

技術報告

炭材内装コールドペレットによる Si-Mn
合金鉄の製造

山岸 一雄*・岸川 一男*²・竹内 修*²
鳥居 建二*²・斎藤 汎*³・福与 寛*³

Production of Si-Mn Alloy Using Cold Pellets Contained Carbon
Material

Kazuo YAMAGISHI, Kazuo KISIKAWA, Osamu TAKEUCHI,
Kenji TORII, Hiroshi SAITŌ and Hiroshi FUKUYO

Synopsis:

The application of cold agglomeration process has been introduced for cheaper treatment of fine ores and dust recovery.

The cold pellets contained carbon material for Si-Mn alloy was produced by newly developed NKK-CORAC (Continuous Rapid Curing) pilot plant.

The physical properties of the pellets such as decrepitation, reduction disintegration, reducibility for direct reduction and resistivity at elevated temperatures were improved.

The test operation for Si-Mn alloy production in 1 250 KVA electric furnace using the pellets achieved remarkable decrease of electricity consumption, and nut coke consumption by coke fines in the pellets, and increase of manganese yield in metal.

Based on the test results, a commercial plant of NKK-CORAC process producing 100 t/day of the cold pellets for Si-Mn alloy production was started up at Niigata Works in November 1983.

Si-Mn alloy has been efficiently produced in a 25 000 KVA furnace with these cold pellets.

1. 結 言

近年、微粉鉱石やダスト類を安価に塊成化し、再利用するニーズが高まっている。これら微粉原料の安価な処理方法の一つとしてコールドペレット法が開発され、一部は工業的に利用されている^{1)~5)}。コールドペレットは、その塊成化過程で焼成工程が省略されていることから、炭材を内装することによつて製錬工程での被還元性を高めることができる。しかしながら、このような報告例は少なく⁶⁾⁷⁾、特に炭材の内装が有効と考えられる直接還元が支配的なプロセス、例えば製錬用電気炉に使用した例は全く見当たらない。

そこで著者らは、シリコマンガ (以下 Si-Mn と記す) 用の炭材内装コールドペレット (以下炭材内装ペレットと記す) を実験室的に作成した。この炭材内装ペレットは、熱割れ性、還元粉化性、被還元性および電気抵抗等の物理性状が非常に優れていることが明らかとなつた^{8)~10)}。次に、中央研究所に設置した 6.5 t/d の NKK-

CORAC (Continuous Rapid Curing) パイロットプラント¹¹⁾¹²⁾ を用いて前述の炭材内装ペレットを製造し、1 250 kVA 電気炉にて Si-Mn 製造の試験操業を行つた。その結果、炭材内装ペレットの使用により、①電力原単位が大幅に低減する。②塊コークスを安価な粉コークスに置き換えることができる。および③Mn 歩留りが向上する、などの効果があることを明らかにした^{8)~10)}。すなわち炭材内装ペレットを電気炉で使用することにより、製造コストを低減できると判断されたので、Si-Mn 原料としての炭材内装ペレットを生産する 100 t/d の実用設備を当社新潟製造所内に建設し¹³⁾¹⁴⁾、昭和 58 年 11 月より操業に入つた。立上げ直後は若干のトラブルを経験したが、その後は順調に稼動しており、また炭材内装ペレットを使用している 25 000 kVA 電気炉でも目標の成績を達成している¹⁴⁾¹⁵⁾。

本報告では、炭材内装ペレット製造設備の概要、操業結果およびペレットの特性、さらに炭材内装ペレットを使用した電気炉の操業とその効果について検討する。

昭和 60 年 4 月本会講演大会にて発表、昭和 60 年 10 月 23 日受付 (Received Oct. 23, 1985)

* 日本鋼管(株)新潟製造所 (現: 日本鋼管(株)新材料事業部) (Niigata Works, Now New Materials Division, Nippon Kokan K. K., 1-1-2 Marunouchi Chiyoda-ku Tokyo 100)

*² 日本鋼管(株)新潟製造所 (Niigata Works, Nippon Kokan K. K.)

*³ 日本鋼管(株)中央研究所 (Technical Research Center, Nippon Kokan K. K.)

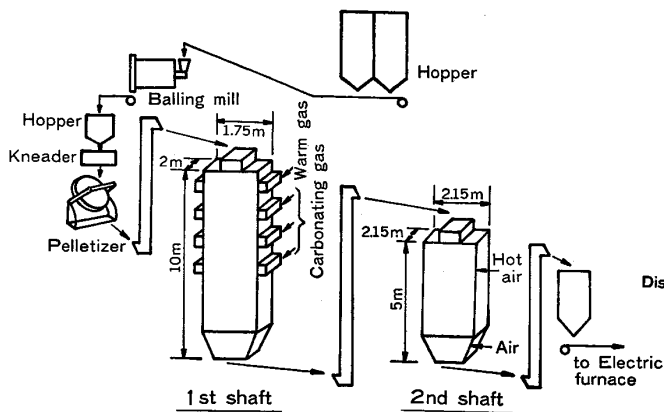


Fig. 1. Concept of the plant producing cold pellets contained carbon material.

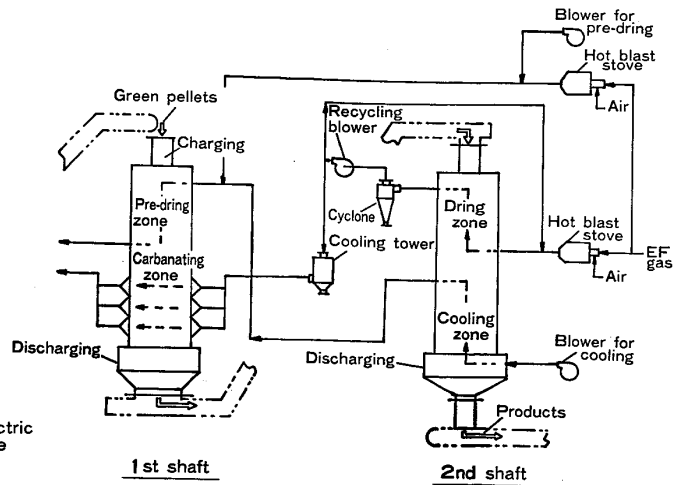


Fig. 2. Conceptual gas flow of the plant producing cold pellets contained carbon material.

2. 炭材内装ペレット製造設備の概要¹⁴⁾¹⁵⁾

本設備は当所で発生する中炭素フェロマンガンスラグ (以下 FMnM スラグと記す) を結合剤とした炭酸化養生方式の NKK-CORAC プロセスを採用している。本設備は 1000 t/d 原型設備¹¹⁾¹³⁾の設計条件と 6.5 t/d パイロットプラント¹¹⁾¹²⁾による試験結果¹⁰⁾¹³⁾をもとに設計した。養生塔の全景を Photo. 1 に示す。予備乾燥、炭酸化養生を行う第1塔、乾燥、冷却を行う第2塔から成り立っている。

本設備のプロセスフローを Fig. 1 に示す。原料として使用する Mn 鉱石と FMnM スラグは乾式ボールミルで微粉碎し、また微粉コークスは CDQ 設備より発生する集塵粉を未破碎で使用している。これらの原料を所定の配合となるように切り出し、ロッドミルで湿式混練したのち 4mφ パンペレタイザーで造粒する。造粒された生ペレットは篩分けられ、8mm 以上の粒子が第1塔に送られる。第一塔に装入された生ペレットは、まず予備乾燥されたあと、飽和水蒸気を含む CO₂ 含有ガスをペレットの降下方向に対し直角に多段十字流で流すことにより炭酸化養生され、排出される。第2塔では更にペレットの強度向上と付着水分の除去を目的に、100°C の空気で乾燥される。その後、冷却され、炭材内装ペレットとして排出される。

次に本設備のプロセスガスフローを Fig. 2 に示す。予備乾燥、炭酸化養生、乾燥の各処理に必要なプロセスガスの熱源は、すべて合金鉄製造用電気炉から発生するガス (CO : 70%, CO₂ : 13%, 低位発熱量 : 2430 kcal/Nm³) を燃焼して使用している。すなわち、電気炉ガスの燃焼ガスは 30~35% の CO₂ を含有し、かつ高温で

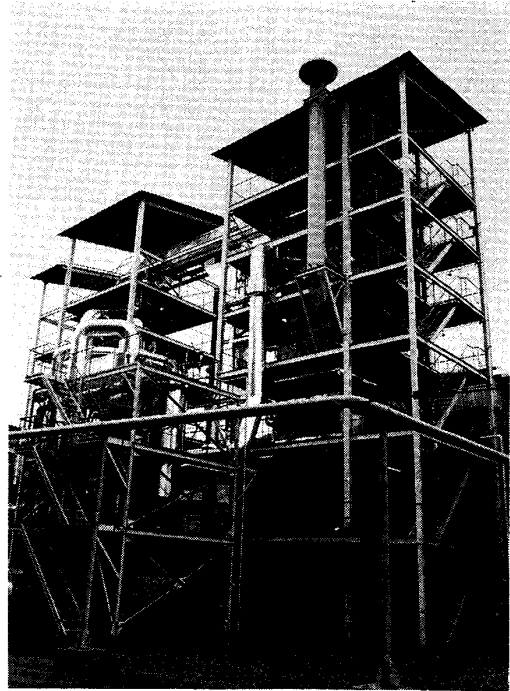


Photo. 1. Commercial plant (100 t/day) at Niigata Works.

あることから、これを各処理の条件にあわせて直列に (多段) または循環して使用し、次の 2 系統に集約することによつて省エネルギーをはかっている。

炭酸化養生系統：電気炉ガス燃焼ガス→乾燥ガス (第2塔)→炭酸化養生ガス (第1塔)

加熱冷却系統：大気→冷却ガス (第2塔)→予備乾燥ガス (第1塔)

電気炉ガス燃焼ガス

Table 1. Mixing ratio of raw materials.

Materials	Manganeseore	FMnM slag	Fine coke
Mixing ratio (%)	70	18	12

Table 2. Operation results of commercial plant (100 t/day).

Items	Start-up	June, 1984
The ratio of operation	76	97
Productivity (t/day)	78	99
Yield rate (%)	97	99
Unit energy (kcal/t)	135 000	95 000
Compressive strength of pellet (kg/p)	127	83
Disintegration of pellet (-5 mm%)	2.4	3.0

3. 炭材内装ペレット製造設備の操業結果

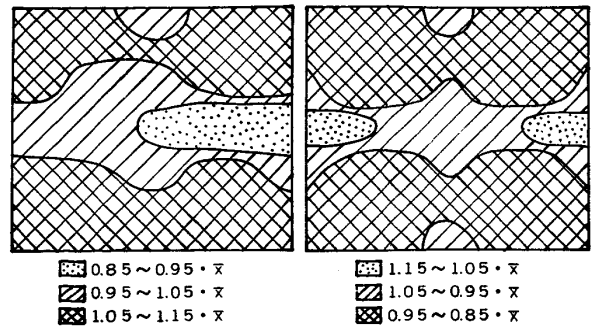
Table 1 に Si-Mn 製造用炭材内装ペレットの基準配合組成を示す。FMnM スラグは炭酸化結合剤として配合しており、粒度は $-44 \mu\text{m}$, 65% 以上で管理している。また養生塔へのガス吹込み条件は予備乾燥ガスが $70\sim 120^\circ\text{C}$, 炭酸化養生ガスが $65\sim 70^\circ\text{C}$ (CO_2 25% 以上, H_2O $25\pm 3\%$ で管理) 乾燥ガスが $200\sim 300^\circ\text{C}$ である。

Table 2 に立ち上がり時および最近の操業結果を示す。立ち上がり時には操業の不馴れや設備的なトラブルもあつて稼働率が低かつたが、最近では生産量 99 t/d, エネルギー原単位 95 000 kcal/t と、ほぼ計画どおりの成績となつている。なお、本設備は年間を通じて連続的に稼働している訳ではないが、現在までの 24 か月に 14 か月稼働し、延べ 35 000 t の炭材内装ペレットを生産している。

4. 炭材内装ペレット製造設備の特性

4.1 予備乾燥ガス流分布

生ペレットを粉化させずに均一に炭酸化養生するためには、予備乾燥を反応塔の横断面において均一に行う必要がある。Fig. 3 に第一塔ストックライン直下でペレットの含有する水分分布(実測値)と、ストックライン形状を仮定して有限要素法による3次元ガス流れシミュレーション¹⁶⁾より計算した予備乾燥ガスの流速分布を示す。なお、計算は要素数を少なくするために、塔内のストックライン形状を東西および南北方向でそれぞれ面対称であると仮定し、塔内断面の 1/4 について行つた。Fig. 3 よりストックライン直下のペレットが含有する水分分布は予備乾燥ガスの流速分布によく対応しており、かつ全領域にわたつて平均値の 0.85~1.15 倍の範



(a) Distribution of water content in pellets
(b) Distribution of pre-drying gas flow rate
Fig. 3. Distribution of water content in pellets and pre-drying gas rate at cross section below stock line in 1st shaft.

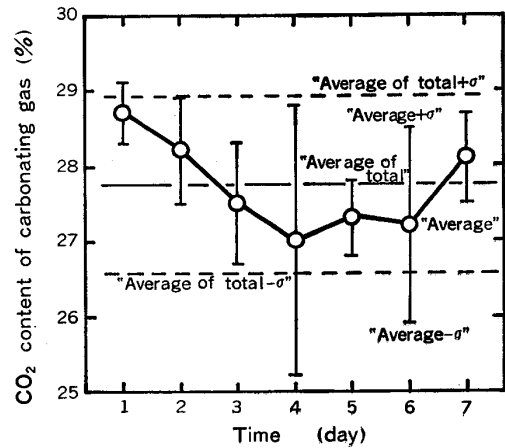


Fig. 4. Variation and fluctuation of CO_2 content in carbonating gas.

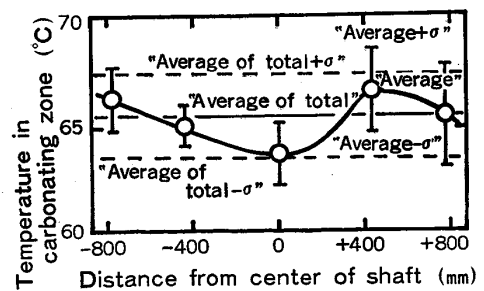


Fig. 5. Variation and fluctuation of temperature in carbonating zone of 1st shaft.

囲に入っていることから均一に予備乾燥されていることがわかる。

4.2 炭酸化養生ガス中の CO_2 ガス濃度の制御性

本設備は、バインダーとして炭酸化結合剤である FMnM スラグを使用しているため、炭酸化養生段への吹込みガス中の CO_2 ガス濃度を 25% 以上で管理している。なお、本プラントの設計に際し、 CO_2 源としての電気炉ガスの燃焼排ガスと、飽和水蒸気の凝縮伝熱を

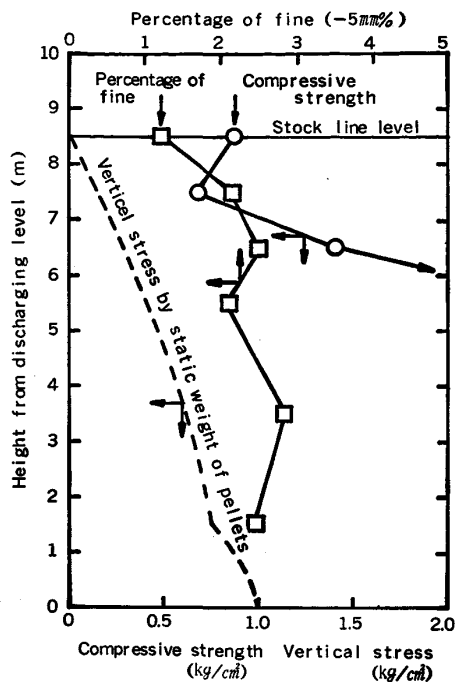


Fig. 6. Distribution of cold pellet qualities in the direction of height in 1st shaft.

行うための水蒸気との混合比を変化させた予備試験を行った。その結果一定の反応時間で最も強度の高いペレットを得るためには、 H_2O ガス濃度=25%、 CO_2 ガス濃度=25%以上の組成を有する養生ガスが必要であることが判明した。Fig. 4に炭酸化養生ガス中の CO_2 濃度の日内測定値のばらつき(標準偏差で表示)と日間測定値の推移を示す。1週間の平均値は27.8%で、そのばらつき(標準偏差)は1.2%であった。管理基準である25%以上を十分満足しており、かつ安定に制御されている。

4.3 炭酸化養生段における塔内温度分布の制御性

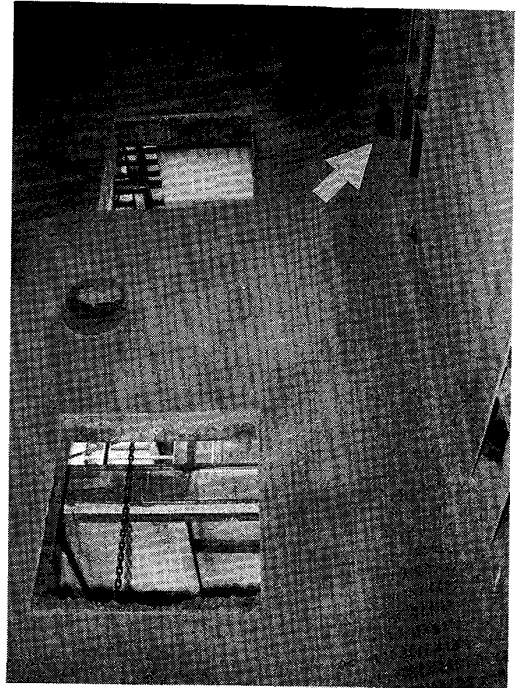
NKK-CORAC プロセスでは養生段の伝熱方式として飽和水蒸気により塔内温度を制御する凝縮伝熱方式を採用している¹⁷⁾¹⁸⁾。しかも本設備は塔内温度分布をより均一化するために、炭酸化養生ガスの吹込み方向を15 minごとに切り換えている。Fig. 5に炭酸化養生段における塔内温度分布の測定結果(設定温度=65°C)を示す。各測定位置間で平均値の差は約3°C、また全測定値のばらつき(標準偏差)は2°Cであった。塔内測度のばらつきは非常に少なく、かつ安定に制御されている。

4.4 第1塔塔内ペレットの高さ方向の品質分布

NKK-CORAC プラントは縦型の反応塔であるため、ペレットは自重による積載荷重に耐えなければならない。特にペレットの強度が低い第1塔上部での粉化が問題となる。第1塔の予備乾燥段と炭酸化養生塔にあるサ

Table 3. Variation on compressive strength of cold pellets in carbonating zone of 1st shaft.

	Compressive strength (kg/p)	Average standard deviation (σ)
Upper zone	17.4	3.5
Medium zone	26.8	4.3
Lower zone	52.1	9.7



The arrow shows attached materials.

Photo. 2. Change of 1st shaft wall under investigation on shutdown.

ンプリング孔より稼動中に採取したペレットの圧潰強度と粉率(-5mm%で表示)および自重による塔内垂直応力(計算値)をFig. 6に示す。なおペレットの圧潰強度は平面的に最密充填していると仮定し、単位面積当たりの強度として表示している。高さ方向のペレットの圧潰強度は自重による垂直応力よりも高い値を示しており自重による粉化はほとんどないといえる。このことは高さ方向の粉率が最上層(ストックラインから約1m下までの間)を除いてほぼ一定の値であることから明らかである。

4.5 炭酸化養生段におけるペレット品質のばらつき

解体調査を行い、第1塔炭酸化養生段の各横断面でサンプリングしたペレットの圧潰強度の平均値とそのばらつき(標準偏差で表示)をTable 3に示す。下降して炭酸化養生が進むに従って圧潰強度の平均値は増加し、かつそのばらつき(標準偏差)は少なく、ほぼ均一に養生されている。

4.6 塔内での付着物の形成状況とペレットの滞留特性

約3か月間連続運転した後の塔内状況をPhoto. 2に

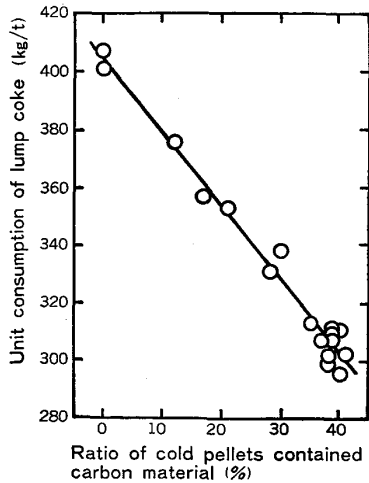


Fig. 7. Effect of cold pellets ratio on unit consumption of lump coke.

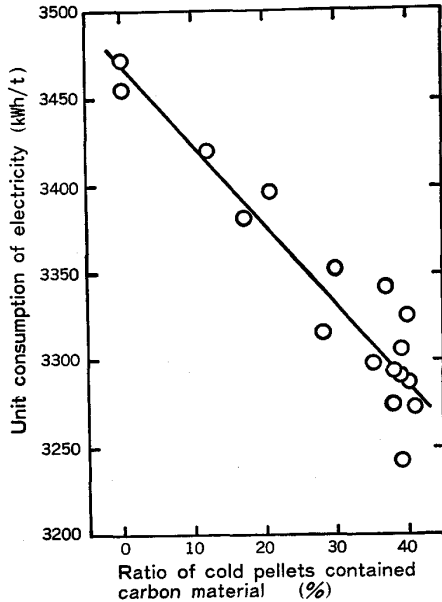


Fig. 8. Effect of cold pellets ratio on unit consumption of electricity.

示す。塔内壁の隅の部分に弱い固着状態の付着物が見られたほかは、付着物は全く形成されていなかった。また塔内壁の腐食や摩耗は見られず、順調な操業を裏づけていた。また、ペレットを排出する際、ストックラインは同じ表面形状で降下していたことより、本型反応塔ではペレットは均一に降下していると推定される。

5. 炭材内装コールドペレットの電気炉での使用実績

製造した炭材内装ペレットは、25 000 kVA Si-Mn 用電気炉（電極径 1 470 mm、負荷 16 000 kW）で使用している。炭材内装ペレットの使用量は、当初 Mn 原料の

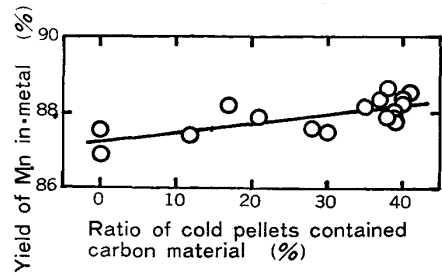


Fig. 9. Effect of cold pellets ratio on yield of Mn in metal.

10% としたが、炉内圧力やガス温度などの炉況因子、コークス効率（Si-Mn メタル 1 t 中 Mn, Fe, Si を還元するのに必要なコークス量/同メタル 1 t を作るに必要な塊コークス量）および電力原単位に与える影響を検討しながら増加させ、59 年 6 月から炭材内装ペレット製造設備の最大生産能力で、Mn 原料の 40% に対応する量を使用している。なお、目標とする Si-Mn 合金の目標組成は Mn 62.5%、Si 15.0% でありスラグ比は 0.7 である。また使用した炭材内装ペレットの特性はサイズが 5~15 mm、気孔率 25~30%、圧潰強度は 50~80 kg/P である。Fig. 7~9 に炭材内装ペレットの電気炉での使用実績を示す。

(1) 塊コークス原単位は、炭材内装ペレット 1% 配合当たり 2.5 kg/t 低下する (Fig. 7)。内装用粉コークスの使用量は炭材内装ペレット 1% 配合当たり 2.1 kg/t であるので、安価な粉コークスへの置換率（塊コークス原単位の減少量/炭材内装ペレットに配合された粉コークス原単位）は約 1.2 である。

(2) 電力原単位は、炭材内装ペレット 1% 配合当たり 4.8 kWh/t 低下する (Fig. 8)。

(3) Mn 歩留りは、炭材内装ペレット 1% 配合当たり 0.025% 増加する (Fig. 9)。

(4) その他、Si-Mn 合金のばらつきが小さく、電極消耗量の低下が認められる。すなわち Mn, Si のばらつきは標準偏差の 3 か月平均値が、Mn 62.5%、Si 15.0% の目標値に対して Mn 0.42→0.19、Si 0.50→0.35 と大幅に低下した。また電極消耗量も、製品 t 当たり 16 kg から 11 kg まで低下した。以上の効果より、Si-Mn 製造原価の約 4% が低減された。

6. 炭材内装ペレットの電気炉操業に及ぼす効果

炭材内装ペレットを電気炉で使用した場合の効果、原料の被還元性、電極の没入度および炉内での通気性の観点より考察する。

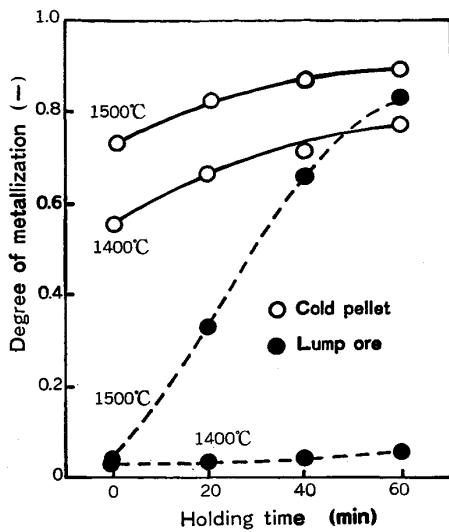


Fig. 10. Reducibility of cold pellets contained carbon material in high temperature.

6.1 原料の被還元性

Mn 塊鉱石または炭材内装ペレットを粉コークスとともに黒鉛をつぼに入れ、タンマン炉を用いて、 N_2 気流中で昇温し所定温度 (1 200, 1 300, 1 400, 1 500°C) で 0, 20, 40, 60 min ごとに取り出し検鏡観察および金属化率を測定した。メタルとスラグが分離するまでの金属化過程を比較するため、1 300°C で還元した試料の断面写真を比較した結果、炭材内装ペレットはペレット内部、外周ともに金属化が進んでいるのに対し塊鉱では外周部においてわずかに金属粒子が認められる程度で炭材内装ペレットの被還元性の優れていることが認められた。炭材内装ペレットのメタル相の Fe と Mn 分布から 1 300°C に 20 min 保持した時点で Fe 相への Mn の還元吸収が進行していた。メタルとスラグが明確に分離した 1 400°C, 1 500°C での保持時間と金属化率の関係を Fig. 10 に示す。Mn 塊鉱石は 1 500°C である時間、保持しないと金属化が進行しないのに対して、炭材内装ペレットは被還元性が著しく高く、室温から 1 400°C までの昇温で 50%、1 500°C までの昇温で 70% の金属化が進んでいる。メタル中の Mn_3C と Fe_3C に相当する C 量 (1 500°C, 60 min 保持) は炭材内装ペレットでは分析値に近い値が (+0.55) となる塊鉱では分析値 (-1.80) の方が低い。すなわち炭材内装ペレットはメタルとスラグの分離した時点で滲炭が速やかに進むのに対して塊鉱では滲炭の少ないことが認められた。このことより炭材内装ペレットの金属化開始温度は低温側に移行し、しかも MnO より融点の低い Fe, Mn および Fe_3C , Mn_3C の生成が早いために融点温度が低下する。その結果電気炉での製錬を低温で行うことができ、電力原単位が低減

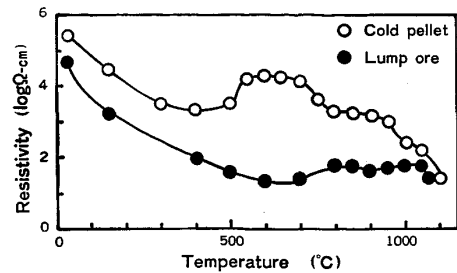


Fig. 11. Resistivity of cold pellets contained carbon material in high temperature.

したものと考えられる。一方炭材内装ペレットの被還元性が優れている理由は内装された粉コークスが還元剤として有効に作用したためであると考えられる。また Si-Mn 製造用電気炉ではメタル、スラグとともに装入した塊コークスが未反応で排出される現象が見られること、炭材内装ペレットを使用した小型電気炉の試験結果¹⁰⁾、でコークス効率が 3% 高いことから炭材内装ペレットではペレット内および電気炉で、コークスの還元剤としての利用効率が向上するため、塊コークス原単位の置換率 1 以上の低減が可能となつたと考えられる。

6.2 電極の没入度

一般に Cr 塊鉱石, Mn 塊鉱石の焼成ペレットは電気抵抗が高く電気炉に使用した場合、電極の没入効果のあることが報告されている¹⁹⁾。そこで、Mn 塊鉱石と炭材ペレットの電気抵抗の温度依存性を測定した。測定結果を Fig. 11 に示す。炭材ペレットの電気抵抗は導電性の物質であるコークスを内装しているにもかかわらず、Mn 塊鉱石に比べて 10~1 000 倍大きい。一般に電気炉では、電極先端からスラグ、メタルを通じて他の電極へ流れる経路と電極間を流れる経路が考えられるが、この割合は 7:3 と考えられている。定性的ではあるが炭材内装ペレットの低温における電気抵抗が大きいことは後者の電流経路に関係し、電極の没入度が増加すると考えられる。しかも上述したように塊コークス原単位の低減が可能となつたことにより、原料層のコークス濃度が低下したために、電極の没入度が増加したものと考えられる。なお炭材内装ペレットを使用した場合に電極の没入度が増加したことは、操業データ解析から (1 か月の平均値) 負荷 16 000 kW で、操業電圧を従来の 150 V~165 V から 160 V~175 V に上げて操業できたことにより、また熱効率が向上したことは原料表面から 300 mm 深さに装入した炉内センサー温度が 566°C から 420°C に低下したことにより確認されている。炭材内装ペレットを使用した場合に電極の没入度が増加することは電気炉の高さ方向の熱効率と反応効率を向上させることがで

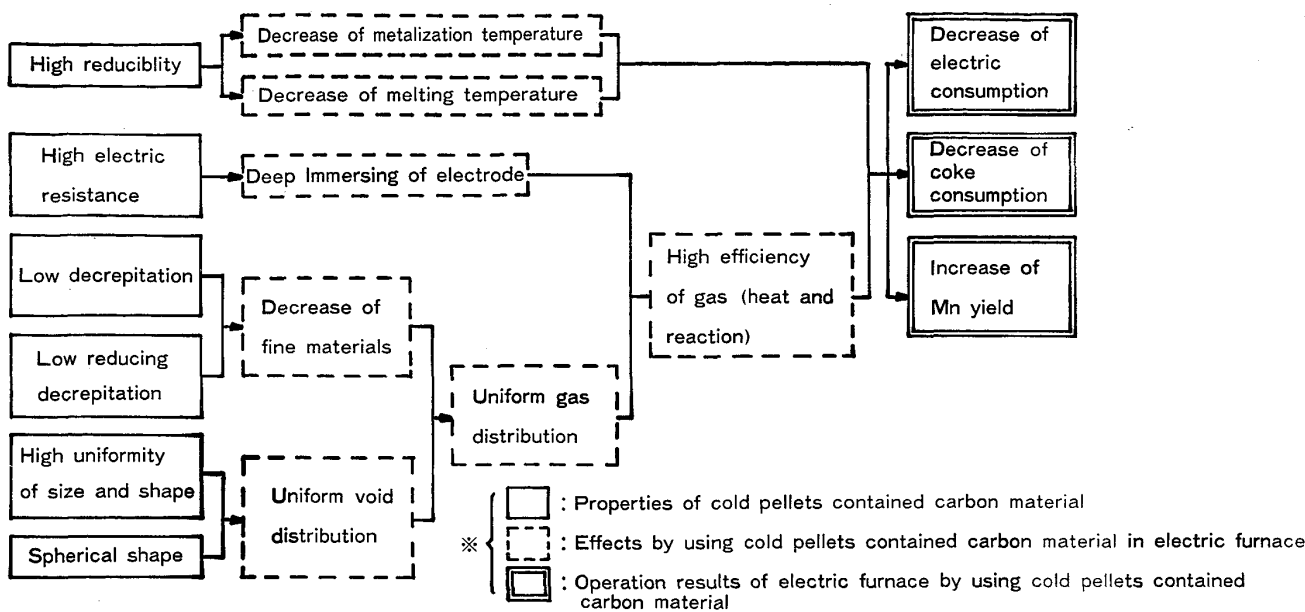


Fig. 12. Concept of effects by using cold pellets contained carbon material in Si-Mn alloy production.

Table 4. Decrepitation and reduction disintegration of cold pellets.

	Decrepitation index (-5 mm%)	Red. disintegration index (-5 mm%)
Cold pellet	22	37
Lump ore	63	58

きる。熱効率の向上は電力原単位を低下させ、また反応効率の向上は塊コークス原単位を低下させることとなる。

6.3 炉内の通気性

Mn 鉱石は一般に鉄鉱石に比べ熱割れや還元粉化が著しい。特に $Mn^{4+}/T. Mn$ を酸化度と定義した場合、高酸化度鉱石は間接還元率が高く、発熱反応による電力原単位やコークス原単位の低下が期待できるが、熱割れ、還元粉化を起こしやすく、粉の発生により電気炉内原料層の通気性を悪化させ、炉況を不安定にする。そこで炉内の通気性に関係する性状として高酸化度の Mn 鉱石を粉砕して炭材内装ペレットとしたものの熱割れ性と還元粉化性を測定した。なお熱割れ性は 500g の試料を大気中で 700°C に 30 min 加熱後冷却し、小型タンブラーで 900 回転した後の粉率で評価した。また、還元粉化性は 500g の試料を CO 70% + CO₂ 30% の混合ガス中で 1000°C まで昇温還元した後冷却し、小型タンブラーで 900°C 回転させた後の粉率で評価した。測定結果を Table 4 に示す。Mn 塊鉱石を炭材内装ペレット化することにより、熱割れ性、還元粉化性のいずれも改善されることがわかる。すなわち電気炉内では粉が減少しているものと推定される。一方、Cr 鉱石や Mn 鉱石

の焼成ペレットを多量配合した場合には、炉内ガス温度や炉内圧力の変動が減少し、電力原単位の向上することが報告されている¹⁹⁾。しかし、その効果についての詳しい解析はこれまで行われていない。そこで休炉した炉内に樹脂を流し込んで固化させ、炉内の空隙率を測定した。塊鉱石を主体とした原料層の炉内断面とペレットを主体とした原料層の炉内断面を比較した。その結果前者は塊鉱石層群の中に小粒コークスが混在して、局所的に空隙率の高い部分が高さ方向に連らなつて観察された。これに対して後者は球状のペレットが塊コークスに近似した粒子径であることから、空隙率のばらつきが少なかった。これらの結果より、炭材内装ペレットを使用した場合、炉内の通気性は均一化され、電気炉の半径方向の熱効率および反応効率が向上すると考えられる。以上、炭材内装ペレットの電気炉での効果について原料の被還元性、電極の没入度および炉内の通気性の観点より述べたが、まとめると Fig. 12 に示すようなフローで考えることができる。すなわち炭材内装ペレットは被還元性が優れているため、Si-Mn 電気炉に用いると塊鉱石に比較して、Fe, Mn の還元と溶解落ちが低温で進行し、電気炉内での製錬帯が広がって電力原単位が低減する。一方、炭材内装ペレットは塊鉱石に比較して、昇温過程における電気抵抗が大きく、しかも、原料層のコークス濃度が低下したために、電極没入度が増加する。また Mn 鉱石を炭材内装ペレット化することにより、熱割れ性、還元性のいずれも改善されることがわかり、電気炉内では粉が減少していると推定される。炉内解析結果から球状ペレットの多配合により、炉内空隙率のばらつき

が少なく炉内の通気性が均一化され、先に述べた電極の没入度が増加するとともに、電気炉の半径方向の熱効率と反応効率が向上して電力原単位、塊コークス使用量を低下させることになる。また、炭材内装ペレットを使用することにより炉内での通気性が均一化され、原料の荷下がり状況(原料降下チャートで確認)がよく、電極位置の変動が小さくなった結果、Si-Mn合金のMn, Siの含有量のばらつきを小さくすることができた。

7. 結 言

(1) Si-Mn合金鉄製造原価の低減を目的に当社新潟製鉄所に炭酸化養生方式のNKK-CORACプロセスを建設した。本設備はFMnMスラグを結合剤とし、粉コークスを内装した炭材内装ペレットを100t/dで生産する設備である。

(2) 炭材内装ペレット製造設備は、昭和58年11月に稼動を開始した。立ち上がり時は操業の不馴れや設備的なトラブルもあつて稼動率は低かつたが、昭和59年6月には生産量99t/d、エネルギー原単位95000kcal/tとはほぼ目標どおりの成績で操業している。

(3) 予備乾燥段のガス流分布、炭酸化養生ガス中のCO₂濃度の変化、炭酸養生段における温度分布の変動状況、第1塔塔内高さ方向のペレット品質の変化、炭酸化養生段におけるペレット品質のばらつき、付着物の形成状況およびペレットの粉化状況などを調査した。その結果本設備は操業性に優れ、ばらつきの少ない炭材内装ペレットが生産されていることを確認できた。

(4) 炭材内装ペレットを電気炉で使用した場合の効果について、原料の被還元性、電極の没入度、および炉内での通気性の観点より検討した。この結果から炭材内装ペレットは塊鉱石と比較して、①Fe, Mnの還元および溶け落ちが低温で進行するため電気炉内での製錬帯が広がる。②低温における電気抵抗が大きく、また塊コークス原単位が低減することから、電極の没入度が増加する。③熱割れ、還元粉化性が改善され、また炉内空隙率のばらつきも少なく、炉内の通気性が均一化される。④原料の荷下がり状況がよく、電極位置の変動が少なくなる。などの優位性を明らかにした。

(5) 炭材内装ペレットを、25000kVAのSi-Mn製造用電気炉で使用した結果、上記の効果により①塊コークス原単位は炭材ペレット1%配合当たり2.5kg/t

低下する。内装用粉コークスの使用量は炭材内装ペレット1%当たり2.1kgであるので、安価な粉コークスへの置換率は約1.2である。②電力原単位は炭材内装ペレット1%配合当たり4.8kWh/t低下する。③Mn歩留りは、炭材ペレット1%配合当たり0.025%増加する。④Si-Mn合金鉄品位のばらつきが小さく、電極消耗量の減少などの効果が認められた。これらの総合的效果により、Si-Mn合金鉄製造原価の約4%が低減された。

文 献

- 1) J. SVENSSON: Trans. SME, 247 (1970), p. 26
- 2) N. G. LINDBERY and T. S. FALK: CIM Bulletin (1976) Sep., p. 117
- 3) M. A. GAKSEL: Proc. 2nd Ind. Sympo. Agglomeration, ed. by K. V. S. SASTRY, Atlanta, USA (1977), p. 877 [port city press]
- 4) 狐崎寿夫, 稲角忠弘, 須沢昭和, 水島武和, 相田実生, 田中 務: 鉄と鋼, 65 (1979), S 575
- 5) 江崎 澁, 和栗真二郎, 小管暎一, 古宅英雄, 花香 実: 鉄と鋼, 66 (1980), S 152
- 6) 小島 清, 三輪 隆, 郷農雅之, 湯村篤信, 鈴木章平, 春名淳介: 鉄と鋼, 69 (1983), S 780
- 7) M. GOKSEL, T. SCHOTT and F. KAISER: 4th Ind. Sympo. Agglomeration, Proc., ed. by C. E. CAPES, Toronto Canada (1985), p. 401 [Book Crafters]
- 8) 宮下恒雄, 吉越英之, 竹内 修, 桑名剛志, 岸川一男: 鉄と鋼, 69 (1983), S 16
- 9) 吉越英之, 竹内 修, 宮下恒雄: 鉄と鋼, 70 (1984), S 110
- 10) H. YOSHIHOSHI, O. TAKEUCHI, T. MIYASHITA, T. KUWANA and K. KISHIKAWA: Trans. ISIJ, 24 (1984), p. 492
- 11) 宮下恒雄, 田島 治, 松井正治, 吉越英之, 福与寛, 八浪一温: 鉄と鋼, 68 (1982), S 30
- 12) 宮下恒雄, 田島 治, 松井正治, 吉越英之, 福与寛, 佐藤道貴: 鉄と鋼, 68 (1982), S 7
- 13) 吉越英之, 田島 治, 宮下恒雄, 山上正明, 中山道夫, 小野寺明, 松井正治: 鉄と鋼, 70 (1984), A 133
- 14) 山岸一雄, 小野寺明, 岸川一男, 竹内 修, 鳥居建二: フェロアロイ, 28 (1984) 1, 2, p. 81
- 15) 山岸一雄, 岸川一男, 竹内 修, 鳥居建二, 斎藤汎, 福与 寛: 鉄と鋼, 71 (1985), S 138
- 16) 大野陽太郎, 近藤国弘: 鉄と鋼, 69 (1983), S 859
- 17) 宮下恒雄, 田島 治, 松井正治, 吉越英之, 福与寛: 鉄と鋼, 68 (1982), S 29
- 18) 宮下恒雄, 吉越英之, 松井正治, 田島 治, 福与寛: 鉄と鋼, 69 (1983), p. 1974
- 19) 石黒宏久: フェロアロイ, 28 (1985) 1, 2, p. 50