

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol. (1969) No.3

欧州における焼結鉱製造の新技术について

New Technique Applied for Sintering Process in Europe

満岡 正彦(Masahiko Mitsuoka)

要旨：

高炉の大型化と焼結鉱配合比の増大化の傾向につれて、高炉操業におよぼす焼結鉱品質の影響はますます顕著となつてきている。諸外国においても焼結鉱の品質改善、安定化の研究がさかんに行なわれているが、この報告では、最近の欧州における焼結鉱製造の新技术と、その成果について報告する。この報告で、紹介した新技术は、下記のとおりである。(1) 焼結鉱の化学的性質(主として Fe_2O_3) を測定して焼結鉱品質を測定する方法(2) 焼結混合原料通気度の連続測定(3) 混合原料中の水分の測定方法(4) 焼結層表面の着火状況の監視(5) 混合原料用注水を磁場にかける試験(6) 適正操業曲線(7) 返鉱による自働制御(8) 耐粉碎性シュート(9) 焼結鉱の再加熱

Synopsis：

The quality of sinter has a remarkable effect on the operation of blast furnaces, along with the recent tendency that inner volume gets larger and sinter ratio within the blast furnace charge becomes greater. In foreign countries many researches have been made on improvement and stabilization of sinter quality. In this report recent results of new technique applied for sintering process in Europe are described, covering such articles as follows: (1) Determination of sinter quality by the measurement of chemical properties, (2) Continuous measurement of the permeability of sinter mix. (3) Measurement of the moisture content of sinter mix. (4) Regulation of the ignition condition of the surface of sinter bed. (5) Effect on sintering of water subjected to the magnetic field. (6) Optimum curve for sintering. (7) Automatic control by the return fines. (8) Anti-degradation chute. (9) Heat treatment of sinter.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

欧州における焼結鉍製造の新技术について

New Technique Applied for Sintering Process in Europe

満岡正彦*

Masahiko Mitsuoka

Synopsis :

The quality of sinter has a remarkable effect on the operation of blast furnaces, along with the recent tendency that inner volume gets larger and sinter ratio within the blast furnace charge becomes greater.

In foreign countries many researches have been made on improvement and stabilization of sinter quality.

In this report recent results of new technique applied for sintering process in Europe are described, covering such articles as follows :

- (1) Determination of sinter quality by the measurement of chemical properties, (2) Continuous measurement of the permeability of sinter mix. (3) Measurement of the moisture content of sinter mix. (4) Regulation of the ignition condition of the surface of sinter bed. (5) Effect on sintering of water subjected to the magnetic field. (6) Optimum curve for sintering. (7) Automatic control by the return fines. (8) Anti-degradation chute. (9) Heat treatment of sinter.

まえがき

近年高炉の大型化はますます進み、また、高炉原料としての焼結鉍の配合割合も増加してきている。したがって高炉の成績におよぼす焼結鉍品質の影響は大きく、常に安定した良い品質の焼結鉍を供給する必要に迫られている。しかるに焼結原料としての鉄鉍石は物理的性質および化学的性質などの変動があるために、常に安定した同一の操業状態で一定の良好品質の焼結鉍を生産することは容易ではない。

各国の焼結関係の研究者、現場技術者は、安定した良質の焼結鉍を生産するために種々の努力研究を重ねている。この報告は、最近の欧州におけ

るこれら焼結鉍製造に関する新技术の研究状況、操業への応用状況についてまとめたものである。

1. 焼結鉍品質を判定する方法

現在焼結鉍の物理的および化学的試験方法としては、タンブラーテスト、シャッターテスト、などの強度試験方法や還元性試験などがあるが、サンプル採取から結果が出るまで早くても2時間程度を必要とする。焼結機の操業を定常化し安定した品質の焼結鉍を生産するには、生産した焼結鉍の品質に関する情報を、絶えず正確に早く知る必要がある。この件に関しては、特にベルギーのC.N.R.M.研究所が積極的であり、焼結鉍の化学的性質を測定して、焼結鉍品質を正確、迅速に判

* 水島製鉄所製鉄部原料処理課掛長

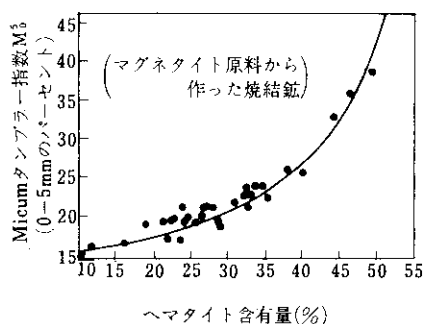


図1 Micumタンブラー指数 (M_0^3) とヘマタイト含有量との関係 (試験鍋の結果)

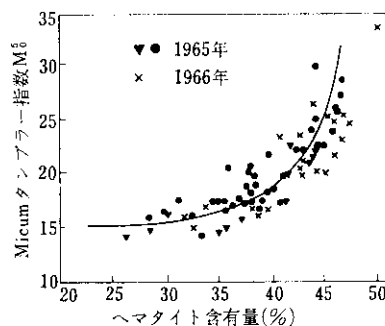


図2 Micumタンブラー指数 (M_0^3) とヘマタイト含有量との関係 (工業的試験)

定する方法を考え、試験鍋や工業的焼結機でその効果が確認されている。

以下に C. N. R. M 研究所の成果を述べる。

1.1 化学的性質の測定による方法¹⁾

焼結鉱の化学的、分子的構造が、焼結鉱の性質 (強度・還元性など) に、重要な影響を与えることはよく知られている。焼結鉱の化学的、分子的構造の解析の手段としてのX線回折法は、従来学術的興味に基づくものがほとんどであり、直接生産工程の解明に適用された例はほとんどないが、C. N. R. M 研究所は焼結プロセスの解明に、X線回折法を工業的に応用する方法を調査研究している。

C. N. R. M 研究所では、試験鍋や工業的焼結機で生産された焼結鉱について、ヘマタイト含有量と焼結鉱の冶金学的性質 (強度、還元性など) の間に基礎理論通りの関係があるかどうか、またどの程度の精度ある結果が得られるかについて試験を行なった。まず、試験鍋で製造した焼結鉱 (原料化学成分: T. Fe 58.0%, FeO 5.3%, SiO_2 6.5%, 成品化学成分: T. Fe 58.2%, CaO 7.2%, SiO_2 5.3%, $\text{CaO}/\text{SiO}_2=1.36$) について、X線回折によって決定されるヘマタイト含有量と Micum タンブラー指数との関係を調査したところ、図1のような結果を得た。同様に実際のプロセスにもこの方法を応用し、Espérance-Longdoz 社の有効吸引表面積 210m^2 という大型焼結機で生産

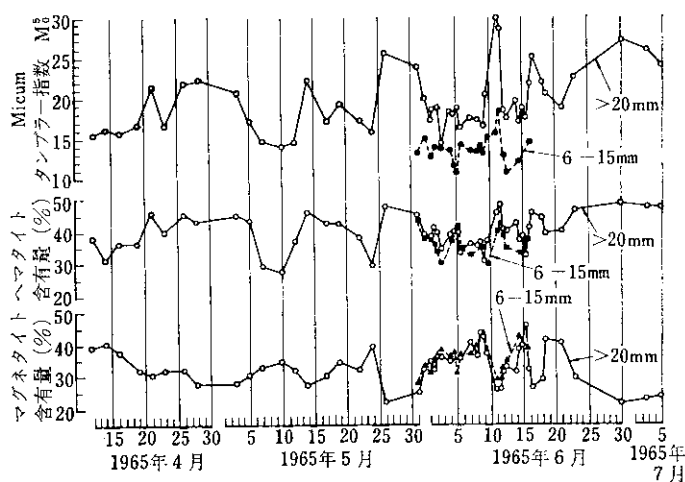


図3 マグネタイトおよびヘマタイト含有量とMicumタンブラー指数 M_0^3 の変化 (工業的試験)

した焼結鉱について、試験を行なってみた。この工場ではミネット鉱、スウェーデン鉱などをおもな原料としており、この原料より製造した焼結鉱成品の化学分析値は、T. Fe 55.60%, CaO 8.5~9.0%, SiO_2 5.5~6.0%, CaO/SiO_2 1.5~1.6%であった。タンブラー試験は、通算250回、X線回折は850回行なった。この実際工程での試験結果を図2に示している。図1と図2をみると大体同じような結果となっており、ヘマタイト含有量が35%以下の場合には、ヘマタイト含有量が変わっても強度は余り変化していない。すなわちヘマタイト含有量が低い場合には、タンブラ

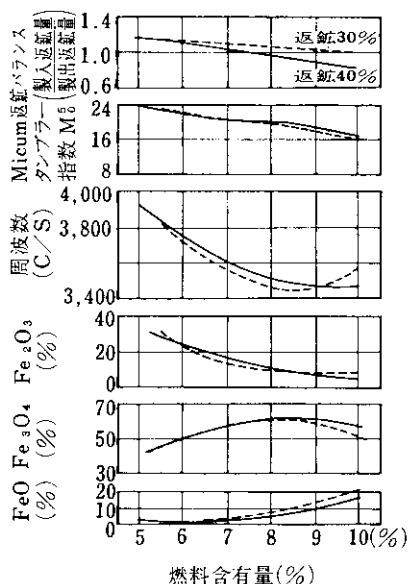


図4 返鉄バランスにおよぼす燃料含有量、焼結鉄の強度、周波数、化学的組成の影響

一強度よりもヘマタイト含有量の方が焼結特性に対する検出力があることを意味している。したがって焼結鉄製造プロセスがヘマタイト含有量によって規則正しくコントロールされれば、タンブラー強度を変化させずにコークス切出量を調節することが出来、コークス節約が可能となる。

図3は工業的焼結機での操業例で、Micum タンブラー指数 M_0^5 とマグネタイト含有量、ヘマタイト含有量との関係を示している。図3を見ると

- (1) Micum タンブラー指数 M_0^5 がふえるとヘマタイト含有量もふえる。

- (2) Micum タンブラー指数 M_0^5 が減るとマグネタイト含有量はふえる。

- (3) 焼結鉄の粒度が変わっても化学的成分の増減は同じ傾向で変化する。

など常識的な結果となっている。このようにヘマタイト含有量はタンブラー指数 M_0^5 やマグネタイト含有量と密接な関係があるのでX線回折法による化学成分（ヘマタイト含有量）測定が焼結鉄品質決定に有効ことが判る。

1.2 磁気的性質測定による方法^{2)~4)}

この方法は、C. N. R. M の研究所で開発されたもので、前述のX線回折法を併用しながら、焼結

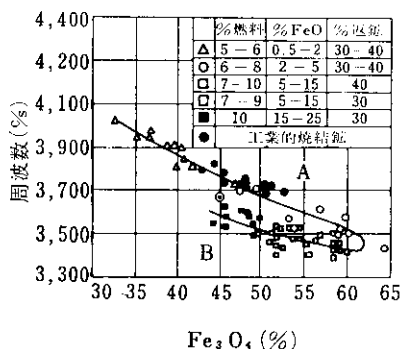


図5 周波数と磁鉄鉱含有量の関係

鉄の化学的性質(Fe_3O_4)を磁気的に測定して品質を判定しようとするものである。この測定装置は2つのコイルを備え付けた垂直円筒からできており、これを用いて測定するには、まず空の円筒の周波数を測定し、つぎに粉碎した焼結鉄をその円筒の中に入れたのち周波数を測定する。粉碎した焼結鉄はコイルのインダクタンスを増すので共振周波数は減少する。

この相対的な周波数の変化が、焼結鉄の透磁率すなわちマグネタイト含有量に対する指針をあたえる。

図4に試験鍋で製造された焼結鉄についての試験結果を示す。図4によると一般にいわれているように燃料含有量が多くなると発生返鉄と切出返鉄の比（返鉄バランス）およびヘマタイト含有量は低くなり、他方Micum タンブラ強度とFeOの含有量は増加している。さらに周波数は減じ、マグネタイト含有量は増加するが、ある燃料含有量で周波数は最低となり、マグネタイト含有量は最高となる。

図5は、普通に焼成された焼結鉄の場合（曲線A）と燃料が多くなり焼き過ぎとなった焼結鉄の場合（曲線B）について、マグネタイト含有量と周波数の関係を示したものである。いずれもマグネタイト含有量の増加につれて周波数は減少するが、曲線Bの場合にはFeOが高くなるため周波数は相対的に低くなっている。また図6には、周波数とMicumタンブラー指数 M_0^5 の関係を示す。

コークス配合量を多くするとマグネタイト含有

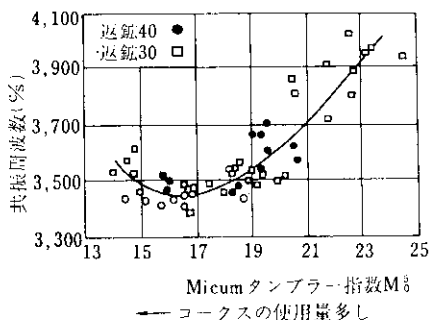


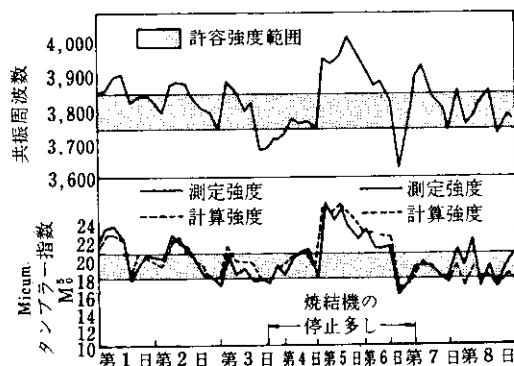
図6 周波数とMicum タンブラー指数との関係

量が増加するので、周波数は小さくなっている。

次に実際の工程に適用した例として、日産4500 tの焼結場で M_0^5 と共振周波数との関係について試験した例⁹⁾ について述べる。この工場では、試料として20~48メッシュまで粉碎した焼結鉱を約500g採取して試験を行なっている。この試験によって求められた磁気的指数（共振周波数）の平均値とタンブラー指数 M_0^5 の時間的推移を図7に示す。

点線は、1・1で述べたようにX線回折法によって求めたヘマタイト含有量と強度との関係から強度を計算してプロットしたものであるが、この計算強度は図8に示すように、実測値との間にかなりの相関が見出されている。

実際操業では、燃料使用量は、磁気的指数が指定範囲より落ちた時に調節している。図9を見ると周波数測定によって燃料にアクションをとった第二週(b)の方が、アクションをとらない第一週(a)よりタンブラー強度はよく管理されていることがわかる。このことから周波数測定により M_0^5 を制

図7 焼結工場AでテストしたMicum タンブラー指数 M_0^5 と共振周波数の推移

御することは品質測定に良い結果をおよぼすことがわかる。

1.3 焼増重量の測定による方法

一般にコークスの使用量が少ないと、ヘマタイト含有量は増し、マグネタイト含有量は低下して焼結鉱の機械的強度が低下するといわれている。C. N. R. M 研究所はこの原理に着目してマグネタイト含有量を簡便に測定して焼結鉱の品質を判定する方法を考えた。

この方法は次の通りである。採取した焼結鉱の試料を、化学分析を行なう場合と同じように粉碎し、これをマッフル炉で加熱する。そして焼成前後の重量増加を調べて焼増し重量とする。

この増量の割合は、もちろん焼結鉱の酸化度に逆比例する。この方法は簡単で、試験完了までの時間は2時間程度である。図10はEspérance-Longdoz社で操業中の焼結機の成品について試験を

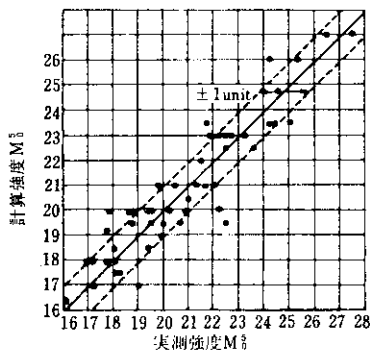
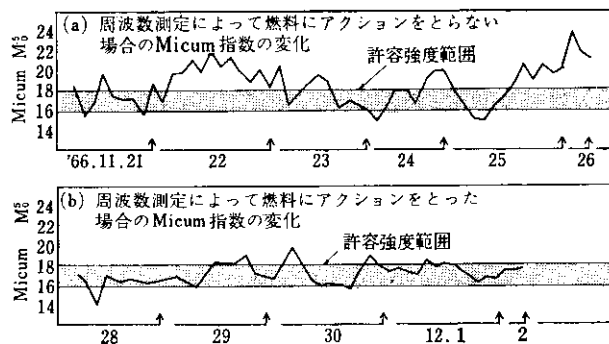


図8 実測強度とX線回折による計算強度関係

図9 周波数測定によるMicum タンブラー指数 M_0^5 の制御

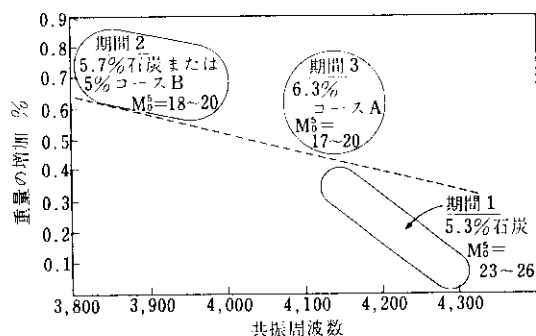


図10 焼増重量と周波数の関係

行なった結果を示している。この場合 1・2 で述べた周波数の測定方法とこの方法とを併用している。図10で点線より上の範囲は、十分な強度と十分な還元性を有する焼結鉄の領域である。さらにこの直線に傾斜があるということは、焼増または周波数の測定だけでは品質は決められないということを示している。図10で期間1の場合は、燃料は少なく機械的強度は不十分で、透磁率は小さく、酸化度は高い。期間2の場合にはコークス含有量の増加は強度の増加となり、透磁率は大きくなり、酸化度は低くなっている。期間3は燃料の品質と性質が違っており、焼結混合原料の組成も変っている。このように焼結混合原料の組成が鉄石の配合銘柄が変更になったりして大幅に変わったとき、焼増を透磁率で焼結鉄と比較することは出来ない。この両者の比較を行なうには、従来の古典的な強度試験、還元試験を行なってチェックする必要がある。

焼増法や透磁率の測定方法で品質を判定出来るのは、一定の原料で操業している場合に限られ、操業の大体の目安をたてることにある。

2. 焼結原料の特性測定および改善について

周知のように、焼結鉄の品質を向上し焼結機の生産性を最高に保つには、混合原料の特性—特に水分の適正添加による混合原料中の水分量を適正に保つ必要がある。以下に焼結原料特性としての水分量および最適水分量の検出方法、混合原料特性改善のため注水の性質を改善する方法について

述べる。

2.1 焼結混合原料通気度の連続測定⁵⁾

焼結機の操業には混合原料の水分を適正に保持し、混合原料の通気度を充分に管理する必要がある。試験鍋では、焼結原料の通気度を容易に測定することが出来るけれども工業的焼結機では困難である。

C. N. R. M 研究所では、実際の工業的焼結機で通気度を測定する方法として、混合原料の給鉄ホッパー内にパイプのゾンデを入れ、一定圧力または一定流量で空気を吹込み、その流量または圧力を測定して原料の通気度を測定する実験を行なっている。

図11に実験装置を示す。図12は工業的混合原料に対して、圧力を 30mm Aq と 50mm Aq で吹込んだ場合の実験結果を示している。図13はミネット鉄に対し、圧力 10, 30, 50mm Aq で空気を吹込んだ場合である。図12および図13の直線部分に着目すると、図12では水分が 0.1% 上がると風量は 26 l/min 上昇し、図13では水分 0.1% 上昇に対して (p=30mm Aq) 42 l/min 上昇となり、水分と空気流量の間にかかなり密接な関係がみられる。図14は試験鍋で測定した時の点火前通気度とゾンデによる空気流量との関係を示しているが、かなり良い関係を示している。

図15は、給鉄ホッパーを満槽(レベル1,500mm)にしたとき、給鉄をやめたとき、低い給鉄ホッパーレベルのとき、テーブルフィーダーよりの排出をやめ給鉄だけ行なったとき、空槽にしたときの給鉄ホッパーレベルが空気流量におよぼす影響について調べた1例を示している。

この図をみれば判るように、給鉄ホッパーレベルの高さが満槽レベルから 500mm に低下するまでは、空気流量にそれほど大きい変化はあらわれないことを示している。

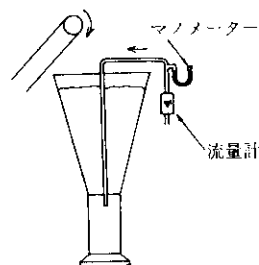


図11 通気度測定装置

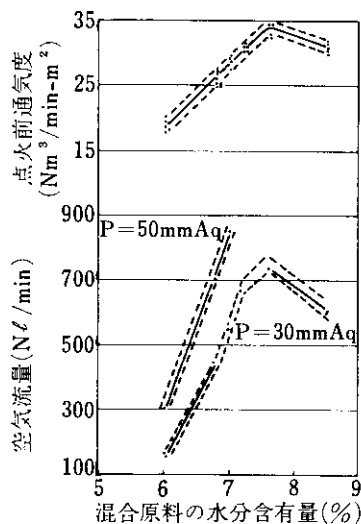


図12 通気度, 空気流量, 水分の関係 (工業的混合原料, 流量 8 t/h)

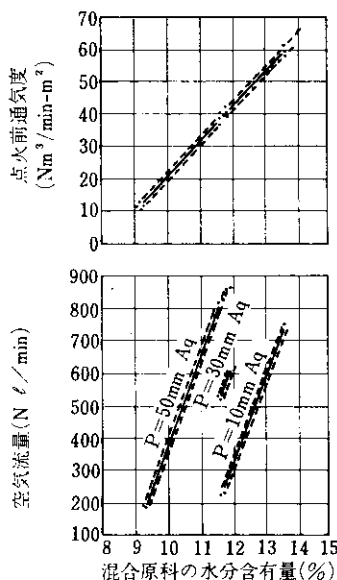


図13 通気度, 空気流量水分の関係 (ミネット 65%, 返鉱 30%, コークス 5%, 流量 5 t/h)

図16は, A工場とB工場で行なった通気度と水分の関係についての工業的試験から, 通気度をダイヤフラム差圧で示したものである。同図で①はA工場での試験の例で, 圧力が100mmAqの場合で, 空気流量は, オリフィスで測定した。精度は $\pm 0.15\% \text{H}_2\text{O}$ であった。②はB工場での試験の例で, 15分おきにメインの流れから付属ホッパーにサンプリングして測定を行なった。空気圧は $50 \pm 0.5 \text{ mmAq}$ であった。

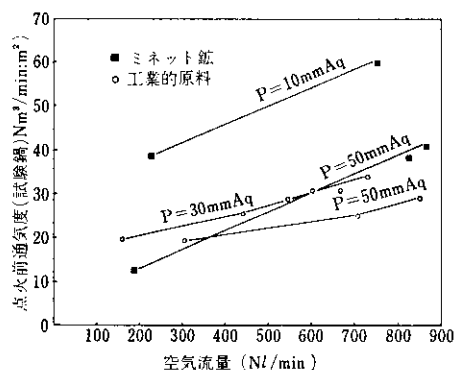


図14 通気度と空気流量の関係

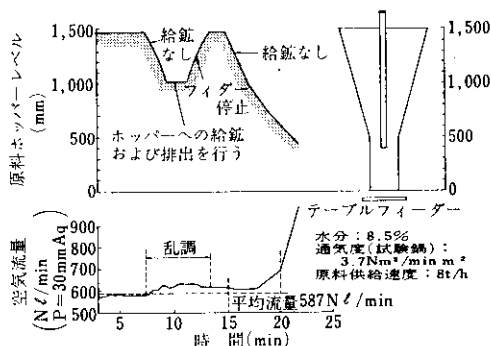


図15 空気流量におよぼす給鉱ホッパーレベルの影響 (工業的原料)

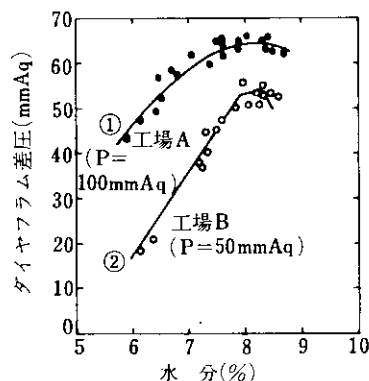


図16 通気度と水分の関係

2.2 混合原料中の水分の測定

焼結混合原料の水分の測定方法には, 連続的, または, オンラインで行なう方法として, 第一に中性子水分計による方法がある。この方法は, 我国でも広く利用されているが, 鉱石中の結晶水分を検出してしまふこと, γ 線によって焼結混合原料密度を補正しなければならないことなどの欠点がある。

最近 Brhacek⁶⁾は電気回転炉の中に一定体積の焼結混合原料を装入し、蒸発した水分をコンデンサー中で凝縮させ、これを一定体積のビュレットに導き、このビュレットが満杯になる時間(t秒)を自動的に測定し水分の体積パーセントをf(%)とすると、 $f=k_1/t$ (k_1 : 常数)の式より、水分の体積パーセントを求める方法を発表している。この方法は直接的でもあり、機構上の問題—たとえば配管中に水分が残るなど—が解決されていれば非常に興味ある方法であろう。

また別の新しい方法としては、Berryの基礎的研究⁷⁾に端を発するもので原料中の水分の測定に電気伝導度を応用する方法⁸⁾がある。この方法は消石灰のようにイオン化する原料を含む場合は使用出来ない。ベルギーのForges de la Providence社では、図17に示すように、給鉄ホッパー内部に絶縁されている1対の金属製電極をおいて、電気伝導度の変化を測定することによって混合原料中の水分を測定している。

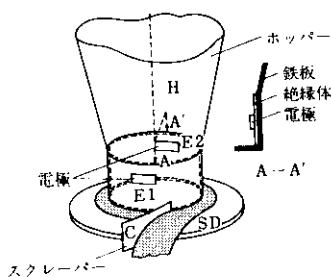


図17 焼結混合原料の電気伝導度による水分の測定用電極の配置

2.3 焼結層表面の着火状況の監視⁸⁾

焼結層表面の着火状況は焼結層の外的要因（バーナーの着火強度、点火炉下の負圧、焼結機速度）および混合原料の特性（原料粒度、表面のカットの程度、水分、燃料）で決ってくる。ベルギーのCockerill-Ougrée社のMarchienne工場では、図18に示すように、焼結層表面の相対的輻射度測定用の特殊輻射高温計を備えつけて、相対的輻射度と混合原料中の水分との関係を調べる実験を行っている。この場合、点火炉下の鍋下の負圧は

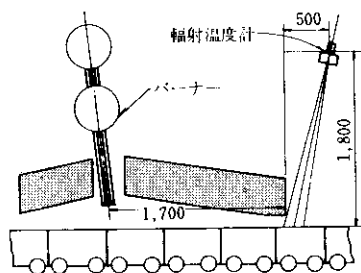


図18 輻射温度計の配置

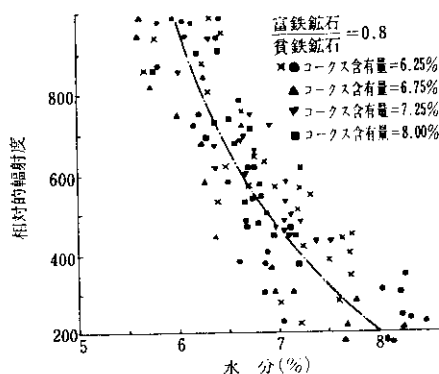


図19 相対的輻射度と水分の関係

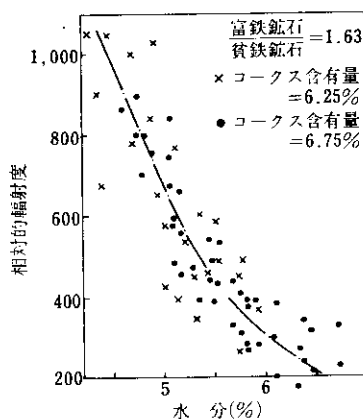


図20 相対的輻射度と水分の関係

400~500mm Aqに調節されており、また焼結層上層の単位面積当りのガス量も調節出来るようになっているので、これらを一定にして相対的輻射度と水分の関係を調べたところ、記録計にあらわれる相対的輻射度と混合原料中の水分とは関係のあることがわかった。図19、図20は富鉄鉄石と貧鉄鉄石の配合重量比が0.8および1.63の場合についての相対的輻射度と水分との関係を示す。

これらの図より、相対的輻射度の測定によって得られる水分のバラツキは、0.3~0.4%であり、相対的輻射度は焼結混合原料の水分含有量が増加するにつれて減少することがわかる。この結果は焼結混合原料を焼結機のペレット上に給鉱してから約1分後にわかるので、燃料が定常的に切出されている場合、水分の変動が速やかに把握出来る。この工場では、操業の不調をこの記録計で速かに把握しアクションをとっている。

2.4 混合原料用注水を磁場にかける試験⁹⁾

ソ連の Yugok 焼結工場では、V. I. Klassen¹⁰⁾の磁場にかけた水の性状についての基礎的実験に基づいて、これをミキサーに注水することを考えた。すなわち0.6m/secの速度で流しながら、100 kA/mの磁場にかけた工業用水および飲料水を注水に使って、試験鍋による焼結試験を行なっている。この結果によると、原料精鉱中の-1.6mmの割合は28%低下し、他の原料では14%低下した。炎前線速度は、8.3mm/minから9.1mm/minに上昇し、成品強度も3%上昇した。工業的焼結機の試験では、1966年9月に、ミキサー前で160 kA/mの二つの永久磁石装置を通しながらの注水を行ない、焼結操作を行なった。100%選鉱処理をした精鉱で磁氣的に処理した水を使用した場合混合原料中の-1.6mmは25%低下し、炎前線速度は10.9%増大した。また、40%の篩下粗鉱を含む原料では余り影響がなかった。したがって、多量の微粉選鉱精鉱を含む混合原料の焼結の場合に

のみこの方法が利用される。

3. 焼結鉱製造工程の管理について

一定の良い品質の焼結鉱を高炉に供給するためには、返鉱の発生量と使用量をいかに安定化させることが重要なファクターとなる。以下返鉱に注目した焼結機の操業および管理方法について述べる。

3.1 適正操業曲線について¹¹⁾

フランス IRSID 研究所で、ロレーヌ鉱を焼結している工場の、生産量とコークス原単位、層厚および返鉱配合量の関係を解析したところ図21に示すような結果が得られた。

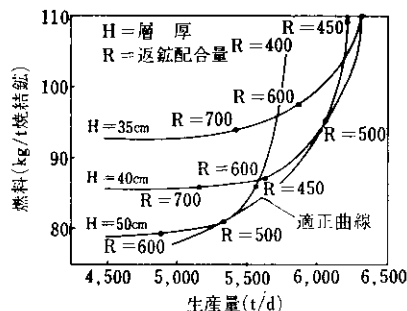


図 21 ロレーヌ鉱石の焼結の工業的試験（適正操業曲線）

図21によると、層厚を低くすればコークス原単位は上り、また層厚が等しい場合には、生産量は返鉱の減少とともに増大することがわかる。この適正操業曲線は生産量と燃料が適正にバランスする最も経済的な点を結んで求めたものであり、一定の生産量に対しては、適正な層厚返鉱配合量およびコークス使用量は一つの操業点しかないことを示している。従来方法では、返鉱ホッパーレベルが変動したとき、返鉱切出量および燃料使用量を加減・調整して

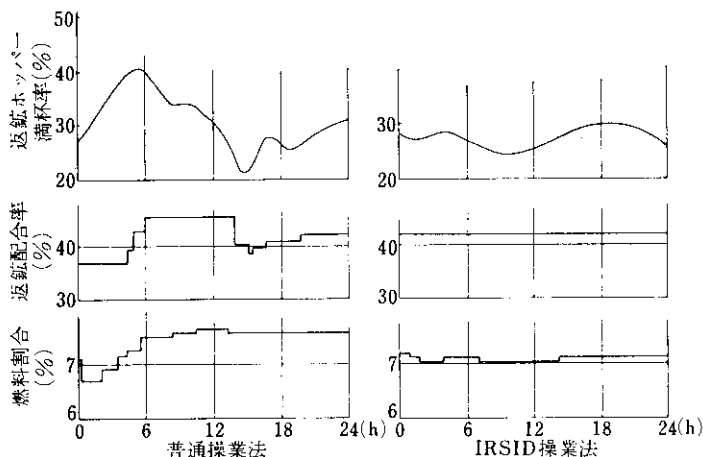


図 22 焼結機制御方法

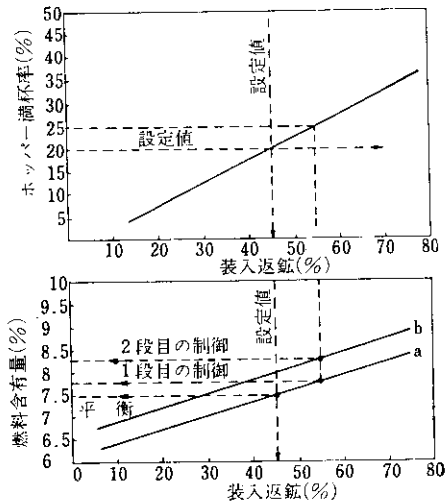


図23 返鉄と燃料含有量の制御

いたが、IRSIDは前述の結果から、コークス切出量のみを変化させて、操業を行なうことを考えた。図22には、従来の操業方法とIRSID方式による操業方式を示している。従来法では、返鉄ホッパーレベルが上れば、装入原料中の返鉄配合比をましコークスの割合も増す。コークスを増やせば発生返鉄は少なくなるので、その時間では操業は平衡でなくなっている。したがってこの方法では、返鉄は返鉄ホッパーレベルの変動をより大きくする。IRSID方式は、返鉄の装入割合を適正操業曲線上の一点に固定し、燃料および混合原料の性質変動による非平衡を、燃料配合比のみで修正するような操業方式であるので、この結果図にみるように返鉄ホッパーレベルは安定し、均一な品質の焼結鉄を得ることが出来る。

3.2 返鉄による自動制御

焼結鉄の品質安定には返鉄発生量、切出量の安定化が必要であり、このため最近の欧州（主にベルギー、西独）では、従来のように返鉄は発生しただけ使用するという考えから、積極的にその発生量を把握し、ひいては制御まで行なって品質を安定していくという考え方によって来つつある。(1) ベルギーHadir社のDifferdange工場の例¹²⁾

同工場では、図23に示すように、返鉄ホッパーレベル、コークスの切出量および返鉄装入量を、次のような要領で制御している。すなわち、図23

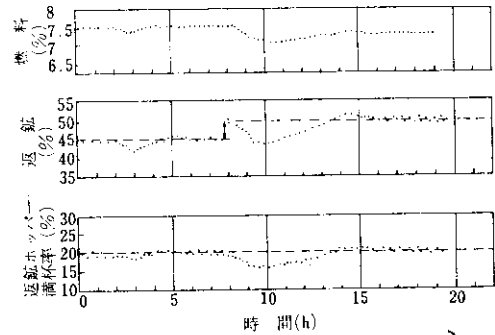


図24 返鉄設定値の変更による返鉄と燃料の制御

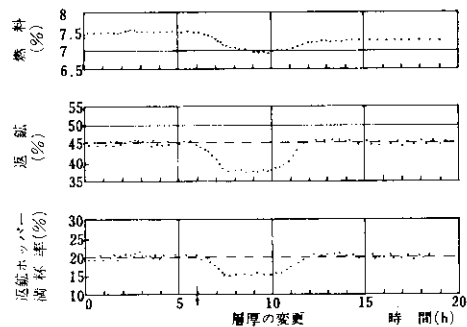


図25 層厚の増加による返鉄と燃料の制御

の上の図で、返鉄ホッパーレベルがたとえば20%から25%に変化した場合、図23下図で、あらかじめ求められた燃料含有量と装入返鉄の関係を示す直線aにより、コークスのアクション（コークス7.5%から7.8%）をとる。この場合原料が特に変わらなければ、安定した平衡状態となる。しかし原料の性質（化学成分や粒度）が変わって来た場合、直線aは別の関係直線bに移行するので、この直線にしたがって第2のアクション（すなわちコークス7.8%から8.3%）をとる。

この方法によって焼結機を自動制御した例が、図24と図25である。図24では返鉄の配合比を45%から50%に設定変更したとき、ホッパーレベルは20%からいったん16%に落ちてから6時間後に再び元へ戻り、燃料配合量も7.4%から下降している。図25は層厚を変更した場合で、返鉄レベルはいったん下り、また6時間後に元へ復し、返鉄装入配合比も同様な傾向をたどっている。このように従来の手動の返鉄の切出から、自働で返鉄を切

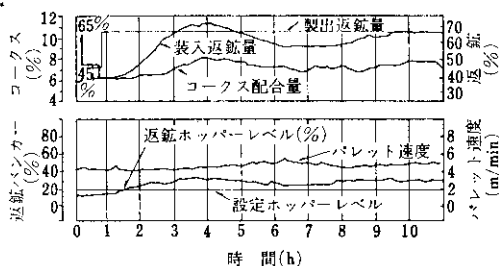


図26 返鉄バランス制御（製出返鉄の設定値が45%から65%に変更したとき）

出すことに成功した。

(2) 西独の例¹⁸⁾

西独では、前例と同じように返鉄で制御する方法であるが、返鉄ホッパー内返鉄重量と発生返鉄パーセントをある一定値に設定し、アナログ・コンピュータを利用して、返鉄切出し量とコークス配合量を決定して行く方法をとっている。

図26は、返鉄切出し量設定を45%から65%にした場合の返鉄配合量、コークス配合量、ホッパー貯蔵量の変化を示し、図27は、返鉄ホッパーレベルを20%から10%に設定変更（1.8hの時点で）した例である。修正装置によって4%/hの速度で変更している。この間返鉄配合量は返鉄ホッパー内の貯蔵量を減ずるために、一時的に55%迄上昇している。この方法では階段状にホッパー設定値を変えないので、コークス切出量に対するオーバーアクションはなくなっている。

4. 焼結鉄の品質改善のための設備について

各国とも、焼結鉄品質改善のための設備に関する研究を重ねているようであるが、ここでは焼結鉄を運搬する途中の粉化を防止するため、英国のBISRA研究所で開発された耐粉砕性シュート、および強度向上のためソ連で行なわれている焼結鉄の熱処理法についてのべる。

4.1 耐粉砕性シュートについて^{14)~16)}

焼結鉄を高炉に装入する場合には、できるだけ粉の発生を少なくしなければならないこと、また焼結工場を出てからの粉鉄の発生は、コンベヤー

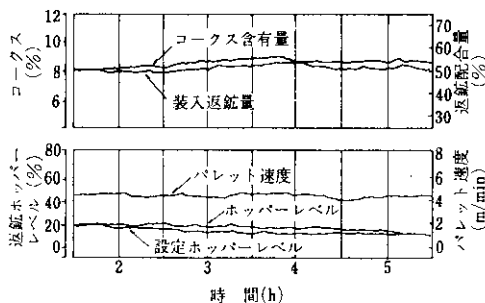


図27 返鉄の制御（返鉄ホッパーレベルを20%から10%に変更したとき）

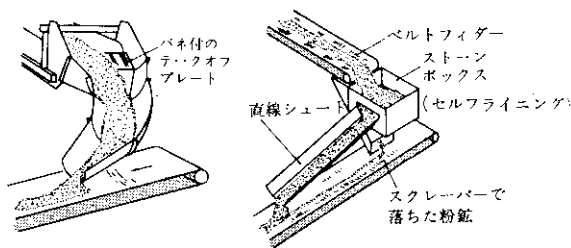


図28 90°右曲りの粉砕性シュート

図29 ストーンボックスと直線シュート

接合部で起こることは良く知られている。

英国のBISRA 研究所では、耐粉砕性シュートを開発研究している。図28に示

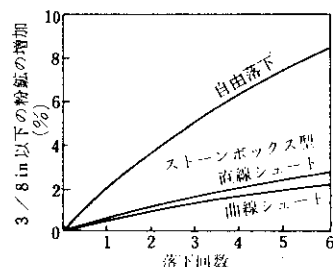


図30 粉化の比較

す Goodall Clayton 社製の耐粉砕性シュートや、図29のストーンボックス型の耐粉砕性シュートについてテストを行なった結果、図30のような結果が得られ自由落下の場合と比較すると、両者共かなり微粉の発生量は少なくなっている。なお図28の Goodall Clayton 社製シュートと、図29のストーンボックス型シュートを比較した場合、次の理由でストーンボックス型シュートが、有利であることが判明した。

- (1) 耐摩耗性ライナーがはりやすい。
- (2) 向きの変化がないので特定の部分だけのタ

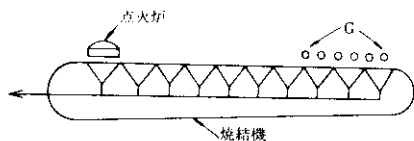


図31 焼結機のカスパーナ（G）配置

イルが減る心配はない。

(3) 既設のコンベヤーに取付可能である。

4.2 焼結鉄熱処理法¹⁷⁾について

焼結過程では熱膨張係数が異なる各組成の無数の結晶が生成するため内部歪が発生し、さらに生成焼結鉄の冷却過程でも内部歪が増加するといわれている。ソ連ではDL式焼結機の最終ウインドボックス附近で（図31参照）、焼結鉄を1,000～1,500°Cに再加熱する試験を行なった。数分間の加熱で内部歪は20%除去でき、1時間の加熱では、60%除去出来た。図32は熱処理を行なったことによって強度は向上し粉率が低下することを示している。Nizhni Jagilコンビナートで、実際の焼結機でテストしてみた所、生産性は10%向上し、S含有量は40%減少した。

5. 結 び

以上最近の欧州において、焼結鉄製造プロセスで採用されている新しい技術についての大体の展望を与えた。これらを見ると、最近の高炉の大型化および焼結鉄の大量使用により、焼結鉄品質に対する要求はさらに厳しくなっているために

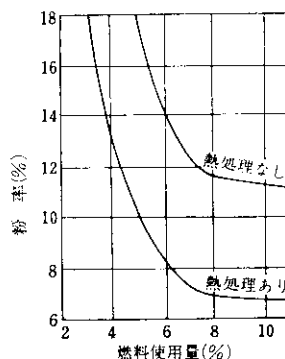


図32 1.8mの高さからKrivoy Rog焼結鉄を鉄板に4回落したときの-5mmの発生率

各国ともより良い品質の焼結鉄を安定して生産するべく努力が払われている。本文で述べたようにベルギーのC.N.R.M研究所ではより迅速な品質情報を得るために、焼結鉄の分子組成を調べることで強度を管理しようとしているし、また混合原料の適正水分を求めるために各国共同努力をしているようである。英国BISRA研究所の耐粉砕性シュートの開発は熔鉄炉へ装入する粉の発生を極力少なくするという意味で興味深い。そのほか操業条件改善としての返鉄発生量の安定化、焼結鉄の熱処理などによっても、品質向上の努力がなされている。

わが国の鉄鋼業においても、焼結鉄の質および量の高炉におよぼす影響は、従来から、よく研究されているが、今後は欧州のこれらの新技术に遅れをとらないように努力を続けていかなければならない。

参 考 文 献

- 1) J. Hancart, et al : Centre Doc. Sidér., Circ. Inform. Tech., (1966) 9, 1851
- 2) G. Meunier, R. Holper : Metallurgical Reports C.N.R.M., (1966) 12, 17
- 3) A. Bragard, J. Hancart : Iron & steel Eng., (1968) 2, 87
- 4) A. Bragard : Centre Doc. Sidér., Circ. Inform. Tech., (1967) 11, 2345
- 5) G. Meunier : Metallurgical Reports C.N.R.M., (1966) 12, 12
- 6) L. Brhacek et al : Arch. Eisenhüttenw., (1968) 7, 447
- 7) P. M. Berry : J. Iron & steel Inst., 202 (1964) 7 569
- 8) H. Landgraf : Revue universelle des mine, (1967) 4, 93
- 9) V. A. Martynenko et al : Metallurg., (1967) 7, 3
- 10) V. I. Klassen : Gornyi Zhurnal, (1965) 6

- 11) M. Boucraut, R. Rochas : Rev. Mét, 65 (1968) 12, 835
- 12) D. Nick : Centre Doc. Sider., Circ. Inform. Tech., (1967) 11, 2503
- 13) W. Friedewald : Stahl u. Eisen, 88 (1968) 8, 867
- 14) H. Hocke, K.T. Jones : Iron & Steel, (1968) 8, 335
- 15) K.T. Jones, H. Hocke : Iron & Steel, (1969) 2, 18
- 16) BISRA : Iron & Steel, (1967) 9, 386
- 17) E.F. Vegman : Metallurg, (1966) 10, 3~6