

(34) 還元処理ロータリーキルンの改良法について

(ロータリーキルンによる砂鉄予備還元の研究一Ⅶ)

東北電化工業, 大間々工場

伊与田隆蔵・〇荒川秀雄

On the Improvement upon the Reduction by Rotary Kiln.
(Study on the pre-reduction of iron sand with a rotary kiln.—Ⅶ)

Ryūzo IYODA and Hideo ARAKAWA.

I. 緒 言

前報^{1)~6)}に還元ロータリーキルンの諸解析を行なってきたが、操業上もつとも大きな障害となるのは、炉の排出端付近に原料がリング状に粘着する現象であることを述べた。これは普通ダムリングと呼ばれ、炉況によつて程度の軽重はあるが、かならず発生し、ひどくなると操業を中止せねばならないので、キルンにとって宿命的な欠点とされている。前報異常現象の頂⁷⁾で、ダムリングの構造、成因など詳細な研究を行ない、ダムリングは原料再酸化が主因となつて起り、原料の偏析も影響することを述べた。これら還元キルンの解析によつて明らかになつた諸原理をもとに、還元キルンの改良に努めた結果、いくつかの効果的な方法を開発することができた。本報では還元キルンの障害現象の防止法について述べる。

II. ダムリング発生防止

前報⁷⁾でダムリングの発生はつぎの原因によつて起ることを述べた。(1)直接の主因は炉の高温帯に低融点の原料が流れることにある。(2)低融点の物質は FeO の多い低還元率の原料が主体である。(3)低還元率の原料は還元の炉況不正常でも発生するが、炉端で原料の一部が再酸化することが大きな発生要因である。熱解析の項⁸⁾で述べたように、キルン末端のバーナーフレーム下では大量の熱が原料に伝達される。したがつて熱消費の大部分を占める還元反応が阻止され、さらに再酸化で原料が発熱すれば、原料層、とくにその表面層は、はなはだしく局部過熱され、一時的に半融状態となり、高温の伝熱面である炉壁に粘着する。半還元法では配合還元材が少ないので、炉の末端で還元炭材が不足し、層表面が酸化傾向となることが多い。再酸化が起ると、海綿鉄の還元率が低下し、海綿鉄の排出顕熱は増加するので損失が大きくなる。この理由からダムリングの粘着を防止するには、炉の末端に起る再酸化を防止するのがもつとも有効であるとの結論に達した。この目的を達成する手段として投炭法を開発した。

III. 投 炭 法

投炭法とはロータリーキルンの排出端のフードを通じ、適当な投炭機を使用して、石炭を炉内原料層表面に散布する炉況改善法である。Fig. 1 に投炭法の概略を図示した。使用する石炭は揮発分の多い、灰分のすくない瀝青炭あるいは褐炭が適している。投入された石炭は高温の原料層に落下して分解し、多量の分解ガスを発生する。ことに揮発分中の水素は、単体ガスとなると大き

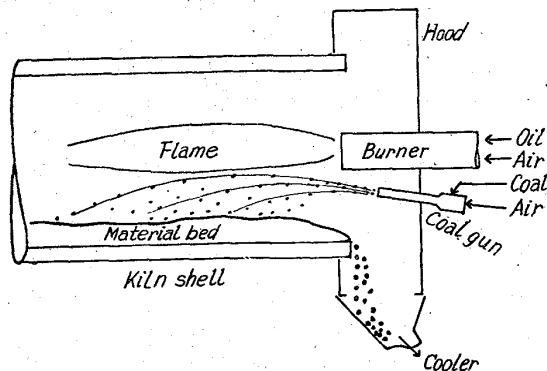


Fig. 1. Schematic diagram of the throwing coal method.

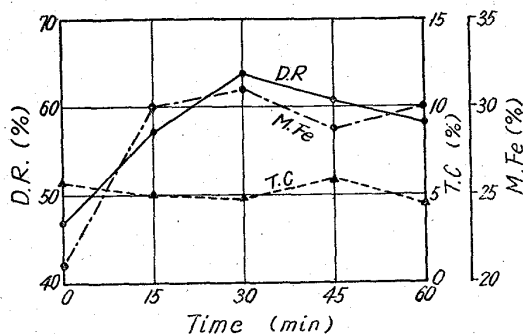


Fig. 2. The variation of DR., MFe & TC. in product of kiln at the beginning of throwing coal.

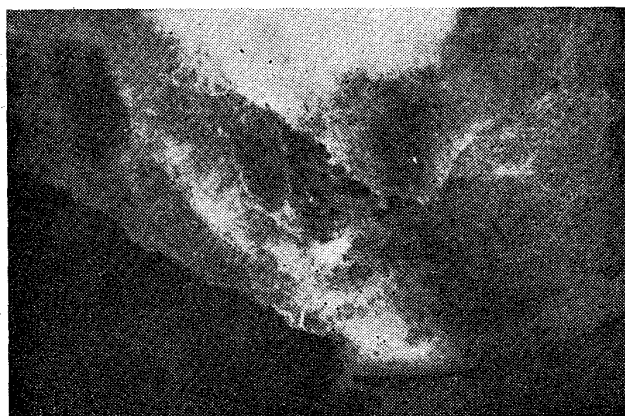


Photo. 1. A view from the discharge end of kiln under throwing coal.

な容積となり、原料層面を有効にカバーして再酸化を防止する。揮発分の分解後、残つた炭素質は反応性がひじょうに大きく、層表面で CO を発生し、層内では還元に寄与する。したがつて優先消費が行なわれ、排出時にはほとんど成品中に残溜しない。Fig. 2 は投炭試験期において、投炭開始時期から、排出成品海綿鉄の還元率、金属鉄含有率、残溜炭量が時間とともにいかに変化するかを示した例である。図中、時間零の点は投炭を行なわないうときの状態を示している。図から明らかなように、投炭開始より 15 分以内に MFe は 8% 上昇し、還元率は 10% 増加した。他方残溜炭素は明瞭な変化を示していな

い。投入石炭の乾溜炭素は反応性がよいため、排出される前にほとんど優先消費されたことがわかる。本例の投炭量は 240 kg/hr で処理砂鉄原料に対して 1.6% の量である。あきらかに炉の還元効率が上昇したことがわかる。Photo. 1 に 1 号キルン (炉長 56m) に投炭を施行したときの炉内状況を示す。写真の中央に黒点が見られるのは、射出された石炭粒である。石炭は左下に安息角を形成する原料層に落ち、乾溜をうけ多量のフリュームとフェームを発生しているようすが観察される。投入石炭の粒径は投炭の効果と密接な関係があり、粉状のものよりある程度粗いものの方が成績がよかつた。Fig. 2 の場合は粒径 5~20mm の楕形特洗粉が使用され、その工業分析値は FC 37.3%, Ash 16.6%, VM 46.1% のものである。観察によると、この石炭粒の散布距離は炉端から 3~9 m の範囲であり、原料層上に落下してから揮発分の分解放出の終るまでの時間は約 9 秒であつた。このほか顕著な現象として、投炭開始数分後から、それまでに付着していたダムリングが剝離落下し始めることが観察された。また排出成品の温度は約 50°C 低下した。成品海綿鉄粒の組織は Photo. 2 に示すように、投炭時のもの (a) は還元金属鉄粒子が細かく独立しており、wüstite 相も明瞭である。これに対し、投炭のないときの組織 (b) は、金属鉄の接続が多く、大粒となり、wüstite 相はやや不明瞭である。また全体に成粒粒子の組織は投炭時の方が粗笨で空隙率が大きい。以上の事実から、投炭時の海綿鉄は炉内原料層表面での再酸化が少なく、低い温度で炉内を通過したことがわかる。このため投炭時の成品の造粒度はわずかに低下するが、大塊に成長する異常焼結が減少するので、有効な造粒歩留りはかえつて良好となる。本法はすでに生産工程のキルンに適用され、数カ月の実績を得ている。その効果は顕著で、操炉作業面ではダムリングの除去、団鉱排出の労働から開

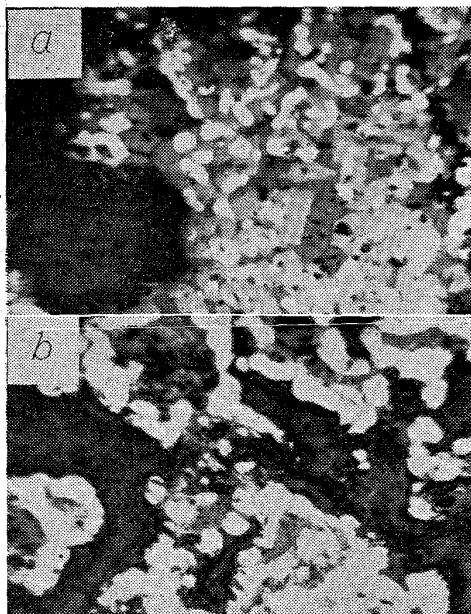


Photo. 2. Comparison of microstructures on the half reduced iron sand under throwing coal (a) and not (b).

×200(1/2)

放され、炉況が安定し操炉は非常に容易となり、炉の稼働率が向上した。同一還元率を得る還元材原単位は約 9 %節約され、燃料重油原単位は 5 %低下した。

IV. 還元材粒度の管理

キルン原料の還元炭材の炉内偏析については前報²⁾で検討し、带状偏析と縞状偏析が発生することを述べた。強度の偏析が起ると、還元帯で原料の還元むらが発生しやすく、上に述べたように低還元率の原料は高温帯で炉壁に粘着してダムリング成長の原因となる。とくに炉の運転を開始するとき、最初に炉内を流れる原料の還元炭材は、砂鉄との安息角の差から分離偏析し、炉内を早く通過するので、還元材の不足した砂鉄の層ができ、ダムリングの成長が起りやすい。前報で、砂鉄と還元炭材の偏析はその安息角の差に原因して起ること、また原料の安息角はその粒径に支配されることを述べた。模型実験によれば回転円筒内の粒度偏析はひじょうに早く起り、一回転ですでに明瞭な分離が認められる。この分離は円筒内壁に設けられた堰で防止できないことも実験によつて確かめられた。分離偏析は原料構成粒子の安息角が等しければ発生しないことは明らかであるが、実際には構成粒子の安息角がある範囲内にあれば、よい混合となることがわかつた。Photo. 3 は識別のため、砂鉄の代りに同粒径の白砂を使用し、いろいろの粒径に調整した燧石を混合してガラス円筒に入れ回転して分離状態を観察したものである。写真 (a)~(c) は燧石の粒径を 4 mm から 1 mm まで細かくしたときの分離状態で、粒径が細くなるにしたがつて分離が不完全となることがわかる。粒径が 0.5~1 mm (d) になると、ほぼ混合状態となる。さらに 0.25~0.5 mm (e) の場合は完全な混合状態を示す。しかし粒径がさらに細かく 0.25 mm 以下 (f) となると、再び分離傾向が認められる。このことは

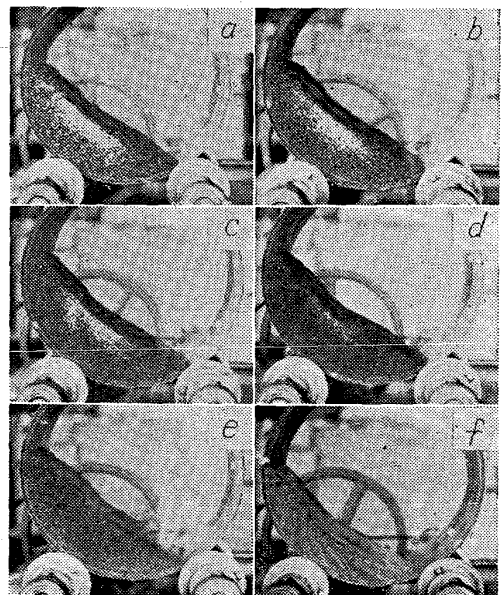


Photo. 3. Segregations between the white sand and natural cokes of various grain size in the rotatory glass cylinder. grain-size in mm; (a) 3~4, (b) 2~3, (c) 1~2, (d) 0.5~1, (e) 0.25~0.5, (f) 0.25.

燻石粒径が 0.5~0.25 mm で最低安息角を示し、さらに粒径が細くなると、再び安息角が上昇することよく符号する。この結果からみて、燻石の粒径が 1 mm 以下であれば、ほぼ分離偏析は防止できることがわかる。0.5 mm 以下であることは望ましいが、還元材が微粒となるとダスト損失を増すので不利である。粒径 1 mm の燻石の安息角は約 37.5 度で、乾砂鉄の安息角は約 33.5 度であることから、一般に原料構成粒子の安息角差が 5 度以内であればよいこととなる。実際の炉内では還元が進むと炭は消耗して粒径は小さい方に移行すると考えられる。また一部のやや粗い炭を意識的に原料層周囲に偏析させ、層表面の雰囲気還元性に保ち、同時にダストの発生を抑える方法も考えられるので、還元材粒径を 3 mm 以下に押し、中心粒径を 1 mm 前後に管理することが望ましい。実際操作で還元材粒径が 1 mm に近づくほど炉況が安定する傾向が認められている。還元材粒度の管理効果については、実際の炉内調査が不十分であるので、現在では裏付けとなる完全な資料を提示できる段階に到っていない。今後機会をみて、詳細な調査を行なう予定である。

以上主として還元キルンのダムリング防止に関し、開発された方法を報告した。本法はすでに生産操作に適用され、よい成績を得ている。本報ではキルンの障害を防止する改善法を報告したが、後報でさらに熱経済面での改良法について提案を行ないたい。

V. 結 言

還元処理ロータリーキルンに起るダムリングの粘着を防止する手段として、投炭法、原料粒度管理法を開発し、実際操作に施行して良好な結果を得た。

(1) 投炭量は砂鉄原料に対して 1~2% の量で十分ダムリング防止の効果があり、同時に成品半還元海綿鉄の還元率を 10% 上昇することができた。

(2) 砂鉄と還元炭材の炉内偏析の害を防止するために、還元炭材の粒径を 3 mm 以下に管理するのがよい。

文 献

- 1) 伊与田, 荒川: 鉄と鋼, 48 (1962) 4, p. 423
- 2) 伊与田, 荒川: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1241
- 3) 伊与田, 荒川: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 297
- 4) 伊与田, 荒川: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1340
- 5) 伊与田, 荒川: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1342
- 5) 伊与田, 荒川: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 319

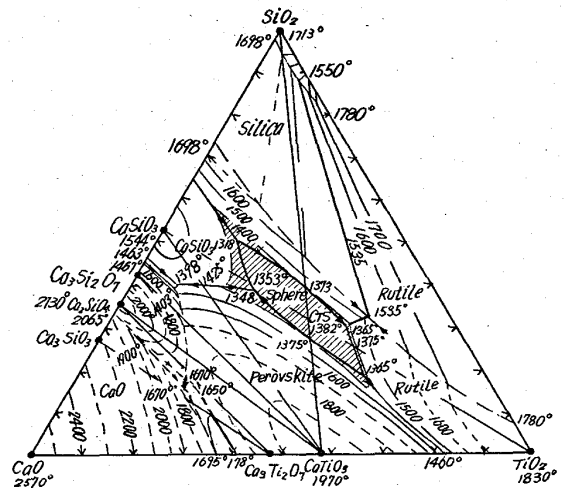


Fig. 1. Phase diagram for lime-titania-silica system (after Devries, Roy and Osborn).

ならしめることはよく知られている。この原因を明らかにし、かつチタニウム含有鉄鉱石の溶鉄炉製錬を可能にするような条件を見出すための、系統的研究の第一段階として、さきに著者¹⁾の一人によつて、チタニウム含有鉄鉱石製錬における最適スラグ領域として推唱された、Fig. 1 に示す TiO₂-CaO-SiO₂ 系状態図における 1400 °C 以下の低触点領域が、Al₂O₃ の添加によつて、いかに変化するかを知るために、この系に Al₂O₃ を添加したスラグの初晶点を測定し、10% および 20% Al₂O₃ level の状態図の構成がなされた。

そのためには、従来のスラグ初晶点測定によく用いられたところの焼入法によらず、WELCH²⁾ によつて始められた熱電対の熱接点上に微量のスラグをのせ初晶の発生を顕微鏡下に観察しつつ、初晶々出点の温度を測定する方法をさらに改良し、スラグの初晶点測定のための新しい方法を考案した。

II. 実験方法

(1) 試料作製

スラグ構成酸化物 50g をよく混合した後、ブリケットに成形しモリブデン坩堝中に入れ、アルゴン気流中でモリブデン抵抗炉を用いて溶解した。その後径 1.2mm のモリブデン線をスラグ中に挿入し、十分スラグを攪拌し、この線を取り出し、その先端に付着したスラグを初晶点測定用の試料として用いた。

(2) 初晶点測定装置

径 0.2mm の 5% Rh-Pt/20% Rh-Pt よりなる熱電対の先端を Fig. 2(a)のごとく成形し、これを Fig. 3 に示すごとく真鍮の支持脚にとりつけた径 0.5mm の同種の線に溶接によつて接続し、その熱接点上にスラグをおいた後、全体をガラス窓を有するケースにおさめて顕微鏡の対物レンズの下に熱接点がくるように設定した。さらに真鍮支持脚をどうして熱電対は、片方を電源よりの加熱回路および電位差計よりの温度測定回路に接続し、他方の端を高速回転スイッチによつて、加熱回路および温度測定回路に交互に接続しうるようにした。

熱接点付近のスラグを顕微鏡によつて観察するには、十分な光線の透過が必要で、そのためにはリボン状のタ

541.123.61546.41-31:546.824-31
546.284-31:546.623-31:669.046.582.5

(35) CaO-TiO₂-SiO₂-Al₂O₃ 系状態図の研究

千葉工業大学 ○大野 篤美
University of Toronto H. U. Ross

Study on the Phase Diagrams of the Lime-Titania-Silica-Alumina System.

Dr. Atsumi OHNO and H. U. Ross.

I. 緒 言

チタニウムを含有する鉄鉱石を溶鉄炉によつて製錬するとき、炉床における粘性スラグの生成が、操業を困難