

第 107 回講演大会討論会報告

I. 鉄鉱石類の高温における還元・溶融機構

座 長 東京大学工学部

相 馬 胤 和

副座長 新日本製鉄(株)第三技術研究所

斧 勝 也

高炉の解体調査等により高炉内反応の解析が進んでいるが、高炉下部においては還元、浸炭挙動と軟化、溶融、溶け落ちに到る過程が複雑に関連して起こっている。各所において、これら鉄鉱石類の高温における機構を解明すべく研究が行われているが、固、液、気相が共存して反応が進行するためいまだ統一的知見は得られていない。

このような状況下で今回の討論会が行われた。運営上、主として溶け落ちに至る過程に重点を置く研究4件と、溶け落ち後の還元速度に重点をおく研究4件とに分けて討論を行った。なお今回は前もって質問をお願いすることなく、会場において自由に討論に参加していただく方式を採用し、討論の活性化を意図した。

討1 塊成鉄の高温還元挙動と浸炭溶融現象

北海道大学工学部 石井邦宜 他

塊成鉄の高温還元、軟化融着、浸炭溶解など個々の現象はいまだ十分に解明されていないので、高温還元と浸炭溶融現象に重点をしばり、昇温荷重軟化試験を実施した。一定温度でないので還元反応を一界面未反応核モデルに化学反応律速を仮定して整理すると、焼結鉄、ペレットに関係なく3段階に区別できるとし、初期融液発生までの第一段階では大略化学反応律速型の速度式が成立し、第二段階では反応定数の減少が融液生成に関係し、第三段階では融液中のFeOの溶融還元と見做されるとしている。

浸炭溶融機構に関しては、黒鉛錐の鉄焼結体への貫入試験を行い、スラグの溶融と Fe_3C の生成反応が浸炭溶融機構に大きな影響を与えることを強調し、酸化鉄とスラグ成分に加え気孔構造を三本の柱とした研究が望まれるとしている。

これに対し、2式で活性化エネルギーが5 kcal/molと小さいのはガス拡散がきいているかとの質問に対し、温度依存性として総括的にとらえた結果であり、化学反応律速の式が広く利用できることと答えた。

討2 鉄鉱石の高温還元における溶融・浸炭機構

東京大学工学部 月橋文孝 他

鉄鉱石の高温還元における溶融、浸炭機構を明らかにするためにX線透視装置を用い、鉄鉱石層および鉄鉱石とコークスの互層に、COガスを通しながら荷重をかけ

た状態で還元を行った。焼結鉄では融体の浸み出しが起こるが、スラグ成分の少ない鉄鉱石では融体の浸み出しは見られない。コークスと互層の還元では還元率の低い上層においてスラグの生成により融液が浸み出し、溶融還元が起こるとし、補足の電解鉄の浸炭実験から、炭素存在下におけるCOガスによる浸炭が溶融還元に大きな影響を与えるとしている。

討3 高炉内をシミュレートした条件下での焼結鉄の軟化溶融挙動

新日本製鉄(株)第三技術研究所 岡本 晃 他

軟化、溶融を伴う高温での還元挙動について、昇温向流還元を行わせる上部炉と、軟化、溶融を伴う高温還元の下部炉を持つ特殊なシミュレーターにより高温還元挙動の実験を行った。

高温領域を5つの部分に分けて解析し、X線透視による小型炉の結果もふまえて考察を行っている。焼結鉄では高温での間接還元と初期融液の生成が大きな影響を及ぼしているとしている。

討4 荷重軟化試験における鉄鉱石類の軟化溶融挙動

日本鋼管(株)技術研究所 福山研究所

堀田裕久 他

焼結鉄およびペレットにつき軟化溶融還元を行い、還元挙動の検討を行った。特に組織変化を中心にスラグ生成の機構を明らかにしている。スラグの同化には融液の生成が関与しており、昇温にともなつて低融点領域が拡大する方向に進み最終組織に至るとし、軟化溶融特性には融液生成量、被還元性、還元前の脈石組成および量が関係しているとしている。

総合討論：以上討1~4の総合討論として、討3の圧損は鉄中のFeOによるのかとの質問に対し、圧損が上昇するのはX線透視の結果も合わせ、融液が間隙を埋めるためである。高炉の場合には圧損がある値を越えるとガスはコークススリットを流れるため、融液の影響は無くなる。焼結鉄中のFeOが減ると圧損も減ると答え、堀田氏も同感との意向が示された。各討論者の実験条件が異なるため、圧損の絶対値は違うが同一の傾向はある。また図3の5つの領域の区分に対しては、圧損、収縮などより便宜的に区分したと答えた。

討1, 2に関し、直接還元で通気性が悪くなるが、高炉操業に対し、融着帯形状や溶け落ち性状の影響をどう思うかとの質問に対し、両者ともそこまでは考えていないが、種々の物性が影響し高温まで溶けずにいて、ある温度で一気に溶けるような条件が最良であると考えているとの回答がなされた。

討5 りんを含有する酸化鉄の1500°C以下における溶融還元

千葉工業大学 雀部 実 他

溶鉄中よりも固体鉄中のりん溶解度が低いことに着目し、りんを含有する酸化鉄を鉄容器中で、また酸化ペ

ットを予備還元して表面に鉄核を作り、それを高温で内部のみを溶融することにより溶融還元を行い、るつぼ中での酸化鉄の溶融還元速度は一次反応であるとし、これらの還元により鉄中のりんを 0.2% 以下にすることができる。今後の問題は還元鉄と残存酸化物の分離である。

討 6 還元性ガスによる溶融酸化鉄の還元反応速度

東北大学工学部 長坂徹也 他

熱天秤で鉄皿を使い酸化鉄を溶融し、 H_2 または CO ガスを He や Ar で稀釈し吹き付けて溶融還元速度を測定した。 H_2 還元では H_2 分圧の一次に比例するとし、溶融点付近で、 H_2 還元では、固体では化学反応律速になるのに対し、溶体ではガス側物質移動律速であり、 CO 還元では両者とも化学反応律速となる。 SiO_2 添加の場合は反応速度が著しく遅くなるのに対し、 CaO 添加では増加するとしている。

質問は CaO 添加は還元速度を早くし、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 SiO_2 添加ではおそくなるが、これは活量では説明できず、 TiO_2 、 SiO_2 は表面活性剤として働くので、このことも考慮する必要があるとのコメントがあつた。

討 7 コークス充填層内のクロム鉱石および鉄鉱石の溶融還元挙動

川崎製鉄(株)技術研究所 高田至康 他

コークス充填層は上昇するガスと流下する溶融鉱石の向流還元にとり良い条件を作っている。 $1700^\circ C$ のコークス充填層にクロム鉱石を投下し、X線透視による還元およびホールドアップの実験を行つた。クロム鉱は鉄鉱石に比べ還元速度は 10 分の 1 になるが、平均滞留時間はほぼ同じ時間である。これは溶融鉱石のはげしいフォーミングによる動的ホールドアップの増大と大きな静的ホールドアップによるとしている。

討 8 鉱石類の高温還元挙動と溶解に関する検討

住友金属工業(株)中央技術研究所

下田輝久 他

高炉の軟化融着帯以後の溶解に相当する溶解炉によりかなり予備還元されたペレットの高速溶解に関する機構の解明を試みている。予備還元率が高くなると溶融還元速度は低下するが、通気面では改善され全体的には良い結果を得る。溶解に要する熱交換層の高さは基礎実験および実験溶解炉共に約 100 mm であり、高速溶解機能を実証した。

総合討論：以上討 5~8 の総合討論として、討 7 に対しては $Fe-Cr$ 鉱は高粘度であり、 $1700^\circ C$ というのは工業炉のイメージとしてはどうかとの質問に対し、工業炉のイメージはいまだ不明だが、高温において供給速度を制御し定常状態がどの辺にあるかを探っていると答えた。

その他溶融還元炉のイメージをめぐって、軟化融着、熱供給、ガス流れ、鉱石のフォーミング、高圧化、操業

限界、羽口形状などにつき活発な討論があつた。

最後に日本鋼管技研の宮下恒雄氏の総括があり、これらの技術が高炉機能の改善ならびに溶融還元法の開発に対する寄与として将来が明るいと結ばれた。

II. 合金鋼製鋼技術

座長 大同特殊鋼(株)中央研究所

湯浅悟郎

副座長 新日本製鉄(株)製鋼技術部

松永久

合金鋼の溶製には、近年溶銑の予備処理、転炉製鋼、炉外精錬法等の精錬技術が広く応用される様になり、かつての電炉中心の溶解法に対し、精錬品位、生産能率、操業コスト低減等に著しい進歩をもたらした。今回の討論会では、現在の代表的な合金鋼溶製法を紹介し、その原料選択、依存エネルギー、合金歩留り、操業制御、精錬水準、複合プロセスの採択等の問題について技術の現状評価と進歩への予見に役立つ討議を期待した。

討論講演には、ステンレスの溶解に関するもの 3 件、構造用合金鋼に関するものが 3 件寄せられたが、先端的な技術や新しい概念の提供例も多く、報告としての水準は全般に高いものであつたと思う。

又本討論会においては、3 件ずつのグループの講演、質疑終了後、合同討論の部を設け座長が提示する 3 題の共通課題に各社それぞれ意見表明の形で回答を願つた。共通課題には現在の操業内容に関する質問よりも、理想的あるいは将来的展望に重点を置く問題を提議し、得られる回答から今後の発展への方向を探ろうとしたものであるが、これに対しても各社から広範囲な検討を経た結論が多く報告された。

討 9 AOD プロセスによる極低碳素、窒素ステンレス鋼の精錬法

日本金属工業(株)相模原製造所 藤崎正俊 他

この講演は、AOD 炉によつて 16~20%Cr ステンレス鋼を精錬し、製品中の C 20~60 ppm, N 60~100 ppm の極低碳素、窒素値を得る溶製法の確立に関する報告である。新製錬法の要点は、装入 C 値を 3~4% に引上げ、脱窒速度を上げて炉内 N 20~60 ppm に到達し、精錬中空気の吸込み、出鋼時の吸窒を可能な限り抑制する。また C は脱炭終期の O_2/Ar 比を下げて低下を促進し、炉中で 10~30 ppm に到達する事ができる。この報告は、大気中吹錬並びにオープン出鋼を行う AOD 法の実操業において極低 C, N 鋼の溶製を立証した点に大きな意義があり、又 AOD と真空処理および温度調整が可能な取鍋精錬を組み合わせれば更に低い C+N 値が得られる事を示唆している。

討 10 ステンレス鋼精錬技術の改善

新日本製鉄(株)光製鉄所 有吉春樹 他

この講演は、AOD 炉のステンレス溶製において、精