

使用したグリナワルト式鍋は一装入約 25 kg の鍋の中に更に小さい約 7 kg 装入の鍋を取付けたものである。

焼結鍋：上面 170mmφ，下面 115mmφ，深さ 300 mm。

排風機：ルーツ式，1m³/min，1,500mmAq。

排気温度，圧力，流量は毎回測定し，排気ガス分析，焼結層温度測定を若干のものについて行った。

III. 試験方法

磁鉄鉱としては釜石特粉，赤鉄鉱としては純粋ではないがヅンゲン鉱，褐鉄鉱としては宮川鉱石を用い，ヅンゲン，宮川は 5mm 以下に粉砕した。

返焼鉱の配合割合を 15% に一定し，残りの 85% の鉱石を釜石—宮川，ヅンゲン—宮川，ヅンゲン—釜石と組合せて Table 1 の如き配合を行った。

Table 1. Mixing proportion of ores.

	Ore	Mixing proportion (%)				
		85	65	45	25	0
I	Kamaishi	85	65	45	25	0
	Miyakawa	0	20	40	60	85
II	Dungun	85	65	45	25	0
	Miyakawa	0	20	40	60	85
III	Dungun	85	65	45	25	0
	Kamaishi	0	20	40	60	85

この混合物に対してコークス配合量は I については，2.5，3.5，4.5，5.5% の 4 水準，II については 4.5，5.5，6.5，7.5，8.5% の 5 水準，III は 2.5，3.5，4.5，5.5，6.5% の 5 水準として夫々の組合せを 2 回づつ試験した。

IV. 試験結果

歩留り，落下強度，成品 FeO% について分散分析を行い，種々検討を加えたが，主な結果を次に列挙する。

(1) Fig. 1 に示す如く宮川鉱石を加えるといずれの場合も歩留りと強度が低下する。

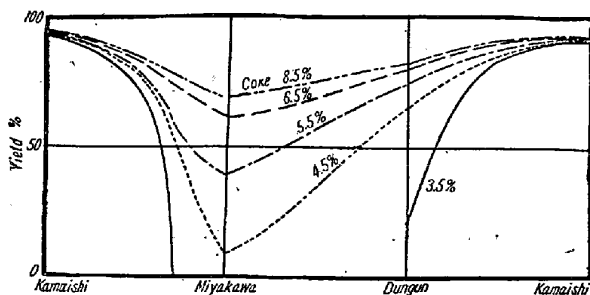


Fig. 1. Relation of coke amount, ore mixture and sinter yield.

(2) ヅンゲン鉱は釜石特粉に加えた時は歩留り，強度が低下するが，宮川鉱に加えると向上させる。即ち焼結原料として適しているのは釜石特粉，ヅンゲン鉱，宮川鉱の順である。

(3) コークス量増加すれば歩留りは増大する。

(4) 強度も大体においてコークス量と共に増大するが，釜石特粉の多い場合は逆に低下する傾向を示した。

(5) 成品の FeO% は約 25% FeO まで殆んどコークス%によつて決定され，直線的に上昇する。

(6) 従つて全データを釜石特粉の配合割合によつて 3 群に分け，各々について FeO% と強度の関係を示すと，Fig. 2 の如くなり，特粉 30% 以下では FeO

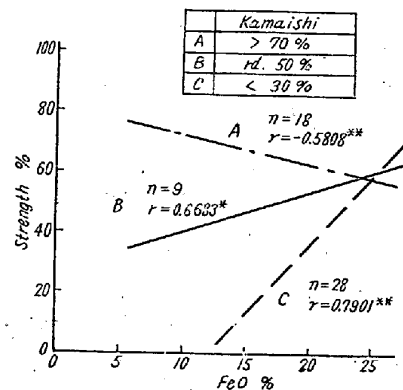


Fig. 2. Relation of strength, FeO% of sinter and amounts of Kamaishi-fines in mixture.

%の上昇と共に強度は増大するが，特粉 50% 位では増加割合小さくなり，70%以上のものでは逆に強度が若干低下している。磁鉄鉱の焼結においてはコークス量を増すことは熔融してしまつて強度低下し，FeO% は増大し何ら益がないことが判る。

(32) 褐鉄鉱の磁化焙焼法に依る優良焼結鉱の製造に関する研究 (I) (基礎研究)

Study on the Manufacture of Excellent Sinter by Magnetizing Roasting of Limonite (I)

(Fundamental Study)

Susumu Sato, et alii.

富士製鉄室蘭製鉄所

工 久田清明・理 池野輝夫・工〇佐藤 進

I. 緒 言

北海道は日本における主要な鉄鉱石の産地の一つであるが、産する鉄鉱石の大部分は褐鉄鉱であり、一般に鉄鋼の有害成分である S, As の含有率が低いとはいえないため直接高炉に装入せず全量焼結原料として使用している。然るに、焼結において、褐鉄鉱は特に結晶水 ($200^{\circ}\sim 300^{\circ}\text{C}$ にて脱水) 10~15% を含有するため、焼結予熱帯の温度上昇低く、コークス配合率を高くする必要があり、その結果として、焼結雰囲気が一時的還元性となり FeO の生成多く従つて FeO-SiO₂ 系の低融点生成物の生成多く、被還元性の悪い熔融型焼結鉱となり、熔融度の低い時には強度弱く従つて成品歩留も悪いので褐鉄鉱を主原料とする焼結鉱の品質および歩留の向上は重要な問題である。

一方以前より磁鉄鉱を主原料とする焼結鉱は、被還元性および強度の強い、コークスに外見が似た優秀な焼結鉱を得る事ができる事がわかつていたが、最近 Cooke & Ban²⁾, Stowasser³⁾, Ridger, Cohen & Lang⁴⁾, Tigerschiöld⁵⁾ 等は、その理論的根拠を研究した。それらの結果を参照し、考察すると、主として次の3つの理由によるものと考えられる。

(1) 磁鉄鉱は、焼結過程において多量の発熱 (約 110,000 cal/t-ore) をするので、原料に配合するコークスは少量でよい。このため焼結は酸化雰囲気で行なわれ FeO の生成は少なく、逆に FeO は酸化されて Fe₂O₃ が生ずるため FeO-SiO₂ 系の低融点生成物を生ずる事が少ない。

(2) 磁鉄鉱より酸化された hematite は非常に移動性に富み、固体拡散により再結晶し、hematite bond を作り鉱石粒子を結合し、赤鉄鉱を焼結した場合の如き ceramic bond とは根本的に異なる拡散結合をする。

(3) 磁鉄鉱は、hematite に酸化される際、体積膨張をなしその機械的圧力により、(2)の作用を鉱石粒子と粒子との接触点で促進すると共に細かい亀裂が這入り非常に多孔質な焼結鉱となり被還元性がよい。

然るに褐鉄鉱は多孔質であり、その特質は非常に被還元性のよい事である。故に還元ガス中において焙焼する事により簡単に人工磁鉄鉱に変化する事ができる。この様にして得られた人工磁鉄鉱を焼結する事により、上に述べた条件の中(3)は褐鉄鉱の物理的特性より不可能であるが、(1)、(2)の条件を満足し、褐鉄鉱より直接作つた焼結鉱とは異なる品質のよい拡散結合型焼結鉱を得る事ができ、かつ成品歩留も向上した。また磁化焙焼する事により、褐鉄鉱中の砒酸鉄は化合形態が変化するため、脱砒率は著るしい向上を示すと共に脱硫率も向上し

た。このため従来製鉄原料として使用不能であつた砒素含有率の高い褐鉄鉱も使用し得る事になつた。

II. 基礎実験結果

1. コークス炉ガスによる褐鉄鉱の磁化焙焼

60メッシュに砕いた褐鉄鉱をコークス炉ガスで還元を行つた。400^o, 450^o, 500^oC における還元速度および還元率は大差がなく、60分の焙焼において FeO/T.Fe×100の値は、25~40に達する (磁鉄鉱の FeO/T.Fe×100=42.8)。然るに焙焼温度 550^oC を越えると還元速度は急激に増大し、30分の焙焼において FeO/T.Fe×100の値は 80にも達し、40分以上の焙焼においては、Met.Fe の生成が顕著である。また鉱石粒度の還元におよぼす影響については褐鉄鉱は多孔質であるため、5mm程度迄は、還元速度および還元率に大差はない。故に褐鉄鉱は、コークス炉ガス中で 500^o~550^oC で約1時間焙焼する事により簡単に磁鉄鉱に変化し得る。

2. 磁化焙焼過程に於ける脱砒脱硫

磁化焙焼過程において褐鉄鉱中の砒素、硫黄はどのような変化を受けるか検討した。

(1) 磁化焙焼過程における脱砒

褐鉄鉱中の砒素は、FeAsO₄ として存在するので弱還元雰囲気において焙焼すると FeAsO₄ は、一度 FeAsO₃ に変化した後、分解して As₂O₃ となり脱砒する⁶⁾が、コークス炉ガスの様な強還元雰囲気中で 400^o~600^oC で焙焼すると、FeAsO₄ は FeAs または As 迄還元され磁化焙焼過程では脱砒しないが、後に述べる様に焼結過程における脱砒率は著しく向上する。

(2) 磁化焙焼過程における脱硫

磁化焙焼過程における脱硫については、400^oC における焙焼は例外として、脱硫率は、450^o~600^oC における焙焼においては、焙焼時間 20分の場合が最高値を示し 450^oC で 75%、600^oC で 35% の値を示し、一般に低温で高く、高温で低く、然かも焙焼時間が長くなると低下する。これは、最初に鉱石中の鉄の sulfate が分解して脱硫し、次にコークス炉ガス中の H₂S と FeO が反応して FeS₂ を生成するためである。

3. 磁化焙焼鉱の焼結過程における変化

(1) 磁化焙焼鉱の焼結過程における酸化

磁化焙焼鉱は、天然磁鉄鉱と酸化性において大いに異なつており、低温で然かも速かに酸化する。

この事により焼結過程において磁化焙焼鉱は、天然磁鉄鉱に比較して hematite の拡散結合が起り始める温度は低いものと考えられる。

(2) 磁化焙焼鉄鉱の焼結過程における脱砒

磁化焙焼鉄鉱中の砒素は、焼結雰囲気酸化性であるため酸化されて As_2O_3 となり脱砒し、 $1100^\circ C$ における5分以上の加熱により、92%以上の脱砒率を得る事ができる。

(3) 磁化焙焼鉄鉱の焼結過程における脱硫

磁化焙焼する事により、焼結雰囲気は酸化性となり脱硫には好条件となる。

(4) 磁化焙焼鉄鉱の焼結過程における膨張収縮および拡散結合

褐鉄鉱の物理的特性の一つは、加熱により著しい収縮を示す事であり、 $900^\circ C \sim 1000^\circ C$ の間で特に著しく、 $1300^\circ C$ 迄の加熱により約 40% 程度の体積収縮を示す。

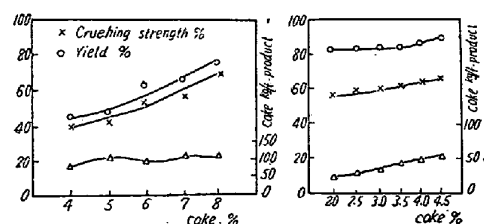
一方天然磁鉄鉱は、 $Fe_3O_4 \rightarrow Fe_2O_3$ の酸化において膨張を示し、それ以上の温度の加熱による体積収縮も著しくない。

褐鉄鉱より製造せる磁化焙焼鉄鉱は、褐鉄鉱の物理性を受け継ぎ、 $Fe_3O_4 \rightarrow \gamma Fe_2O_3$ の酸化に際して僅かに膨張するが、それ以上の高温の加熱において著しい収縮を示す。この鉄鉱の体積膨張収縮は、磁鉄鉱を原料とする焼結鉄鉱の hematite 拡散結合に密接な関係を有するものと考えられ、膨張する天然磁鉄鉱は、hematite 拡散結合の成長に対して有利であり、収縮性の大きい褐鉄鉱を原料とする磁化焙焼鉄鉱は、ある程度 hematite 拡散結合の効果は減少するものと考えられる。然し、磁化焙焼鉄鉱を原料とする焼結鉄鉱を顕微鏡下で観察すると hematite 拡散結合が生成しているのが認められる。

以上述べた 1, 2, 3 の基礎実験の結果、褐鉄鉱を磁化焙焼する事は容易であり、かつ磁化焙焼鉄鉱は、焼結原料として、加熱による収縮性以外は、良好なる性質を有していると考えられる。

III. 小型中間試験に依り磁化焙焼鉄鉱を使用せる焼結鉄鉱の製造結果

I の基礎実験の結果に基づき、小型中間試験設備により磁化焙焼鉄鉱を製造し、20 kg / 1-charge 試験鍋を使用し焼結を行つた。Fig. 1 に褐鉄鉱および磁化焙焼鉄鉱を各々 45% 配合した場合の成品歩留、強度を示す。磁化焙焼鉄鉱を褐鉄鉱のかわりに使用すると、コークス使用量減少し、成品歩留、強度共に増大する。また脱砒率、脱硫率は各々 95% 以上の高率を示した。また、上に述べた様に脱砒率が高いので、今迄製鉄原料となり得なかつた砒素含有率の高い褐鉄鉱も磁化焙焼する事により使用することができる。



Magnetizing-Roasted
Limonite 45% mix
Limonite 45% mix
Fig. 1.

また、成品焼結鉄鉱の顕微鏡組織を調べた所、fayalite および glass の生成が少なく、hematite の拡散結合が見られ、褐鉄鉱を原料とするものよりも良質である事がわかつた。

IV. 結 語

褐鉄鉱をコークス炉ガスにより磁化焙焼($500^\circ C \sim 550^\circ C$)して製造した人工磁鉄鉱を焼結原料として使用する事により、褐鉄鉱を原料として焼結鉄鉱を製造するのに比較し、成品焼結鉄鉱の品質および生産性の両者を大巾に改善することができる。

また、本方法によると従来製鉄原料として使用する事ができなかつた砒素含有量の高い褐鉄鉱も利用することができる。

文 献

- 1) 室蘭製鉄所、1954年鉄鋼協会北海道大会講演
- 2) S. R. B. Cooke & T. R. Ban, A. I. M. E. **193**, 1053 (1952)
- 3) W. F. Stowasser & S. R. B. Cooke, A. I. M. E. **193**, 1223 (1952)
- 4) J. M. Ridgon, Cohen & Lang, J. I. S. I. **177**, 43 (1954)
- 5) Magnus Tigerschiöld, J. I. S. I. **177**, 13 (1954)
- 6) 久田, 池野, 佐藤, 鉄と鋼 **41**, 936 (1955)

(33) 褐鉄鉱の磁化焙焼法に依る優良焼結鉄鉱の製造に関する研究 (II)
(工業化試験)

Study on the Manufacture of Excellent Sinter by Magnetizing Roasting of Limonite. (II) (Pilot Plant Test)

Teruo Ikeno, et alii