



日本鉄鋼業における独自技術の開発と現在-18

タンディッシュ熱間繰り返し使用による高能率連続铸造プロセスの開発

Development of Sophisticated Super-Efficient Continuous Casting Processes with Hot-cycle Operation of the Tundish

上田 輝

Hikaru Ueta

(株)神戸製鋼所 鉄鋼部門 加古川製鉄所
製鋼部製鋼技術管理室 主任部員

現 神戸製鉄所 製鋼技術室長

1 はじめに

1989年6月、(株)神戸製鋼所加古川製鉄所の連続工場、世界に先駆けてタンディッシュ(以下、TD)熱間繰り返し使用技術を適用した高能率連続铸造プロセス「第4号連続1ストランド設備(以下、4-1CC)」が稼働した。

当時、日本鉄鋼業は汎用鋼の大量生産から高級鋼の小ロット多品種材の生産へと大きく方向転換する時期にあった。オーダー当たりの受注量は年々低下し、本来生産性とコストに優れる連続铸造プロセスは、同一TDの連々鑄数が減少し生産性低下とともにTD耐火物のコストアップが顕著になった。同時に鑄造初期および末期の非定常部鑄片の増加により、大量生産を目的とした2ストランド方式の連続铸造プロセスでは、小ロット材を鑄造した場合の歩留低下も深刻な問題となった。

そこで各社で操業および設備改善が精力的に進められ、TD熱間再使用法等が実用化された。これらの適用によって生産性と耐火物コストは改善されたが数回程度の再使用が限界であったため、小ロット材の鑄造における課題の抜本的なブレイクスルーには至らなかった。

こうした背景の下、(株)神戸製鋼所加古川製鉄所では小ロット材の鑄造においても低コスト、高歩留、高品質、高生産性を可能とする新しいコンセプトに基いた高能率連続铸造プロセスの開発に取り組み、1989年6月に4-1CC、1992年1月に4-2CC(第4号連続2ストランド設備)を設置した¹⁻⁷⁾。

本報では、TD熱間繰り返し使用を適用した高能率連続铸造プロセスを実現可能にした主要な技術開発について紹介する。

2 高能率連続铸造プロセスの基本構想と開発目標

図1に本プロセスを実現するために4-1CCで開発した主要技術を示す。当初、新プロセスを実現するに当たり基本コンセプトの構築に検討を重ね、図2に示すコンセプトを設定した。本プロセスの中心に、1基のTDを熱間で1ヶ月以上にわたって繰り返し使用するという、従来の連続铸造プロセスの枠を超えた革新的なTD熱間繰り返し使用技術を位置付けた。図3に(株)神戸製鋼所が実用化したTD熱間繰り返し使用の操業フローを示す。本プロセスではオンラインに1基のTDを有し、鑄造終了後速やかにTDを傾動して内部の残鋼滓を排出した後、鑄造要員がオンラインでTDのスライディングノズルの耐火物のみ整備して速やかに次の鑄造を開始する。本技術を適用することによってオフラインのTD整備工程を省略し、小ロット材の鑄造においても耐火物コストを大幅に削減することが可能となる。さらに1ストランドの連続铸造機本体と組み合わせることによって、高歩留を確保できるよう効率化を追求した。

しかし本プロセスを実現するには、当時の連続铸造法の常識を超える多くの課題があった。中でもTD熱間繰り返し使用については、前キャストのTD内残鋼滓によって次キャストの溶鋼が汚染されるため鑄片品質が著しく劣化することが懸念された。この難題に対して、我々は既設の連続铸造プロセスの経験から以下のように考えた。

- ①常にTDを熱間状態で鑄造開始することによって鑄造初期のTD内の溶鋼温度降下が抑制され、かつ早期に定常温度に到達することが介在物の浮上分離を促進する。
- ②鑄造終了後の排滓を可能な限り完全に行いTD内の残留物をミニマム化し、かつ次回の鑄造開始前にTD内で一定時間溶鋼を保持したあとで鑄造を開始することによって、ボトム部の品質劣化を抑制できる。

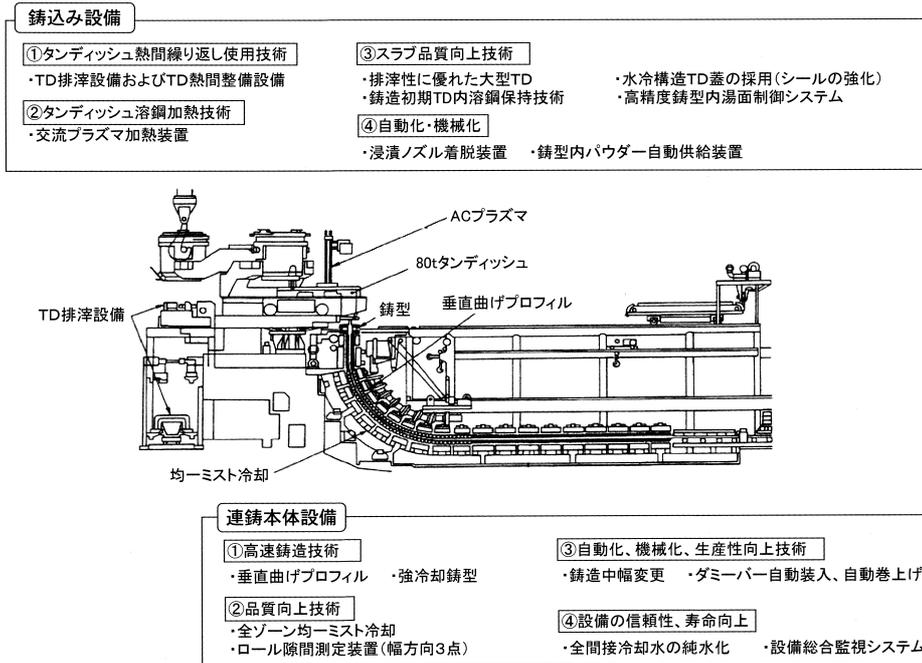


図1 第4号連鑄1ストランド設備の主要開発項目

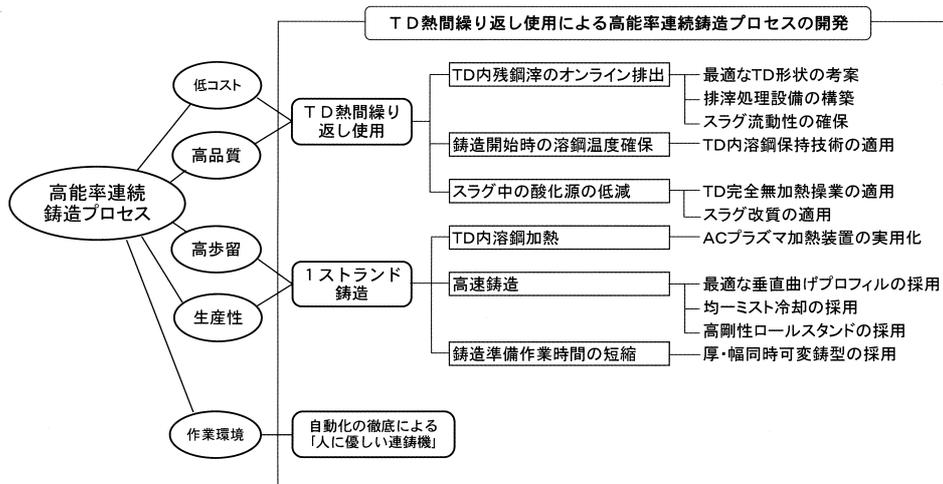


図2 高能率連続鑄造プロセスの開発コンセプト

ここで①については、既設第3号スラブ連鑄機(以下、3CC)での調査結果から、鑄造開始時のTD内溶鋼温度の上昇によって鑄片の介在物が減少することを確認した。また②についても既設3CCで、TDスライディングノズルからArガスを吹き込み、鑄造開始前にTD内に溶鋼を保持してから鑄造を開始することで鑄造初期の鑄片内介在物を軽減できることを確認した⁸⁾。

以上の既設3CCにおける基礎調査をベースに、TD熱間繰り返し使用技術の実用化に向けて、優れた排滓性を有し、かつ介在物の浮上分離に適したTD形状の検討と、最適なTD内溶鋼保持技術の開発に1986年6月から着手した。

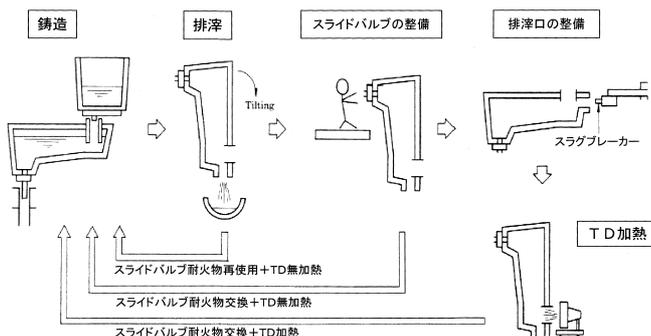


図3 タンディッシュ熱間繰り返し使用の作業フロー

一方1ストランドマシンの採用については、鋳造時間の延長に伴うTD内溶鋼温度の低下によって、介在物の増加および操業トラブルの誘発が懸念された。そこで長時間にわたり一定温度で鋳造するために、密閉型TDの採用とともにTD内溶鋼加熱技術の適用を決定した。

更に1ストランドマシンでの高生産性を追求するために、高速鋳造技術に取り組むとともに小ロット材の鋳造によって増加する鋳造準備作業時間を短縮する操業改善にも取り組んだ。

3 TD熱間繰り返し使用技術の開発

3.1 TD形状の決定

TD熱間繰り返し使用を実現する上で最大の課題は、鋳造終了直後にTD内の残鋼滓を可能な限り完全に排出することであった。本プロセスのTDには本来の介在物浮上分離機能だけでなく優れた排滓性も兼備しなければならない。我々はこの両機能を満たす新しいタイプのTD形状を考案するために、基礎検討、水モデルテストおよび数値解析を繰り返し実施し、熱間繰り返し使用に供するTDとして図4に示す大型かつ極めてシンプルな構造を選定した。

ここでTD形状の基本条件〔長さ(D)と溶鋼深さ(H₀)の比〕を決定するに当たり、介在物の浮上時間と溶鋼加熱時の温度均一性の両面から検討を加えた。介在物の浮上分離時間についてはストークスの式を用いて計算し、溶鋼温度の均一性については1/3サイズの水モデル実験によって確認した。その結果、TD内溶鋼温度のばらつきが小さく、かつ介在物の浮上時間が短い理想的な形状を決定し、当条件を満たす最適な長さ(D)と溶鋼深さ(H₀)の比率を基本条件とした。ここでTDの基本形状は、優れた排滓性を確保する観点からシンプルな舟型を採用した。

ここで介在物の浮上分離効果と排滓性を両立するに当たり、従来のTDで使用されてきた堰の要否が問題となった。

介在物の浮上分離に対しては堰の使用が有効であるが、排滓性を確保するには堰が障害となった。そこで、まず堰の要否を決めるポイントとして、TD内の溶鋼流動の起点となる取鍋からの溶鋼注入方法について検討した。既設3CCに適用していたロングノズル方式では溶鋼のインプット時の流速が早く、本TDに適用した場合は短時間でTDのノズルからアウトプットされる流れが形成されるため、最適な溶鋼流動を確保するために堰が必要である。そこで注入流を整流化し、TD内の溶鋼流動を理想的なピストンフローに近づける注入方法としてシールパイプ方式に着目し、堰の省略について水モデルで検証するとともに数値解析を実施した。図5に本TDでの溶鋼流動解析の一例として、TD内の堰の有無による直径20 μmの介在物の軌跡を示す。本TDでは堰を省略してもピストンフローに近い流れが形成されることによって介在物の流出が抑制されることが判った。これは取鍋注入流の整流化とともに溶鋼バスが深く(2 m)、取鍋注入位置とTDノズル間に大きな高低差を採り、かつその距離を長く(5.5 m)採ったことによって十分な溶鋼滞留時間を確保でき、さらに強い底流(ショートパス)を防止したことによると推定した。以上の検討結果から熱間繰り返しに供するTDは、堰を設置せずに優れた介在物浮上分離機能と排滓性を有するシンプルな形状に決定した⁹⁻¹³⁾。

3.2 鋳造開始前のTD内溶鋼保持技術の開発

前述したように本プロセスを実現するには、前キャストの残鋼滓を完全に排出するとともにTD内残留物を鋳造開始前に浮上分離しなければならない。そこで鋳造開始前の最適なTD内溶鋼保持技術を開発するためにTDを1基先行して製作し、造塊注入場で実溶鋼を使った本格的な溶鋼保持実験を実施した。

TD内で溶鋼を保持する方法として、既設3CCの基礎実験

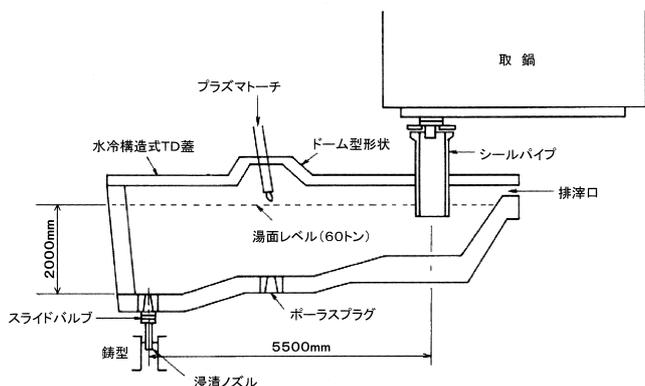


図4 4-1CCのタンディッシュ形状と周辺設備との取り合い

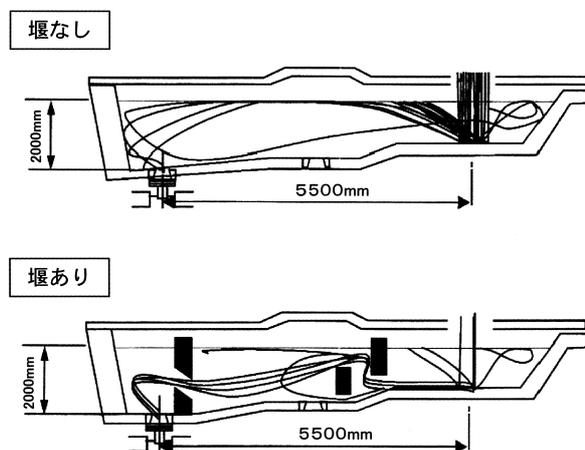


図5 タンディッシュ内溶鋼流動解析の一例(介在物の直径20 μm)

で良好な性能が確認された溶鋼保持方法を採用した。当方式はTD内に溶鋼を溜めながらスライディングノズルからArガスを吹き込むことによってノズル内の溶鋼の凝固を防止し、一定量の溶鋼を保持したあとスライディングノズルを開いて自然流出させるもので、当技術に更なる改良を加えてより確実な溶鋼保持技術を開発した。その結果、鑄造開始前にTD内に80トンの溶鋼を10分以上にわたって保持したあと、スライディングノズルを開いて溶鋼を自然流出させることに成功するとともに、本技術による介在物低減効果も確認し、実用化に向けてのノウハウを蓄積した。

3.3 TD熱間繰返し使用技術の確立

以上の事前検討を基に(株)神戸製鋼所加古川製鉄所では、世界に先駆けてTD熱間繰返し使用を有する高能率連続鑄造プロセスとして2基の連続鑄造プロセスを稼働させた。これら2基の連続鑄造プロセスで操業技術の確立に取り組み、TD熱間繰返し使用技術の完全実用化に成功した。以下に当技術を確立するまでの経緯について述べる。

(1) TD排滓性の向上

4-1CCおよび4-2CCではホットランからTD熱間繰返し使用技術を適用した。当初の基本構想に従ってTDの排滓を徹底するとともに、鑄造前溶鋼保持技術によってTD内残鋼滓の影響をミニマム化することに努めた。

しかし稼働当初、TD内スラグの組成コントロールが不適切であったため、スラグの流動性が悪くなりTD内耐火物に付着するとともに、排滓口が閉塞するという重大な問題が発生した。この結果TD内の残鋼滓量が増加し、次キャストの鑄造初期の介在物が増加した。通常、TD内スラグは脱酸生成物や耐火物からの溶出物、取鍋充填砂および取鍋流出スラグ等からなり、 Al_2O_3 および SiO_2 を主成分とし融点が非常に高い。そこでTD内へ適正なフラックスを添加して、スラグを低融点化することによって排滓性を向上し、鑄造初期の介在物は著しく低減できた^{14, 15)}。

(2) TD内スラグの生成起源の調査

TDを熱間で繰返して使用する限り前キャストのTD内残鋼滓量をゼロにすることはできない。しかし自動車外板用鋼材等に要求される厳しい介在物基準を安定して達成するためには、TD内の残鋼滓を可能な限り無害化しなければならない。そこでTD熱間繰返し使用におけるTD内残鋼滓の影響を明確にするため、トレーサーを用いてスラグの挙動を調査した。TD内の浮遊スラグの量を求めるためにトレーサーとして取鍋スラグ内にSrを30kg、鑄造開始時にTD内へBaを5kg添加した後、鑄造開始前の溶鋼保持中、および鑄造中の浮遊スラグを採取してその組成を分析し、浮遊スラグの起源を推定した。投入したSrおよびBaは全てスラグ中

にあると仮定し、TDスラグ総量はBa濃度から算出し、取鍋スラグ量は取鍋スラグおよびTDスラグ中のSr濃度とTDスラグ総量から求めた。

図6に鑄造中のTD内のスラグ量の推移を示す。スラグの内訳としては、残留付着物、生成アルミナ、添加フラックス、取鍋からの混入スラグ等が挙げられる。同図に示すように、鑄造開始後約30分間は生成アルミナおよび残留物が浮上するため全スラグ量は増加するが、30分後以降はスラグ量は安定し、1基目の取鍋の注入終了時に取鍋からのスラグの流出により、全スラグ量は再び増加する。これ以降のスラグ量の増加は、取鍋から流出したスラグのみであることから、TD耐火物の付着物の剥離および反応は鑄造開始後30分以内で完了すると推定した¹⁶⁾。

本調査結果からTD熱間繰返し使用下で高品質鋼を製造するためには、TD内残鋼滓量の低減以外に以下の開発を必要とした。

- ①鑄造開始前溶鋼保持技術における最適な保持時間の確保
- ②TD内付着スラグ中の再酸化源の低減
- (3) 鑄造開始前溶鋼保持技術における適切な溶鋼保持時間の確保

図6に示したようにTD内浮遊スラグ量は鑄造開始直後の10分間に著しく変化しており、この間にTD内付着物の剥離および反応が急速に進行する。従って、鑄造開始前の溶鋼保持時間を十分に確保することが必要である。図7に示すようにTD内溶鋼保持時間を5分から10分に延長することによって、介在物量は著しく改善されることを確認した。TD内溶鋼保持時間をさらに延長することによって介在物低減効果を期待できるが、実操業では生産性も考慮して、TD内溶鋼保持時間は10分間に設定した。

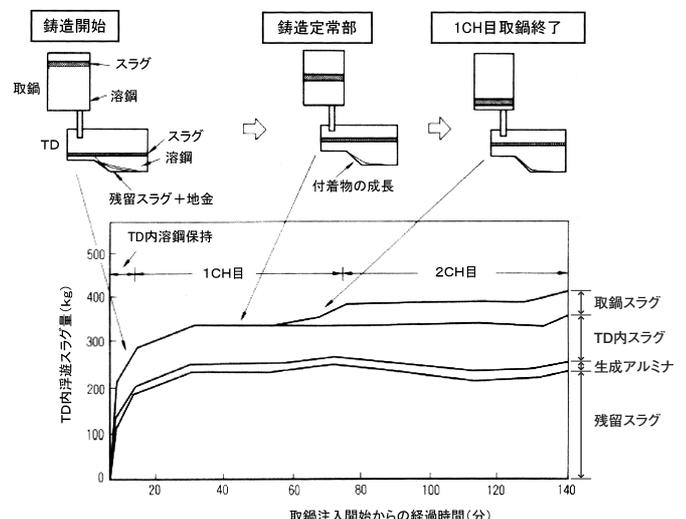


図6 鑄造中のタンディッシュ内スラグ量の推移

(4) TD内浮遊スラグ中の再酸化源の低減

次に、鋳造中のTD内浮遊スラグの影響について調査した。一般にTD内スラグ中の(FeO) + (MnO)濃度が高い場合、溶鋼が再酸化されることによってアルミナが生成されて介在物が増加する。従ってTD耐火物の表層付着物による溶鋼酸化が終了した後も、浮遊スラグ中の(FeO) + (MnO)濃度が高い場合は溶鋼酸化が継続するため、これらの酸化物を徹底的に低減する必要がある。この生成起源は主として鋳造間の準備作業中におけるTD内残鋼の酸化であり、その生成量は鋳造準備作業中のTD加熱の影響が大きいと考えた。ガスバーナーで加熱した場合、雰囲気中の酸素分圧(P_{O2})は鋳造終了から鋳造開始まで0.21atmであるのに対して、バーナーで加熱しない場合、P_{O2}は0.09atmに低下した。バーナー加熱の有無により酸素分圧および地金の酸化時間に大きな差が生じており、TD熱間繰り返し使用ではバーナー加熱を省略したTD無加熱操業が高品質鋼を製造する上で必須であることを確認した¹⁶⁾。

以上の知見を基に、1基のTDのメリットを最大限に生かして究極の熱間繰り返し使用技術を確認するため、直ちにTD無加熱操業の実用化に取り組んだ。それまでTDの加熱は鋳造前溶鋼保持操業を成功させるために、交換したスライディングノズルの煉瓦の加熱を目的に実施してきた。TD無加熱操業を工程化するためには、煉瓦の温度を補償する必要がある。そこで、煉瓦の寿命を向上して再使用することによってTD加熱を省略し、更に煉瓦を交換する場合についても事前に加熱する方法を開発することによってTD加熱を省略した。このようにして鋳造初期溶鋼保持技術の成功率を低下させることなくTD無加熱操業が可能となり、図8に示すように鋳片の介在物量は大きく改善され、鋳造開始から終了まで低位に安定した¹⁷⁾。

なお更に介在物を低位安定化するにはTD無加熱操業に加えてスラグ中の(FeO) + (MnO)濃度を低減することが有効である。TD内スラグ中に金属Al入りのフラックスを添加してスラグ改質を行った結果、図9に示すようにTD無加熱操業から更に(FeO) + (MnO)濃度が低下し、介在物は減少した¹⁸⁾。

以上の各操業条件で薄板向けスラブを鋳造した場合の薄板製品でのスリバー疵発生指数を図10に示す。TD熱間繰り返し使用技術のメリットを最大限に発揮することによって高品質鋼の鋳造が可能となり、本法を新しい連続鋳造技術として確立することができた。現在、両連鋳機とも自動車外板等に代表される高級鋼をはじめ高品質鋼を安定して鋳造している。

3.4 考察 (TD熱間繰り返し使用における品質向上のメカニズム)

当初、TD熱間繰り返し使用において懸念された前キャストの残鋼滓の介在物に及ぼす影響に対し、各種技術を開発し

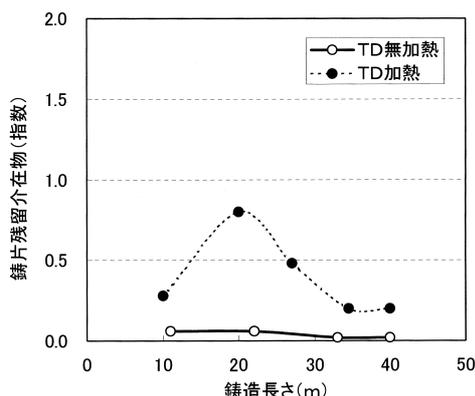


図8 タンディッシュ無加熱操業による介在物低減効果

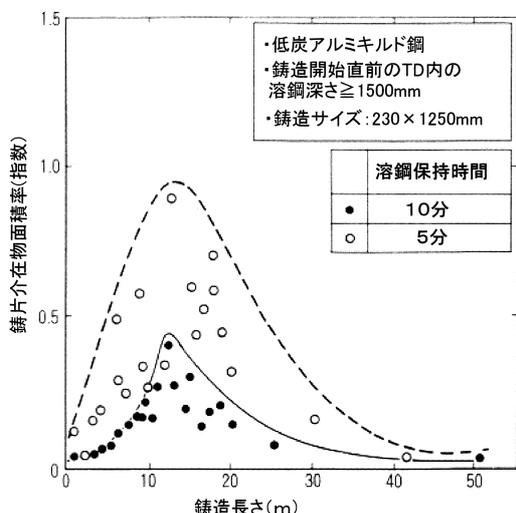


図7 鋳造開始前のタンディッシュ内溶鋼保持時間と鋳片介在物レベル

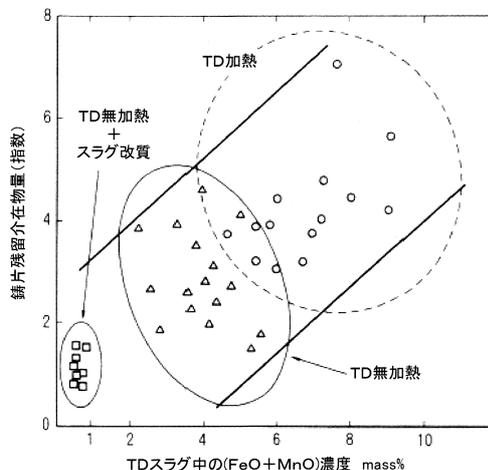


図9 タンディッシュスラグ中の低級酸化物濃度と鋳片残留介在物の関係

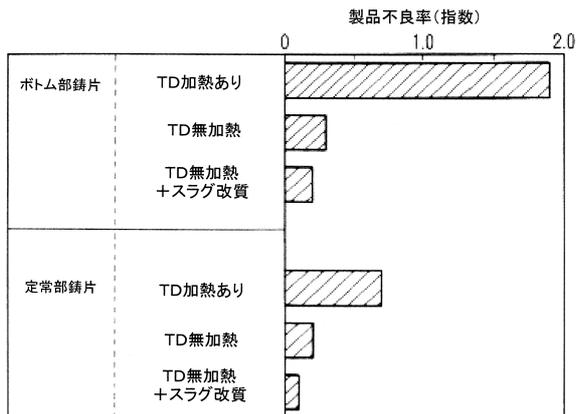


図10 製品不良率の低減効果

たことによって高品質鋼の製造が可能となり、当初懸念した課題を一掃した。そこでTD熱間繰返し使用における高品質鋼の製造を可能としたメカニズムについて以下の通り考えた。

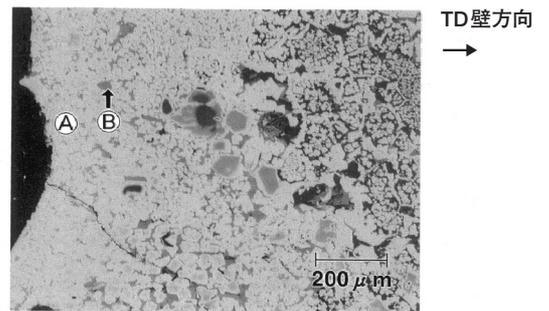
(1) 鑄造初期の溶鋼温度を高温に保持できることによる効果

TD熱間繰返し使用における高品質鋼の製造を可能とした要因として、本技術を考案する原点となった鑄造初期の溶鋼温度の上昇による効果が挙げられる。前述したように、鑄造初期の溶鋼過熱度(以下、 ΔT)は品質に著しく影響を与え、 ΔT が増加するにつれて介在物の浮上分離が促進される。また、当初予想したように、TD熱間繰返し使用下では、鑄造開始直後の温度降下が抑制されるとともに、定常温度へ早期に到達することも介在物低減に大きく寄与している。

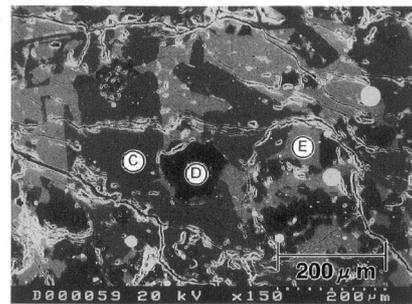
(2) 鑄造初期におけるTD内付着物の浮上分離の効果

続いて図11にTD熱間繰返し使用後にTD底部から採取した耐火物の表層と内部層の組成の分析結果とマイクロ組織の調査結果を示す。TD熱間繰返し使用時の耐火物表層は、同図のAに示すようにFeO濃度の高い組織があるが、内部層の組織のFeO濃度は低くなっている。これはTD熱間繰返し使用において、TDを多数回使用してもTD内煉瓦に酸化物が蓄積されていないことを表している。

当調査結果と前述のトレーサーによるTD内スラグの挙動調査(図6)から、鑄造初期のTD内付着物の挙動を以下のように考えた。まず鑄造開始前の溶鋼保持中にTD内の付着物の浮上、およびアルミナの生成が起こる。トレーサー添加実験では、鑄造開始から30分間で付着物の浮上および溶鋼の酸化が完了していること、および耐火物の内部層のFeO濃度が低くなっていることから、注入開始から30分後には付着物の剥離および溶鋼の再酸化は終了すると推定される。これらの付着物が溶鋼に与える影響は、鑄造の初期に限定され、鑄造初期の溶鋼保持技術はTD熱間繰返し使用において重要な技術である。この結果、多数回の熱間繰返し使用にお



(a)TD内壁付着物の表層部組織



(b)TD内壁付着物の内部組織

付着物の組成(%)						
サンプル	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	FeO
A	24.1	0.4	0.2	19.0	4.4	50.3
B	19.6	36.2	34.6	3.9	0.0	4.9
C	76.4	0.0	23.6	0.0	0.0	0.09
D	59.2	0.0	0.0	35.2	3.8	1.9
E	47.5	5.7	46.8	0.0	0.0	0.03

図11 タンディッシュ内壁の付着物の調査結果

いても安定した高品質スラブを製造できるのである。

(3) TD無加熱操業による酸化物の生成防止

次に、TD無加熱操業による酸化物の生成防止効果を定量化するために図12に示す実験を行った。酸素濃度および加熱時間による地金酸化量を比較するために、低炭素鋼のサンプルを加熱炉内に装入し、TD熱間繰返し使用時の平均的な温度(1350℃)に加熱した。炉内雰囲気はTD加熱操業とTD無加熱操業における鑄造準備中の酸素濃度に設定した。その結果、酸素濃度の差により地金の酸化速度は大きく異なり、酸化物発生量は実操業におけるTD加熱操業と無加熱操業におけるTD内浮遊スラグ中の(FeO)+(MnO)濃度とほぼ一致していることを確認した。こうしてTD無加熱操業を高品質鋼を製造する上で不可欠な操業技術として位置付けてTD無加熱操業の適用拡大に取り組み、現在は最長120分の準備時間まで無加熱操業を実施しており、連鑄機の定期修理やトラブル発生時を除いて完全無加熱操業を工程化している¹⁹⁾。

以上述べたようにTD熱間繰返し使用では、前キャストのTD内の残鋼滓量をミニマム化し、かつTD内残留地金の酸化を徹底的に防止し、付着物を鑄造初期の十分な溶鋼保持時間中に速やかに浮上分するとともに、鑄造開始後のTD内溶鋼を高温に維持することによって介在物の浮上分離が促進

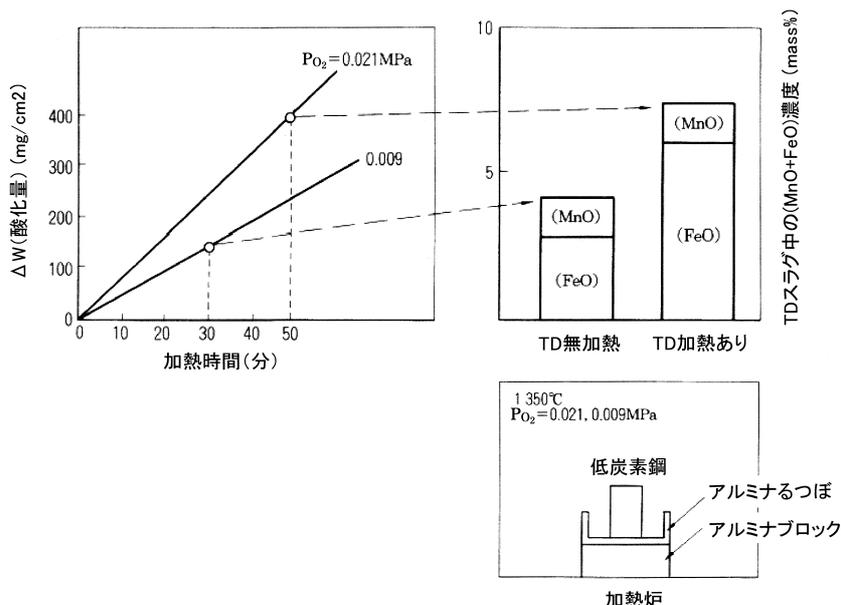


図12 タンディッシュ内付着地金の酸化とスラグ中酸化物

され、良好な品質を確保できる。我々は1基のTDによる熱間繰り返し使用技術の開発に取り組み、このメリットを最大限に発揮した画期的な連続鋳造技術として確立した。

なお当技術の確立により、両連鋳機ともTDの煉瓦寿命は稼働当初より大きく向上しており、現在さらに寿命延長をめざして改善に取り組んでいる。

4 1ストランド鋳造技術の開発

1ストランド鋳造における最大の課題は、長時間の鋳造時間に伴う溶鋼温度の低下、鋳造時間の延長に伴う生産性の低下であった。これらの課題に対して、TD内溶鋼加熱技術や高速鋳造技術の開発に取り組むとともに鋳造準備時間の短縮に努めた。

4.1 交流プラズマ溶鋼加熱技術の開発

当時、既にTD内溶鋼加熱技術としてプラズマ加熱、誘導加熱などが実用化されていたが、我々はTD熱間繰り返し使用を前提として設備の構造がシンプルな交流プラズマ加熱方式を検討した。本方式はアークの安定性が危惧されることから当時は世界中で稼働事例がほとんどなく、唯一ドイツのクルップ社で大容量の交流プラズマ加熱技術の開発が進められている程度であった。我々はTDおよび周辺設備がシンプルな単相交流プラズマ方式に着目し、クルップ社の2.4 MW級単相交流プラズマ加熱設備を世界で初めて導入した。

なお、TD内の溶鋼を効率良く加熱するには、溶鋼への着熱効率の向上と溶鋼温度の均一化が重要である。効率的なプラズマ加熱を実現するために、水モデルを使って加熱装置周

辺の最適な構造について検討し、図4に示したように加熱時の熱輻射を有効活用できるドーム型のTD蓋を採用するとともに、プラズマ加熱エリアの底部からArガスで溶鋼を攪拌できる構造とした。

また前述したTD内溶鋼保持技術と同様に、造塊工場で実溶鋼を使った本格的なプラズマ加熱実験を実施して大容量化を達成するための適正な雰囲気ガス組成、トーチ形状等の諸条件を確認し、溶鋼温度を一定に維持できる操業技術を確立した。

実機へ適用直後、アークがTD内の雰囲気ガス組成の影響を受けやすい上に、過酷な使用条件等により出力不足や電極寿命の低下など諸問題が生じたが、雰囲気ガスのコントロールやトーチ先端部の改善等によって安定使用を可能としてきた。本技術の適用によって溶鋼温度の変動を抑制し、操業と品質の安定を実現している²⁰⁻²²⁾。

4.2 準備時間の短縮

前述したようにTD熱間無加熱操業を完全に適用することによって鋳造準備作業時間は半減した。一方で厚板専用連鋳機である4-2CCでは、製品に応じて鋳型の幅だけでなく厚みも230 mmと280 mmの2種類変更する必要があるため、従来は3CCで鋳型交換に約90分を要していた。そこで鋳型交換せずに厚みと幅を同時に変更可能な厚幅可変鋳型を開発することで準備時間を短縮し、TD無加熱操業の完全適用を可能にした。また、鋳型サイズを短時間で容易に変更可能にしたことで、圧延工程の要求に応じて様々な鋳型サイズの小ロット材を納期に応じて整然と鋳造できる高能率の生産体制も実現した⁵⁾。

5 おわりに

(株)神戸製鋼所は1980年代後半に、小ロット、多品種材の casting ニーズに対して、高品質、低コスト、高歩留、かつ少数要員で casting できる高能率連続 casting プロセスの開発に取り組んだ。それは当時の連続 casting の常識を覆す挑戦であり、度重なる無理難題に直面しながら着実に技術を蓄積してきた。その結果、1基の TD を1ヶ月以上にわたって熱間で繰り返し使用するという従来の概念を超えた画期的な TD 熱間繰り返し使用技術を世界に先駆けて実用化するとともに、安定した1ストランド casting と組み合わせることによって品質、経済性および生産性に優れた高能率連続 casting プロセスを実現した。現在、本成果は当社加古川製鉄所の4-1CCおよび4-2CCに適用され、当社の鋼材生産の中核を担っている。

当社は今回紹介した高能率連続 casting プロセスの開発によって、1995年に第42回大河内記念生産賞を頂いた。受賞に恥じないよう今後も品質、コスト、生産性の向上に取り組み、更なる高能率化の追究に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 副島利行, 斎藤忠, 松尾勝良, 安井強, 横山秀樹, 藤本英明: CAMP-ISIJ, 2 (1989), 1211.
- 2) H. Fujimoto, T. Saito, K. Ebato, T. Yasui, K. Matsuo and M. Izutani: Proceedings of Sixth International Iron & Steel Congress, ISIJ, Nagoya, 3 (1990), 432.
- 3) T. Ishikura, T. Saito, T. Yasui, K. Matsuo, H. Yokoyama and H. Fujimoto: 1990 AIME 9th Process Technology Conference, Detroit, USA, (1990), 115.
- 4) M. Maeda, T. Saito, K. Ebato, K. Matsuo and H. Fujimoto: 1st European Conference on Continuous Casting, Florence, Italy, 2 (1991), 210.
- 5) 斎藤忠, 江波戸絃一, 木村雅保, 井宮敬悟, 星川郁生, 泉谷雅人, 上田輝: CAMP-ISIJ, 1 (1992), 229.
- 6) 中峠宏, 江波戸絃一, 松尾勝良, 木村雅保, 井宮敬悟, 清水基良: 鉄と鋼, 78 (1992), T205.
- 7) 沖田寛己, 安井強, 木村雅保, 星川郁生, 井宮敬悟, 清水基良: CAMP-ISIJ, 1 (1992), 1327.
- 8) 谷川完士, 副島利行, 江波戸絃一, 勝田順一郎, 石倉俊之, 大熊賢一: CAMP-ISIJ, 1 (1988), 302.
- 9) 山中量一, 小川兼広, 小山伸二, 松尾勝良, 藤本英明, 徳永宏彦: CAMP-ISIJ, 3 (1990), 205.
- 10) 大熊賢一, 斎藤忠, 江波戸絃一, 松尾勝良, 大手彰, 藤本英明: TAIKABUTU, 42 (1990) 11, 663.
- 11) 大熊賢一, 斎藤忠, 江波戸絃一, 松尾勝良, 大手彰, 藤本英明: CAMP-ISIJ, 3 (1993), 198.
- 12) 江波戸絃一, 松尾勝良, 大手彰, 大熊賢一: 鉄と鋼, 78 (1992), T133.
- 13) 小川兼広, 山中量一, 松本洋, 勝田順一郎, 中峠宏, 松尾勝良: CAMP-ISIJ, 6 (1993), 154.
- 14) 前田昌宏, 斎藤忠, 江波戸絃一, 松尾勝良, 横山秀樹, 藤本英明: CAMP-ISIJ, 3 (1990), 199.
- 15) 前田昌宏, 斎藤忠, 江波戸絃一, 松尾勝良, 藤本英明, 大熊賢一: CAMP-ISIJ, 3 (1990), 1124.
- 16) 中峠宏, 松尾勝良, 木村雅保, 瀬村康一郎, 富岡活智: 鉄と鋼, 81 (1995) 7, 7.
- 17) 瀬村康一郎, 江波戸絃一, 松尾勝良, 木村雅保, 中峠宏, 岡崎俊幸: CAMP-ISIJ, 5 (1992), 1325.
- 18) 前田昌宏, 松尾勝良, 木村雅保, 中島慎一, 西口克茂: CAMP-ISIJ, 7 (1994), 246.
- 19) 沖田寛己, 松尾勝良, 木村雅保, 三木尚司, 一ノ瀬真人, 梶原勉: CAMP-ISIJ, 7 (1994), 323.
- 20) 藤本英明, 斎藤忠, 松尾勝良, 前田昌宏, 入谷英樹, 峯隆夫: CAMP-ISIJ, 3 (1990), 206.
- 21) 藤本英明, 斎藤忠, 清水基良, 清川雅充, 入谷英樹, 西誠治: 鉄と鋼, (1991) 10, 1649.
- 22) 入谷英樹, 江波戸絃一, 勝田順一郎, 井宮敬悟, 星川郁生, 馬橋克知: CAMP-ISIJ, 5 (1992), 205.

(2006年11月16日受付)