

技術解説

製鋼技術開発の歩みと今後の展望

Change and Development of Steel-making Technology

岩 崎 正 樹*
Masaki IWASAKI

松 尾 充 高
Michitaka MATSUO

1. はじめに

ここ30年間、製鋼技術は転炉、連続铸造（連铸又はCCと略す）をベースとして、世界最高の技術の極限を追求すべく、高効率化、高品質化、省力化、省エネルギー化などのあらゆる面で技術革新を進めてきた。製造プロセスは、製造する鋼材の要求品質レベルに応じて使い分けており、各製鉄所で特徴のある技術の変遷と発展を続けてきた。基本的なプロセス構成としては、①溶銑予備処理、②転炉、③二次精錬、④連続铸造、⑤スラブ精整の工程で、その構成が確立されており（図1参照）、現時点では、あらゆる工程とも要素技術において世界最高レベルの技術力を保持していると考えている。しかし、世界の新興製鉄所は、新鋭設備と安い労働力を武器に、我々の優れた製品製造技術にアプローチしてきており、脅威となりつつある。これに対抗するため、製鋼工程ではこれまでも、顧客のニーズを着実に捉えて、他社を凌駕する高品質の製品を、低コストで効率的に量産する技術開発を志向し続けてきた。以下に、これらからなる製鋼技術の変遷と発展についての概要を述べる。

2. 製鋼技術の変遷

2.1 生産能力向上

国内における粗鋼生産規模は、第一次オイルショック以降の国内鉄鋼需要の頭打ちと景気の変動に伴い、1970年代後半より大きな能力の増強はなく、概ね1億～1億2千万トンの間を推移している。新日本製鐵においては1982年の八幡新製鋼工場の稼動以来、新設の製鋼工場はなく、

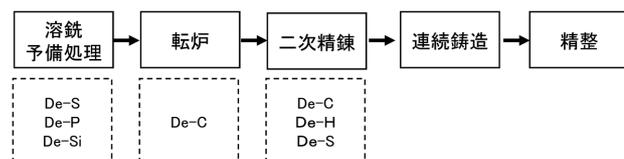


図1 製鋼の製造工程

1980年代終りの全社的な生産構造合理化に伴い、一部の各製鉄所の休止、工場集約などを進める一方、集約先の製鋼工場設備をベースに一貫生産能力を増やす対策を進めてきた。

能力向上に際し、製鋼各工程とも高速処理化による処理時間の短縮を志向し、これに向け多くの要素技術開発を進めてきた。これに合わせて、一貫製造上のネック工程能力増強対策、炉修時などの定期工事に伴う生産能力の爬行性解消などの諸対策を講じた。その結果、アライアンス会社を含めて年間粗鋼能力4000万tを有するに至った。

精錬工程においては、溶鋼ヒートサイズ（t/ch）の拡大を進め、各プロセスとも高速処理を志向し、脱P、脱Sの効率化、高速吹錬技術、高速脱ガス技術などが進展した。

連続铸造工程は、スラブット拡大を狙い、高速铸造化、無欠陥鑄片の製造、鑄造幅の拡大などの諸対策が各所で取り組まれ実機化された。また同時に、ブレイクアウトなどの事故に伴う生産障害時間の短縮努力もなされた。

当社の能力対策工事の特徴は、多くの基幹ラインにおいて、スクラップ&ビルド方式＝新製鋼工場の建設ではなく、既存の設備を増強改造、或いは製鋼工場内に一部の設備を増設することによって進めてきたことである。

2.2 品質対策

製鋼工程に要求される品質レベルは、顧客の鋼材要求機能の多様化（軽量化、高加工性、高強度化など）の高機能化、表面疵管理強化、無欠陥化）や製造効率化追求に伴い、急激に厳格化した。特にハイエンド材の製造に当り、表面疵、内部欠陥に対して差別化技術を構築すべく、品質技術開発に全力を挙げてきた。自動車用鋼板（特に外板向け）は連続焼鈍化の進展でIF（Interstitial Free）鋼に転換したが、スリバー、へげ、ブローホール疵が発生しやすいという問題があった。そこで、疵防止に対する鑄造技術が大幅に進展し現在の無欠陥技術を築いた。また、缶用素材についてはDI（Drawing and Ironing）缶、ラミネート缶など製缶時の加工度が大きい薄手材料の素材製造にあたり、フランジク

* 製鋼技術部長 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071

ラック・破胴防止のため、有害非金属介在物低減技術、圧延工程一貫での無害化技術、非金属介在物評価技術が大幅に進化した。特に、アルミニウムキルド鋼特有のクラスターの圧延時の破碎・無害化についての研究も進んだ。

一方、目標成分値ばらつき低減化、高純度化(C, P, S, N, H, Oの低減)要求に際し精錬プロセスを駆使し、P < 50ppm, S < 5ppm, C < 10ppm, H < 1.5ppmの大量安定精錬技術を確立した。

また、顧客の鋼材使用環境の苛酷化、製造方法、加工方法の効率化、省力化、高歩留追求のニーズ変化に対応し、低温用鋼、耐HIC (Hydrogen Induced Cracking) 鋼、加工性の良い鋼板(軟質冷間圧延鋼板、防錆鋼板、BH (Bake Hardening) 鋼板、非金属介在物のない缶用素材など)、高強度鋼板(自動車向け高強度鋼板、高バーリング加工性鋼板、造船用高降伏点鋼板)、また高純度棒鋼・線材(スチールコード、ベアリング軸受用鋼材)、高強度レール、高性能電磁鋼などのニーズの多様化に対し、圧延工程と連携して取り組んだ。

また、これらの品質を維持管理するための品質管理技術も大きく発展した。鋼材成分の分析迅速化、微量元素分析の可能化はもとより、スラブ内質判定技術(迅速中心偏析評価、HUST: High frequency Ultra Sonic Test)に加え、スラブのオンライン熱間疵検査装置の実機導入が進んだ。従来から進めてきた製鋼操業情報および疵検査情報を圧延工程、或いは製品検査工程の品質情報とリンクして一貫で評価する取組みも、昨今の情報システムの進化とともに急速に高度化しつつある。

今後とも国内他社、或いは海外の新興製鉄所に対して優位を維持するためには、製鋼各工程の品質作りこみ要素技術開発と一貫品質管理技術開発を継続していく必要がある。

2.3 自動化、要員効率化

生産効率化の流れの中で、1980～2000年代にかけて、自動化、要員合理化を精力的に進めてきた。この結果、製鋼工程では大幅な生産性向上を達成し、製鋼工場の従業員数も大幅に削減されている。現状の代表的な設備の運転要員数は転炉前吹錬者数で2.5～3人/炉、二次精錬は1～2人/設備、連铸機は3.5～4人/2ストランドCCと、設備創成期の1/2～1/3程度の要員数で生産できる体制を確立できており、世界トップの自動化・省力化技術と考えている(図2参照)²⁾。

転炉では、いち早く吹錬制御等のプロセスコンピューター導入を実施し、また、トービードカーからの受銑遠隔操作、転炉傾動等の自動化が進んだ。鍋整備作業は整備場に傾転台を導入し、鍋の移動を伴わず一箇所での全てのオンライン整備を可能化するなど自動化、効率化が進んだ。

連铸では、鑄込み作業において、モールド湯面レベル計

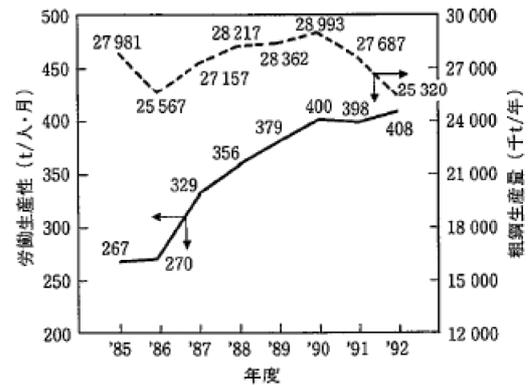


図2 製鋼工程の労働生産性推移²⁾

を使った自動注入システムが一般的となり、モールドパウダー自動投入もあわせて大幅に作業軽減された。また、溶鋼鍋からタンディッシュへの注入自動制御、鍋交換作業の負荷軽減対策なども同時に実用化した。従って、現時点では鑄造開始、終了などのピーク作業と、安定鑄造時の操業監視が主たる業務となっている。連铸機下流側のスラブ切断は、従来は連铸機の後段にカッター専用の運転室を設置していたが、自動切断の信頼性が向上したため、鑄込み操作室での集中監視が一般化した。これらの自動化は1990年代後半に概ね完成域に到達したが、その後の生産性向上対策の展開で労働生産性はさらに向上している。

2.4 環境対策・省エネルギー対策

製鋼工程は、過去の平炉時代には製鋼工場稼働の象徴として“七色の煙を棚引かせていた時代”もあった。ここ30年の間に、転炉排ガス処理回収系(OG設備など)、循環水による冷却システム、局所集塵設備は一般化した。都市近郊の製鉄所が多い中、更にきめ細かな外部に対する環境対策(降下煤塵、排気ガス、騒音など)を追加してきた。これらの検討にあたって、最近ではコンピューター解析を駆使して、最適な集塵設置位置や集塵設備能力検討に貢献している。

省エネルギーに関しては、1970～1980年代の石油危機の際にいち早く一貫エネルギー効率が優位な連铸法(Continuous Casting)を導入し、Ingot CastingからCC適用を拡大した。また、1980年代以降、加熱炉ホットチャージ(HCR: Hot Charged Rolling)拡大を志向し、無欠陥鑄片対策、熱間手入れ技術開発(熱間スカーフ、グラインダー手入れ)を進めるとともに、名古屋のキャリアパレット高温搬送などの省エネルギー技術が拡大した。室蘭ではNCR(Near Net Casting and Compact High Reduction)プロセス導入で大幅に省エネルギーを達成した。更に品位向上、余材削減など更なる効率化に向け、工程管理、品質管理部門を含めた多方面の取組みが期待される。

近年の省エネルギー、省CO₂ニーズの高まりに対応し、

転炉では、実用化済の転炉ガス（LDG）回収システムの、溶銑予備処理の展開に合わせた更にきめ細かな回収拡大や、転炉集塵系ボイラー部での蒸気回収設備が実機化され、粗鋼1トン当たり90kg程度の蒸気回収する転炉もあり、この回収蒸気は製鉄所内の蒸気ネットワークの中で活用されている。

省エネルギー、省資源関連の研究開発は、溶融還元、RHF-SMP（広畑）、電磁铸造（EMC）、ダストリサイクル、表層無欠陥铸片製造技術などに取組んできた。特に含Znダスト活用技術としてのRHF技術は広畑、君津で製鉄プロセスに組み込まれ省資源、省CO₂に貢献している。

製鋼スラグについては、土木工事用材、路盤材、セメント原料などに活用されてきたが、昨今の国内の需要環境の変化で販売が急減している。課題の膨脹、高pH水問題などのスラグ改質対策とスラグ販売先の開拓が急がれる。

3. 製鋼における各製造工程技術の変遷

3.1 溶銑予備処理

当社では、極低P鋼対応力強化、精錬効率化（脱P、脱S）によるコスト削減を狙い、溶銑予備処理にいち早く着目し、①混銑車（八幡、君津）、②溶銑鍋（大分）、③転炉（名古屋）を精錬容器として利用する3種類の方法にて、脱炭処理の前の溶銑段階で脱Si、脱S、脱Pを行う溶銑予備処理による分割精錬プロセスを1990年代までにそれぞれ実機化した。その後、各方式の効率比較がなされたが、フリーボードの有効性、増産時の生産性（処理時間短縮、HMR：Hot Metal Ratio、熱尤度：熱的余裕）、物流整流化（混銑車など）、スラグ排出量削減やふっ素レス化などの生産環境変化を経験する中、転炉方式に集約されてきた。

現在、全社の予備処理比率は100%を志向し、LD-ORP（LD converter - Optimized Refining Process）法とMURC（Multi-Refining Converter）法の2方式を、製造する鋼種の成分要求値などに合わせて使い分けて精錬の効率化を図っている。

1) 溶銑脱S

溶銑脱Sは、従来の予備処理法では同一容器内で脱Pとともに行えるように開発された。しかしながら、主要元素の中で唯一の還元精錬であり、トータルの精錬効率向上の観点から、酸化精錬である溶銑脱P前での処理へと再び工程を分離した。脱S法としては、高い脱S能を持つCaO-Mg系フラックスのインジェクション法の開発に加え、精錬効率の高い機械攪拌方式のKR（Kanbara Reactor）法も見直された。現在、わが社の製鋼工場では、その特性に基づき二種類の脱S方式から何れかを選択して実機化している。

2) 溶銑脱P

溶銑脱Pについても、精錬効率の向上や設備増強により大量処理を可能とし、処理比率を高めていった（図3）。従

来の混銑車を反応容器として使った予備処理法は、低りん低硫鋼の安定製造を可能にした反面、転炉脱炭工程における熱的尤度を奪い、スクラップ消費量に著しい制約を受けていた。そのため、フリーボードが大きく強攪拌下での高速脱P精錬が可能であるとともに、スクラップ溶解能力も高い、“転炉型の脱P処理法”が箇所既設設備のローカリティに応じた操業形態で開発され、当社各所に導入された。

名古屋製鋼工場では、稼働率の低かった旧一製鋼工場の転炉を使った、転炉方式予備処理：LD-ORP方式を1988年にいち早く導入した³⁾。この方式は、予備処理用転炉に溶銑を装入して、混銑車にはない大きなフリーボードを利用し、主に気酸を使って脱Si、脱P精錬を行った後、同じ炉内で底吹き脱Sを行い、スラグカットし、その後別の転炉に移し替えて再度脱炭精錬をするという方式で、溶銑移し替えを伴うが、CaO削減や歩留向上、転炉の安定高速処理を狙って全量適用を志向している。最近では、更なる脱P効率化を狙い、脱S工程を分離する精錬方式も実機化している。このLD-ORP方式は、名古屋での実施に加えて、君津、八幡でも極低P鋼の精錬用に活用されている。

またもう一つの方法として、当社は1基の転炉で脱Pと脱炭処理を、中間排滓を介して連続して行うMURC法を開発した⁴⁾。本プロセスは、転炉の持つ強攪拌と高速送酸機能を利用して高酸素ポテンシャル下で効率的な低塩基度脱Pを行うとともに、脱炭スラグは炉内に残したまま次チャージの脱P精錬を行うため、最小限の熱ロスで向流精錬が可能となり、スラグ量も大幅に低減可能である。しかし、同一転炉で予備処理と脱炭処理を連続して行うため、処理時間が長く、量産工場に適用するにはMURC処理時間の短縮が必須であったが、現状では1サイクルを35～37分程度で実施するレベルまで向上した。またこの方式は、一般鋼（極低P鋼を除く）精錬にはCaO削減、スラグ削減、熱尤度活用などにおいて効率的な製造方法であり、室蘭で開発した後、大分、君津、八幡などで広く適用されている。

現在の当社における主な一次精錬プロセスを図4に示すが、上記の様に、当社では転炉の長所を活用した予備処理が1990年代から急速に発達してきた結果、図3に示すとおり、TPC（混銑車）や、Ladle（溶銑鍋）を使った溶銑予

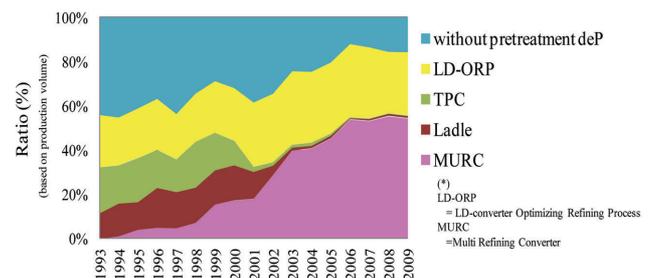


図3 溶銑処理率の推移

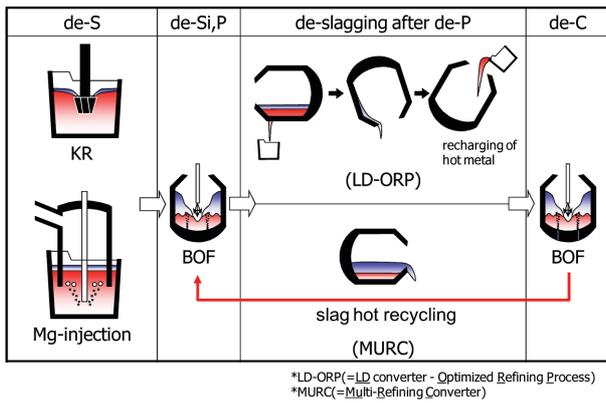


図4 新日本製鐵の主な一次精錬プロセス

備処理方法に代わって、LD-ORP法、MURC法の二つが処理比率を増しており、2013年には全社100%溶銑予備処理化と、これを活用した更なる精錬効率化を志向している。

3) 溶銑脱Si

高炉溶銑中のSi濃度の上昇は製鋼のCaO使用量増大によるコスト増や、排出スラグ量の増大などへの影響が大きい。大型高炉の操業安定低Si操業技術の進展と共に、一部の製鉄所では溶銑のトップカット脱Siにより、適度な溶銑Siレベルでの最適溶銑予備処理を志向している。今後、製鋼スラグ排出量の削減や、溶鋼歩留向上などを狙ってこの技術は各所で展開すると考えている。

3.2 転炉精錬

溶銑予備処理の適用拡大に伴い、脱炭精錬中心の転炉操業と合わせて、生産性を向上させるための高速処理技術が開発されてきた。スロッピングセンサーや排気ガス分析設備の設置と相俟って送酸速度を向上させ、転炉脱炭時間を最短9分まで短縮してきた。また、高速吹錬に伴い、ランス設計や送酸パターン(送酸量、ランス高さ設定など)の重要性が増した。特に、高速吹錬時の溶鋼歩留低下対策の一つとして、ダスト発生量の抑制が重要であり、超音速噴流の膨張特性を利用して噴流強度を制御したランスチップを設計、開発している(図5参照)。開発に当たっては、最近著しく進歩した数値計算技術を使って、噴流特性に大き

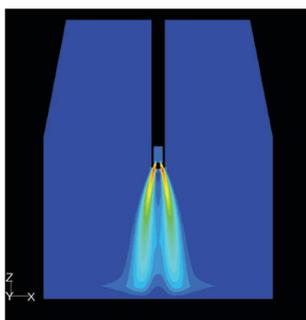


図5 上吹き噴流計算例

く影響する多孔からの噴流の合体挙動も精度良く予測でき、ランスの最適化に貢献している。

3.3 二次精錬

1) RH (Ruhrstahl-Heraeus), REDA (Revolutionary Degasing Activator)

当社においては、従来からの厚板向け溶鋼の脱水素処理ニーズに加えて、自動車用冷間圧延鋼板の連続焼鈍化に伴い、IF鋼など脱炭処理を必要とする鋼材が急増した。自動車向け鋼板の幅広化や、連続製造の高速製造化が進み、二次精錬処理時間の短縮が必須となり、脱炭速度向上のための技術改善が進んだ⁵⁾。二次精錬の方式は、脱ガス処理速度が速いRH、REDA方式の2種類に収斂しており、処理時間の短縮を狙って、浸漬管口径の拡大、還流ガス量のアップ、真空排気系の増強などの要素技術開発が図られた(表1参照)。特に、処理初期の真空到達速度短縮を図って、処理前に反応槽以外を事前に真空排気しておく方法:予備真空技術が採用されている。真空排気系も高性能ブラスター、エジェクターの導入、また高性能メカニカルポンプを組合わせた強力な真空系を有した新鋭RH設備が、名古屋(3RH)、君津(3RH)に導入され高速脱C、脱H処理を実現している⁶⁾。

また、処理中の昇温OB(酸素吹き)、真空槽の保温、脱S用粉体吹込みができるMFB(Multi Function Burner)や、RH-OB、RHインジェクションも設置している。

2) CAS (Composition Adjustment by Sealed argon bubbling), KIP (Kimitsu Injection Process)

従来の転炉出鋼後の鍋バブリングによる脱酸・成分調整処理に代わる簡易二次精錬方法としてCAS・KIP設備が普及し、脱ガスを要しない鋼種に適用されている。

3) LF (Ladle Furnace)

当社においては二次精錬の高速処理の観点から、一般鋼はLF設備に依らない製造方式であるが、極低酸素レベルを要求される鋼種や熱付加が避けられない棒鋼、線材、特殊鋼厚板、高炭鋼用にLF設備を有している。室蘭製鋼工場においては製造鋼種の特長から、全量LF処理をベースとした製造工程を実用化している。

表1 新日本製鐵の二次精錬設備の精錬機能⁴⁾

	RH			DH	CAS		KIP		LF
	RH-OB	RH-PB	RH-INJ		CAS-OB	CAS-OB-PI	KIP(PI)	V-KIP	
装置概要									
脱酸	○	○	○	○	○	○		○	○
脱炭	○	○	○	○				○	○
脱水素	○	○	○	○				○	○
脱硫		○	○			○	○	○	○
昇温	○	○	○		○	○			○
成分調整	○	○	○	○	○	○	○	○	○
渣浄化	○	○	○	○	○	○	○	○	○

3.4 連続鋳造

当社の連続鋳造工程においては、高品位鋳片の高生産性追求のため、各連鋳機において商品ニーズに応じた様々の最新技術開発、実機導入を進めてきた⁷⁾。高速鋳造（未凝固曲げ戻し）をベースに、連鋳での汚染防止、非金属介在物除去、表面疵の発生防止（非金属介在物、割れ）、中心偏析防止対策の諸対策を具備した大型連鋳機を複数持ち、特に、大分4 CC・5 CC、名古屋2 CCは40万t/月レベルの生産能力を有しており、また、君津6 CCでは厚板高級鋼対応を量産できるなど当社の連続鋳造は世界に誇る技術・操業レベルにある。

1) 連鋳の生産性向上

連鋳機の生産能力の決定因子は、平均鋳造速度と断面サイズと注入時間の積である。これまで、最高鋳造速度向上のため、垂直曲げ化改造などと合わせて機長延長を図ってきた。また、最大機長を有効に活用する技術として、鍋溶鋼温度管理技術の強化、TD（タンディッシュ）でのプラズマや誘導加熱による溶鋼温度一定化、非定常バルジング発生防止による湯面レベル安定化、鋳型のテーパ見直しによるモールド抜熱安定化などによって凝固の安定化を可能とした。

また、品質ネックで最大鋳造速度を規制している鋼種については、後述する表面疵対策、内部欠陥対策を鋼種ごとに進めるとともに、製造ロットも考慮しながら鋳造する連鋳の号機配分を考慮するなどきめ細かな対策を取ってきた。

さらに、ブレイクアウト、セグメント突発故障などの生産障害時間短縮についても現場の製造実力向上対策の一環として取り組み、大きな成果を挙げている。これらの努力の集大成として生産性が大幅に向上した。

2) 表面疵対策

連鋳起因の表面疵は、鋳片表層に補足された非金属介在物と、鋳片表層割れが主な原因である。

表面疵の原因となるスラブ表層非金属介在物の低減、表面割れの防止について長年にわたって様々な技術開発を進めてきた。表層非金属介在物の制御についてはモールド内湯流れ制御に着目して、鋳型内電磁攪拌（EMS）⁸⁾に加えて、モールド湯面レベル制御技術の向上、パウダー技術の向上、浸漬ノズルなどの注入系の詰り防止などの総合的な制御技術が重要であった（図6参照）。

モールド内の湯流れ制御については、Fluentを用いたモールド内湯流れ数値シミュレーションを応用し、ノズル設計、電磁攪拌などの制御設備技術をモールド周辺に導入し主要連鋳機に導入した。

さらに、高度な電磁場解析と流動解析を駆使することにより、表層非金属介在物と表面割れの低減を同時に達成するための新たな電磁ツール⁹⁾の開発が可能となり、電磁鋳造技術（EMS）の開発¹⁰⁾も進められ、主力連鋳機に実機導

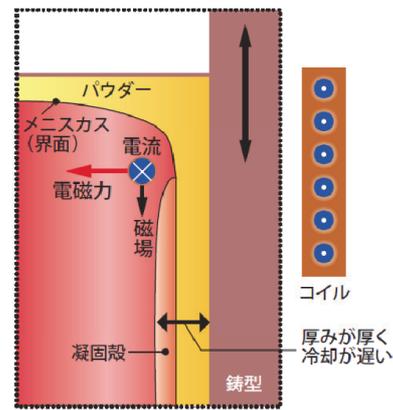


図6 電磁鋳造の説明図
（出典：NIPPON STEEL MONTHLY 2004年8・9月号）

入した（図7参照）。

3) 内部欠陥対策

鋳片の内部欠陥は、連鋳鋳片の内部に補足される非金属介在物やArガス泡、引け巣などが原因である。

IF鋼特有のブローホール防止対策のため、鋳造速度1.3m/minを超える社内主要スラブ連鋳機は全て垂直曲げ型になった。君津2 CC・3 CCは新設当時から垂直曲げタイプであったが、名古屋、大分、八幡のIF鋼鋳造用湾曲型連鋳機は、連鋳機上部を垂直曲げ型に改造した。さらに、一部の製鉄所では鋳型内の下降流速を低減するために電磁ブレーキが導入された。これは、非金属介在物の浮上のみならず異鋼種連続連続鋳造での成分混合長さの低減にも寄与している。

図8に示す名古屋の連鋳機では、H型タンディッシュを用いた連続鋳造設備を有しており、継目なし操業、タンディッシュ内での非金属介在物の浮上促進に寄与している¹¹⁾。

さらに、全社的な鋳造スループット拡大の中、各所ともタンディッシュ内での非金属介在物浮上時間確保や、注入流のショートパス回避を狙って、計算機シミュレーションを用いたタンディッシュの設計見直しが進められており、タンディッシュ容量の拡大、形状の最適化を進めている。

4) 中心偏析対策

厚板・鋼管向け鋼板の中心偏析対策は、連鋳機端の最終凝固部軽圧下を狙って、CORD（CC Optimum Reduction by

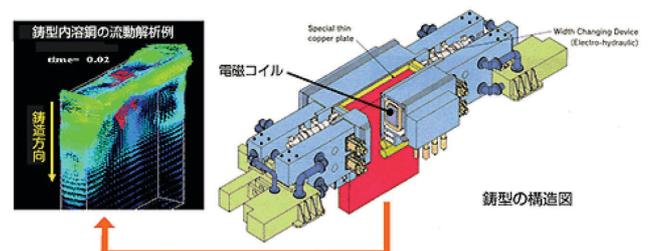


図7 モールド設備と鋳型内流動解析例

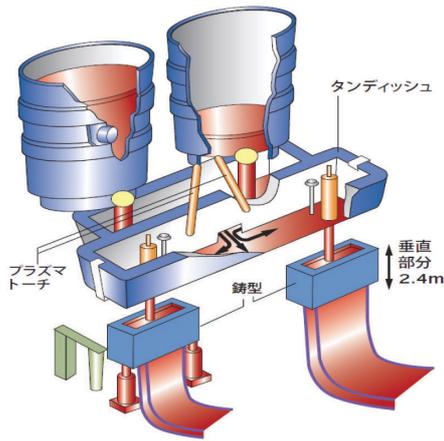


図8 名古屋2CCの設備構成
(出典:NIPPON STEEL MONTHLY 2004年7月号)

Divided roll) 等の稠密分割ロールやSEFT (Segregation Free Technology) などの面圧下での軽圧下技術による偏析改善技術¹²⁾を経て、君津の6CCにその技術を結集し偏析対策に優れた連铸機を実機化した。UOパイプ材、海洋構造物材などの中心偏析厳格材の量産製造に寄与している。棒線向けの中心偏析対策は、電磁攪拌による凝固組織の等軸晶化とディスクロールによる軽圧下である。

5) オキサイドメタラジー

有害な非金属介在物は除去する一方、微小非金属介在物を有効利用するオキサイドメタラジーを開発した¹³⁾。紙面の都合があり、詳細は省略するが、最近、数10nmの酸化物、硫化物を分散させる技術を商用化して鋼材の付加価値をあげている¹⁴⁾。

3.5 IC造塊法による鑄造

大単重材、鍛造指定特殊厚板の製造方法として、名古屋製鋼で最後まで残っていたインゴット造塊法による鑄造は、連铸化拡大により2008年3月をもってその役割を終えた。この結果、当社はオール連铸化100%を実現した。

3.6 鋼片・スラブ精整

製鋼工程で製造するスラブの表面手入れは、主としてマシンカーファーによる全面溶削と部分手入れの組み合わせで実施している。一部の製鋼工場ではHCRのために熱間グラインダーで処理をしている。IF鋼や割れやすいハイエンド材の量拡大とともに手入れ比率は増加傾向にある。表面疵防止のため、モールド内初期凝固改善(モールド振動最適化、パウダー)、連铸機内の二次冷却高機能化が課題である。

4. まとめ

ここ30年あまりの製鋼技術の変遷と発展についてその概要を述べた。今後、新興国とのコスト競争は激化することが予想され、これまで進めてきた顧客のニーズ実現をベースに、高品質の鋼片を安価に供給する努力を継続する。

参考文献

- 1) 勝山憲夫 ほか:材料とプロセス. s983, 333 (1981)
- 2) 藤井博務:新日鉄技報. (351), 70 (1994)
- 3) Katou, I., Kojima, M., Kojima, K., Akabayashi, Y., Nakamura, Y., Onoyama, S.: CAMP-ISIJ. 4, 1153 (1991)
- 4) 小川雄司 ほか:鉄と鋼. 87 (1), 21 (2001)
- 5) 矢野正孝 ほか:新日鉄技報. (351), 15 (1994)
- 6) 遠藤公一:新日鉄技報. (351), 3 (1994)
- 7) 木村秀明 ほか:新日鉄技報. (351), 59 (1995)
- 8) 中島潤二 ほか:新日鉄技報. (376), 579 (2002)
- 9) 竹内栄一 ほか:新日鉄技報. (351), 27 (1994)
- 10) 谷雅弘 ほか:材料とプロセス. 20, 830 (2007)
- 11) 木村秀明 ほか:新日鉄技報. (351), 21 (1994)
- 12) 松崎孝文 ほか:CAMP-ISIJ. 2, 1150 (1989)
- 13) 萩林成章:新日鉄技報. (351), 64 (1994)
- 14) 児島明彦 ほか:新日鉄技報. (380), 1 (2004)



岩崎正樹 Masaki IWASAKI
製鋼技術部長
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



松尾充高 Michitaka MATSUO
プロセス研究開発センター
製鋼研究開発部長 工博