

転炉ゼロスラグ吹錬による環境調和型新製鋼プロセス

Development of Environmentally-friendly Steelmaking Process by Zero-slag Operation in BOF

川畑 涼 福山製鉄所 製鋼部 品質開発グループ
小平 悟史 福山製鉄所 製鋼部 品質開発グループ 統括スタッフ
渡辺 敦 福山製鉄所 製鋼部 第3製鋼工系H障< ` 4H "タ d u u W u ~ u u W 才 p x ^ ニ z Q

Ryo Kawabata
Satoshi Kohira

近年の産業界全体にわたる省資源・省エネルギー志向は、鋼板の高級化に代表されるような、鋼材の高品質・高純度化に一層の拍車をかけることとなった。特に鋼中不純物である燐成分の低減要求により、製鋼プロセスとりわけ、精錬工程での負荷は増大し、原材料・エネルギー消費量は著しく増加することとなった。また、その過程で生成する製鋼スラグ量の増大を招いた。

この鋼中燐成分の低減に対しては、従来より転炉精錬前に溶銑の脱燐を行う溶銑予備処理法が一般的に適用されてきた。しかし、従来の溶銑予備処理法では脱燐に限界があり、より効率的で新たな「環境調和型新製鋼プロセス」の確立が必要となった。

そこで溶銑脱燐時の反応機構を調査し、脱燐前の溶銑シリコンを低減することにより脱燐で使用される生石灰の反応効率が飛躍的に向上し、プロセストータルのスラグ発生量を極限まで削減することが可能であることを解明した。

これを受け、福山製鉄所では1998年3月に第一脱珪ステーション、2000年12月に第二脱珪ステーションを建設し、溶銑脱燐前の溶銑シリコンを効率的かつ徹底的に低減した。また、1998年に京浜製鉄所においても同様のプロセスを導入した。これにより溶銑段階で鋼中不純物である燐成分を効

率的に製品規格以下まで低減し、転炉で脱燐のために発生するスラグを“ゼロ”化する環境調和型「ゼロスラグ製鋼法（Zero Slag Process, ZSP）」が確立し、製鋼精錬工程での大幅な省資源・省エネルギーが実現できた。本稿では以下にその概要を報告する。Fig.1に福山製鉄所のZSP物流フローを示す。

2. 極低シリコン溶銑の大量製造技術

従来、溶銑シリコンの除去は高炉出銑中にミルスケールなどの酸化鉄を用いて行っていた。この高炉銑床脱珪法では、攪拌力が弱いため、反応効率が悪く、シリコンの除去には限界があると同時に、溶銑温度の低下を招いていた。

そこで効率良く脱珪反応を行い、極低シリコン溶銑を大量に製造することを目的とし、脱珪ステーションの建設を行った。脱珪ステーションでは、上吹きランスから供給する気体酸素と上置き添加の酸化鉄を併用し、この比率を調整することで処理後の溶銑温度を制御している。また、脱珪反応の効率を高めるため、攪拌用浸漬ランスから生石灰を溶銑中にインジェクションしている。これにより、当社で採用しているオープンレードル型溶銑輸送容器の形状とあいまって、より効率的な攪拌が行われ、従来の銑床脱珪に比べ脱珪酸素効率は飛躍的に向上した。この結果、次工程の脱燐処理へシリコン濃度が0.10%以下の極低シリコン溶銑を安定的に供給

でき、脱燐処理の高効率化が可能となった。Fig.2 に脱珪ステーションの設備概要を示す。また、Fig.3 に従来の鑄床脱珪と脱珪ステーションでの脱珪酸素効率（ O_2 ）の比較を示す。

3.

Fig.2 Schematic view of de[Si]station

Fig.3 Oxygen efficiency at de[Si]

Fig.5 CaO consumption at de[P]process

3.2 脱燐溶銑の大量製造

極低シリコン溶銑を用いることにより、脱燐初期の脱珪時間が不要となるとともに、脱燐石灰効率が向上しスラグ発生量が大幅に低減された。また、スラグ量の低減により脱燐処理時のスラグフォーミング現象などの処理阻害要因が排除され、溶銑輸送容器を用いフリーボードに限界のあった溶銑鍋型脱燐（鍋 NRP）の能力は飛躍的に拡大された。従来、鍋 NRP の能力は 280 千 T / 月程度であり、福山製鉄所第二製鋼工場向けの溶銑を全量脱燐することは不可能であったが、脱珪ステーションの導入により、その能力は 420 千 T / 月まで向上し、脱燐溶銑を同工場へ 100%供給することが可能となった。

また、福山製鉄所第三製鋼工場においては炉代の前期を脱炭炉、後半を溶銑脱燐処理炉として運用する転炉型脱燐（LD - NRP）を 1995 年より採用してきたが、極低シリコン溶銑を用いることにより、転炉の操業ピッチに合わせた高速処理が可能となった。現在、その能力は最大 480 千 T / 月にまで向上し、脱燐銑 100%による操業を行っている。

これらの技術開発により、溶銑段階で燐成分を平均で 0.012%とし、製品規格以下まで安定的に低減することで、転炉での脱燐負荷のない操業を確立した。

Fig.6 に福山製鉄所における溶銑脱燐処理比率の推移を示す。

Fig.6 Production of hot metal dephosphorization (dep)5.1(chosp)5.1(c9 2b8fe382b581439245971 0.da7cho0n9782c682b5) -1.5

また、これら製鋼スラグ削減と同時に脱珪スラグのカリ肥料化、脱燐スラグの炭酸固化による漁礁（マリンブロック）
にF d g リ . ノ製較してaいよによ館凄ヒノド . i 9 h . h %ミ (

Fig.8 Schematic view of online-dustmeter

に伴う、鉄・マンガン成分の酸化ロス増大などの問題が発生した。

そこで数値解析による酸素の噴流状態のシミュレーションとオンラインダスト濃度計を用いた実機でのテストによりランスノズルの最適な形状を見出し、新ランスノズルの開発と操業への適用を行った。

これら技術開発により Fig.9 に示すようなダスト発生量の低減を実現した。



Fig.9 Quantity of dust generation

5. ZSP による操業改善効果

5.1 スラグ発生量の削減

以上の技術開発の結果、プロセストータルの生石灰使用量が極少化され、Fig.10 に示すように製鋼スラグの大半を占めていた転炉スラグは、ZSP の適用後、10kg/t 以下に削減され、製鋼スラグ発生量も 60kg/t 程度と従来に比較して半減した。この転炉でのスラグ発生量の極少化に伴い、スラグへのマンガンロスが減少することで、マンガン鉱石の直接還元歩留りが向上し、マンガン合金鉄の大幅な削減も達成された。加えて、転炉からのスラグ流出が抑制され、鋼の品質を悪化させる非金属介在物である鋼中アルミナ量が激減し、鋼の品質向上に顕著な効果が得られた。Fig.11 に製鋼起因の冷延コイル格落ち率の比較を示す。

Fig.12 Change in steel productivity of BOF

いた転炉吹錬時および出鋼時にスラグと接触する部位の耐火物損耗が軽減されるとともに、前述した転炉稼働率の向上