

Fig. 5. Sulfur content of fired pellets.

(3) 酸化度 (Fig. 4)

Fig. 4. に見られるように、焼成温度の上昇に伴って、得られたペレット中の FeO 分析値が高くなり、したがってその粗織中のマグネタイト量が大きくなるという結果が得られた。この点は顕微鏡による観察によっても確かめられた。この場合も焼成温度での保持時間による差は見られなかった。

(4) 脱硫率 (Fig. 5)

脱硫率は、いずれの場合も十分に大きく、焼成されたペレットの硫黄含有量は、焼成温度の上昇に伴って、著るしく低下しているが、この場合も焼成温度での保持時間の影響は、ほとんど見られなかった。

(5) 顕微鏡組織

(i) 混合原料Aの場合、1150°Cでの焼成では比較的大きな鉄粒が、初めの粉砕時の形状をそのまま残し、粒の成長は進まず、結合は発達していない。このことは前述のように冷間強度の低いことを裏書きするものである。1200°Cでは、脈石によるスラグ相の生成も見られ、ヘマタイト粒の成長粗大化、気孔の凝集による組織の緻密化が進み、ヘマタイト結合も発達している。1250°Cでは、この傾向がさらに進むが、中心部にマグネタイトで構成される組織が多く見られるようになる。

(ii) マグネタイト系原料Bの場合、焼成温度による組織の変化は、原料Aの場合と同様の傾向を示しているが、この原料はBは高品位で脈石成分の量が少ないために、結合組織はヘマタイトによるものが主であり、組織の緻密化の程度も低い。

(iii) ヘマタイト系原料Cの場合、この場合も原料が高品位のために脈石成分の量が少なく、1200°C以下の焼成では鉄石粒子は初期の形状のままわずかに互いに接する点でヘマタイト結合が現われるのみである。1250°Cでは、結合が進み、鉄粒は自形化して、初期の形状は、ほとんど残っていない。しかし、小さい粒子の大粒子への吸収は見られるが、比較的大きい粒子間の併合成長は見られない。1300°Cでは、さらに気孔の凝集、組

織の緻密化は進むが、粒の成長はこの温度でもあまり起らない。

V. 結 言

以上のような実験結果から焼成温度としてはいずれの原料についても 1200°C以上がのぞましいことがわかった。また焼成温度での保持時間については、そのペレットの性状への影響は実験範囲では、ほとんど見られなかった。

今後はさらにペレットの還元性状に対する影響についても検討を行ないたい。

(13) ペレットの性状について

八幡製鉄所, 技術研究所

工博 児玉惟孝・重見彰利・堀尾竹弘

On Properties of Pellet.

Dr. Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI
and Takehiro HORIO.

I. 結 言

最近、諸外国で高炉原料としてペレットが使用されはじめた。ペレットは焼結鉄、生鉄石に比べ高炉内通気性の改良をもたらし、被還元性が高いことと相まって使用効果が期待され、操業実績も報告されているが、高炉に全面的に使用するまえに、その性状を知っておく必要がある。本報では当社で入手できた国内外のペレットにつき性状を調査した結果を報告する。

II. 試験試料

試験に供したペレットは、国内製2種、外国製11種、計13種であり、仮りにA, B, C, ……L. M. と名付けた。各ペレットの粒度は製造会社により平均粒度10mmから20mmまでひろがっており、まちまちである。このペレットの粒度をそろえることは種々の点で困難である。本試験では各社ペレット試料の平均粒度に近い粒度のものを使用して性状を調査した。

III. 試験の、方法および結果

試験結果の一覧表を Table 1 に示す。

(1) 化学組成

ペレットの化学組成は、いうまでもなく、その価値評価の基準として調べられなければならない。Table 1 には鉄分分析結果を示す。もちろん、この他の SiO₂, CaO, Al₂O₃, あるいは微量成分をも分析し、高炉操業に及ぼす影響を考慮しなければならない。Table 1 から明らかなように鉄分品位は60%から69%まであり、一般の生鉄石あるいは焼結鉄などに比較し、品位が高い。また FeO 含有量は半還元ペレットであるBを除いて0.4%から19%まで、ペレット原料により変動している。

(2) 被還元性

被還元性試験は学振法還元試験装置にて行なつた。この装置では塊状鉄石の試験には試料500gを使用するが、焼結鉄、ペレットなど単位充填容積当りの重量の軽いものは300gを使用している。本報の実験でも試料は300gを装入した。ただし、試料500gと300gと

Table 1. Results.

| Kinds of pellet | Size (mm) | Chemical analysis (%) | | | | | *** Degree of reduction (%) | Compression strength (kg) | | Rate of expansion % |
|-----------------|-----------|-----------------------|-------|-------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|
| | | T.Fe | M.Fe | FeO | Fe ₂ O ₃ | O ₂ | | Before reduction test | After reduction test | |
| A | 20 | 66.25 | 0 | 1.00 | 93.61 | 28.36 | 64.40 | | | |
| B | 20 | 59.75 | 24.04 | 28.64 | 18.09 | 11.82 | 24.37 | | | |
| C | 12.5±1.5 | 63.56 | 0 | 4.49 | 85.89 | 26.82 | 72.97 | 110.0 | 14.8* | 3.8* |
| D | 20 | 60.53 | 0 | 1.14 | 85.27 | 25.88 | 75.12 | 18.4 | 7.5* | |
| E | 12±2 | 67.36 | 0 | 1.57 | 94.57 | 28.78 | 72.90 | 185.3 | 69.7** | |
| F | 12±2 | 68.35 | 0 | 18.95 | 76.67 | 27.27 | 51.01 | 150.0 | 52.7** | |
| G | 11.5±1.5 | 66.37 | 0 | 1.16 | 93.61 | 28.40 | 72.43 | 341.1 | 19.2** | |
| H | 10±2 | 60.60 | 0 | 0.91 | 85.63 | 25.94 | 81.20 | 146.4 | 34.8** | |
| I | 12±1 | 65.59 | 0 | 1.20 | 92.45 | 28.06 | 86.28 | 292.1 | 28.9* | 4.7* |
| J | 13±1 | 68.73 | 0 | 4.64 | 93.11 | 29.02 | 65.44 | 175.2 | 105.0* | 4.6* |
| K | 12±1 | 65.40 | 0 | 0.39 | 93.08 | 28.07 | 78.16 | 283.0 | 125.0* | 2.8* |
| L | 15±1 | 63.45 | 0 | 1.84 | 88.68 | 27.07 | 75.39 | 69.0 | 15.1* | 5.8* |
| M | 12±1 | 68.14 | 0 | 1.24 | 96.05 | 29.15 | 81.82 | 177.6 | 23.5* | 2.7* |

Note, *: Results at reduction degree by 50%,
 : Results at each reduction degree (*).

の場合、還元率に及ぼす影響はほとんどないことを確かめている。

次に還元条件を簡単に示す。

温度 900°C

還元ガス 流量 15 l/min,

成分 CO 30%, H₂ < 2%, 残り N₂

還元時間 3 時間

試料 300 g

還元率は Table 1 に示す。Bペレットは半還元ペレットであるため、またFペレットはFeOが高いため、いずれも還元率は低い、その他は64%から86%の範囲にバラツキている。Fig. 1 にこれまで当社で試験し

た鉱石種類別による被還元性の比較を示す。この図では生鉱石および焼結鉱は当社の装入鉱石の平均粒度25 mmに補正してある。この結果から明らかなように、一般にペレットは他の生鉱石や焼結鉱よりも被還元性は良好である。

生鉱石や焼結鉱の被還元性におよぼす粒度の影響は当社で実験を行ない、次の結果を得ている。

生鉱石の場合:

$$K = D(1 - \sqrt[3]{1 - y})$$

焼結鉱の場合,

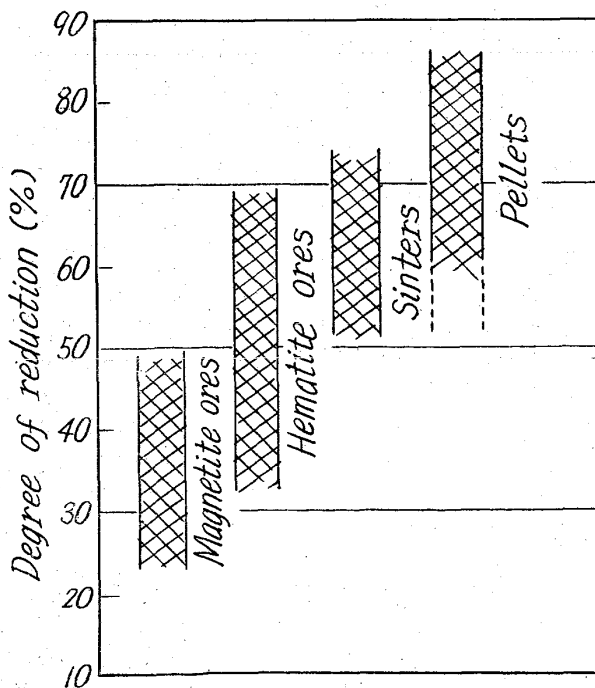


Fig. 1. Comparison of reducibility.

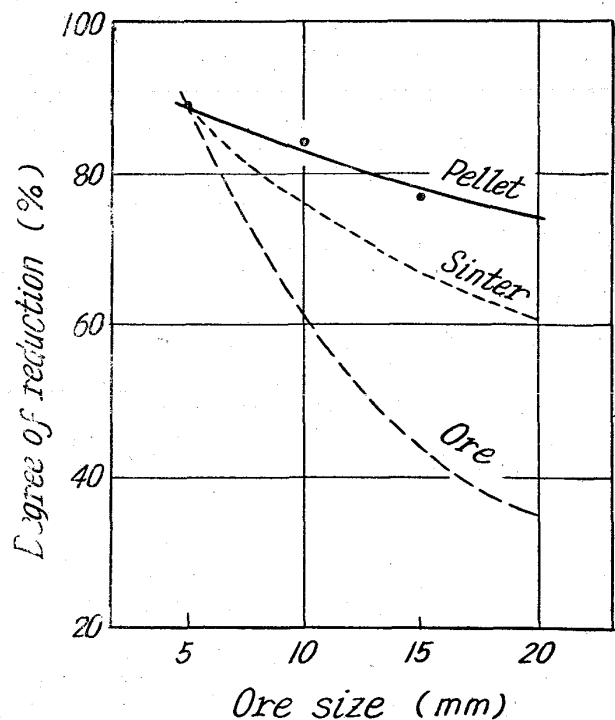


Fig. 2. Effects of ore size on reducibility.

$$K = D^{\frac{1}{2}} (1 - \sqrt[3]{1-y})$$

ただし、K: 鉱石の種類および実験条件により定まる定数

D: 粒度 (mm)

y: 還元率 (%)

一種のペレットを一旦粉碎し、各粒度に成形し、1250 °C で 60 分間焼成して製造したペレットにつき、粒度が被還元性におよぼす影響を調査した。その結果を Fig. 2 に示す。この図で焼結鉱および生鉱石は 5 mm の粒度でペレットと同じ約 89% の還元率を有するものと仮定して、上記の式で計算した値を示した。この図から明らかかなようにペレットの粒度が被還元性におよぼす影響は他の鉱石に比較して小さいことがわかる。この実績を回帰して次の式を得た。

$$K = D^{4.26} (1 - \sqrt[3]{1-y})$$

(3) 還元前後の耐圧強度

ペレットの強度は handling における粉化、あるいは高炉内に装入されてからの粉化の度合を知る上に重要である。前者は主として還元前の強度、また後者は還元後の強度を知ることによりおよそ推定される。ペレットが粉化した後の粉は焼結鉱のそれが小さいながら agglomerate しているのに対し、非常に微細である。したがって同一量の粉が生ずる場合、それによる炉内通気性、あるいは炉頂ダスト中への逸散におよぼす影響はペレットの方がかなり大きいと考えられる。したがってペレットの強度測定は他の鉱石の場合よりも重要である。と考える。ペレットの強度測定法としてはタンブラー・テストやクラッシュ・テストなどが考えられるが、タンブラー・テストは多量の試料を要し、特に還元後のテストを行なうのに不便であるため、当社ではクラッシュ・テストを行なっている。この場合、ある程度精度が低下するのはやむおえないと考える。クラッシュ・テストはペレット試料を圧縮試験機にて圧縮して、ペレットの破壊強度を測定するものである。

クラッシュ・テストの結果は当然ペレットの直径によつて異なってくる。これは理論的に補正することは可能であるが (ボール・ベアリングの強度などについて研究されている)、われわれの実験範囲ではそれらの式と実験結果とは一致を見なかつた。またペレットは他の鉱石と異なりほとんど製造された粒度のまま高炉に装入されると考えられるので、ペレット個々の粒度における強度を比較するのがよいと考える。

ペレットの還元後の強度の測定に当り、還元率が強度におよぼす影響を考慮することが必要である。Fig. 3 に 1 例としてタコナイトペレットにつき、還元率と耐圧強度および線膨張率の関係を測定した結果を示す。この図から明らかかなように強度変化は還元率が 0 から 30% までの範囲で急速に低下する。

われわれはこの試験では還元後の強度として還元率の影響の少ない範囲、すなわち還元率 50% のときの強度を測定した (Table 1 の *印)。還元率を一定とするためにわれわれは熱天秤式還元試験装置を使用した。これは堅型炉中で還元ガスで還元し、供試ペレットの重量減少から還元率を測定するものである。天秤の能力は最高 50 g

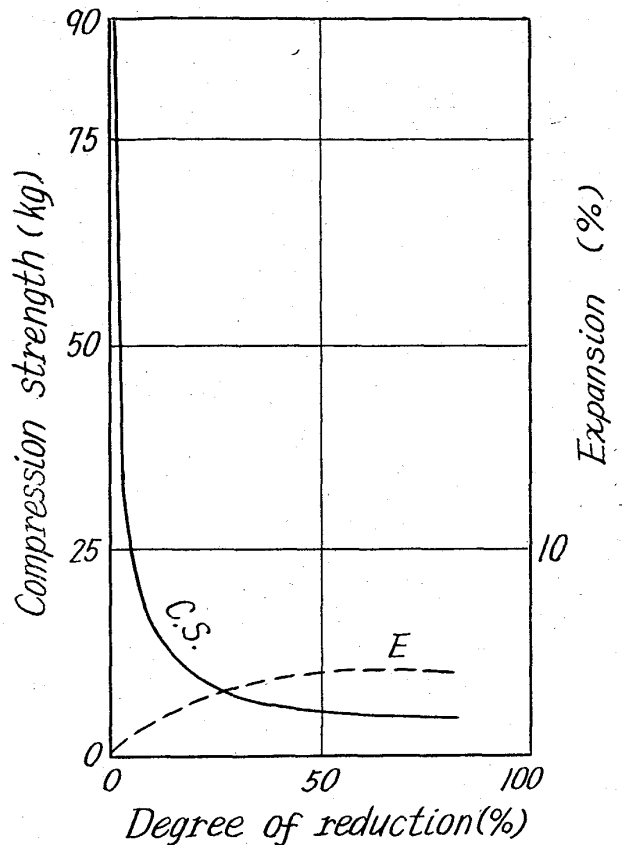


Fig. 3. Effects of reduction on compression strength and expansion. (Taconite pellet, 10mmφ)

(感度 10 mg) であるので、供試ペレットは約 25 g (12mm 径のペレット 5 ケ) とした。実験条件は概約次の通りである。

温度 500 °C

還元ガス 流量 5 l/min

成分 CO 30%, H₂ < 2%, 残り N₂

試料 約 25 g

供試ペレットより分析試料を縮分採取し、化学分析にて酸化鉄中の酸素重量をあらかじめ求めておき、その 50% に相当する重量が減少するまで還元し、耐圧強度を測定した。Table 1 に還元前後の強度を示したが、還元前の耐圧強度は 110~340 kg、また還元後の耐圧強度は、20~125 g と大巾に変動していることがわかる。高炉への使用に際して、還元後の強度が何 kg 以上なければならないかということは、その他の多くの条件も交絡するので明確なことは不明であり、現況では高炉の使用実績のあるペレットの強度を目安にする他はない。

(4) 膨張

ペレットの還元による膨張は前項の還元後の耐圧強度と同じく高炉内での粉化の度合の目安として注目される。これは本試験では耐圧強度の測定の際に行つており、還元前のペレットの径に対する還元率 50% の時の径の膨張率を採用した。還元の進行にともなう膨張率の変化は Fig. 3 に示した通りであるが、これまでの経験ではおおよそ 4~5% 以下であればよいようである。

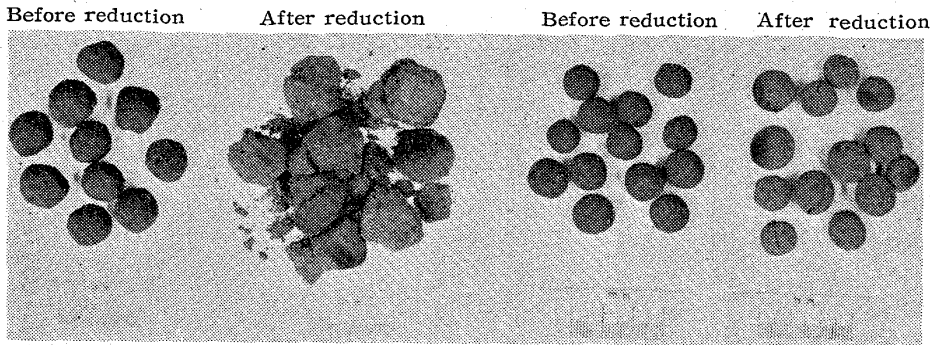


Photo. 1 An example of the crushed pellet while the reduction process.

Photo. 2 Ordinary pellet.

(5) 還元後の外観および還元途中における現象の観察

還元後の外観は耐圧強度および膨張率とともにペレットの性状として重要である。これは学振還元法および熱天秤式還元法において観察される。ある種のペレットは還元途中において異常にふくれ、粉化するものがあつた。その1例を Photo. 1 に、また普通のペレットを Photo. 2 に示す。このようなふくれの大きなペレットは当然高炉への使用に際し考慮されなければならない。これは当然のことながら還元後の耐圧強度は低く、また膨張率は著しく大きい。最近になつて、このような現象を起すものうち、あるものは還元率 50% では大した異常は認められないが、還元率が 60%~80% になつた時に著しく変形するものがあることが見出され、耐圧強度および膨張率の測定に際し、還元率を 50% としているのを、今後の検討結果によつては上げるように修正することも考へている。

IV. 結 言

以上、ペレットについて各種の試験を行なつた結果を概約報告したが、ペレットによりその性状はかなり異なつていことがわかる。現状では高炉での使用実績のあるペレットの性状と比較して、その良否の判断をしている程度であり、これらの試験結果により、すぐにペレットの高炉使用に対する適否を判定することはまだ不可能である。しかし、ペレットの性状をあらかじめ知つておくことは、ペレットの高炉への影響が十分に確かめられていない今日では、非常に重要なことであると思ふ。

(14) 珪砂配合焼結試験

富士製鉄、広畑製鉄所

工博○宮川一男・沖川幸生・江頭武二

Effects of the Silica Sand on the Iron Ore Fluxed Sintering.

Dr. Kazuo MIYAGAWA, Kōsei OKIGAWA
and Takeji EGASHIRA.

I. 結 言

焼結鉱が溶鉱炉装入物中の大半を占める現状においては、焼結鉱のslag成分の調整が重要であり、近年特に石灰石を配合して自溶性となす事は世界的な傾向である。焼結原料に種々な造滓成分を添加した場合については E. C. RUDOLPHY などによつて一部報告されている。

しかし、石灰石が配合されている原料について造滓成分を添加した場合についての検討はなされてない。

当所においては最近溶鉱炉装入鉱石中の Al_2O_3 が多くなり、将来も Al_2O_3 の高い原料の入荷が予定されており、溶鉱炉作業上slag成分の調整が必要となつて、装入物の SiO_2 を増量せねばならない状況にある。しかし、自溶性焼結鉱の装入比率が 70% を占め

るため、自溶性焼結鉱製造過程におけるslag成分の調整が必要となり、この対策の一方法として、自溶性焼結原料中に珪砂を配合した場合の焼結性について種々検討した結果について報告する。

II. 珪砂の品質

珪砂は淡路島または小豆島産の浜砂で、その粒度組成および化学組成を Table 1 に示す。

III. 試験方法および試験結果

1. 珪砂低配合の石灰石配合率変化焼結試験

珪砂配合率を 2, 3%, 石灰石配合率を 12, 15, 18, 21% に変化せしめて、Table 2 に示す原料配合割合で 30kg 試験鍋を使用して焼結実験を行なつた。

試験結果は Fig. 1 に示すように、珪素を配合すると焼結時間は長びくが、強度は向上する傾向を示した。

石灰石配合率では従来の結果と同様、石灰石配合率が増すと焼結時間が短縮されたが、歩留、強度は低下した。

このように焼結性にあたえる珪砂と石灰石の効果は互いに逆の関係が認められた。

2. 装入方法の検討

珪砂は Table 1 に示したように微粒であるので、偏析装入を行なえば上層に多く偏析し、上層強度を向上させることが予想されるので、珪砂 3% 配合で標準装入および偏析装入で焼結試験を行なつたが、上層強度の向上は認められなかつた。しかし、偏析装入することによつて焼結時間は短縮した。

3. 珪砂高配合率の影響および塩基度一定の場合の珪砂の影響

珪砂低配合焼結試験を再確認すると共に、珪砂配合焼結鉱の還元性および顕微鏡組織などを検討するため、次の試験因子で 30kg 試験鍋を使用して焼結試験を行なつた。

試験因子

(1) 珪砂配合率変化、(石灰石、15% 一定)
2, 4, 6, 8, 10%,

(2) 塩基度一定の場合、(目標塩基度 1.1)

a, 珪砂 0%, 石灰石 15%,

b, 珪砂 4%, 石灰石 21%,

c, 珪砂 10%, 石灰石 31%,

原料配合割合は Table 3 に示す。

試験結果は Fig. 2 に示す。

珪砂配合率を増加すると、焼結時間は長びくが、歩留、強度は向上する。しかし、生産率、脱硫率、還元率は逆に低下する傾向を示した。焼結状況を観察すると、珪