasserwiderständen
Abläufe
Entlüftung
Schl.
Schl.
Rücklauf
Vorlauf
Ko
Thy
B
Mengenregelung über dünne Wasserschläuche mit hohen Wasserwiderständen
Abläufe

Wasserdampfexplosion

tritt dann auf, wenn Wasser oder Feuchtigkeit unter die Badoberfläche feuerflüssiger Schmelzen kommen. Beim Betrieb von Mittelfrequenzöfen mit Totalentleerung ist die Gefahr etwas geringer, da man den Chargiervorgang so steuern kann, dass eventuell nasses Einsatzmaterial über dem Schmelzbad trocknen kann. Wenn Wasser unter die Schmelze kommen sollte, so dehnt sich dieses schlagartig auf das 600-fache aus.

Widerstand

ist in der Elektrotechnik das Ergebnis aus der an 2 Enden eines elektrischen Leiters anliegen Spannung und des in ihm fließenden Stroms (Stromstärke). R=U:I. Diesen Widerstand nennt man auch ohmschen Widerstand. Neben dem Ohmschen Widerstand gibt es in der Elektrotechnik auch noch die Begriffe „induktiver Widerstand bei Spulen“ und „kapazitiver Widerstand bei Kondensatoren“. Die Maßeinheit ist Ohm. Die Zusammenhänge werden von dem Physiker Ohm erkannt und den Berechnungssatz nennt man das „Ohm’sche Gesetz“.
U = R x I (Spannung=Widerstand x Stromstärke/Volt=Ohm x Ampere)

Windungsschluß

ist ein Kurzschluß zwischen 2 parallelen Windungen, der auf Grund eines Isolationsfehlers auftreten kann. Wenn z. B. durch ungenügende Trocknung eine zu hohe Feuchtigkeit im Bereich der Zwischenanlagen ist, muss die Spannung auf ein niedriges Niveau abgesetzt werden, damit keine Kriechströme fließen können. In der Regel sind diese Kriechströme nur sehr gering und es kommt nicht sofort zu Kurzschlüssen. Es entsteht jedoch eine langfristig gefährdete Stelle, die bei jeder Neuzustellung weiter geschädigt werden kann. Wenn nun im Laufe einer „Spulenreise“ z. B. nach 18 Monaten Betriebszeit eine Neuzustellung bei feuchtwarmer Witterung und Kondenswasserbildung am Spulenkupfer die Spule mit zu hoher Spannung (> 1.000 V) angefahren wird, kann es zu einem Kurzschluß/Windungsschluß kommen. Das Kupfer der Spule wird wie beim Elektrodenschweißen abgetragen und es kann zum Wasseraustritt kommen. Wenn die austretende Wassermenge nicht durch die Spulenzwischenräume nach außen entweichen kann, wird das Wasser immer weiter bis zur Schmelze vordringen und es wird unweigerlich zu einer Wasserdampfexplosion kommen. Um dies

zu vermeiden, haben die meisten Ofenhersteller eine offene Spulenkonstruktion mit wasserdurchlässigen Konstruktionselementen gewählt. Das „Einpacken einer Ofenspule“ mit Glasgewebetüchern und wasserundurchlässigen Anstrichen hat sich in der Vergangenheit schon des Öfteren als Fehler erwiesen.
Windungsschlüsse können auch durch örtliche Überhitzung an den Innenkanten der Isolationszwischenlagen entstehen. Die leicht angekohlten Zwischenlagen können die Feuchtigkeit sehr gut festhalten und bereiten damit den Windungsschluß vor. Von außen gibt es immer wieder Schrottansammlungen im hinteren Bereich der Ofenspule. Beim Ofenkippen können diese Teile nicht herunterfallen. Unter Einwirkung des Magnetfeldes kann sich Schrott im Bereich der Induktionsspule im Spulenmantel verhaken und dann zu einem Windungs- oder Erdschluß führen. Zur Vermeidung sollte der untere Ofenbereich alle 4 Wochen gesäubert werden, ggf. mit einem Industriesauger abgesaugt werden. Auf keinen Fall mit Pressluft abblasen, da durch diese Maßnahme Metallteile unkontrolliert hinter die „Kernisolation“ geraten können. Die Folge ist ein Erdschluß, der nur mühsam durch Kontrolle eines jeden Eisenpaketes festgestellt werden kann.
Falls man nach dem Tiegelausdrücken an der Innenfläche der Ofenspule dunkle Stellen feststellt, sollte man diesen Bereich vorsichtig vom Putz befreien und den Zwischenlagenzustand kontrollieren. Ggf. kann durch diese Kontrolle und anschließende Reparatur ein unvorhersehbarer Ausfall mit verheerenden Folgen vermieden werden.

Wirkleistung

ist das Produkt aus der Spulenspannung multipliziert mit dem Wirkstrom, der durch die Ofenspule fließt, angegeben in kW.
Bei 1.000 kW Wirkleistung und 250 Hz Betriebsfrequenz ergibt sich eine Kondensatorleistung von ca. 7.500 kVar als Blindleistung. Die Scheinleistung beträgt in diesem Fall ca. 7.570 kVA.

Wirkungsgrad

gibt das Verhältnis zwischen der Netto- und der Bruttoleistung an. Für 1 t Grauguß werden ca. 370 kWh Energie benötigt. In einem Tiegelofen werden in Abhängigkeit seiner Konstruktionsmerkmale und dem Fassungsvermögen zwischen 470 und 540 kWh/t benötigt. Das entspricht einem Wirkungsgrad zwischen 0,79 und 0,69.

Auf Grund der optimalen Auslegung eines Ofens hinsichtlich seiner wärmetechnischen Verluste und der wirtschaftlichen Abmessungen ergibt sich ein Verhältnis von 1,13:1 zwischen aktiver Induktionsspulenlänge zum Spulendurchmesser. Der rein elektrische Wirkungsgrad wird von der Spulenlänge oder -höhe abhängig gemacht. Bei gleichem Tiegelinhalt und gleicher elektrischer Leistung soll an 3 Ausführungen eines 13 t-Tiegelofens erläutert werden. Die Tiegelwandstärke beträgt in dieser Größenordnung 140 mm. Wenn man das Magnetfeld und den Feldlinienverlauf bei einem vollflüssigen Ofen betrachtet, dann hat man jeweils am oberen und unteren Ende der Spule ein Querfeld und in der Mitte der Spule ein Längsfeld. Bei gleicher elektrischer Leistung sind die Sektoren der Querfelder gleich lang, d. h. bei einer Spulenlänge von ca. 1.300 mm sind oben und unten jeweils ca. 300 mm Querfeld und 700 mm Längsfeld in der Mitte. Aus diesen Annahmen errechnet sich ein Wirkungsgrad von ca. 75 %. Wenn die Spulenlänge für einen gleichen Tiegelinhalt innerhalb der Spule von 10 t verändert wird, ergeben sich bei einer Verkürzung auf ca. 1.100 mm Spulenlänge und jeweils oben und unten 300 mm Querfeld und 500 mm Längsfeld und es ergibt sich theoretisch ein elektrischer Wirkungsgrad von ca. 69 %. Bei einer Verlängerung der Spule auf 1.700 mm Höhe ergibt sich ein Längsfeld von ca. 1.100 mm und ein elektrischer Wirkungsgrad von ca. 81 %.

Woodsches Metall

schmilzt bei 70 bis 72 °C. Diese Wismutlegierung hat folgende Zusammensetzung: 25 % Pb, 12,5 % Cd, 12,5 % Sn, Rest Wi.

Zinkdampf

ist eine beim Schmelzen auftretende Erscheinung, die beim Schmelzen von zinkbehafteten Blechen nicht ververmeidbar ist. Der aus der Schmelze austretende Zinkdampf muss über geeignete Absaugvorrichtungen erfaßt und ausgefiltert werden. Die negativen Auswirkungen auf die Haltbarkeit von sauren Tiegeln können durch geeignete Maßnahmen auf ein vertretbares Maß reduziert werden. Bei nachstehender Fahrweise sollte die Standzeit eines Tiegels nicht wesentlich geringer sein als beim Schmelzen von zinkfreien Blechen: Die Sintercharge und die komplette 2.+3. Charge werden mit zinkfreiem Schrott erschmolzen. Ab der 4. Charge wird zinkbehafteter Schrott ein-

gesetzt. Nach Stillständen wird die 1. Charge mit zinkfreiem Schrott erschmolzen.

Zuschlag

ist der Begriff für schlackenbildende, feste Stoffe, die beim Schmelzen von Metallen oder zur Behandlung von Schmelzen zugesetzt wird.

Zustellung

ist die Bezeichnung für den Schmelztiegel oder Verschleisstiegel ohne die Betonringe und fest eingebauten keramischen Komponenten. Heute werden überwiegend trockene Stampfmassen verwendet. Feuchte Massen werden teilweise noch in Aluminium – und Zinköfen eingesetzt. Es gibt 3 unterschiedliche Werkstoffarten wie saure, basische und neutrale Massen. Für bestimmte Anwendungsfälle werden auch Mischungen aus den 3 vorstehenden Werk-Stoffarten eingesetzt.
Saure Massen enthalten ca. 98,5 % Si O_2
Neutrale Massen enthalten ca. 84,5 % Al_2O_3 und bis zu 13 % Mg O
Basischmagnesitische Massen enthalten ca. 88 % Mg O, bis 10 % Al_2O_3 und ca. 2 % SiO_2. Die Anwendungstemperaturen der Sauren Massen liegen normal bei 1.600 °C und können kurzfristig bei max. 1.700 °C liegen. Bei den neutralen Massen liegt die normale Anwendungstemperatur bei 1650 °C und können kurzfristig bei max. 1.750 °C liegen.
Basischmagnesitische Massen haben eine normale Anwendungstemperatur von 1.650 °C – und eine kurzfristig max. von 1.800 °C.
Die max. Temperatur kann z.B. in einem1t Tiegelofen mit 1.000 kW innerhalb von 2 Minuten erreicht werden, dann muss der Ofen sofort entleert und wieder mit Schrott gefüllt werden. Nun ca. 3 Minuten mit höchster Leistung auf Temperatur fahren damit der Tiegel von der extrem hohen Temperatur heruntergekühlt wird. Mit diesem Verfahren kann man Chargenzahlen von 40 bis 70 erreichen, je nach Fahrweise, Masse und Schmelzgut.
Die Trockenmassen werden in der Regel in 25 kg Säcken oder Einwegcontainern mit bis zu 1.600 kg geliefert. Die Massen sind gebrauchsfertig mit Sintermittel versehen und müssen nicht mehr angemischt werden. Saure Massen mit Borsäureanhydrid enthält kein Kristallwasser, darum können diese mit bis zu 150 K/h Temperaturanstieg angefahren werden. hochtonerdige und magnesitische Massen werden von den Herstellern für den Anwendungsfall gesondert gemischt und geliefert.

Zustellungsarbeiten und Sintern

Die Innenfläche der Induktionsofenspule und der keramische Überbau (oberer Betonring) müssen eine glatte leicht nach obenhin konische Fläche ohne Ansätze bilden. Beim Einsatz einer Tiegelausdrückvorrichtung sollte die Konizität 0,8 % betragen. Falls mit einem Dauerfutter mit ca. 40 mm unten gearbeitet wird, sollte der Spulenputz nicht konisch aufgebracht werden. Hier genügt die Konizität des Dauerfutters. Der Spulenputz und das Dauerfutter werden mit 5-8 % Wasseranteil eingebracht. Diese Feuchtigkeit führt zu einer langen Trockenzeit und damit auch zu verlängerten Anfahrzeiten. Um diese Feuchtigkeit schnell aus dem Spulenputz und dem Dauerfutter zu bekommen, kann man mit einem Gasbrenner und der Stampfschablone diese trocknen. Der Spulenputz darf mit max. 150 °C und das Dauerfutter mit max. mit 350 °C im unteren Bereich getrocknet werden.
Die Trocknungszeit soll in beiden Fällen mindestens 24 Stunden betragen, wenn das Dauerfutter direkt nach dem Einbringen des Spulenputzes gegossen worden ist, sollte die Trocknungszeit mindestens 36 Stunden betragen. Der Temperaturanstieg sollte zwischen 30 bis 50 K/h betragen.
Wenn kein Brenner vorhanden ist, kann man bei Mittelfrequenzöfen auch das Trocknen induktiv ausführen.
Falls man weder mit Gas noch induktiv arbeiten möchte, so sollte der Spulenputz und das Dauerfutter ca. 12 Stunden normal Lufttrocknen und dann je nach Ofengrösse mit einem 3 kW oder 6 kW Heizlüfter, der auf dem Ofenboden steht, über 24 Stunden getrocknet werden. Manche Kunden haben widerstandsbeheizte „Körbe“ die mit einer Zuleitung durch den Ofenboden versorgt werden. Bei den elektrischen Heizungen wird mit geschlossenem Ofendeckel gearbeitet.
Vor dem Einbringen der Stampfmasse wird die Spuleninnenfläche mit 0,5 mm Cogemikanit oder ähnlichem Werkstoff bis zum Ofenrand „tapeziert“. Mikanite mit aufkaschiertem Fliessstoff sind teuer und bringen wärmetechnisch kaum Vorteile
Nun wird der Ofenboden mit den Bodenelektroden für das Einbringen der Bodenmasse vorbereitet. Die Stampfmasse wird so hoch aufgeschüttet, dass die Bodenelektroden ca. 10 mm überstampft werden können. In der Regel wird nach dem Handentlüften mit einem Bodenrüttler, der elektrisch oder pneumatisch angetrieben wird gearbeitet. Je nach Ofengrösse wird 5-10 Minuten gerüttelt. Bei Bodendicken über 350 mm sind die Arbeiten in 2 Lagen auszuführen, wobei den Bodenelektroden besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist. Nachdem der Bodenrüttler

entfernt worden ist, muss die Bodenhöhe von dem Ofenrand aus Nachgemessen und protokolliert werden. Jetzt wird ein äusserer Ring am Ofenboden bis zum Konus der Stampfschablone gut angerauht (mindestens 15 mm), damit eine gute Verbindung zur Tiegelwand entstehen kann. Die Stampfschablone wird eingebaut, zentriert und oben am Tiegelrand mit Holzkeilen befestigt. Die Tiegelwand wird in Lagenhöhen von 300 bis 400 mm bis zum Ofenrand gefüllt. Nach jeder Lage wird mit „Neptunzinken“ entlüftet. Durch diese Massnahme wird eine bessere Endverdichtung erreicht. Nun muss im Bereich des Bodenkonuses die Verdichtung sehr sorgfälltig erfolgen. Für die Tiegelwand wird der selbtdrehende Wandrüttler eingesetzt. Es ist die tiefstmögliche Position mit einem Kran anzufahren und in diesem Bereich ca. 5 Minuten zu rütteln. Anschliessend wird bei Öfen bis 800 mm Durchmesser mit 100 mm Höhendifferenz, bis 1.200 mm Durchmesser mit 125 mm Höhendifferenz und bei über 1.200 mm Durchmesser mit 150 mm Höhendifferenz jeweils 2, 3 oder 4 Minuten gerüttelt. Da die Tiegelwand im oberen Bereich sehr stark mechanisch beansprucht wird, muss hier grösste Sorgfalt aufgebracht werden. Die obersten 200 mm werden nach dem Ausbau der Holzkeile von Hand verdichtet. Die Stampfmasse sollte ca. 50-70 mm unterhalb des Ofenrandes enden. Während des Rüttelns muss ständig Stampfmasse nachgeschüttet werden, damit sich keine Lagenbildung zwischen der verdichteten Masse und der nachgeschütteten Masse einstellt. Auf den Ring der Tiegelwand wird dann eine dünne Patchschicht aufgezogen, die das Rausrieseln der Stampfmasse beim 1. Abstich verhindern soll. In der Giessschnauze wird die Masse nicht ausgekratzt .Bei Einwegschablonen und Dauerschablonen wird zum Erreichen eines höheren Füllstandes beim Sintern die Giessschnauze noch mit Masse gefüllt. Bei einer Einwegschablone wird nach dem Abschluss des Sinterprozesses die Masse aus der Giessschnauze entfernt und dieser Bereich mit einem Schweissbrenner getrocknet. Nach ca. 10 Minuten ist dieser Bereich der Stampfform so weich geworden, dass man mit einer Brechstange einen „Durchbruch“ zur Giessschnauze stechen kann. Jetzt fliesst das Eisen in die Giessschnauze und der Ofen kann zum 1. Mal abgegossen werden

Beim Einsatz einer Dauerschablone muss diese vor dem Einbau mit einer Stützfolie aus Mikanit oder mit einem Trennmittel versehen werden. Es gibt konische Vollschablonen und einklappbare Schablonen.

Bei der konischen Vollschablone wird diese nach dem Rütteln mit ca. 150 K/h auf ca. 450 °C gebracht und dann nach 1 Stunde mit Pressluft oder Kühlventilatoren auf 200 °C abgekühlt. Zum Ausbau muss die

Schablone in einem Zug zentrisch nach oben gezogen werden. Die klappbare Dauerschablone wird nicht erwärmt. Der Ausbau erfolgt durch das Einklappen eines 120° Segmentes. Nach dem Ausbau der Schablonen wird auf den Ofenboden ein Prallschutz„ aus Kreislaufmaterial gelegt. Die Höhe sollte je nach Ofengrösse 200-300 mm sein. Nun muss der Tiegel so schnell wie möglich bis zur Giessschnauze gefüllt werden. Während des Überführens wird der Ofen nicht mit Leistung beaufschlagt. Nach dem Erreichen des max. Füllstandes wird der Ofen mit einer Leistung eingeschaltet, die eine Temperatursteigerung von ca. 100 K/h ermöglicht, d.h. etwa 40 kW/t ,bei einem 5 t-Ofen somit 200 kW. mit dieser Leistung wird die Schmelze auf Sintertemperatur gebracht und ca 2 Stunden gehalten. Anschliessend erfolgt der 1. Abstich. Es müssen 3 Chargen gefahren werden.

Als Sintermittel dient Borsäure ($H_2B_2O_3$) oder Borsäure-Anhydrid (B_2O_3)
Der Sintermittel-Anteil richtet sich nach der Anwendungs-Temperatur.

Sintermittel-Anteil: Quarzit-Trockenmasse Severit 98

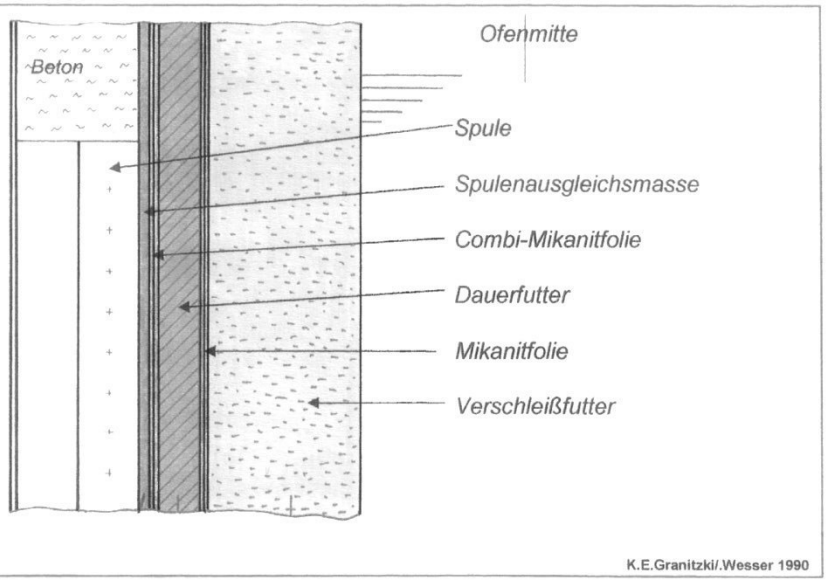
		Anwendungstemperatur
, mit	0,5 % Borsäure	max. 1700° C
, mit	0,8 % Borsäure	max. 1650° C
, mit	1,0 % Borsäure	max. 1620° C
, mit	1,2 % Borsäure	max. 1600° C
, mit	1,4 % Borsäure	max. 1580° C
, mit	1,6 % Borsäure	max. 1550° C
mit	1,8 % Borsäure	max. 1500° C
mit	0,6 % Bors.-Anhydrid	max. 1620° C
mit	0,8 % Bors.-Anhydrid	max. 1580° C
mit	0,9 % Bors.-Anhydrid	max. 1550° C
mit	1,0 % Bors.-Anhydrid	max. 1500° C
mit	1,2 % Bors.-Anhydrid	max. 1450° C

W.Clören

Sintermittelanteil

RWesser

22.16

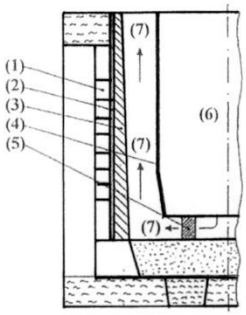


K.E.Granitzki/.Wesser 1990

Feuerfester Wandaufbau bei Induktionstiegelöfen

RWesser

22.2



(1) Spule mit Wasserkühlung ~ 70 °C Rücklauftemp.
(2) Spulenausgleichsmasse
(3) Dauerfutter, konisch eingegossen
(4) Stampfschablone
(5) Feuerfester Stein
(6) Raum wird mit Gasbrenner auf 350 - 400 °C aufgeheizt
(7) Warmluftstrom

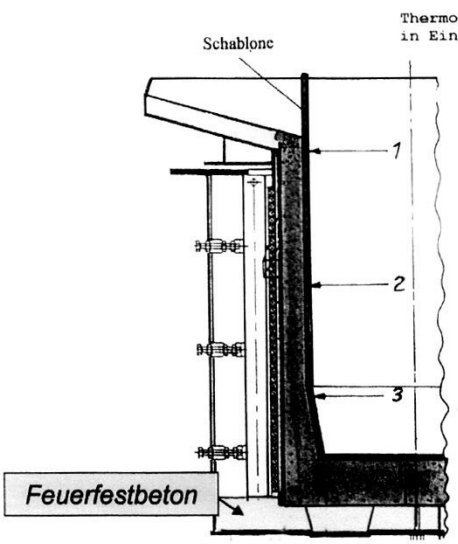
* Nach Einbau und Abbindung der Spulenausgleichsmasse und des Dauerfutters wird die Gießschablone entfernt und
* die Stampfschablone eingebaut,
* diese wird z.B. durch einen feuerfesten Stein angehoben, wodurch ein Kaminzug entsteht, wenn
* der Innenraum der Schablone mit Gas auf 350 - 400 °C aufgeheizt wird.
* Die Stahlschablone verteilt die Wärme gleichmäßig auf das Dauerfutter und es wird optimal getrocknet,
* wenn die Temperatur ca. 22 - 28 Stunden gehalten wird.

Dr.Granitzki/R.Wesser

Trocknen des Dauerfutters

RWesser

22.10



Thermoelemente NiCrNi
in Einschmelzschablone: oben = 1
mitte = 2
unten = 3

Zeit	1	2	3
14:00	159	300	65
14:15	225	511	100
14:30	270	654	130
15:00	320	863	175
16:00	380	930	434
16:30	410	480	435
16:45	440	605	575
17:00	500	665	650
17:15	580	663	652
17:30	615	675	651
17:45	721	770	740
18:00	645	855	800
18:15	710	890	830
18:30	764	950	846

W.Clören

Tabelle: Induktives Aufheizen

RWesser

22.19

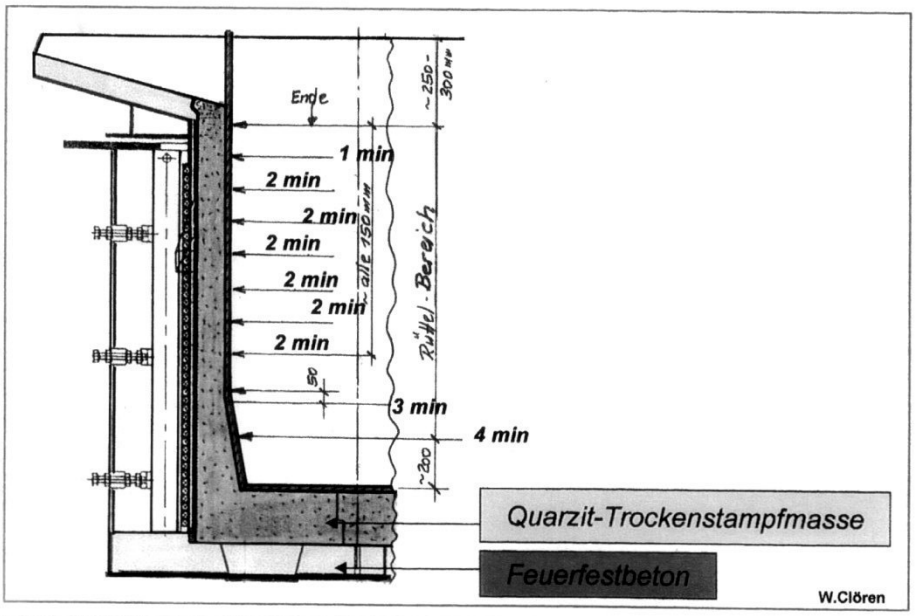
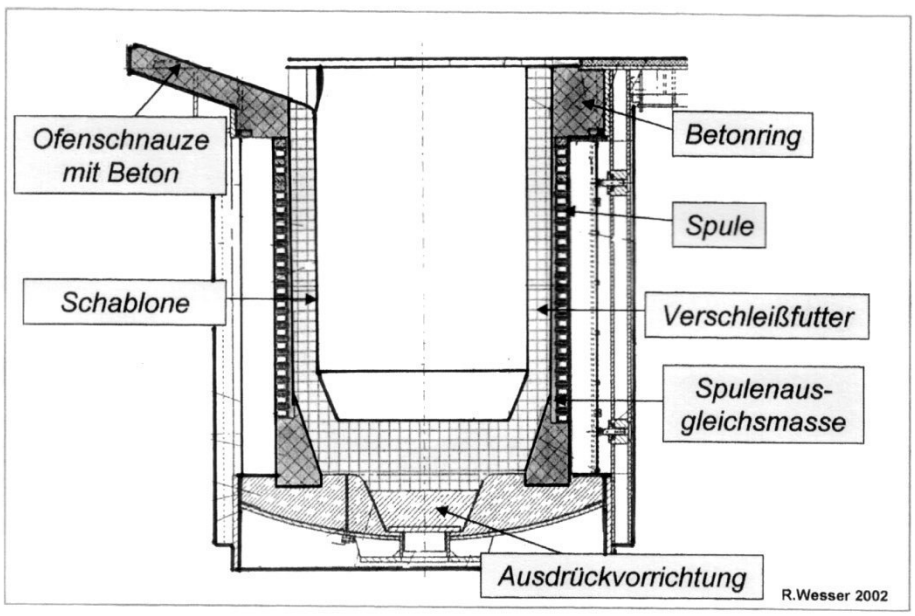
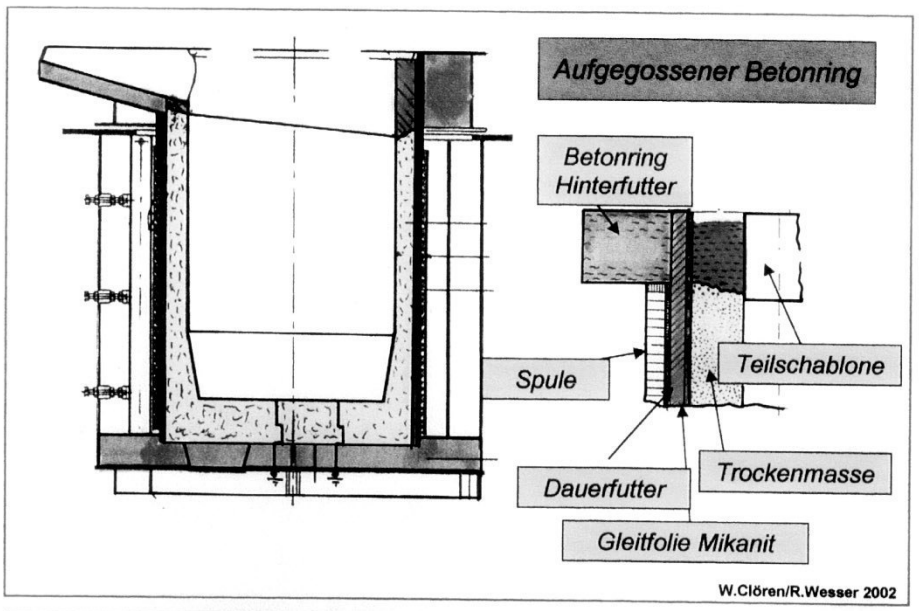


Tabelle: Rüttelzeiten für die Trockenzustellung von Quarzitstampfmassen in Induktionstiegelöfen



Feuerfeste Baustoffe für Mittelfrequenz-Induktionstiegelofen Bauart: ABB

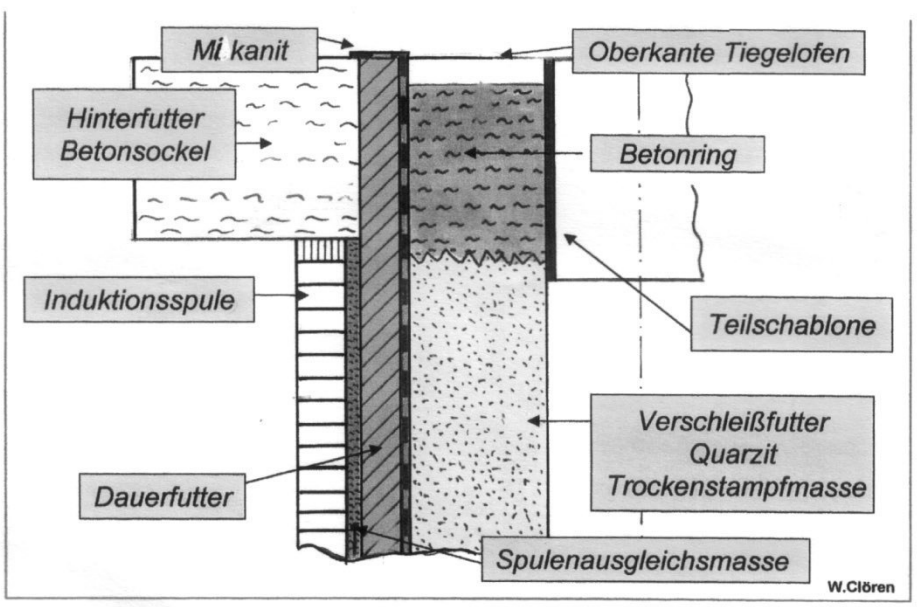


IEKW Feuerfest und Service im System

Reparatur des Ofenrandes

RWesser

22.39



IEKW Feuerfest und Service im System

Anleitung : Gießen Betonring

RWesser

22.40

In Bild 1 soll schematisch dargestellt werden, wie hierdurch und durch die höhere spezifische Leistung beim Mittelfrequenz-Ofen das Wärmeangebot an der Auskleidung stärker ist.

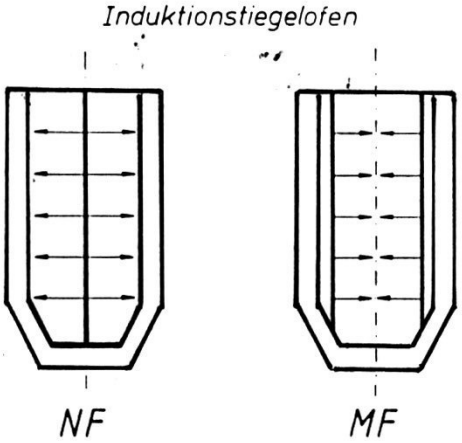


Bild 1: Wärmefluß bei NF und MF und Einfluß auf die ff-Zustellung

Man spricht auch beim Mittelfrequenz-Ofen hinsichtlich der Wärmeentwicklung vom sogenannten randgängigen Ofen.

Bei der Erwärmung von Metallen sind zusätzlich die Kräfte zu beachten, die sich aus der Wirkung der magnetischen Induktion und des elektrischen Stromes im Schmelzgut ergeben. Diese erzeugen nicht nur eine Flüssigkeitsströmung im Schmelzgut, sondern hierdurch wird auch die Flüssigkeitsoberfläche zu einer Kuppe erhöht.

Die Badbewegung ist umgekehrt proportional dem spezifischen Widerstand und der Frequenz.
Bild 2 stellt den Unterschied der Badbewegung und Kuppenbildung $h_ü$ beim Netzfrequenz-Ofen und Mittelfrequenz-Ofen bei gleicher Leistung und Größe dar. Die Forderung nach höherer spezifischer Leistung bei annehmbarer Badbewegung und Kuppenüberhöhung kann nur vom Mittelfrequenz-Ofen erfüllt werden.

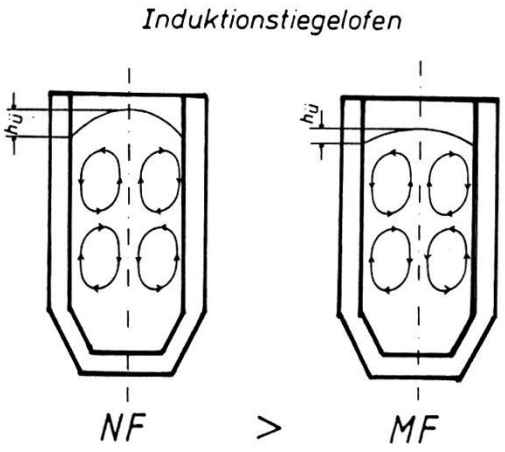


Bild 2: Badbewegung im NF- und MF-Induktionsofen bei konst. Leistung

In Bild 3 wird versucht darzustellen, welche Auswirkungen die Badbewegung und der Wärmefluß beim Netzfrequenz-Ofen und Mittelfrequenz-Ofen auf das Verschleißbild haben.

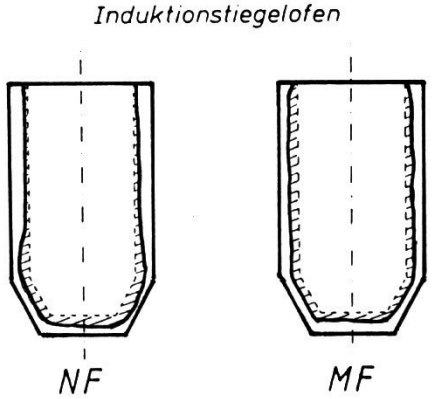
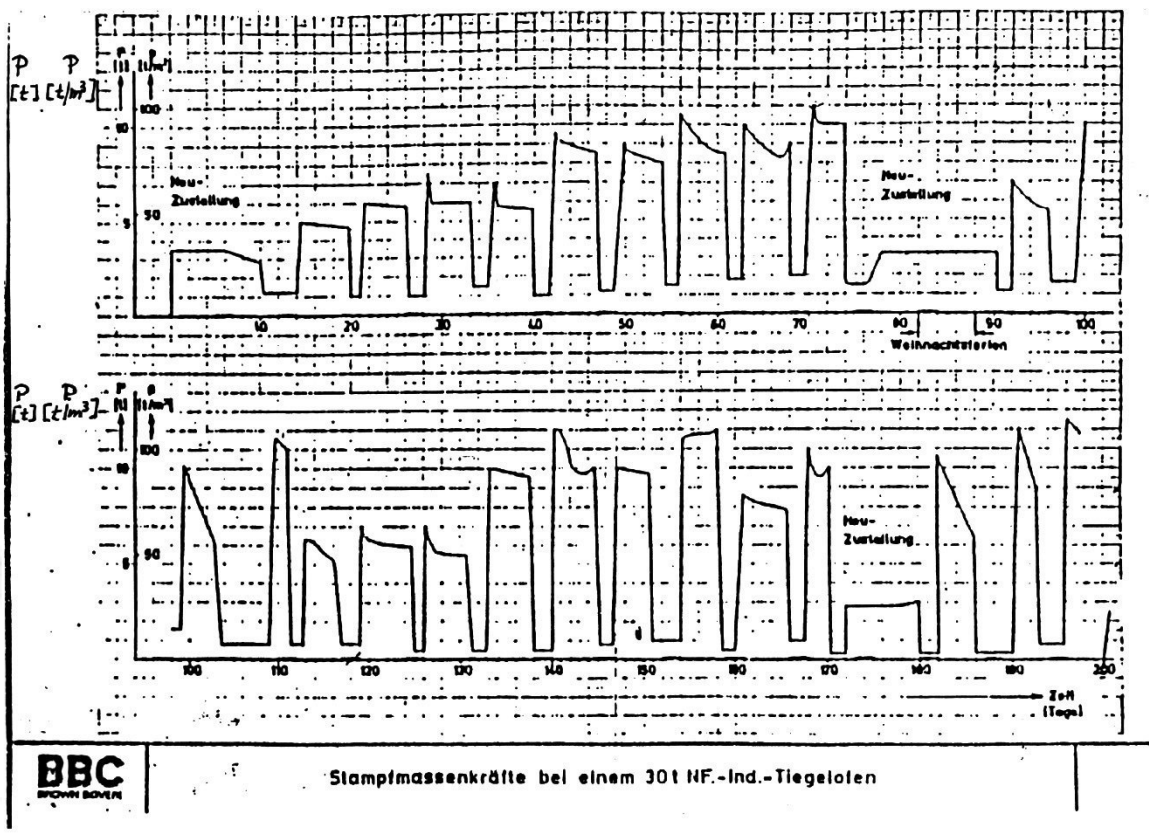


Bild 3: Verschleißbild beim NF- und MF-Induktionstiegelofen

Hervorgerufen durch die stärkere Badbewegung ist die Abnutzung des feuerfesten Futters beim Netzfrequenz-Ofen in der Hauptsache durch erodierenden Verschleiß im unteren Drittel gekennzeichnet. Man spricht von einer "Elefantenfuß"-Bildung. Der Verschleiß beim Mittelfrequenz-Ofen hingegen ist sehr gleichmäßig und über die ganze Wand verteilt und in der Hauptsache auf thermische und chemische Einflüsse zurückzuführen.



Zwangsmischer

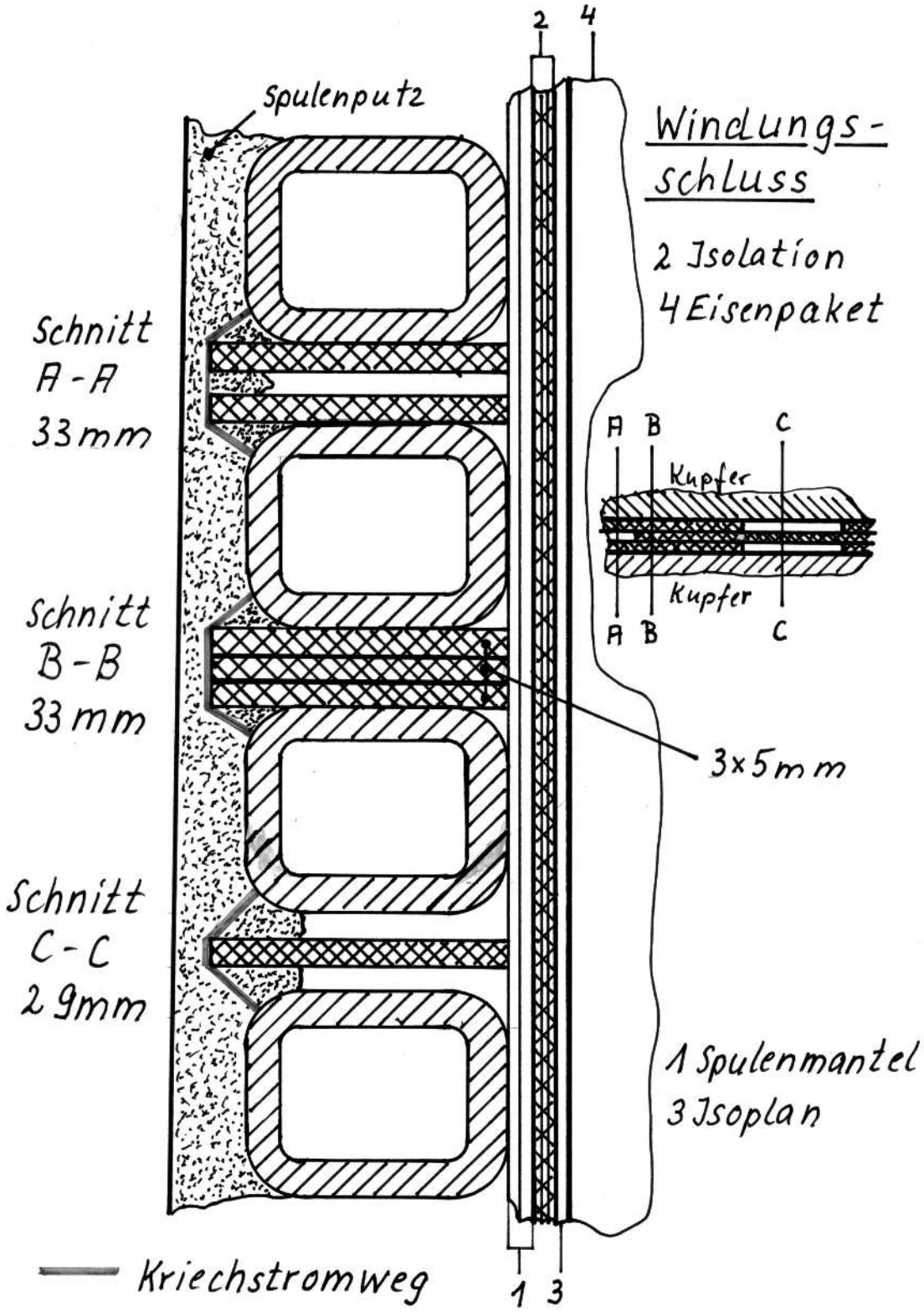
Werden immer dann eingesetzt, wenn in relativ kurzer Zeit (bis ca. 3 min) das Mischen und Aufbereiten von Massen in kleineren Mengen erforderlich wird. Bei größeren mengen werden auch Mischzeiten von ca. 5 min erforderlich.

Zwischenlagen

werden als Windungsisolation zwischen elektrischen Teilleitern und Windungsleitern eingesetzt. Das HGW – Material wird auf den äußeren Spulendurchmesser zugeschnitten. Bei Kleinstöfen ist l=100 mm, bei Öfen von 1-30 t l=150 mm, bei Öfen über 30 t ist l=200/250 mm.
Die Zwischenlagen werden um 1/3 ihrer Länge versetzt eingeklebt, um eine offene Bauweise der Spule für den Austritt von Feuchtigkeit zu gewährleisten. Geschliffene Zwischenablagen sind sehr massgenau und haben optimale Klebeeigenschaften. Ungeschliffenes Material hat in der Regel bis 15/100 mm Übermaß und somit verändert sich die Spulenlänge und die Klebeeigenschaften sind sehr schlecht.

Zyklon

ist ein Fliehkraftabscheider bei Entstaubungsanlagen.


2
4
Spulenputz
Windungs-
schluss
2 Isolation
4 Eisenpaket
Schnitt
A-A
33mm
A B
C
Kupfer
Kupfer
A B
C
Schnitt
B-B
33 mm
3x5mm
Schnitt
C-C
29mm
1 Spulenmantel
3 Isoplan
Kriechstromweg
1 3