

(4) ペレットのヘマタイト結合機構に関する研究

八幡製鉄東京研究所

理博 近藤 真一・佐々木 稔
○中沢孝夫・伊藤 薫

Study on the Hematite Bonding Mechanism in Firing of Pellet

Dr. Shin-ichi KONDO, Minoru SASAKI
Takao NAKAZAWA and Kaoru ITO

1. 緒 言

ペレットのヘマタイト結合は、酸化鉄粒子が固相状態で焼結して進むものであるから、当然焼成過程での微粒子の役割りが決定的となる¹⁾。したがってペレットの諸性質もその微粒子の含有量によって大きく影響されることが予想される。これを明らかにすることは、ヘマタイト結合機構を解明するだけでなく、高強度で被還元性の良好なペレットを製造する上で重要な知見を得ることにもつながる。このような目的から高純度のヘマタイト鉱石を原料としたペレットの焼成機構について検討した結果を以下に報告する。

2. 供試鉱石および造粒

高純度ヘマタイト鉱石としてブラジル鉱石 (T.Fe 69.62 as Fe₂O₃ 99.54, SiO₂ 0.34, Al₂O₃ 0.21) を選び、これを種々の条件で粉碎して粒度を変えた 9 種類の原料粉とした。その粒度構成は、すべて 150 メッシュを通過するもので、-325 メッシュ含有量は 58.7~100%、沈降天秤から求められる -10μ 含有量は 3.3~49.3% である。

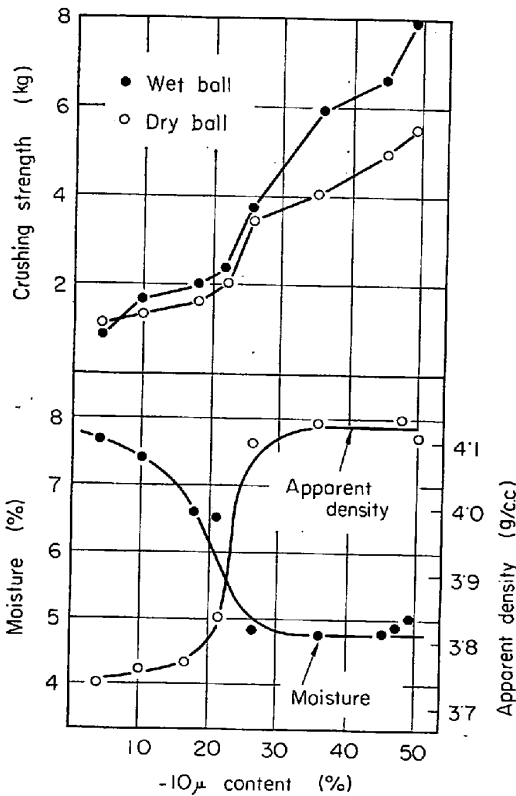


Fig. 1. Properties of wet and dry ball.

造粒は 50 cm φ のディスクペレタイザーを使用し、適正水分域で造粒時間を長くして生ボールの密度をできるだけ高くするようにした。得られたボールはいずれも空隙水充填率が 97~99% であることから、ほとんど Capillary 域で造粒されたものと思われる。この造粒結果を微粉の含有量で整理するといくつかの興味ある事実が見出される。すなわち、Fig. 1 に示したように、ボール密度、含水比、ボールの湿・乾強度は原料粉中の -10μ 含有量と密接な関係のあることである。-10μ が約 20% 以上になると、ボールの密度は急激に上昇しはじめ、30% 付近から密度はほぼ一定となる傾向を示す。一方、造粒に要した水分量は -10μ の増加につれて逆に減少し、約 5% 付近で一定となる。また、ボール強度もやはり -10μ の増加と非常によく対応し、ほぼ直線的に強度が向上している。-10μ が約 3% のボール強度は 1 kg 程度であるが、-10μ が 50% では強度は 8 kg にも達している。

3. 焼成結果

焼成条件としては、まずヘマタイト結合機構を解明す

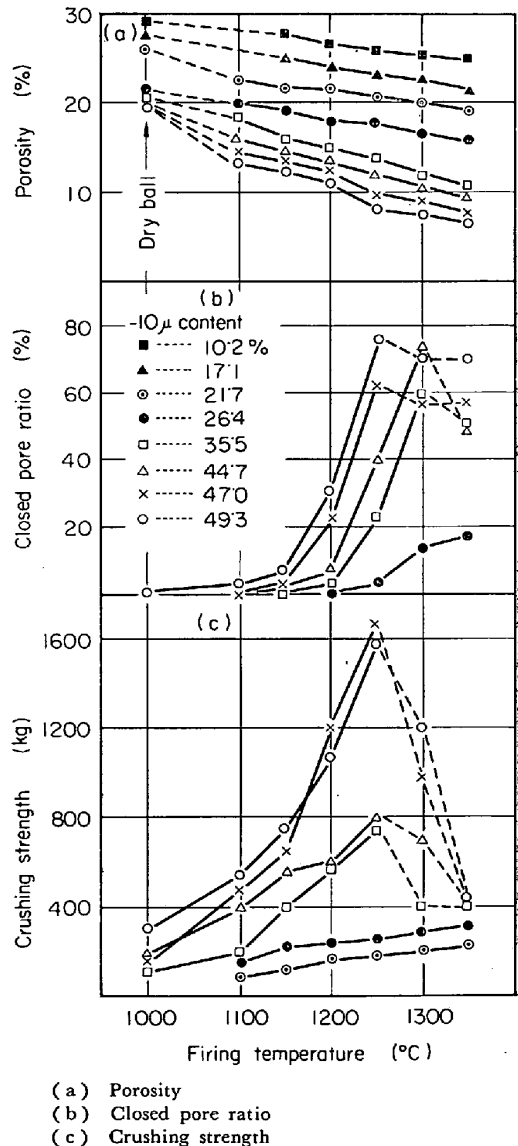
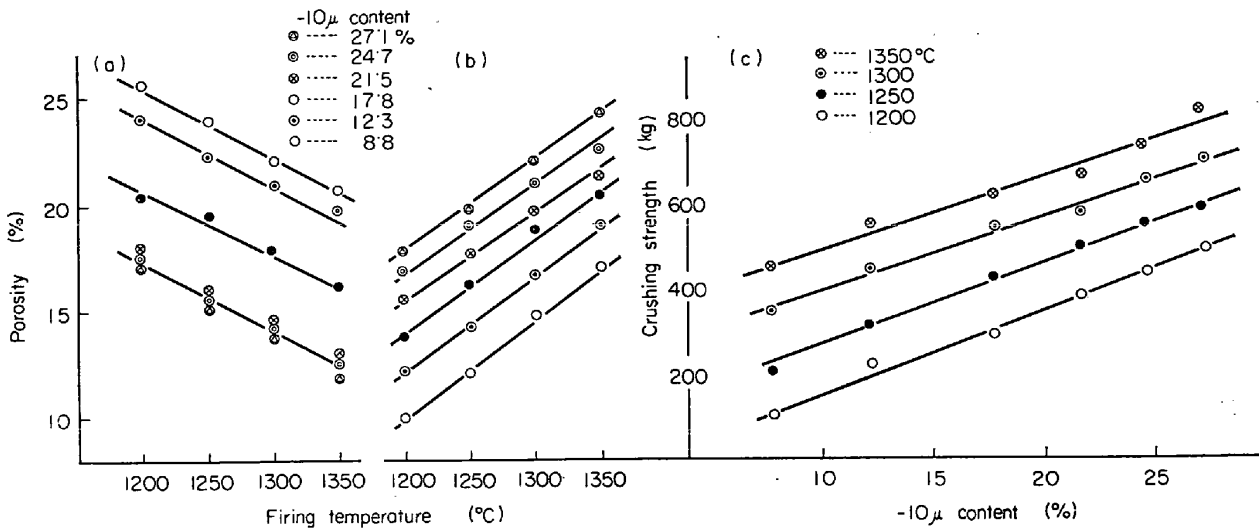


Fig. 2. Properties of fired pellet.

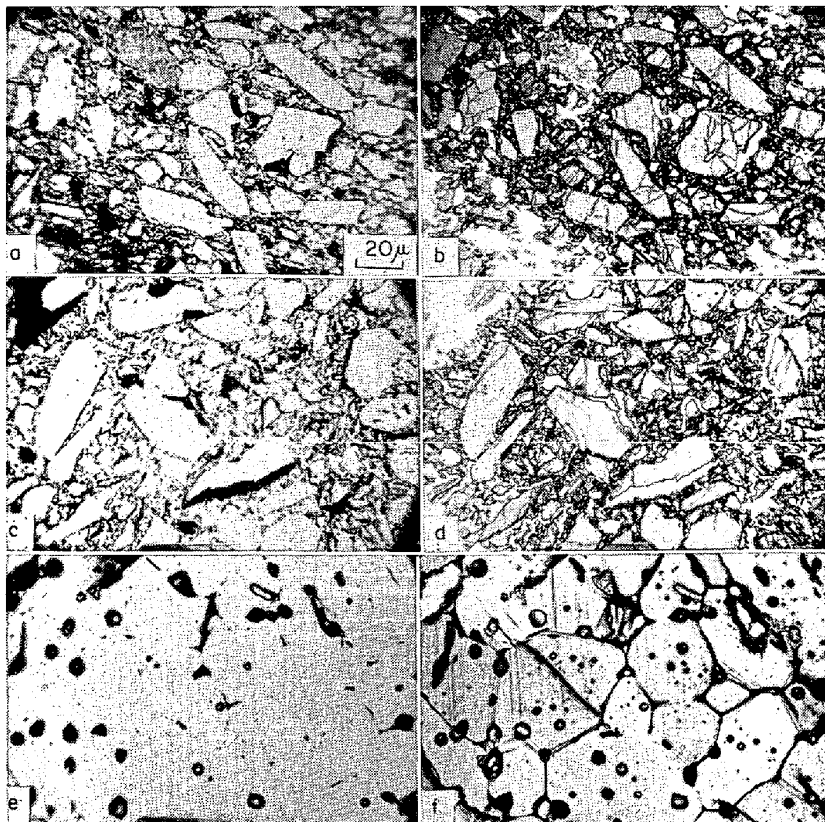


a) Temperature effect on pellet porosity b) Temperature effect on pellet strength c) Particle size effect on pellet strength
 Fig. 3. Properties of fired pellet.

る目的から比較的ゆるやかに昇温して焼成する方法と、実際の焼成炉を対象とするような急速に昇温し焼成する方法を行なった。その主な条件は

- a) 室温から所定温度まで 2 hr で昇温し、所定温度で 1hr 保持。
- b) 同じく 10 min で昇温し、20 min 間保持。
 (いずれも空気気流中)

3.1 ゆるやかな昇温焼成の結果



a,b); green ball, c,d); fired at 1100°C
 e,f); fired at 1350°C, a,c,e); reflection, b,d,f); transmission
 * by polished thin section method, 6~8μ in thickness

Photo. 1. Microstructure* of green ball and fired pellet.

各種原料粉から造粒したボールの焼成結果を Fig. 2 に示す。

各焼成温度における気孔率の変化についてみると、まず-10μの量によつて気孔の減少速度が変わることに注目される。とくに-10μが30%以上の同一密度のボールを原料とする場合、その傾向がさらに明りようである。これは微粉の多いほど焼結がよく進むことを現わしている。それゆえペレット強度もやはり-10μの多いほど

高い強度を示している。しかし焼成温度に対するペレット強度の変化は、気孔率のそれと対応せず、閉鎖孔率の推移とよく一致している。このことから、ペレット中の気孔を一部閉鎖させることは強度の点からは非常に効果のあることがわかる。しかし、閉鎖される空孔の割合が多くなり、同時に気孔率が低くなると、ペレットには大きな亀裂が発生し、閉鎖孔率と強度は顕著に低下してしまう。(Fig. 2-b), c)の破線領域)。この原因としてはあまり閉鎖孔が多くなりすぎたために、冷却過程で熱応力によつて割れが発生したことが考えられる。

3.2 急速昇温焼成の結果

焼成結果は Fig. 3 に示した通りで、ゆるやかな昇温焼成と異なり、ペレット強度は孔気率の変化と非常によく対応するようになる。これはペレット中に閉鎖された空孔がなくなつたためである。その結果、ペレット強度はゆるやかな昇温焼成に比べて全体的に低い値になるが高温域での亀裂発生による強度低下は起こっていない。

この実験結果を、造粒の場合と同様に-10μ含有量で整理すると、ペレット強度は-10μ含有量に対して各焼成温度とも比例的に強度が向上する関係がえられる。

4. 顕微鏡組織の検討

前述のごとく、ヘマタイト鉱石を原料とするペレットでは、造粒および焼成の結果はともに微粒子の量によって大きく影響される。そこで、これら微粒子の造粒、焼成過程での挙動および変化を検討する目的から、厚さ6~8 μ の研磨薄片による反射および透過観察を行なった。

4.1 dry ball の顕微鏡組織

dry ball の顕微鏡組織を Photo. 1-a), b) に示した。これを見ると、ボール中の粗粒(大・中・小粒)はいずれも1 μ 以下の極微粒子層で mask された状態で充填されており、さらにそれらの充填間隙が極微粒子群で埋められている様子がよくわかる。この事実から、ボール密度が1 μ 以下の極微粒子の含有量に影響され、Fig. 1 に示したような関係になることが理解されよう。

4.2 1000~1150°C 焼成組織

この温度域での代表的組織として1100°Cのものを用いて Photo. 1の c), d) に示したが、dry ball 中で粗粒子を mask したり、あるいは粗粒の充填間隙を群状をなして埋めていた1 μ 以下の微粒子は、たがいに焼結・凝集して2~3 μ 程度の granule を形成し、粗粒間を bridge するようになる。この段階では、ペレットの強度は粗粒間を bridge するこの granule によって保たれており、granule の数がペレット強度の強弱を決めていると考えられる。この結合機構によつて Fig. 3 に示した焼成結果も明確に説明できるであろう。

4.3 1200~1250°C の焼成組織

この温度域になると、粗粒間の bridge は、さらに焼結凝集して粗粒間を一層接近させる。また granule 自体も粒成長して、5~10 μ 程度になりペレット全面に強固なヘマタイト結合が形成される。

4.4 1300~1360°C の焼成組織

このような高温度域で焼成されると、粗粒子間を bridge していた粒子群は消失し、代わつて沢山の空孔を包含した大きなヘマタイト粒子が見られるようになる。これは焼成初期にあつた granule が、さらに近傍の粒子を凝集・焼結せしめた結果である。この過程で周囲の空孔は一部分閉鎖され、Photo. 1-e), f) に見られるような独立空孔となり、ついには閉鎖されてしまうのであろう。

5. 結 言

高純度のヘマタイト鉱石を原料としたペレットをつくり、種々な条件で焼成実験を行ない、その結合機構を明らかにした。すなわち、

i) 比較的低温度域で焼成した場合には、粗粒間に介在する1 μ 以下の微粒が主体となつて焼結・凝集してまず2~3 μ の granule が形成され、これらが粗粒間を bridge して微細なヘマタイト結合になる。

ii) 焼成温度が上昇すると、granule はたがいに焼結・凝集するとともに粗粒間を一層接近させ、さらにそれ自体の中でも結晶成長が起こるので、粒間のヘマタイト結合はきわめて強固なものとなり、ペレット強度は著しく向上する。

文 献

- 1) D. M. URICH: Agglomeration, Ed, by W. A. Knepper, (1962) 669, (Interscience Pub)

(6) スラグ結合ペレットの強化機構に関する研究

八幡製鉄東京研究所

理博 近藤真一・佐々木稔・○中沢孝夫

Study on the Strengthening Mechanism of the Slag-Bonded Pellet

Dr. Shin-ichi KONDO, Minoru SASAKI and Takao NAKAZAWA

1. 緒 言

赤鉄鉱質のマルコナ鉱石を原料とするペレットは、すでに報告したように、造滓剤を加えなくてもスラグ結合の起こる鉱石のひとつである。その結合機構は、随伴する脈石鉱物中の MgO がペレットの焼成過程で酸化鉄の解離圧を高めると同時に、生成した低級の酸化鉄と反応して低融点のスラグをつくり、それによつて結合が進むという、きわめて特異なものである。このようなペレットの強度は焼成条件によつて著しく変わるが、それは生成するスラグの性質と量に起因するものと考えられる。この生成スラグによるペレットの強化機構を解明する目的から行なつた研究の結果を、以下に報告する。

2. 供 試 鉱 石

Table 1 に示した脈石量約10%のマルコナ鉄鉱石を基準とし、これに脈石量の少ないブラジル鉄鉱石を25, 50, 75%配合して、原料中の脈石量を調整した。これらを適正水分域にて径15~17mmのボールに造粒し、乾燥して実験試料とした。なお原料鉱石の粒度はTable 2 に示した。

3. 実 験 結 果

焼成条件は、スラグ結合の強化機構を解明することを目標としたので、ゆるやかに昇温して焼成する方法をとつた。その条件はつぎのとおりである。

i) 室温から所定温度までの昇温時間 2hr

ii) 所定温度での保持時間 1hr

iii) 空気気流中で焼成し、室温まで炉冷

焼成温度としては、1000~1350°Cの間を50°C間で選んだ。結果を Fig. 1 および 2 に示す。これによるとスラグ量とペレット強度との関係は、生成されるスラグの性状によつて明りような傾向を示している。すなわち固相状態のスラグ、軟化してやや動きやすいスラグ、融液のスラグのいずれによつて結合されたかで強度がもつ

Table 1. Chemical composition of raw iron ores.

	T. Fe	as Fe ₂ O ₃	as Fe ₃ O ₄	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO
Marcona ore	58.14	61.42	21.02	5.53	0.69	2.03	1.61
Brazil ore	69.62	99.54	—	0.34	0.21	—	—

Table 2. Size distribution of fine iron ores for balling.

Ore	Mesh %			
	150~200	200~270	270~325	-325
Marcona ore	7.0	28.7	13.2	51.1
Brazil ore	2.6	10.2	13.5	73.7