

Fig. 2. Properties of fired pellet.

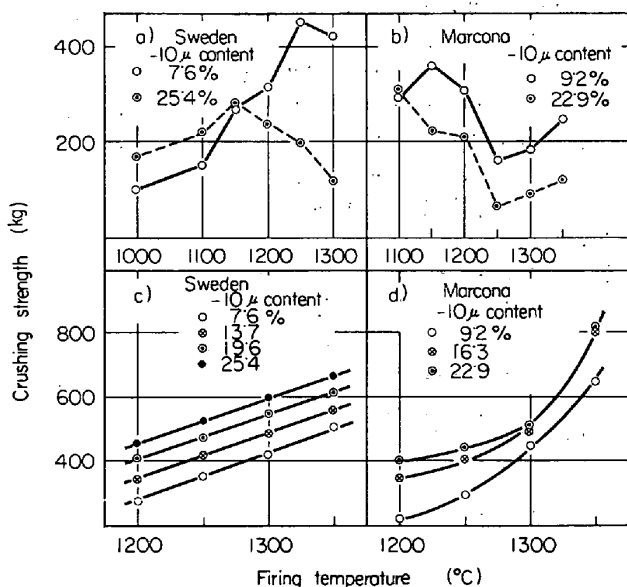


Fig. 3. Properties of fired pellet.

液を発生し、液相焼結が起つてち密化したためである。

### 3.5 焼成方法の検討

未酸化のマグネタイト核を残さず急速に昇温焼成する条件を種々検討したところ、次の焼成方法によれば十分目的を果すことができた。

- i) 室温から 700°C まで 30 min で昇温。
- ii) 700°C から所定温度まで 10 min で昇温。
- iii) 所定温度に 20 min 保持。

この方法による焼成結果を Fig. 3-c, d に示す。ペレ

ット強度は焼成温度に対し直線的に向上し、さらに $-10\mu$ 含有量によつて影響されるようになる。それはすでに報告した赤鉄鉱の場合と同様な傾向である。しかし $-10\mu$ 含有量に対する焼成ペレット強度の依存性は磁鉄鉱の場合非常に小さく、やはり磁気凝集体を単位として造粒された影響は相当に大きいものと考えられる。一方、マルコナの場合は、 $1250^{\circ}\text{C}$ 以上になるとペレット強度は急速な増加を示すが、 $-10\mu$ 含有量にはあまり支配されず、さらに $1350^{\circ}\text{C}$ ではほとんど同等の強度を示すようになる。これは前述のごとくスラグ結合が形成されるためである。

## 4. 結 言

磁選精鉱の造粒では、摩砕して微粒含有量を変えてもボール密度はほとんど変化せず、残留磁化によつて原料粉が磁気凝集体をつくり、それを単位として造粒されるためと考えられた。

焼成過程、とくに低温域では酸化度にペレット強度は依存するが、酸化度 $70\sim 80\%$ 以上では関係しなくなる。また、急速な昇温を行なうとペレット内部に未酸化のマグネタイトの核ができ、ペレット強度は顕著に低下してしまうが、昇温過程で十分な酸化を行なえば、ペレット強度は焼成保持温度で規制されるが、 $-10\mu$ 含有量によつてもある程度影響されることが見出された。

## 文 献

- 1) 近藤, 佐々木, 中沢: 鉄と鋼, 52 (1966) p. 239
- 2) 近藤, 佐々木, 中沢, 伊藤: 鉄と鋼, 52 (1966) 11, p. 4
- 3) S.R.B. COOKE and T. E. BAN: Trans. AIME., Min. Eng., (1952), p.1053

## 圧縮成形法による褐鉄鉱ペレットの強度について\*

北海道工業開発試験所

佐山惣吾・鈴木良和・佐藤享司

Strength of Limonite Pellet from a Compression Press

Sougo SAYAMA, Yoshikazu SUZUKI and Kyōji SATO

## 1. 緒 言

褐鉄鉱は一般に含水せる酸化鉄鉱を呼称し、しばしば粘土鉱物、ジャロサイト、りん酸塩鉱物などを含んでいる。褐鉄鉱は加熱するとまず付着水を放出し約 $200^{\circ}\text{C}$ まではほぼ針鉄鉱  $\alpha\text{FeO}(\text{OH})$  として存在するが、さらに温度が高くなると急激に結晶水を放出し  $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$  となる。また約  $500^{\circ}\text{C}$  以上の高温でジャロサイト、りん酸塩鉱物などが組成変化を起こし、硫黄の酸化物などのガスを放出する。著者らは北海道知床鉱山産の褐鉄鉱を試料に選び、圧縮成形法によりグリーンペレットを造粒し、その脱水と大気中で焼成したペレットの強度について検討した。

## 2. 試 料

供試鉱石の化学分析値を Table 1 に示す。

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号6 昭和42年5月10日受付

Table 1. Chemical composition of ore (%).

T.Fe	FeO	SiO <sub>2</sub>	S	P	Ca	K	T.H <sub>2</sub> O
52.0	0.64	2.43	1.17	tr	tr	tr	18.95

Table 2. Size distribution of crushed ore.

mesh	80 ~100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	250 ~325	-325
%	0.78	13.21	15.49	10.83	23.24	36.45

Table 3. Physical properties of green pellet.

Pressure	t/pellet	0.8	1.0	1.5	3.0
Bulk density	g/cc	2.03	2.05	2.15	2.25
Porosity	%	26.3	25.7	22.6	19.3
Strength	kg/pellet	7.0	8.0	9.5	12.0

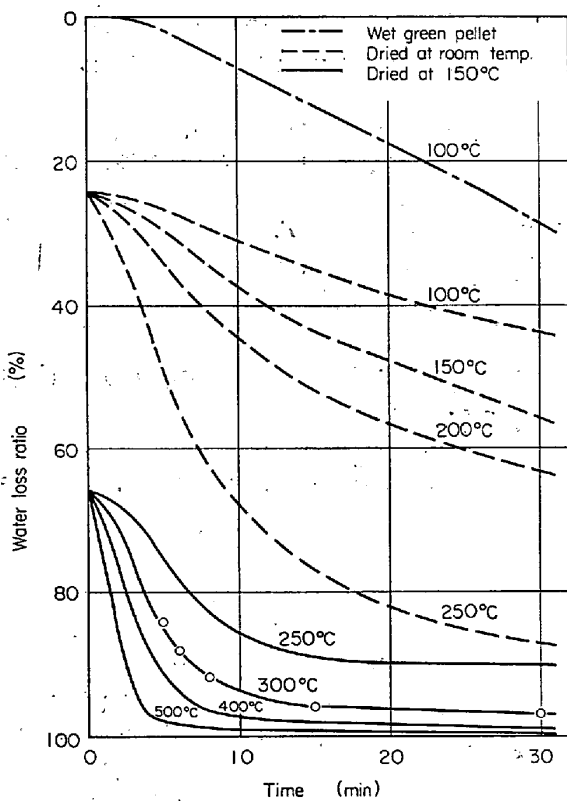


Fig. 1. Dehydration curves.

18.95%の水分のうち、5.63%は105°Cにおいて8hrで放出されるのでこれを付着水、残りを結晶水と考え、鉱石は大略  $FeO(OH) \cdot 0.3H_2O$  または  $Fe_2O_3 \cdot 1.6H_2O$  なる化学組成で示される。また鉱石はほとんどジャロサイトを含んでおらず、1.17%の硫黄は化学分析、蛍光X線分析の結果硫化物ではなく大部分硫酸塩鉱物として存在することを確認した。

3. グリーンペレットの成形

鉱石はボールミルを用いて乾式で粉碎した。粉碎後の

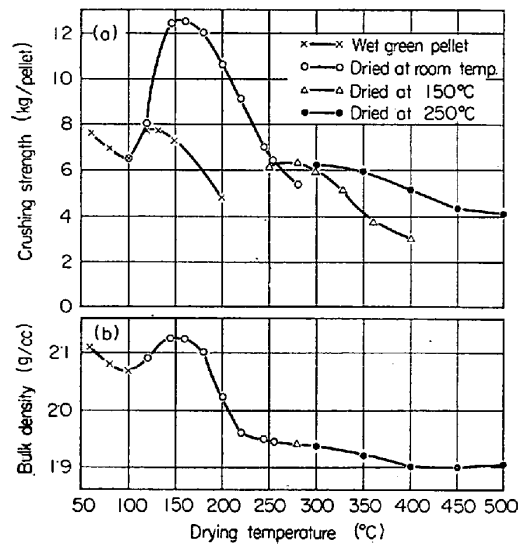


Fig. 2. Relation between drying temperature and crushing strength, bulk density.

粒度分布を Table 2 に示す。

微粉鉱石にさらに6~7%の水分を添加して湿潤させその約7gを金型を用いて直径18mm、高さ10~12mmに圧縮成型した。成型圧力はペレット1個につき全圧0.8~3.0tとした。Table 3に、成形圧力を変化させて成形後室温において2日間放置し、添加水のほとんどを除いたグリーンペレットの見掛け密度、空隙率および圧壊強度を示す。

なお以後の試験に用いたグリーンペレットは、断らない限り全圧1.5tで圧縮成形したものである。また圧壊強度はペレットの直径方向で測定を行なった。

4. グリーンペレットの脱水

成形直後の湿潤したペレットの圧壊強度は約3kgである。これを急激に加熱すると多量の水分が一時に放出されるため、ペレット内に細かい亀裂が生じ焼成ペレットの強度をいちじるしく低下させるので、予め脱水を行なう必要がある。Fig. 1に、成形直後の約25%の水分を含むグリーンペレットの、室温において2日間放置して添加水の大部分を除いた場合、およびこれを150°Cにおいて2hr脱水してペレットをほぼFeO(OH)なる化学組成にした場合の各温度における時間と脱水率の関係を示す。なおこれらの測定には熱天秤を用い、大気中で実験を行なったものである。

Fig. 2 (a)(b)に各温度で脱水したグリーンペレットの圧壊強度および見掛け密度を示す。Fig. 2 (a)中×印は成形直後のペレットを各温度で2hr脱水した場合、○印は室温において2日間放置して添加水の大部分を除いたペレットを100°C以上の各温度で2hr脱水した場合△印は、○印の場合に150°Cで脱水したペレットをさらに250°C以上の各温度で1hr脱水したときの、●印は、同じく○印の場合に250°Cで脱水したペレットをさらに300°C以上の各温度で1hr脱水したときの圧壊強度をそれぞれ示したものである。これらの結果より、グリーンペレットを脱水する場合、100°C前後で添加水および付着水の一部を除き、つぎに250°C前後で付着

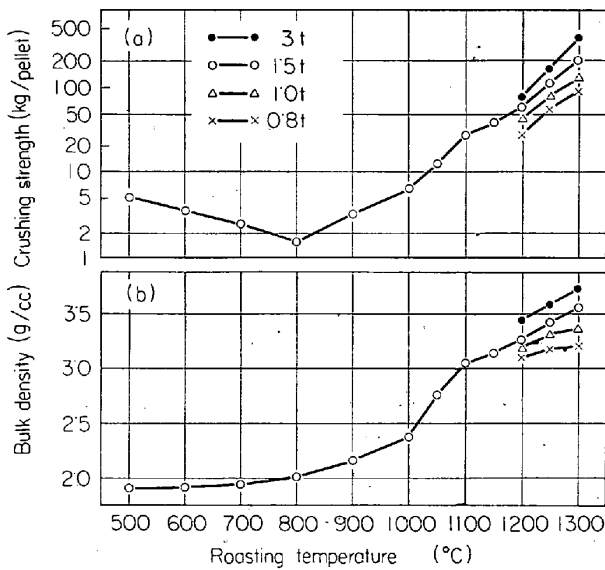


Fig. 3. Relation between roasting temperature and crushing strength, bulk density.

水および結晶水の一部を除き、さらに 300°C 以上で脱水を完全に行なうことが好ましいと予測できる。なお以後脱水ペレットとは、室温において 2 日以上放置した後 150°C で 2hr 脱水し、さらにこれを 300°C で 1hr 脱水したものを称する。なおこの場合の脱水率は約 97% である。

Fig. 2 (b) に示す各温度における見掛け密度の変化は脱水ペレットの強度の変化と傾向がほぼ一致しており、脱水段階におけるペレットの強度はその見掛け密度に強く支配されていると考えられる。

### 5. 焼成ペレットの強度

280~300°C に保持したマuffle 炉中で保温された脱水ペレットを、300°C に保持した電気管状炉にそう入後昇温し、所定の温度で 30 min 間保持した後炉内において放冷したペレットの圧壊強度および見掛け密度を測定した。昇温速度は 1000°C までは約 20°C/min、1000°C 以上では約 10°C/min とし、管状炉の一端を開放し大気中で焼成を行なった。また成形圧力を変化させた場合についても比較し、それらの結果を Fig. 3 (a)(b) に示した。

この結果によると強度は 800°C で最小約 1.5 kg となり、続いて高温で強度は増大し、1250°C 以上で焼成がなされることがわかる。見掛け密度は 500°C から徐々に高くなり、800°C 以上で急激に高くなる。強度が 800°C 付近で極小を示すことはヘマタイト粒子の結晶性形態、比表面積および硫酸塩鉱物の熱分解などの影響があるものと考えられる。

### 6. 急速焼成試験

知床鉱山産褐鉄鉱をグリーンボールに造粒し、それを焼成する過程の熱間強度についての報告がある<sup>2)</sup>。その結果によると Fig. 3 (a) に示した結果と同様に熱間においても 700~900°C でペレットの強度は低下する。このため褐鉄鉱ペレットはシャフト炉のようにゆるやかな昇温により焼成を行なうと粉化を招くおそれが十分あり、トラベリンググレートのように急速な昇温により焼

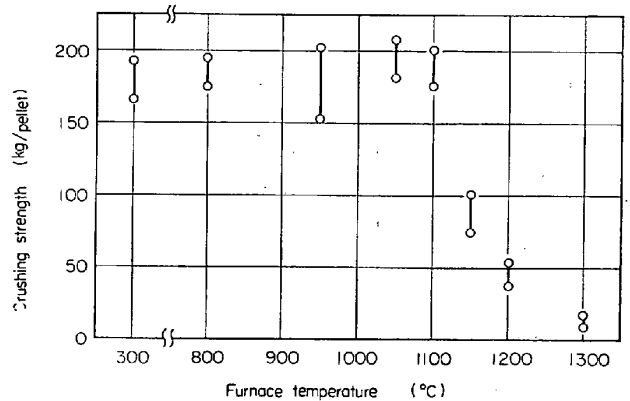


Fig. 4. Influence of furnace temperature on fast heating.

成を行なう必要があると考えられる。

急速焼成について検討するため、280~300°C に保温した脱水ペレットを 800°C 以上に保持した管状炉にそう入後、1300°C まで昇温し 30 min 間保持した後、炉内において放冷した場合の強度について測定した。この結果を Fig. 4 に示した。これによると、脱水ペレットは 1100°C に保持した管状炉にそう入しても熱ショック、ガスの放出などのため強度の低下をもたらされることなく、その後昇温し 1300°C で焼成を行なう場合と 300°C よりゆるやかに昇温し 1300°C で焼成を行なう場合を比較すると、両者はほぼ同様な強度を示すことが明らかになった。しかし 1150°C 以上に保持した管状炉にそう入した場合には強度が低下するので、脱水ペレットを急速加熱する場合の温度の上限は約 1100°C と考えられる。なお Fig. 4 の各温度の 2 点は焼成ペレット 5 個の強度の最大最小を示す。

### 7. 熱間強度試験

脱水ペレットを 800~1100°C の電気炉にそう入し、時間とともに変化する熱間強度を測定した。この結果を Fig. 5 (a) に示す。ペレットの加熱は内径 30 mm、高さ 150 mm の電気環状炉で行ない、ペレットをそう入すると炉内温度が低下するので強度測定時の炉内温度を Fig. 5 (b) に示した。

この結果によると、脱水ペレットを 1050~1100°C に加熱した電気炉にそう入すると強度は 1 min 以内にやや低下するが、その後ペレットは粘着性を有するようになり時間とともに強度は増大する。したがって脱水ペレットは 1050~1100°C に急速加熱することにより強度を低下させることなく焼成可能であると考えられる。なお 1100°C より 1300°C まで昇温させる過程の熱間強度については今後測定を行なう予定である。

### 8. 脱水ペレットの残留水分の影響

急速加熱する際の脱水ペレット中の残留水分が焼成ペレットの強度におよぼす影響について検討した。Fig. 1 ○印に示したように 300°C における脱水時間を変え、脱水率を 84~97% に変化させ比較した。それらの脱水ペレットを 1100°C の電気炉にそう入後 1300°C まで昇温し、30 min 間保持したのち炉内において放冷した場合の強度を測定した。この結果を Table 4 に示す。

この結果 300°C より 1100°C に急速加熱する場合、

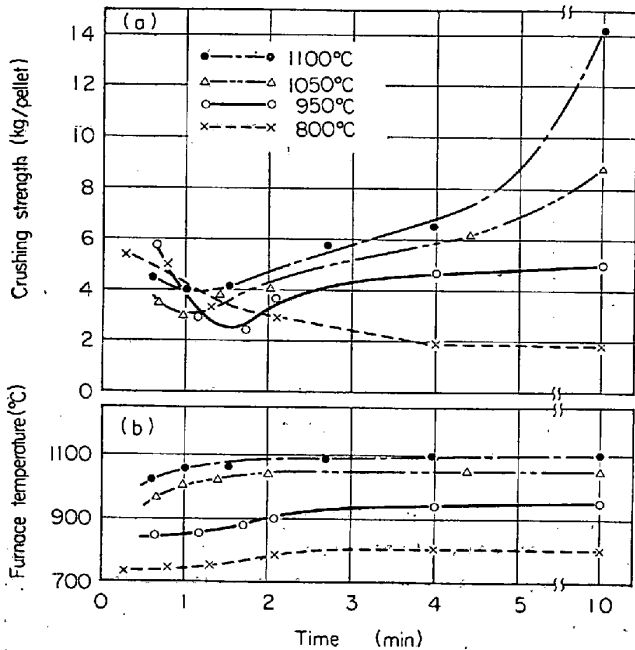


Fig. 5. Change of crushing strength during roasting at various temperature.

Table 4. Crushing strength of various water content.

Dehydration %	97	96	92	88	84
Strength kg/pellet	200	190	100	85	50

脱水ペレットの脱水率を 96% 以上, すなはち残留水分を約 1.3% 以内にとどめる必要があることがわかる。

9. 総 括

以上の結果を総括すると, 圧縮成形法による褐鉄鉱ペレットの焼成にあたっては 350°C 以下でゆるやかにグリーンペレットの脱水を行ない残留水分を 1.3% 以下にとどめ, ただちに 1050~1100°C に加熱した炉中にそう入したのち, 1300°C 以上に昇温して焼成を完了させることが一つのプロセスとして考えられる。

最後に本研究を進めるにあたり御指導いただいた北大冶金工学科吉井教授に謝意を表す。

文 献

- 1) 中島, 佐藤: 北海道鉄山学会誌, 22 (1966) 1, p. 7
- 2) 鎌田: 鉄と鋼, 52 (1966) 11, p. 5

還元状態における原田式団鉱の熱間強度について\*

日本磁力選鉱

山本進介・鷺海任・谷川一明

松塚征四郎・広瀬寿三

On the Hot Measuring Strength of Harada's Briquette during Reduction

Shinsuke YAMAMOTO, Tamotu OSHIUMI, Kazuaki TANIGAWA, Seishirō MATUZUKA and Toshimi HIROSE

1. 緒 言

高炉ガス灰を磁選した精鉱に, 平転炉ダストや圧延沈殿スケールなどの製鉄所構内発生 of 微粉雑原料を加え, 約10~12%の水で混練して双輪式団鉱機による圧縮成型を行ない, 空気中において養生して高炉用の強固な団鉱とする原田式団鉱は, 焼結原料としては不向きな微粉鉄原料処理法の一つとして昭和25年以来八幡製鉄所構内において実施され, すでに約48万tの実績を示しているが, その固化機構はガス灰磁選精鉱中に含有されている金属鉄 (M. Fe) が水酸化するに際して各鉱物粒子を互に結合することが主要なる原因であると思われているために, 最近高炉装入鉱石の熱割れが指摘されている折から, 本団鉱についてもその水酸化鉄の熱分解による熱間での粉化崩壊が懸念されて来た。

したがって本研究は, これらの懸念を実験によつて解明するために, N<sub>2</sub> を含む CO 雰囲気中における高温状態での圧壊強度を測定して検討を加えたものであつてこの結果本団鉱は還元温度が高くなり還元が進行するにしたがつて強度の低下は観察されるが, 粉化崩壊の現象は何ら起らないことが明らかとなつたので, ここにその内容について報告する。

2. 実験試料

本実験に使用した試料は Table 1 に示した配合割合で混練した原料を実際の製造工場における団鉱機を使用して製団し, 工業的に製造した団鉱と同一条件にて約14日間の養生を行ない十分酸化熱成せしめたもので, その大きさは 40 mm × 30 mm × 20 mm の豆炭型であり, その化学分析値は Table 2 に示したが, 主として本団鉱の塊化機構上 M. Fe の含有量の差, ならびにガス灰以外の天然産の鉱石粉の混入による影響を測定の主眼とする団鉱を使用した。また他の塊成鉱との比較も兼ねて, 参考までにペレット, 焼結鉱についての測定も行なつた。

3. 実験装置ならびに方法

従来この種の還元状態での強度についての実験報告は各方面から多くの報告が出ているが, その方法としては一度所定の高温で還元した試料の強度を測定する時にはこれを不活性ガス中で常温まで冷却して測定するといった方法がほとんどであり, これでは実際の高炉内での強度推定には若干問題があると思われる。また一度加熱した試料を冷却することは, たとえ化学的な変化はなくても物理的な変化を受ける恐れがあり適当な方法ではない。

したがって筆者らは, これらの測定条件をできるだけ

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号9 昭和42年5月10日受付