

で測定することは不当であり、 N_2 雰囲気中で測定すべきものと思う。その理由は図 1* において酸化性雰囲気の場合、常温よりも高温のほうが強度が著しく高くなっている。これは焼結鉍が酸化の影響を受けた結果で純粋に熱割れの影響を試験したものとは考えられない。

渡辺、吉永（鉄と鋼、52（1966）3，p. 488）は焼結鉍を N_2 雰囲気中で加熱し、その強度を測定しているが、常温よりも高温のほうがやや強度が下がっている。

ゆえに石光の論文図 1* の結果をもつてしては還元と熱割れの関係を正確に示すものとはならない。

(2) 溶鉍炉のトラベリングタイムを 6 hr とした場合従来の溶鉍炉々内温度測定結果を基とし、炉内の昇温速度を試算すれば約 $3^\circ\text{C}/\text{min}$ となる。しかるに石光の論文図 1* における昇温速度は約 $6^\circ\text{C}/\text{min}$ となり、上記の約 2 倍の速さになっている。焼結鉍の還元粉化は前記渡辺、吉川の論文に示すごとく、 $500\sim 600^\circ\text{C}$ において最も著しく、しかしてこの温度で 60 min 保定した場合である。このことは昇温速度の遅いほうが還元粉化を起こしやすいことを示し、石光の論文のごとく昇温速度の速い場合は粉化し難いことは当然である。よつて、この場合はもつと遅い昇温速度で ($3^\circ\text{C}/\text{min}$ くらい) で試験すべきものと思われる。

【回答】

酸化性雰囲気と還元性雰囲気の両条件での実験結果の比較は、焼結鉍のみではなく一般に鉍石類の熱間強度と熱割れを検討したときのデータの一部分である。酸化性（大気中）で加熱したのは、熱割れ鉍石の試験法について各社で協同実験を行なった際に、熱割れに関しては中性でも酸化性でも差はないという結果を得たのによつたものである。したがつて熱的な影響のみを純粋に取り出したものとはいえないことはご指摘のとおりである。

還元粉化に対して昇温速度が大きく影響することもお意見のとおりである。高炉内の温度上昇速度は、 700°C 程度までは比較的大きく、 $5\sim 6^\circ\text{C}/\text{min}$ となつていわれているので、 $6^\circ\text{C}/\text{min}$ は必ずしも速すぎるとは考えていない。しかし還元粉化現象を鋭敏にかつ強調した形で検出するためには、ご意見のように昇温速度を低めたほうが有効であると考えます。

【質問】 住金中研 工博 渡辺正次郎

(1) 焼結鉍中のヘマタイトが格子不整であると推定された結晶学的な根拠をご教示いただきたい。

(2) 焼結鉍の還元粉化の主因として不安定な再酸化ヘマタイトや拡散結合したヘマタイトをあげておられるがこれらが焼結鉍中に存在するならば、焼結鉍とほぼ同様な製造工程を踏むペレットにおいては、その存在量ははるかに多いものと考えられる。したがつてペレットのほうが焼結鉍よりも粉化量が多くなければならないのに、事実は逆のように見えるのであるが、この還元粉化に対する焼結鉍とペレットとの相違の原因をどのようにお考えか伺いたい。

(3) 著者は酸化鉄鉍物の不安定さを粉化の原因として強調されていますが、不安定さにおいては酸化鉄よりもむしろ溶体から急冷されるスラグのほうがはるかに不安定であるように考えられる。論文概要に述べられている

範囲内においては耐還元粉化性を向上させるメリットだけしかあげていないが、不安定さに起因するスラグのデメリットもあるのではないだろうか。

【回答】

格子不整ということは還元に対する挙動から推定しているであつて、直接的に確かめてはいない。格子不整を立証して、粉化機構を裏づけたいと望んでいるが、これまでのところでは実現していない。

還元粉化について焼結鉍に見られる現象とペレットに見られる現象の間には関連があるものと考えている。両者の熱履歴に相違があり、原料および成品の構成単位の粒度に大きな差があるということが、還元に対する挙動のちがいになつて現われるものと見ています。

酸化鉄鉍物の不安定さを特に取り上げているのは還元粉化過程の全現象において、イニシエーションがヘマタイト自体内にあることを強調するという意図によるものである。急冷されたスラグが熱衝撃に対して不安定であるということについてはご意見と全く同じ考えである。しかし粉化が 400°C 程度の比較的低温から開始することを考えると、スラグが熱衝撃を受けて応力を発生する時期よりも鉄鉍物の相変換のほうが早いのではないかと考える。したがつてスラグ部を通過しているクラックも相変換によつて発生した応力の影響をうけているものと推測している。

講演：還元過程における焼結鉍の性状変化について*

富士広畑 工博 神原健二郎・萩原友郎
藤田慶喜

【質問】 川鉄水島 安藤 博文

焼結鉍還元粉化性の改善対策として下記の対策がとられているがその具体的方策について伺いたい。

(1) 塩基度の増加

図 3* によると還元粉化性と塩基度の関係より粉化性の最低点は KNEPPER らのいう Ca-F の晶出点に関係があると思われるが単純に塩基度を増加せしめることにより改善されるのか。

(2) 焼結風量の適正化

還元粉化の適正な風量はいかにして決定されたかその算出方策および現場への適用例を伺いたい。

(3) 過度の偏析装入の防止

焼結原料（含むコークス、石灰石）の銘柄（化学組成）および粒度偏析はどのようなのが理想でどの程度まで許容されるか。

【回答】

(1) 塩基度増加の目的はヘマタイトの減少と安定なカルシウムフェライトの増加にあるから CaO の絶対量が問題であり、 SiO_2 量が少ない場合は塩基度が同一でも鉄酸化物と結合する CaO が十分でなく効果は減少する。

(2) 赤鉄鉍の粗粒を多く含む場合、積極的に偏析装

* 昭和43年4月本会講演大会にて発表
鉄と鋼：54（1968）3，S 279～282

* 鉄と鋼：54（1968）3，S 276

入を行なうと、焼結層下部では赤鉄鉱多、燃料少となり、常温強度は維持しえても還元粉化性が劣化することがあるため避けるべきである。しかし一般的にどの程度の偏析が許容される、あるいは望ましいかということは原料性状の影響があるため一概にはきめられない。

【質問】 鋼管 京浜 松本 利夫

現在の高炉の好成績を維持する大きな要素の1つは鉱石の事前処理であり、なかんずく自溶性焼結鉱の高配合である。今日まで行なわれてきた焼結設備、操業上の諸対策は大きな観点からみれば好結果を得たと考えてもよい、しかしながら、特性値の面から良質焼結鉱なるものを定義づけることは定性的には表現しえても、定量化して高炉との関連において直接アクションに結びつけるにいたっていない。

このような状況下で還元粉化特性の影響度または評価を行なうには諸特性との間の関連を精度よく把握できる方法の確立が必要条件になると考えられる。

講演内容については従来よりの知見をも引用されて、明快に結論づけられており、現在の段階では肯定すべきものが多い。以下蛇足ながら意見を兼ねて若干質問をしたい。

(1) 一般的に提唱されている還元粉化防止対策は、日常焼結作業のアクションとして常温強度向上対策と全く同じ内容である点に気づくのである。したがって還元粉化指数は常温シャッター強度と高度の相関があると考えられるが、現在の両者の精度がなお不十分であるために明確に表われないものとするが、この点のご意見を伺いたい。

(2) スラグ部特に非晶質部の歪についてふれているが、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ が還元時に示す格子不整その他による歪に比べてはるかに小さいものと考えてよいが、さもなくばスラグ成分を添加しスラグボンドを強化するという対策とは相反するように考えられるが、適正スラグ組成その他の点でご意見を伺いたい。

(3) 還元粉化試験方法として方法(2)を推しておられるが、現場管理的には試料のかたより、またはその面の精度向上を目的として n の数をふやすことが容易ではない点でなお不十分と考えられる。これについて精度の向上(サンプリング含む)または更に現場的な代用特性値について何かご意見があれば伺いたい。

最後に私どもは還元粉化防止対策という面では格別な配慮を行なっていないが、すでにご承知のように外地粉鉱石のほとんどをベッティング処理し各焼結工場に供給している。最近その配合比は50~60%に達しており、ある意味では成品性状を左右するといつても過言ではない。

管理基準としては

- 1) パイル間成分変動 $\text{Fe} \pm 0.2\%$, $\text{SiO}_2 \pm 0.2\%$
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \pm 0.3\%$ としている。
- 2) スラグ量確保の点から SiO_2 5.2% 以上
- 3) 焼結上中層の強度向上歩留り向上を目的とし、磁微粉を 6~10%配合とする。
- 4) 焼結試験の段階で問題銘柄の配合制限
- 5) パイル間の水分管理

などを目標として極力厳守している。ここに当所川崎焼結工場で行なつた還元粉化実測値とベッティング粉配合

比の概況を示すと次のとおりである。

	No 1・2 DL +5m/m 指数	No 3 DL +5m/m 指数	ベッティング 粉配合比
S/41 下期	88.8%	92.4%	30±5%
S/42 上期	94.0%	94.6%	50±5%

以上より従来からよく知られている良質焼結鉱を製造するための原料条件の大部分が、ある意味では還元粉化防止対策に通じていることを知ると同時に、還元粉化に関する指標がより身近なデータまたはその組み合わせの中に発見できる可能性もあるように思われ、今後とも検討を加えたい。

【回答】

(1) 常温強度は外部から加えられた力に対する焼結鉱の強さであつて、鉱粒を結合しているボンディングの太さとその強さでまわってくる。これに対して還元粉化性は酸化鉄の還元による歪などの還元途中における内部からの破壊に原因するものである。したがって強度向上対策と還元粉化防止対策が同一の内容であつても、その効果は同一ではない。たとえば図1のように添加コークスを増してゆくと、ある点までは常温強度、還元粉化性ともに向上するが、それ以上燃料をますます常温強度の向上はとまり、かえって低下しはじめるのに還元粉化性はなお向上しつづける。また原料種類の影響も大きく、図2に示すように磁鉄鉱を原料にした焼結鉱は赤鉄鉱を原料にしたものにくらべ、落下強度が同一でも還元粉化性はまわっている。このほか、工場では従来常温強度を第一の操業管理目標にしてきたこともあつて、原料配合の関係などで常温強度が低下した場合、それを回復させるため種々の対策がとられ、結果として常温強度はそれほど

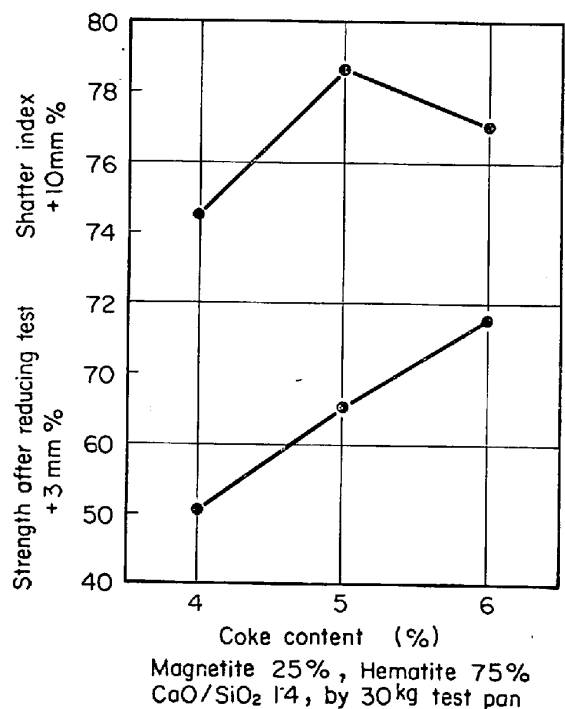


図 1. Effect of fuel content on shatter index and strength after 550°C reducing test.

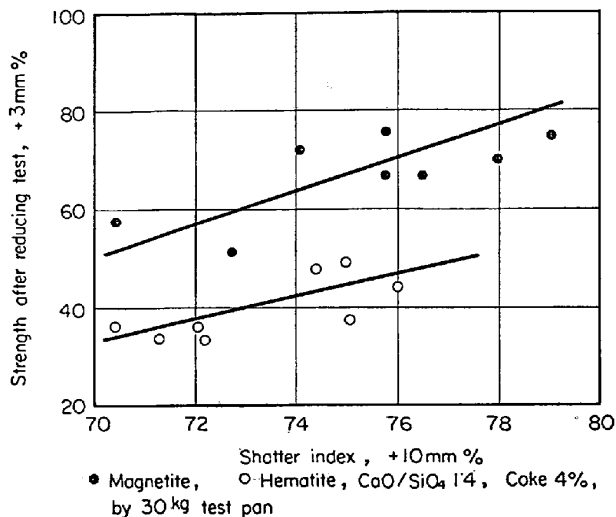


図 2. Effect of raw material on relation between shatter index and strength after 550°C reducing test.

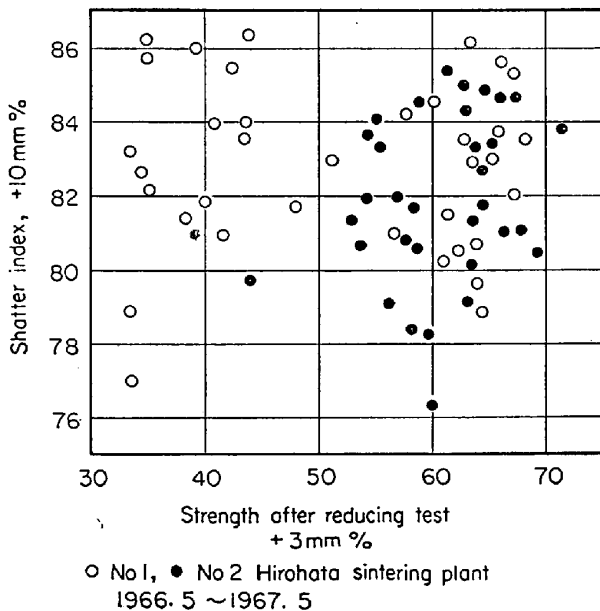


図 3. Relation between strength after 550°C reducing test and shatter index.

よくないのに還元粉化性は非常にすぐれていたり、また逆に常温強度が高い場合、増産するので熱履歴が不十分となり、還元粉化性が悪いといった例もしばしばあり、広畑焼結工場におけるS. 41年5月42年5月の1年間にわたる調査でも図3のように常温強度と還元粉化性の相関は認められなかった。

(2) 方法(2)では1回の試験に要する時間は約80 minであり、1日4~5回の測定が可能なので、現場管理的な使用目的にも一応合致すると考えている。代用値としては、原料の種類と配合比にあまり変動がない場合およびスラグ成分が多量に含まれている場合などでは化学組成だけである程度代用できると思われる。

講演：ペレットおよび焼結鉱の荷重還元過程における性状の変化について*

神戸中研 国井和扶・前川昌大
平野成彬・桑野恵二

【質問】 八幡東研 近藤 真一

(1) ペレット-Bおよび-Cの荷重還元性状の差について

供試ペレット-Bおよび-Cの特性値のちがいで眼につくのは、塩基度(BがCよりやや高い)およびスラグ成分(Cのほうはかなり多い)の2点で、その結果スラグボンドの発達したCのほうが高圧強度は高くなっていると思われる。荷重還元時にCのほうがより大きな収縮およびガス圧力損失を示す理由として、スラグ量の差が考えられるが、この現象は崩壊粉化に起因するのか、それとも塑性変形によるのか、どう考えておられるか。

また荷重還元性状にスラグ量あるいは成分が大きく影響するとすれば、スラグ結合ペレットにおけるスラグの限界量、成分につきご意見をうかがいたい。

(2) 粉化収縮について

800~900°C 付近での収縮は装入物の粉化に起因するとされているが、焼結鉱の還元粉化はもつと初期の還元段階で起こるとされており、この場合の粉化の機構とは異なるものと思われる。本実験結果でもウスタイト領域において強度が著しく低下することが指摘されているが、私どもの成形試料を用いた実験でもウスタイトまで還元した段階で負荷すると、クラックがはいりやすい傾向を認めている。強度劣化の原因についてどうお考えか。

この強度劣化の機構について検討することはきわめて重要であり、またウスタイト領域における熱間強度の測定方法を確立することは鉄鉱石類の高温還元性状をあらわす指数を得るために必要なことと考えている。

(3) 塑性変形について

塑性変形は金属鉄に基づくとされているが、この実験のように昇温速度が遅い場合にはFeの効果との効果とを分離することは困難ではないかと思う。私どもの実験で、ウスタイトまで還元したものはマグネタイト段階のものに比べ、1100°Cで塑性変形速度が約10倍となり見かけ粘度が一桁下がる結果を得ており、ウスタイト段階でも塑性変形はかなり顕著であると考えられる。

(4) 還元試料の鉱物組成について

ペレットのCaO・FeOが還元されてCaO・2FeOになるとのことであるが、J. O. Edström¹⁾ 吉井²⁾らによれば、CaO・Fe₂O₃は還元過程でCaOの富化した相として2CaO・Fe₂O₃を析出しながら→CWF→CW₃FとFeの富化した方向に還元が進み、CaOを固溶するウスタイトを経てFeとなり、一方還元過程で析出した2CaO・Fe₂O₃は最後に一段階でFeとCaO(FeOをわずかに固溶)になるとされている。このペレットの場合はCaO・Fe₂O₃に接して酸化鉄が存在するので、CaOの富化した相としての2CaO・Fe₂O₃の析出はなく酸化鉄との固体反応をしながら、上記のFeの富化の方向の反応が進行する

* 昭和43年4月本会講演大会にて発表
鉄と鋼: 54 (1968) 3, S 283~286