

(1) 鉄鉱ペレットの還元におよぼす
多孔処理の影響について

(鉄鉱ペレットの還元に関する研究—I)

千葉工業大学

○大野篤美・奥陽治・下山勝之

Effect of Porosity-Treatment on the Reduction
of Iron Ore Pellets

(On the reduction of iron ore pellets—I)

PhD. Atsumi OHNO, Youji OKU
and Katsuyuki SHIMOYAMA

1. 緒言

ペレットの気孔率を大にして、その還元性を改善することは製錬能率を向上せしめる上で重要であるが、気孔率を大にすることによって、ペレットの強度が極端に低下することをおそれ、従来熔鉱炉用には気孔率 28% 程度以下の、直径 10~20 mm の小さなペレットが、主として用いられてきた。

気孔率の増大に伴うペレットの強度の低下は、主として気孔の形状によると考えられる。たとえば粗い鉄粉を用いた場合、および焼成温度の低い場合のペレットにみられるごとく気孔が複雑な形状からなるときは、その気孔の鋭角部に応力集中を起し、そこから破壊しやすいが、もし気孔が球面を有するならば、気孔率の増大に伴う強度の低下は、不定形気孔の場合に比して小さいと考えられる。

本研究においては、ペレットに球形気孔をあて、ペレットの強度を極端に低下せしめることなしに、還元性を向上せしめる目的で、鉄鉱粉に気化性を有する発泡樹脂の球形粒を混じり、水分を加えて成形焼結することによって、全体に均一に、または局部に集中した気孔を有する多孔性ペレットを作り、その多孔処理がペレットの還元性におよぼす影響について検討した。従来、発泡樹脂の添加による多孔性ペレットの研究を報告したものを見かけないので本研究を行なった。

2. 試料および実験方法

試料は市販の化学用純度の酸化第 2 鉄、Nevada 産、Chili 産および Goa 産鉄鉱石の粉末ならびに New Zealand 産砂鉄の粉末を用いて作った直径 25 mm のペレットで、ペレットに用いた原料鉄粉の化学組成および粒度は Table 1 に示すごとくである。これに -8~+10mesh, -10~+20mesh および -20~+28mesh に篩別した発泡ポリスチレン球形粒を 10~33 vol. % 添加

し、回転デスク法を用いてボールに成形した。

この際酸化第 2 鉄粉末ならびに Nevada 産鉄鉱石粉末に対しては、ペントナイト 1% を添加したが、他の鉄粉には何らバインダーは添加しなかつた。成形したグリーンボールは乾燥後、水平に位置せしめた内径 50 mm のアルミナ燃焼管中にならべて挿入し、管状発熱体を有する移動式電気炉をもつて、それを周囲から加熱し、1200°C に 2hr 加熱焼成した。焼成ペレットの大きさは直径 25 mm になるようにあらかじめグリーンボールの大きさを調節した。

還元は水素ガスを用い、900°C において行なつた。水平に位置せしめた内径 50 mm の石英燃焼管中に、石英ポートにのせたペレットを挿入し、900°C にあらかじめ保持せる電気炉を、燃焼管上に徐々に移動することによってペレットを加熱した。この際室温から 900°C にペレットを加熱するのに 2 hr を要した。精製せる窒素ガスで燃焼管中の空気を完全に置換した後、精製水素を 300 cc/min の割合で送ることによってペレットを還元し、生成水分をシリカゲルに吸収せしめて、その重量増加より還元率を求めた。

3. 実験結果

3.1 鉄石の種類と多孔処理の効果

酸化第 2 鉄、Nevada 産鉄鉱石および Chili 産鉄鉱石の粉末に -20~28 mesh の発泡ポリスチレン粒を 33 vol% 添加したものと、無処理のまま焼成したペレットの還元率と還元時間の関係を示せば、Fig. 1 のごとくである。

これらのペレットにおいては、いずれも還元時間が、多孔処理によって著しく短縮され、95%還元に要する時

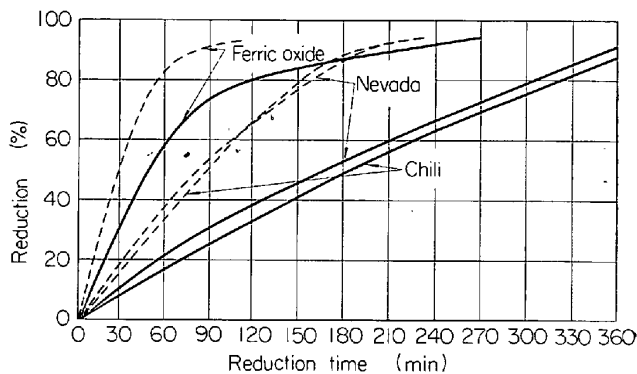


Fig. 1. Effect of porosity-treatment on the reduction of some iron ore pellets.

Table 1. Characteristics of raw materials.

Raw materials	Chemical composition (%)							Particle size (-200 mesh %)
	T. Fe	FeO	SiO ₂	MgO	CaO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	
Ferric oxide								100
Nevada	68.52	18.54	2.80	0.61	0.05	0.09		78.2
Chili	61.58	7.21	8.31		0.61		2.09	100
Goa	57.83	1.82	3.55		0.05		5.98	100
New Zealand	59.76	29.03	1.96	2.75	0.50	8.05	3.92	100

当誌掲載論文は昭和 41 年 10 月第 72 回講演大会にて講演されたものであり、昭和 41 年 11 月 10 日受理されたものであります。

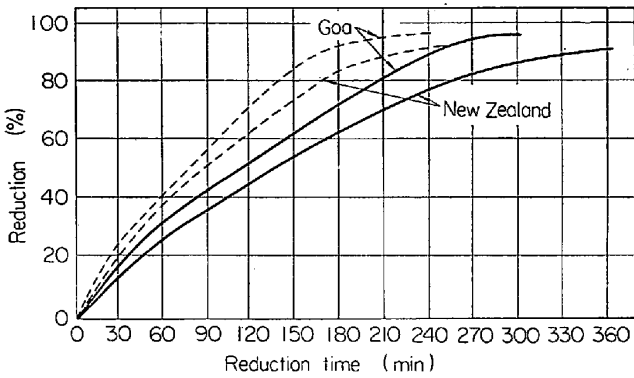


Fig. 2. Effect of porosity-treatment on the reduction of some iron ore pellets.

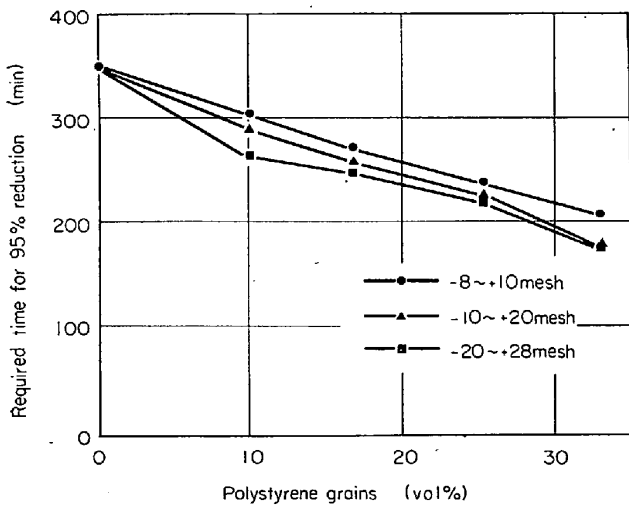


Fig. 3. Effect of porosity-treatment on the reduction of Nevada ore pellets.

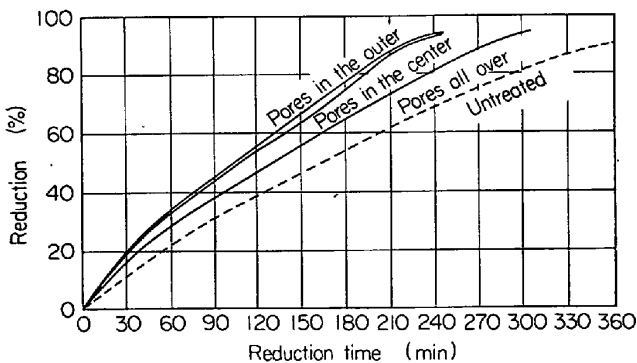


Fig. 4. Reduction of cored pellets.

間は無処理のペレットと比較して約 1/2 であつた。しかしながら Goa 産鉄鉱石および New Zealand 産砂鉄の粉末を用いて作ったペレットにおいては、Fig. 2 に示すごとく、前 3 者ほどの顕著な効果はみられなかつた。これはこれらのペレットにあつては無処理のペレット自体において還元中に多数の亀裂を発生しやすかつたためと考えられる。

3.2 発泡樹脂の粒径および添加量とペレットの還元速度

処理効果の著しかつた Nevada 産鉄鉱石の粉末に、 $-8\sim 10\text{mesh}$ 、 $-10\sim 20\text{mesh}$ および $-20\sim 28\text{mesh}$ に篩別した発泡ポリスチレン球形粒を、 $10\sim 33\text{ vol } \%$ 添加した場合の発泡ポリスチレンの粒径および添加量と、ペレットの 95% 還元に必要な時間の関係を示せば、Fig. 3 のごとくで、発泡樹脂の添加量を増すにつれて、ほぼ直線的に還元時間が短縮され、また発泡ポリスチレンの粒径は小さい方が幾分効果が大きであつた。

3.3 気孔集中の効果

多孔処理を経済的に行なうためには、可能なかぎり少量の発泡樹脂で効果をあげる必要がある。Nevada 産鉄鉱石の粉末を用い、発泡ポリスチレン 10vol % を、ボールの全体に均一に分布せしめたもの、表層または中心に集中せしめて焼成したものについて、還元性を比較した。発泡ポリスチレン含有部と、含有しない部分の体積比が 1:1 になるようにした場合は、Fig. 4 にみられるごとく、全面に分布せしめた場合に比して、表層または中心に気孔を集中せしめた場合の方が、より効果的で、特に表層への気孔集中分布が、さらに幾分すぐれていることがみとめられた。この場合 95% 還元に必要な時間を、無処理のペレットと比較すると、表層または中心部へ集中的に分布した場合には約 40% 短縮することができた。

4. 考 察

発泡樹脂を鉱粉に混じて成形焼成を行なうときは、発泡樹脂は、気化あるいは燃焼によつて消滅するが、その際あとに残つた気孔は、周囲の鉱粉の焼結によつて漸次閉気孔を形成することが考えられるので、多孔性処理を行なつたペレットの気孔率を、パラフィン封孔法およびキシレン比重液を用いて測定した結果、気孔はほとんど大半が開気孔として存在していることが明らかとなつた。たとえば、Nevada 産鉄鉱石粉末に、 $-20\sim 28\text{mesh}$ の発泡ポリスチレン粒 33 vol % を添加して作れるペレットにおいて、全気孔率 41.9% に対し、閉気孔率はわずか 1.4% にすぎなかつた。

しかしながら、これらの気孔をつなぐ通路はきわめて微細であるらしく、還元の際には、気孔の多くは実際はむしろ閉気孔と同様の立場をとり、そのままでは、気孔がかならずしも還元の間とはならず、還元中に発生する気孔間の亀裂のために気孔が外界に完全に通ずること



Photo. 1. Macrostructure of pellet after 50% reduction.

によつてはじめて還元の場合となるように考えられる。Photo. 1は -8~10mesh の発泡ポリスチレン 33 vol % を添加して作ったペレットの還元途中の断面を示すが、試料は硬化性液状樹脂に埋没してから、研磨したもので写真にみられる外周の黒い部分は還元鉄で、気孔の中、樹脂の充填したものは、気孔が外界とつながりを有したために、樹脂がペレット表面より浸透充填したものでこれらの周辺、および割れの周辺で還元が著しく進み、樹脂が浸透しなかつた気孔の周辺では、それがたとえペレットの表面近くにあつても、気孔周辺で還元がおこつておらず、これらの気孔が、事実上還元に対しては閉気孔として働いたことがうかがわれる。

このように気孔の存在は気孔そのものが、直接に還元の場合を提供するというよりは、むしろ、還元中の体積変化に伴う気孔間の亀裂発生が還元を促進にあずかつたものと考えられる。したがつて気孔は亀裂発生を効果的に行なわしめるように、ペレット中に分布させることが必要で、少量の気孔をペレット全体に、均一に分布せしめるよりは、局部に集中的に分布せしめるほうが、より効果的であると考えられる。

5. 総 括

ペレットに気化性の発泡樹脂粒を用いて、人工的に気孔をつくり、その多孔処理の還元におよぼす影響についてしらべた。その結果

1. 多孔処理は緻密な、還元中に亀裂を生じにくいペレットの還元性を向上せしめる上にきわめて有効であつた。
2. 気孔はペレットの表層または中心に集中せしめるほうが一層効果的であつた。
3. 気孔そのものが還元の場合を提供するというよりはむしろ還元中に気孔間をつなぐ亀裂を生じ、それがガスの通路となつて還元を促進するものと考えられる。

本研究を進めるにあたり石原研究奨励金を賜つた日本鉄鋼協会ならびに有益な助言を賜つた東京大学雀部高雄教授および Cleveland Cliffs Iron Co. Dr. STUKEL に対し深く感謝の意を表します。

一 討 論

[質問] 茨城大工 相馬胤和

ペレットの気孔率を大にすれば、それだけ試料の重量が減少するが、その重量減少による還元時間の短縮についていかがお考えか。

[回答]

たしかに多孔処理によつて、同一粒径のペレットにあつては重量が減少し、そのために還元時間の短縮することが考えられる。しかし、たとえばわずか 10 vol % の発泡ポリスチレン粒を外層に集中分布させて作ったペレットにおいて、95%還元を要する時間が無処理のものに比して約 40% に短縮できたことから、単に試料重量の減少の結果のみとは考えられない。

[質問] 住金中研 中谷文忠

鉄鉱石は値段が安いものであるで、その処理の経済性が問題と思うが。

[回答]

今 50 倍に発泡した発泡ポリスチレン粒 10 vol % を用いて処理すれば、樹脂代は、ペレット 1 t 当たり約 110

円となる。この値段は発泡樹脂の発泡倍率を上げればさらに低下することが可能であろう。この程度の値段の発泡樹脂をペレットの外層に集中せしめて、還元時間を前述の例のごとく 40% も短縮できるのであるならば、決して高いとは思えないし、また高炉においては現在よりペレットの還元性の向上によつて大きな粒径のペレットの使用が可能になるために、それだけ炉内の Wind rate が大となり製錬能率も上げることができると考えられる。
 $622.750 \div 1100 = 341.01 \dots 168 = 539.4$
 $: 539.2 + 7.1$

(2) 鉄鉱ペレットの強度におよぼす多孔処理の影響について

(鉄鉱ペレットの還元に関する研究—II)

千葉工業大学

○大野篤美・森本和孝・奥 陽治

Effect of Porosity-Treatment on the Strength of Iron Ore Pellets

(On the reduction of iron ore pellets—II)

PhD. Atsumi OHNO, Kazutaka MORIMOTO and Youji OKU

1. 緒 言

還元性のすぐれた多孔性ペレットを得る目的で、前報りに述べたと同様の方法で、気化性を有する発泡樹脂球形粒を鉄鉱粉に混じて成形した際の、グリーンボールの性状、焼成後のペレットの強度、および還元中に生ずる気孔間の微細な亀裂が、還元ペレットの強度にいかん影響するかについてしらべた。さらにまた、前報において還元に対して特に効果的とみとめられた気孔の表層または中心への集中の強度におよぼす影響も検討した。

2. 試 料

用いた鉄粉は、前報りに述べた Nevada 産鉄鉱石を粉砕せるもので、-200 mesh, 78.2% の粒度のものに、バインダーとして 1% のベントナイト、と -8~10 mesh, -10~20 mesh および -20~28 mesh に篩別した発泡ポリスチレン球形粒を 10~33 vol % 添加し、回転デスク法によつて直径 25 mm のボールに成形した。この際の水分は、造粒に必要な最適水分量とした。なお焼成に用いたグリーンボールは、焼成後の粒径が 25 mm になるように調節した。焼成は 1200°C で 2hr 行ない、還元は 900°C で水素によつて 100% 還元を行なつたものを炉中冷却後試験に供した。落下試験ならびに圧潰試験に対しては、それぞれ 1 回の試験に 10 個の試料を用いた。

3. 試験方法および結果

3.1 グリーンボールの熱衝撃抵抗

熱衝撃は 100°, 200°, および 300°C に保持せる電気炉中に、グリーンボールを急激に挿入し、その際の亀裂の発生ならびに、崩壊の有無をしらべたが、発泡余力をいまだに十分保持する発泡樹脂粒を用いた際は、グリーンボールの温度が約 100°C に達した頃急激に崩壊したが、発泡阻止処理をほどこした発泡樹脂粒を使用する限り、熱衝撃および乾燥による亀裂の発生あるいは崩壊は全くみられなかつた。