

討 論 会 集 録*

焼 結 鉍 ペ レ ッ ト の 高 温 性 状**

座 長 東 北 大 選 研 工 博 三 本 木 貢 治

講演：焼結鉍の還元粉化性に関する問題

点***

八 幡 技 研 石 光 章 利

【質問】 富士広畑 神原健二郎

(1)還元粉化を防止または低下せしめる方法として、不安定な鉍物相を残さないよう十分な熱履歴を与えることをあげられているが、 CaO/SiO_2 1 付近で十分な熱履歴をうけた焼結鉍は自形マグネタイトとスラグが共存する組織を呈すると考えられる。しかるに還元粉化の原因の1つとして、このスラグと共存する自形マグネタイトの還元による細粒化をあげており、矛盾するように思われるので、その間の関係を伺いたい。

(2)焼結層を上中下3層に分けて還元粉化性を試験すると通常は3層間の差は小さいが、焼結中にバーナーで再加熱すると上中両層の粉化性は著しく改善されるのに、下層は逆に低下が見られた由である。上中下層のうち、一番十分な熱履歴をうけているのは下層であり、それが再加熱により粉化性の低下を生ずるとすれば、過度の熱量を加えること、あるいは必要以上に十分な熱履歴を与えることは、焼結鉍の品質に対してかえって悪影響を及ぼすように思われるが、これについての見解を伺いたい。

【回答】

(1)還元粉化の開始点がヘマタイトにあることは、これまでの発表のとおりである。マグネタイトにも細粒化が認められたので、現象として報告したが、理由を明らかにするにはいたっていない。観察面には現われてはいないが、マグネタイトの裏面、またはきわめて近接してヘマタイトが存在する場合には、ヘマタイトから発生したクラックの影響または応力によつて破壊されるのではないかと推測している。推測を確認するための実験を進めている。

(2)再加熱の効果に矛盾した結果が出ていることはご指摘のとおりである。この点について実験条件をふりかえつて検討しているが、次のようなことも考えられる。

すでに正常な焼結過程が進行しつつある層に対して、さらに上方から高温のガスが追いかけるということは、単に熱履歴を高めることにはなりえないかもしれないということである。場合によつては高温の燃焼ガスが火面を追尾すれば正常な焼結過程を攪乱することもあるのでは

はないかとも考えられる。通常ならば大気が層を通して吸引されるのに対し、再加熱を行なえば高温で酸素量の低い燃焼ガスが吸引されることになるので、火面以下の燃焼に対してはかえって阻害条件となるのではないかという想像も成り立つように思われる。

【質問】 北大工 工博 吉井 周雄

石灰焼結鉍(塩基度2)を400, 500, 600°C で CO 中で還元すると500°C で粉化が著しい。そして12メッシュ以下の粉末中に SiO_2 が多いことを知った。また水素中で還元しても500°C では程度が弱い粉化が起こっていた。そして試料には20 min で亀裂が見られ、60 min で著しくなり、特にスラグ結合部に大きくはいつていた。これより還元が起こったときの歪のほかに焼結時の応力が残りやすいスラグ部に脆性割が起こつて粉化の原因となつていようである。したがって、加熱による歪と残留歪とその上に還元歪が相乗されて亀裂がはいるもので、比較的初期に起こっているものと考えられ、このような温度でのガラス質を呈するスラグ部分の可塑性に関係がある。このスラグ部の成分の調節を行ない、またこのガラス質にカルシウムフェライトの析出している状態やガラス質地の高温の性質の究明を行なうことが必要であり、その上焼結鉍製造時の冷却速度の調節にもこの問題解決の鍵があると思う。

については次の点を質問したい。

(1) 焼結鉍内の残留応力についてどのように考えるか。

(2) 粉化はどのような時期に起こるのか。

(3) 亀裂発生点はヘマタイト粒とスラグとの界面で起こるのではないだろうか。

【回答】

焼結層の厚さ、それを通過する火面の速度、および火面の温度から考えて、焼結鉍に残留応力があるのではないかというご意見には全く同意である。どの部分にどの程度に残留しているかということは今後の興味ある問題と考えている。

粉化の全過程には、ご指摘のとおり、加熱歪、残留歪、還元歪などが関与していることは当然考えなくてはならない。しかし全過程のうち、最も初期の $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ の段階に開始期があり、クラック発生のイニシエーションはヘマタイト自身内にあることは間違いなものとみている。

【質問】 九大工 工博 八木貞之助

(1) 焼結鉍の粉化が還元と熱割のいずれに関係があるかを求めるため、焼結鉍について酸化性および還元性の両雰囲気下で各温度において熱間耐圧強度を測定し、その結果を図1*に示しているが、この場合酸化性雰囲気

* 昭和43年4月本会講演大会における討論会

** 鉄と鋼: 54 (1968) 3, S 275~298

*** 昭和43年4月本会講演大会にて発表
鉄と鋼: 54 (1968) 3, S 275~278

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 $3^\circ C/min$ となる。しかるに石光の論文図 1* における昇温速度は約 $6^\circ C/min$ 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、 $500\sim 600^\circ C$ 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 ($3^\circ C/min$ 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、 $700^\circ C$ 程度までは比較的大きく、 $5\sim 6^\circ C/min$ となつていわれているので、 $6^\circ C/min$ 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 $400^\circ C$ 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