

められなかつた。

(3) 高速度鋼第二種相當品を約 1,100°C 油冷後 450°C~550°C 焼戻のものはショアー平均硬度 60 以上、最高 67 にして、630°C~650°C 焼戻のものは平均硬度 48~45 で低い。常温並に 500°C 高温壓縮試験の結果 550°C 焼戻のものは折損の虞が稍々あるが、670°C 焼戻のものは折損の虞なく、高温でのヘタリ量も尠く、高速度鋼第一種相當品と同様良成績を得た。

終りに臨み、御懇篤な御鞭撻を賜つた九大教授谷村熙博士に深謝し、併せて實驗に助力された江淵悟君並に關係者各位の勞に謝する次第である。

(昭和 25 年 8 月寄稿)

文 献

- (1) 堀田秀次:「バネ材料に關する研究」(第 1 報) 鐵と鋼, 36, No. 7 (昭. 25.) 31.
- (2) 堀田秀次:「バネ材料に關する研究」(第 2 報) 日本鐵鋼協會, 昭和 24 年 10 月大會講演(於八幡), 講演大要録. 32.
- (3) Maurer & Schelling; St. u. Ei., 45 (1925) 1152~1169.
- (4) Eilender; Arch. Eisenhüttenwes. (1932~1933) 563~566.
- (5) Michel & Bénget; Rev. d. Met. (1932) 259~295.
- (6) 堀田秀次:「高速度工具に關する研究」(第 2 報) 鐵と鋼 27. No. 6 (昭. 16) 384.

日本に於ける鐵鑛石の處理と熔鑛爐の操業

(昭和 26 年 7 月 14 日 東京大學工學部第 1 號館に於て講演)

講 演 ティ・エル・ジョセフ*
解 説 堤 英 三 郎**

IRON ORE PREPARATION AND BLAST FURNACE OPERATION OF JAPAN.

by T. L. Joseph.

Synopsis:

Results of laboratory tests and surveys on full scale furnaces are referred to for the purpose of illustrating some of the more important principles of ore preparation and blast furnace operation.

I. 燃 燒 帶

熔鑛爐に於いて製鍊作業を行う爲め必要な熱と還元瓦斯は羽口の近くで作られる。燃焼帶は羽口先から 40~50 in の比較的狭い範圍に局限せられていることは周知の事實である。羽口附近より採取した瓦斯の分析によると、第 1 圖の A の部分では送風中の酸素が炭酸瓦斯に變り、此の酸化帶を越えると炭酸瓦斯は一酸化炭素に變る。B の部分を越えると燃焼も熱の發生も起らない。羽口の形を變えることによつて、此等の A 或は B の部分の形を變えようとする試みが度々企てられたが成功しなかつた理由は、燃焼帶の大きさはコークスの粒度及び瓦斯と

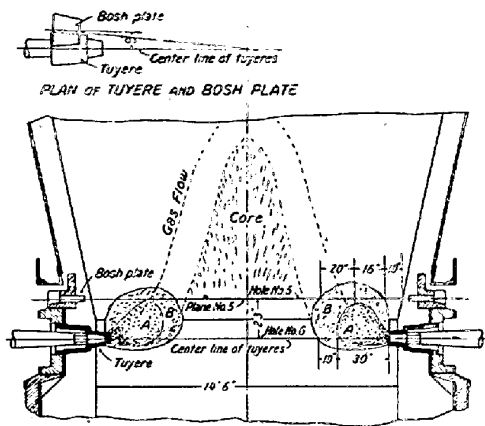
コークスとの接觸面積によつて決定されるからである。小粒のコークスは燃焼帶を縮小する傾向があり、従つて高温の活動部分即ち爐床の環狀になつた活動部分を小さくする。爐の中心部には活動しない部分があり、之は爐床徑が増すに従つて大きくなる。此の不活動の核は羽口の上まで延び漏斗の内壁を形作り、傾斜せるボツシエの壁は漏斗の外壁を形作る。小粒のコークスは此の漏斗を

* 總司令部經濟科學局特別顧問。

米國ミネソタ大學工科大学副學長。冶金學部長。
米國鑛山冶金學會鐵鋼部會長。

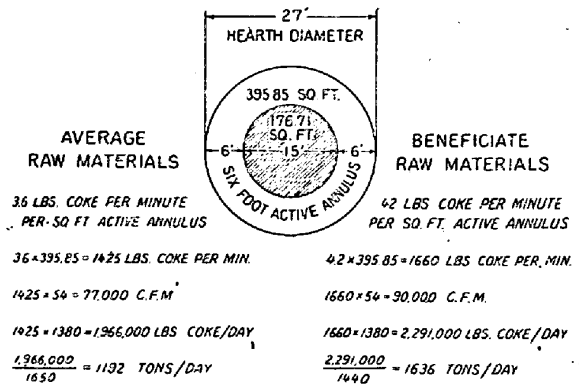
** 總司令部經濟科學局技術顧問。工博。

COMBUSTION ZONES AND INACTIVE CENTRAL CORE (Kinney²)



第 1 圖

COMPARISON OF WIND VOLUMES, COKE RATES AND TONNAGES ON HYPOTHETICAL FURNACE



第 2 圖

狭くする傾向があり、そこを通つて固体のコークス・流動體の鑛滓・鐵が下降する、また瓦斯流は上昇するのである。コークスが小粒のときには此の漏斗の底が小さくなるから、コークスが下降し瓦斯が上昇する通路は狭くなり、また活動環狀帶 (Active annulus) の幅は狭くなる。私の知る限りに於て、此の燃焼帶又は Active annulus の大きさを増す方法としては、羽口に達する迄適當な大きさを保つに必要な強度を持つコークスを使用する以外に方法はない。合衆國に於て富酸送風の實驗を鹽基性平爐銑吹の爐で行つたが、裝入物の下降が停滯するので成功しなかつた。裝入物降下困難の原因は、送風中に酸素が増へると燃焼帶が狭くなるからである。鹽基性平爐銑吹高爐では、恰も送風溫度を數百度上げたときのような爐況を呈した。

II. 假定の爐に於る風量・コークス比及び出銑量の比較

燃焼帶は羽口先端から僅か 4ft より延びないが、羽口面に於る活動部は幅 6ft の環狀から成る。燃焼帶より出る高温瓦斯は急激に上方に方向を變へることはなく、熱と衝風の浸透の影響はコークスが燃焼する場所から之を僅か距つた所まで及ぼされる。それで爐床徑が 12 から 27ft の爐 36 基に就て調べた結果、出銑量の基準として 6ft の Active annulus を採ることが最も都合のよいことが判つた。

此の 6ft の Active annulus で燃焼し得るコークス量は、裝入物の正常な下降を妨げる程度に送風壓力を高めることなく、裝入物の間を通つて上昇し得る瓦斯量によつて決まる。合衆國では Lake Superior の粉鑛を多量に使う必要があるが、此の普通の原料を使つた場合 Active annulus 平方呎當り 1 分間當りのコークス消費

量は 3.6lb である。ハース徑 27ft の爐では Active annulus は 396.85 平方呎であるから、此の大きさの爐では 1 分間當り 1425lb のコークスを消費し得る。通常 1lb のコークスに要する風量は 54 立方呎であるから、1 分間當り 77,000 立方呎の量となる。1 日の内 1380 分間フルに送風されるとして、此の送風速度では 1 日當りコークス消費量は 1,966,000lb となる。従つて銑鐵屯當コークス所要量を 1,650lb とすれば銑鐵日産は 1192 net ton となる。之は合衆國に於ける此の大きさの爐に對する平均出銑量である。3/8" 以下の鑛石を燒結し、此の燒結鑛またはその他適當の Agglomerate と 3/8" 以上の鑛石とを爐に裝入すれば爐内の通氣性が良くなるから、Active annulus 平方呎當り 1 分間當り消費されるコークス量は 4.2lb となる。之は燃焼消費速度に於て約 16% の増加に相當し、またそれに相當する風量及び 1 日當りのコークス消費量の増加となる。然し乍ら此の場合は事前に處理された鑛石を使うのであるから、操業能率が良く銑鐵屯當のコークス所要量が節約される。送風量の増加とコークス比の低下、此の兩者の總合結果として日産出銑量は 1192t から 1636t となる。之は 37% の出銑増加に相當する。

III. 日米日産出銑量の比較

合衆國に於て爐床徑が 20—24ft の鹽基性平爐銑吹き高爐では Active annulus 平方呎當り 1 分間當りの日産出銑量は 3.2t であるが、日本では昭和 25 年 11 月 1 日より 26 年 3 月 1 日迄の 9 基の鹽基性平爐銑吹き高爐の平均は 2.2t となつてゐる。その内の 1 基は 2.9t であるが之は合衆國の 90% に相當する。即ち日本の爐の總平均は合衆國の同一サイズの爐の 70% である。

私の經驗によれば、大ていの操業者は與へられた原料

及び設備から受ける制限の範囲内で良い結果を得るものである。換言すれば、兩國に於る同一サイズの爐から作られる出銑量に差があるのは尤もな理由があるのである。私の考へによれば、日本に於て出銑率が比較的低いのは粒度の粗い還元の困難な堅緻な鑛石を使つていること、焼過ぎの還元困難な焼結鑛を使つているのが原因の一部を成している。斯かる性質を有する原料は還元の爲め非常に長時間を要するから、若し急速操業を行うとすれば、Solution loss 又は直接還元の爲めに爐床に於て大量の熱が失はれ、燃焼消費量が増すであらう。それ故に日本に於て現在行はれている作業は、異常に高價なコークスの事を考えると、最も賢明な操業法である。爐1基當りの出銑屯數を増す爲めには、或種の輸入鑛を碎き、また還元し易い軟かく焼いた焼結鑛を作ることが必要となつてくる。合衆國の或る高爐操業者は、彼等の使つている焼結鑛の還元困難なことを認識し、硬く焼いた焼結鑛を装入原料中に 90% も使うときには、操業速度を 15% 落す必要のあることを知つた。送風量をそれだけ減じて、爐頂瓦斯の CO/CO_2 比は高く爐頂温度は $500^{\circ}C$ に達した。此の CO/CO_2 比の高いことは Solution loss の多いことに由るのであり、また爐頂温度の高いことは焼結鑛の立方呎當り重量が軽く、熱容量の少いことに原因する。

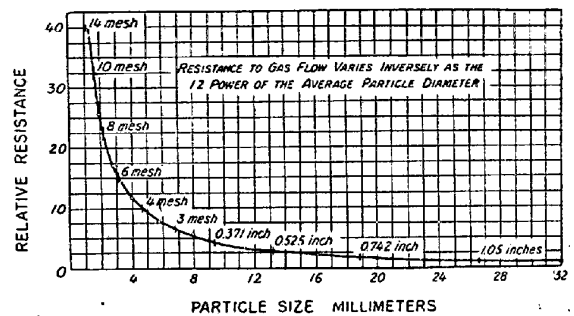
IV. 原料の粒度と瓦斯抵抗との關係

碎いた固體の装入物が瓦斯流に與える抵抗を測定することは甚だ困難である。此の抵抗は装入物柱が同じ高さを持つていても、より詰つているときには 2 倍にもなるのである。同一装入物柱で此の様な甚だしい差があることは、次の事實を考えてみれば容易に理解できる。即ち粒と粒との間の空隙の $1/4$ 乃至 $1/3$ だけが瓦斯の流れに對して有効なのであつて、瓦斯は空隙の總てを一様に通るものでなく、その内の若干の狭い通路を一秒毎に變え乍ら流れるのである。

長年の研究の結果、粒度と瓦斯流の抵抗の關係を示す曲線が作られた。

圖によれば、瓦斯流に對する抵抗は粒度が 10mm ($3/8''$) より細くなると急激に増大する。此の曲線は約 25 年も前に作られたので、瓦斯流に強い抵抗を與える粉を取除く爲めに、約 $3/8''$ 以下の粉鑛を處理して焼結鑛とする作業は今日では一般的となつてゐる。之は鑛石處理の根本原理で、高爐内の通氣性を増し、瓦斯が偏つて流れる事を防ぎ、而も瓦斯と装入物との接觸量を最大にする事を目的とするものである。此の接觸は熱の交換と鑛

RELATION BETWEEN PARTICLE SIZE AND RESISTANCE TO FLOW OF GASES



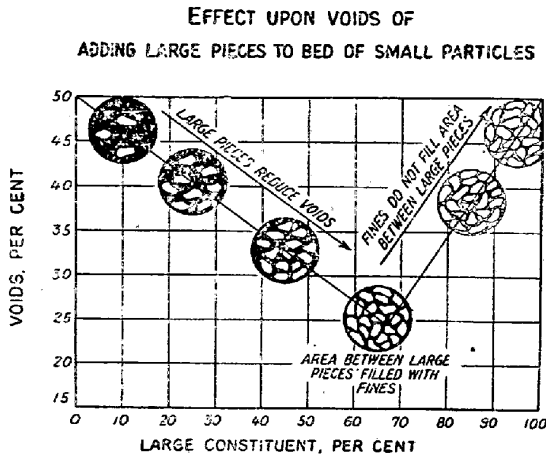
第 3 圖

石の還元に必要なことである。鑛石處理には二つの主要な問題がある。その一つは、鑛石層の還元性を改善することにより瓦斯と鑛石との接觸をよくすることである。粉鑛の持つ表面積は大きい、瓦斯が此の大きな表面と接觸することはむづかしい。それは瓦斯が鑛石層の一部のみを通ろうとするか、或は装入物層中通氣性のよい所へ偏つて行く傾向があるからである。 $3/8''$ 乃至 $5/8''$ 以下の粉鑛を焼結することは、鑛石層に通氣性を與えるのに最も實際的な方法であることが、高爐の實作業によつて立證せられた。第二の問題は鑛石の粒個々の還元性を改善することである。氣孔性に富む鑛石にとつてはむづかしい問題はないが緻密な鑛石は充分細く碎き、Solution loss が確かに起ると思はれる $1000^{\circ}C$ に達するまでに完全に還元が終るように、鑛石の中心まで充分多量の瓦斯が浸透するようにすべきである。即ち我々は装入物全體の通氣性を均一ならしめて鑛石個々の表面が瓦斯に接觸するようにすると同時に、鑛石の中心まで瓦斯が浸透するように用意しなければならない。

V. 装入物中塊粉の混合比と Voids の關係

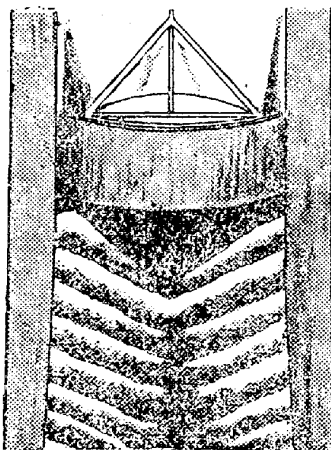
装入物の通氣性に就て更に考察を進める。粒度の均一性は Voids の度合に著しい影響を持つが、粒度の差が大きいときには特に甚だしい。一般に粒の粗いものが混じると装入物の通氣性が増してくるよう考えられているが、之は装入物中の粉の量如何によるのである。第 4 圖によれば粉に塊を加えて行くと Voids は漸次減る。細い粉の装入物に加えられた粗い粒の一つ一つは瓦斯流に對して一個の固體としての障害を與え、その容積に相當するだけ Voids を減るのである。而て通常粉 35% 塊 65% のとき Voids は最小となる。塊の配合率が 65% を超えると Voids はまた増してくる。此の圖は塊鑛或は通常粒度の粗いコークスと混合したとき特に有害な粉

鑛を燒結する必要性を強調するものである。



第 4 圖

UNBALANCED ARRANGEMENT DUE TO
IRREGULAR MOVEMENT FROM THE BELL



第 5 圖

VI. 高爐々内装入物の分布

爐内装入物に適當な通氣性を與ふる爲めには装入方法は非常に重要である。鑛石とコークスを第5圖に示すような状態になる如く装入する必要があることが判つた。白色で示した鑛石層の大部分は爐の中心まで届いていないことに注意せられたい。中心部は大部分がコークスで充されて通氣性が高く、風壓の上昇、スリッピングハンギング並に一般的に不満足な状況になることを防いで充分な瓦斯が流れるのである。此の圖に示すような分布を作るためには、鑛石を或る一定の粒度に保たなければならない。操業者によると、爐の中心から過大に瓦斯が逃げるのを防ぐために装入の6及至7回目毎に重装入をする。此の場合の装入を圖に於いて上から2段目の鑛石層で示す。また操業者によると、幾分粗い目の鑛石を連続的に装入して爐の中心部を通る瓦斯の量を調節す

る。正常な爐況にある爐の温度、瓦斯流及び瓦斯成分を調査した結果によれば此等は装入物の分布状態とよく一致していた。温度も瓦斯速度も爐の中心では異常に高い。温度は中心から壁に近よるに従つて漸次下り、爐壁から 30in の所で最低となる。瓦斯速度が高く且つ高温の通氣性のよい部分は爐壁から 30in の所まで延びている。此の壁に近い通氣性のよい部分は、装入物が壁に沿つて弛くなつてゐる爲めである。此の状態は爐頂の圓筒形になつた部分では起らない。それは壁が垂直で batter がないからである。私は日本で行はれてゐる装入方法を調査するだけの時間がなかつたが、合衆國で使はれてゐる如き粉鑛で満足な操業を行うためには、此圖に示されたのと同様な装入物分布を作ることが必要と信じる。私は此の問題は非常に慎重な研究を要すると思う。ラーヂペルの下に特殊の装置をおいて、Lake Superior の粉鑛を爐の中心に分布しようとした試みは完全に失敗に終り、爐頂を損傷するような爆發が起つた。私はまた鑛石とコークスは別々の層になるように装入すべきだと信じる。何故ならそうしないと前圖の如く粒度の混合によつて Voids の減少を來すからである。

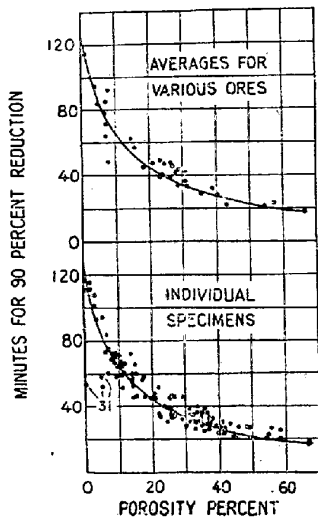
最後に鑛石の一番上の層が不均衡になつてゐる點に就て注意を喚起したい。斯かる状態は濕つて粘々した鑛石がラーヂペルから容易に落ちにくいからである。Dungun 鑛石や群馬鑛石は、此圖の最上部の鑛石層が示すように不均衡な分布になり易い。恐らく日本の高爐操業者は、此種の鑛石はどう云う方法で装入するのがよいかを知つておられるであろう。彼等が合衆國の高爐操業者に重大な問題を提出されると信じるが、若し未だ装入方法に關する慎重な研究がなされていないならば、それは是非されるべきである。

VII. 氣孔度と90%の還元に要する時間との關係

次に還元と個々の塊鑛に瓦斯が浸透する問題を論じる。還元の非常に困難な堅緻な鑛石は、高爐に装入する前に碎くべきことは早くから指摘されてゐた。第6圖は氣孔度と 90% の還元に要する時間との一般的關係を示す。經驗によれば 90% の還元は還元の指標として都合がよい。或種の鑛石は、他のものに較べて完全還元非常にゆつくり近づく。之はその鑛石が、90% 還元までは容易であつても最後の 10% の還元の爲めに比較的長時間を要する故と思はれる。

圖に於て、下方の曲線で點が散らばつてゐることに注意せられたい。氣孔に富む鑛石は、緻密な鑛石より容易

RELATION BETWEEN POROSITY AND TIME
FOR 90 PERCENT REDUCTION OF IRON ORES



第 6. 圖

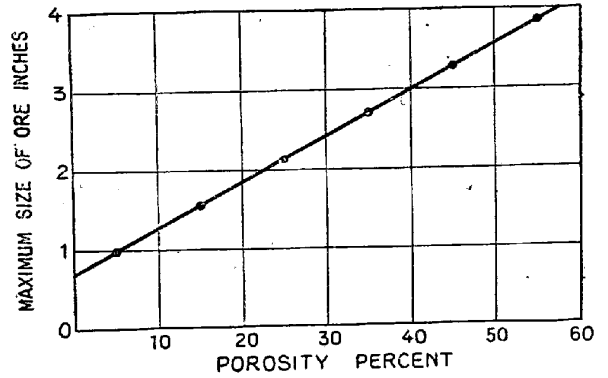
に還元することが分る。曲線から離れた點が多數あることは、氣孔そのもの性質に差異がある爲めである、或種の氣孔は完全に閉ぢているかも知れない。鑛石粒の通氣性の測定は望ましいがむづかしいと思う。圖の上の方に 32 種の鑛石に就て實驗した結果を示す。此の曲線では點が餘り散らばつていない。然し第 31 種の鑛石は還元中にひどく割れが入る傾向を示したが、之は曲線よりずつと下の方に來ている。實驗の結果は 40min となつてゐるが、氣孔度を基準にすれば 90%還元は 80min を要するはづである。私は次の事實に就て注意を喚起したい。

約 25% の氣孔をもつ鑛石は還元は 40min を要するが、5% の氣孔をもつ鑛石は 80min 即ち 2 倍の時間を要すると云うことである。

之等の還元實驗には、CO 瓦斯より使ひ易い H₂ 瓦斯を使つた。私は H₂ を薦める。その理由は實驗室のテストで得られる總ては比較的の結果であり、また熔鑛爐の状態を實驗室で再現することは非常にむづかしいからである。或種の氣孔度をもつた鑛石を、どの程度に碎くべきかを決定する參考の基礎として、實際の熔鑛爐の操業結果を参照する必要がある。

Utah の Provo の小型高爐で得た操業結果は、此のような參考の基準に用いられてゐる。此の爐の操業から次の事が判つた。25% の氣孔を持つ鑛石は 2" に碎いたとき最善の結果を與える。此の鑛石は 90% の還元は約 40min を要した。若し 2" が 90% 還元は達する爲めに 40min を要する鑛石の適當な粒度であるならば、同じ還元度に達する爲めに 80min を要する鑛石は

RELATION BETWEEN POROSITY OF IRON ORE AND MAXIMUM SIZE FOR BLAST FURNACE USE



第 7 圖

半分の粒度即ち 1" に碎かなければならない。此の推理を進めて第 7 圖が作られた。之は熔鑛爐用鑛石の氣孔度と最大粒度との關係を示すものである。圖に於て Utah の Provo 鑛石は氣孔度が 25% で 2" であり、氣孔度 5% のものは 1" に碎くべき事を示している。Alabama 地方で使はれてゐる緻密な鑛石は此の粒度で裝入されてゐる。40% の氣孔をもつ鑛石は 3" で裝入できる。此の氣孔をもつ鑛石は通常褐鐵鑛である。之等の曲線に報告された氣孔度の測定は結晶水を全部追出すために 500°C で數時間加熱してから測定された事を附言する。茲に指摘したいことは、之等曲線は磁鐵鑛には適用できないことで、磁鐵鑛は赤鐵鑛・褐鐵鑛より遙かに還元が困難である。磁鐵鑛は特殊の部類に屬すると考えらるべきで赤鐵鑛より遙かに還元が遅く、前圖に示す如き氣孔度と還元性との關係を適用することはできない。

VIII. 各種の鐵鑛石・燒結鑛・Pellets・Nodules 及び磁鐵鑛の脫酸或は還元

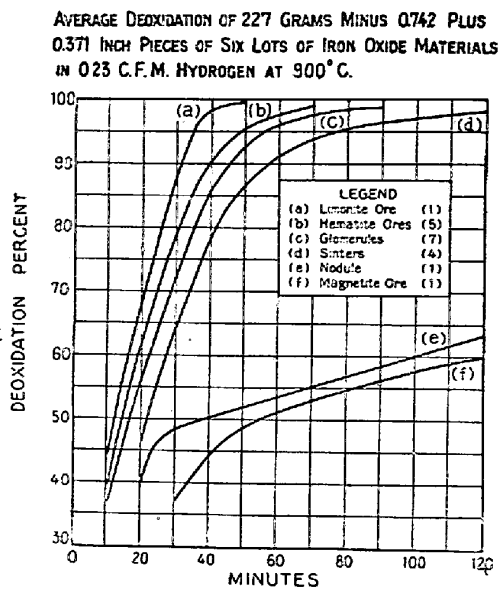
次の圖は U.S. Bureau of Mines の E.P. Barrett と C.E. Wood の得た結果*を示す。サンプルは 900°C まで加熱され、どのテストに於ても充分に過剰な水素中におかれた。還元率の順序は次の如くなつてゐる。

- 褐鐵鑛・赤鐵鑛・Glomerules 又は Pellets・
- 燒結鑛・Nodules・磁鐵鑛

非常に複雑な問題を餘りに簡略に表はした此の一般化

* U.S. Bureau of Mines, Report of Investigation, No. 4569

"Relative Reducibility of Some Iron Oxide Materials"



第 8 圖

せられた圖の結果を、注意深く解釋することが非常に大切なことを私は強調したい。此の圖によつて表はされている數値は、夫々が廣い範圍で變化する6種類のものから撰ばれた特定のサンプルの平均値であるからである。褐鐵鑛に關する平均曲線(e)に關して述べると、此種の鑛石は結晶水をとばしてから氣孔が大きくなるので、還元速度は常に速いことは確かである。また、磁鐵鑛の還元速度の非常に遅いことも確かである。然し乍ら、次に赤鐵鑛を考える場合には、此種鑛石では、氣孔度が還元速度に著しい影響をもつことを想起すべきである。例へばAlabama 或はIndia の非常に緻密な鑛石は曲線(b)によつて示されている Lake Superior 鑛石よりも還元にかゝる時間が4倍もかかるのである。それ故に我々は、我々が使用する特定の鑛石又は燒結鑛の氣孔度及び還元性を調べる必要のある事を記憶しなければならない。

Gromerules 又は Pellets の部類に屬するものは、約 25% の氣孔をもつており、凍結・雪解け中の貯藏や貨車又は船による運搬に耐えるような強度を與える爲め焼き過ぎない限り、その還元性は Lake Superior 鑛石より幾分低い程度である。言葉を換えて云うならば Pellets の還元性には變化があり、それは Pellets が加熱された温度や熔融の度合によるのであつて、鐵分を含む鑛物質が鑛滓によつて蔽はれたり、收縮により、又は鑛滓の流動性が増すことによつて氣孔が減るからである。適當な温度 1200°C 位では大部分赤鐵鑛の粒子から成り、粒子相互が相當な強さで結び付いている如き Pellets を作り得る。

Pellets の製造工程を簡単に述べるならば、先づ第一

段階として、約 10% の水分を含む粉鑛を廻轉する drum 中で徑 0.75~1.25in のボールに固める。次に此の濕つたボールをシャフト爐で加熱する。加熱にはシャフト爐に附屬する燃燒室で燃えた高熱の廢瓦斯をシャフト爐に通すのである。

燒結鑛に就て留意しなければならないことは、氣孔度に非常な變化のあること、FeO の含量によつて示される磁鐵鑛又は赤鐵鑛としての Fe の分布及び還元性である。例へば此の焼き過ぎの燒結鑛中の Fe は大部分磁鐵鑛になつていように思はれる。物理的に云うと、コークスの如き細胞型でなく、氣孔の壁は厚く孔も大きいものから成つており、氣孔度は始んど還元性に影響がないのである。酸化鐵は大部分磁鐵鑛として存在しているから、最も還元しにくいものであることを保證する。

此の燒結鑛の對照をなすものとして、之と全く異なる性質を有する燒結鑛がある。之は磁鐵鑛の精鑛から作られたもので、コークスに似た細胞型のものである。之は鑛滓化したものをを始んど含まず、氣孔は細く、その壁は薄い。また FeO の含量は 8% で大部分の Fe が赤鐵鑛として存在することを示している。此の燒結鑛は先の燒結鑛より多分 4 倍も早く還元するであろう。私の知る限りに於て、此の種の燒結鑛は唯二つの國 Sweden と日本の釜石製鐵所のみで作られている。何れの場合も配合用燃料は約 4% で燒結原料は細い磁鐵鑛の精鑛である。原料として赤鐵鑛を使う場合は、粒度及び原料配合を前例と同程度にしても、之と全く同じ型の燒結鑛を作るとは不可能ではないにしても非常にむづかしいのである。燒結原料に 3~4% の燃料を加えて磁鐵鑛を燒結するときには、大部分が赤鐵鑛に酸化され相當量の熱を發生する。極く少量の鑛滓が作られ、また磁鐵鑛の酸化によつて作られた赤鐵鑛の粒子の成長によつて粒子相互が結び合はされるのである。

然し乍ら之等二つの極端な例の中間の性質をもつ燒結鑛を赤鐵鑛から作り得ると私は信じている。事實 California の Fontana にある Kaiser 製鋼會社は FeO 12% の燒結鑛を赤鐵鑛から作つていて、此の燒結鑛は物理的構造或は細胞構造に於て大體釜石燒結鑛に似ている。合衆國に於て現在作られている燒結鑛の大部分は、むしろ品質が悪いと云うことが段々認識されつゝある。事態は日本に於ても同様であると思う。高爐操業者は元來硬く焼いた燒結鑛を好むようである。之は取扱中に細く碎けることのないようにと望むからである。然し乍ら燒結後水冷したり、荒い取扱ひをする一般のやり方では此の硬く焼いた燒結鑛は熔鑛爐の Stock line に達する

までに粉々になるのである。換言すれば、粒度に於て望んだ所のものを獲得せず、而も還元性の非常に悪い焼結鑛を作つてゐることとなる。之より遙かに良い方法は、軟かく焼いた還元容易な焼結鑛を作り、未だ熱い内に必要だけ高い所から落す如き荒い取扱ひをし、それから空氣冷却をする。而して空冷した製品は高爐迄の輸送中出来る限り丁寧に取扱うのである。

曲線 (d) により表はされている焼結鑛は、軟く焼いた還元容易な型に屬する焼結鑛で、合衆國及び日本の各地の大部分の工場で作られてゐる如き硬く焼いた焼結鑛を示すものではない。硬焼き焼結鑛は、實際は曲線 (d) より遙か下の方に來るべきである。斯る焼結鑛は曲線内に示される軟かく焼いた焼結鑛より還元に2倍或は3倍もの時間を要するからである。

曲線 (e) に示される nodules の還元實驗は半ば還元性の雰囲気中で行はれた。その結果、nodules は12%の金屬鐵と非常に澤山の FeO を含んでゐた。それ故に曲線 (e) により示された nodules は非常に還元のおむづかしい型を代表したものである。換言すれば nodules も焼結鑛と同様に、それを作る作業の條件によつて還元性に廣い變化があると思はれる。nodules は内部加熱式のロータリーキルンで作られる。原料は温度の低い装入口から温度の高い出口の方へ移動するが、その間に於て原料は軟化温度まで加熱され、キルンの廻轉運動の結果球状の塊となるのである。nodules の性質は、加熱温度・キルンの雰囲気・原料の軟化温度によつて決まる。

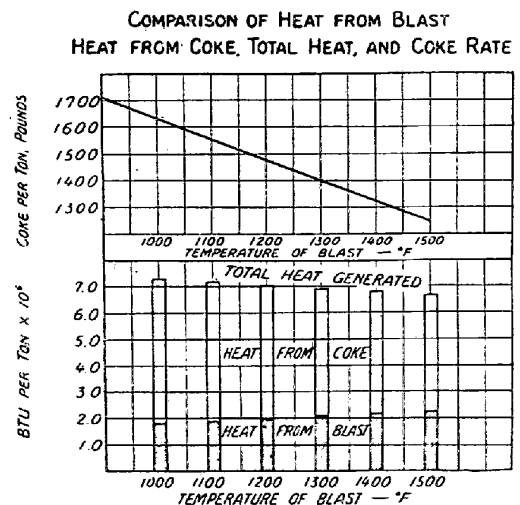
nodules の還元性に關する報告は、残念乍ら非常に少い。然し私自身が行つた nodules の還元實驗によれば、U.S. Bureau of Mines によつて行はれた實驗により示されるものより遙かに還元が容易であつた。それ故に私は、圖の (e) 及び (f) により示される如く nodules は焼結鑛より遙かに還元がおそいと結論すべきではないと思ふ。焼結鑛及び nodules の各種の澤山のサンプルまたは代表的なサンプルで還元實驗をやるならば、硬焼き焼結鑛は正常な條件の下で作られた nodules と同程度に還元がおそいことが判ること、私は信ずる。

鋼管鑛業會社では群馬の褐鐵鑛を處理するため、前橋で nodules 用キルンの試験設備を運轉している。粉コークスを約6%加えたときの nodules は FeO が約45%、硫黄が約0.9%であつた。原鑛には5%の硫黄と數パーセントの Potash を Jarosite ($K_2O \cdot 3Fe_2O_3 \cdot 4SO_3 \cdot 6H_2O$) と呼ぶ鑛物として含んでゐた。原料中に粉コークスを全然加えないで行つた最近の實驗によれば

硫黄3.5%の原鑛から0.093%の硫黄を含む nodules が作られた。原料から粉コークスを取除いてもキルンの操業には何の困難も起らなかつたのである。之等の結果は、特に脱硫の見地から考へて非常に面白いと思ふ。粉コークスを使つた場合の nodules に就ても、粉コークスを使はなかつた場合の nodules に就てもその還元性に就ては何も知らされていないが、還元テストがなされることが望ましい。また2基の100tキルンが今秋運轉され、多量の nodules が作られたときには、實地に大型高爐での使用試験がなされることを希望する。

IX. 送風温度の重要性

鑛石處理の目的の一つは爐内装入物の通氣性を増すことであつて、送風温度は通氣性によつて限度を決定される。その限度を越えると、送風壓力は上昇して装入物は正常に降下しなくなる。合衆國に於て Lake Superior の粉鑛を多量に使うときには、送風温度の限度は500°Cである。此の送風温度では風壓は16-18lb/sq.inの範圍となる。日本では風壓は10.4-16lbの範圍にあり、平均約12lbである。此の風壓の低いことを考へると、若し熱風爐の能力が充分ならば、日本でももつと高い送風温度にできるように考えられる。豫熱した送風が初めて高爐に使はれたとき、燃料の節約が豫熱空氣により爐内に持込まれた熱風を遙かに超えたことは周知の事實である。燃料に於る此の大量の節約は、持込まれた熱量に原因すると共に、爐床温度の上昇にも原因するのである。

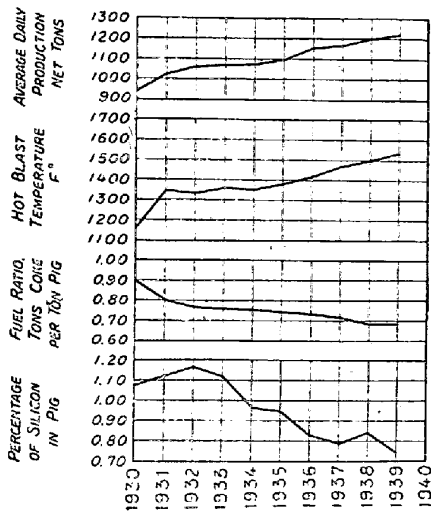


第9圖

第9圖の上の曲線はt當りコークス量の低下を示し、之は送風温度を900°F(480°C)から1500°F(815°C)に上げたときに豫期し得る。

圖の下方に於て、各々の柱の黒い部分は温度を 1000°F から 1500°F (540°C—815°C) に上げたとき、送風により持込まれた熱量が漸次増加することを示す。送風温度が 815°C (1500°F) のときには、全入熱の約 1/3 が送風中の顯熱として爐内に持込まれる。送風により供給せられる熱量の増加は誰もが豫期する程急激でない。それは圖の上部に示されている如く、コークス比が低下するからである。銑鐵t當りのコークス量が減る程銑鐵t當り必要とされる空氣量は少くなる。

EFFECT OF BLAST TEMPERATURE ON FURNACE PRACTICE (Hoffman⁶)



第 10 圖

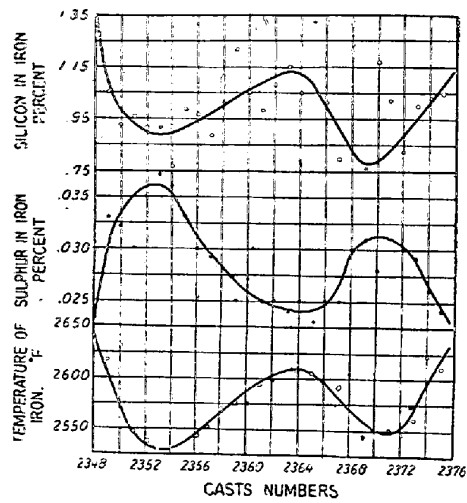
X. 高爐の操業に及ぼす送風温度の影響

1930 年から 1940 年の間に Bethlehem 製鋼會社は Lake Superior の粉鑛を Chile から輸入した塊鑛に切替えた。此の鑛石の轉換によつて、送風温度を 1150°F から 1520°F (620°C—827°C) に上げることができたのである。高温送風と鑛石の變化の結果、操業上各種の重要な變化が起つた。日産出銑量は平均 950t から 1200t になつた。コークス比は 0.9 から 0.7 以下に下つた。高温送風と爐床温度調節の改善によつて、銑鐵中の Si を 1.0% から 0.75% に漸次下げることができた。平爐では低珪素が好まれるのである。此の珪素含量の銑鐵は此の工場で規則正しく作られている。Sparrows Point の工場では、爐床徑 28ft 6in の高爐が日産 1750t の出銑をしていることを私は指摘したい。

XI. 連続的出銑に於る Si, S 及び温度の関係

熔鑄爐に装入される原料は、物理的には理想的なものからかなりの距りのあるものであり、また化學成分に於

RELATION BETWEEN SILICON AND SULPHUR AND THE TEMPERATURE OF CONSECUTIVE CASTS



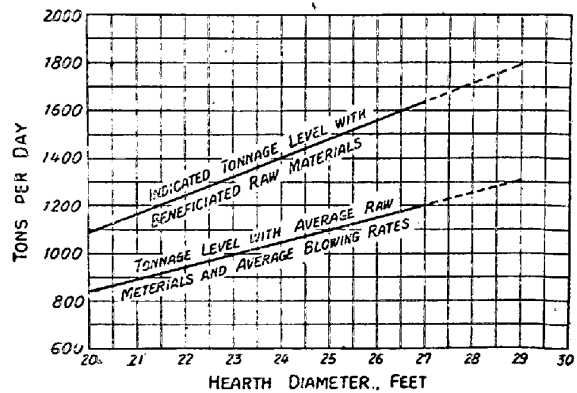
第 11 圖

ては非常に變化するものであるから、銑鐵中の Si, S の調節はむづかしい問題である。第 11 圖の曲線は、銑鐵中の之等の成分の量が湯の温度に非常に關連していることを示している。下方の曲線はサーモカップルで測定した出銑温度の平均値を示す。

圖によれば、湯の温度が低いときは S が高く Si が低い。湯の温度が上ると、S は下り Si は上る。

装入鑛石の正しい整粒と總ての原料の成分上の均等性がない限り、銑鐵成分の調節は不可能で、それは爐床温度が廣い範圍で變化するからである。成分が廣い範圍で變化する銑鐵を平爐に送ると、平爐の操業者は銅成分の調節に非常な困難を感じるであろう。

POTENTIAL TONNAGES WITH BENEFICIATED RAW MATERIALS



第 12 圖

XII. 改善された原料による可能出銑量

さきに私は、通常の原料を以てすれば active annulus の sq. ft 當り min 當り 3.6lb のコークスを燃焼せしめ得ると述べた。鑛石の處理に改良を加えるか、或

は適度の塊鑛を使用すれば、之を 4・2lb に高め得る。

第 12 圖に於て、下方の線は普通の Lake Superior の鑛石を使つた場合の日産出銑量であり、上の線は改善された鑛石を使つた場合の出銑量である。上の線が 1946 年に作られた以後に於て、Bethlehem Steel Corp の Sparrows Point 工場で爐床徑 28ft 6in の高爐が日産 1750t の出銑をした。此の屯數は丁度上の線の點線の所に當り、1946 年以前に於て、處理を施した鑛石で實際に出銑した噸數を示す線の延長線上に来る。日本の高爐は合衆國の程大きくない。一番大きい爐で爐床徑は約 23・5ft である。また出銑比率も、同じサイズの爐を較

べると日本のは合衆國のよりいくらか低い。兩國に於る鑛石處理の諸問題は幾分異つたものがある。合衆國では多量の極めて細い鑛石が使はれている。然し乍ら私は斯う信じている。

1. 粒の粗い緻密な輸入鑛石を適當な大きさに碎くこと
2. より良き品質の燒結鑛の生産
3. 鑛石中の硫黃の含量を平均 0・06% 以下に低下すること
4. 鑛滓量を 1 400lb から 1200lb に減少しめることによつて、日本の熔鑛爐の日産屯數を此の圖の二つの線により示される程度にまで上昇せしめ得るであろう。(終)

註(本講演に對する質疑應答は次號に掲げる)

研究部會記事

鋼材部會第 2 回分塊分科會 日時：昭和 26 年 5 月 30～31 日。場所：富士製鐵株式會社廣畑製鐵所。出席者：主査委員代理平本清房君外委員。同代理並幹事及臨時出席者等 25 名。提出資料：(1) 分塊壓延方法の研究。(2) 鋼塊加熱の研究。(3) 工場操業成績について。提出者：(1), (2), (3) 共(八幡製鐵・八幡), (日本鋼管・川崎), (富士製鐵・室蘭, (同廣畑), (日亞製鋼), (1), (3) (川崎製鐵・葺合) (1) (富士製鐵・釜石), 議事概要：(1) 廣畑製鐵所平世副所長の挨拶があり、内川主査缺席のため平本氏司會を代行した。(2) 上記提出各資料に付各社委員から順次夫々説明が行われた。(3) 神戸製鋼からの提出資料は後から配布することとした。(4) 次回は歩留向上について、操業時間の研究について等に關し議することを豫定した。

鋼材部會第 2 回薄板分科會 日時：昭和 26 年 6 月 1 日(金) 2 日(土)。場所：川崎製鐵株式會社葺合工場(神戸)。出席者：主査委員代理的野利夫君外、委員同代理隨員幹事等 27 名。提出資料：議題について下記各社から資料の提出があつた。(1) 八幡製鐵。(2) 大同鋼板。(3) 川崎製鐵。(4) 淀川製鋼。(5) 日本鋼管。(6) 富士製鐵釜石。(7) 富士製鐵室蘭。(8) 大阪造船。(9) 東都製鋼(以上)。議事概要：下記議題について各社提出資料の説明及び之れに對する検討が行われた。(1) チルチングテーブルの有無による壓延能率の比較研究。(2) ロールの折損防止對策について(イ) ロール製造者別壓延成績の比較(ロ) 希望のチルの深さ及その判定方法。(3) ベアリングメタルに就いて。(4) ホットネットグリースに就いて(5) 薄板工場各職場の人員装置及びその作業方式(6) 工場操業成績の検討。(7) その他(以上)。