

焼結鋳融液生成に及ぼす アルミナ成分の影響と品質改善技術

細谷 陽三*・今野 乃光*・加太 茂久*²
北村 光章*²・阿部 哲也*³

Influence of Alumina Component on Melt Formation
in Sintering Process and Sinter Quality Improving Technology

Yohzoh HOSOTANI, Norimitsu KONNO, Shigehisa KABUTO, Mitsuaki KITAMURA and Tetsuya ABE

Synopsis : The bad influence of the Al_2O_3 component in sinter on the product yield and the sinter quality has already been verified through the experience acquired in the actual operation. It is also reported that much research has been conducted on a technology for minimizing this bad influence of the Al_2O_3 component in sinter.

A method to suppress the bad influence of the Al_2O_3 component on the product yield and the sinter quality was examined. The purpose of this method was to form a crystal embedding Al_2O_3 component in a silicate slag phase, while preventing a rise in the melting point due to the Al_2O_3 component.

The adoption of a method which mixes FeO raw material at a high rate in combination with the use of limestone coarser than that previously used has raised the product yield and improved the sinter quality as well. Further, with this method, a eutectic microstructure made up of "Magnetite+Fine calcium ferrite+Silicate slag" has been increased in sinter. The Al_2O_3 content in the eutectic microstructure is more than twice the average content of Al_2O_3 of the entire sinter. This condition is such that the Al_2O_3 component has been embedded in this eutectic microstructure. The increase in this eutectic microstructure of sinter has resulted in the improvement in the product yield and low-temperature reduction degradation index (RDI) of sinter.

Key words : agglomeration ; sintering process ; iron ore sinter ; limestone ; alumina component ; reduction degradation of sinter.

1. 緒言

ブラジル・カラジャス鋳石(低 Al_2O_3)の入荷で焼結鋳の Al_2O_3 割合が大幅に下がった欧州に比べて、 Al_2O_3 比が高い豪州産鋳石比率の高い日本鉄鋼業の焼結鋳中 Al_2O_3 含有割合は大きく変化することはないと言われている¹⁾。鉄鋳石産出地からの距離を考えると、低 Al_2O_3 の南米産鋳石を多量に購入することは今後も難しいと考えられる。

しかし Al_2O_3 の生産率や成品歩留、焼結鋳品質などへの悪影響は実操業で多く経験されており、①冷間強度の低下^{2,3)}②RDIの悪化³⁻⁷⁾③成品歩留・生産性低下³⁾などの例が報告されている。この原因として、①二次へマタイトへの Al_2O_3 固溶による結晶構造の乱れ^{4,8)}②粗大なカルシウムフェライトの生成による組織の脆弱化⁶⁾などが上げられている。また Al_2O_3 の焼結反応に及ぼす影響については、以下のような研究成果が報告されている。(1) Al_2O_3 が溶融すると高融点のカルシウムフェライトを生成し、融液不足になる。またカルシ

ウムフェライト融液から骸晶状へマタイトが生成する⁹⁾。(2) Al_2O_3 の増加により、粗大な気孔が増え、固体部のボンドが細くなる。 Al_2O_3 の増加で融液量が減少する¹⁰⁾。(3)融液に SiO_2 があると、 Al_2O_3/SiO_2 が低くなってへマタイトやカルシウムフェライトに Al_2O_3 が溶け難くなる(結晶歪み発生抑制)¹¹⁾。(4)高 Al_2O_3/SiO_2 化、高 CaO/SiO_2 化はともにF相($CaO \cdot SiO_2 - CaO \cdot 3(Fe, Al)_2O_3$ 固溶体)の生成を促進し、融液発生量を低下させ、焼結鋳組織の高密度化を阻害する¹²⁾。 Al_2O_3 が影響を及ぼすカルシウムフェライトの生成機構についても以下の報告がされている。(1)焼結の昇温過程でマグネタイト鋳石とシリケートメルトからカルシウムフェライト(針状)が生成し、高還元性雰囲気ではシリケートスラグとデンドライト状カルシウムフェライトの共晶組織が生成する¹³⁾。(2)カルシウムフェライトの形態は温度に依存し、①1350°C以上は板状②1300~1350°Cではデンドライト状または棒状③1300°C以下は針状になる¹⁴⁾。

これらの研究成果や実操業の経験に基づき、これまで実

平成8年11月14日受付 平成9年3月7日受理 (Received on Nov. 14, 1996; Accepted on Mar. 7, 1997)

* 新日本製鐵(株)プロセス技術研究所 (Process Technology Research Laboratories, Nippon Steel Corp., 20-1 Shintomi Futtsu 293)

* 2 新日本製鐵(株)名古屋製鐵所 (Nagoya Works, Nippon Steel Corp.)

* 3 北海製鐵(株) (HOKKAI Iron & Coke Corp.)

操業で実施されてきた、高 Al_2O_3 時の成品歩留低下、焼結鉱品質悪化を抑制する対策技術としては、粉コークス配合増や高層厚化(但し通気性改善対策が必要)、焼結鉱 SiO_2 増、配合原料微粉部分 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 管理強化などがある。その他に、①磁鉄鉱増配合²⁾②自己緻密化焼結法¹⁵⁾③選択造粒法¹⁶⁾④石灰石分割造粒法¹⁷⁾⑤ Al_2O_3 微粉分離法¹⁸⁾などが検討され、その一部が実用化されてきた。

以上の研究成果と高 Al_2O_3 の対策技術をまとめると、重要な点は以下のように考えられる。(1) Al_2O_3 は融液の融点を上昇させ、カルシウムフェライトを柱状化する傾向に働く。(2)融液の $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ が増加すると、晶出へマタイトとカルシウムフェライトの共存組織を増やす。(3) Al_2O_3 と Fe_2O_3 は結晶構造が同一で、 $(\text{Fe}\cdot\text{Al})_2\text{O}_3$ の固溶体形成が可能である。したがって Al_2O_3 の成品歩留、焼結鉱品質への悪影響を抑制する方法として、 Al_2O_3 による融液の融点上昇を防止しながら、同時に Al_2O_3 を多く固溶する結晶をシリケートスラグ中に生成させ、融液生成量を確保してへマタイトへの Al_2O_3 の固溶を抑制する方法を新たに検討した。

2. 実験方法

2.1 焼結鉱融液生成の改善方法の考え方

検討した Al_2O_3 対策技術の骨子は、①生成する融液の高融点化を防止する② Al_2O_3 を特定の結晶に封じ込める——の2点である。低融点のシリケートスラグの生成促進と Al_2O_3 を含有するカルシウムフェライトをシリケートスラグ中に晶出させるために、「FeO原料(スケール等)高配合+石灰石粗粒化」の組み合わせ法を考えた。まずシリケートスラグの生成を促進して融液中に Al_2O_3 を溶かし込み、その次に石灰石と反応させて融液中にデンドライト状カルシウムフェライトの結晶を生成させ、 Al_2O_3 をできるだけその中に固溶させることを意図している。シリケートスラグとこの結晶中には Al_2O_3 が多く含まれることになるので、へマタイトや柱状

カルシウムフェライトへの Al_2O_3 固溶による歪み発生を防止でき、また最初にシリケートスラグの生成を促進するので、カルシウムフェライト融液の融点上昇による融液不足等の悪影響も防止できると考えた。その考え方をFig. 1に示す。

FeO原料高配合には、①FeO増と層内 O_2 分圧低下による低融点のシリケートスラグ生成促進と②シリケートスラグ融液に Al_2O_3 を溶かすことにより、へマタイトなどへの Al_2O_3 の固溶を抑制することを期待した。石灰石粗粒化には①配合原料微粉部分の CaO/SiO_2 低下によりシリケートスラグの生成を促進し、②シリケートスラグと粗粒 CaO を反応させて局所的に高 CaO 領域を生成し、冷却時に融液中に Al_2O_3 を含むカルシウムフェライトを初晶として晶出させ、③さらに焼結ベッドの通気性を向上させるなどの役割を期待した。

2.2 鍋試験および工場実験の方法

2.2.1 鍋試験方法

通常の焼結鍋試験装置(内径300mm、高さ365mm、負圧10.8kPa、サンドシール法¹⁹⁾)を使用した。原料装入量は約35kgで、床敷鉱厚さは20mmとした。配合原料(平均粒度約2.2mm)の造粒はコンクリートミキサー(内径580mm ϕ 、30r.p.m. \times 3min.)で行った。排ガス中の CO_2 、 CO 、 NO_x の変化は赤外線分析法で測定し、 O_2 の変化は磁気式分析法で測定した。

成品歩留は2mの高さから5回落下させたのち5mm以上を成品量として、全焼成量から床敷量を引算した値で割り算し求めた。Tumble index(以下TI)は、試料(50~25mmが11.5kg、25~10mmが11.5kg)を24r.p.m.で200回転させたのち、10mm以上の割合を計算し求めた。RDIは製鉄部会法、RIはJIS法で測定した。

2.2.2 工場実験方法

名古屋1焼結機(182 m^2)と名古屋3焼結機(280 m^2)で工場実験を実施した。配合原料中のFeOの増加は、スケール配合に加えてマグネタイト系鉱石の配合増で対処した。また石灰石の粗粒化は、Fig. 2に示すように石灰石破碎プラント

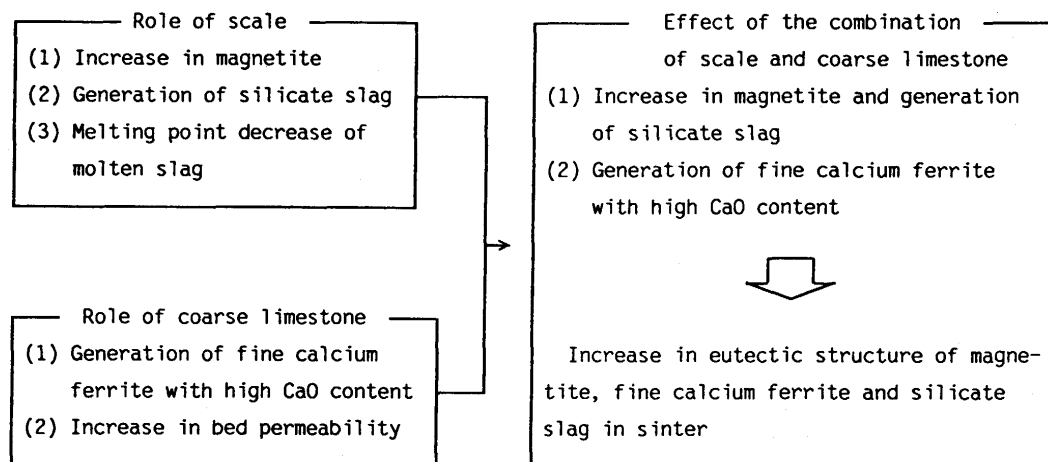


Fig. 1. Effect of the combination of scale and coarse limestone.

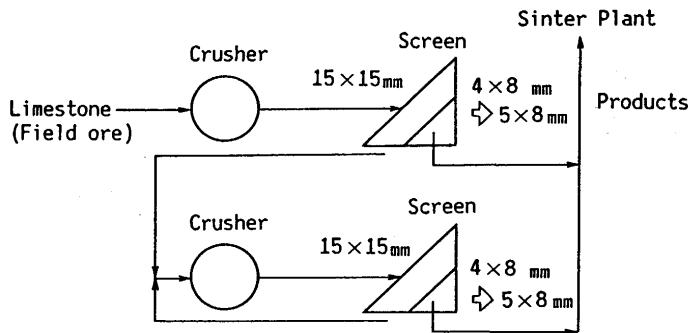


Fig. 2. Schematic flow of the limestone crushing apparatus.

の最終篩の網目を4×8mmから5×8mmに順次拡大して行った。石灰石の平均粒度は1.84mmから1.99, 2.16mmに増加させることができた。

3. 実験結果および考察

3・1 鍋試験結果および工場実験結果

3・1・1 鍋試験結果

「FeO原料高配合+石灰石粗粒化」の組み合わせ法の効果をまず鍋試験で検証した。FeO原料としてスケール(成分：T.Fe 77.6mass%, FeO 46.1mass%, SiO₂ 0.7mass%, Al₂O₃ 0.4mass%)を使用し、石灰石粗粒化については1mm未満の微粉を除去して平均粒度を1.0mm(1.7→2.7mm)上昇させた。スケール配合時も焼結鉍Al₂O₃レベルが一定になるように低Al₂O₃鉍石配合比を変化させた。焼結鉍SiO₂は5.7mass%, CaO/SiO₂は1.9一定とした。

鍋試験結果をTable 1に示す。まずスケールのみを10%配合すると、歩留は向上したが、焼結時間が延びて生産率が低下し、その結果RDIもやや悪化した。スケールの酸化熱分は粉コークス配合比を低下させたので、シンターケーキの通気孔が減少して通気性が悪化したことも考えられる。FeO原料高配合時は通気性改善対策を組み合わせることが重要といえる。石灰石粗粒化では、生産率向上とRDI改善の効果がみられた。しかし成品歩留、NO_x排出量が悪化した。「スケール10%増+石灰石粗粒化」の組み合わせ法では、成品歩留向上とTI向上、RDI向上の効果がみられた。またNO_x排出量はベース(通常配合)並の値であった。

焼結鉍組織は、ベースと石灰石粗粒化はカルシウムフェライト(以下CFと称す)とマグネタイト、ヘマタイト、スラグ(少量)の共存組織が多いのが特徴であった。CFは柱状が主体であった。それに対して、スケール10%配合ではマグネタイトが増え、スラグがよく発達してCFが細くなり、スラグ中に晶出型の微細CF(以下微細CF)が浮かぶ組織もみられた。スケール10%配合と石灰石粗粒化の組み合わせでは、「マグネタイト+微細CF+スラグ」の共存組織がさらに目立つようになった。

Table 1. Results of sintering pot test using scale and coarse limestone.

| | Base | Test I | Test II | Test III |
|--|-------------|-------------|------------|------------|
| Scale ratio* of raw materials (mass%) | 0 | 10 | 0 | 10 |
| Mean size of limestone (mm) <under 1mm (mass%)> | 1.7 <45> | 1.7 <45> | 2.7 <0> | 2.7 <0> |
| Productivity (t/(h·m ²)) | 1.68 | 1.55 | 1.76 | 1.72 |
| Product yield (%) | 74.3 | 80.0 | 73.1 | 76.9 |
| Tumble index (%) | 50.2 | 48.3 | 48.2 | 54.5 |
| RDI (%) | 27.5 | 30.0 | 24.6 | 26.0 |
| JIS-RI (%) | 65.8 | 65.5 | 66.8 | 66.3 |
| FeO in sinter (mass%) | 6.3 | 8.6 | 6.1 | 7.9 |
| NO _x (O ₂ :15%)** (ppm) | 182 | 176 | 202 | 189 |

* Note: Without coke breeze and return sintered fine.

** NO_x(O₂:15vol%):Value corrected at 15vol% of oxygen concentration of exhaust gas.

Table 2. Sintering performance at Nagoya No.1 Sintering Plant.

| | Base | Test A |
|--|------|--------|
| Scale ratio of raw materials (mass%) | 5 | 10 |
| Coke ratio of raw mix (mass%) | 3.7 | 3.5 |
| Productivity (t/(24h·m ²)) | 37.5 | 37.9 |
| Product yield (%) | 78.6 | 79.4 |
| Tumble index (%) | 68.4 | 69.3 |
| RDI (%) | 28.2 | 27.0 |
| JIS-RI (%) | 64.3 | 64.0 |
| FeO content in sinter (mass%) | 7.2 | 7.5 |
| Al ₂ O ₃ content in sinter (mass%) | 1.99 | 1.92 |
| CaO/SiO ₂ of sinter (-) | 2.01 | 1.98 |

3・1・2 工場実験結果

(1) スケール配合比増の実験結果

182m²の焼結機で行ったスケール配合比増の5回の実験結果のまとめをTable 2に示す。スケール5%増(配合比5→10%)で、鍋歩留0.5%向上、TI0.4%向上、RDI0.5%改善の効果を確認することができた。NO_x発生量も低減する傾向がみられた。FeOはやや増加した。焼結鉍組織はマグネタイト、シリケートスラグ増とCFの微細化が特徴であった。鍋試験でみられたRDI悪化は、実機試験ではみられなかった。通気性が維持されたためと考えられる。

(2) 「FeO原料高配合+石灰石粗粒化」の組み合わせ法の実験結果

石灰石破碎プラントの網目を変更して石灰石を粗粒化し、「FeO原料高配合+石灰石粗粒化」の組み合わせ法の工場実験を1ヶ月単位で280m²の焼結機で実施した。スケール配合に加えてマグネタイト系鉍石(クドレムクPFなど)の配合増

で新原料中のFeO成分を増加させた。Table 3に工場実験結果を示す。まず通常操業期間と試験期間Bを比較すると、新原料中FeO増(2.95→3.41%)と石灰石粗粒化(平均粒度1.84→1.99mm)、コークス・生石灰配合増により、成品FeOが大幅に増加(5.93→8.40%)してRDIが改善(35.4→29.7%)される結果を得た。但し、生産率が大幅に増えているので(34.7→38.7t/d/m²)、成品歩留はやや低下(82.6→81.9%)し、TIも悪化(67.0→64.4%)した。

さらに試験の期間Bと期間Cを比較すると、新原料中FeO増(3.41→5.22%)と石灰石粗粒化(平均粒度1.99→2.16mm)により、成品FeOはむしろ低下(8.40→8.04%)したにもかかわらず、RDIがさらに改善(29.7→28.2%)された。また、生産率がさらに増える悪条件下(但し、CaO/SiO₂増の効果あり)であったが(38.7→39.8t/d/m²)、成品歩留は1.3%改善され(81.9→83.2%)、TIは横這い(64.4→64.2%)で推移した。

Table 3. Sintering performance at Nagoya No.3 Sintering Plant.

| | Base | Test B | Test C |
|--|------|--------|--------|
| Period (d) | 30 | 30 | 31 |
| FeO ratio of raw materials (mass%) | 2.95 | 3.41 | 5.22 |
| Mean size of limestone (mm) | 1.84 | 1.99 | 2.16 |
| Productivity (t/(24h·m ²)) | 34.7 | 38.7 | 39.8 |
| Product yield (%) | 82.6 | 81.9 | 83.2 |
| Coke breeze consumption (kg/t-s) | 46.5 | 51.8 | 46.1 |
| Quicklime consumption (kg/t-s) | 5.3 | 23.9 | 22.2 |
| Tumble index (%) | 67.0 | 64.4 | 64.2 |
| RDI (%) | 35.4 | 29.7 | 28.2 |
| JIS-RI (%) | 67.1 | 66.2 | 66.1 |
| FeO content in sinter (mass%) | 5.93 | 8.40 | 8.04 |
| Al ₂ O ₃ content in sinter (mass%) | 1.85 | 1.81 | 1.82 |
| CaO/SiO ₂ of sinter (-) | 1.79 | 1.90 | 2.06 |

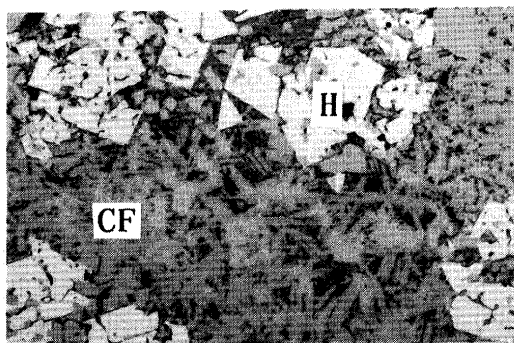
通常操業と試験操業の代表的な焼結鉱組織をFig. 3に示す。試験操業になると、「マグネタイトならびに「マグネタイト+微細CF+スラグ」共存組織が増加することができた。

3・2 光学顕微鏡観察およびEPMA分析

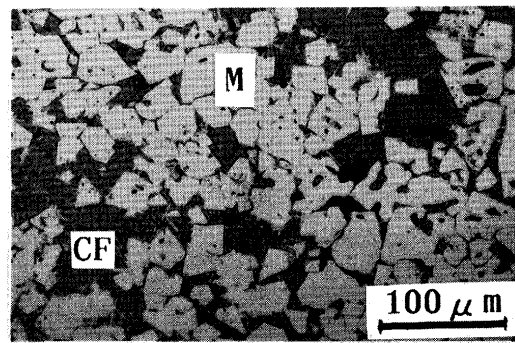
3・2・1 アルミナ(Al₂O₃)の焼結鉱組織に及ぼす影響(光学顕微鏡観察結果)

実操業において、Al₂O₃割合が1.8mass%と1.6mass%の2種類の焼結鉱を比較すると、①Al₂O₃1.8mass%の方はCFが太く、「柱状CF+ヘマタイト(骸晶状が多い)」の共存組織が目立ち、粗大気孔も多い②Al₂O₃1.6mass%の方は針状CFが目立ち、「針状CF+ヘマタイト(元鉱から分離したヘマタイトが多い)」の共存組織が主体になり、小さな気孔が多いといった特徴がみられた。この結果から、Al₂O₃割合増加の焼結鉱組織に与える影響は①CFの柱状化②ヘマタイトの増加③「柱状CF+ヘマタイト」共存組織増加と推定される。この組織変化は層内の温度上昇を示していると推定されるので、Al₂O₃割合増加で成品歩留やRDIが悪化するの①融液の融点上昇、流動性低下による鉱石粒子間の融液不足(成品歩留低下)②層内温度上昇による「柱状CF+ヘマタイト」共存組織増(RDI悪化)が原因の一つとして考えられる。

Fig. 4に、鍋試験で得られた「マグネタイト+微細CF+スラグ」共晶組織の代表的な組織とX線マイクロアナライザーの分析結果の一例を示す。スケール配合増でマグネタイトが増えてCFが細くなり、スケール配合増に石灰石粗粒化を組み合わせると、「マグネタイト+微細CF+スラグ」共晶組織をさらに増加させる傾向にある。高Al₂O₃の欠点の一つと考えた①CFの柱状化②ヘマタイトの増加③「柱状CF+ヘマタイト」共存組織の増加は、FeO原料高配合と石灰石粗粒化の組合せで抑制できる可能性がある。Fig. 4に示すように、生成スラグもガラス状でなく結晶質スラグになっているので、強度や成品歩留の低下が防止されていると推定する。



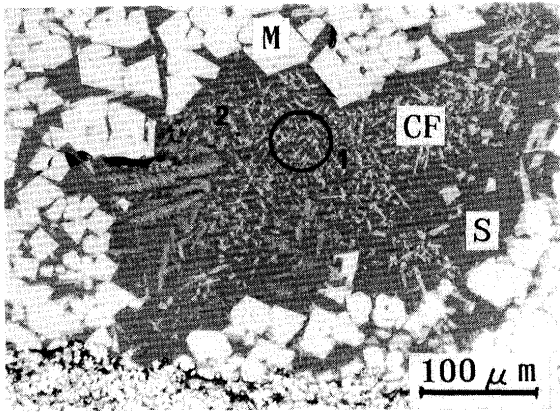
Ordinary operation



Test operation

M : Magnetite
H : Hematite
CF : Calcium ferrite

Fig. 3. Microstructures of sinters.



Composition calculated based on EPMA result (mass%)

| | SiO ₂ | CaO | Al ₂ O ₃ | MgO | Iron oxide |
|-----|------------------|------|--------------------------------|------|------------|
| 1* | 30.6 | 32.8 | 5.63 | 0.22 | 29.5 |
| 2** | 14.3 | 17.4 | 6.19 | 0.37 | 60.8 |

M : Magnetite
CF : Calcium ferrite
S : Silicate slag

* : Analysis of area 1 (Calcium ferrite and slag)
** : Analysis of region 2 (Calcium ferrite)

Fig. 4. Photomicrograph showing the eutectic structure of sinter.

石灰石粗粒化には、融液の低塩基度化によるシリケートスラグ生成促進とCaO濃度の高い微細CF生成を促進する効果があると考えられる。このため、「マグネタイト+微細CF+スラグ」組織の生成が一段と促進されたと考える。

本組織の増加する理由を大友ら²⁰⁾の考え方に従うと、焼結層内の酸素分圧(Po₂)が低下したことがまず考えられる。昇温過程でヘマタイトの一部は一度マグネタイトに変化するが、スケールやマグネタイト鉍石はマグネタイトに変化する必要がないので、層内の還元力とその分維持され、酸素分圧が低下すると推定する。それに加えてスケール中のFeOには、FeO-SiO₂系のシリケートスラグの生成を促進して、融液の融点を低下させる効果があると考えられる。

3.2.2 スラグ中に浮かぶ微細結晶(EPMA解析結果)

Fig. 4に示すように、「マグネタイト+微細CF+スラグ」共晶組織のAl₂O₃含有量を分析した結果では、この共晶組織のAl₂O₃含有量は焼結鉍平均割合の2倍以上であり、Al₂O₃成分が封じ込められた状態になっているのが分かった。Fig. 4に示す2の結晶は、CaO-酸化鉄系の2元状態図(Fig. 6)、CaO-SiO₂-酸化鉄系の3元状態図ならびに酸化鉄(Fe)については2価、3価を同定できないので、ここではFe₂O₃として表示)の含有量などから判断して、CFと考えた。微細CFの結晶の組成はヘミカルシウムフェライト(CaO・2Fe₂O₃)よりモノカルシウムフェライト(CaO・Fe₂O₃)に近いと考えられ、CaOが高くFe₂O₃が低い特徴を持っている。通常のカルシウムフェライトの生成機構とは違い、低Fe₂O₃濃度のスラグ融液から晶出したデンドライト状のカルシウムフェライトと推定している。

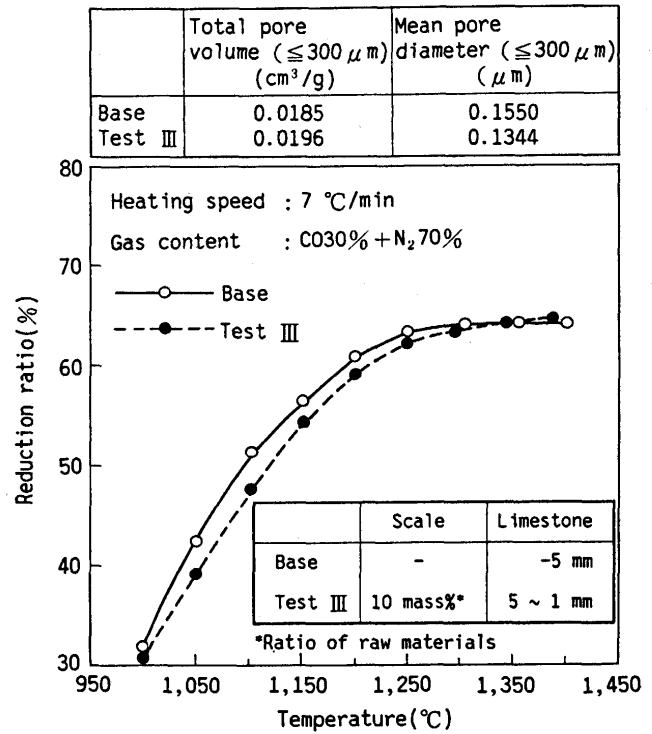


Fig. 5. Reduction behavior of pot test sinter above 1000°C.

なお、鍋試験焼結鉍の1000°C以上の高温還元性についても評価した²²⁾。Fig. 5に示すように、「マグネタイト+微細CF+スラグ」共晶組織の多い焼結鉍は1200°Cまでの還元性は劣るが、それ以上の温度で通常焼結鉍に追いつく結果が得られた。Fig. 5に示すように、水銀ポロシメーターによる測定では300μm以下の気孔量は増加し、平均気孔径は小さくなる結果を得た。詳細の還元機構は今後の課題であるが、小気孔の分散ならびに増加の効果²¹⁾などが大きいと推定される。

3.3 焼結鉍融液生成経路の変化

Fig. 6にCaO-酸化鉄系の2元状態図²²⁾を示す。通常の焼結法では、一般的にFe分の高いA系統の融液から凝固すると考えられる。マグネタイトやヘマタイトを晶出しながら、包晶反応でヘミカルシウムフェライトを晶出するので、「柱状CF+ヘマタイト」の共存組織が出やすいと考えられる。一方、「マグネタイト+微細CF+スラグ」共存組織中の微細CF(モノカルシウムフェライトに近い)はCaO濃度が高いので、この場合はFe分の低いB系統の融液から凝固したと考える。FeO増でカルシウムシリケート系融液(β)が出やすくなり、Fe濃度の低い融液と粗粒石灰石が反応して、融液中にCaO濃度の高い微細CFを晶出させながら凝固したと推定する。モノカルシウムフェライトは高温では存在しにくい²³⁾ことから、この微細CFは低温側で晶出したことが考えられる。

このように融液生成経路が変わるために焼結鉍組織が変化したと推定しているが、今後さらに詳細な焼結鉍組織生成機構の検討が必要である。

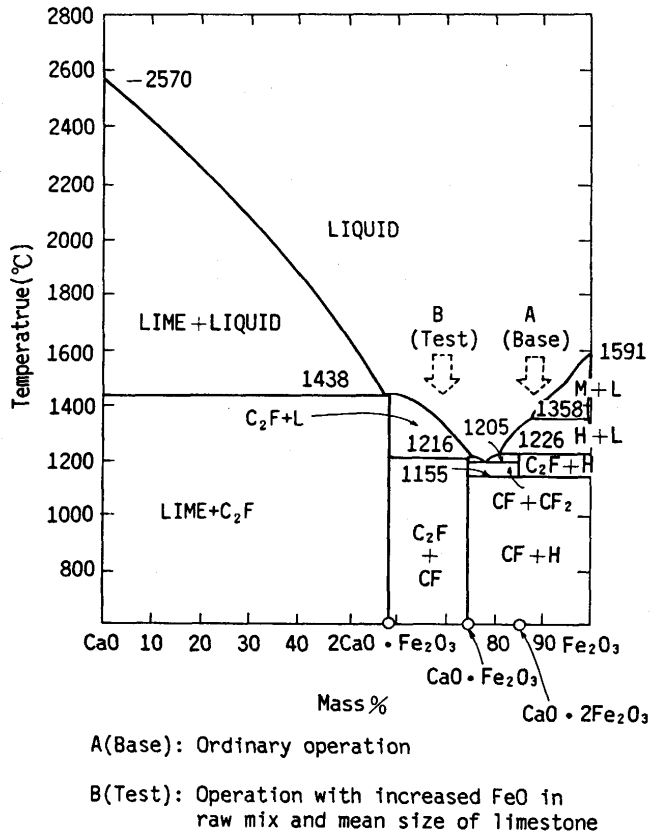


Fig. 6. Diagram of cooling process in Fe_2O_3 -CaO system in air²²⁾.

3・4 低RDI・高FeO焼結鉱の製造

高炉の高出鉄比操業時(出鉄比 $2.5\text{t}/\text{d}/\text{m}^3$)を支えるために名古屋3焼結機で低RDI・高FeO焼結鉱を製造した。まずスケールやマグネタイト鉱石(クドレムクPFなど)の配合を増加させた。さらにコークス配合比増と通気性改善のための生石灰配合比増により、焼結層内温度分布を最高温度をやや上昇させた急冷型のパターンにした。それらの組み合わせでFeOレベルを8%前後まで上昇させて、RDIを改善した。RDIは30%前後を長期に安定して推移することができ、高炉の安定操業²⁴⁾に貢献することができた。この操業時の焼結鉱組織を顕微鏡観察すると、これまで説明した「マグネタイト+微細CF+スラグ」共存組織が増加していた。

なお焼結鉱の SiO_2 を低減すると、成品歩留やRDIが悪化する事は良く知られている。その場合、FeO- SiO_2 系スラグは低 SiO_2 でも容易に生成する可能性があるため、高FeO原料使用は適正 SiO_2 を低 SiO_2 側に移動できる可能性がある。低スラグ焼結鉱を指向する場合は、高FeO原料多量配合や石灰石粗粒化、そしてそれらの組み合わせなどがより重要になってくると推定する。

4. 結言

Al_2O_3 の生産率や成品歩留、焼結鉱品質への悪影響を抑制する対策として、「マグネタイト+微細カルシウムフェライト

+スラグ」組織の造り込み技術(「FeO原料高配合+石灰石粗粒化」の組み合わせ法)について鍋試験ならびに工場実験で検討し、以下の結論を得た。

(1)「マグネタイト+微細カルシウムフェライト+スラグ」組織の造り込みで、 Al_2O_3 の成品歩留、焼結鉱品質への悪影響を抑制できる。「FeO原料高配合」法と「FeO原料高配合+石灰石粗粒化」組み合わせ法は本組織を増加させ、成品歩留向上や焼結鉱品質向上、 NO_x 低減効果をもたらす。さらに「FeO原料高配合+石灰石粗粒化」組み合わせ法は、この組織をより増加させ、生産性を維持する。

(2)「マグネタイト+微細カルシウムフェライト+スラグ」組織中には、 Al_2O_3 が焼結鉱平均割合の2倍以上含有されることをEPMA分析で確認した。本組織の「微細カルシウムフェライト+スラグ」中に Al_2O_3 が封じ込められた状態になるので、 Al_2O_3 の成品歩留、焼結鉱品質への悪影響を抑制できると考えられる。

(3)「FeO原料高配合+石灰石粗粒化」の組み合わせ法の工場実験で、成品歩留1.3%向上、RDI1.5%改善などの効果を確認した。

文 献

- 野坂庸二, 細谷陽三: 鉄と鋼, 75 (1989), 1957.
- 安藤 遼, 長岡清四郎, 山岡洋次郎: 鉄と鋼, 58 (1972), S48.
- 安元邦夫, 尾形定男, 山下良一, 山本一博: 鉄と鋼, 66 (1980), S697.
- 菅原欣一, 清水 亮, 川頭正彦: 鉄と鋼, 57 (1971), S385.
- 佐々木稔, 榎戸恒夫, 近藤真一, 中沢孝夫: 鉄と鋼, 59 (1973), 1209.
- 松野二三郎, 錦田俊一, 池崎寿志: 鉄と鋼, 69 (1983), S119.
- 井上勝彦, 林 秀高: 鉄と鋼, 68 (1982), S89.
- 松野二三郎, 原田武男: 住友金属, 31 (1979)1, 1.
- 郷野雅之, 鈴木章平, 春名淳介, 高崎 誠, 佐藤勝彦: 学振54委-1583, 物測-5614, (昭和57年2月).
- 川口卓也, 稲角忠弘, 笠間俊次, 佐藤勝彦: 材料とプロセス, 3 (1990), 1066.
- 坂本 登, 福与 寛, 岩田嘉人, 宮下恒雄: 鉄と鋼, 70 (1984), 512.
- 井上勝彦, 林 秀高, 吉岡邦宏, 高橋 佐: 神戸製鋼技報, 34 (1984)4, 22.
- Li-Heng Hsieh and J.A. Whiteman: ISIJ Int., 29 (1989), 625.
- R.A. Button and P.A. Lundh: Ironmaking Steelmaking, 16 (1989)3, 151.
- 肥田行博, 岡崎 潤, 中村圭一, 上川清太, 葛西直樹: 鉄と鋼, 78 (1992), 1021.
- 芳我徹三, 大塩昭義, 福田 一, 上川清太, 香川正浩, 吉本博光: 鉄と鋼, 71 (1985), S805.
- 川口尊三, 栗山和益, 佐藤 駿, 高田耕三: 鉄と鋼, 76 (1990), 1642.
- 山本哲也, 前田久紀, 黒川 博, 小島 清, 春名淳介: 鉄と鋼, 73 (1987), S768.
- 相馬英明, 和島正巳, 細谷陽三, 田代 清: 鉄と鋼, 68 (1982), 2200.
- 大友崇穂, 葛西栄輝, 大森康男: 鉄と鋼, 72 (1986), S86.
- 今野乃光, 細谷陽三, 山口一良, 折本 隆, 稲角忠弘: 学振54委-No.2056, (平成8年1月).
- A. Muan and E.F. Osborn: Phase Equilibria among Oxides in Steelmaking, ed. by A. Muan *et al.*, (1971), 81.
- P.R. Dawson, J. Ostwald and K.M. Hayes: Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. C: Mineral Process. Extr. Metall.), 94 (1985), C71.
- 今野乃光, 汐田晴是, 高松信彦, 藤原保彦, 内藤誠章: 材料とプロセス, 6 (1993), 18.