

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.28 (1996) No.4

世界最高速の千葉製鉄所 No.1 連続酸洗ラインの建設

Construction of Chiba No.1 Continuous Pickling Line Realizing the Highest Speed in the World

小山 義弘(Yoshihiro Koyama) 相原 正樹(Masaki Aihara) 間野 荏(Wataru Mano)

要旨：

千葉製鉄所の製鋼，熱延設備リフレッシュの一環として，No.1 連続酸洗設備を建設し，平成6年1月より稼動を開始した。本酸洗ラインは熱延酸洗鋼板の薄物化に対応するために，高速脱スケール技術として，ボックス堰スプレー酸洗法を開発し，世界最高の中央速度400m/minを実現した。品質の厳格化への対応としては，インライン4Hi-スキnpasミル，テンションレベラーにより形状のデッドフラット化を達成した。また，板厚計，板厚計など自動計測機器により全長の品質保証を行っている。さらに，自動オフゲージカット，インライン幅分割機能の付加により，本酸洗ラインを最終工程とする製品の比率の大幅な向上を図り，リードタイムの短縮を達成した。そして，自動機器の導入，全自動を目指した計算法システムの構築により，ワンパルピット，全自動運転を達成した。

Synopsis：

Linked with modernization of steelmaking plants and hot rolling mills, at Chiba Works, No.1 continuous pickling line was constructed, as a replacement of two old pickling lines, and started its operation in January 1994. For efficient processing of material strips, which is getting increasingly thinner on market demand, the pickling line is equipped with a newly developed high speed pickling method, using a box dam-spray descaling, and various automated facilities, realizing the highest line speed in the world. The line, installed with automatic instruments and facilities and a new computing system for ensuring satisfaction of all stringent customer requirements, accomplished a fully automated production, performed under a one-pulpit operation.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Construction of Chiba No.1 Continuous Pickling Line Realizing the Highest Speed in the World



小山 善弘
Yoshihiro Koyama
千葉製鉄所 熱間圧延
部熱間圧延課



相原 正樹
Masaki Aihara
エンジニアリング事業
本部 製鉄プラント事
業部 圧延技術部熱延
技術室 主査(部長補)



真野 荏
Wataru Mano
エンジニアリング事業
本部 製鉄プラント事
業部 圧延技術部熱延
技術室 主査(課長)

要旨

千葉製鉄所の製鋼、熱延設備リフレッシュの一環として、No.1 連続酸洗設備を建設し、平成6年1月より稼動を開始した。本酸洗ラインは熱延酸洗鋼板の薄物化に対応するために、高速脱スケール技術として、ボックス堰スプレー酸洗法を開発し、世界最高の中央速度400 m/minを実現した。品質の厳格化への対応としては、インライン4 Hi-スキンパスミル、テンションレベラーにより形状のデッドフラット化を達成した。また、板厚計、板幅計など自動計測機器により全長の品質保証を行っている。さらに、自動オフゲージカット、インライン幅分割機能の付加により、本酸洗ラインを最終工程とする製品の比率の大幅な向上を図り、リードタイムの短縮を達成した。そして、自動機器の導入、全自動を目指した計算機システムの構築により、ワンパルピット、全自動運転を達成した。

Synopsis:

Linked with modernization of steelmaking plants and hot rolling mills, at Chiba Works, No.1 continuous pickling line was constructed, as a replacement of two old pickling lines, and started its operation in January 1994. For efficient processing of material strips, which is getting increasingly thinner on market demand, the pickling line is equipped with a newly developed high speed pickling method, using a box dam-spray descaling, and various automated facilities, realizing the highest line speed in the world. The line, installed with automatic instruments and facilities and a new computing system for ensuring satisfaction of all stringent customer requirements, accomplished a fully automated production, performed under a one-pulpit operation.

1 緒 言

近年、自動車・家電を中心に、熱延酸洗鋼板に対し、薄物化と品質の厳格化が求められている。千葉製鉄所には、熱延酸洗鋼板を製造する設備としてNo.3, 4酸洗ラインが設置されていた。しかし、いずれも老朽化し、製鋼・熱延設備のリフレッシュへの対応、コストダウンへの対応、年々きびしくなる品質の厳格化要求への対応が困難であった。そこで、新酸洗ラインの建設を行い、平成6年1月に稼動を開始した。

本酸洗設備は、「高品質、短リードタイム、低コストで製造するコンパクトラインの実現」をコンセプトに建設を推進し、新技術の採用により、順調に稼動を続けており、生産性、品質、その中でもとくに薄物熱延酸洗鋼板への対応という点で、大きな成果が得られている。

2 新酸洗設備の概要とシステム構成

2.1 ラインの全体配置とコイルの搬送

第3熱間仕上工場(3熱仕)の全体配置をFig.1に示す。No.3

ホットストリップミルで圧延されたコイルはLoop1台車、自動天井クレーンにより、コイル冷却ヤードへ搬送される。冷却完了したコイルは、再び自動コイル搬送設備により、本酸洗ラインに供給される。酸洗後は、新設の自動梱包ラインに搬送される。梱包ラインでは、製品の梱包仕様に合わせて、紙梱包もしくは鉄板梱包を行う。梱包完了後、No.1および2 SHIPPINGヤードより製品倉庫へ出荷される。

2.2 酸洗ラインの設備構成

設備の構成をFig.2に、ライン仕様をTable1に示す。本酸洗ラインは、入側に2基のペイオフリール、500 mのルーパー、レーザービームウェルダを備え、出側に2基のテンションリールと250 mのルーパーを備えた連続酸洗設備である。酸洗槽には、高速脱スケールを実現するために、ボックス堰スプレー酸洗装置を設置した。またオペレータの作業性とラインのコンパクト化を指向し、ペイオフリールとテンションリールを近接させたレイアウトとしている。さらに、各種自動機器と自動制御システムの導入により、全自動運転を実現している。また、運転台と検査台を近接配置し、ワンパルピット化を実現している。そして、幅狭製品コイルの倍幅鋳込、倍幅圧延に対応するため、インライン幅分割設備を導入している。

2.3 システム構成

Fig.3に本酸洗ラインのシステム構成を示す。

* 平成8年12月18日原稿受付

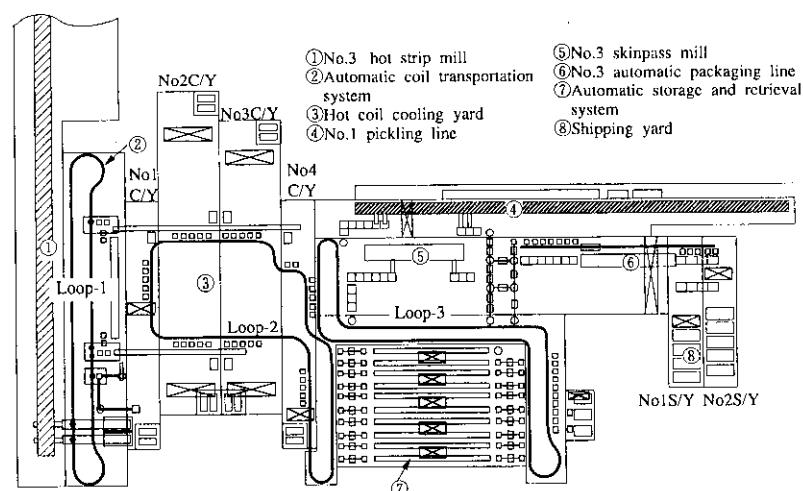


Fig. 1 Layout of No.3 hot finishing plant

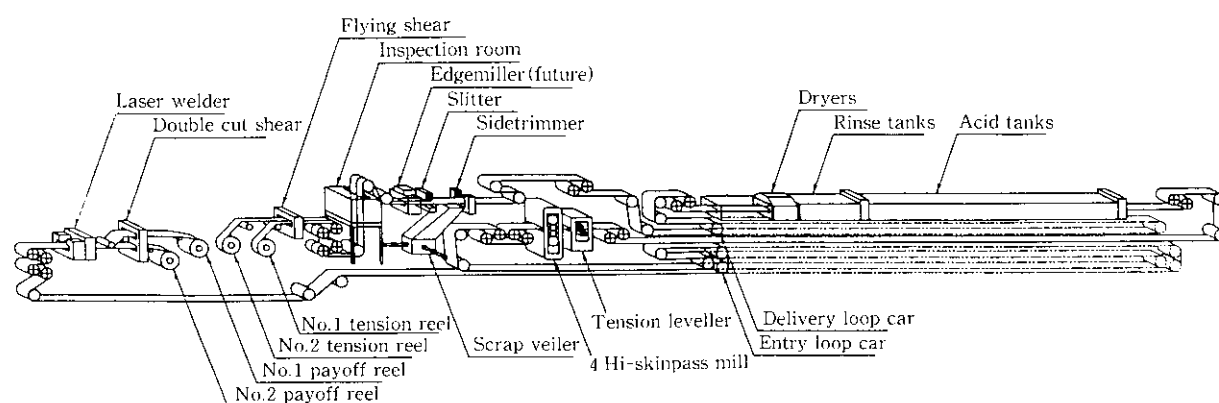


Fig. 2 Schematic diagram of No.1 pickling line

Table 1 Main specifications of No.1 pickling-line

Start-up date			Jan. 1994
Capacity (t/month)			105 000
Strip	Thickness (mm)		1.2 ~ 8.0(5.5)*
	Width (mm)		600 ~ 1 900(1 300)
	Yield point (kg/mm ²)		Max. 36(80)
Coil size	Entry	Inside dia. (mm)	762
		Outside dia. (mm)	Max. 2 200
		Weight (t)	Max. 32
	Delivery	Inside dia. (mm)	610/660/762
		Outside dia. (mm)	Max. 2 612
		Weight (t)	Max. 32
Line speed	Entry section (m/min)	Max. 700	
	Tank section (m/min)	Max. 400	
	Delivery section (m/min)	Max. 500	
Strip accumulator	Entry (m)	500	
	Delivery (m)	250	
Acid tank			HCl
Line Length (m)			299

*High carbon steel

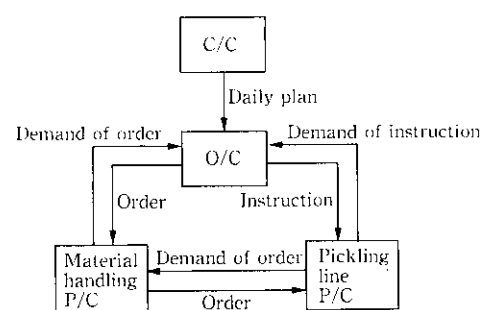


Fig. 3 System configuration of No.1 pickling line

ラインP/Cには、O/Cより、熟仕命令が伝送される。熟仕命令にはライン入側の1コイルごとに、数百項目のプリセット値が設定されている。プリセット値には、本酸洗ラインの運転のための操業条件が設定されている。ラインP/Cは、この条件に従って、ラインを自動運転する。プリセット値は、O/C上で、板厚、板幅、鋼種、製品の用途などをキーとして、セットアップテーブルを参照し、設定される仕組みとした。これにより、プリセット値のセットアップテーブルのメンテナンスを行うことで、製品の向先ごとに、品質の造り込み、造り分けが可能となった。

装入順は、搬送P/C経由で、ラインP/Cに伝送される。搬送P/

Cが3熱仕の物流を統括し、本酸洗ラインへのコイルの搬入、搬出を制御している。

3 ボックス堰スプレー酸洗

脱スケール方式として、当社は三菱重工業(株)との共同開発により、ボックス堰スプレー酸洗法を開発し、これを本酸洗設備に導入した。Fig. 4に酸洗による脱スケールの概念を示す。鋼板表面には粘性底層と、流れによって支配される境界層が存在する。スケールと酸液との反応過程は、これら粘性底層と境界層の中を通してスケールに達する水素イオンと塩素イオンの量によって支配される。したがって、粘性底層、境界層が薄いほど、反応が促進されることが分かる。また境界層は板の進行とともに、その厚さを増していくことが知られている。これらの知見より、ラボテスト、実機テストを経てボックス堰スプレー酸洗法の開発を行った。

ボックスは、薄いボックス槽とすることにより、自由界面をなくし、境界層の発達を抑える。堰は、ここを板が通過する際に、発達した境界層を断ち切る。スプレーは、堰と同じく境界層を断ち切るとともに、乱流状態とすることにより、熱伝達、物質伝達率を高めるといった効果がある。槽内の堰は、疵防止のため液体ベアリングを使った支持ロールを設置した。

Fig. 5に新酸洗法の酸洗槽を示す。本酸洗ラインでは、スプレー装置を将来増設可能なボックス堰酸洗槽を、3基用いることで、75 mという酸洗槽長さでありながら、中央速度 400 m/minを実現した。

Fig. 6に、従来酸洗ラインの酸洗槽長さ、中央速度の関係を示す。

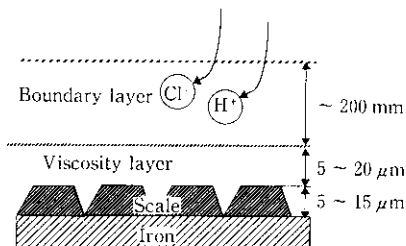


Fig. 4 Mechanism of pickling

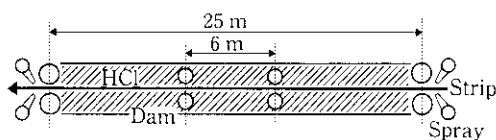


Fig. 5 New pickling method of No.1 pickling line

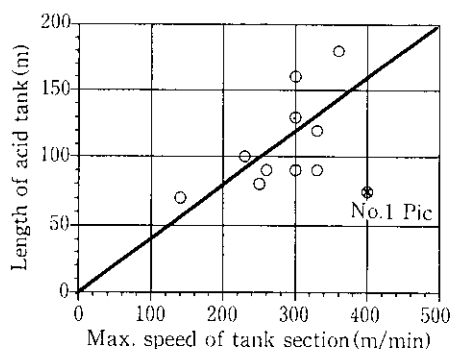


Fig. 6 Comparison of maximum speed of tank section and length of acid tank in each pickling line

す。従来技術から想定される酸洗槽長さと比較し、50%の長さの酸洗槽で、中央速度 400 m/min を達成している。これは世界最高速である。

4 自動化技術

4.1 入側自動化技術

(1) コイル尾端検出装置

ホットコイル巻取り状態でのフィッシュテール、タングを含むコイル尾端部を検出し、尾端停止位置を制御することにより、バンドカット後の尾端タレの防止を行うとともに、ペイオフリールでの自動口出し制御の準備をする。尾端検出には画像処理によるパターン認識方法を開発し、自動運転化を図った。

(2) バンドカッター

幅方向にバンド位置検出を行い、コイル外周に掛かった鉄バンドの自動切断を行う。

(3) メジャーリング装置

コイル外径測定、コイル幅測定、コイル内径穴検出を行う。ペイオフリールへの自動装入、自動搬送のための幅調整制御に用いる。

(4) コイルオープナー

ペイオフリールからのコイル先端口出しを自動で行う。まず、ウェッジにより口出しを行う。口出し後、先端部にコイルをピンチする装置を持ったアームによりコイルをピンチする。次に、アームがスイングし、コイルピンチ部を通板高さにあるピンチロールにまで引っ張り、ピンチロールにコイル先端部を挟みライン通板させる。

コイルの外径、幅、厚み、鋼種を問わず、これらの一連の作業を完全自動化した。

4.2 溶接の自動化技術

本酸洗ラインでは、高炭素鋼の酸洗も行うため、溶接強度の確保を考慮し、ライン入側にレーザービームウェルダを導入した。溶接機の制御については、先行板と後行板の板厚と鋼種により、溶接条件の標準化を行うことで、自動で溶接を行っている。さらに、高炭素鋼の溶接強度向上のため、高周波誘導加熱方式による後加熱装置を設置した。高炭素鋼溶接後、溶接部を加熱処理をすることで、溶接強度が向上する。また、異厚溶接による余盛り部の研削のため、ビードグラインダーを設置している。後加熱装置、ビードグラインダーともに上位からの設定により、自動で制御されている。

溶接性の確認には、溶接部の監視カメラとオンラインエリクセンテストを用い、ライン運転者がパルピットより監視している。

4.3 出側自動化技術

(1) サイドトリミング

サイドトリミングについては、板幅の変更、トリミング幅の変更を自動で行う。さらに、サイドトリミング後の耳屑処理として、耳屑をプレスにより四方角に成形し、スクラップとして払い出すベラー方式を採用した。これにより、従来多かった耳屑処理作業へのオペレーターの介入をなくした。

コイルのキャンバーなどに対しては、シミュレーションによるステアリング構造の解析、決定を行い、エンドの耳屑切れの防止を図っている。

(2) 出側テンションリールのスリーブ交換

ゴムスリーブの交換には、コイルカーに交換装置を付帯させ、常時スリーブを載せて置くことにより、自動で交換を行う。

(3) バンド装着, ID マーキング

出側でのバンド装着、コイルへのIDマーキングは、全て自動化されている。

4.4 自動合否判定

オフゲージなどの不良部の処置、板厚、板幅、伸率、出側重量などのライン実績、検査員の入力と上位から熟仕命令により伝送された合否判定基準により、ラインP/Cは、出側コイル単位に合否判定を行う。合格ならば、製品として出荷される。

4.5 ワンバルピット・ワンマン運転の実現

ペイオフリールとテンションリールを近接させたレイアウトとしたこと、さらに、本章で述べた自動化技術を導入したことにより、ワンバルピット・ワンマン運転を実現した。

5 品質厳格化への対応

5.1 スキンパスミルとテンションレベラー

本酸洗ラインでは、ワークロールベンダーを備えた4 Hi-スキンパスミルとテンションレベラーを設置し、急峻度0.1%以下という形状のフラット化を実現している。スキンパスミル、テンションレベラー、ブライドルロールの構成図をFig. 7に、スキンパスミルの仕様をTable 2に示す。本酸洗ラインは、スキンパスミル、テンションレベラーとこの2基の設備を挟む形で配置されているブライドルロールにより、伸率制御を行っている。伸率制御とは、ブライドルロールの張力およびスキンパス圧下力を変更することにより、鋼板の伸率を一定に保つ制御である。鋼板に対し、常に一定の伸率を付与することで、全長に渡り加工性に優れた、板厚、板幅ともに安定した品質の酸洗鋼板を得ることができる。

また、熱延鋼板の薄物化への対応として、薄物のスキンパスミルでの絞りを防止するため、センサー方式の蛇行抑制制御技術を開発し、導入した。この技術により、スキンパスミルでの蛇行、絞りを抑止することが可能となり、板厚1.2mmまでの全サイズの熱延鋼板を形状矯正しながらの高速酸洗を行っている。これにより、熟仕

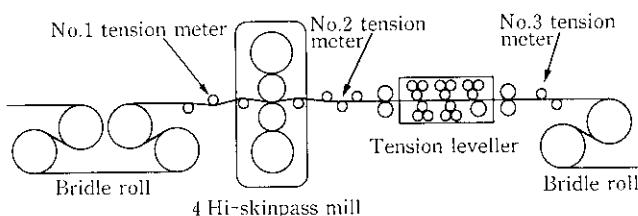


Fig. 7 Roll arrangement of skinpass mill and tension leveller

Table 2 Main specifications of 4 Hi-skinpass mill

Work roll diameter	(mm)	480
Back up roll diameter	(mm)	1 100
Max. rolling force	(t)	1 000
Max. roll-bending force	(t)	± 80

工程を1工程で処理している。Fig. 8に板厚2.0mm以下の薄物熱延鋼板の酸洗実績を示す。

テンションレベラーは、形状の矯正という機能に加えて、曲げ伸びにより、鋼板表面のスケールにクラックを発生させると共に、スケールと地鉄間に剪断力を与えることで、メカニカルデスケリングとしての機能も果たす。この機能により、従来と比較し、ホットストリップミルでのコイラー巻取り温度が高く、鋼板表面のスケール層の厚いコイルでは35%の脱スケール時間の短縮、巻取り温度の低いコイルでも、15%の脱スケール時間の短縮という効果が、実験により確認されている。

5.2 品質保証

(1) 出側板厚計

出側板厚計は、出側における鋼板の板厚保証、クラウン保証およびオフゲージカット用として、2台設置されている。1台はオフゲージカット用と板厚保証用として、鋼板センター部の板厚を連続的に測定し、1台は板厚保証用として、鋼板エッジ部に設置されている。

(2) 出側板幅計

出側板幅計は、出側における板幅の保証用として、鋼板の板幅を連続測定している。

(3) 検査台

バルピットには縦型の検査台が設置され、表面、裏面ともに同じ条件で観察できるようになっている。ここでは検査員の操作で、ライン減速、ライン停止が可能であることに加え、運転台とのワンバルピット化が実現しているため、ライン運転者と連絡を取りながら、品質優先の検査が可能な仕組みとなっている。検査員が不良部を発見した場合、検査台からの入力により、出側シャーで自動的に不良部のカットが可能である。このように、不良部の発見ラインが、不良部の処置をするという自己完結型の仕組みが構築されている。この仕組みにより、自ラインで不良部の処置を完了させることができるようになった。そのため、本酸洗ラインを最終工程とする製品の比率は、Fig. 9に示すように90%を超えている。さらに、通過工程の削減により、リードタイムも短縮した。

5.3 不良部の自動カット

本酸洗ラインでは、上位からの不良部カット指示に対し、オペレータが介入することなく、自動的に不良部をカットする仕組みを構築している。また、出側板厚計、出側板幅計で発見されたオフゲージ部分についても、出側シャーで自動的にカットを行う。さらに、検査台にて入力された、オペレータの不良部カット指示に対しても、自動的に出側でカットを行う。

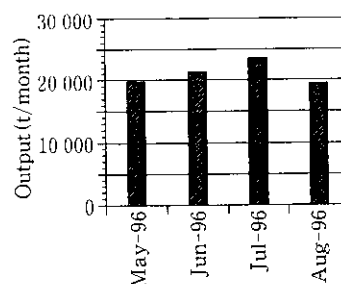


Fig. 8 Output of No.1 pickling line under 2 mm thick

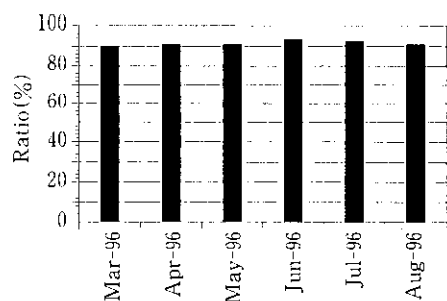


Fig. 9 Ratio of the coils directly delivered to shipping yard

5.4 高品質に対応するための設備

(1) プレッシャーロール

ペイオフリールからの払出し時、特に低炭材で発生する腰折対策として、ペイオフリールにプレッシャーロールを設置し、腰折の発生を防止している。

(2) 静電オILER

酸洗ライン出側には、静電塗油方式のオILERを設置し、均一塗油を実現している。

(3) 走間シャー

板厚計、板幅計で発見したオフゲージ部分、検査員入力による不良部分など、不良部の処置を本酸洗ラインで完結させるために、出側切捨情報をリアルタイムに出側シャーに反映させる必要がある。さらに、ライン速度の低下を最小限に抑え、出側での不良部のカットを行うため、ライン出側に走間シャーを設置した。これにより、出側ライン速度 40 m/min でのシャーカットを可能にした。

(4) ベルトラッパーとゴムスリーブ

出側巻取時コイルの内巻に発生するリールマークの防止のため、出側巻取時ベルトラッパーを用いている。また、テンションリールにはゴムスリーブを用いている。

6 結 言

千葉製鉄所の製鋼、熱延設備リフレッシュの一環として、No.1 連続酸洗設備を建設し、平成 6 年 1 月より稼動を開始した。その成果は以下の通りである。

- (1) 本酸洗ラインでは、世界最高速の酸洗ラインを実現するため、ボックス堰スプレー酸洗法を開発した。これにより、酸洗槽長 75 m で、中央速度 400 m/min を実現した。
- (2) 4 Hi-スキンパスミルとテンションレベラーの導入により、全長にわたり加工性に優れた板厚、板幅ともに安定した品質の酸洗鋼板を得ることができるようになった。
- (3) 薄物化への対応のため、蛇行抑制制御技術を開発した。これにより、板厚 1.2 mm までの薄物の高速酸洗が可能となった。
- (4) 不良部の発見、処置において自己完結型の酸洗ラインを造り上げ、高いレベルの品質保証とリードタイムの短縮を達成した。
- (5) O/C 上のセットアップテーブルにより、入側コイル単位に操業条件を設定することで、製品の向先単位での品質の造り込みと、その標準化が可能となった。
- (6) 様々な自動化設備、自動化制御を導入することにより、ワンバルビット自動監視運転を実現した。

参 考 文 献

- 1) 小川靖夫, 中村武尚, 北尾齊治: 川崎製鉄技報, 27(1995)3, 131