

Jahresübersicht Kupolofen (40. Folge)

VON THOMAS ENZENBACH, ESSEN

Kosten Einsatzmaterial		
Material	Einheit *	\$/Einheit
Blech und Baustahl (Kupolofen)	Ton	125
Blech und Baustahl (Mittelfrequenzschmelzofen)	Ton	145
Roheisen (Kupolofen)	Ton	145
Roheisen (Mittelfrequenzschmelzofen)	Ton	192
Zugekaufter Guss	Ton	120
Schienenstahl	Ton	100
Späne	Ton	85
Spänebriketts	Ton	105
FeSi 75	Ton	680
FeSi 45	Ton	460
SiC 35	Ton	310
SiC 90 % (für elektr. Schmelzen)	Ton	447
FeMn 75	Ton	480
Graphit	Ton	612
Magnesium 100 %	lb	1,5
Kalkstein	Ton	20
CaC ₂	lb	0,35
Koks	Ton	180

* 1 Ton = 900 kg ; 1 lb. = 0,45 kg

Energiekosten		
Medium	Einheit	\$/Einheit
Elektrizität	KWh	0,04-0,12
Erdgas	1000 cf **	4

** 1 cf = 28,3 dm³

Aufwendungen für Arbeit		
Kostenart	Einheit	\$/Einheit
Facharbeiter Gießerei	h	22
Helfer	h	18
Elektriker	h	23
Mechaniker	h	23
Inspektor	h	25
Ingenieur	h	40
Arbeitsstunden	h	40

Tabelle 1: Basisdaten für den Kostenvergleich [3]

	Mittelfrequenzofen	Kupolofen
Metallische Einsatzstoffe	151,73	135,44
Zuschlagstoffe	12,98	9,25
Schmelzenergie und Dienstprogramme	29,58	23,42
Arbeit	4,52	3,98
Feuerfestmaterial	3,07	1,76
Abfallbeseitigung	0,51	1,48
Wartung	4,40	6,40
Gebäude u. a.	10,00	10,00
Gesamt	216,79	191,73

Tabelle 2: Vergleich der Schmelzkosten von Kupolofen und Induktionsofen [3]

Der in teilweise humorvoller Weise gestaltete Vortrag, den P. Godinot bei der Kupolofenkonzferenz in Straßburg hielt, wurde ein weiteres Mal veröffentlicht [1]. Die Herkunft des Kupolofens ist unklar, da Schachtöfen vergleichbarer Bauart bereits seit mehreren Jahrhunderten im Einsatz sind. Wie viele andere Autoren beruft sich P. Godinot auf das 1794 veröffentlichte Patent des Engländers Wilkinson als erste erhaltene Darstellung eines Kupolofens. Die Schritte der Weiterentwicklung, welche das Schmelzaggregat seitdem durchlief, werden erläutert. Zur Zukunft des Kupolofens können natürlich nur Vermutungen mitgeteilt werden. Sie bleibt unklar wie sein Ursprung.

Unstrittig ist es allerdings, dass es eine Zukunft des Kupolofens gibt. Das kommt auch in einer kurzen Notiz [2] zum Ausdruck, wo über das Schmelzen im Kupolofen als praktischer Unterricht im Ausbildungsgang Gießereiwesen an der Berufsfachschule Paul Constans in Montluçon, Frankreich, berichtet wird.

Anlagentechnik

Zu den Betriebskosten und dem Betriebsverhalten verschiedener Schmelzanlagen wurden bereits viele Untersuchungsergebnisse veröffentlicht. Ein weiterer Beitrag hierzu ist die Arbeit von M. Boehm [3]. Es werden die Schmelzkosten für eine Kupolofen-Schmelzanlage und eine Mittelfrequenzofen-Anlage ermittelt und gegenübergestellt. Bei der Erstellung derartiger Vergleiche ist natürlich die Formulierung der Ausgangsbedingungen von entscheidender Bedeutung. Demzufolge werden diese zunächst festgelegt. Grundlage ist eine Schmelzleistung von 36 t/h Basiseisen zur Herstellung von Gusseisen mit Kugelgraphit bei einer Schmelzzeit von 4000 h im Jahr. Die Gießerei soll sich im mittleren Westen der USA befinden. Tabelle 1 enthält eine Zusammenstellung der Basisdaten, von denen weiterhin ausgegangen wird. Unter den so formulierten Voraussetzungen wird ein deutlicher Kostenvorteil für das Schmelzen im Kupolofen gefunden. Die Ergebnisse des Kostenvergleichs zeigt Tabelle 2. Die Ausarbeitung ist als gekürzte Version nochmals veröffentlicht [4].

M. Cieslak und T. Przybysz [5] beschreiben die Entstaubungsanlagen aus dem Lieferprogramm der polnischen Firma Prodlew. Es werden zwei Varianten von Anlagen zur Reinigung der Abgase von Kaltwindkupolöfen mit einem Durchmesser von 700 bis 1200 mm vorgestellt. Die vollständige Verbrennung des Kohlenmonoxids ist vor allem bei Kupolöfen

Ofen	Schmelzrate	Abgasreinigung	Staubrückführung	Maximale Staubmenge
Heißwind	55	Filter	blasen/absaugen	2
Heißwind	34	Filter	blasen/absaugen	2
Heißwind	14	Venturi-Wäscher	blasen mit Erdgas/Sauerstoff	10
Heißwind	9	Venturi-Wäscher	zusetzen von Briketts	10-20
Kaltwind	4	Filter	blasen	4
Kaltwind	9	Filter	zusetzen von Briketts	10-20
Kaltwind	7	Filter	zusetzen von Briketts	7

Tabelle 3: Rückführung von Reststoffen bei verschiedenen Kupolöfen nach [12]

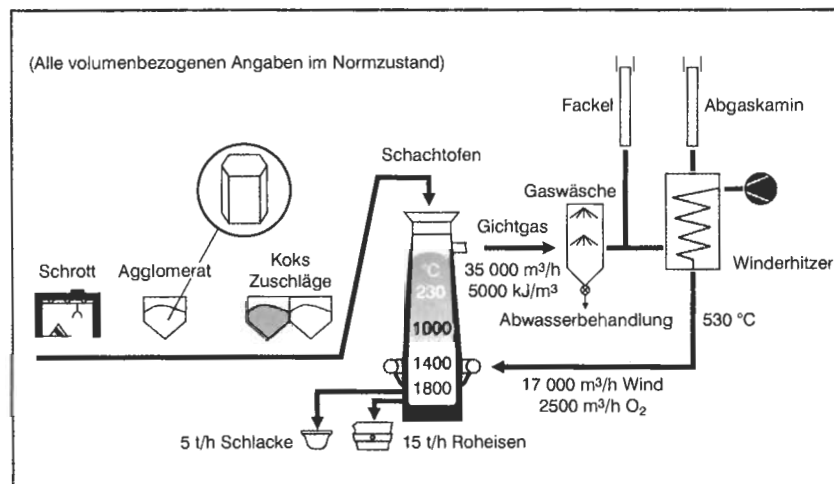


Bild 1: Schema des Schachtofens Hamborn der ThyssenKrupp Stahl AG nach [13]

Reststoffe ThyssenKrupp Stahl AG (TKS)		
	Menge in t/a	Anteil an der Gesamtmenge in %
Feiner Staub vom Stahlwerk	179,2	46,9
Ölige Späne	44,3	11,6
Schlamm von der oberen Gasreinigung am Ofen	21	5,5
Gesamt TKS	244	64
Reststoffe Hüttenwerke Krupp Mannesmann (HKM)		
Hochofen und Stahlwerkschlamm	106,4	27,9
Verschiedene Stäube und Schlämme	31,1	8,1
Gesamt HKM	137,5	36
Gesamt TKS und HKM	382	

Tabelle 4: Aufstellung der bei TKS und HKM anfallenden Reststoffe nach [14]

mit offener Gicht problematisch, wie E. N. Gnezdow [6] feststellt. Es werden die Bedingungen für eine erfolgreiche Nachverbrennung des Gichtgases aufgeführt. Anschließend erfolgt die Betrachtung einiger technischer Möglichkeiten hierzu.

Die Höhe der Beschickungssäule ist nach Ansicht von E. G. Svarc u. a. [7] eine wichtige Größe für den Schmelzprozess im Kupolofen. Deswegen sollte sie innerhalb vorgegebener Grenzwerte eingehalten werden. Um dies zu erreichen, wird eine Einrichtung zur kontinuierlichen Überwachung des Füllstandes vorgestellt. Der tatsächliche Füllstand und die Grenzwerte werden erfasst und angezeigt.

Bei einem Lehrgang in Frankreich, worüber J.-L. Place [8] berichtet, wird auf die neuesten technischen Entwicklungen beim Schmelzen im Kupolofen eingegangen. Anschließend erfolgte die Besichtigung der modernen Schmelzanlage in der Gießerei Fiday Gestion. Hierzu werden einige Daten mitgeteilt.

Rechenmodelle

Die Untersuchungen von M. A. Baswell und M. A. Abdelrahman [9] verfolgten die Zielstellung, das Schmelzen im Kupolofen zu optimieren. Dazu wurde ein automatisches Kontrollsystem entwickelt. In Abhängigkeit der vorgegebenen Ausgangsgrößen sollen die einzustellenden Führungsgrößen, wie Windmenge, Sauerstoffzusatz und Kokssatz, ermittelt werden. Das Modell, welches hierzu vorgestellt wird, ist so gestaltet, dass rechnerisch ermittelte Zusammenhänge und experimentell bestimmte Daten gleichermaßen berücksichtigt werden. Die Ergebnisse durchgeführter Versuche bestätigten die Eignung des Kontrollsystems. Abschließend werden Vorschläge für die weitere Entwicklung des Systems unterbreitet.

Der Beitrag von D. B. Karunakar und G. L. Datta [10] stellt Untersuchungen vor, in denen künstliche neuronale Netzwerke genutzt werden, um die Parameter des Schmelzens im Kupolofen zu variieren. Auch hier wird zunächst auf die Bedeutung einer umfassenden Überwachung der Ziel- und Eingangsgrößen zum Erreichen optimaler Betriebsbedingungen verwiesen. Die Bearbeitung des Modells erfolgte in zwei Schritten. Aus den vorgegebenen Eingangsgrößen ließen sich die Zielgrößen mit einem Fehler von 5 % ableiten. Im zweiten Schritt wurde angestrebt, die Eingangsgrößen bei vorgegebenen Zielgrößen zu ermitteln, was mit einem Fehler von 10 % gelang.

Reststoffverwertung

G. Miette u. a. [11] berichten über die Verwertung von Staub aus den Abgasen von Lichtbogenöfen in einem Kupolofen. Der Zinkanteil von ursprünglich ca. 18 % erhöht sich beim Recycling im Kupolofen auf 50 bis 55 %. Dabei gelangen nur wenig schädliche Bestandteile (Zink, Blei) in das geschmolzene Ei-

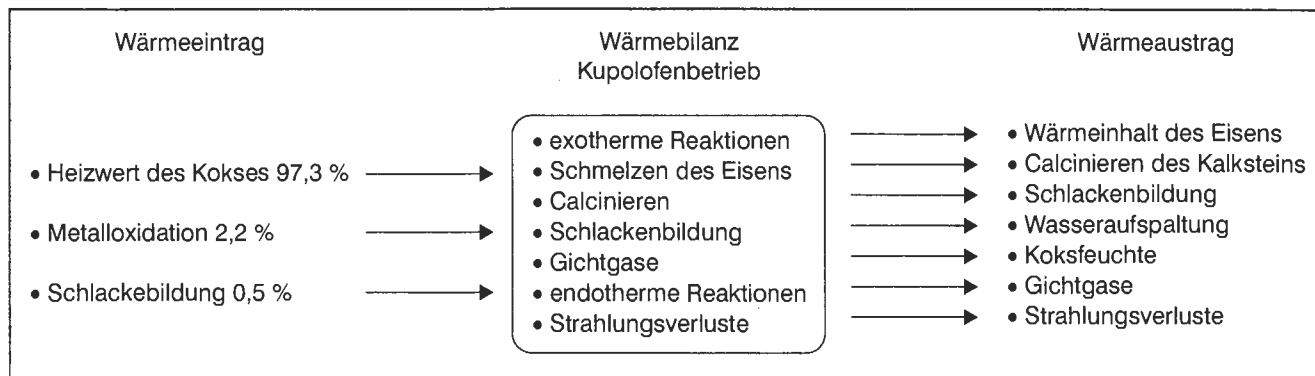


Bild 2: Ergebnisse der Berechnung zur Wärmebilanz nach [22]

sen, so dass die Spezifikation für Gusseisen eingehalten werden kann.

D. Hartmann [12] diskutiert verschiedene Möglichkeiten, innerhalb der Gießerei einen geschlossenen Stoffkreislauf aufzubauen. Eine davon ist die Rückführung von Stäuben in den Kupolofen. Tabelle 3 zeigt einige Beispiele, wo dies realisiert wurde.

Nach R. Bredehöft [13] sollen die bereits heute hohen Recyclingraten in der Stahlindustrie weiter gesteigert werden. Es wird dargelegt, welche Maßnahmen hierzu bei der ThyssenKrupp Stahl AG durchgeführt wurden. Zur Verwertung eisenhaltiger Abfälle wurde bereits 1997 das Schachtofen-Verfahren ausgewählt. Die dazu installierte Pilotanlage ist in Bild 1 dargestellt. Es handelt um eine für diesen Zweck modifizierte Kupolofen-Schmelzanlage, worüber bereits berichtet wurde.

C. Bartels von Varnbueler und R. Schueler [14] stellen diese Anlage ebenfalls vor. Tabelle 4 zeigt eine Aufstellung der Reststoffe, die bei der ThyssenKrupp Stahl AG anfallen, woraus sich die Motivation zum Bau der Anlage ergibt. Es wird weiterhin über die erreichten Betriebsergebnisse berichtet.

In einem ohne Angabe von Verfassern veröffentlichten Beitrag [15] wird dargelegt, welche Möglichkeiten es zur externen Verwertung von Gießerei-Reststoffen gibt. Es wird unter anderem auf die geltenden gesetzlichen Bestimmungen eingegangen.

Einsatzstoffe

D. Cohrs und B. Guschall-Jaik [16] geben eine Analyse des Stahlschrottmarktes. Aus den darin mitgeteilten Zahlen ergeben sich einige interessante Schlussfolgerungen. Der Schrottzukauf der Gießereien ist demnach stärker angestiegen als die Produktion. Insgesamt verbrauchen die Gießereien aber nur ca. 15 % vom im Inland verfügbaren Schrottaufkommen. Der Markt wird weitgehend von der Stahlindustrie dominiert und das Angebot an Qualitätsschrotten, wie sie in den Gießereien benötigt werden, ist schon seit Jahren knapp. Der Schrottersatzstoff Eisenschwamm kann hier keine Entlastung bringen.

Die Versorgung der Gießereien mit Stahlschrott ist auch das Thema einer weiteren Veröffentlichung [17]. Aus der Sicht einer namhaften britischen Lieferfirma wird dargelegt, mit welchen Maßnahmen die Belieferung der Kunden entsprechend den Anforderungen an Menge und Qualität sichergestellt wird.

G. Tihon [18] befasste sich mit alternativen metallischen Einsatzmaterialien für den Kupolofen. Es wurde eine umfangreiche Literaturauswertung durchgeführt. Der Einsatz von Eisenschwamm sowie von Mischbriketts aus Eisenerz und Reduktionsmitteln ist durchaus möglich. Aus den zusammengestellten Übersichten bereits durchgeführter Versuche ist ersichtlich, welche Anteile jeweils gesetzt wurden. Außerdem werden die Auswirkungen auf den Ofenbetrieb erläutert.

E. J. Hopkins [19] gibt einen Überblick zum gegenwärtigen Stand der Produktion von Gießereikoks. Dabei wird insbesondere die Herstellung des Kokes näher erläutert, wobei auch auf deren Geschichte eingegangen wird. Weiterhin werden Angaben zu den verwendeten Kohlen mitgeteilt und die Kokseigenschaften zusammengestellt.

In einem kurzen Bericht [20] wird das Unternehmen Italiana Coke vorgestellt. Von ehemals vier Kokereien ist heute nur noch eine in Betrieb. Diese wurde in den letzten Jahren grundlegend modernisiert, so dass heute die Anforderungen an die Koksqualität und an den Umweltschutz erfüllt werden können.

Metallurgie

Die interessante Veröffentlichung von W. Siefer [21] beschäftigt sich mit dem Legieren von Gusseisen mit Lamellengraphit. Dabei wird insbesondere zu Misch- und Strömungsproblemen Stellung genommen. Anhand anschaulicher Vergleiche wird die begrenzte Mischwirkung in Schmelzaggagaten und in Vorherden erläutert. In einem Nebensatz bestreitet der Autor dann die geringeren Schwankungen in der Zusammensetzung des Eisens bei Verwendung eines Drucksiphons. Diese Schlussfolgerung kommt daher, dass ausschließlich Mischvorgänge betrachtet werden und dabei

übersehen wird, dass die Zusammensetzung des Eisens auch das Resultat metallurgischer Reaktionen ist. Die höhere Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung des Eisens bei Kupolöfen mit Drucksiphon beruht nicht auf besserer Mischung, sondern auf besseren Bedingungen für die metallurgischen Reaktionen.

Von S. A. Bothe [22] werden mehrere Varianten zur Verbesserung der Energieausnutzung beim Schmelzen im Kupolofen vorgeschlagen. Dabei wird ausführlich auf die Vorgänge im Kupolofen eingegangen, Ziel- und Einflussgrößen werden umfassend betrachtet. Als Ergebnis von Berechnungen wird eine Wärmebilanz erstellt (Bild 2). Die Auswirkungen vorgeschlagener Verbesserungen werden abschließend beschrieben.

Auch P. Pal und A. Nath [23] befassten sich mit den Möglichkeiten, die Energieausnutzung im Kupolofen zu verbessern. Ausgangspunkt ihrer Untersuchungen war die Feststellung, dass der Koksverbrauch in indischen Gießereien in weiten Grenzen von 13,6 bis 25,5 % schwankt. Zur Verbesserung wird der Einsatz von Kupolöfen mit Sekundärwind empfohlen. Die hierbei zu erzielenden Vorteile werden aufgelistet. Zur Entstaubung der Abgase wird ein Venturiwäscher-System empfohlen.

P. Godinot und P. Godinot [24] veröffentlichten eine Studie zu Kupolöfen mit Erdgas-Zusatzfeuerung. Dazu wurden Literaturangaben aus den Jahren 1961 bis 1992 ausgewertet. Nach einem Überblick zu den Grundlagen der Verbrennung von Koks und Erdgas im Kupolofen sind die Ergebnisse von den bisher durchgeführten Versuchen dargestellt. Mit den neu entwickelten Erdgas-Sauerstoff-Brennern ist das Verfahren wieder aktuell geworden und es gibt hierzu auch neue Ergebnisse. Dazu zeigt Bild 3 die Wärmebilanz eines Ofens, woran das Verfahren erprobt wurde. In der Zusammenfassung sind mögliche Vorteile aufgelistet, die sich mit dieser Technik erreichen lassen.

Die Untersuchungen zum Energieverbrauch verschiedener Prozesse in Eisengießereien von R. Gandhiathan und M. Arasu [25] wurden mit der Zielstellung durchgeführt, Bereiche zu finden, in denen sich Energieeinsparungen reali-

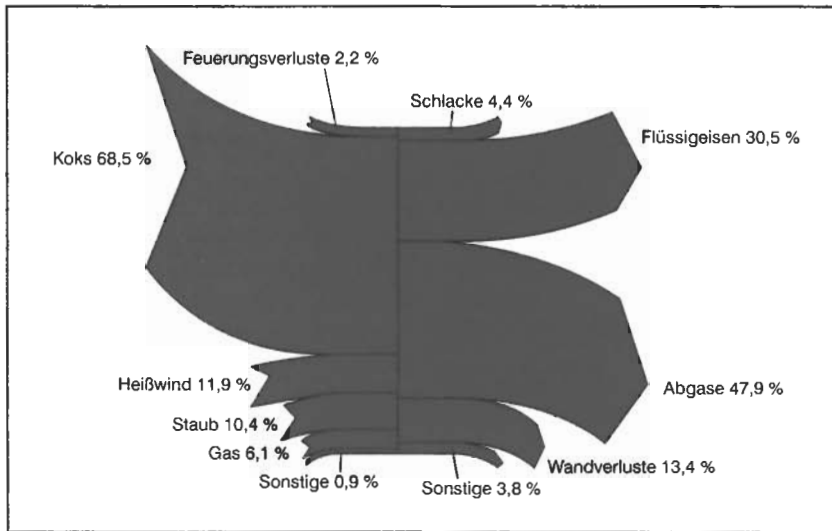


Bild 3: Wärmebilanz eines Kupolofens mit Zusatz von Erdgas, Sauerstoff und Stäuben nach [24]

sieren lassen. Zur Auswertung, die über einen Fragebogen erfolgte, stellten vier indische Eisengießereien ihre detailliert aufgeschlüsselten Energieverbräuche zur Verfügung. Nach der tabellarischen Darstellung der Verbrauchswerte werden am Ende Hinweise für Einsparungsmaßnahmen gegeben.

In einem Vortrag auf dem Deutschen Gießereitag 2002, worüber in Kurzfassung be-

richtet wird [26 bis 28], greifen T. Kutsch und M. Lemperele das Thema der *Herkunft des Aluminiums im Kupolofen-Eisen* auf. Es hat sich bei Praxisversuchen gezeigt, dass auch bei kontrolliertem Einsatz aluminiumarmer Einsatzstoffe erhöhte Aluminiumgehalte in der Schmelze auftreten können. Bei Variation von Windmenge und Sauerstoffzusatz wurden höhere Aluminiumgehalte bei hohem Sauerstoffzusatz

gemessen. Es wird daraus geschlossen, dass eine Reduktion des Aluminiums aus der Koksasche und aus der feuerfesten Auskleidung stattfinden muss. Als Reduktionsmittel dient der Kohlenstoff im Eisen.

Sauerstoffzusatz

In einem kurzen Bericht zu aktuellen *Erfahrungen mit der Sauerstoff-Impulstechnik an Kupolöfen* [29] werden zwei derzeit übliche Varianten des Kupolofens untersucht, die mit diesem Verfahren arbeiten. Kennzeichen des Verfahrens ist die neu entwickelte Impulstechnik, womit der Sauerstoff durch schlagartiges, kurzzeitiges Öffnen eines speziellen Ventils immer bis in die Ofenmitte gelangt. An beiden untersuchten Öfen konnten nach der Einführung des neuen Verfahrens *Einsparungen an Koks und Sauerstoff* ausgewiesen werden.

Die Studie von G. Tihon [30] ist der erste Teil einer zweiteiligen Veröffentlichung zur *Wirkung des Sauerstoffzusatzes beim Schmelzen im Kupolofen*. In der Literaturübersicht wird auf die Entwicklung und auf die Verfahrenstechnik eingegangen. Die weiterhin mitgeteilten Betriebswerte und Gründe für den Einsatz von Sauerstoff sind das Ergebnis einer Umfrage, die in französischen Eisengießereien durchgeführt wurde.

Der Überblick von S. Katz [31] zur *Entwicklung des Sauerstoffzusatzes* und zu bis-

her erreichten Ergebnissen ist die französische Übersetzung einer bereits früher veröffentlichten Arbeit [31a].

Von C. Podrzucki [32] werden *Untersuchungsergebnisse beim Schmelzen im Kaltwindkupofofen mit und ohne Zusatz von Sauerstoff* ausgewertet. Der Zusatz von Sauerstoff erfolgte bis zu 4 % Anreicherung (25 % Sauerstoff im Sauerstoff-Luft-Gemisch). Die Ergebnisse sind in einer Tabelle zusammengestellt und in einem Diagramm dargestellt. Mit dem Diagramm soll die Steuerung der Zielgrößen Eisentemperatur und Schmelzleistung erleichtert werden.

B. Tonn erläuterte in einem Vortrag auf dem 17. Clausthaler Gießerei-Kolloquium, wie die *Schmelzleistung des Kupofofens* bei der Gießerei Von Roll in Delemont *durch Sauerstoffzusatz* erhöht werden konnte. Dies ist der Zusammenfassung der Tagungsberichte [33] entnommen.

Andere brennstoffbeheizte Öfen

Die umfangreichen Untersuchungen zur *Metallurgie des kokslos betriebenen, gasbeheizten Kupofofens* sind auch Gegenstand des Vortrages von J. Manasieva, T. Bald und R. Döpp, worüber in der Zusammenfassung zum Gießerei-Weltkongress [34] berichtet wird. Hierzu erübrigen sich weitere Erläuterungen, da diese Untersuchungsergebnisse bereits mehrfach veröffentlicht sind.

P. Ramachandra Rao u. a. [35] beschäftigten sich mit dem *Schmelzen von Basiseisen zur Herstellung von Gusseisen mit Kugelgraphit im kokslos betriebenen Kupofofen*. Es wird auf die Möglichkeit des Einsatzes verschiedener Brennstoffe hingewiesen. Die Vorteile dieses Schmelzaggregates werden allerdings völlig übertrieben dargestellt. So kann zum Beispiel die Option, minderwertigen Stahlschrott einsetzen zu können, kaum als ein Vorteil des kokslos betriebenen Kupofofens gelten.

F. Hourlier [36] berichtet über eine Studienreise französischer Gießer, die von der Firma Gaz de France veranstaltet wurde. Es wurden zwei italienische *Eisengießereien mit Duplex-Schmelzbetrieb*, bestehend aus Drehtrommelofen und Induktionsofen, besichtigt. Im Text sind einige Daten zu den Schmelzbetrieben enthalten.

In zwei Veröffentlichungen [37, 38] wird über die *erweiterten Einsatzbedingungen von Drehtrommelöfen* berichtet, die aufgrund von technischen Verbesserungen möglich wurden. So kann jetzt ein zunehmender Einsatz der Drehtrommelöfen in Metallgießereien beobachtet werden. Es wird unter anderem hervorgehoben, dass sich die Auflagen zum Umweltschutz problemlos einhalten lassen.

Literatur:

- [1] Hommes et Fonderie (2002) Nr. 323, S. 38-39.
- [2] Wie [1]. S. 40.
- [3] Transactions of the American Foundrymen's Society 110 (2002) Vorausdruck Nr. 02-142, S. 1-15.
- [4] Modern Casting 92 (2002) Nr. 7, S. 36-38.
- [5] Przegląd Odlewnictwa 51 (2001) Nr. 11, S. 385-387.
- [6] Litejnoe Proizvodstvo (2002) Nr. 9, S. 27-28.
- [7] Litejnoe Proizvodstvo (2001) Nr. 12, S. 22-24.
- [8] Hommes et Fonderie (2001) Nr. 319, S. 6-7.
- [9] Wie [3]. Vorausdruck Nr. 02-095, S. 1-12.
- [10] Indian Foundry Journal 48 (2002) Nr. 5, S. 29-39.
- [11] Fundamentals of Advanced Materials for Energy Conversion, EPD Congress 2002. TMS Annual Meeting, Seattle, USA, Feb. 17- 21, 2001. Proc. of Sessions and Symposia, 2002. S. 461-476.
- [12] Stahl und Eisen 122 (2002) S. 13-16.
- [13] Stahl und Eisen 122 (2002) Nr. 7, S. 71-75.
- [14] Transactions of the American Foundrymen's Society 109 (2001) S. 1287-1295.
- [15] Giesserei-Erfahrungsaustausch 46 (2002) Nr. 8, S. 376-377.
- [16] Giesserei 90 (2003) Nr. 1, S. 88-90.
- [17] Foundry Trade Journal 175 (2001) Nr. 3580, S. 16-18.
- [18] Fonderie, Fondeur d'aujourd'hui (2002) Nr. 215, S. 26-33.
- [19] Wie [14]. S. 1235-1242.
- [20] Giesserei 89 (2002) Nr. 4, S. 150-151.
- [21] Wie [15]. Nr. 7, S. 312-319.
- [22] Foundry, India 14 (2002) Nr. 4, S. 43-50.
- [23] Wie [22]. S. 7-9.
- [24] Wie [18]. Nr. 216, S. 32-41.
- [25] Wie [22]. Nr. 1, S. 55-58.
- [26] Wie [20]. Nr. 8, S. 58-65.
- [27] Giesserei-Praxis (2002) Nr. 8, S. 284.
- [28] Wie [15]. Nr. 10, S. 428-433.
- [29] Wie [20]. Nr. 12, S. 71-72.
- [30] Wie [18]. Nr. 216, S. 10-19.
- [31] Wie [1]. S. 23-25.
- [31a] Modern Casting 91 (2001) Nr. 8, S. 51-53.
- [32] Przegląd Odlewnictwa 52 (2002) Nr. 6, S. 225-230.
- [33] Wie [27]. Nr. 12, S. 448.
- [34] Wie [16]. Nr. 2, S. 66-72.
- [35] Indian Foundry Journal 47 (2001) Nr. 6, S. 33-37.
- [36] Wie [8]. Nr. 317, S. 29.
- [37] Foundry Trade Journal 176 (2002) Nr. 3590, S. 23-24.
- [38] Wie [38]. S. 25.