

## 第 69 回(春季)講演大会講演論文集 (I)

Technical Papers (Part I) for the 69th Grand Lecture

Meeting of The Iron and Steel Institute of Japan.

## 第 1 会場 (製鉄・ペレット・焼結・燃料吹込・設備)

622.787:620.192.53

## (1) 輸入ペレットの製造条件

八幡製鉄所, 技術研究所

工博○児玉惟孝・重見彰利・斧 勝也  
堀尾竹弘・(故)東 辰夫

## On the Condition of Production of High Quality Pellet.

Dr. Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI,  
Katsuya ONO, Takehiro HORIO  
and Tatsuo HIGASHI.

## 1. 結 言

最近ペレット製造技術の向上にともないペレット使用量が急激に増加する傾向にある。

それでいろいろのペレットをとりよせ調べたところ、ある種のペレットは常温では強固でも還元過程では膨張軟化することを見出した。かかる原料は高炉用として好ましくないので膨張軟化の原因を調べその対策を検討した。

## 2. 試 験 結 果

## 2.1 還元試験

試料の本ペレットは T.Fe 68.5%, SiO<sub>2</sub> 1.36%, CaO 0.05% であつて極めて高品位で脈石は少ない。また常温の圧潰強度は 130kg 以上で良好である。このペレットを各種の還元試験法で試験した。その結果、900°C で急速に還元する学振法の場合には還元後の試料は膨張軟化する。温度上昇速度が遅く、かつ還元ガスの成分を変更し還元速度の小さいリンダー法の場合には試料は若干はダストとして飛散し、残部はおおよそ 57% 原形を維持し、31% は 1mm 以下の粉砕となつている。

シャフト炉法とはシャフト炉の温度分布を高炉に近似させた後、下部より還元ガスを通して還元する方式である。この方法によると 900°C 以上の温度層で試料は膨張粉化する。

このように本ペレットは 900°C 以上の温度で還元すると膨張軟化することを確認した。

## 2.2 還元条件ならびにペレット製造条件と膨張との関係

膨張の条件ならびに原因を確認するためにまづ各種温度で 1 hr 還元してみた。その結果

| 還元温度  | 還元後の試料の状況 |
|-------|-----------|
| 500°C | 変化なし      |
| 600°C | 変化なし      |
| 700°C | ほとんど変化なし  |
| 800°C | 若干膨張      |

900°C はなはだしく膨張軟化

以上の結果で、膨張は 800°C 以上で還元した場合におこることを確めた。かかる膨張は焼成が不十分のために起るのではないかと考え、ペレットを再度各種温度で 1 hr 焼成した後、900°C で 1 hr 還元した。その結果

| 焼成温度   | 還元後の試料   |
|--------|----------|
| 1200°C | 膨張軟化     |
| 1250°C | 若干膨張, 硬し |
| 1300°C | 良好       |

このように 1300°C で再度焼成すれば膨張軟化の現象を防止できる。すなわち十分に焼成すれば優良なペレットを製造できると言える。

しかしながら、このペレットを十分に焼成するためには 1300°C 以上の高温に長時間おかねばならないので焼結機に悪影響をあたえることも考えられる。それで比較的低い温度で焼成する方法はないかと考え、このペレットをいつたん微粉碎し、これに珪酸を 5% 添加して再び生ペレットを作り、これを各種温度で 1 hr 焼成した。そしてこれらの試料を 900°C で還元してみた。その結果

| 焼成温度   | 還元後の試料           |
|--------|------------------|
| 1100°C | 膨張は認められないが、若干弱い。 |
| 1200°C | 良好               |
| 1300°C | 良好               |

このように珪酸を添加することによつて 1200°C 程度で焼成しても良好なペレットが得られる。

以上の結果より、このペレットも 1300°C 以上の温度で十分に焼成すれば、良好なペレットを得られる。また焼成温度を下げる必要があるときは珪酸等の脈石を添加すれどよいことを確認した。

## 2.3 考 察

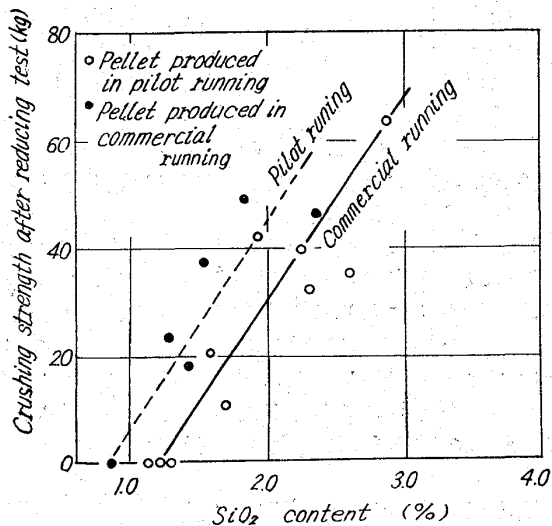
本ペレットは何故かかる異状膨張をおこすのか、この理由を検討してみた。その結果 CO ガスで還元し、かつ還元が速い場合に異状膨張を起すことを確認した。H<sub>2</sub> ガスで還元するか、または還元速度の遅い場合にはかかる現象を起さない。

また顕微鏡観察によると 900°C で CO 30%, N<sub>2</sub> 70% のガスで還元すると、還元の進行につれて粒子がしだいに離れる。そして 30min 後には各粒子が完全に分離することを認めた。すなわち粒子と粒子との結合が不十分なのである。したがつて膨張を防止するには焼成温度を上昇するか、SiO<sub>2</sub>, CaO などを添加して粒子と粒子との結合を強化する必要がある。

## 2.4 中間工業化試験

Table 1. Properties of pellets produced in pilot running.

| No. | Additive (%)     |                     |                   | Chemical composition (%) |                  |      | Firing temperature (°C) | Crushing strength (kg) |                     | Expansion coefficient (%) |
|-----|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|------------------|------|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------|
|     | SiO <sub>2</sub> | Ca(OH) <sub>2</sub> | CaCO <sub>3</sub> | T. Fe                    | SiO <sub>2</sub> | CaO  |                         | Before reducing test   | After reducing test |                           |
| 1   | 0                | 0                   | 0                 | 67.78                    | 0.86             | 0.12 | 1250                    | 273                    | 15                  | 18.0                      |
| 2   | 0                | 0                   | 0                 | 67.78                    | 0.85             | 0.11 | 1300                    | 255                    | 14                  | 31.4                      |
| 3   | 0.5              | 0                   | 0                 | 68.28                    | 1.45             | 0.13 | 1250                    | 334                    | 17                  | 20.3                      |
| 4   | 1.0              | 0                   | 0                 | 67.97                    | 1.84             | 0.10 | 1250                    | 286                    | 49                  | 17.5                      |
| 5   | Unknown          | 0                   | 0                 | 67.3                     | 2.50             | 0.46 | 1250                    | 208                    | 32                  | Small                     |
| 6   | //               | 0                   | 0                 | 66.5                     | 4.20             | 0.17 | 1250                    | 210                    | 32                  | //                        |
| 7   | //               | 0                   | 0                 | 64.5                     | 6.60             | 0.26 | 1250                    | 188                    | 30                  | //                        |
| 8   | 0                | 1.3                 | 0                 | 68.5                     | 0.82             | 1.10 | 1250                    | 292                    | 99                  | 4.1                       |
| 9   | 0                | 2.7                 | 0                 | 68.3                     | 0.87             | 1.66 | 1250                    | 380                    | 129                 | 8.5                       |
| 10  | 0                | 0                   | 1.8               | 68.4                     | 0.86             | 1.19 | 1250                    | 416                    | 116                 | 10.6                      |
| 11  | 0                | 0                   | 3.6               | 67.9                     | 0.84             | 1.97 | 1250                    | 322                    | 229                 | 5.5                       |

Fig. 1. Relation between SiO<sub>2</sub> content and crushing strength.

上記のごとく膨張粉化を起さないペレット製造条件が明らかとなつたので、焼成温度および珪石、石灰などの添加剤混合割合をいろいろ変えたペレットを中間工業的規模で製造してもらつた。このペレット試料を900°Cで3hr還元した。この結果は Table 1 および Fig. 1 に示した。同表(2)にみるごとく焼成温度を1300°Cに高めても焼成ペレットの性状は良好でない。

焼成炉が外国に存在するため焼成操作の詳細を知るよしもないが、前述の基礎実験の結果よりみると温度が十分に上昇していないのではないかと考えられる。

珪石、石灰を加えた場合は添加量に比例して還元後の圧潰強度は上昇し、好ましい結果を示している。高炉で使用して好結果を得ている米国製タコナイトペレットの還元後の圧潰強度を測定してみたところ20kgであつた。それで還元後の圧潰強度は20kg以上あればよいと仮定し、Table 1より検討すると、良好なペレットを得るための条件はつぎのごとくなる。

(1) ペレットの成分中 CaO は 1.5% 以上あること、あるいは SiO<sub>2</sub> が 2% 以上あること。

(2) 焼成温度は 1250°C 以上に保つこと。

以上の結果より考えると良好なペレットをうる方法と

してペレットの焼成温度のみを上昇する方法は装置的に完全でないと考えられたので好ましくない。ペレット成分中の CaO を 1.5% 以上にするか、SiO<sub>2</sub> を 2% 以上にするか、どちらかを採用するがよいと考えられる。

#### 2.5 工業化試験

中間工業化試験の結果により、つぎに工業的規模でペレットを製造してもらつた。SiO<sub>2</sub> 添加剤としてはベントナイトを使用した。その結果は Table 2 および Fig. 1 に示した。

Fig. 1 にみるごとくペレット中の SiO<sub>2</sub> 含有量と還元後の圧潰強度ならびに膨張との関係は中間工業化試験の結果と全く相似である。そしてペレット成分中 SiO<sub>2</sub> 含有量を 2.3% 以上に保てば優良なペレットを製造し得ることが分つた。

#### 2.6 高炉における使用結果

本ペレットは製造開始以来国内各社で試験的に使用されている。それでペレットの性質と使用実績との関係を調べてみた。

ある高炉に前記 Table 2 の(1)、(2)に示したペレットを装入鉄鉱石中 20% 占める程度使用した。このペレットは Table 2 (1)、(2)にみるごとく SiO<sub>2</sub> 1.2% で低く膨張軟化し、好ましい性質ではない。ペレットを使用することにより送風圧は上昇し、棚がひんぱんに吊り操業能率は低下した。その結果ペレットの使用は中止された。

また他の高炉に Table 2 (3)に示したペレットを使用した。このペレットは Table 2 にみるごとく SiO<sub>2</sub> 2.3% で還元後圧潰強度も 32kg で良好である。

このペレットを鉄鉱石中 65% 占めるまで使用した。その結果焼結鉱と大差ない程度のものであつた。

当社の内容積 646m<sup>3</sup> の炉で Table 2 (4) のペレットを使用した。このペレットは SiO<sub>2</sub> 2.3% で還元後圧潰強度は 32kg である。鉄鉱石中 80% 占めるまで使用した。その結果は焼結鉱と同程度であつた。以上の結果よりペレットの還元後の圧潰強度が高ければ高炉に十分に使用し得ることが分つた。それで各種ペレットにつき還元後の圧潰強度を調べ、圧潰強度と高炉で使用し得たペレットの配合割合との関係を検討した。その結果は Fig. 2 に示した。還元後の圧潰強度が大きくなるにつれ

Table 2: Properties of pellets produced in commercial running.

| No. | Bentonite (lb/t) | Chemical composition (%) |                  |      | Crushing strength (kg)    |                          | Expansion coefficient (%) |
|-----|------------------|--------------------------|------------------|------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|     |                  | T.Fe                     | SiO <sub>2</sub> | CaO  | Before re-<br>ducing test | After re-<br>ducing test |                           |
| 1   | 0.47~7.3         | 68.5                     | 1.18             | 0.06 | 126                       |                          | 21.2                      |
| 2   | "                | 68.4                     | 1.30             | 0.16 | 138                       | 4                        | 23.5                      |
| 3   | 20~24            | 65.3                     | 2.30             | 0.27 | 187                       | 32                       | 7.36                      |
| 4   | 20~23            | 67.4                     | 2.31             | 0.03 | 220                       | 32                       | 15.1                      |
| 5   | 19.5             | 65.7                     | 2.88             | 0.61 | 126                       | 64                       | 6.8                       |

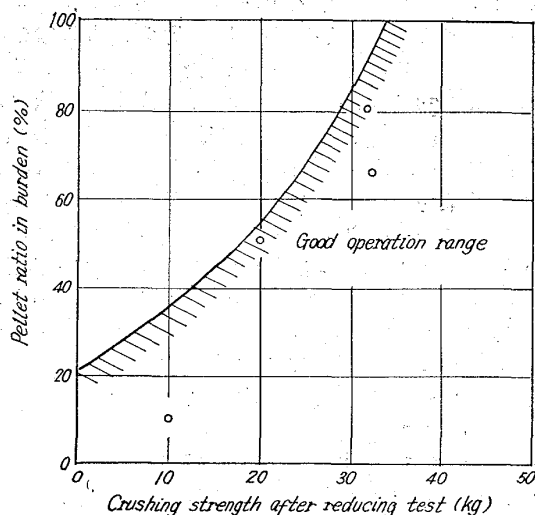


Fig. 2. Relation between crushing strength and pellet ratio in burden for good B.F operation (500~700 t/d. B.F)

高炉での配合可能量は増加する。

### 3. 結 言

各種ペレットの性質を測定中に某社のペレットは還元過程で異常膨張をおこし、軟化することを見出した。かかる極めて異常な性質を生ずる原因を検討し、適正焼成条件を求めて、つぎの結論を得た。

(1) このペレットは 800°C 以上の温度で CO ガスによつて急速に還元した場合に異常膨張軟化を生ずる。700°C 以下の温度で還元した場合には膨張をおこさない。

(2) 膨張の原因を考察した。そしてその原因は粒子間の結合が不十分なためと推定された。

(3) 膨張軟化防止法としてはつぎの方法が有効であることを認めた。

(i) 焼成温度を 1300°C 以上に確実に保持して十分に焼成すること。

(ii) 焼成温度を下げる場合には SiO<sub>2</sub> あるいは CaO などを添加する必要がある。

(iii) 焼成温度を 1200°C とせばペレット中の SiO<sub>2</sub> 含有量を 2% 以上にするか、あるいは CaO を 1.5% 以上にすること。

(4) 上記 3 つの防止法のうち設備上 (3) の (iii) の方法が適正であることが分つた。

(5) 工業的規模で上記方法でペレットを製造した結果優良なペレットを作りうる事が分つた。

(6) 高炉でペレットの使用試験を行なつた結果膨張軟化を生ずるペレットは使用し得ないが、(4)の方法で作つたペレットは焼結鉱に劣らぬ成績で使用し得ることが分つた。

622.371.1-188:6=0.192.53

## (2) マルコナペレットの還元時における異常膨張について

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 渡辺正次郎・理博○吉永 真弓

### On the Swelling of Marcona Iron Ore Pellet during Reduction.

Dr. Shojiro WATANABE  
and Dr. Mayumi YOSHINAGA.

#### 1. 結 語

Marcona ペレットの還元時の異常性状については各方面で問題として取り上げて検討され、すでに膨張原因に関するいろいろの説明が与えられているが<sup>1)~4)</sup>、これらの中で Marcona ペレットに特有なものとして考えられるものはごくわずかであり異常膨張の原因を解明する真の手掛りとなつていない、数多くのペレットが膨張崩壊現象を示さない以上 Marcona ペレットにのみ存在する特有な性質があるはずであり、これが還元過程において異常性状を示す原因となつていると考えなければならぬ。今回かかる立場で Marcona ペレットにつき検討を加えたので、現在までに判明した異常膨張に関すると考えられる若干の事実についてここに報告する。

#### 2. 試料および検討方法

今回検討に使用した試料は主として和歌山入荷第 1 次 Marcona ペレット(昭和38年9月)であるが参考のために昭和 39 年 5 月に入手した和歌山第 2 次試料も使用した。検討方法は顕微鏡観察を主とし、必要に応じて高温加熱顕微鏡, X線回折装置を利用して還元前後のペレットのマイクロ組織を検討し, Marcona ペレットの特異性の発見に努めた。またガス組成を変化させて還元試験をおこない還元後強度の測定をおこなつた。

#### 3. 還元前ペレットの顕微鏡下組織における特性

Marcona ペレットのマイクロ組織は不規則で angular な Hematite grain よりなり粒間結合は進んでいず焙焼効果が著しく悪かつたことが考えられる。さらに反射偏光下では各 Hematite grain は Phot. 1 に示すごとく Hematite monocrystal の二方向ないし三方向へ