

UDC 669.162.263 : 669.162.12 : 546.46-31 : 622.341.1-188 : 622.341.1-185

論 文

高炉軟化溶融帯における MgO 含有ペレットの通気性*

成 田 貴 一**・前 川 昌 大***

・ 志 垣 一 郎***・関 義 和***

On the Permeability Resistance of Pellets Containing MgO
in the Softening and Melting Zone of Blast FurnaceKiichi NARITA, Masahiro MAEKAWA,
Ichiro SHIGAKI, and Yoshikazu SEKI

Synopsis:

An investigation has been made of the permeability resistance of iron ore pellets and sinters in the softening and melting zone, which has large influence on the productivity and the fuel ratio in the blast furnace performance. The results obtained are as follows:

(1) The pressure drop in this zone greatly increases as the FeO-containing slag melts and flows out into the void in the packed bed of pellets or sinters.

(2) MgO addition in the pellets is effective to decrease this pressure drop because, during reduction, MgO makes solid solution with wustite called magnesio-wustite with higher melting point.

(3) By X-ray microanalysis and optical microscopy Mg has proved to be concentrated in the magnetite and Ca-ferrite in the MgO added pellets before reduction.

1. 結 言

高炉操業に影響する要因として従来、装入物の被還元性、還元粉化性、還元後強度、Swelling、荷重還元における軟化およびガス圧力損失などの特性について多くの研究がおこなわれ、たとえば還元粉化の著しい焼結鉱および Swelling のはげしいペレットは高炉炉況を悪化させることを明らかにするなどの多くの成果¹⁾²⁾が得られている。しかしながら被還元性、還元後強度、Swelling および約 1100°C までの昇温荷重還元性が良好なペレットを使用しても炉況の良くない場合もあり、したがってこれらの低温特性のみと高炉炉況とはかならずしも対応しないことが判明してきた。

いつぼう、近時実際の高炉の解体調査^{3)~6)}がかなり積極的におこなわれるようになり、軟化・融着・溶融帯の存在、その形態および役割などが逐次あきらかにされるとともに、より高い温度領域における装入物の性状が重視されるようになり、約 1500°C までの軟化性および溶融滴下性の研究^{7)~9)}がおこなわれている。

本研究では軟化・融着・溶融帯における通気抵抗¹⁰⁾が高炉の炉況、生産性およびコークス比に大きい影響をおよぼすという観点から、荷重下での各種ペレットおよび焼結鉱の充填層の軟化・融着・溶融過程の収縮および通気抵抗におよぼす種々の因子の影響を明らかにするとともに、通気抵抗の低下に効果のある脈石成分の一つである MgO の挙動を追求した。

2. 実 験 方 法

2.1 試 料

実験に用いたペレットおよび焼結鉱の化学成分組成および粒度を Table 1 に示す。これらの試料は還元率の影響を調べるために、あらかじめ JIS 還元炉において CO-CO₂ 混合ガス (CO : 60%, CO₂ : 40%) 気流中で 900°C に加熱し、Wustite 段階にまで還元したのち、さらに 1000°C で CO-N₂ 混合ガス (CO : 30%, N₂ : 70%) を 15 Nl/min 流して、60, 90 および 150 min と時間を変えて還元して還元率の異なる試料を作成し、これらを軟化・溶融過程における通気抵抗の測定のために

* 昭和 51 年 4 月本会講演大会にて発表 昭和 51 年 11 月 24 日受付 (Received Nov. 24, 1976)

** (株)神戸製鋼所中央研究所 工博 (Central Research Laboratory, Kobe Steel, Ltd., 1-3-18 Wakino-hama Fukiai-ku Kobe 651)

*** (株)神戸製鋼所中央研究所 (Central Research Laboratory, Kobe Steel, Ltd.)

Table 1. Chemical composition and reduction degree of samples.

| Kinds | Brands | Size (mm) | Chemical composition of samples (%) | | | | | | Reduction degree(%) | | |
|---------|--------|-----------|-------------------------------------|------|------------------|--------------------------------|-------|------|---------------------|--------|---------|
| | | | T.Fe | FeO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | 60 min | 90 min | 150 min |
| Pellets | A | 10~15 | 60.53 | 0.43 | 3.64 | 1.94 | 4.98 | 0.70 | 48.8 | 59.1 | 76.9 |
| | B | 5~8 | 60.75 | 0.43 | 3.59 | 2.00 | 4.94 | 0.73 | 56.3 | 69.3 | 88.8 |
| | C | 10~15 | 61.30 | <0.1 | 3.83 | 1.82 | 5.22 | 1.32 | 52.9 | 60.4 | 78.8 |
| | E | 10~15 | 59.63 | 0.72 | 3.97 | 1.92 | 6.40 | 1.45 | 53.0 | 67.7 | 85.6 |
| Sinter | F | 10~15 | 55.43 | 9.77 | 5.66 | 2.44 | 10.45 | 0.49 | 52.7 | 66.0 | 82.1 |
| | G | 5~10 | 55.43 | 9.77 | 5.66 | 2.44 | 10.45 | 0.49 | 54.4 | 69.4 | 88.4 |

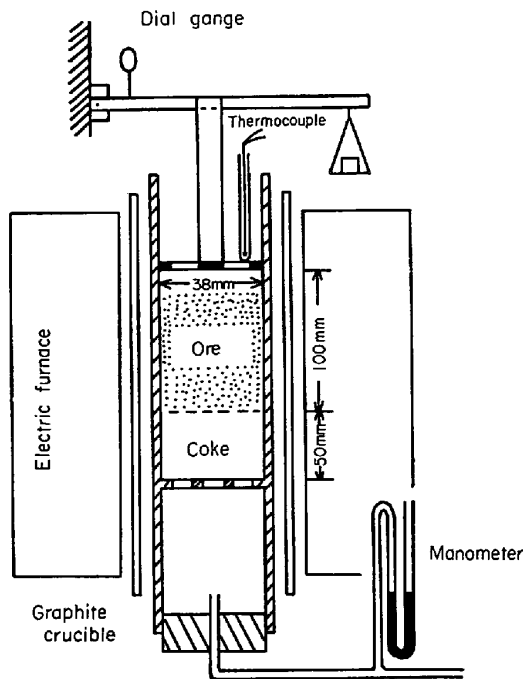


Fig. 1. Experimental apparatus for measurement of bed shrinkage and pressure drop.

用いた。上述のようにして作成した予備還元試料の還元率は Table 1 に示したように、約 49~89% となっているが、これは高炉の軟化溶融帯に達する装入物の還元率が炉内の中心および周辺などにより異なっていることをもとにして設定した⁴⁾。

2.2 実験装置および方法

軟化・溶融帯の通気抵抗を測定する実験装置の概略図は Fig. 1 に示したとおりである。堅型電気炉内に、中間部にロストル(孔径 5 mm φ)のついた内径 38 mm φ の黒鉛製のるつぼを置き、ロストル上に粒度 10~15 mm のコークスを層高が 50 mm になるように装入し、あらかじめ 1300°C または 1400°C に保持した。ついで上部からホッパーを通して予備還元試料を層高が 100 mm (約 150 g) になるように充填し、その上からロストル付荷重棒で 0.6 kg/cm² の荷重を加え、下部から N₂ ガスを 10 NI/min 流してマンメータによつて充填層のガス

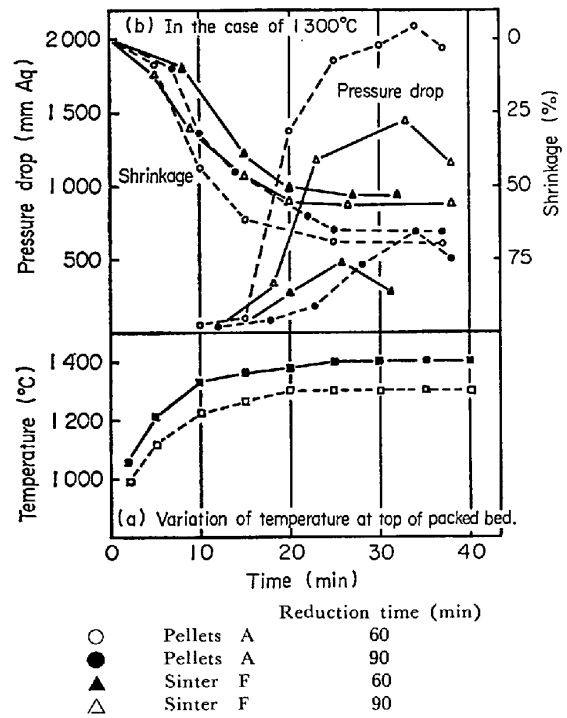


Fig. 2. Variation of temperature shrinkage and pressure drop of packed bed of pellets and sinter.

圧力損失値を測定するとともに、ダイヤルゲージによつて収縮率を測定した。

黒鉛製反応管で昇温しながら圧損を測定すれば、試料中の鉄酸化物による酸化および生成した金属鉄の浸炭により黒鉛の壁は浸食を受け圧損に誤差が生ずるおそれがある。そこで本実験では反応管を所定の温度に保持したのちに試料を投入し、短時間で設定温度にまで加熱する方法をとつた。試料投入後の昇温曲線は Fig. 2 (a) に示すとおりであつた。

3. 実験結果

3.1 充填層の収縮率および圧損

Fig. 2 (b) は実験結果の 1 例を示したものであり、予備還元した焼結鉱およびペレットを 1300°C に設定したるつぼ内に投入したのちの充填層の収縮率および圧損の

経時変化を表わしている。Fig. 2(a)と(b)を対比すれば充填層の温度が 1100°C 以上になると収縮率は急に大きくなるが、収縮率が約50%になつても圧損は100 mm Aq 以下となつていることがわかる。これは収縮率は大きい、まだ試料内部から溶融スラグが流出して充填層の粒子間空隙を満たしていないことによると考えられる。

1250°C をこえると圧損が急激に上昇するようになるが、この間に溶融したスラグの一部は充填層の粒子間空隙を満たし、一部は上部ロストルの上に吹き上げるようになり、圧損は最大値に達する。その後、スラグ中のFeOと黒鉛壁との反応による黒鉛壁の侵食ならびに融液の一部が吹き上げられるため、圧損は低下する。本実験では種々の試料の特性の1つとして通気抵抗を表示するために圧損の最大値を用いた。

3.2 還元率の影響

ペレットおよび焼結鉍の還元率と最大圧損との関係を見ると、Fig. 3に示したように、還元率が高いほど最大圧損は小さい。これは還元率が高いとFeO量が少ないため、低融点のスラグの流出量が少なく、充填層の粒子間空隙を十分に満たさないことによるものと考えられる。

3.3 粒度の影響

Fig. 3によれば、最大圧損は、ペレットの場合は粒子径によつてほとんど変わらないが、焼結鉍の場合は粒子径が小さくなると、ひじょうに大きくなる。焼結鉍は粒子径を10~15 mmから5~10 mmに小さくすることにより空隙率は0.62から0.55に減少することならびに表面形状が海綿状をしているため、圧損が高くなるものと

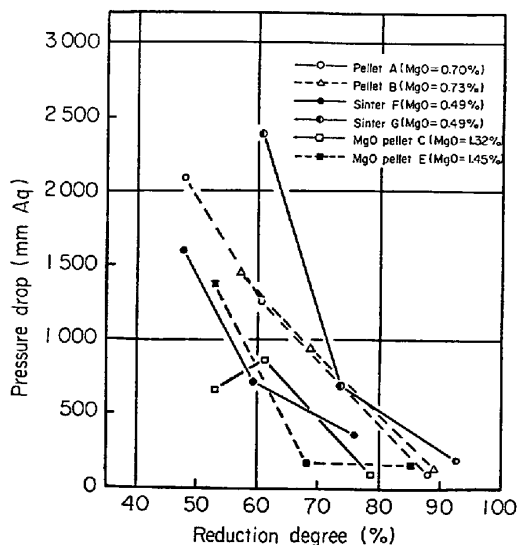


Fig. 3. Relation between reduction degree and maximum pressure drop at 1300°C .

考えられる。

以上の結果からペレットは粒子径を小さくしても、同一還元率で圧損が変わらないので、粒子径を小さくすれば、比表面積が増加し、高温でのMetallic shell生成による還元停滞の影響が小さくなり、還元率が高くなるので、圧損を低下させることができる。いつばう焼結鉍の場合はシャフト部での還元粉化により粒度が小さくなれば溶融帯において圧損に影響してくることも考えられる。

3.4 MgOの影響

実験に用いたMgO含有ペレットはMgO源としてドロマイトを添加して製造した粒径10~15 mmのペレットである。

1300°C における最大圧損と還元率との関係はFig. 3に示したとおりであるが、Fig. 3によれば、MgO含有ペレットは低還元率から高還元率にわたつて自溶性ペレットよりも圧損は小さく、とくに低還元率において著しく低下している。粒子径10~15 mmの焼結鉍の充填層の空隙率は0.62であり、ペレットのそれは0.48と小さいにもかかわらず、圧損は小さくなつてい。なお、MgO含有ペレットの収縮率は自溶性ペレットに比べて大きな差は認められなかつた。

4. 考 察

4.1 軟化・溶融帯における圧損

軟化・溶融過程における充填層の圧損の変化の原因はつぎのように大きく分けて考えることができる。

- 1) ペレットまたは焼結鉍の軟化による充填層空隙率の減少
- 2) 生成した低融点の液相が充填層空隙を満たし、さらに充填層上部に溢れ出る。
- 3) 充填層を構成する粒子が溶融する。

本研究の温度範囲におけるペレットまたは焼結鉍の充填層では、主に(1)~(2)の現象が生じており、(3)の現象はさらに高い温度になり生成したメタルが浸炭し、溶融点が低下して溶融する場合に相当する。

上述のような諸現象に対してペレットおよび焼結鉍の形状、粒子径、還元率、軟化性、スラグの融点、浸炭率および液相の粘度などが影響すると考えられる。

Photo. 1は自溶性ペレット(A)、MgO含有ペレット(C)および自溶性焼結鉍(F)を60 minおよび90 min間予備還元したのち、 1300°C で圧損を測定した試料の断面を示したものである。Photo. 1によれば、自溶性ペレットはペレット粒子の内部の未還元FeOがスラグとともに溶融し、ペレットの表面に流出してペレット粒子間空隙の一部を埋めており、ペレットの核芯部は空洞

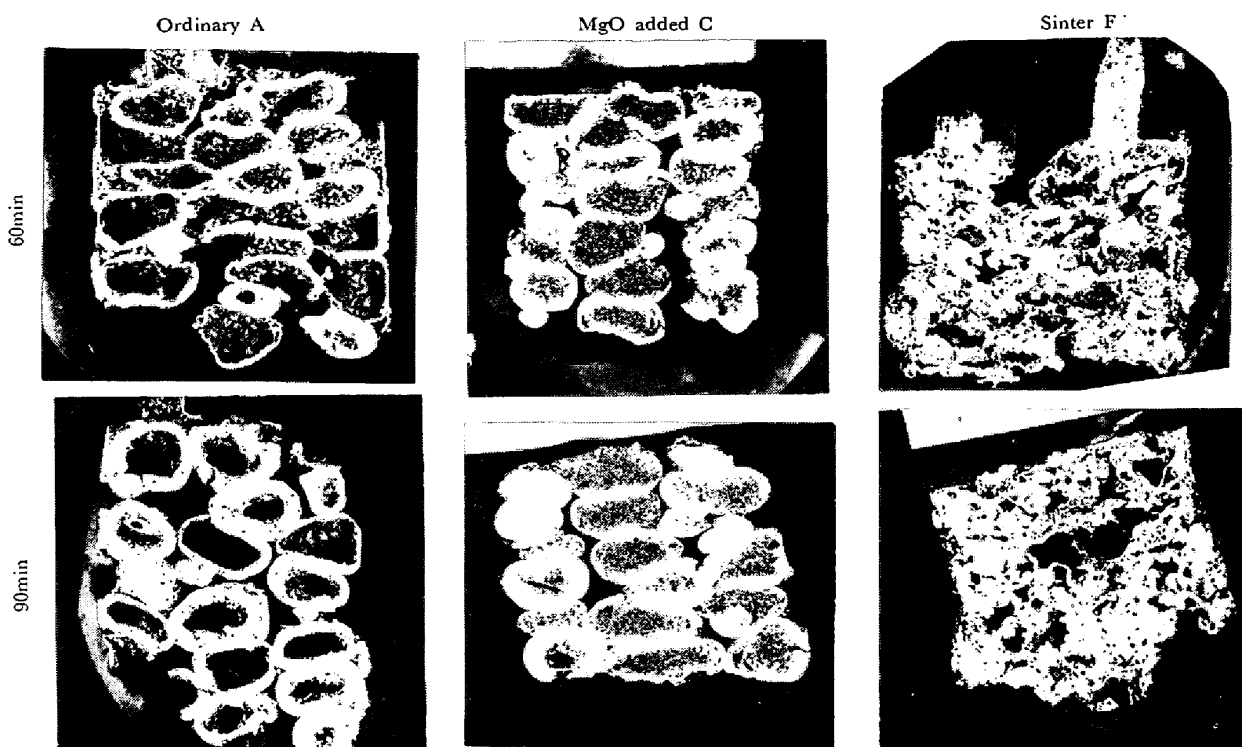


Photo. 1. Cross section of ores after the experiments at 1 300°C.

化していることがわかる。いつぼう、MgO 含有ペレットの場合は未還元核芯部は溶融しないで残留しておりペレット表面に融液が流出した形跡はほとんどみられない。この現象と先述の圧損の値を対比すれば、この温度範囲における圧損の上昇は未還元部分の溶融・流出による充填層の空隙の閉塞によるものであり、圧損に対して未還元核芯部の溶融温度が大きい影響をおよぼしているものと考えられる。

充填層の軟化・溶融帯の圧損は先に述べたように種々の因子が複雑に影響するため、数式で表示することはひじょうにむずかしいが、斧ら⁷⁾と同様に、(1)式により通気抵抗指数を求めた。ただし、層高は圧損が最大となるときの値を用いた。

$$\Delta P = K \cdot G^{1.7} \rho^{-1} \cdot \mu^{0.3} \cdot \Delta L \dots\dots\dots (1)^{11)}$$

ただし、

- ΔP : 圧力損失 (kg/m²)
- G : ガス空塔質量速度 (kg/m²·s)
- ρ : ガス密度 (kg/m³)
- μ : ガス粘性 (kg/m·s)
- ΔL : 微少高さ (m)
- K : 通気抵抗指数⁷⁾ (MKS 単位)

各試料について 1 300°C および 1 400°C で求めた K の値を Table 2 に示す。

高炉解体調査からも明らかなように、高炉の軟化・溶融帯の形状は複雑であり、また幾層も存在しているため

Table 2. Index of permeability resistance K of several kinds of burdens with different reduction degree.

| Brands | Reduction degree (%) | Index of permeability resistance | |
|--------------------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------|
| | | 1 300°C | 1 400°C |
| Self fluxed pellets (10~15 mm) | 48.8 | 4.39×10^5 | 4.00×10^5 |
| | 59.1 | 3.17×10^5 | 2.23×10^5 |
| | 76.9 | 2.02×10^4 | 1.16×10^5 |
| MgO added pellets (10~15 mm) | 52.9 | 1.64×10^5 | 3.29×10^5 |
| | 60.4 | 2.56×10^5 | 2.81×10^5 |
| | 78.8 | 2.68×10^4 | 1.07×10^5 |
| Self fluxed sinter (10~15 mm) | 52.7 | 3.34×10^5 | 2.97×10^5 |
| | 66.0 | 1.74×10^5 | 1.69×10^5 |
| | 82.1 | 7.72×10^4 | 8.02×10^4 |

に、このようにして求めた K の値を用いて高炉の通気抵抗を推算することはきわめてむずかしいが、つぎのような簡単な場合について通気抵抗を試算した。すなわち、直径が 14.2m、厚さ 150 mm のペレットのみの軟化・溶融帯において還元率が約 60% のペレットが内部に、約 45% のペレットが外周部に同心円状に同じ幅で分布している場合を想定し、この円板状の軟化・溶融帯の下から 1 300°C のガス (CO+N₂) が 7 760 Nm³/min で通過するものとするれば、自溶性ペレットの場合は $\Delta P = 0.0755 \text{ kg/cm}^2$ となり、また MgO 含有ペレットの場合

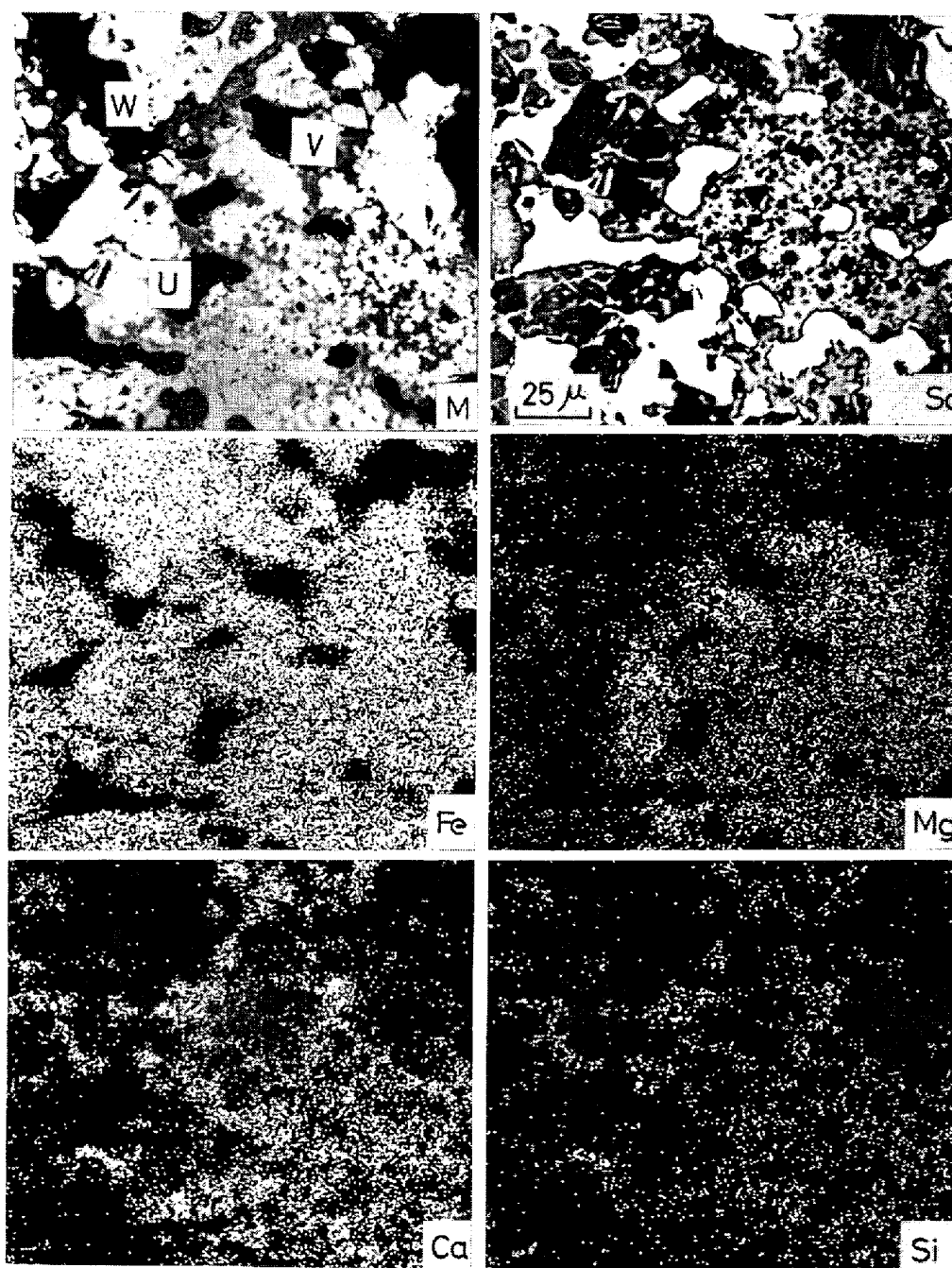


Photo. 2. Scanning images of characteristic X-ray of dolomite-mixed pellets.

合は $\Delta P = 0.034 \text{ kg/cm}^2$ となる。この結果から、自溶性ペレットおよび MgO 含有ペレットをそれぞれ装入して操業している高炉の送風圧にはかなりの差がでるものと推定される。

4.2 ペレット中の MgO の挙動

4.2.1 還元前の MgO 含有ペレットの顕微鏡組織

MgO 含有焼結鉍の顕微鏡組織に関する研究は数多く報告^{12)~16)}されているが、MgO 含有ペレットの顕微鏡組織に関する研究は比較的少ない^{17)~19)25)}。

Photo. 2 (M)および Photo. 3 (M)は還元前の MgO 含

有ペレットの代表的な顕微鏡組織を示したものである。

Photo. 2 (M)において、左上部には Hematite²⁰⁾ の白色の結晶 (W) があり、中央部には、灰色のマトリックス (V) 内に存在する大小の明灰色の組織 (U) が認められる。また、Photo. 3 (M)においては、左上部に短冊型の白色の Hematite 結晶 (W) とそれに接して明灰色の部分 (X) がみられ、また、中央部には白色の Hematite および Hematite 粒子間に明灰色ないし灰色の部分がみとめられる。なお、Photo. 2 および 3 において黒色部は気孔である。

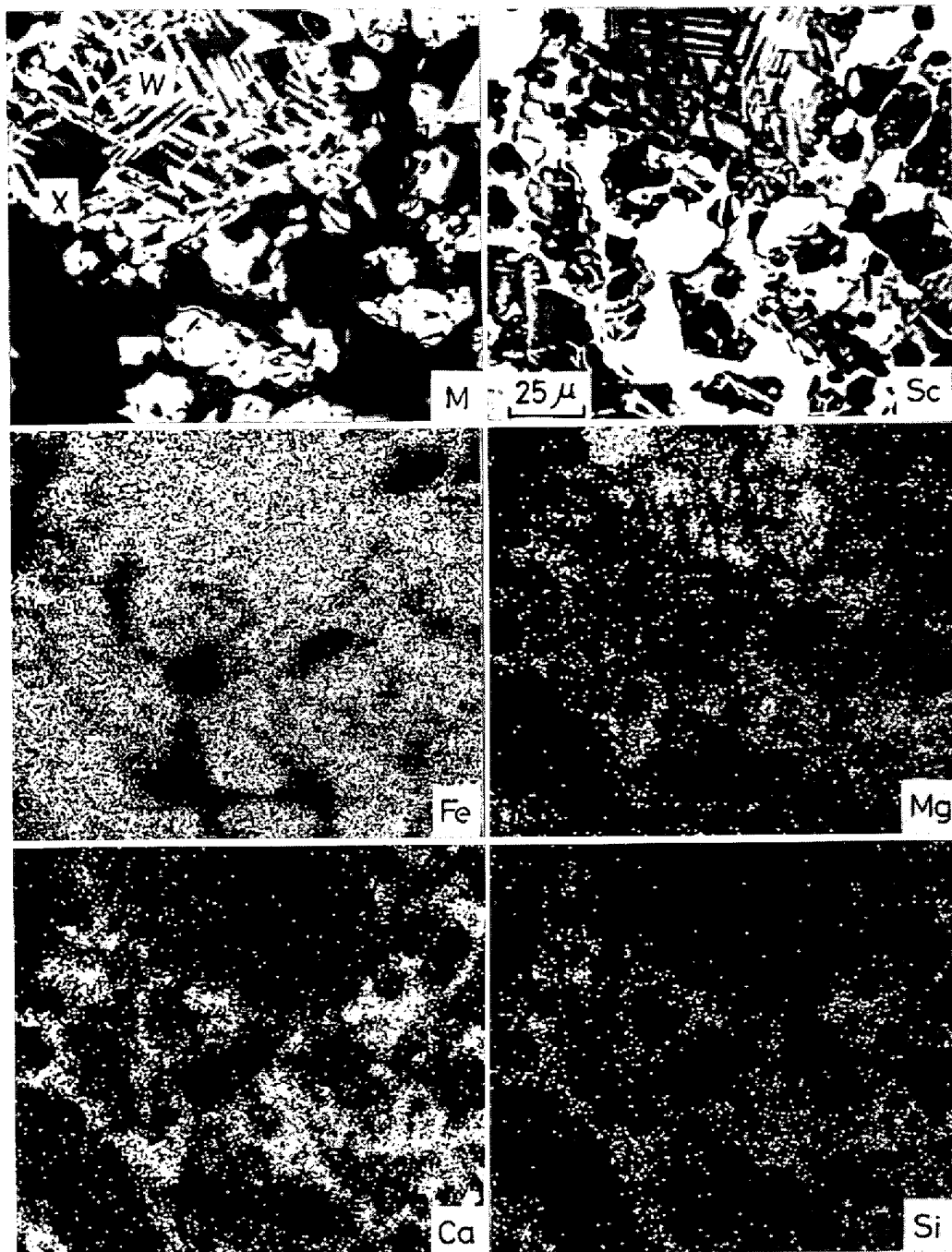


Photo. 3. Scanning images of characteristic X-ray of dolomite-mixed pellets.

Photo. 2 (M)および Photo. 3 (M) 中の明灰色部(U, X) および灰色部 (V) の鉱物相として, Magnetite, Ca-ferrite²⁰⁾ および Magnesio-ferrite が考えられるが, MgO を約 1.3% 含むペレットの顕微鏡組織に関する研究¹⁷⁾⁻¹⁹⁾は十分でないため, 顕微鏡組織のみで鉱物相を識別することはむずかしい. そこで, X線マイクロアナライザー (XMA) を用いて, Fe, Mg, Ca および Si の各元素の分布状態ならびに点分析による各種酸化物の定量を行ない, 鉱物相の識別と Mg の分布状態を明らかにした.

Photo. 2 (S.C), (Fe), (Mg), (Ca), (Si) は Photo. 2(M)に, また Photo. 3 (S.C), (Fe), (Mg), (Ca), (Si) は Photo. 3 (M) にそれぞれ対応する位置のXMAの電流像および特性X線像を示したものである. Photo. 2によれば, Photo. 2 (M) の中央にある明灰色 (U) および灰色 (V) の部分には, Fe が比較的均一に分布しているが, Mg は明灰色の部分 (U) に, Ca は灰色の部分 (V) に相対的に多く分布している. また, 少量の Si は灰色の部分 (V) に分布している. つぎに, Photo. 3によれば, Photo. 3 (M) の左上部にみられる白色 (W) と

Table 3. Analytical results of chemical composition in the sample pellets by X-ray microanalyzer.

| Photo. No. | Color of analysed phase | Sign | As oxide | | | | | | | |
|------------|-------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|--------------------------------|------------------|-------|
| | | | Fe ₂ O ₃ | Fe ₃ O ₄ | FeO | MgO | CaO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | Sum |
| Photo. 2 | Light grey | U | — | 72.0 | — | 1.5 | 2.8 | 2.4 | 3.0 | 81.7 |
| | Grey | V | 67.3 | — | — | 6.9 | 9.2 | 2.4 | 5.7 | 91.5 |
| | | | 63.9 | — | — | n.d | 13.6 | 6.8 | 9.5 | 93.8 |
| | | | 64.6 | — | — | 2.6 | 15.2 | 5.3 | 7.2 | 94.9 |
| Photo. 3 | White | W | 98.4 | — | — | n.d | 0.3 | 2.0 | 0.1 | 100.8 |
| | Light grey | X | — | 73.0 | — | 16.0 | 0.6 | 6.8 | n.d | 96.4 |
| Photo. 4 | Light grey (wustite) | Y | — | — | 89.8 | 3.2 | 0.4 | n.d | 0.2 | 93.6 |
| | Grey (slag) | Z | — | — | 94.7 | 1.6 | 0.2 | 0.6 | 0.1 | 97.2 |
| | | | | — | — | 9.1 | 2.6 | 39.7 | 20.0 | 28.3 |

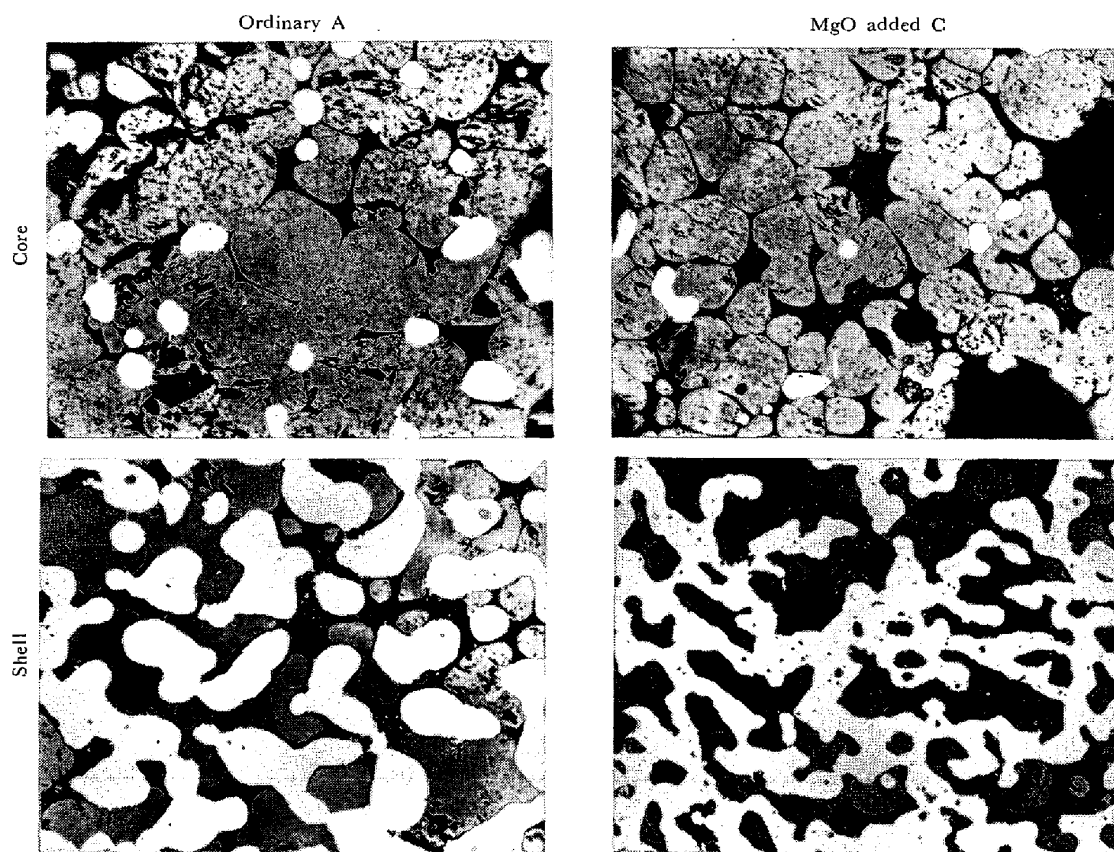


Photo. 4. Microstructure of pellets after the experiments at 1300°C. ×200

明灰色 (X) の部分が入り込んだ塊状組織には、Fe は均一に分布し、Mg は明灰色の部分 (X) に分布しているが、Ca および Si はこの部分にはほとんど存在していないことがわかる。

上述の U, V, W および X の部分について、XMA で点分析を行なった結果、各位置の酸化物の含有量は Table 3 に示したとおりである。Table 3 から明らかのように、Mg は Magnetite (U, X) または Ca-ferrite (V) 中に存在し、位置によつて、その含有量が異なっている。以上の結果から、Photo. 2 (M) および Photo.

3 (M) の明灰色の部分 (U, X) は Magnesio-ferrite (MgO·Fe₂O₃) と Magnetite (Fe₃O₄) の固溶体であり、また、Photo. 2 (M) の灰色の部分 (V) は MgO を含んだ Ca-ferrite と考えられる。なお、白色部 (W) は Hematite (Fe₂O₃) であることを確認した。

4.2.2 還元されたペレット中の MgO の役割

LKAB¹⁷⁾ は Hematite→Magnetite 変態および Ca-ferrite 結合相 (CaO·2Fe₂O₃, 2CaO·Fe₂O₃) の還元反応による強度低下に起因する高塩基度ペレットの還元初期における粉化現象は MgO の添加により抑制されるこ

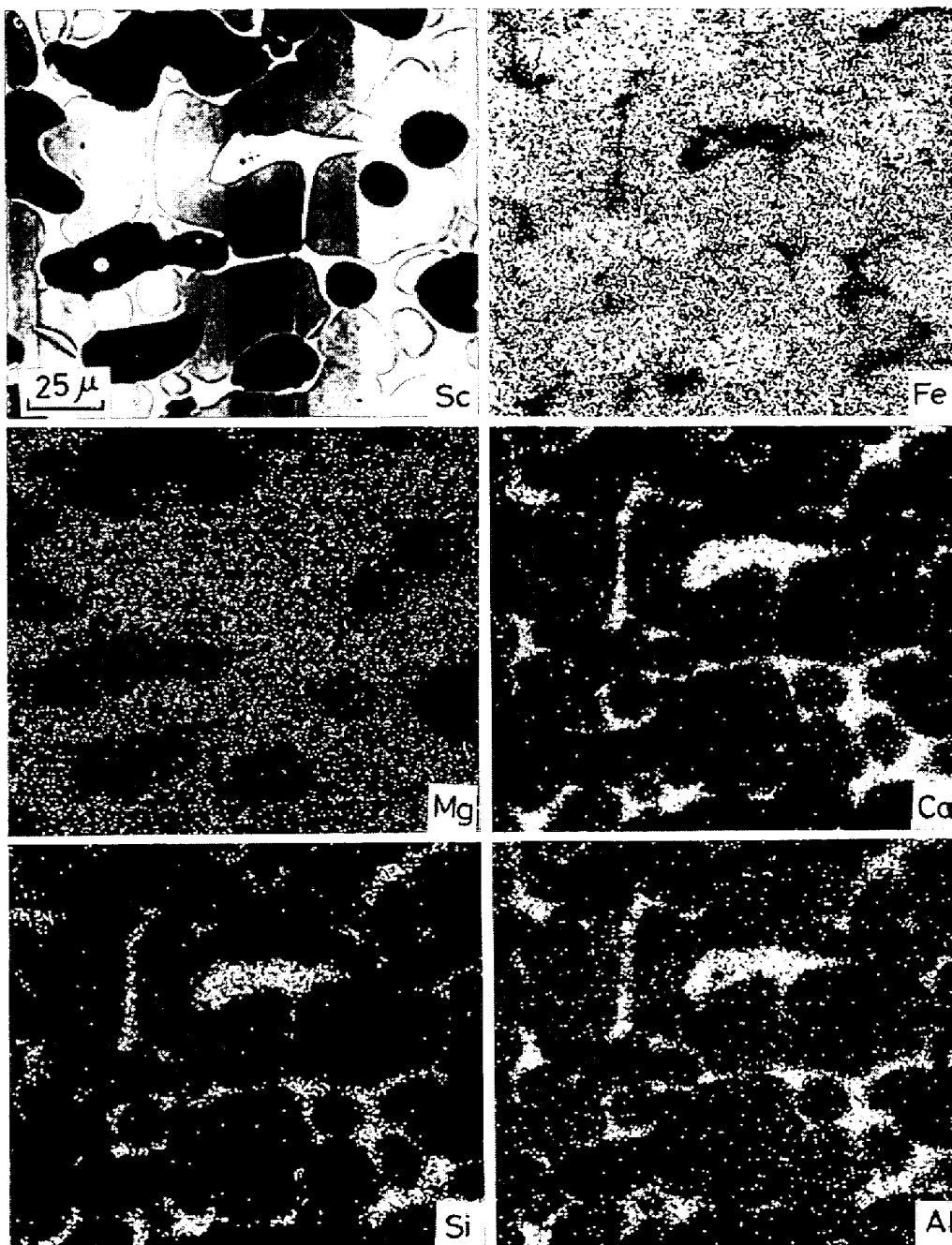


Photo. 5. Scanning X-ray images of characteristic X-ray of reduced dolomite-mixed pellets.

とを示している。すなわち、MgO はペレットの焼成過程において Magnetite 格子内に拡散し、Magnesio-ferrite ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, または $(\text{Mg} \cdot \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) を生成するが、これは酸化鉄粒界に生成し、強力な結合相として作用するとともに、いつぼう、Mg は Magnetite を安定化するため、焼成中に Hematite への酸化を抑制する。したがって、Magnesio-ferrite の部分は還元初期における Hematite \rightarrow Magnetite 変態が原因となる粉化は受け難いことを報告している。また、MgO はペレットの軟化溶融温度を高めることが報告^{17)~19)21)}されているが軟化溶融性などの高温性状については十分に検討され

ていない。そこで、以下 MgO 含有ペレットの還元・溶融過程における MgO の挙動について考察する。

Photo. 4 は還元率 48.8% のペレット A および還元率 52.9% の MgO 含有ペレットの核芯部および金属鉄殻部の顕微鏡組織を示したものである。Photo. 4 からわかるように、これらの部分には、Metallic iron, Wustite (Y) およびスラグ相(Z)が認められ、また MgO 含有ペレットの方が組織が細かくなっている。

Photo. 5 は還元率 52.9% の MgO 含有ペレットの核芯部 (Photo. 4, MgO pellet C, 60 min) に対応する部分の XMA 走査像を示したものであり、これによれ

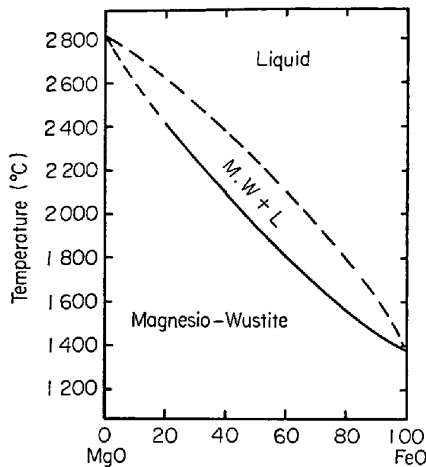


Fig. 4. System FeO-MgO in contact with metallic iron.

ば、Mg は Wustite およびスラグ相中に比較的均一に分布しており、Metallic iron 中にはほとんど存在していないことがわかる。また、Ca, Si および Al はほとんどスラグ相中に存在している。XMA の点分析によれば、Table 3 に示したように、Wustite (Y) 中の MgO 量は 1.6~3.2% であり、スラグ (Z) 中の MgO 量は 2.5% であつた。

以上の結果から、Mg は還元過程に一部はスラグに移行し、一部は Wustite に固溶して Magnesio-wustite を生成すると考えられる。Magnesio-wustite は、Fig. 4 に示した状態図から明らかなように、MgO 量が例えば約 3% 増すと液相線と約 90°C 高くなる。したがって、MgO 含有ペレットの場合、軟化・溶融過程において未還元核芯部が、通常の自溶性ペレットに比べて、流出し難い原因は、MgO を固溶した Magnesio-Wustite の溶融点の上昇によるものと考えられる。

5. MgO 含有ペレットによる高炉操業

MgO 含有ペレットの高炉操業試験は、ソ連において、1969 年頃から Magnitogorsk²²⁾ および Petrovskii²³⁾ の各

高炉で、またポーランドにおいて 1972~1974 年に Huta im Lenina¹⁸⁾ の高炉で実施されており、焼結鉱および酸性ペレットまたは従来の自溶性ペレット (MgO : 0.1~0.8%) を MgO 含有ペレット (MgO : 0.8~1.8%) に置換した結果、銑鉄の生産量の増加、コークス比の低減ならびに脱硫率の向上など良好な成績が得られたことを報告している。

当社では、1975 年 7 月から加古川 2 号高炉 (内容積: 3850m³) で MgO 含有ペレットを使用して操業し、以下に示すような良好な成績をおさめた。装入物配合割合はペレット約 35%、焼結鉱約 53% および塊鉱石類約 12% とし、この配合割合を変えずにペレット中の MgO 含有量を約 0.3% から約 1.7%²⁴⁾ まで次第に増加させて操業し、基準操業と MgO 含有ペレット使用時の炉況を比較した。

本稿では、基準期間(1)として、1975 年 4 月 22 日から 28 日の 7 日間、MgO 含有ペレット使用期間(II)として 1975 年 12 月 2 日から 8 日までの 7 日間の操業データを比較した。I および II の両期間に使用した焼結鉱およびペレットの主要特性値は Table 4 に示したとおりであつた。

Fig. 5 は期間 I および II における高炉操業の主要データを示したものであるが、Fig. 5 によれば、MgO 含有ペレットを使用した期間 II では炉況指数*は 10 程度で安定しており、V/P (送風量/送風圧) も基準期間 I の 1.55 から 1.65 になり、送風量を増すことができたため、出銑量は増加した。いつぼう、ペレットの溶融点が高いことにより、送風温度を約 50°C 高めることができたのでコークス比を平均 440 kg/t (重油比 53 kg/t) から平均 413 kg/t (45 kg/t) に低減することができた。

以上のように、MgO 含有ペレットの使用によつて、シャフト部の低温度領域に比べて、通気抵抗はるかに大きい高炉下部の軟化・溶融帯における通気抵抗を小さ

* 炉況指数: 1 min の送風圧力の変化を 1 h にわたつて平均した値。

Table 4. Characteristics of sinter and pellets used in blast furnace.

| Periods | Name of burdens | Chemical composition (%) | | | | | | Strength* | Porosity (%) |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|------|------------------|--------------------------------|-------|------|-----------|--------------|
| | | T. Fe | FeO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | | |
| Reference Apr. 22~Apr. 28 1975 | Sinter | 56.5 | 8.50 | 5.97 | 1.94 | 10.56 | 0.34 | 87.8 | — |
| | Pellets | 60.8 | — | 3.94 | 1.95 | 5.07 | 0.37 | 319 | 25.8 |
| Test Dec. 2~Dec. 8 1975 | Sinter | 55.9 | 7.80 | 5.84 | 2.09 | 10.43 | 0.46 | 86.9 | — |
| | Pellets | 60.0 | — | 4.38 | 2.01 | 5.68 | 1.10 | 332 | 25.6 |

Sinter : Shatter index (%) Pellets : Compression strength (kg/P)

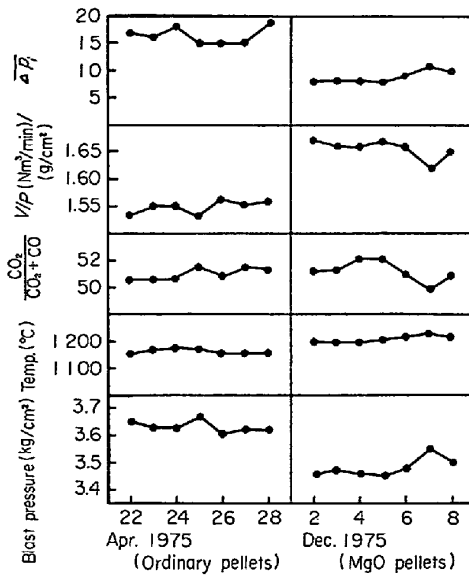


Fig. 5. Results of the blast furnace operation with MgO added pellets.

くすることができ、送風量の増大および送風温度の上昇が可能となり、高炉操業成績は良好となるものと考えられる。

6. 結 言

自溶焼結鉱、自溶性ペレットおよび MgO 含有ペレットについて、1300~1400°C までの軟化・溶融過程の通気抵抗を測定するとともに、MgO 含有ペレット中の MgO の存在状態を調べ、つぎのような結果を得た。

(1) 軟化・溶融過程にある充填層の圧損は未還元部分の溶融・流出により充填層の空隙を閉塞することにより著しく上昇する。

(2) 溶融過程の通気抵抗を低減するため、ペレットに MgO を添加することは効果的である。これはペレット内部の未還元核芯部の Wustite に MgO が固溶し、Wustite の溶融点を高めることによる。

(3) MgO 含有ペレットの還元前の顕微鏡組織並びに XMA 走査線像および点分析の結果から、Mg は Magnetite および Ca-ferrite 中に存在している。

文 献

- 1) 児玉惟孝, 斧 勝也, 堀尾竹弘: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 683
- 2) A. DECKER, A. POOS, and A. BRAGARD: CNRM, 10 (1967), p. 3
- 3) 神原健二郎, 萩原友郎, 重見彰利, 近藤真一, 金山有治, 若林敬一, 平本信義: 鉄と鋼, 62 (1976) 5, p. 535
- 4) 下村泰人, 西川 潔, 有野俊介, 片山 力, 肥田行博, 磯山 正: 鉄と鋼, 62 (1976) 5, p. 547
- 5) 佐々木稔, 斧 勝也, 鈴木 明, 奥野嘉雄, 吉沢謙一, 中村 隆: 鉄と鋼, 62 (1976) 5, p. 559
- 6) 佐々木寛太郎, 羽田野道春, 渡辺雅男, 下田輝久, 横谷勝弘, 伊東孝夫, 横井 毅: 62 (1976) 5, p. 580
- 7) 斧 勝也, 肥田行博, 重見彰利, 児玉惟孝: 鉄と鋼, 61 (1975) 6, p. 777
- 8) S. KONDO, M. SUGATA, and T. SUGIYAMA: ICSTIS, Section 1, p. 36-40
- 9) 成田貴一, 前川昌大, 金山宏志, 安永繁信: 鉄と鋼, 62 (1976) 11, S417
- 10) 成田貴一, 前川昌大, 志垣一郎, 関 義和: 鉄と鋼, 62 (1976) 5, S52
- 11) 児玉惟孝, 堀尾竹弘, 肥田行博: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 298
- 12) 佐々木稔, 榎本恒夫, 近藤真一, 中沢孝夫: 鉄と鋼, 59 (1973) 9, p. 1209
- 13) 中沢孝夫, 佐々木稔, 近藤真一: 鉄と鋼, 56 (1970) 4, S249
- 14) 小島鴻次郎, 永野恭一, 稲角忠弘, 品田功一: 鉄と鋼, 56 (1970) 4, S253
- 15) 八浪一温, 深谷一夫, 山田幸夫: 鉄と鋼, 56 (1970) 4, S257
- 16) 清水政治, 才野光男, 栗山 堯, 岡部依見, 植谷暢男: 鉄と鋼, 56 (1970) 4, S260
- 17) LKAB News, Special Report, Oct. 1974
- 18) B. BJÄRKVALL and P. A. ILMONI: Journées Internationales de Sidérurgie, 2-3, Oct, 1975
- 19) G. THANING: Iron making and Steelmaking, (1976) No. 2, p. 57
- 20) 焼結鉱組織写真および識別法: 日本学術振興会製鉄第 54 委員会
- 21) G. S. VASIL'EV, G. G. EFIMENKO, D. A. KOVALEV, E. I. SULIMENKO, and L. B. GAMAZOVA: Steel in USSR, June 1971, p. 415
- 22) V. P. BRATCHENKO, L. Ya. GAVRILYUK, N. M. KRYUKOV, A. L. GALATONOV, and E. A. YUSHIN: Steel in USSR, June 1972, p. 421
- 23) G. G. EFIMENKO, K. I. KATOV, I. I. DYSHLEVICH, A. M. ZHAK, and A. I. GURIN: Steel in USSR, May 1972, p. 335
- 24) 佐伯 修, 西田 功, 上仲俊行, 田中孝三, 池田耕一, 稲葉晋一, 沖本憲市, 小林 勲: 鉄と鋼, 62 (1976) 11, S54
- 25) 佐々木稔, 中沢孝夫, 近藤真一: 鉄と鋼, 53 (1967) 14, p. 1553