
溶銑全量予備処理体制の構築

Total Hot Metal Pretreatment System at Kawasaki Steel

水藤 政人(Masahito Suitoh) 相沢 完二(Kanji Aizawa) 有吉 政弘(Masahiro Ariyoshi) 永井 亮次(Ryoji Nagai) 西川 廣(Hiroshi Nishikawa) 大宮 茂(Shigeru Omiya)

要旨：

川崎製鉄は一層の鋼品質の向上や生産性の向上と安定化を目的として、千葉、水島の両製鉄所において1988年末、全量溶銑の予備処理体制を構築した。大量溶銑の予備処理を実現するため、トピードカーを用いて高能率な予備処理システムを建設し、特にトピードカーのクリーニングの徹底や独自の粉体吹込み方式の採用により、安定した溶銑脱りん脱硫を可能とした。全量溶銑の予備処理は、冷延用極低炭素鋼等の清浄度向上、超低りん低硫等高純度鋼の安定大量溶製、高炭素鋼や高Cr鋼、ステンレス鋼等高級特殊鋼の安定溶製、成分不良等異常材の極少化と製鋼操業の円滑化、転炉耐火物寿命の著しい向上など多くの成果をもたらしつつある。

Synopsis：

In order to further improve steel quality and to ensure stable operation, Kawasaki Steel Corporation completed facilities for the total hot metal pretreatment system both at Chiba and Mizushima Works in 1988. To realize the pretreatment of the whole quantity of hot metal, KSC used at torpedo car for its reaction vessel and adopted several unique techniques, like the post-mixing method of flux, a slanted injection lance, torpedo car cleaning system, torpedo car transportation system, etc. The total hot metal pretreatment has resulted in great improvement in product quality and stable refining operation. Typical examples are the high degree of cleanliness in ultra-low carbon steel, catch-carbon techniques for high carbon steel refining, stable refining of high Cr and stainless steel, minimizing the abnormal product, achieving long life of BOF, etc.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Total Hot Metal Pretreatment System at Kawasaki Steel



水藤 政人
Masahito Suitoh
水島製鉄所 製鋼部第
2製鋼課 掛長



相沢 完二
Kanji Aizawa
水島製鉄所 設備部設
計室 掛長



有吉 政弘
Masahiro Ariyoshi
水島製鉄所 設備部設
備技術室 掛長



永井 亮次
Ryoji Nagai
水島製鉄所 電気計装
部 電気計装技術室



西川 廣
Hiroshi Nishikawa
千葉製鉄所 製鋼部製
鋼技術室 掛長



大宮 茂
Shigeru Omiya
水島製鉄所 製鋼部製
鋼技術室 主査(課長)

1 緒 言

製鉄技術における製鋼分野の技術開発は、1973年の石油危機以前では鋼品質の向上とあわせて粗鋼の量的拡大を最大課題としていた。この間、大型転炉や連続铸造設備の導入などがあいついだ。しかし1973年以降、粗鋼量ニーズの大きな変化に伴い、製鋼技術の主要課題は量的拡大から質的な向上、省エネルギー、省資源等へとその流れを大きく変えていった¹⁾。今日においてもこの動向はますます強まり、加速度的に鋼品質の高度化と多様化が進みつつある。

川崎製鉄の製鋼精錬分野においては、これらの課題に対応すべくこれまで純酸素底吹き転炉(Q-BOP)の導入と開発²⁾、既存LD転炉を用いた各種複合転炉技術(K-BOPとLD-KGC)の開発^{3,4)}、RHをはじめとする種々の2次精錬技術の導入とその発展を進めてきた。この変化は、鋼の精錬・純化プロセスに攪拌を適用することおよび転炉集中型の精錬プロセスを転炉以外の反応装置へ部分的に分散することを意味し、プロセスの分化によって効率的な精錬反応を行う方向を採用してきた。

一方、近年の鋼品質へのニーズは従来の高級化、高付加価値化とともに、高純化へとその重点を移しつつある。特に冷延用素材の品

要旨

川崎製鉄は一層の鋼品質の向上や生産性の向上と安定化を目的として、千葉、水島の両製鉄所において1988年末、全量溶銑の予備処理体制を構築した。大量溶銑の予備処理を実現するため、トビードカーを用いた高能率な予備処理システムを建設し、特にトビードカーのクリーニングの徹底や独自の粉体吹込み方式の採用により、安定した溶銑脱りん脱硫を可能とした。全量溶銑の予備処理は、冷延用極低碳素鋼等の清浄度向上、超低りん低硫等高純度鋼の安定大量溶製、高炭素鋼や高Cr鋼、ステンレス鋼等高級特殊鋼の安定溶製、成分不良等異常材の極少化と製鋼操業の円滑化、転炉耐火物寿命の著しい向上など多くの成果をもたらしつつある。

Synopsis:

In order to further improve steel quality and to ensure stable operation, Kawasaki Steel Corporation completed facilities for the total hot metal pretreatment system both at Chiba and Mizushima Works in 1988. To realize the pretreatment of the whole quantity of hot metal, KSC used a torpedo car for its reaction vessel and adopted several unique techniques, like the post-mixing method of flux, a slanted injection lance, torpedo car cleaning system, torpedo car transportation system, etc. The total hot metal pretreatment has resulted in great improvement in product quality and stable refining operation. Typical examples are the high degree of cleanliness in ultra-low carbon steel, catch-carbon techniques for high carbon steel refining, stable refining of high Cr and stainless steel, minimizing the abnormal product, achieving long life of BOF, etc.

質レベルを飛躍的に向上させるための超清浄度鋼の溶製、厚板やパイプ素材など特殊用途への超高純度鋼(特に極低P、極低S)溶製のニーズはますます高まっている。これらの背景のもとに、川崎製鉄は溶銑予備処理(脱珪、脱りん、脱硫)の技術開発に取り組み^{5,6)}、その鋼品質に及ぼす有効性を確認した^{7,8)}。この結果、1988年末より千葉、水島の両製鉄所において全量溶銑の予備処理を可能とする体制を構築した⁹⁻¹²⁾。

本プロセスのねらいは、転炉の精錬機能をさらに分化し、転炉から脱りん負荷を完全に解消することによって、転炉機能を溶銑の脱炭と昇温の2機能に限定する。これにより転炉精錬プロセスの単純化と画一化を図り、製鋼トータルの工程能力、すなわち鋼品質の飛躍的向上とそのバラツキの減少、出鋼量精度やスケジュール操業精度の向上等により転炉操業の安定性を一層向上させることにある。

本報は全量溶銑の予備処理を志向する考え方、これを実現するための当社の大量かつ高能率な溶銑予備処理プロセスの紹介と、これによってもたらされた製鋼精錬プロセスにおける技術改善例を述べる。

* 平成2年5月22日原稿受付

2 全量溶銑予備処理化のねらい

当社の溶銑予備処理は1977年のQ-BOPの導入を大きな契機としてその技術が発展し、1984年に千葉製鉄所、1985年に水島製鉄所において本格的な溶銑予備処理設備が稼働した¹³⁻¹⁹⁾。当初の設備は予備処理銑比率で20~50%がその最大処理能力であったが、この予備処理銑を用いた種々の操業や精錬実験により全量溶銑の予備処理を志向するに至った。この結果、両製鉄所とも、1988年末に溶銑予備処理設備の増強工事を完了させ、全量溶銑の予備処理体制を完成させた⁹⁻¹²⁾。

全量溶銑の予備処理化のねらいは前述のように鋼の精錬機能をさらに分化することによって、鋼品質の飛躍的向上と安定生産、工程能力の向上(質的、量的、時間的生産精度の向上)をもたらし、あわせて精錬コストの削減をも達成することにある。このポイントは、鋼品質に重要な影響力を持つ転炉精錬の負荷を減少させるため、溶銑予備処理によって従来の主要機能であった脱りん負荷を除去し、転炉機能を溶銑の脱炭と昇温の2つに限定して、その操業を画一化、単純化した点にある。

鋼の清浄度を害する第1の要因は転炉スラグ中の酸素であり、一方、転炉の脱りん能を高めるにはそのスラグの高酸素化が不可欠であり、これが同時に鋼の清浄化を阻害するといった相互関係にある。このため転炉から脱りん負荷を削除することは、転炉スラグの有害性を著しく低下できることを意味する。転炉炉壁に付着するスラグによって高りん銑吹錬後の転炉内には全量の排滓を行った場合でも多量のりんが残留する。この転炉に予備処理した低りん溶銑を用いて吹錬した場合は、炉内のりん汚染から溶銑りんのピックアップが生じ転炉の脱りん負荷は解消せず、しかもりん汚染量のバラツキが大きいことからますます転炉操業は不安定となる。Fig. 1には高りん銑吹錬の後、予備処理銑を連続供給して吹錬したときの炉内からのりん汚染量を示したが、連続10ヒートもの後にはじめてりん汚染のないクリーンな転炉となることがわかる²⁰⁾。これからも全量溶銑の予備処理を行わない操業では転炉の脱りん負荷を完全に解消できないことが示される。

以下に全量溶銑の予備処理化によって期待される主な効果を示す。

(1) 鋼品質の向上

- (a) 転炉スラグの(T, Fe)の低下と溶鋼過酸化の防止
- (b) 転炉スラグの低P化による取鋼スラグ改質の安定化
- (c) 上記(a)と(b)による鋼の清浄度の向上
- (d) キャッチカーボン法やMn, Crの炉内回収技術による出

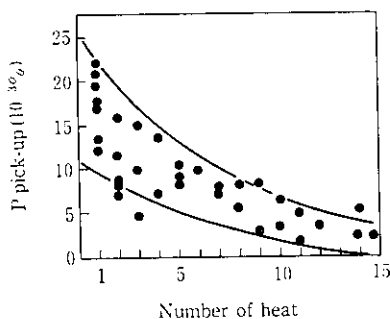


Fig. 1 Change in P pick-up from furnace since the application of pretreated hot metal in place of conventional hot metal

鋼温度の低下と安定化

- (e) 極低P鋼の大量、安定溶製技術の確立
- (2) 納期の短縮と安定化
 - (a) 転炉吹錬の単純化と画一化による吹錬制御性の向上
 - (b) 上記による転炉工程能力の向上(鋼の成分調整精度の向上、歩留り安定化による量の精度向上、スケジュール操業精度の向上など)
 - (c) 品質異常材の極少化による余剰材の削減と納期の短縮
- (3) 精錬コストの削減
 - (a) 転炉耐火物コストの削減(前述の(1)の(a)と(d)および(2)の(a)項による)
 - (b) 転炉造滓剤の減少
 - (c) 転炉スラグ量の減少による鉄歩留りの向上
 - (d) Mn系合金鉄の削減((1)の(d)項による)
 - (e) 転炉スラグの低りん化による焼結原料への再利用

3 溶銑予備処理プロセスの全体と特徴

転炉の精錬負荷を低減し、前述のような精錬機能の改善を達成するためには、大量の溶銑の予備処理を安定して行えること、適正な温度および成分(特にPとS)の溶銑を適正量、タイムリーに転炉工場に供給することが必須となる。一方、従来の高炉~製鋼間の溶銑輸送容器であるトビードカーを用いた予備処理を導入したため、トビードカー運行管理の複雑化、トビードカー内部への予備処理スラグ付着による内容積の減少と溶銑へのPとS汚染等の不利益な面が増大する。これらの課題に対応しつつ、全量溶銑の予備処理を可能とするため、当社の溶銑予備処理プロセスにおいては以下のような技術が導入された(以下代表例として水島製鉄所の予備処理プロセスを中心に述べる)。

3.1 全体レイアウトとプロセス概要

Fig. 2に溶銑予備処理系設備の全体レイアウトを示し、Fig. 3には全体プロセス概要を示す。高炉においては鑄床脱珪設備が全稼働高炉の鑄床に設置され、全溶銑の予備脱珪が可能である。溶銑脱りん・脱硫設備(溶銑予備処理設備)は高炉と製鋼工場間中央部に配置され、トビードカー運行の円滑化を図った。使用後トビードカーの付着スラグを除去するため、各製鋼工場にはトビードカークリーニングセンター(TCC)が配置されている。

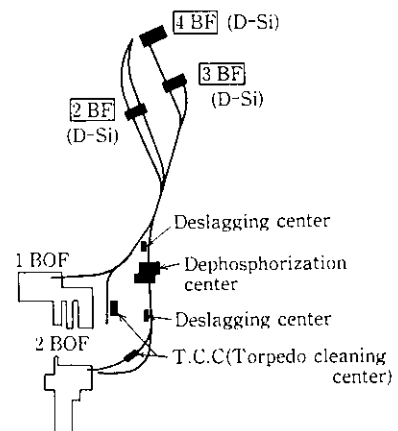


Fig. 2 Layout of hot metal pretreatment process at Mizushima Works

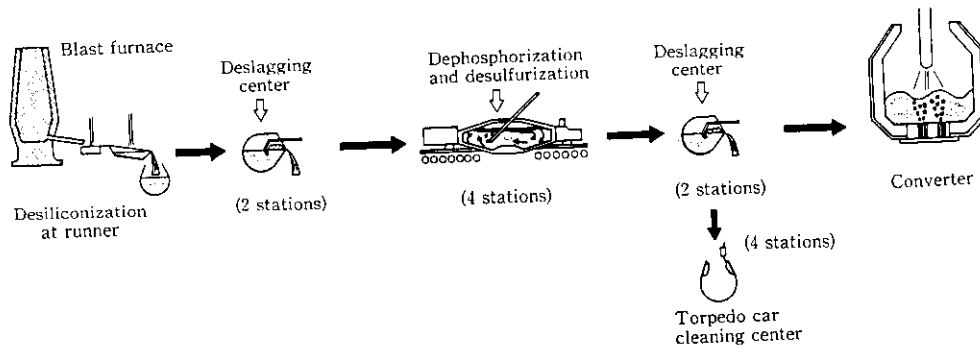


Fig. 3 Hot metal pretreatment process at Mizushima Works

3.2 鑄床脱珪設備

Fig. 4 に鑄床脱珪設備の概念図を示す。本装置は以下の特徴を有している。

- (1) 脱珪剤の添加法は高い脱珪反応効率を得られるプラスチック法を採用。またトビードカー内スラグフォーミングを防止しながら高い脱珪量を実現するため2段プラスチック法を用いた²¹⁾。1段目は主鑄の反応槽であり、2段目は主鑄から流入する傾注樋内の溶銑の落下点であり、後者は溶銑の自然落下エネルギーを活用するため特に有利な脱珪が実現できる。これにより Fig. 5 に示すような安定した脱珪(脱珪後 Si=0.11%)と高い脱珪酸素効率(65~70%)が得られる。
- (2) 脱珪剤は、酸素源としての焼結工場集塵機ダストおよびスラグ塩基度調整用 CaCO₃ の2種である。
- (3) 全溶銑の脱珪を可能とするため、各ディスペンサーは2基保有しており、瞬時にディスペンサー切替えを行うことにより、

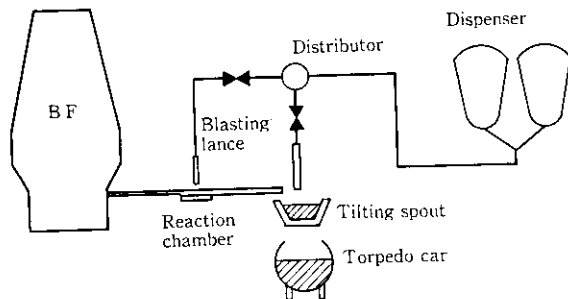


Fig. 4 Schematic view of desilicization facilities

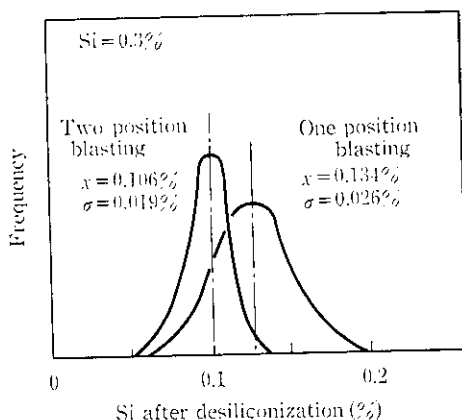


Fig. 5 Si content after desilicization at blast furnace

連続した脱珪を可能とした。

- (4) 剤の秤量、混合およびプラスチックは DDC により完全自動化されている。

3.3 溶銑予備処理設備

溶銑予備処理設備は、トビードカーを反応容器として用い、溶銑の安定輸送と高い予備処理反応効率とを同時に達成するため、以下の特徴を有している。

- (1) 予備処理の前後には除滓設備があり、それぞれ2基のトビードカーの同時除滓が可能である。除滓方式は、スラグ性状のいかなる変化にも対応できるよう機械式を採用した (Fig. 6)。これにより脱珪滓および脱りん・脱硫滓が高効率に除去され、トビードカー内付着スラグの減少と脱りん・脱硫反応の安定化が可能となった。
- (2) 溶銑予備処理設備は4基のトビードカーが同時に処理可能であり、月間60万tの処理能力をもつ。主な構造および設備仕様を Fig. 7 と Table 1 に示す。主要設備は焼結鉱粉砕設備、粉体受入れ設備、粉体吹込み設備および集塵機であり、そのすべてが Fig. 8 に示すように DDC により自動化されている。また操作盤は集中監視型として、4基のトビードカーの予備処理を1箇所集中制御できるシステムとし、1人のオペレーターで全ステーションの粉体吹込みが可能である。
- (3) 脱りん、脱硫各々の処理目標に応じた吹込み剤組成を得るため、吹込みライン内で4種の粉体を任意に混合できるポストミックス法を開発し採用した²²⁾。これにより剤の混合設備が不要

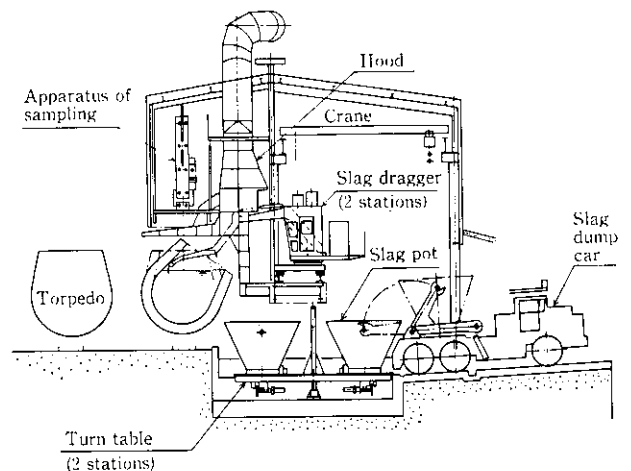


Fig. 6 Vertical sectional view of deslagging equipments

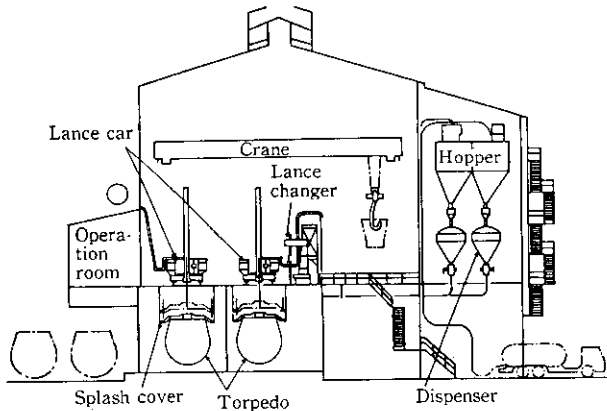


Fig. 7 Vertical sectional view of hot metal pretreatment equipment

Table 1 Specifications of hot metal pretreatment equipments

Item	Specification
Flux	
Dephosphorization	Sintered ore, lime, flour spar
Desulfurization	Soda ash
Injection equipment	
Dispenser	4 dispensers × 4 lines
Method of flux mixing	On line mixing
Injection rate	Max. 600 kg/min
Lance car	Double lances × 4 lines
Dust catcher	
Exhaust gas cooler	Open channel air cooler
Capacity	50 × 10 ⁴ m ³ /h × 2 lines (at 120°C)
Slag dragger	Mechanical dragger × 2 lines × 2 stations
Sintered ore grinding mill	
Type	Vertical roller mill
Capacity	30 t/h

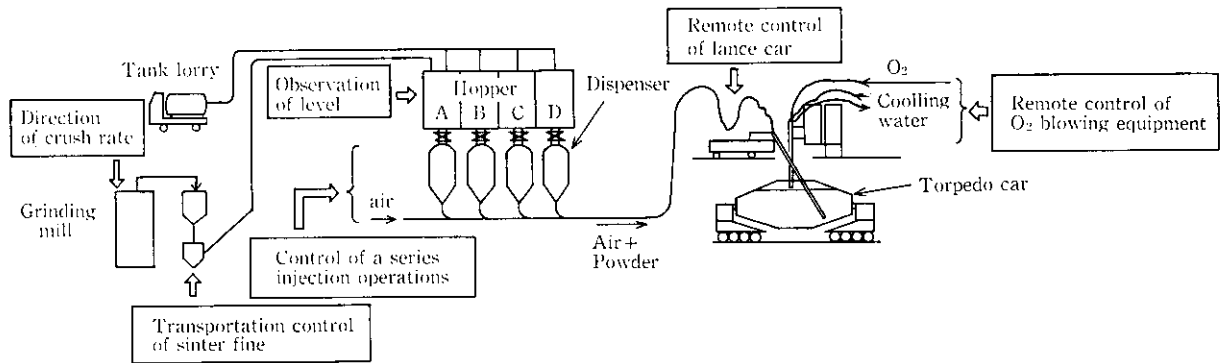


Fig. 8 Outline of control system at hot metal pretreatment center

なほか、処理中の剤組成を最適なものに連続的に制御することが可能となり、剤コストの大幅な低減と成分的中精度の向上をもたらした。

- (4) 吹きみランスは内径 32 mmφ の軽量斜め吹きランスを採用した。これによりトビードカー内への高速粉体吹き込みが可能で、かつトビードカー内においても反応のデッドゾーンを作らない円滑な溶銑流動を形成させ、安定した高能率予備処理を可能とした。またランスは各ステーションに 2 本配備され、かつランス交換にはロボットの導入による自動化、迅速化を図った。
- (5) 粉体吹き込みの自動化と効率化を目的として、溶銑予備処理操業管理システムが導入された。本システムは、溶銑成分、溶銑量、トビード内フリーボード量、残留スラグ厚および溶銑の使用予定ヒート情報に基づいて定められる処理後目標成分 (P と S) に応じて、脱りん・脱硫用フラックスの銘柄ごとの使用量とその吹き込みパターンを設定し実行する。前述のトビードクリーニングとあわせて、本システムの効果により予備処理後の成分的中精度は P で ±0.003%、S で ±0.002% が維持されており、最適成分の予備処理溶銑が転炉工場へ供給される⁹⁾。

3.4 トビードカークリーニング設備

トビードカー内のスラグを除去しトビード内を常にクリーンに維持することは、予備処理中のスラグ噴出を防止するのみでなく、処

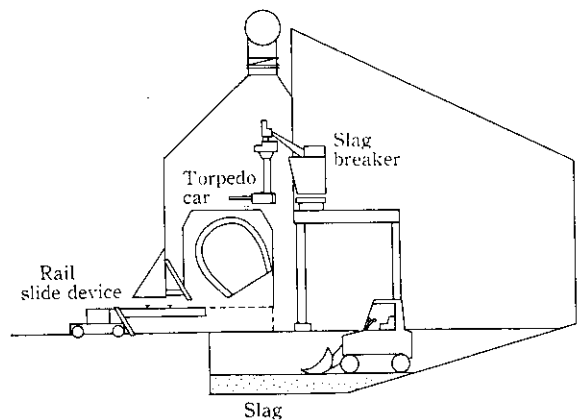


Fig. 9 Schematic view of Torpedo Cleaning Center (TCC)

理効率の向上、処理後成分的中精度の向上およびトビード内容積量の安定確保を図るうえで重要となる。Fig. 2 に示したように当所の予備処理システムでは、溶銑予備処理工程の前後において高能率の機械式除滓機を設置し、トビード内スラグの除去を実施している。さらに Fig. 9 に示すトビードカークリーニング設備を各製鋼工場に設置し、使用直後のトビード炉口部の凝固スラグや凝固地金の除去をスラグブレーカーによって実施し、その後トビードカーの 360° 回転とレールスライドによってトビード内残留スラグの完全排出を

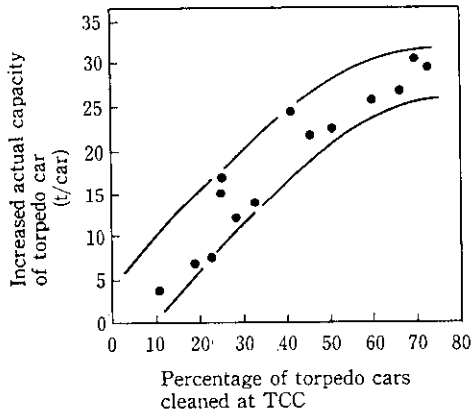


Fig. 10 Influence of torpedo cleaning on actual capacity of torpedo car

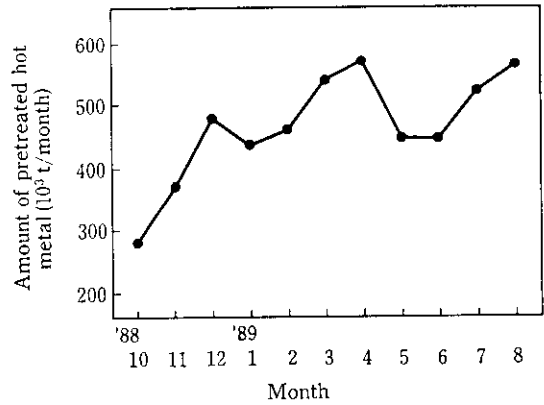


Fig. 11 Change in amount of pretreated hot metal

行う^{23,24)}。Fig. 10には、トビードカー内溶銑充填量に及ぼすトビードカークリーニングの効果を示す。また後述するように受銑時の復Pを減少させるうえでも、トビードクリーニングは重要な役割を果たし、安定した大量溶銑の予備処理を行ううえで不可欠な技術である。

3.5 トビードカー運行管理システム

水島製鉄所では高炉～製鋼工場間の溶銑輸送を約40台のトビードカー(公称能力250t)を用いて実施している。一方、大量溶銑の予備処理化に当たっては、溶銑予備処理のプロセスが追加されるため、従来法にくらべてトビードの高炉～製鋼間滞留時間が増大することやトビード運行が複雑化することおよび予備処理時のスラグ噴出を防止することから、トビードカー内の溶銑量を約200tに減少させてフリーボードを増大させる必要があるといった変化が生じ、一般的にはトビードカーの必要台数が増加する。これらの問題に対応し、現有のトビードカー台数で大量溶銑の予備処理を可能とするために、トビードカーの運行管理システムを開発し工程化した⁹⁾。

システムはスケジュール運行命令、予備処理命令等を統括するオンラインコンピュータとその下位で末端機器を制御するプロセスコンピュータおよびこれに接続する各種自動化機器から構成されている。主な機能は以下の3点である。

- (1) 車番読取装置によるトビードカーとディーゼルカーのトラッキングおよび現在位置と進行ルート等が認識され、予備処理のスケジュール情報とあわせて運行司令員1名で適切なトビード運行を可能とした。
- (2) 転炉出鋼スケジュールと同期化した铸床脱珪および溶銑予備処理のスケジュールを作成し、O/C、P/Cへ伝送する。
- (3) トビードカー自動ブレーキ装置により、ディーゼルカーとの連結を解放すると同時に自動的にブレーキがかかる方式を全トビードカーに採用。配車時のハンドリングが迅速になり、特に高炉铸床下の滞留時間を大幅に削減した。

これらの機能によりトビードカーの効率的運行が可能となり、運行時間の短縮と回転率の向上が図られ、現状のトビードカー保有台数で全量溶銑予備処理への移行を可能とした。現状予備処理比率70～80%時においてもトビードカーの回転率は3.0回/日以上を維持している。

4 溶銑予備処理設備増強後の操業結果

水島製鉄所における溶銑予備処理設備の増強工事は1989年10月

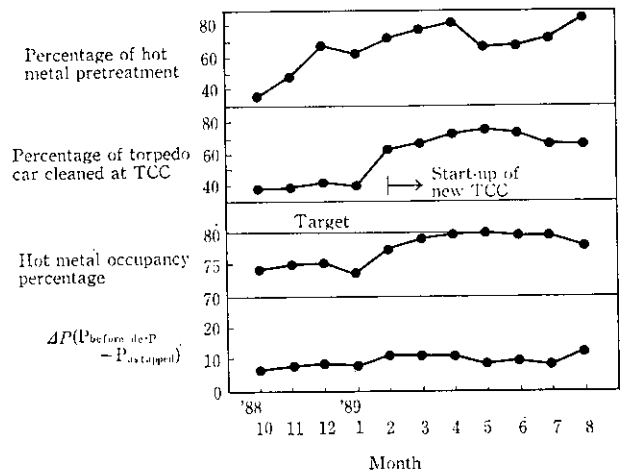


Fig. 12 Change of torpedo car conditions

Table 2 Change in contents of [Si], [P] and [S] of hot metal and flux consumptions

	As tapped	Before de-P, de-S	After de-P, de-S
Si (%)	0.30	0.10±0.05	tr
P (%)	0.115	0.125	0.010~0.030
S (%)	0.025	0.025	0.002~0.020
Flux consumptions (kg/t)	<ul style="list-style-type: none"> • Sinter dust 21 • CaCO₃ 1.4 	<ul style="list-style-type: none"> • Sintered ore 30 • Lime 10 • Flour spar 0.4 • Soda ash 0.5~9 	

に完了し、順調なレイティングアップを達成した⁹⁾。レイティングアップ時の予備処理量推移をFig. 11に示す。出銑量能力に依存して各月溶銑率の変動があり、これに対応して予備処理を増減しているが、最近では70～80%の予備処理比率となっている。またFig. 12に示すように、トビードクリーニング能力の増強によって予備処理比率が大きく増大したにもかかわらず、トビード内溶銑量およびトビード内復P量は良好な状態を維持している。Table 2には溶銑予備処理による成分変化と各フラックス原単位の平均値を示した。

5 精錬プロセスにもたらすメリット

予備処理溶銑の利点を有効にひき出すためには強攪拌型上底吹き転炉を用いることが条件となる。攪拌により脱炭効率の向上とスラグ中 (T. Fe) の低下が可能であり、これにより高纯净度鋼の溶製にとって不可欠な溶銑過酸化の防止が容易となる。また低い (T. Fe) と少ないスラグ量の吹錬により鉄歩留りや Mn 歩留りの向上がもたらされ、転炉内 Mn 鉱石の添加による Mn 還元メリットを大幅に拡大した。また、この変化は転炉耐火物の溶損速度をも大幅に減少させる結果となり、炉寿命の延長と安定化をもたらした。

当社の転炉は、千葉製鉄所における Q-BOP および K-BOP、水島製鉄所における K-BOP および LD-KGC のいずれも底吹きまたは上底吹き強攪拌型転炉であり、溶銑予備処理のメリットを十分に活用できる体制となっている。以下に精錬プロセスにもたらされたいくつかの操業実績を示す。

5.1 溶鋼の纯净度向上技術

超深絞り用冷延鋼板の溶製においては鋼中介在物を極限まで除去した後、酸素汚染を完全に防止しながら鋳造することが良好な品質を得るうえでのキーポイントである。溶鋼への酸素汚染源としては取鍋のスラグが最大の影響力をもつため、鋳造中の取鍋スラグの酸素源すなわち (T. Fe) を低位に保つ必要がある。当社では予備処理溶銑を用いて Q-BOP または K-BOP による高塩基度吹錬技術を開発し、転炉吹止スラグの (T. Fe) 低減および転炉内スラグ固化による取鍋への流出スラグ量の減少を達成した²⁰⁾。さらに取鍋スラグへの Al 系フラックスの添加によるスラグ改質により、スラグ (T. Fe) を安定して 4% 以下に維持し、鋼中酸素濃度の大幅な低減に成功した²⁵⁾ (Fig. 13)。この予備処理溶銑を活用した溶鋼清浄化技術により冷延後の製品欠陥は従来レベルの 20% にまで改善された。

5.2 余剰材の削減

計画外の半製品すなわち余剰材は主として成分不良と連铸工程での操業異常によって生ずる異常材および湯余り材とから成る。これらの発生量推移を予備処理比率の増大時期に関して Fig. 14 に示した。予備処理比率の増大に伴って異常材および湯余り材の発生率は著しく減少した。これは予備処理の増大によって転炉精錬が格段に安定化したことと、また溶鋼清浄度向上などが連铸操業の安定化をもたらしたことを示す。

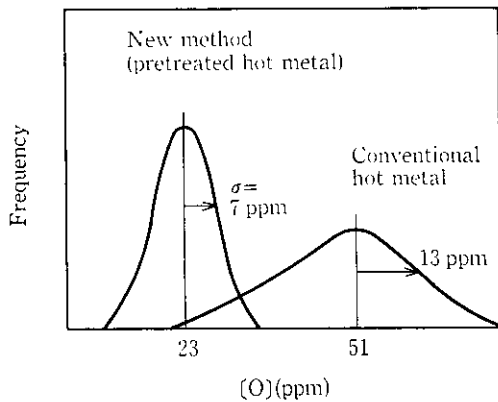


Fig. 13 Improvement of cleanliness of steel by new refining method

5.3 高炭素鋼のキャッチカーボン吹錬

高炭素鋼吹錬においては従来の普通溶銑を用いた場合は脱りんの不安定性から吹止 C 制御が容易でなく、いわゆるキャッチカーボン法を十分活用することができなかった。このため出鋼温度の著しい上昇やスラグの過酸化さらには C 吹下げのための出鋼計画変更もしばしば発生した。これに対し、予備処理溶銑を連続使用してクリーンな転炉で脱りん負荷のない吹錬の場合、Fig. 15 に示すようにキャッチカーボン法が安定して行われ、溶製の安定化と出鋼温度の大幅な低減が可能となった。

5.4 高 Mn 鋼, 高 Cr 鋼, ステンレス鋼の溶製技術

前述のように、転炉における脱りん負荷の解消は、転炉内スラグの極少化とスラグ酸化度の低下をもたらす。この効果は転炉内への Mn 鉱石添加による Mn 回収のメリットを拡大させ、多量 Mn 鉱石添加により FeMn 系合金鉄が大幅に削減された²⁶⁾。

水島の LD-KGC 上底吹き転炉では、上吹酸素に不活性ガスを混合する希釈吹錬技術を適用して、高 Cr 鋼吹錬時に脱炭末期の CO 分圧を低下させ、高い Cr 歩留りを維持しながら低炭素域までの脱炭を可能にした²⁷⁾。溶銑予備処理を用いた上記の吹錬により、5~13% Cr 鋼や 13% Mn 鋼等の高合金鋼の迅速、確実な溶製法を確立した。

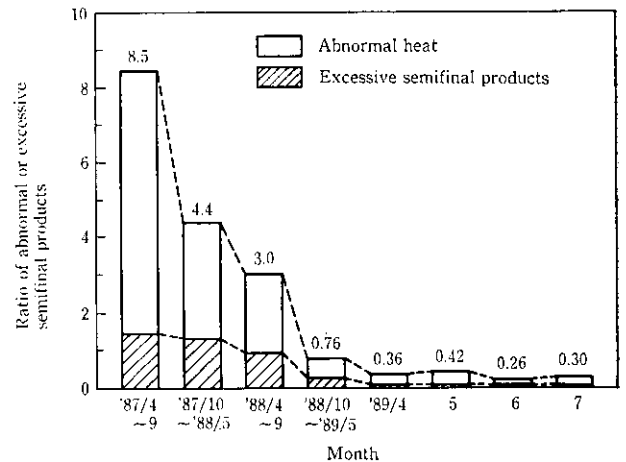


Fig. 14 Change in percentage of abnormal or excessive semifinal products

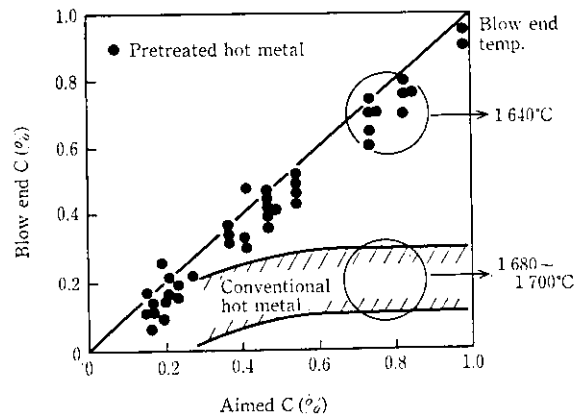


Fig. 15 Relationship between aimed C and blow end C

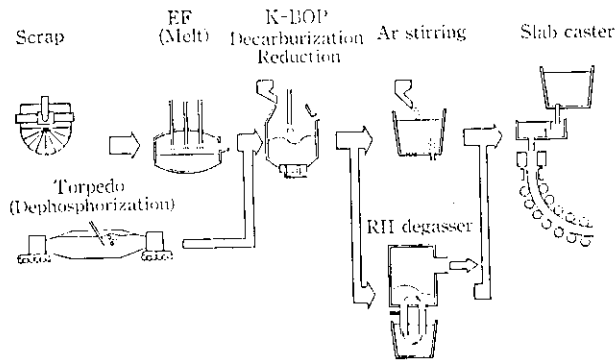


Fig. 16 Flow chart of making stainless steel by K-BOP

千葉製鉄所においては、K-BOP と MF を組み合わせたステンレス鋼の量産プロセスを確立した (Fig. 16)。全量溶銑の予備処理を必要条件とする本プロセスは、MF 装入量の著しい軽減によって、大幅な操業時間の短縮が可能となり生産性の向上をもたらした^{28,29)}。

5.5 転炉耐火物寿命

予備処理溶銑が転炉精錬にもたらしたスラグの低 (T. Fe) 化と、

キャッチカーボン法や Mn 回収技術などによる出鋼温度の低下は、転炉耐火物の損耗速度を著しく減少させた。また転炉内スラグ量が減少した結果、炉比容積の減少が可能となり、特に水島 LD-KGC 転炉では長尺レンガの採用を行って炉寿命 8 119 回の世界新記録を樹立するに至っている。

6 結 言

川崎製鉄の千葉、水島両製鉄所は全量溶銑の予備処理体制を確立した。当プロセスが製鋼精錬機能にもたらした品質向上、合理化あるいは工程能力向上効果は予想を大きく上回るものがあり、製鋼プロセスにおいて革新的な改善効果を表しつつある。この改善は基本的に転炉から脱りん負荷を除外したことに起因し、高純度鋼の安定溶製のみでなく、溶鋼清浄度や量的時間的生産精度の飛躍的向上およびこれらによる円滑な生産体制の確立と納期安定化が図られた。一方、プロセスの複雑化にもかかわらず徹底した予備処理プロセスの合理化、効率向上を進めた結果、溶製コスト面においても鉄歩留りの向上や Mn 回収、各種副原料原単位の削減および転炉耐火物寿命の向上などにより、従来よりむしろ有利な溶製コストを実現した。

参 考 文 献

- 1) 西山記念技術講座：第100, 101回 (1984)
- 2) M. Saigusa, J. Nagai, F. Sudo, H. Bada and S. Yamada: *Ironmaking and Steelmaking*, 7 (1980) 5, 242
- 3) 永井 潤, 山本武美, 武 英雄, 大石 泉, 大森 尚, 飯田義治: 川崎製鉄技報, 15 (1983) 2, 106
- 4) 橋 林三, 高柴信元, 桑山道弘, 山根 明, 前田瑞夫, 小山内 寿: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 4, 357
- 5) 野崎 努: 融体精錬反応部会, SRR55/3-9, (1981)
- 6) 拜田 治, 竹内秀次, 野崎 努, 江見俊彦, 数土文夫: 鉄と鋼, 68 (1982) 13, 1744
- 7) 近藤 寛, 馬田 一, 山田博右, 浜上和久, 大谷尚史: 鉄と鋼, 71 (1985), S 985
- 8) 水藤政人, 大宮 茂, 日和佐章一, 北川伸和, 上田 新, 武 英雄: 川崎製鉄技報, 19 (1987) 4, 222
- 9) 数土文夫, 山本武美, 水藤政人, 有吉政弘, 相沢完二, 永井亮次: 材料とプロセス, 2 (1989), 104
- 10) 数土文夫, 山本武美, 水藤政人, 永井亮次, 山根弘郷, 秋本圭一: 材料とプロセス, 2 (1989), 105
- 11) 朝穂隆一, 山田純夫, 安川 登, 鈴木孝夫, 西川 廣, 富山淑郎: 材料とプロセス, 2 (1989), 214
- 12) 西山 廣, 近藤 寛, 荒谷 誠, 朝穂隆一, 山田純夫: 材料とプロセス, 2 (1989), 215
- 13) 鷺尾 勝, 山田純夫, 山田博右, 江本寛治, 浜田俊治, 森 淳: 鉄と鋼, 71 (1985), S 109
- 14) 鷺尾 勝, 浜上和久, 馬田一, 大谷尚史, 山田博右: 鉄と鋼, 71 (1985), S 946
- 15) 横井 誠, 武 英雄, 大園秀志, 吉田正弘, 浅野孝志, 今井卓雄: 鉄と鋼, 71 (1985), S 951
- 16) 水藤政人, 日和佐章一, 武 英雄, 今井卓雄, 米谷武司, 吉田正弘: 鉄と鋼, 72 (1986), S 213
- 17) 大岩美貴, 岩村忠昭, 日和佐章一, 武 英雄, 児玉正範, 今井卓雄: 鉄と鋼, 72 (1986), S 214
- 18) 篠原幸一, 青木幹男, 中嶋由行, 高田重信, 松尾秀夫: 鉄と鋼, 71 (1985), S 106
- 19) 水藤政人, 児玉正範, 武 英雄, 日和佐章一, 吉田正弘, 大岩美貴: 川崎製鉄技報, 18 (1986), 4, 334
- 20) 末次精一, 北川伸和, 大宮 茂, 数土文夫, 小山内 寿, 馬田 一: 材料とプロセス, 2 (1989), 243
- 21) 秋月英美, 山崎 信, 山内 豊, 西村博文, 早瀬雅之, 松尾秀夫: 材料とプロセス, 1 (1988), 1145
- 22) 岩村忠昭, 大岩美貴, 秋本圭一, 山根 明, 牧 勇之輔: 川崎製鉄技報, 18 (1986) 2, 208
- 23) 佐藤道夫, 久米田隆弘, 横山康雄, 水藤政人, 奥田治志, 武 英雄: 材料とプロセス, 2 (1989), 1076
- 24) 佐藤道夫, 水藤政人, 大宮 茂, 馬田 一, 山本武美, 中戸 参: 材料とプロセス, 1 (1988), 1149
- 25) 須田 守, 末次精一, 蓮沼純一, 水藤政人, 大宮 茂: 材料とプロセス, 3 (1990), 241
- 26) 小山内 寿, 武 英雄, 今井卓雄, 上田 新, 日和佐章一, 児玉正範: 鉄と鋼, 72 (1986), S 243
- 27) 北川伸和, 大宮 茂, 奥田治志, 武 英雄, 岸本康夫, 加藤嘉英: 材料とプロセス, 2 (1989), 291