

年間展望

キュポラ炉 (第 45 報)

Tomas Enzenbach

(岡部 訳)

原材料及びエネルギー担体の市場における開発の実情は、広く報告書等による刊行物において発表され、議論がなされ、テーマの問題性が明らかとなっている。

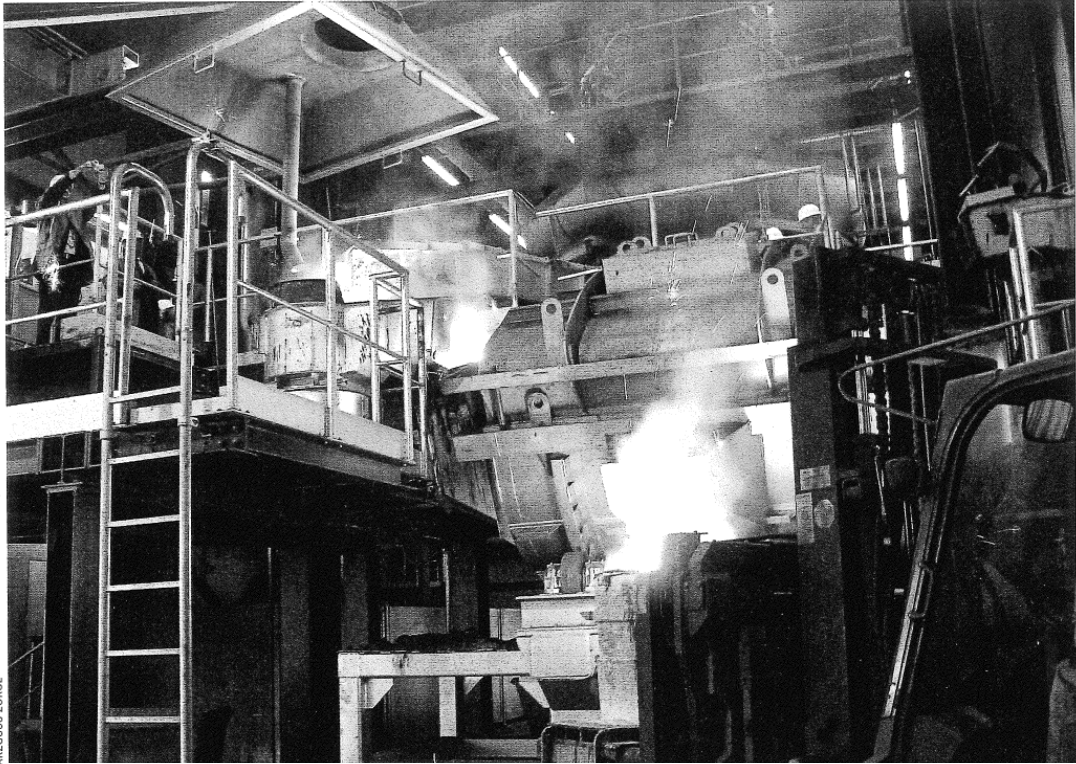


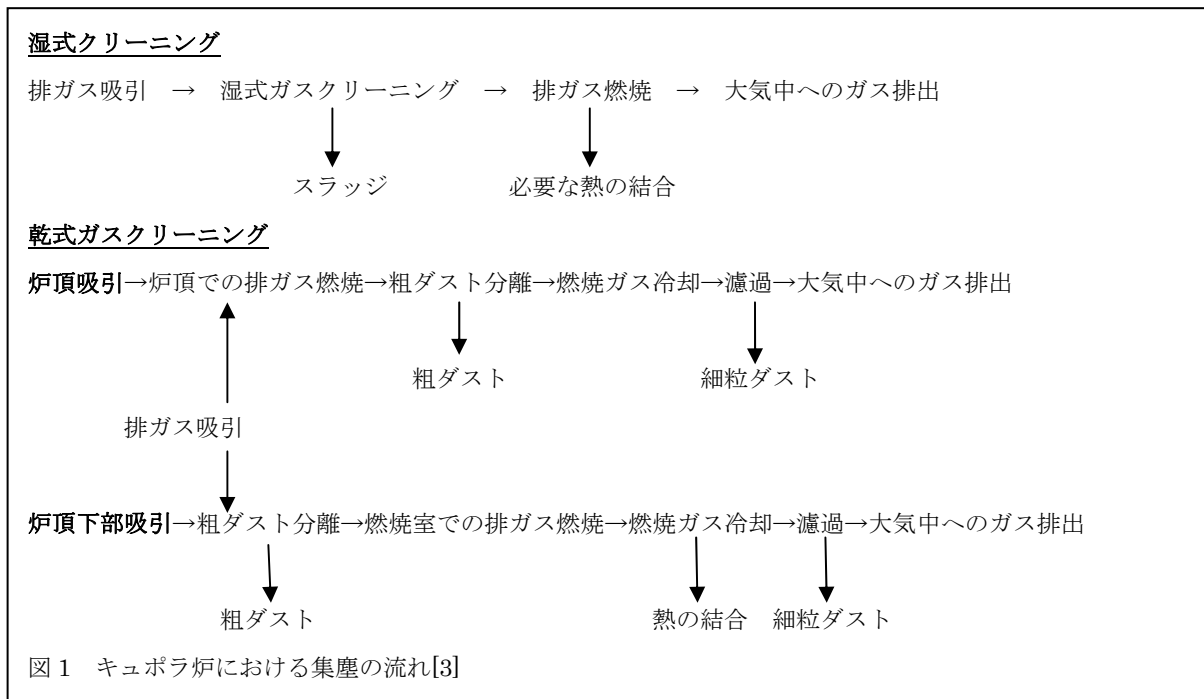
FOTO: HARZGUSS ZORGE
新しい熱風キュポラ溶解装置の運転再開がツォルゲの Harz Guss 鋳物工場の溶解操作における供給不足を解決

本年 3 月、フランス、ランスにおいて開催された第 3 回国際キュポラ会議においてもこのテーマがさらなる注目を浴びた。P.Godinot[1]はこの問題についての展望を要約している。ここで著者はキュポラ炉における溶解の特徴及び可能な戦略について詳述している。

装置技術

H.-J.Rachner[2]は最近製鋼産業にシャフト炉として設置されたキュポラ炉をベースとする大型の溶解装置を紹介している。レイアウトと建設に関し特別な要求事項が考慮された。ここでは製鋼に付随する鉄を含有する廃棄物の利用について明らかにされた。近代的キュポラ炉溶解装置の技術を改善し、効率及び柔軟性を高め、また製鋼工場のシステムへの組み込みをはかるものである。

P.Godinot 及び B.Duquet[3]はキュポラ炉の集塵装置を取り扱っている。付随するダストやガスについての報告とともに、よく用いられている集塵システムが紹介されている (図 1)。次いで冷風キュポラにおけるコスト的に有利な集塵の可能性が調査され、評価された。その際確認された問題を取り除くための解決方法が述べられている。



2007年、米国、ウィスコンシン州の Thyssen Krupp Waupaca の近代化されたキュポラ溶解装置の運転再開について、W.Powell 及び J.Loeffler[4]が報告している。米国における新しい環境規制に対応するために装置の近代化が必要であった。テキストでは工場の環境政策による要求事項の処理の叙述に加えて全体プロジェクトを紹介している。到達された結果を図表により解説している。

M.K.Chuhan 及び S.Lal[5]による短い報告はキュポラ炉による溶解における重要な改善点について要約したものである。そこでは特にコークレスキュポラが取り上げられ、その利点がリストアップされている。

M.Hritac ら[6]は高炉用羽口の熱負荷に対する保護について結合構造に基づいた新しい構想を紹介している。高炉内の熱的負荷を決定する羽口領域における過程を記述するために、数学モデルが開発された。シミュレーションの結果に基づいて最適羽口構造が設計された。

キュポラ炉に関するフランスのある実習コースの中で、参加者はザールブリュッケンの Halberg Guss 社を見学した[7]。この鋳物工場は以前別のコンツェルンに属していたが、今では個人企業となっている。ライプチヒにある支社工場と共に、年間約 300,000 トンの鋳物を生産している。溶解能力 40t/h の熱風キュポラについて記述されている。

P.Moreau[8]はシャトーブリアン（ブルターニュ）にあるフランスの鉄鋳物工場 Fmgc における溶解操業の更新について記述している。以前の冷風キュポラから長期操業熱風キュポラへの更新をいくつかの段階を経て行った。計画では特に廃熱の利用に考慮が払われた。

廃熱ボイラーで発生する熱を部分的に暖房や、乾燥炉の加熱に用いた。高額の投資費用は 6 年以内に償却された。公開資料では過去及び現在の操業データについての記述がなされている。中国山東省、維坊にある Weichai Powder 社の新しいキュポラ溶解設備について短い報告の中で紹介されている[9]。溶解能力は 38t/h と述べられている。設備構造について記述されている。

表1 各種キュボラ炉から排出されるNO_x、SO_x測定値[11]

No.	炉 タイプ	排ガス吸引/クリーニング	備考	溶解能力 t/h	SO ₂ , mg/m ³	NO _x , mg/m ³
1	熱風	炉頂下/乾式	基準	16.5	91	43
2			試験1	18	89	41
3			試験2	16.5	63	35
4	熱風	炉頂下/乾式	汚染スクラップ	63	1	166
5	熱風	炉頂下/乾式		17	79	41
6	熱風	炉頂下/電気フィルター		7	61-140	39-56
7	熱風	炉頂下/湿式		80	35	28
8	熱風	炉頂下/湿式		40	15	24
9	熱風	炉頂下/湿式		55	34	28
10	熱風	炉頂下/湿式		75	9	27
11	熱風	炉頂下/湿式		8.5	20	9
12	熱風	炉頂下/湿式	未燃焼ガス	18	140	n. m.
13	熱風	炉頂下/湿式	未燃焼ガス	22	59(GJS)	n. m.
14	熱風	炉頂下/湿式	未燃焼ガス	22	102(GJL)	n. m.
15	熱風	炉頂下/湿式		9.5		13
16	冷風	炉頂下/乾式		5	169	15
17	冷風	炉頂下/乾式		5	40-90	6
18	冷風	炉頂下/乾式		8	169	15
19	冷風	炉頂下/乾式		10	250	10
20	冷風	炉頂下/乾式		9	145	43
21	冷風	炉頂下/乾式		9-12	298	41

環境保護及び廃棄物の評価

地球温暖化は世界的規模での最重要取組課題の一つである。日本では京都議定書が実施に移された。これに関する例の一つとして、中村、石川、堀井[10]は彼らの工場における二酸化炭素排出の削減の対策措置について報告している。とりわけキュボラ溶解装置に注目が置かれ、そこではエネルギーが最大限転換利用される。ガス経済性システムを再構築することにより、熱損失を削減し、より多くの熱量を利用するようにすることに成功した。熱風温度を上げ、より多くのプロセス内部の熱量を取り戻すことが出来る。さらにガスに含まれる

熱は蒸気発生に用いられる。

J.Helber、M.Lemperle[11]はキュポラ炉における溶解の際の SO_2 及び NO_x 発生を取り扱っている。これらの排出物の発生源と結合発生の境界条件について述べている。表 1 は各種の溶解装置でのこれら排出物の値を示している。当然のことながら、予め排ガス中の確定された酸素量に対する換算がなされた場合のみ、そのような値の比較が可能である。その他、これらの結果はその都度混入する外部空気の量に大きく影響を受ける。従来型の冷風キュポラにおける評価では SO_2 排出量が非常に高いことが見いだされた。炉頂下吸引及び湿式ガスクリーニングの熱風キュポラでは予想通りこの値は最も低い。 NO_x 排出量は例外を除いて、 $10\sim 50\text{mg}/\text{m}^3$ の範囲にあり、炉頂下吸引、乾式ガスクリーニングの熱風キュポラでより高い値が検出された。プラスチックで汚染されたスクラップが装入材料に含まれる場合には、これら排出物を低減する特別な対策が必要となる。

フランスの鑄造協会 Ctif は他企業と共に 2006 年から “Diofur” プロジェクトを実施している。これは Ctif 及び他の欧州のパートナーが財政的に援助するもので、中小鑄物産業におけるダイオキシン問題の経済的解決法を開発しようとする計画であ B.Duquet[12]

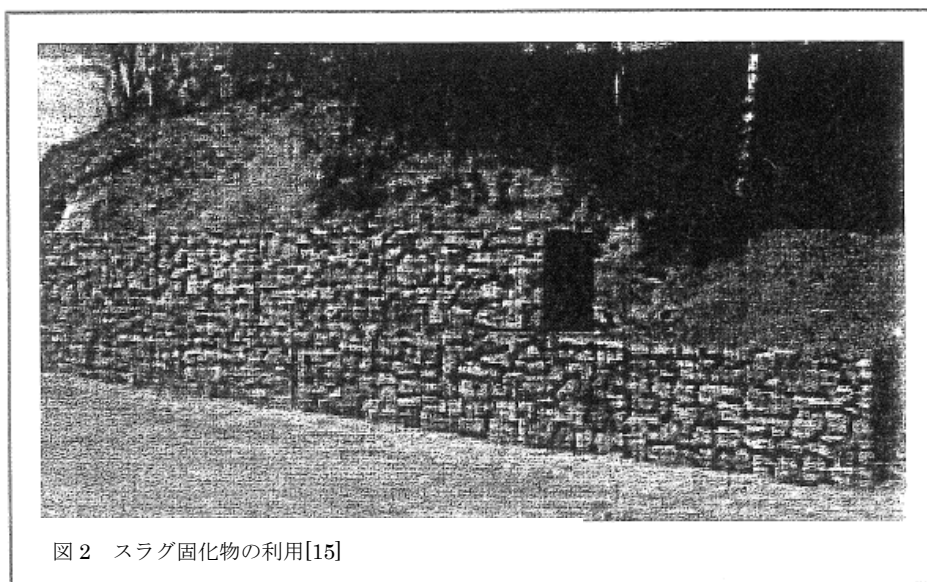


図 2 スラグ固化物の利用[15]

及び B.Duquet、M.-S.Gavois[13]が測定方法等その実施方法及びこれまで得られた測定結果について報告している。その結果から、ダイオキシン排出量に対するいくつかの影響因子の

効果の大きさを導いている。

M.Holtzer ら[14]は、キュポラから発生するダストの利用の可能性とその方法について述べている。ダストブリケットの製造方法及び他の装入材料と共にそれをキュポラに装入する方法について詳細に調査している。加えてある鑄物工場において一連の試験を実施し、その評価を行った。明らかとなった

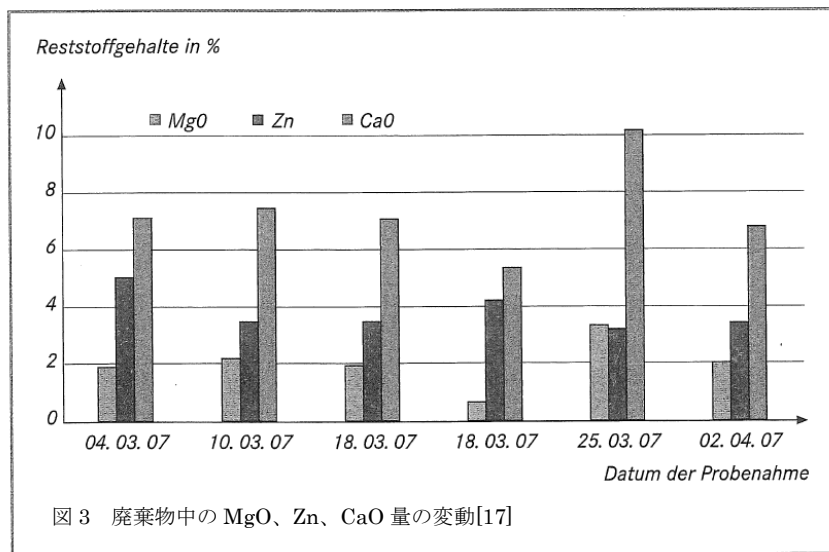


図 3 廃棄物中の MgO、Zn、CaO 量の変動[17]

その結果では鑄鉄溶湯温度や品質に対するマイナスの影響は認められなかった。またダスト量の増加も認められなかった。ブリケットに含まれる構成成分（ダスト及び粘結材）はスラグに入り、その量と組成が相応する変化を示す。

K.Kessler、M.Kuehn[15]が強調するように、今日の環境問題についての検討の中で、資源の保護がますます重要な意味を持つようになってきている。そのため ThyssenKrupp Stahl では、原材料の最大の利用をもたらす、「廃棄物ゼロ」の方針を首尾一貫して追求している。この目的設定をベースとして、OxyCup シャフト炉技術が開発されたが、このプロセスについてはすでに公開資料中で発表されている。この装置の運転の開始時には、シャフト炉スラグの適切な利用について未知であった。それはプロセスの金属学的要求が塩基度約 0.7 のスラグを指向したからである。そのようなガラス状のスラグの利用は限定されている。そこで引き続いて、完全に結晶質のスラグを作り出す可能性を追求する研究プロジェクトが開始された。花崗岩や玄武岩に相当する新しい岩石材料が、その性質に基づいて様々な利用の可能性をもたらす。図 2 はスラグを固めた石からなる壁材である。このスラグは欧州規格 DIN EN 13383 の要求を満たす。

また“OxyCup”シャフト炉については E.-W.Heine[16]が報告している。目標は、鋼の製造に付随する鉄を含有する廃棄物の有効なリサイクルをもたらすことである。鉄の酸化物を多量に含有するダストとスラグは還元に必要な炭素とセメントにより石材に加工される。こ

表 2 鉄を含む各種廃棄物の化学組成(%) [17]

Typ	H ₂ O	Fe	Mn	Cr	Zn	Cu	P	C	Cl	K ₂ O	Na ₂ O
Hochfengichtstaub	40	19	0,18	0,018	7,1	0,02	0,1	36	0,14	1,4	0,28
Oxygenstaub	10-20	59	0,8	0,06	3,2	0,03	0,05	0,61	0,25	0,29	0,39
Strahlstaub	0,8	74	0,7	0,21	0,78	0,11	0,053	1,6	0,03	0,09	0,16
Kupolofenstaub	4,2	14	2,6	0,07	4,8	0,09	0,09	21	0,41	2,11	0,74
Cu-Schlamm	27	11	0,1	2,0	0,7	22,8	0,85	13,8	0,26	0,11	0,8
P-Schlamm	48,6	22	1,711	0,06	9,7	0,03	14,6	2,0	0,15	0,14	2,2

の目的のために、パイロット試験でプロセスの基礎的な適性の証明を行い、その後この石材の製造のための装置が作製された。この新しい技術が Thyssen-Krupp 社のリサイクルコンセプトにおける重要な役割を果たすことが強調されている。

酸化鉄を含む残留物質の加工のさらなる方法が DK-プロセスであり、R.Deike[17]と M.Franken[18]がその紹介を行っている。これは残留物質から高価値の銑鉄材を製造するものである。表 2 は対象とする各種の残留物質の化学組成を示す。また図 3 はその代表的な例として CaO-、Zn-、MgO-含有量の変動をあらわす。残留物質は鉱石とともに焼結帯を形成し、これが高炉のチャージを形成する。高品質の銑鉄の製造において DK-プロセスは、あらかじめ定められた最終製造物の組成を狭い限界内に保つことが必要となる。残留物質の組成の変動は製品の入力制御により識別され、また焼結混合物の目標設定の際に考慮される。高炉プロセスはこのような過程の中で最適化される。今日では亜鉛を含有する残留物質も投入されるようになった。高炉のダスト排出及びガスの清浄化の過程で約 65%Zn-Ge-含

有の亜鉛濃縮物が得られる。

計算モデル

G.Tihon[19]はキュポラ炉における溶解のシミュレーションの現状についての文献調査を行った。様々な要求事項を考慮して現存のシミュレーションプログラムが比較検討され、評価されている。目標は炉の構造上のデータの確定ならびに炉の操業の最適化にある。計算値が実際の溶解の結果とよく一致するようなキュポラ炉溶解の完全なシミュレーションはまだ存在しないと判断されている。

S.Katz[20]により発表されたプログラム“CupolaMelt“は10年以上かかって開発され、キュポラ炉溶解のコスト分析に用いられている。このソフトウェアは鋳物工場に提供され、独自に解析が行えるようになった。プログラムの作業及び入力の際にはその都度いくつもの過程があり、改善されたパラメータによる計算プログラムを繰り返して徐々に最適化が達成される。

F.Boesche[21]はプログラマーが実行可能な装置制御の開発及び関連するコンピュータソフトウェアの状況について概説している。今日キュポラ溶解におけるプロセスの監視及び制御は過去におけるよりもずっと多面的になっている。炉の作業員が行うべき計算や制御は従来よりも少なくなっている。グラフィック支援ツールによる記録などによりモニタリングを行うことができるようになった。コスト最適化されたチャージ計算及び幅広い消費材料と投入材料のバランスシートが製造コストの節減を支援するようになった。

D.Kasun[22]が記述しているコンピュータプログラム KM16 はプロセスの幅広いモデル化に役立ち、1980年代初頭から用いられるようになった。このプログラムは当初からキュポラ炉における溶解過程のモデル化に対するツールとして開発された。モデル化の可能性及び機能とプログラムの応用について述べている。

R.Scholzら[23]による天然ガス燃焼コークレスキュポラにおける溶解の最適化の終了の報告では、Laufachにある Düker 社の操業炉のための拡張プロセスモデルで達成された結果を発表している。拡張プロセスモデルについては、ユーザーフレンドリーな作業面を持つコンピュータプログラムが発表されている。さらにシミュレーション計算の結果からエネル

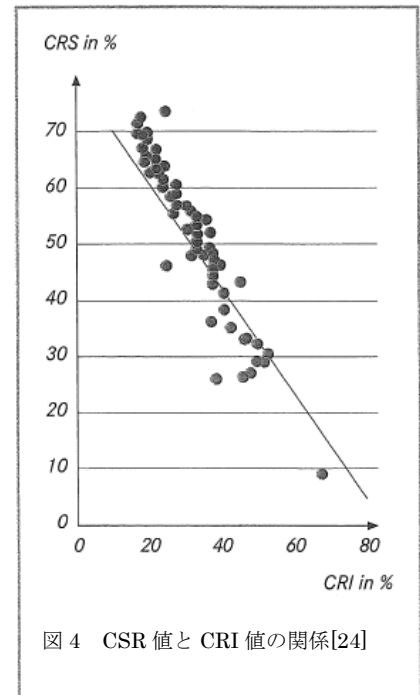


図4 CSR値とCRI値の関係[24]

表3 各種スクラップの化学組成(平均値)[25]

	Anteil chemischer Elemente in % (Masseanteil)											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	Al	V
Mikrolegierte Bleche	0,072	0,040	0,288	0,010	0,008	0,034	0,014	0,003	0,039	<0,001	0,043	0,002
Schredderschrott	0,151	0,033	0,260	0,051	0,019	0,027	0,017	0,002	0,050	0,049	0,054	0,001
Verzinkte Bleche	0,082	<0,02	0,330	0,01	0,012	0,017	0,009	<0,001	0,016	<0,001	0,048	

ギー節約をもたらすことが可能になることが指摘されている。

装入材料

T.Wysocki, H.Löblich 及び G.Wolf[24,25]は、キュポラ炉の古典的な装入材料の代替品としての新しい、あるいは今日では通常は使われていないような装入材料を利用するための方法の開発について報告している。第1部[24]は実際の知識についての概要を述べたものである。そこでは鋼屑や原材料の価格の展開について取り上げている。鋼屑の価格上昇の問題に加えて、鋼屑中の部分的に好ましくない元素の量が増加するような合金鋼の投入が増加していることを重要視するべきであるとしている。鑄鉄の凝固や変態に及ぼす各種元素の影響について述べている。またコークスの価格上昇や入手性についても記述している。さらにコークスの品質特性についても記述している。特性値の例として互いに関連しあう値 CRI と CRS の関係が図4に示されている。CRIの値は(反応性の指数) Boudouard 反応によるコークスの重量減の割合を表す。この反応の後で、コークスに対してドラム及びふるいテストを行う。塊の大きさが10mm以上の部分の割合が CRS 値(反応後の強度)に相当する。さらにブリケットとその作製に用いる可能な粘結剤について取り上げている。第2部[25]は代替装入材料について記述している。実験室及び産業基準でのブリケットの製造試験の後で、各種の装入材料についての溶解試験が行われた。表3は装入された鋼屑種の組成を示す。試験は従来型の冷風キュポラ炉を持つ二つの鑄物工場で行われた。引き続いて各種材料の装入の効果を見いだすために広範囲にわたる試験と評価を行った。図5は各種の材料を装入した際の溶湯温度の平均値を示す。要約すると、溶解プロセスに対する望ましくない影響は生じなかったことが確かめられた。しかし各種の粘結剤を使用したブリケットや酸化物を含む材料を装入した際、スラグの量や組成に対するその影響を考慮しなければならない。“代替装入材料”のテーマに対し、Bielefeldにある Claas Guss 社ではシンポジウムが催され、そこでは著者らにより上述の調査研究の結果について報告が行われた[26]。

R.Deike[27]は銑鉄の製造と鑄鉄溶解のための装入材料としての銑鉄の意義について解説している。標準的なチャージ構成の変化を GJL については図6に GJS については図7に示す。またチャージ中の平均的な銑鉄の量が減少するとしても、銑鉄は重要な、部分的には欠くことができない装入材料でありつづける。銑鉄の装入は製造プロセスの品質を保持し、的確なものにすることに貢献する。好ましくない合金元素の量が多い鋼屑種が増えるようになったとき、銑鉄の意義は将来再び高まるで可能性がある。

A.Laudert[28]は供給業者の立場から鑄物工場への銑鉄の供給について報告している。その際起こる現状の課題、問題点、リスクについて詳細に記述している。

キュポラ炉への装入材料としての切削くずブリケットはますます意義を深めている。

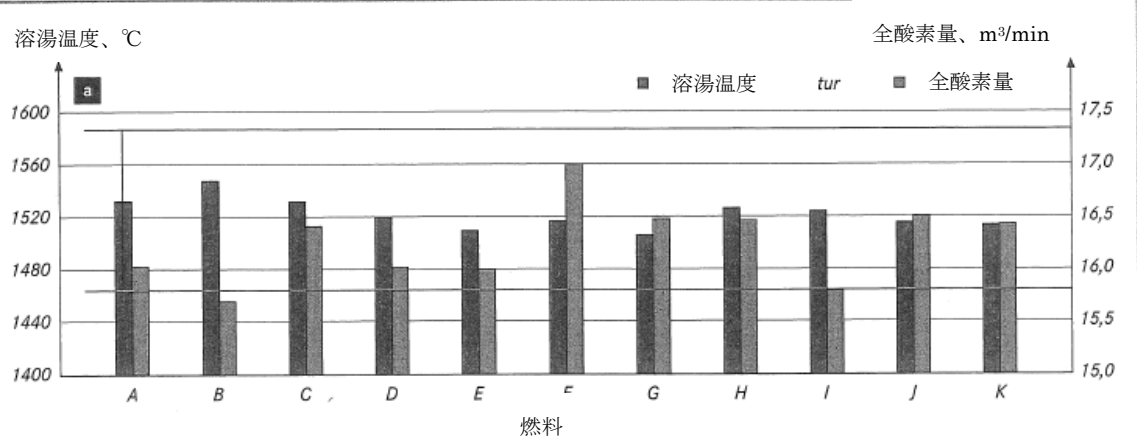
R.Ruf[29]は、マシニングセンターにおいて切削くずが発生し、ブリケットにプレスされることを考えると、その経済性は著しく高いものになるという見解を主張している。図8はルーナな状態の切削くずとこれをプレスしたブリケットの比較で、切削くず保管の場所の必要性が見えてくる。ブリケット製造の装置の原理は簡単なものである。発生する切削くずはスクリーコンベア上で自動的に加工場からプレスシリンダーへ搬送され、厚密化される。さらに利用できる装置の大きさや性能の問題が検討の対象となる。

A.Jessberger[30,31]はまた切削くず製造の発生の場所でブリケットを作製することの利点について説明している。紹介された装置は特に自社で機械加工を行っている鑄造工場に適している。そこでは既知の化学組成を有する比較的割安な装入材料を準備することができるからである。

G.Wirsig[32]によれば、鑄物スクラップ以外に、圧密化された切削くずはキュポラ炉に対する十分な価値がある装入材料として適しており、切削くずの圧密化は価値創造につながると推論される。これは価格にするとトンあたり 100 ユーロとされ、一方ブリケットの製造コストはトンあたり 15 ユーロである。さらに安定性を損なうことなしに、10%まで鉄を含むダストを切削くずに混合する可能性について言及されている。これに関して必要となる機械装置についても紹介されている。

さらに他の論文で、同じく切削くずブリケットの製造が紹介されている[33]。密度に関して他の金属装入材料と同等の、様々な大きさのブリケットを製造することができると述べられている。材料利用の利点から装置の償却期間が短くなることについても述べられている。

J.M.Corbi[34]はヨーロッパにおける鑄物溶解用コークスの生産の見通しについて講演している。図 9 は塊の大きさに関し高炉用コークスと鑄物溶解用コークスの違いを示している。EU 内で生産された鑄物溶解用コークスがキュポラ炉への装入材料として最良の性状を示すことが判明した。1999~2002 年の西ヨーロッパにおける鑄物用コークス生産の終結によって EU 内の生産は最下点に達した。これは東ヨーロッパにおける生産能力の拡充によって部分的に克服することができたが、しかしまた新たな EU 構成国の参入によって、増えることはないとはいえ EU 内の鑄物溶解用コークスの生産と需要の間の欠損は残っている。



A-GJL 標準配合、B-中国産鋳物用コークス、C-13%高炉コークス、D-24%高炉コークス、E-44%高炉コークス、F-49%高炉コークス、G-68%高炉コークス、H-15%ブリーズコークスブリケット、I-26%ブリーズコークスブリケット、J-29%ブリーズコークスブリケット、K-ブリーズコークス一切削くずブリケット

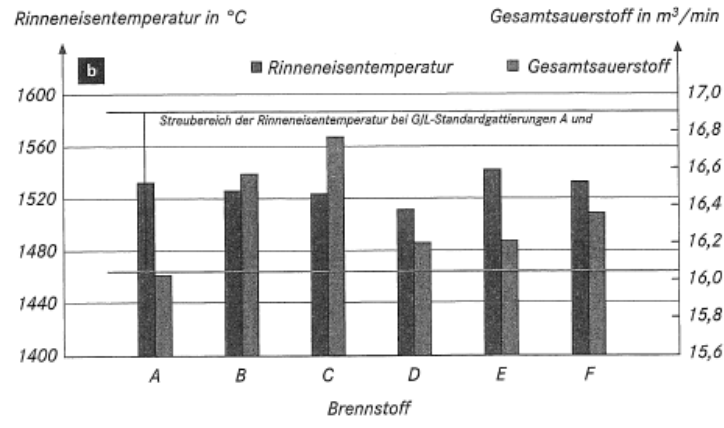
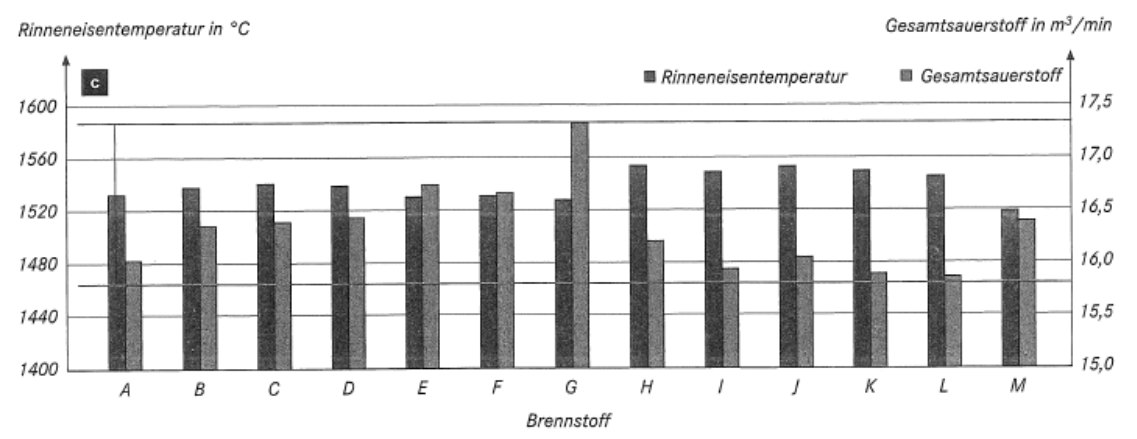


図 5 各種代替装入材料を用いた場合の溶湯温度の平均値[25]

A-GJL 標準配合、B-微小合金化シート、C-亜鉛めっきシート、D-28%シュレッター屑、E-16%シュレッター屑、F-32%シュレッター屑



A-GJL 標準配合、B-9%研磨スラリーブリケット、C-15%研磨スラリーブリケット、D-31%研磨スラリーブリケット、E-8%GJL 切削くずブリケット、F-15%GJL 切削くずブリケット、G-30%GJL 切削くずブリケット、H-15%GJS 切削くずブリケット、I-30%GJS 切削くずブリケット、J-30%GS-/GJS-混合ブリケット、K-40%GS-/GJS-混合ブリケット、L-62%[GS-/GJS-混合ブリケット、M-50kg 自己還元性ブリケット

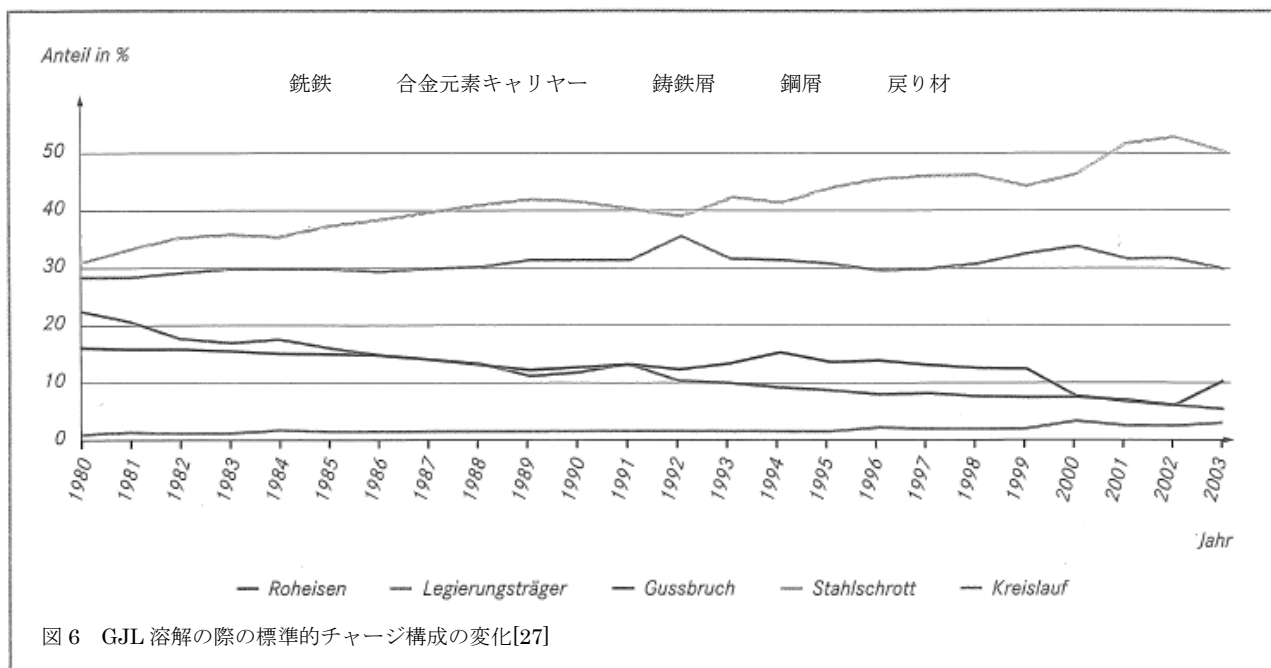


図6 GJL溶解の際の標準的チャージ構成の変化[27]

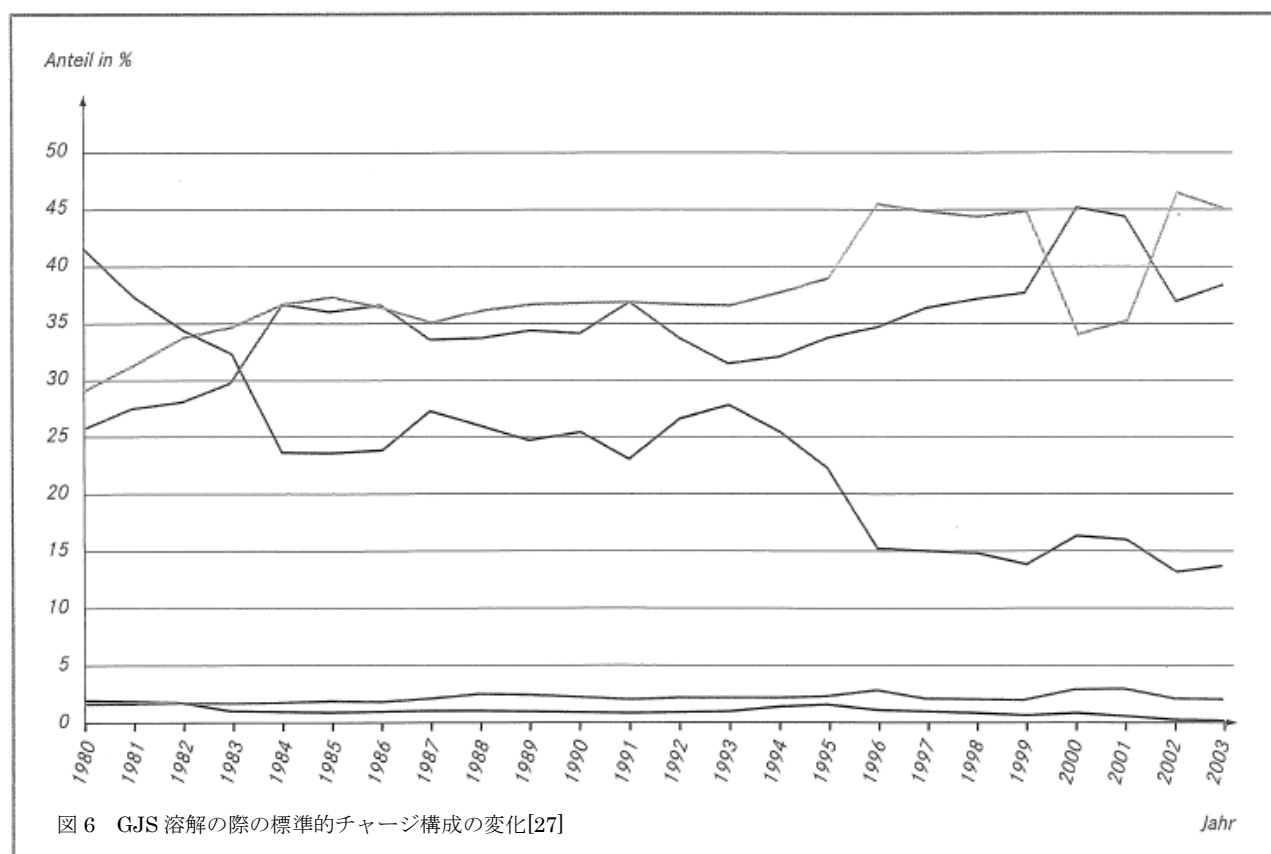


図6 GJS溶解の際の標準的チャージ構成の変化[27]

H.B.Lüngen[35]は高炉操業のための冶金コークスの性質について解説している。アウトプット、還元材料消費、及びキャンペーン期間の長さなどに関する要求が高まっており、そのため明確に規定された性質をもつコークスの装入が要求される。高炉ではコークスは物理的、熱的、化学的な側面での役割を果たす。高炉における過程からコークスの性質に対する要求条件が導かれる。表4はその一覧を示す。

キュポラ炉溶解プロセスに用いるコークスは今日よく知られた性質を持つ製品であり、その品質を要求に対応して絶えず改良していく過程について G.Tihon[36]が詳述している。しかし現状では受け入れられる価格で、要求する品質を維持したコークスを調達することは次第に困難となっている。そのため著者は、コークスの代替となる代替燃料の問題に取り組んでいる。羽口からの吹き込みが可能で、他の装入材料と一緒に配合できるような燃料についてリストアップし記述している。

二つの公表資料の中で、C.Clauzade, G.Thuet, G.Tihon[37]及び G.Tihon[38]はコークス代替としての古タイヤの装入の試験について報告している。タイヤは相当量の鉄と炭素を含むので、キュポラ炉内での熱的、金属学的活用がはかれる。これまで行われた溶解試験について記述されている。表 5 は結果の一部を示し、コークスの一部代替が成功したことが明らかとなっている。また代替材料の問題のない装入を達成するには、い

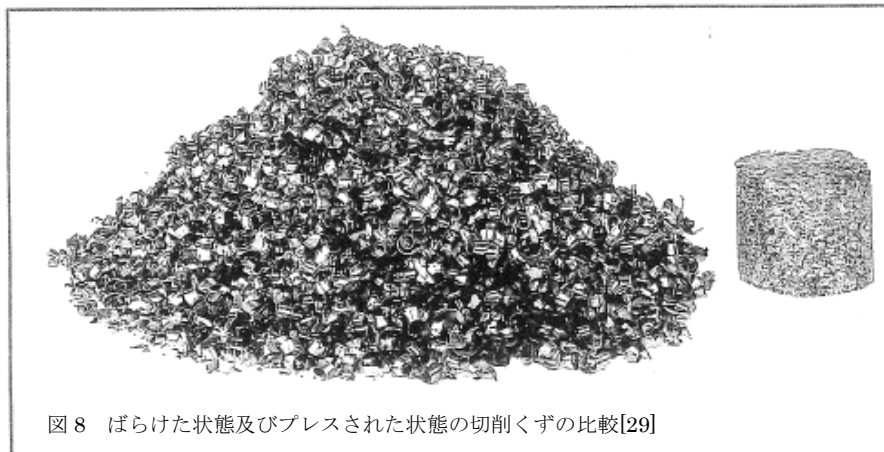


図 8 ばらけた状態及びプレスされた状態の切削くずの比較[29]

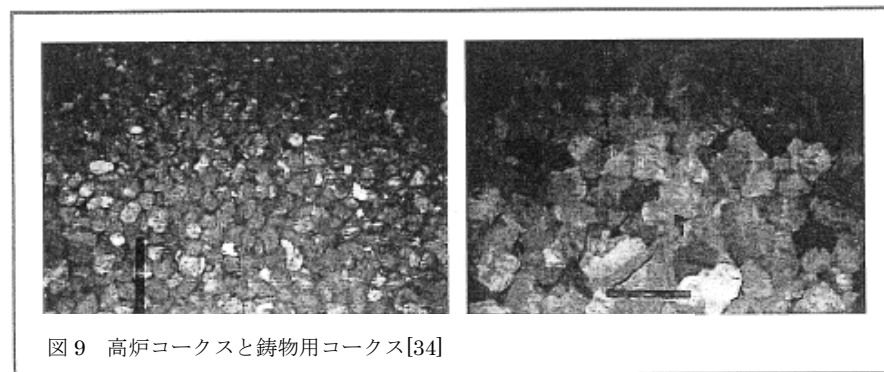


図 9 高炉コークスと鋳物用コークス[34]

表 4 高炉コークスの性状に対する要求事項[35]

<i>Physikalische Eigenschaften in %</i>	<i>Anforderungen</i>
CSR >10 mm	>65
CRI	<23
I_{40} >40 mm	>57
I_{10} <10 mm	<18
<i>Chemische Zusammensetzung in % wf</i>	
Asche	<9,0
Schwefel	<0,7
Phosphor	$\leq 0,025$
Akalien	<0,2
Feuchtigkeit	<5
<i>Korngrößenverteilung in %</i>	
< 10 mm	<3
< 40 mm	<18
> 80 mm	<10
>100 mm	<0

かなる境界条件を保つべきかについて詳述している。同様に可能な経済的利点が述べられている。

また Y.Yamaguci, S.Kiguchi, H.Murata[39]は、経済的かつエコロジー的利点を開拓するために、コークス代替材料の開発に取り組んだ。バイオマスの利用によるブリケットを製造し、その性質を調べている。これまでに得られた結果に基づいて、興味あるコークスの代替材料が見いだされたと評価している。

表 5 自動車古タイヤ装入溶解試験の結果[37]

	Referenz	Einsatz von Reifen
タイヤ平均量%	0	0,87
試験数	3	3
分析数	33	36
平均コークス比%	10,77	10,39
平均溶湯温度°C	1503	1491
溶湯中平均 C 量%	3,23	3,24
溶湯中平均 Si 量%	1,27	1,47
平均炭素当量%	3,92	3,92
平均チル量 mm	12	11

プロセス技術及び金属学 (精錬)

T.Kutsch[40]はキュポラ炉操業の際のエネルギー節減の可能性について取り組んでいる。これは、一方ではエネルギー担体のコストが上昇しつづけており、他方では溶解のエネルギー消費が鋳物工場の全エネルギー消費の大きな部分を占めるという事実から特別な意義を持つことである。熱効率の増大を探るために、ヒートバランスに基づく個々の熱出力を一貫して把握し、この方法による節減の可能性とその結果について記述している。低い溶湯温度や加炭率の低下が受け入れられるならば、他の欠点を招くなしに、コークス比を1%減ずることが可能である。図10に示すように。減少したコークス比はまた排ガスの潜熱の低下をもたらす(これはCO含有量により表される)。

M.Lemperle はキュポラ炉での溶解における各種のコークスの節減の可

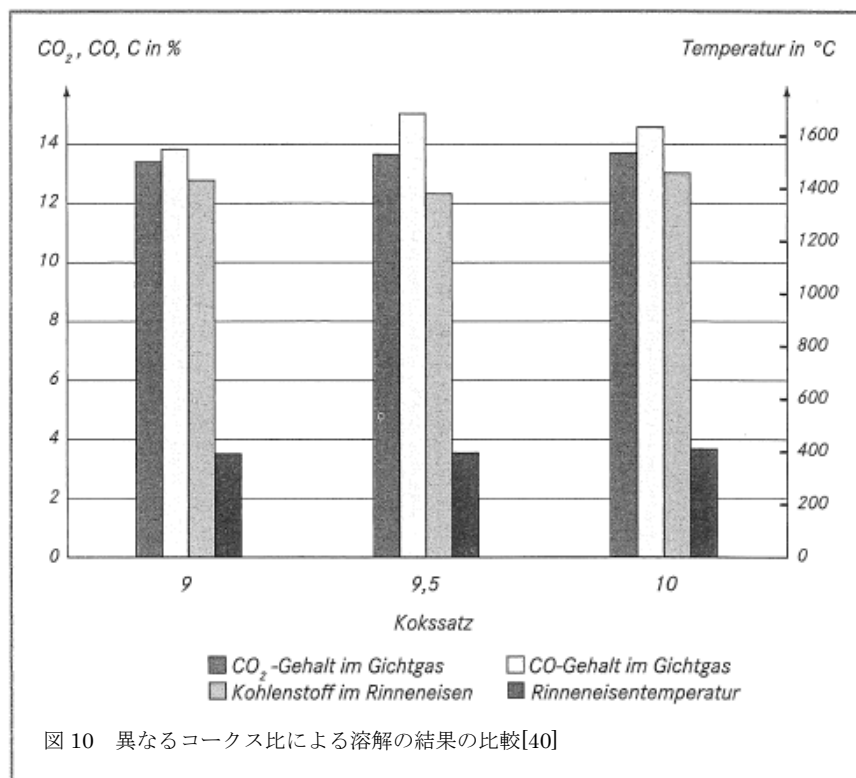


図 10 異なるコークス比による溶解の結果の比較[40]

能性を概観した二つの短い論文を発表している[41,42]。そこでは各種のキュポラ炉の部分領域を観察し、コークスの消費に及ぼすプロセス技術的また構造上の影響の大きさについて取り上げている。

また H.-G.Rachner[43]はコークスの消費は前もって定められた値として受け取るべきではないという意見である。この論文は彼の意見に適した、キュポラ炉溶解の際の効率を高めるような各種の技術とプロセス（処理）について概観したものである。

フランス、Dompierre s.B.の Peugeot Sept Fons 社のキュポラ炉に設置されたプラズマバーナーの今や 20 年に及ぶ運転の経験について

B.Anniel[44]が報告して

いる。プラズマバーナーの採用により、風箱中での送風温度は約 800°Cに達する。そこから期待される効果は溶解の結果の評価が証明している。その利点は高い溶解効率と溶湯温度、低いコークス消費、高い加炭率、ならびに合金元素の溶解損失が低いことにある。

N.P.Lillybeck[45]はキュポラ炉へのチャージ中の鋼の量の上昇のコストに対する影響について取り組んでいる。入手しうる限り低い量の合金元素を含む鋼屑を用いることや、また球状黒鉛鑄鉄の普及によって、過去 10 年間にキュポラ炉配合中に装入する鋼の量は増大した。配合の構成のこの変化は新しいキュポラ炉の建設データと溶解操業に大きな影響を与えた。著者は溶解の結果の計算上の予測のさらなる改善の可能性を見ている。配合中の増大する鋼の量が各種のコストにいかに関与するかの例が示されている。

G.A.Case、W.M.Nicola[46]はキュポラ炉のチャージ中のアルミニウムの影響についての研究を紹介している。0.1~0.3%のアルミニウムを一連の試験で添加した。アルミニウムは熱を受けてスラグ中の酸化物と反応する。これは金属学的によりよい結果をもたらす。より高い添加量（0.3%以上）は鑄巣によるスクラップの増大を招く。取鍋中での溶湯の分析により、Al 含有量 0.04%以上でスクラップの量が増大することが見いだされた。

酸素富化

酸素富化のための Aljet-CSI 法により少ないエネルギー消費でキュポラ炉の性能が改善されることを R.Hamberger[47]が詳述している。この方法では、酸素を間欠的にキュポラ炉内へ吹き込む。各酸素ランスの前に特殊なサイクルレギュレータが取り付けられる。フロータイムと休止タイムを選択して酸素富化量が調節される。フロータイムはランスのレイアウト量に相当する。かくして滑らかな超音速の酸素射出量が調整される。炉内圧の変動を抑制するために、ランスは同時にではなく、個々に、しかし相をずらして切り替えを行う。二つの吹き込み例について示し、その達成効果について述べている。表 6 は達成された改善の例を示している。

表 6 酸素富化を適用した Aljet-CSI 法による操業の結果[47]

	連続 Aljet SI 法	等圧調整 Aljet CSI 法
コークス消費量 kg/t _{eisen}	111,8	109,3
酸素消費量 m ³ /t _{eisen}	32,58	29,82
SiC 装入量 kg/t _{eisen}	50,5	48,9

H.Kadelka、R.Mantke[48]は Highjet-TDI-法を紹介している。この方法は昨年 30 カ所以上のキュポラ溶解装置に適用され、さらなる開発が続けられている。その原理は全送風量を各羽口ごとに分割する、いわゆるインジェクター送風である、送風の一部は酸素の分離された導管を通じてインジェクターの働きにより吸引され、酸素とともに残りの送風よりも約 3 倍高い速度で炉内に達する。インジェクター送風/酸素の混合物中の酸素量は調整することができる。これは調整弁によりインジェクター送風管中で行われる。この方法によってエネルギーを 15%まで節約することが可能であることが説明されている。さらに最適な溶解性能の領域が拡張される。

Apcos-Technologie(Air Products Cupola Oxy-Fuel-System) はキュポラ炉への酸素、天然ガス、ダスト形成物質の吹き込みを統合したものである。これに関しては、T.Niehoff, P.Keena[49]、R.Dudill, P.Keena[50]、T.Niehoff[51]の 3 つの論文が発表されている。この方法により過去にいくつかのキュポラ炉で試験が行われ、論文で報告されている。

文献

- [1] 3rd International Cupola Conference,Reims, 06./07. Marz 2008, Vortrag 7.
- [2] Wie[1], Vortrag 12.
- [3] Fonderie, Fondateur d'aujourd'hui(2007) 267, S. 25-34.
- [4] ThyssenKrupp technoforum (2007) 2, S.60-65.
- [5] Foundry India 19 (2007) Nr.1,S.86.
- [6] Cercetari Metalurgice si de noi Materiale 14 (2006) Nr. 3/4, S.9-20.
- [7] Hommes et Fonderie (2007) 377, S.8-9.
- [8] Fonderie, Fondateur d'aujourd'hui (2006) 258, S.36-37.
- [9] Foundry Management & Technology 135(2007) Nr.1, S.15, 16
- [10] Wie[1], Vortrag 11.
- [11] Wie[1], Vortrag 18.
- [12] Wie[1], Vortrag 19.
- [13] Fonderie, Fondateur d'aujourd'hui (2007) 263, S.8-11.
- [14] GieBerei-Praxis 58 (2007) Nr. 3, S.67-72.
- [15] Wie[1], Vortrag 20.
- [16] IISI, Annual Meeting and Conference 41, International Iron and Steel Institute, Part 1:Steel: Innovative Solutions for Energy and resource challenges, Berlin, DE, 8-9 Oct, 2007, S.1 ff.
- [17] Giesserei 94 (2007) Nr. 6, S.168-205.
- [18] Giesserei 94 (2007) Nr. 5, S.108-110.
- [19] Fonderie, Fondateur d'aujourd'hui (2007) 270, S.25-30.
- [20] Modern Casting 97 (2007) Nr. 8, S.50-51.
- [21] Wie[1],Vortrag 13.
- [22] Wie[1],Vortrag 16.

- [23] Untersuchungen zur betriebstechnischen und rechnerunterstützten Optimierung des Schmelzens im kokslosen erdgas-gefeuerten Kupolofen. Abschlussbericht TU Clausthal, 2006. S.1-117.
- [24] Giesserei 94 (2007) Nr. 12, S.20-29.
- [25] Giesserei 95 (2008) Nr. 1, S.22-43.
- [26] Giesserei 94 (2007) Nr. 6, S.332-333.
- [27] Wie[1],Vortrag 2.
- [28] Wie[1], Vortrag 5
- [29] Giesserei-Erfahrungsaustausch 52 (2008) Nr. 1/2, S.44-45,
- [30] Giesserei 94 (2007) Nr. 5, S.70-72, 74.
- [31] Foundry India 19 (2007) Nr. 5, S.79-82.
- [32] Giesserei-Erfahrungsaustausch 51 (2007) Nr. 5, S.46-51.
- [33] Foundry Management & Technology 115 (2007) Nr.5, S.16.
- [34] Wie[1], Vortrag 3.
- [35] Wie[1], Vortrag 4.
- [36] Wie[1],Vortrag 10.
- [37] Wle[1],Vortrag17.
- [38] Fonderie, Fondateur d'aujourd'hui (2007) 270, S.9-12.
- [39] Casting the Future, 67th World Foundry Congress, Vol. 1+2, Harrogate, GB, Jun5-7, 2006 (2006) S.114-1-114-9.
- [40] Wie[1],Vortrag 9
- [41] Foundry Trade Journal 181 (2007) 3650, S.353-354.
- [42] Giesserei-Rundschau 54 (2007) Nr.11/12, S.246.
- [43] Wie[1], Vortrag 1
- [44] Fonderie, Fondateur d'aujourd'hui (2007) 270, S.32-33.
- [45] Wie [1], Vortrag 6
- [46] Transactions of the American Foundrymens Society 1 (2007), S.1-6, 056.
- [47] Giesserei 94 (2007) Nr. 6, S.244-249.
- [48] Giesserei 94 (2007) Nr. 6, S.76,78.
- [49] Casting the Future, 67th World Foundry Congress, Vol. 1+2, Harrogate, GB, Jun 5-7, 2006 (2006) S.148-1-148-10.
- [50] Foundry Trade Journal 180 (2006) 3639, S.293-295.
- [51] Berichte aus dem Institut für Eisenhüttenkunde 1 (2007) S.1-181.