

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。  
 $622.75 \div 1100 = 0.5661 \dots 160 = 539.4$   
 $: 539.2 + 7.1$

## (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。

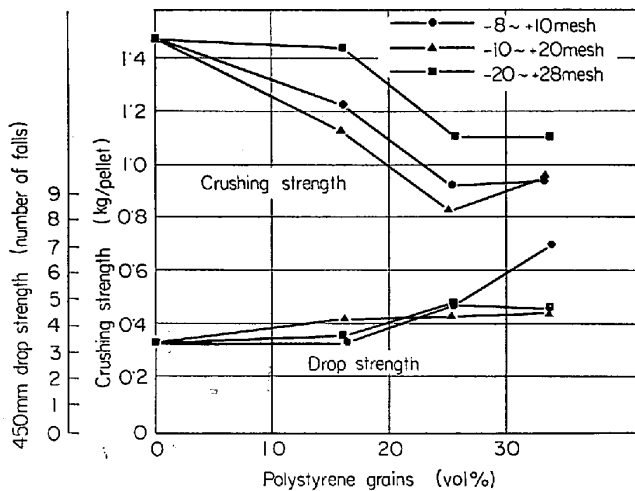


Fig. 1. Effect of porosity-treatment on the physical properties of green balls.

3.2 グリーンボールの落下強度

厚さ 1 mm の鉄板上に、450 mm の高さよりグリーンボールを落下して、その破壊までの回数を測定した結果は Fig. 1 に示すごとく、落下強度は発泡ポリスチレン粒の添加によつて幾分上昇を示した。

3.2 グリーンボールの圧潰強度

圧潰強度は、容量 2 kg の上皿天秤を容量 5 t の圧縮試験機の加圧部にのせ、その上にグリーンボールをおいて 12 mm/min の速度で加圧し、破壊時の荷重を測定した。発泡樹脂添加量と、圧潰強度の関係は Fig. 1 のごとくで、幾分の低下がみられたが、グレートキルンでは 0.9 kg/ball 以上<sup>2)</sup>を要求しているのでグリーンボールにおいてはかなりの発泡ポリスチレンを添加しても、操業上問題はないと考えられる。次に同様の試験を、発泡樹脂をボールの中心部および表層に集中的に分布せしめた場合について行なつた。この際 -20~28 mesh の発泡ポリスチレン粒を、17 vol % または 33 vol % 含有するコアの直径を 15 mm まで増大したが、ほとんど落下強度も圧潰強度も低下しなかつた。他方、17 vol % の樹脂を表層のみに含有せしめ、その表層の厚さを変化せしめた場合、表層の厚さ 5 mm 程度までは圧潰強度はむしろ増大し、さらに表層の厚さを増すにしたがつて低下した。しかし落下抵抗は表層の厚さの増すにつれて増大した。

3.3 焼成ペレットの圧潰強度

焼成ペレットの圧潰強度は 12 mm/min の加圧速度で容量 5 t の圧縮試験機によつて行なつた。圧潰強度は多孔処理によつて Fig. 2 に示すごとく低下した。そして発泡ポリスチレンの粒径と強度の関係はあまり明瞭ではないが大きな気孔の方が幾分低下は大であつた。これらの強度の低下を、他の多孔処理法によるものと、発泡樹脂球形粒で処理せるペレットと比較した。発泡樹脂球形粒のかわりに、発泡樹脂の粒径とほぼ同様の長さで切断した resin hair を添加して 1200°C に焼成せる場合、および無処理のまま焼成温度を 1000°C および 1100°C に低下し、別に何も加えなかつた場合のペレットの圧潰強度と気孔率の関係を Fig. 3 に示す。この3つのケー

スで明らかなくとく発泡樹脂球形粒による多孔処理が最も気孔率増大に伴う強度低下が小さかつた。

3.4 気孔集中と圧潰強度

気孔をペレットの表層あるいは中心部に、集中せしめた場合の圧潰強度を -20~28 mesh の発泡樹脂 10 vol % をペレット全面に均一に分布せしめたもの、表層、あるいは中心部に、樹脂含有部と残部の体積比が 1:1 になるように多孔処理を施したペレット、および無処理のペレットの圧潰強度を比較すれば Fig. 4 に示すごとくで、表層に集中せしめる方がとくに効果的であることがみとめられた。

3.5 ペレットの回転強度

多孔処理を施したペレットは、表面に孔を有するのでペレットがぶつかりあうときは、その孔の周囲から摩擦減するおそれが感じられるので、直径 240 mm 長さ 280

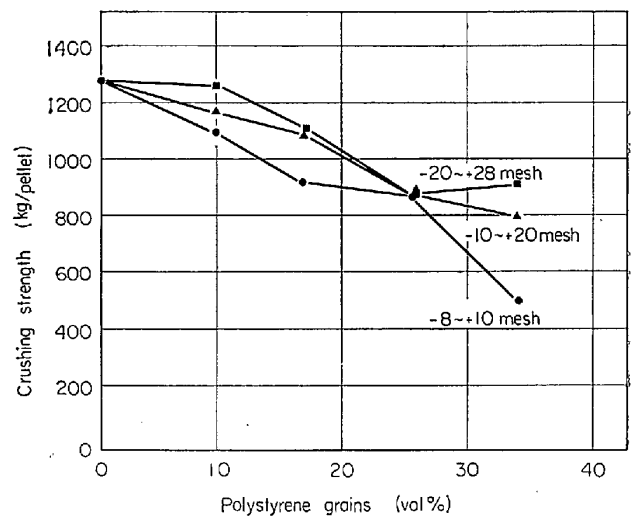


Fig. 2. Effect of porosity-treatment on the strength of iron ore pellets.

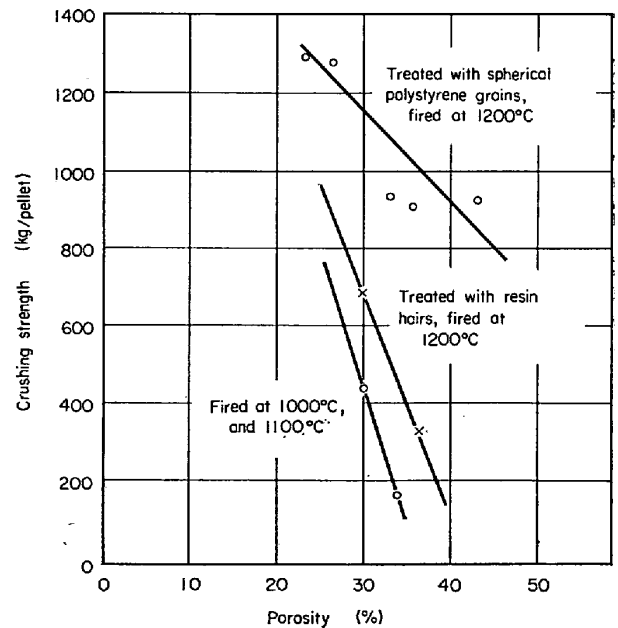


Fig. 3. Effect of various porosity-treatments on the strength of iron ore pellets.

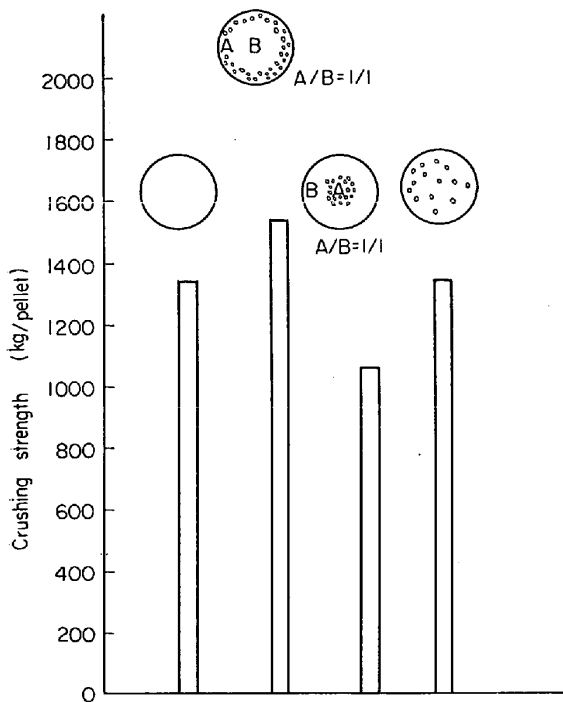


Fig. 4. Effect of various porosity-treatments on the strength of iron ore pellets.

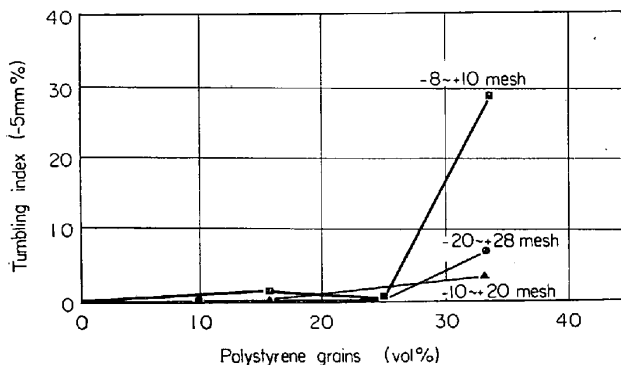


Fig. 5. Effect of porosity-treatment on the strength of reduced pellets.

mmの磁製ボールミルに、ペレット5個を直径30mmの磁製ボール30個とともに入れ、56rpmの速度で30min間回転した。この際ペレットに目だつた破壊は起こらなかつたが、表面からの摩耗がみられた。その程度は表面に出ている気孔の数の多いほど、また気孔が小さいほど大であつた。10vol%では無処理のものと摩耗の程度は同じであつたが、33vol%では tumbling index  $-0.2$  mm%であらわしたとき無処理のペレット1に対して粒度によつて3~4の範囲であつた。

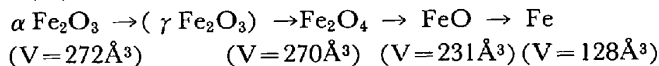
### 3.6 還元ペレットの強度

多孔性ペレットには  $900^{\circ}\text{C}$  において水素還元を行なつた後は、気孔をつなぐ多くの亀裂が存在するので、これらが還元後の強度にいかん影響するかをしらべるために、前と同様のボールミルに、直径30mmの磁製ボール20個と還元ペレット1個を入れて10min間回転した。その結果は Fig. 5 に示すごとく発泡樹脂添加量が

約26vol%まではほとんど影響がみられないが、33vol%では幾分破壊が起こり、とくに大きな気孔の場合にその傾向が顕著にあらわれた。

### 4. 考 察

気孔を作れば圧潰強度の低下はまぬがれないが、気孔を表層に集中せしめたペレットは、グリーンボールにおいても、また焼成後においても、強度の低下はみられなかつた。これは無処理のペレットにおいては加圧に際し、最初に表面に発生した微細な亀裂の先端に応力が集中して、ただちにペレット全体の破壊を引きおこすのに対し表層のみに処理したペレットの表面では最初に発生した亀裂の進行が、気孔において一時中断を余儀なくされるためと考えられ、気孔を表層に集中せしめることが強度的に好ましいことは、またそれが還元にとくに好影響をあたえることとあいまつて、最も好ましい処理法と考えられる。また多孔処理せるペレットは、還元中に気孔をつなぐ亀裂を生じ、これが還元を促進すると考えられるが、この亀裂生成は酸化鉄の還元中の体積変化による収縮応力が、気孔間に集中するもので、たとえば還元中の酸化鉄の体積変化を比較すれば<sup>3)</sup>



のごとくで、 $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$  の場合が最も体積変化が大きい。したがつて、気孔間の割れの発生も主として、この際起こると考えられるので、亀裂を生じた後の亀裂周辺の鉄はすでに延性にとんでおり、還元ペレットの強さをささえるものと考えられる。

### 5. 総 括

気化性を有する発泡樹脂を鉍粉に添加して成形焼成し、還元性のすぐれたペレットを作るに当たつて、その処理によつてグリーンボール、および焼成ペレットの強度がいかん影響されるかをしらべた。

1. グリーンボールの熱衝撃による崩壊を防止するためには、発泡樹脂の再発泡を阻止する必要がある。
2. グリーンボールの落下強度は無処理のものに比しむしろ増大する傾向をみとめた。
3. 圧潰強度はグリーンボール、焼成ペレット、ともに低下したが、気孔を表層へ集中分布せしめた場合にはむしろ上昇した。
4. 還元後の強度は25vol%程度までの発泡ポリスチレン粒の添加ではほとんど低下がみとめられなかつた。
5. 還元性および強度の点からみて気孔の表層への集中が最も好ましい多孔処理法と考えられる。

本研究を進めるに当たり石原研究奨励金を賜つた日本鉄鋼協会ならびに、終始有益な助言を賜りました東京大学雀部高雄教授および Cleveland Cliffs Iron Co. Dr. STUKEL に対し深く感謝いたします

### 文 献

- 1) 大野, 奥, 下山: 鉄と鋼, 53 (1967) 7, p. 703
- 2) 国井: 大阪冶金会誌, (1965) 6, p. 28
- 3) 神原, 宮川, 沖川, 藤田: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 588