

解 説

受賞技術－23

多機能統合型転炉法による低磷鋼の 多量生産プロセスの開発

Process Innovation for the Mass Production of Low Phosphorus Steel
by Multi-refining Converter

新日鐵住金(株)
製鋼技術部
上席主幹
熊倉政宣
Masanori Kumakura

新日鐵住金(株)
技術開発本部 プロセス研究所
プロセス技術部 プロセス技術部長

小川雄司
Yuji Ogawa

1 緒言

多機能統合型転炉法とは1基の転炉において溶銑脱磷処理、脱磷スラグ排出(排滓)、脱炭処理を連続的に行う事により、不純物である磷を低減した高級鋼を、低コストで安定的に多量製造可能とするプロセスである。

1990年代以降の鉄鋼業は、①環境保全に関わる社会的ニーズの高まり、②鋼材の高級化、高品質化による製品の低磷化、③鉄鉱石等原料の劣質化による溶銑中不純物である磷濃度の上昇、④新興国の台頭による国際的コスト競争の激化といった厳しい環境下にあり、これらの課題に対応するため技術の研鑽を積み重ねてきた。この結果、多機能統合型転炉法を開発、実機化したので概要を報告する。

2 開発の背景と目標

2.1 環境保全に関わる社会的ニーズ

省エネルギー、省炭酸ガスの技術開発を鋭意推進する必要がある。また、土壤環境基準の順守や限りある資源のリサイクル活用が求められている。

2.2 鋼材の高級化、高品質化

最終製品の省エネルギーに寄与する高強度化や、鋼材使用環境の厳格化への対応等、不純物濃度を更に低減した環境に優しい高級鋼、即ちエコプロダクツ®の社会的ニーズが高まっている。このため、エネルギー向け、自動車用鋼板、溶接構造用厚板等において、磷等の不純物濃度を低減した高純度鋼が求められている(図1)。磷は結晶粒界に偏析して、鉄鋼製品の靱性、加工性を悪化させる元素であるため、鋼種に応じて[P]規格上限が設定されており、精錬工程における脱磷

品 種		要求される品質		成分要請	社会的エコ効果
自動車用 薄板		高強度化 加工性	高強度元素添加と、プレス 加工成形性確保の両立	低磷化	自動車の軽量化・ 燃費向上 ⇒省エネルギー
エネルギー 向け 鋼管		低温靱性 溶接性	シャルピー吸収エネルギー (-40℃) パイプの溶接部靱性確保	低磷・ 低硫	天然ガス利用拡大 ⇒炭酸ガス排出 削減
船舶用 厚板		高強度化 溶接性	高強度元素添加と、 構造材の靱性確保	低磷・ 低硫	船舶の軽量化・ 燃費向上 ⇒省エネルギー
海洋構造向け 厚板		低温靱性 溶接性	シャルピー吸収エネルギー (-20℃) 構造材溶接部靱性確保	低磷・ 低硫	風力発電 ⇒炭酸ガス排出 削減

出典 新日鐵住金アニュアルレポート

図1 高級鋼の例

が必要となる。

このような背景のもと、鋼中の磷を大幅に低減した極低磷鋼（ $[P] \leq 0.012\%$ ）、及び低磷鋼（ $[P] \leq 0.020\%$ ）の受注量は増加している。

2.3 原料の劣質化による溶銑中磷濃度の上昇

良質原料の枯渇による鉄鉱石中 $[P]$ の上昇に伴い、溶銑中 $[P]$ は直近7年間で0.015%程度上昇している。鋼材の高純度化に伴う製品 $[P]$ の低下により、溶銑 $[P]$ と製品 $[P]$ の差、即ち、必要な脱磷量は増加している。そのため、製鋼精錬工程の負荷が増大し、脱磷プロセスの再構築が課題となっている。

2.4 国際競争の激化

鉄鋼業はこれまで述べてきたような鋼材の高級化への対応に加えて、グローバル市場でのコスト競争が激化する中、高級鋼以外のボリュームゾーンに対しても、コスト競争力や環境調和を追求する必要がある。

また、鋼材需要の増加による増産要請及び、省炭酸ガスの要請に対し、スクラップ使用量の調整でフレキシブルに対応できる、熱余裕度に優れたスクラップ多量溶解が可能なプロセスも求められていた。

3 開発の経緯

3.1 精錬プロセスの概要

高炉法における一般的な鉄鋼製造プロセスについて説明する。まず、高炉内で炭素飽和の溶鉄（溶銑）が製造される過程で原料に含まれる不純物が溶銑に溶解する。溶銑中の磷濃度 $[P]$ は約0.10～0.13%、硫黄濃度 $[S]$ は約0.02～0.03%であり、鋼材要求特性に応じて炭素は適切な濃度まで低減し、不純物である磷と硫黄は精錬工程において除去する必要がある。

図2に示すように溶銑は製鋼工場にてまず硫黄を除去（脱硫）した後、転炉工程および真空精錬等の二次精錬工程で精錬される。転炉では溶銑に上吹きランスから酸素ガスを吹き

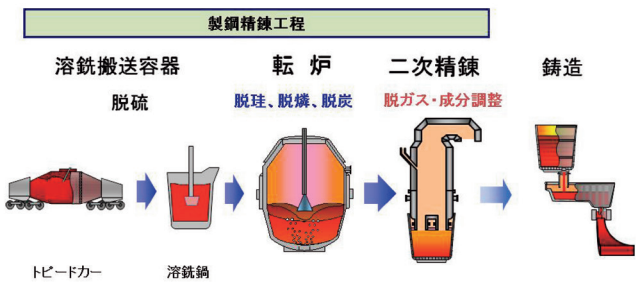


図2 鉄鋼製造プロセスにおける精錬プロセスの位置付け

付けて、炭素を燃焼除去するとともに、反応熱を利用して昇温を行う。また、炭素の除去（脱炭）と同時に石灰（主成分はCaO）等の副原料を投入し、酸化反応により珪素や磷を除去（脱珪、脱磷）する。その後、用途に応じて、二次精錬工程で水素、窒素、酸素等のガス成分の除去や仕上げ脱硫、合金添加による成分調整を行った後、連続 casting 装置によって鉄鋼半製品である鋼片が製造される。

3.2 脱磷反応の基本的考え方

脱磷は、(1) 式の反応により溶銑中の磷とスラグ中FeO、副原料中のCaOとを反応させ、スラグ中の磷酸化物として分離除去することにより行われる。スラグ中の磷濃度 (P) と溶銑中の磷濃度 $[P]$ の比（ $= (P) / [P]$ ）を磷分配と呼び、平衡磷分配が高いほど脱磷に有利となる。平衡磷分配は (2) 式で表わされ¹⁾、スラグ中酸化鉄濃度 (FeO) が高く、スラグ中のCaOとSiO₂の濃度の比 $(CaO) / (SiO_2)$ で表すスラグ塩基度が高く、低温ほど脱磷に有利となる。

$$2[P] + 5(FeO) + 3(CaO) \rightarrow (3CaO \cdot P_2O_5) + 5[Fe] \dots\dots\dots (1)$$

$$\log \left(\frac{(\%P)}{[P]} \right) = \frac{22350}{T} - 16.0 + 0.08(\%CaO) + 2.5 \log(\%T.Fe) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、Tは絶対温度 (K)、(FeO) の指標として、金属鉄分を除くスラグ中トータル鉄分 (T.Fe) を用いる。

このように、脱磷反応は低温条件が有利であり、高温の転炉処理温度においては脱磷のための石灰系副原料を多量に必要とする。そこで、高温の転炉脱炭処理に入る前に低温の条件で溶銑の予備脱磷処理を行うことが必要と考えられ、プロセス開発を行った。

3.3 溶銑搬送容器を利用した予備処理プロセスの開発と課題

1980年代、極低磷鋼・低磷鋼の製造のため、溶銑の搬送容器であるトビードカーや溶銑鍋において、転炉に装入する前に溶銑の脱珪・脱磷処理を実施する方法（溶銑予備処理）を開発し実機化した²⁾。これらのプロセスは反応容器としては容量が小さく反応効率が低い上、スクラップの溶解が困難であった。そこで容量の大きな転炉において予備処理を実施し転炉から出銑して脱珪・脱磷スラグの排滓を行い、別の転炉にて脱炭吹錬を行う、転炉型予備処理プロセスを1980年代後半に開発した^{3,4)}。

3.4 転炉型予備処理プロセス (SRP、LD-ORP) の開発と課題

転炉型予備処理プロセス (SRP (Simple Refining Process) , LD-ORP (LD converter Optimized Refining Process)) では、

転炉2基を用い、1基を予備処理である脱珪・脱磷に、もう1基を脱炭に用いる。

図3に示すように反応容器としての容積（フリーボード）が大きく、強撹拌下で高速送酸が可能な転炉を用いることで、従来の溶銑搬送容器を用いた予備処理プロセスに比べ、処理時間を短縮し、生産性の高い予備処理を実現した。また、高速送酸により（FeO）を高めることができるため、低塩基度でも十分に脱磷能の高いスラグを得ることができ、従来の高塩基度・低（FeO）スラグでは溶融促進のため必須とされていた蛍石（土壤環境規制有り）の使用をなくす事ができた。

更に、図4に示すように磷濃度の低い脱炭スラグを脱珪・脱磷にリサイクルする向流精錬により、さらなる副原料の削減も実現した。本プロセスはSRPまたはLD-ORPと呼ばれ、鹿島製鐵所で1987年に、名古屋製鐵所で1989年に実用化され、高級鋼の安定製造のみならず、汎用鋼にも適用され^{6,7)}、大幅なコスト削減を可能とした。その後、和歌山製鐵所においては本プロセスを用いた新製鋼工場を1999年に建設した。

一方で、転炉を予備処理に活用することは、転炉基数の余裕のある工場や新たに転炉を新設する工場では可能であったが、それ以外の工場では転炉工程全体の生産性を低下する事になり、本プロセスの適用は当社の粗鋼生産量のうちの約3割であり、限定的なものであった。

また、転炉を用いることで溶銑予備処理の生産性は向上したが、2炉を使用する分割精錬であるため、溶銑の移し替えによる熱損失の問題は残された。更に、転炉における脱珪・

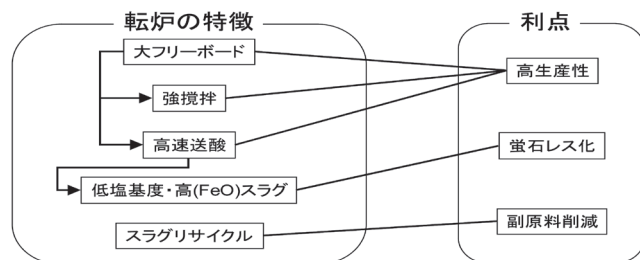


図3 転炉型溶銑予備処理プロセスの特徴⁵⁾

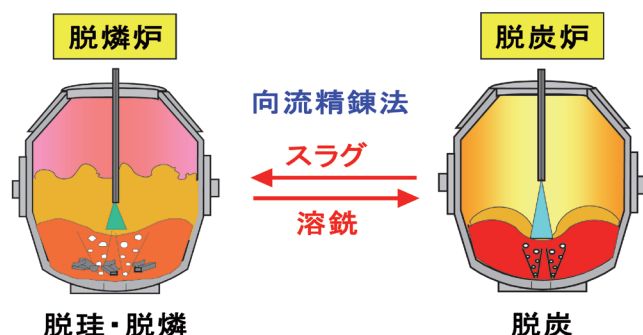


図4 転炉型溶銑予備処理における向流精錬⁵⁾

脱磷後にスクラップが溶け残ると、生産性が低下するため、使用できるスクラップの量やサイズに制約があり、原料自由度や生産弾力性の拡大に制約があった。

4 開発の内容と特徴

4.1 MURCの概要と特徴

SRP、LD-ORPの利点を維持したまま上記の要件を満たす新たなプロセスとして、既存の1基の転炉で予備処理である脱珪・脱磷と脱炭・仕上げ脱磷の機能を中間排滓を介して分離し、連続的に行うMURC（Multi-Refining Converter、多機能統合型転炉法）を考案した^{8,9)}。

4.2 MURCの操業フロー

MURCはSRP、LD-ORPと同様、転炉を使用したプロセスであるが、その操業フローをSRP、LD-ORPと対比して図5に示す。

4.2.1 脱珪・脱磷（ブロー1）

転炉の持つ強撹拌と高速送酸機能を利用して、低塩基度・高（FeO）スラグで脱珪・脱磷を同時に行う。以下、この処理を「脱珪・脱磷」または「ブロー1」と呼ぶ。その際、スラグフォーミング（スラグの泡立ち）を積極的に利用して、転炉傾動時にスラグを排出しやすい状態にしてから、ブロー1を終了する。

4.2.2 中間排滓

スラグを炉から排出する事を排滓と呼ぶ。ブロー1終了後、溶銑を転炉内に残したまま、転炉を傾動し、溶銑上のフォーミングスラグを転炉炉口から排出する。これを中間排滓と呼ぶ。

4.2.3 脱炭（ブロー2）

この中間排滓後、石灰等の副原料を投入して、脱炭および製品レベルまでの仕上げ脱磷を行う。以下、この処理を「脱炭」または「ブロー2」と呼ぶ。

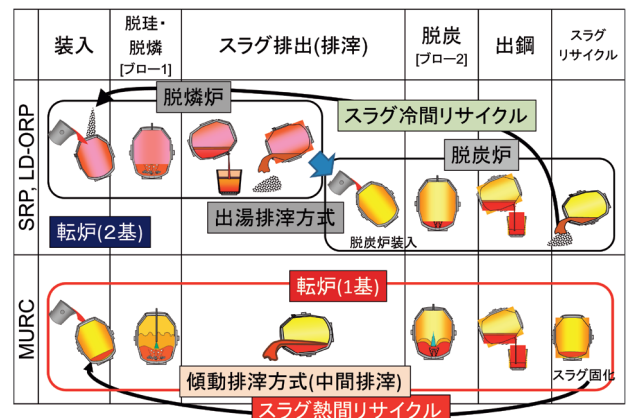


図5 MURCと従来の転炉型予備処理法の比較⁵⁾

4.2.4 スラグ熱間リサイクル

出鋼後、脱炭スラグの全量または一部を転炉内に残したまま、次チャージのブロー1の副原料として熱間でリサイクルして使用する。

4.3 MURCの特徴と利点

従来のSRP、LD-ORPと比較した際のMURCの作業上の大きな特徴とその利点は下記の2点である。

4.3.1 同一転炉での精錬機能分離

- ・ 精錬容器が1つになり設備生産性や労働生産性が高い。
- ・ 容器の移し替えに伴う熱損失が抑制できる。また、使用可能なスクラップの量やサイズの制約が小さい¹⁰⁾。
- ・ 次チャージへのスラグ熱間リサイクルによる副原料の削減、スラグの保有する熱の有効利用が可能である。

4.3.2 脱珪・脱磷期（ブロー1）と脱炭期（ブロー2）での脱磷負荷分担の適正化

- ・ 脱珪・脱磷期（ブロー1）と脱炭期（ブロー2）の脱磷負荷分担を見直し、脱磷機能の一部をブロー2に移行した。即ち、高効率で脱磷が可能な範囲内で高速で脱磷を行う。脱炭期の脱磷負荷は増加するが、高温のブロー2で投入した副原料は次チャージの低温のブロー1で再び精錬用副原料として再使用でき、副原料、熱共にリサイクル利用できる。

MURCの開発により、極低磷鋼は既開発のSRP、LD-ORPで製造し、ボリュームゾーンである低磷鋼～汎用鋼はMURCで製造することで全量予備処理化を実現することができた。

これにより高生産、高品質、環境調和を実現するエコプロダクツ多量生産プロセスを確立した。

4.4 MURCの技術ポイント

4.3で述べたMURCの特徴を実機にて活かすため、下記の要素技術開発が必要であった。

4.4.1 高生産性と必要脱磷能を両立するための脱珪・脱磷吹錬技術

4.4.2 転炉傾動により脱珪・脱磷スラグを効率的に排出可能とするための中間排滓技術

4.4.3 脱炭スラグを次チャージに繰り返し使用するためのスラグ熱間リサイクル技術

4.4.4 MURCを目標とするサイクルタイム（普通銑吹錬と同等レベルの35分レベル）内で作業するための各工程の高速処理技術

図6にMURCの開発課題をプロセスフローとともに示す。

4.5 MURCを支える要素技術

4.5.1 脱珪・脱磷（ブロー1）吹錬技術

MURCの脱珪・脱磷（ブロー1）では、次のポイントを満たす必要があった。①高効率かつ高速な脱磷が可能な範囲内で必要な脱磷を行う、②中間排滓性の向上のため、スラグを適正にフォーミングさせる

すわなち、必要な脱磷能と中間排滓を両立するために、従来の転炉型予備処理（SRP、LD-ORP）とは異なる、適正なスラグ組成（塩基度）および作業条件を見出す必要があった。

1990年の開発着手当時、低塩基度での溶銑脱磷反応に関する知見はほとんど無く、約1.0～1.5のような従来の1/3程度の低い塩基度でMURCのブロー1に必要な脱磷能（ $(P) / [P] = 約50$ ）を確保できるか、冶金原理の確認が必要であり、更にそのため実機作業条件を明確化する必要があった。

そこで、まず、8トン規模の試験転炉実験により体系的な調査を行い、脱磷能の推定を可能とした。その結果を図7に示すが、1.0～1.5の低塩基度でも、スラグ中（FeO）の指標となる（TFe）を10%以上に高めることで、MURCのブロー1に必要な脱磷能が確保できることを見出した¹¹⁾。一方、（FeO）が過剰に高いと、塩基性成分が希釈され脱磷能はむしろ低下し鉄歩留も悪化するため、 $10\% \leq (TFe) \leq 30\%$ が最

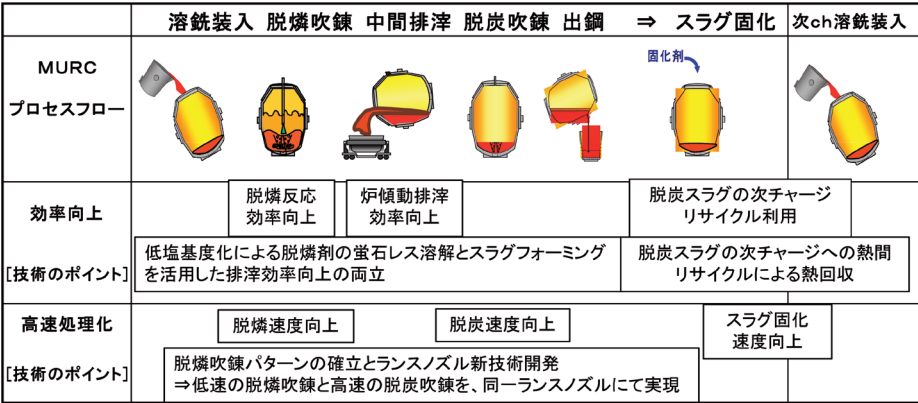


図6 MURCの開発課題⁵⁾

適なMURCの操業範囲となる。

更に、スラグ中 (FeO) を決定する支配因子となる各種の操業条件である上吹き送酸速度、酸化鉄供給速度、攪拌動力、温度、塩基度等と (FeO) の関係を定量的に明らかにし、(FeO) の確保に必要な操業条件を決定し、図7に示すMURCにおける低塩基度高速脱珪・脱磷の操業指針を確立した。

図8に実操業のブロー1における脱珪外酸素原単位 (脱珪・脱磷吹錬に必要な酸素原単位から脱珪に必要な酸素原単位を差し引いたもの) とブロー1後 [P] の関係を示す。[P] はイニシャルの溶銑 [P] 0.120%程度から0.03~0.04%までは酸素原単位に対して直線的、即ち高速で脱磷が進行する、即ち、酸素供給律速であるのに対し、これ以下の [P] では脱磷酸素効率が悪化しており、磷の物質移動律速になっている。MURCの思想からすると、これ以上ブロー1で低磷化するメリットは少ないため、このように、高速かつ高効率で脱磷が可能な範囲内で脱磷を行い、ブロー2に脱磷負荷を繰り越す

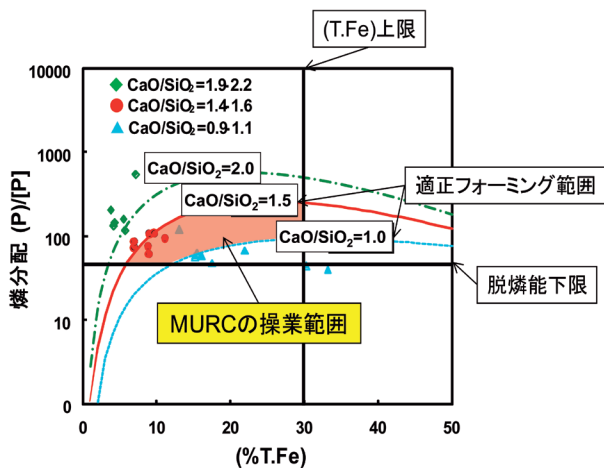


図7 スラグ組成と磷分配の関係 (8トン規模試験)⁵⁾
(% T.Fe) ; Total Fe, スラグ中に含まれる全 Fe 分の mass%

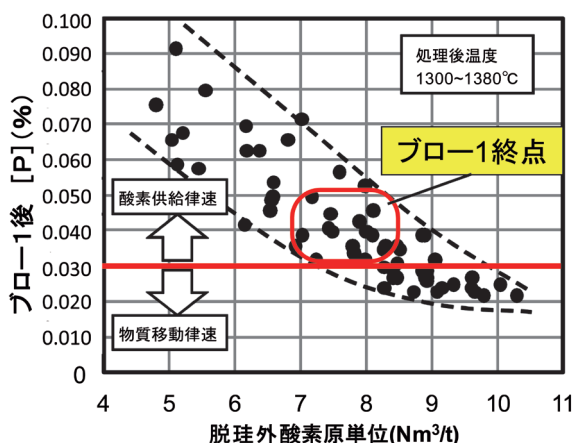


図8 脱珪外酸素原単位とブロー1後 [P] の関係⁵⁾
(大分製鉄所転炉の例)

操業を採用している⁸⁾。

以上述べたような低塩基度脱珪・脱磷技術を用い、MURCでは約4分という短時間での高速脱珪・脱磷処理を実現している。これはトピードカーによる予備処理の40~50分、SRP、LD-ORPの8~10分に比べて短い。

4.5.2 転炉内スラグフォーミング適正化

中間排滓はブロー1後の脱珪・脱磷スラグを排出する工程で、中間排滓での排滓量が少ないとブロー2に持ち越される磷分が多くなり、脱珪・脱磷と脱炭の機能分離メリットを享受できないため、中間排滓で必要な排滓量を確保することは非常に重要である。

限られた排滓時間内では転炉内に一定体積のスラグが残留する。従って、転炉内スラグをフォーミングさせて嵩体積を増やすことが排滓量を確保するためのポイントとなる。一方で、フォーミングが過剰な場合はスロッピング (過剰に泡立ったスラグが転炉から噴出する現象) の発生により転炉生産の障害となり生産性が低下する。

そこで、転炉内フォーミング適正化のために、フォーミングに影響するスラグ組成の適正化が必要であった。

まず、スロッピングが発生しない範囲でスラグをフォーミングさせ、必要な中間排滓率を確保するために、フォーミング高さに大きく影響するスラグ粘度をスラグ組成および温度から計算し、ブロー1の定常状態におけるフォーミング高さを推定した。図9にスラグ塩基度とこの推定フォーミング高さの関係を示すが、ブロー1の温度範囲 (1300~1350℃) の条件下では、スラグ塩基度を約1.0~1.5に設定すると推定フォーミング高さが中間排滓に適正な範囲に制御できることを見出した⁸⁾。本結果と図8に示した高速脱珪・脱磷と両立

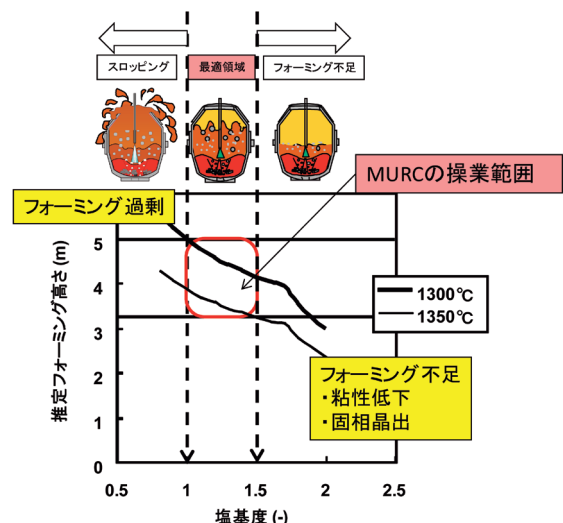


図9 スラグ塩基度と推定フォーミング高さの関係⁵⁾
(大分製鉄所転炉の例)

するスラグ塩基度の条件を確立した。

以上の開発により、MURCに必要な脱磷能と中間排滓を両立する操業条件および操業方法を確立した。

4.5.3 中間排滓技術

転炉内スラグフォーミング適正制御により、ブロー1終了後に排滓しやすい転炉内フォーミング状態を安定して実現することは可能となった。

一方、排出スラグは排滓鍋で受滓するが、排滓鍋の容量は転炉の容量のたかだか1/10～1/8程度であり、受滓後もスラグがフォーミングしたままだと、排滓鍋内からスラグが大量に溢出し、操業障害となる。そこで、排滓鍋内の迅速なフォーミングの鎮静のための鎮静剤探索を進め、鎮静材の比重やサイズの調整を行い破泡に有効に作用させる工夫を行った。また、転炉傾動速度とスラグ排出量の関係等の関係を計算により検討し実機に活用した¹²⁾。

4.5.4 スラグ熱間リサイクル技術

MURCでは、ブロー2にて生成した脱炭スラグを次チャージのブロー1に熱間リサイクルすることで、副原料を削減するとともに、スラグ中铁分と転炉内残留地金を効率的に回収し、更にスラグの顕熱を有効に利用することを指向した。

スラグ熱間リサイクルを実現するために、下記の2つの技術ポイントについて開発し実行に移した。

- ①スラグ噴出トラブル抑制のための迅速なスラグ固化
- ②ブロー1で脱磷に寄与するためのスラグ溶融性の確保

4.5.5 高速処理技術

MURCでは普通銑吹錬にはない中間排滓やスラグ熱間リサイクルの工程が増えるが、高生産性を確保するためにはサイクルタイムは普通銑吹錬と同等にする必要がある。そこで、各工程の高速処理技術が必要となり、脱珪・脱磷(ブロー1)吹錬、中間排滓、スラグ熱間リサイクルの工程については、極限までの高速処理を図ってきた。

高速脱炭処理のための対策として、脱炭吹錬(ブロー2)の酸素供給(送酸)速度向上による吹錬時間短縮が重要である。高速で送酸を行った場合、ダスト、スピitting(溶鉄の飛沫の飛散)が増加し、歩留の悪化や操業障害の原因となるため、それらを抑制する必要がある。更に、ブロー1ではスロッピングの制約により送酸速度を低く制御する必要があるため、ブロー2の送酸速度を上げた場合、ブロー1とブロー2の送酸速度の可変幅も必然的に大きくする必要がある。

これらを解決するため、ランスノズルに不足膨張の技術を活用し①高速吹錬とソフトブローの両立、②酸素流量の可変幅の拡大を満たすランスノズルを開発し、実機適用を行う事ができた^{13,14)}。

4.6 MURCの開発、実用化経過

MURCの開発、実用化は発案から全量適用を達成するまでに、基礎検討、基礎技術開発、汎用工業技術開発、及び適用製鉄所及び適用鋼種拡大のステップを経て進めてきた。

ステップ1：試験転炉による基礎検討

MURCは1990年に着想された。プロセスコンセプトの検討、8トン規模の試験転炉実験により、①低塩基度脱珪・脱磷吹錬技術、②中間排滓技術、③スラグ熱間リサイクル技術の可能性を実験室規模で検討、確認した。

ステップ2：実機規模での基礎技術開発

低磷鋼の生産性向上ニーズが有りサイクルタイムに余裕のあった室蘭製鐵所において、1992年より270トン/ヒート規模の実機転炉におけるMURCの試験を開始した。試験転炉で開発してきたMURCの技術ポイントを実機転炉で確立し1993年より実機適用を開始し、1994年に実用化した。

ステップ3：汎用工業技術開発

溶銑鍋による溶銑予備処理を採用していた高生産型の大分製鐵所において、室蘭製鐵所で実用化されたMURCを1998年より本格適用した。当初実用化されていた方法では、サイクルタイムが長く生産性に課題があった。高生産型の大分製鐵所への適用のため、高速処理技術を中心とした実機技術開発により汎用性の高いMURC操業技術を確立した。

ステップ4：適用製鉄所、適用鋼種拡大

2002年から2003年にかけて八幡製鐵所、君津製鐵所にMURCを横展開し、製鐵所毎のローカリティを考慮したMURCの高度化を図った。

特に、製鐵所毎の鋼種構成に応じて、SRP、LD-ORPとの融合による極低磷鋼の製造、副原料粉体の上吹き技術と組み合わせた低磷鋼の製造等、最適な生産体制を構築した。これらの製鐵所においては全量予備処理化によるエコプロダクツ多量安定生産技術を確立した。

5 開発の成果と社会への貢献

5.1 開発の全体成果

MURCの開発により、予備処理炉、脱炭炉を装備する転炉型予備処理プロセス(SRP、LD-ORP)と1基の転炉で操業可能なMURCの組み合わせが可能となり、①普通銑吹錬のMURC化、および②トピードカー、溶銑鍋による予備処理のMURC化が可能となり、石灰等副原料削減、歩留の向上、熱損失の低減、スラグ量の低減を可能とした。さらに、MURCの適用により、ふっ素を含有する蛍石を使用することなく副原料の石灰を溶融させることが可能となり、2001年から施行された土壌環境基準のふっ素規制に対応できた。

MURCの適用量は、当社の全生産量の約50%に達し、転炉

型予備処理プロセス (SRP、LD-ORP) との合計の予備処理率はほぼ9割に到達した。副原料削減、歩留向上、熱損失低減の効果により炭酸ガスの排出量を低減することができた。今後、全量溶銑予備処理化を推進する計画である。

図10にMURCによる副原料石灰削減効果を示す。MURCの特徴である低塩基度脱珪・脱磷吹錬、中間排滓、スラグ熱間りサイクルを適用した結果、普通銑吹錬に対して約20kg/トンの副原料石灰削減を実現した。その結果、スラグ量も大幅な削減が可能となり、鉄ロス低減による歩留向上効果も享受している。

普通銑吹錬に比べ、汎用鋼のコスト削減および低磷鋼の低コスト、安定生産を可能とすることができた。同時に、MURCにより溶銑予備処理を実施しながらスクラップの多量溶解を可能とし、鋼材需要の変動による増産要請に対して、出銑量の増加ができない場合でもスクラップ使用量の調整でフレキシブルに対応し、粗鋼生産量を大きく増加させることができるようになるなど、原料自由度や生産弾力性を向上させることができた。

5.2 社会への貢献

5.2.1 省エネルギー、省炭酸ガス

精錬プロセスの省エネルギー、省炭酸ガスを可能とすると同時に、本法を用いて製造した高級鋼製品を使用した客先最終製品による省エネルギー効果も大きく、高級鋼を低コストで安定的に提供する事により社会の省エネルギー、省炭酸ガスの推進に寄与する事ができた。

5.2.2 石灰など国内天然資源の節約

石灰は日本国内で産出する数少ない貴重な資源の1つであり、本法採用により使用量36%削減が可能となったものであり引き続き節約に寄与してゆく。

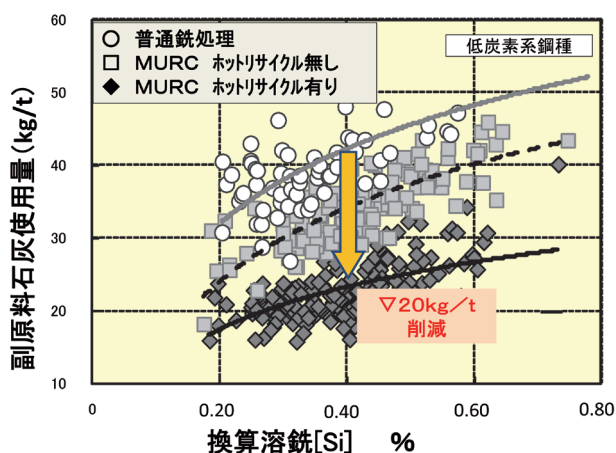


図10 MURCによる副原料削減効果⁵⁾

5.2.3 スクラップ多量使用体制の構築

溶銑予備処理工程におけるスクラップ溶解量を向上することができ原料自由度が向上し、社会的金属資源であるスクラップの製鋼工程におけるリサイクル利用量拡大を可能とし、炭酸ガス排出抑制の可能性を確立した。

6 結言

多機能統合型転炉法 (MURC) の開発により、全量溶銑予備処理を実現する事を可能とした。これにより、背景に述べたような鉄鋼業の抱える種々の課題を解決すると共に、省エネルギー、省炭酸ガス、省資源等において社会的貢献を果たす事ができた。

本技術は、1990年代の着想から約20年をかけて開発し実機化を確立してきた。近年の激動する社会環境の中において一貫して開発を推進してきたものであり、引き続き社会への貢献を果たしてゆきたい。

参考文献

- 1) G.W.Healy : J. Iron Steel Inst., 208 (1970), 664.
- 2) 北村信也, 水上義正, 金子敏行, 山本利樹, 迫村良一, 相田英二, 小野山修平 : 鉄と鋼, 76 (1990) 11, 1801.
- 3) 小川雄司, 丸岡伸洋 : 鉄と鋼, 100 (2014) 4, 434.
- 4) 松尾亨, 増田誠一 : 鉄と鋼, 76 (1990) 11, 1809.
- 5) 第61回大河内賞 受賞業績報告書, (2015)
- 6) 吉田克麿, 山崎勲, 戸崎泰之, 青木伸秀, 芳山純一郎, 荒井克彦 : 鉄と鋼, 76 (1990) 11, 1817.
- 7) 務川進, 水上義正 : 鉄と鋼, 80 (1994) 3, 207.
- 8) 小川雄司, 矢野正孝, 北村信也, 平田浩 : 鉄と鋼, 87 (2001) 1, 21.
- 9) 小川雄司, 矢野正孝, 荒井雅之, 升光法行, 熊倉政宣 : まてりあ, 53 (2014) 3, 107.
- 10) 熊倉政宣 : 新日鐵技報, 394 (2012), 4.
- 11) 佐々木直人, 小川雄司, 務川進, 宮本健一郎 : 新日鐵技報, 394 (2012), 26.
- 12) 内藤憲一郎, 浅原紀史, 若生昌光, 松宮徹 : 鉄と鋼, 100 (2014) 4, 522.
- 13) 内藤憲一郎, 浅原紀史, 開澤昭英, 小川雄司, 北川逸郎, 井本健夫, 佐々木直人, 松尾充高 : 新日鐵技報, 394 (2012), 33.
- 14) K.Naito, Y.Ogawa, S.Kitamura, T.Inomoto and M.Yano : ISIJ Int., 40 (2000) 1, 23.

(2017年1月10日受付)