

棒鋼・線材の販売を通じて社会に寄与する、条鋼事業部

——条鋼事業部——



吉井省三

常務取締役
条鋼事業部長
小倉製鉄所長

はじめに

条鋼の基地であります小倉製鉄所は、1953年に住友金属工業(株)と小倉製鋼(株)との合併以来、44年の歴史を有し、条鋼に特化している鉄鋼一貫メーカーとして発展を遂げてきました。現在では、高炉から製品まで、効率的なプロセスで製造し、同時に、高炉・転炉鋼の長所である高潔性を生かして、品質、コストとともに競争力のある製品を需要家の皆様にお届けしております。

また、住友金属グループ内に、優れた二次・三次加工メーカーがあり、素材技術にとどまらず、伸線、熱間・冷間鍛造、切削加工技術なども合わせ、需要家の皆様に提供しております。

これまでに小倉製鉄所の条鋼技術としては、技術の先鞭をつけたものが少なくありません。例えば、日本でも初期に導入した純酸素上吹き転炉、日本で初めて導入された線材の高速ブロック圧延設備や棒鋼圧延用3方ロール、棒鋼製品の全自動ラインによる全数検査等があります。

また最近では、最新技術を集めた新連続鑄造機の設置、炉外精錬の増強、鋼片・棒鋼製品を全長保証するための全自動検査ラインの設置等により、多様化する需要家の皆様のニーズに応えて参りました。更に、需要家の皆様とともに新技術を開発するために、製品評価技術の向上に努めております。例えば、鍛造シミュレータ、遅れ破壊解明装置、加工熱処理再現装置、歯車試験機等を製品評価技術向上のために設置しました。

今後とも、「棒鋼・線材の販売を通じて社会に寄与する」ことを弊社条鋼事業体のモットーとし、需要家サイドでの製造プロセスも含めて、コスト削減に努力します。更に、高機能化、省エネルギー・省資源など条鋼製品への要望に関して、需要家の皆様から、より高い評価が得られるよう技術向上に邁進いたします。需要家の皆様をはじめ関係各位のなお一層のご支援を賜りますようお願いいたします。

1. 技術史総括および展望

小倉製鉄所を中心とした条鋼事業は、53年に住友金属と小倉製鋼が合併してから44年の歴史があり、次のように大きく二つの時代に分けて特徴づけることができる。

まずは合併から77年までの高度経済成長に支えられた設備増強と品種拡大の時代、次は73年と79年の2回のオイルショックに始まった低成長時代で、小倉に高級化実行委員会を設置して高級鋼化を進めた78年以降現在までの時代である。

両方の時代を通じて一貫しているのは、常にお客様のことを考え業容を拡大・変革を遂げてきたことである。

前半の時代には、スケールメリットを出して安く良い製品を出すために、上工程から下工程まで設備を新設・増強してきた。58年の全連続式線材圧延設備、61年の平炉から転炉設備への切り替え、62年の分塊圧延設備と連続ミルの導入、64年の転炉の炉容拡大、65年の第二圧延工場新設、70年の新鋭第二線材圧延設備である。設備能力の増大

に合わせ、世界新記録を更新する線材圧延速度アップ等による製造能率の向上により、生産量の増加がはかれた。線材コイルでは350kgの単重を1.5t、更にその後の80年には2tコイル化をはかり、これらはお客様の生産能率向上ならびに歩留り向上に寄与してきた。

新設備はそのたびに新たな品質の向上につながり、同時に新しい製品の拡大につながった。普通線材から始まって異形棒鋼、みがき用棒鋼、快削鋼、機械構造用棒鋼、溶接用線材、冷鍛用線材、高炭素鋼線材、低合金鋼材等であり、同時にお客様の業界も建設産業、自動車産業、産業機械産業へと、また国内のみならず海外市場へと広がっていった。快削鋼は66年に開発されてから大変好評で圧倒的なシェアを持った。機械構造用鋼(S C材)も全自動車メーカーに認められ、生産量は68年に業界1位となった。

後半の時代は、オイルショック以降の激しい世界経済構造変化の中、一層お客様の多様化するニーズに対応し満足していただける高品質な高級品を開発・納入してきた。78年から検討を始め81年に条鋼製品の高級化・高付加価値化

と新製品の開発・拡販の基本方針が打ち出された。多岐にわたるニーズを満足させるため土木建築用製品、自動車・産業機械用特殊鋼製品、油井関連製品、二・三次加工製品、新圧延技術適用製品（精密圧延材、加工熱処理製品）等の新製品が開発された。例えば省エネルギーのためお客様での熱処理省略可能な非調質鋼、直接焼きならし鋼や、米国で自動車の低燃費法案が出されたのをきっかけに燃費向上のため軽量化可能な各種の高強度鋼、油井関連では海上にリグを係留する高強度チェーン材や石油汲み上げのためのサッカーロッド等である。またお客様での加工のされかたも厳しいものとなり、それにつれて要求品質も高度化し、鋼材の非破壊検査装置の開発と日本で初めて棒鋼のオンライン全長保証装置が導入された。またトレーサビリティシステムを導入し、マクロな品質管理にとどまらず、上～下工程のどこにおいても鋼材の品質履歴が特定できるようになった。品質保証システムでは従来の JIS に加え、95年には ISO9002 が認定され、世界から信用される製鉄所に発展した。

上述の高級化・高品質レベルを達成するため既存のミルのリフレッシュ（改造）がなされ、新しい製造技術や品質保証技術が吹き込まれた。86年の棒鋼ミルリフレッシュ、92年の線材ミルリフレッシュ、93年の分塊工場近代化である。高炉・転炉鋼の特徴である清浄さを更に生かすべく溶銑予備処理設備を増設し、95年に新しい技術の粋を集めた第三連続鑄造設備でスチールコード用線材や弁バネ線材などの高級製品の更なる高強度化に対応できるようになった。

条鋼製品のほとんどがお客様で二次加工・三次加工される。お客様に満足いただくためには次工程の加工内容や要求特性を知ることが大切である。そのため二・三次加工技術の修得・開発のみならず、評価技術にも力を入れ96年には鍛造シミュレータも導入した。

近年、世界はボーダーレスの時代に入り、お客様のグローバル化に対応するためにも、住友金属グループも含めた条鋼製造技術、二・三次加工製品の海外技術支援や海外進出をはかりつつある。

小倉製鉄所は、高炉から製品まで一貫した品質管理のもと、高清浄な高級条鋼を製造しているコンパクトな、それゆえ非常に効率よく製造できる製鉄所である。今話題の環境保全については、都市型製鉄所と呼ばれるほど地域社会との協調を図り、地球環境に優しい製鉄所でもある。今後は、このクリーンな製鉄所から高炉・転炉鋼の清浄さを更に生かした高品質な製品を、お客様に安心し喜んで使っていただけるよう、技術開発に取り組んでいく。

以下の章にて特徴ある設備・プロセスについて紹介する。

2. 設備およびプロセス技術

2-1 高度経済成長時代の設備・プロセス技術

2-1-1 酸素上吹転炉（LD転炉）の適用

第1章で述べたように、小倉製鉄所においては、77年までの高度成長時代にスケールメリットを出して安くて良い製品を顧客にタイムリーに出荷するために設備の新設・増強を図ってきた。そのひとつとして、旧小倉製鋼時代の1916年以降続いた平炉法にかわり、61年5月に住友金属として最初の酸素上吹転炉法（LD転炉）を導入した。64年には炉容を70tに拡大し、順次基数増強を図った。これにより生産性は格段に向上し、64年度の生産量は107.5万 ton となり初めて、100万 ton を突破することとなった。一方、品質面では、高級キルド鋼の溶製等（合金鋼、バネ鋼、快削鋼、スチールコード鋼）条鋼製品の高級化に大きく寄与し、顧客にタイムリーに良い製品を出荷することができるようになった。

2-1-2 連続鑄造法の適用

更に品質の安定化（凝固組織、成分変動の均一化等）を満足するために、造塊法から連続鑄造法への転換を現在まで図っている。以下に各連続鑄造設備仕様を示す。

(1) 第一連続鑄造設備

67年8月に第一連続鑄造設備を建設し、82年3月、第一製鋼工場休止と同時に操業を停止した。

- a. 型 式：コンキャスト式弯曲型連続鑄造機（弯曲半径5.5m）
- b. スtrand：6 スtrand
- c. 鑄片サイズ：110mm 角
- d. 生産能力：30 000ton/月

(2) 第二連続鑄造設備

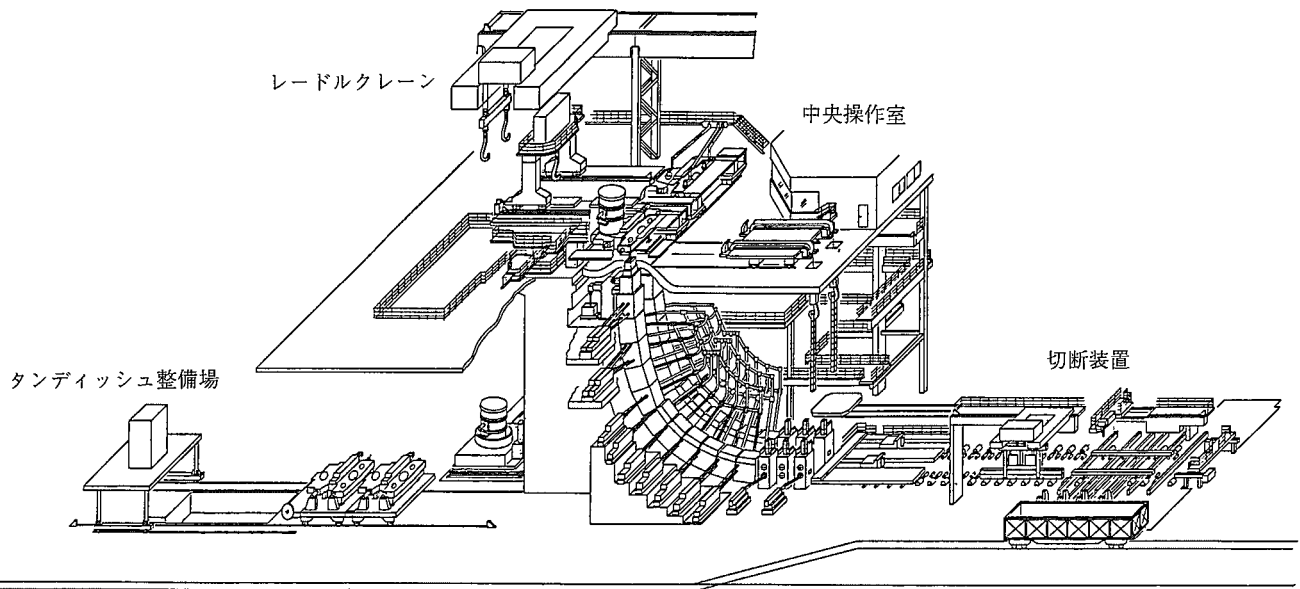
76年3月に第二連続鑄造設備を新設（鑄片サイズ180 mm 角、4 スtrand）し、更に高級化対応のため、81年10月鑄片サイズ300mm×400mm の3 スtrand・ブルーム連続鑄造に改造した。

- a. 型 式：住重コンキャスト式垂直曲げ型連続鑄造機（垂直部17m、弯曲半径9 m）
- b. スtrand：3 スtrand
- c. 鑄片サイズ：300mm×400mm
- d. 生産能力：60 000ton/月

(3) 第三連続鑄造設備

更に95年6月、内部品質の更なる向上を目的に第三連続鑄造設備を建設した。第1図に設備概念図を示す。

- a. 型 式：住友式垂直曲げ型連続鑄造機（垂直部2.2m、5点曲げ1点矯正）
- b. スtrand：2 スtrand



第1図 第三連続铸造設備概念図

c. 鋳片サイズ：300mm×400mm

d. 生産能力：50 000ton/月

2-1-3 品質向上のための分塊工場新設

(1) 分塊工場新設

当初、小倉製鉄所には分塊設備がなかったため、各圧延工場は小鋼塊から直接製品を圧延する方式を採用していた。この方式は、品質、能率および生産能力に限界があり、顧客の生産要求、および品質要求を満足できない状況であった。

そこで品質向上、生産量の拡大を目的に62年2月に分塊圧延機を有する分塊工場を新設した。

工場操業当時の設備概要は、

a. 均熱炉	アームコ型	2基
b. インゴットバギー		1台
c. 分塊圧延機	2重逆転式	1式
d. 大剪断機	850t	1基

であった。特に分塊圧延機は、ロール軸受けに我が国初めてローラベアリングを採用したものであった。

(2) 鋼片連続圧延設備

65年第二圧延工場の完成に伴い小断面の鋼片を大量に供給する必要が生じたため、分塊能力に不足を来すこととなった。また、小型鋼塊から直接圧延していた品種の中には顧客の品質要求を満足できないものがあり、これを鋼片に転換する必要があったので、連続式鋼片圧延設備の建設を行い65年1月に完成した。その後4基であった圧延設備を68年9月に6基に増設した。

圧延機は垂直・水平の交互配列、単独駆動方式を採用するとともに、短時間でロール替え、型替えが可能な高能率な圧延設備であった。

(3) 分塊工場ブルーム加熱炉

従来、連続铸造設備で生産されたブルームは均熱炉で加

熱されていたが、a. 加熱時間が長い b. 重油原単位が高い c. スケールロスが多い d. 長尺材が加熱できない等の多くの問題点があった。一方、分塊工場で圧延する材料は顧客の品質高度化に対応するために年ごとに連続铸造鋳片の比率が高まっていた。この問題点を解決するためにブルーム加熱炉を82年9月に新設した。

本加熱炉により、a. 重油原単位減少 b. スケールロス、クロップロスの減少 c. 炉修費の減少 d. 蒸気、電力原単位の減少等の大きな効果を発揮し低コストで生産することができるようになった。

2-1-4 小棒高品質化のための第二圧延工場の新設

60年代、小倉製鉄所の小棒製品は第一小形工場で生産していた。この第一小形工場は旧小倉製鋼時代の16年に設置した工場で、旧式設備のうえ、建設後長い年月を経過して設備の老朽化が甚だしく、高品質の製品を生産することが非常に困難となってきた。そこで、小棒およびバーインコイル(BIC)用ミルを設け、製品の品質向上、ならびに新製品の開拓を図ることになった。設計は小倉製鉄所とH社の合作による純国産技術による圧延設備であり、65年10月に操業を開始した。

量産と品質確保の両面より検討した結果、粗圧延機は水平ミルとした。第一中間圧延機は1ストランド圧延の場合は垂直・水平ミルとし、2ストランド圧延の場合は水平ミルとする兼用スタンドにした。第二中間および仕上げ圧延機は2系列の垂直・水平ミルとした。製品直径は

直棒：12.7～50.0mm D13～D51

BIC：13.0～38.0mm コイル単重：1 100kg

であった。

67年9月に製品の高級化を目指して特殊鋼ライン精整設備の拡充および熱処理設備も完成し、特殊鋼圧延工場としての体制が確立された。操業当初は1ストランド圧延で

あったが、69年1月から棒鋼の2ストランド圧延が開始され、更に7月からコイルの2ストランド圧延を開始した。

2-1-5 圧延技術の粋を結集した棒鋼工場新設

70年代に入り条鋼製品の販売量の伸びに伴い、(1)大型鉄筋用棒鋼生産体制の確立 (2)高級規格材生産体制の拡充 (3)棒鋼生産設備の合理化推進を図ることを目的に棒鋼工場の新設を計画し、76年3月に完成した。

その後81年11月ポーリングリール2基とコイル搬送設備1式を備えた世界最大のコイル設備を増設した。

(1) 棒鋼工場の特徴

棒鋼工場は住友金属の圧延技術の粋を結集して、顧客の品質要求に対応すべく、多品種、多サイズの高級品を高能率、高品質で生産することを主眼とした。

(2) 加熱技術

180mm角大断面ビレットを高能率で温度ムラなく焼きあげ、寸法精度や内質の均一性を保つため、250ton/hの能力を有する6帯式ウォーキングビーム式の加熱炉とした。

この結果抽出温度は安定し、品質のばらつきをミニマイズすることができた。

(3) 無張力圧延と精密圧延

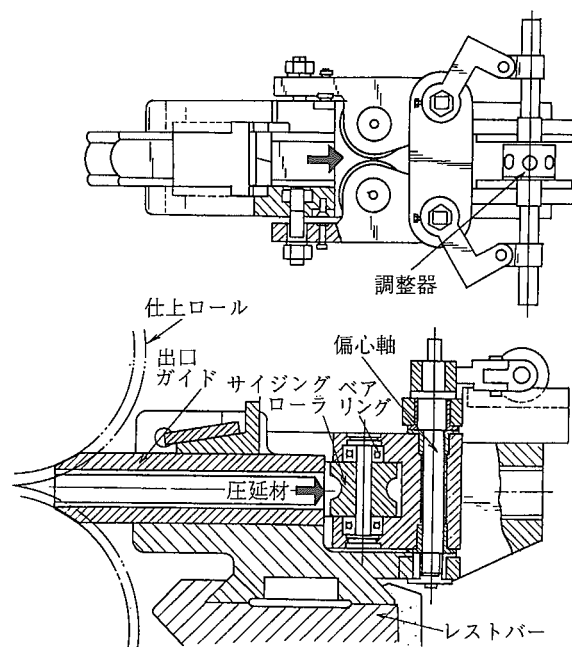
粗列連続8スタンドに、世界で初めての直接張力検出法による無張力制御システム(SNTC)を採用した。SNTCの採用および熱間寸法測定器の導入と、従来から有していた精密圧延技術(サイジングローラ装置)により、バーのみならずコイルまで寸法精度 $\pm 0.1\text{mm}$ の精密圧延が可能となり顧客での加工工程省略を実現した。張力検出器が装着された圧延機の構造を第2図に、サイジングローラ装置を第3図に示す。

(4) コイル設備

バーインコイル設備は2基のポーリングリールと3ゾーンの風冷設備を有しており、顧客のコイル製品径およびコイル単重のアップ要求を満足すべく、製品径50.8mm、コイル重量3tonの世界最大のコイルの生産が可能である。

2-1-6 世界最高仕上速度を有する第一線材工場新設

55年当時線材圧延機は17年に稼働したガレット式線材



第3図 サイジングローラ装置

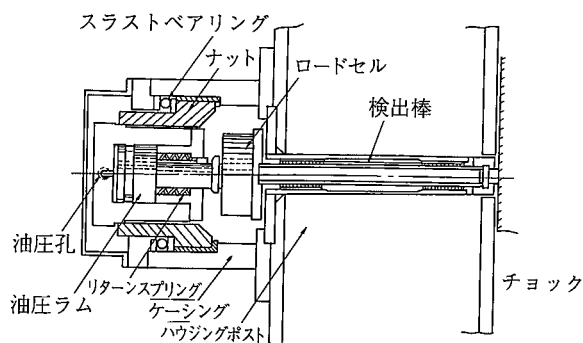
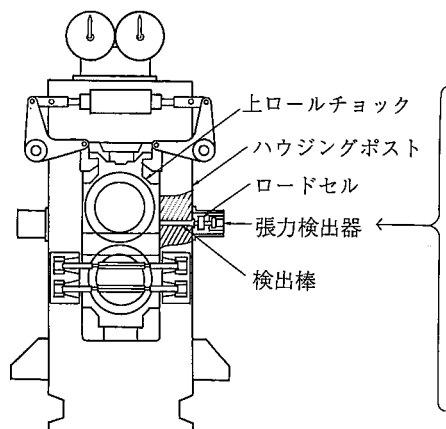
ミルであって、生産性は低く品質も劣っており、またコイル単重は80kgと小さく、顧客の要求を満足できなくなっていた。

(1) 型式の選定

57年3月、全連続式の第一線材工場の建設に着手した。当時、小倉製鉄所には分塊設備がなかったので600kg鋼塊を上工程の3Hiミルで圧延を行い、6基の連続圧延機を通して72mm角のビレットとし、長さを2分割して再熱のため保熱炉に挿入配置となった。

下工程の連続線材圧延機は、粗圧延機8基、中間圧延機6基、第一仕上圧延機2基、第二仕上圧延機6基の合計22スタンドの圧延機であった。製品は第二仕上圧延機で直径5.5~9.5mm線材を、第一仕上圧延機で直径10~13mmの線材を圧延する方式であった。

58年操業開始後66年には加熱炉を1基、中間圧延機を2基それぞれ増設して24スタンドとなり、直径5mmの製品



第2図 張力検出機が装着された圧延機の構造

圧延が可能となった。また、製品能力と精整能力増強のため自動結束機が設置された。

(2) 世界最高圧延速度の達成

58年操業開始当初は20m/sの仕上圧延速度であったが、その後設備の改善を行い、60年には30.5m/sという世界最高の仕上速度を達成した。更に66年の大改造後は一層仕上圧延速度が速くなり、ついに34.5m/sの仕上圧延速度を達成することができた。

2-1-7 最新鋭の第二線材工場新設

58年第一線材工場新設後10年の間に市場の様相は著しく変わり、需要面においては二次加工メーカーの設備合理化、および二次加工機械設備の改善により、種々の要求がおこった。すなわち、a. コイル単重の増加 b. 引き抜き材のバーインコイル化 c. ダイレクトパテンティング材の要求 d. 寸法精度、表面疵についての要求の厳格化等である。このような市場の要求に適合した線材を製造し得る設備を新設することを計画し、68年に着工した。

(1) 型式の選定

線材ミルの理想的な形式である垂直・水平配列、あるいは全ループ配列はループ調整のため、圧延速度は最大25~30m/sであり、また2Hi マルチストランド・ミルはスタンド間のねじりのため、圧延速度は最大30~35m/s程度であった。顧客の要求である普通鋼、中炭素鋼線材の量産およびコイル単重の増加を図るためにはこの速度の壁を破ることが必要であり、欧米において新型式の仕上ミルが試験機、あるいは実用機として63年ごろから提供されてきた。中でもM社のノーツイストミル(NTM)は実用機として唯一の設備であり、68年時点、各国で12プラントで稼働中または据え付け中であった。このミルの特徴として、

- a. 圧延材は1本通してねじらない
- b. 各スタンド間のテンションは一定の大きさが作用するように保たれる
- c. スタンド間距離が640mmで、上記テンションの影響を極めて小さく食い止めている
- d. 小径ロール(6inch)を使用することより圧延材の幅広がりを小さくしている
- e. タングステンカーバイトロールを使用し、カリバー寿命を1600ton/カリバー以上を確保できる

等が挙げられ、これらによって圧延速度50m/sの実現(その後、60m/s)、角寸100mm以上の鋼片の使用、寸法精度の確保(直径5.5mmで $\pm 0.12\text{mm}$)を可能とした。

(2) 操業開始およびその後の改造

70年10月ウォーキングハース式加熱炉、仕上圧延機にノーツイストミルを採用し、ステルモア冷却設備を有する最新鋭の線材ミルの操業を開始した。操業当初は2系列圧延であったが、顧客の要求の多様化に対応し、73年に4系列化、75年にポーリングサイズの2系列化(その後ポーリング設備は棒鋼に移設)、80年にコイル単重の2t化の改造を

実施した。

2-2 高級化時代の設備・プロセス技術

条鋼製品の多くは、加工度の高い用途に使われているが、近年顧客において加工工程の省略・高強度化等素材に対する更なる高纯净度化・均質化が要求されてきた。これらへのニーズに対応すべく以下の技術を開発した。

2-2-1 高纯净度鋼のための技術

(1) 内部品質均質化のための住友式垂直曲げ型マシンプロフィルの採用(第三連続 casting 設備)

条鋼製品の中でも高C、高S鋼は、内部割れ感受性の非常に高い鋼種である。そのため、連続 casting 時の曲げ歪みによる内部割れが発生し易く、その欠陥により棒鋼製品等で問題が生じることがある。また、非金属介在物の集積は、顧客加工段階での割れ・表面疵の発生要因のひとつに挙げられる。

そこで、この両者の問題を解決すべく、住友式垂直曲げ型マシンプロフィルを開発した。第4図にブルーム鑄片内の介在物集積状態を計算機シミュレーションにより検討した結果を示す。

モールドから2.5mの垂直部を有する垂直曲げ型マシンの適用により、鑄片内介在物の局所的な集積が減少している。更に当社独自開発の歪積算モデルを用い曲げにより発生する積算歪が各鋼種の内部割れ臨界歪以下になる住友式垂直曲げ型マシンプロフィルを設計し、第5、6図から分かるように、内部割れ感受性の非常に高い主要製品である高炭素鋼材においても内部欠陥が発生しなかった。

(2) 非金属介在物低減のための誘導加熱方式タンディッシュヒータの採用

条鋼製品の中で、特に介在物欠陥が問題となる高纯净度鋼(軸受鋼、スチールコード等)の対応として、連 casting タンディッシュ内での非金属介在物の積極的除去を実施している。

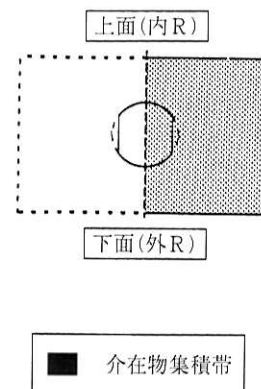
大型タンディッシュ適用によるタンディッシュ内滞留時間の延長およびタンディッシュヒータ適用によるヒータ用トンネル通過後の溶鋼上昇流とトンネル内で溶鋼に働くピンチ力の相乗効果により、第7図に示すように鋼中非金属介在物の大幅な低減を図った。

(3) 加工性向上のための低P・低S化と調質性安定化のための成分狭幅化

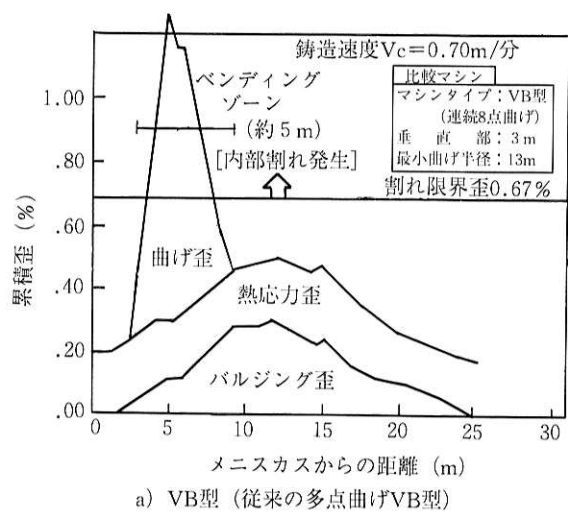
加工度の非常に高い材料を製造するために、溶銑段階でKR設備導入による脱P脱S処理を実施し、低P・低S化に対応している。

また、焼入れ等の熱処理で硬度のばらつきを減少させるために、二次精錬(VAD、LF)の増強を実施し、それを活用し成分狭幅化を推進している。

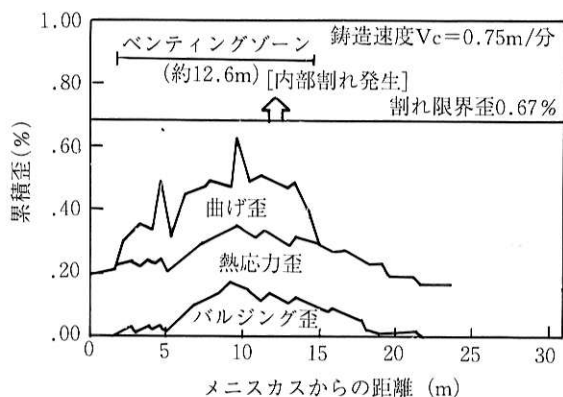
铸造速度	① 湾曲型 (湾曲半径：13m)	② 湾曲型 (湾曲半径：18m)	③ 垂直曲げ型 (垂直部：3m、 曲げ半径：13m)
1.2m/min			
0.9m/min			
0.7m/min			



第4図 ブルーム鋳片内の介在物集積状況

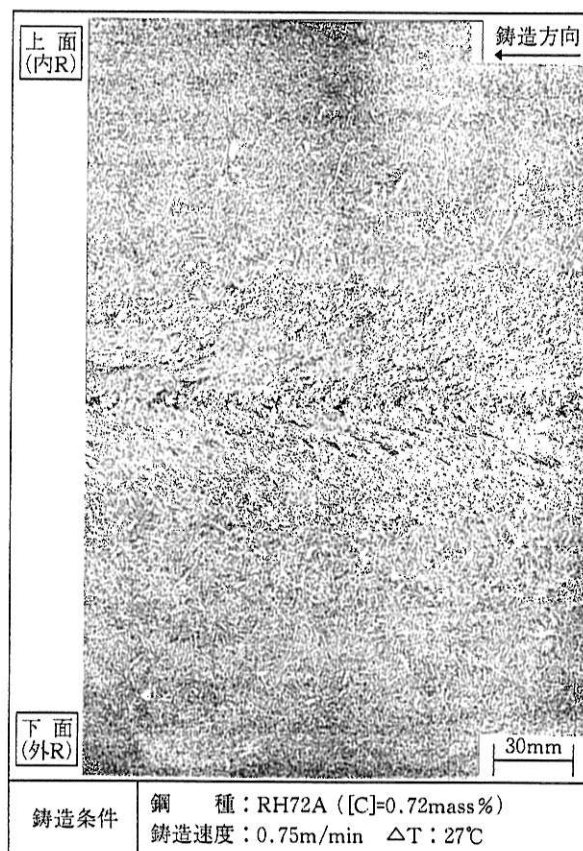


a) VB型 (従来の多点曲げVB型)

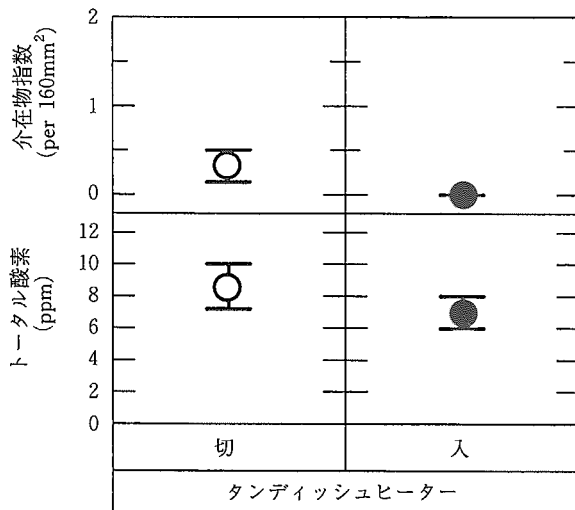


b) S-VB型

第5図 ブルーム鋳片内の歪積算状況



第6図 Hi-C材における鋳片縦断マクロエッチ写真 (鋳片1/2幅位置)



第7図 製品の清浄度 (Si-Alキルド鋼)

2-2-2 国内量産ミルで初めて三方ブロックミルを導入した棒鋼ミルリフレッシュ

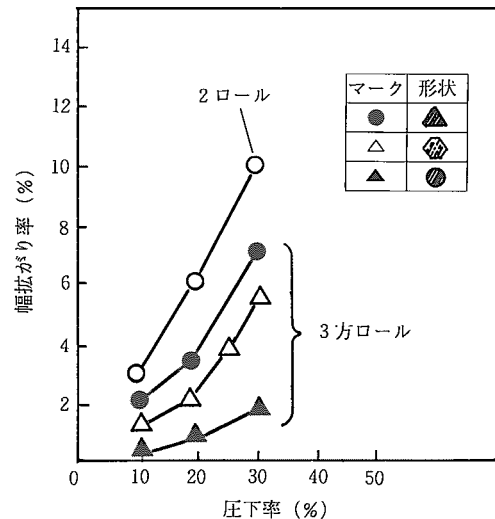
コイル製品の中でも中径サイズの直径13~18mmの表面品質の競争力が急激に低下してきた。すなわち、競合他社では、すべて垂直・水平式新鋭ミルで圧延を行い、高品質の製品を製造していたため、特に高付加価値品である、CHQ, SA, SC材にてその格差が著しくなったためである。

この問題を解決するためには、棒鋼工場の製品サイズ下限を直径19mmから直径13mmへ下げることが必要となり、そのためにスタンドの増設をすることになった。増設スタンドの型式については、種々検討した結果、三方ロールブロックミルを量産ミルとしては国内で初めて導入することとし86年12月に完成した。

このリフレッシュにより、直径13~18mmのコイルは棒鋼工場、線材工場の二工場で製造可能となり顧客納期にもフレキシブルに対応できるようになった。

(1) 三方ロールブロックミルの特徴

三方ロールブロックミルは、第8図に示すように圧下率による鋼材の幅広がり小さいという圧延特性を有しているため、圧延中の鋼材の寸法変動が製品寸法変動に大きく影響を及ぼさないという特徴がある。そのため、通常の減面率でも±0.15mm、ラウンドパスを採用したサイジング

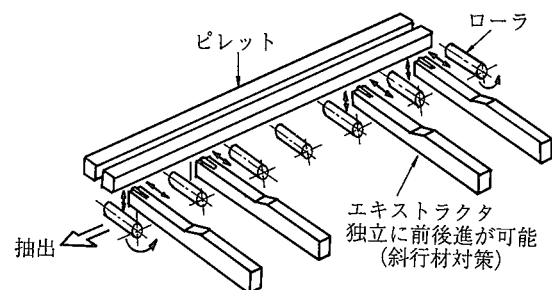


第8図 圧下率と幅広りの関係

圧延では容易に±0.10mmの寸法精度の圧延が可能となった。また、同一孔型で広範囲なサイズを圧延するサイズフリー圧延も可能となった。(第9図参照)

(2) 加熱炉抽出設備の改造

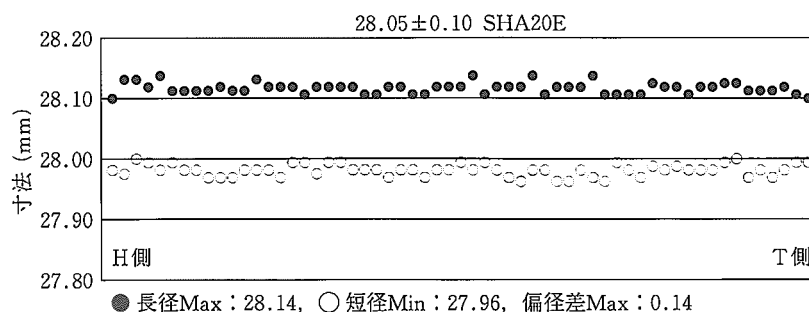
ミル増設と同時に表面品質向上の目的で、加熱炉抽出をエジェクタ方式から抽出ローラ方式に改造した。この構造を第10図に示す。



第10図 抽出ローラ概要

2-2-3 最新の技術を集大成した線材ミルリフレッシュ

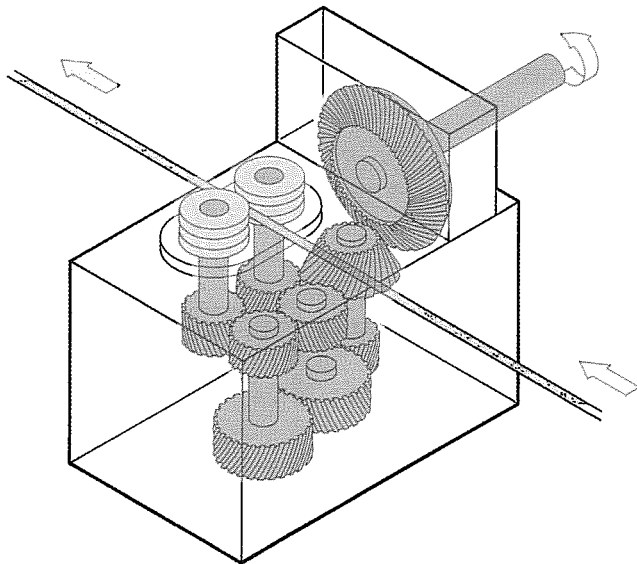
70年操業開始以来前述のように、顧客の要請に応じた設備改造、新技術導入を行って来た線材工場も設備の老朽化が進むとともに、従来以上に線材品質の高級化、高度化が



第9図 精密圧延の実施例

第11図 改造後の圧延ラインレイアウト (H=水平, V=垂直圧延機)

ドから2ストランドまたは垂直/水平の1ストランド可変へ変更し品質の向上を図った。特に中間列垂直スタンドは、既設の駆動系をすべて共用化して使用できる世界で初の片持ち垂直スタンドである。中間列垂直スタンドの概要図を第13図に、機構図を第14図に示す。仕上圧延機は圧延速度を60m/sから100m/sへ、モータパワーを2300kWから4300kWへとアップし生産性向上および制御圧延対応可能とした。



第14図 片持ち垂直圧延機の機構 (中間垂直スタンド)

(4) 水冷装置

内部組織の均一化、表面スケール性状の向上のポイントである水冷設備の特徴は、

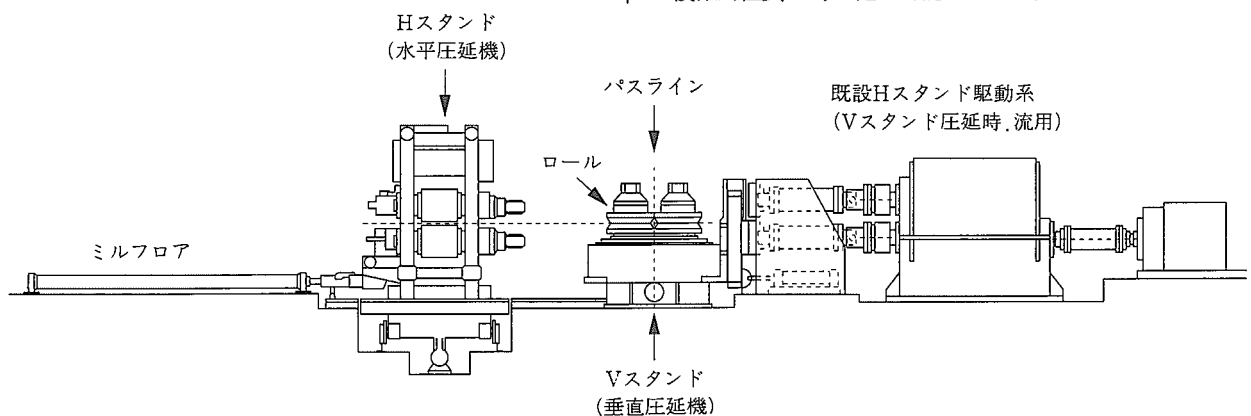
- 予備水冷帯、仕上水冷帯ともに、高速化対応および、制御冷却対応の目的で多段式冷却とし、水冷能力の増強、均一冷却を図った。
- ビジコンと予備水冷・製品水冷の二つのコンピュータにより、サイズ・鋼種ごとの水量プリセット、冷却カーブの自動設定などにより、ノーツイストミル入口目標 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 以内、巻取り温度目標 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 以内の制御が可能となった。

(5) 巻線機

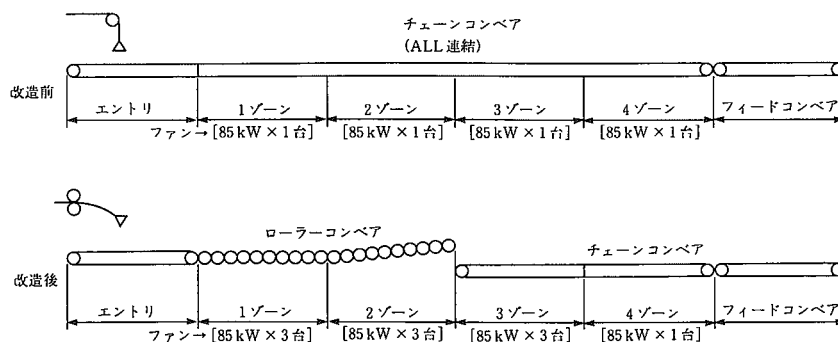
巻線機 (レーシングヘッド) の傾斜角は、新クランプ方式の開発導入により、振動を最小限に押さえ $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ まで可変で使用することが可能である。これにより、高速圧延のみならず、TMCP圧延対象としての低温巻取り、太径レーシングサイズの巻取りを一台のレーシングヘッドで実現可能とした。

(6) ステルモア風冷装置

第15図にステルモア風冷設備の概略図を示す。1, 2ゾーンはローラコンベアとし、均一冷却可能とし、3, 4ゾーンは、チェーンコンベアとし、リフォーミングタブへの安定搬送を可能とした。それに加え、風冷ファンを85kW、4台から10台へ増強した。この結果スケール性状の向上、機械的性質の均一化が可能となった。



第13図 中間列垂直圧延機



第15図 ステルモア設備

(7) 集積装置

2アームマンドレルタイプの集積装置とチャンバードアによる外径可変(1250~1320mm)により、コイルの内外径を拘束しながら集積することにより、荷姿向上を図った。

(8) 検査、精整ラインの効率化

線材工場の検査、精整ラインは、製品のオンライン処理と熱処理品、中間加工品等他工程のオフライン処理の両方を行うため、混流ラインとなっており作業が複雑でハンド作業も多く生産性も悪化していた。そこで、生産性の向上、物流の効率化を図る目的で、ラインの簡素化および作業の自動化等の改善を実施し、94年7月に完成した。

主な実施内容は、

- 完全自動荷姿修正装置開発による荷姿修正ハンド作業の自動化
- 高能率、多機能型結束機の開発による結束作業の効率化(コイル外径、高さを自動測定可能)
- 荷札シール貼り付けロボットの導入

である。

2-2-4 世界一の生産性を有する分塊工場

分塊工場の更なる生産性の向上とトレーサビリティシステムの実現を目的に、

- 徹底した自動化、機械化、遠隔化の追求
- 鋼片検査整備ラインの連続化、集中化による鋼片手入物流改善
- ピレットピース管理による品質、工程管理の徹底

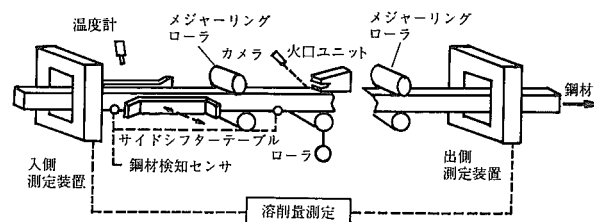
(1) 主な実施内容

主な実施内容は、

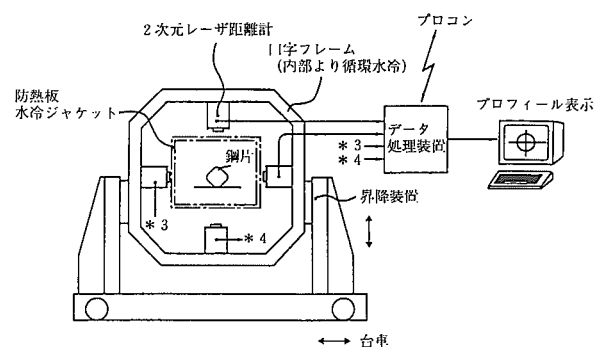
- 加熱炉装入スケジューリング
- 加熱炉自動抽出
- ホットスカーフ自動溶削
- 鋼片6連続ミル自動型替(95年に改善)
- プロフィールメータの新規採用
- ITV 鋼片自動探傷
- 一本ごとの鋼片トレーサビリティの確立

である。第16図にホットスカーフ自動溶削、第17図にプロフィールメータ、第18図に鋼片自動探傷、第19図に鋼片検

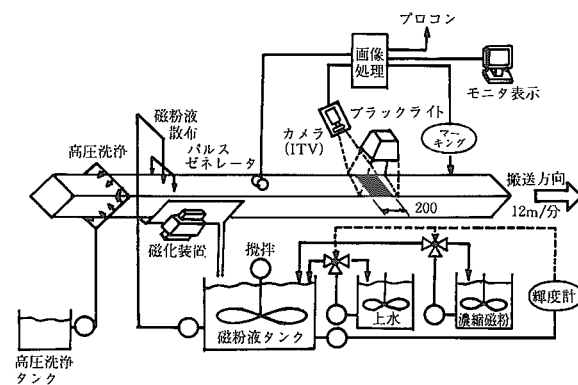
査手入りのライン化を示す。これらの改造により分塊工場は世界一の生産性を有する工場となった。



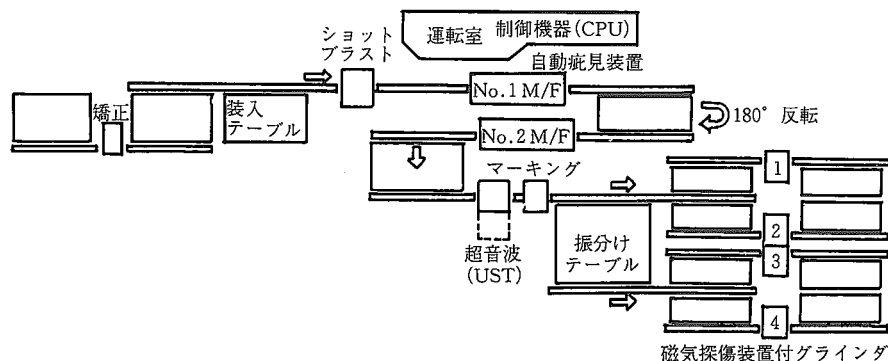
第16図 ホットスカーファ自動運転設備事例



第17図 プロフィールメータ



第18図 鋼片自動探傷

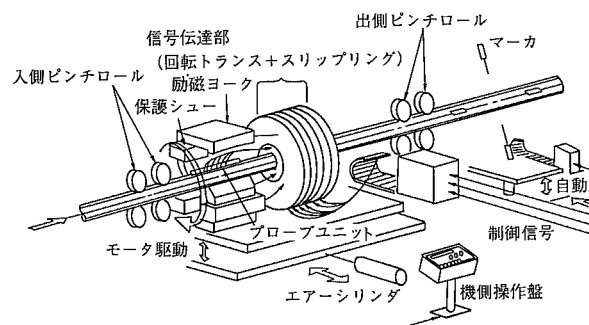


第19図 鋼片検査手入りのライン化事例

2-2-5 国内初の棒鋼検査、精整ラインの新設

棒鋼製品の高級化、高付加価値品種の拡大に対応した品質保証体制の確立と、徹底した検査の効率化を狙いとして、84年4月に条鋼業界の先頭を切って、検査、精整工程の全面的なライン化を行い、多くの先端的な自動機器を導入した。第2表に新設時の主要設備諸元と第20図に検査、精整工程を示す。

その後同ラインは処理量の拡大と検査グレードの向上につれて逐次、曲がり計、測長計、異材弁別器、マントロWフッククレーン、自動ラック等の新設備の導入、および検査性能の向上を行い、現在ではより完成度が高く生産性の高い全長保証検査、精整ラインとなっている。第21図に最近導入した回転型漏洩磁束探傷の構造と第22図に探傷性能結果を示す。

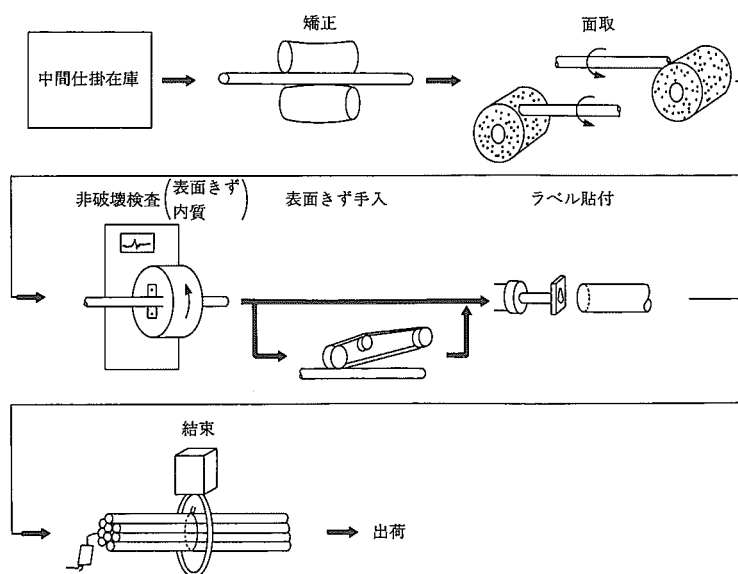


第21図 回転型漏洩磁束探傷装置の構造図

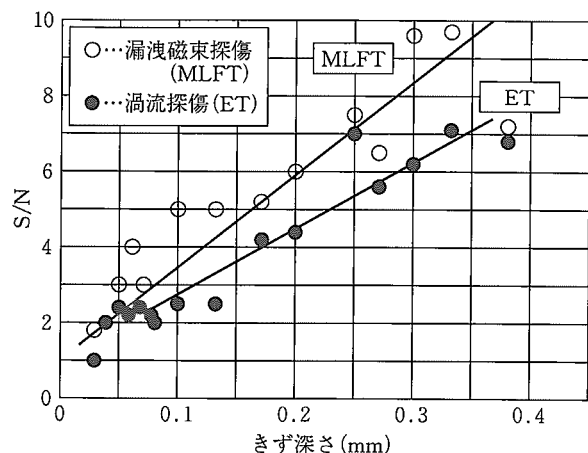
第2表 主要設備諸元

設備名	型 式	主 要 仕 様	基数
矯 正 機	多ロール式矯正機	縦型8ロール、速度：80m/min	1
	2ロール式矯正機	縦型2ロール	4
面 取 機	バイト切削式	カッターヘッド回転式	2
	砥石研削式	斜動ローラによる材料回転式	10
探 傷 機	SAM(注)システム	本体SAM——5ヘッド 端部SAM——2ヘッド	1
	渦流探傷機	プローブ回転型 速度：120m/min(MAX)	3
	超音波探傷機	プローブ回転型 速度：120m/min(MAX)	3
	軸通マグナ	軸通電蛍光湿式磁粉	2
ラベラー	端面ラベラー	印字：サーマル転写方式 側面ラベル搬送圧着方式	3
結 束 機	棒鋼自動結束機	ワイヤ結束	4

(注) Sumitomo Automatic Magnetic Bar Inspection System



第20図 検査、精整工程



第22図 探傷性能結果

2-2-6 顧客ニーズを満足するための研究開発および量産設備

当事業部の歴史の中で、昭和50年代になって初めて戦略的に取り組んだものに、二・三次加工の分野がある。もちろん、高度成長の時代にも熱処理設備等があったものの、本格的な条鋼事業の「高級化・高付加価値化」への取り組みは、79年の小倉研究室創設に始まると言ってもよい。

(1) ユニークなワークス・ラボ，小倉研究室（現，条鋼開発室）

79年に始まる小倉研究室は、以下の3本柱の開発・研究から成り立っていた。すなわち、a. 二・三次加工プロセスそのものの開発（中間加工伸線やZn—Caボンデ処理等）、b. 加工メーカー対象のプロセスや製品開発（CHQメーカー向けのオンライン・ボンデ処理や伸線メーカー向けの特別高強度電力輸送用鋼芯強化アルミ導電線等）およびc. 材料開発・製品開発（PC鋼棒や非磁性鋼線等）である。

小倉研究室の大きな特色は、材料研究者と加工研究者との一体化および基礎研究と実用研究とがバランスよく併存していることであった。したがって、研究設備も試作可能な実機設備が多く導入された。これらの内、製鉄所として量産化の目処が立った設備（PC鋼棒や中間加工線）から、順次、小倉製鉄所へ移管され、他の設備と併せて「加工工場」となった。

なお、現在の条鋼開発室は、二・三次加工開発の役割を終了し、96年より小倉製鉄所の製造プロセス開発・研究に特化している。

(2) シーズからニーズへの節目を先取りする加工工場

第3表に、加工工場の概要を示す。これらの加工工場は、95年の組織異動によりステンレス棒鋼を除き線材工場に移管された。加工工場を創設した当初の理念、すなわち、材料開発にはじまり納期確保に至る一貫した顧客サービスは、勿論、途絶えることはない。その後、伸線加工工場（92年、当製鉄所内に関係会社として設置）や立体倉庫（96

年、出荷待ちの製品を格納）等に見られるように常に顧客の立場に立って行動している。

第3表 加工工場の製品

工場名	製品(品種)/付加価値	二・三次加工技術
PC鋼棒	PC鋼棒	表面模様加工技術，温間矯正技術，潤滑技術
中間加工線	表面疵全長保証線材	デスケール技術，伸線技術，渦流探傷技術
熱処理	棒鋼・コイルの熱処理 棒鋼曲がり矯正	熱処理技術（球状化焼鈍，焼入れ，焼戻し） 矯正技術
スミネジ	スミネジ・パーの切断・曲げ加工，検査	切断・曲げ加工技術
特殊ワイヤ	軸受鋼やステンレス鋼の酸洗 非磁性ワイヤ酸洗・伸線	酸洗技術，伸線技術

2-3 将来展望

以上述べてきたように、小倉製鉄所は各時代を通じ、常に顧客のニーズに対応し、最新の条鋼の製鋼・圧延技術を開発、導入してきた。今後は、次に述べる重点事項を推進し、更に顧客に満足していただける製品を供給していく所存である。

- (1) 二次精錬処理設備（VAD，LF等）や第三連続铸造機を中心に、超清浄鋼製造プロセスや連続铸造材内部品質（偏析等）の更なる向上
- (2) 小ロット対応技術の推進
- (3) 線材，棒鋼の直接軟化技術の向上
- (4) コイルの熱間全長保証技術の開発
- (5) 線材，極太丸のフリーサイズ圧延技術の更なる向上
- (6) ビレット，製品の自動探傷機器の更なる精度向上と新探傷技術の開発

3. 製品とその紹介

3-1 製品技術の流れ

3-1-1 設備増強と品種拡大（53年の合併から80年頃まで）

この時期は小倉製鉄所での製造設備の新設・増強時期であり、小倉製鉄所の粗鋼生産量は合併当時の18万t（53年）からピークの187万t（76年）へと実に10倍以上に拡大した。製造品種面でも無規格鋼材主体から高級特殊鋼条鋼へと大きく転換してきた。この時期の主なトピックは以下のとおりである。

- (1) 構造用鋼：高効率の転炉製鋼法による高品質の特殊鋼製造技術確立を進め、自動車産業をはじめ造船・機械メーカー等から高い評価を受けるに至った。特に、65年のJIS規格改正により転炉法による構造用鋼の製造が認められて

からは販売量も大きく伸びた。この結果68年には機械構造用炭素鋼棒鋼の生産量は業界1位となり、従来専業特殊鋼メーカー主体であった構造用鋼分野の地図を大きく塗り替えるパイオニアの役割を果たした。

(2) 快削鋼：当社は経済の高成長時代にその需要が急速に拡大すると予想された快削鋼の開発にいち早く着手した。66年に商標「スミカット」で販売が開始されたセミキルド系硫黄快削鋼はその優れた機械加工性により切削ナット用などで磨棒鋼市場を中心に大きな反響を呼んだ。その後、鉛快削鋼、複合快削鋼とその体系化を着実に進め、更に機械構造用快削鋼の開発も進めた。

この結果、当社は快削鋼分野での地位を不動のものとし快削鋼のJIS規格化に際しては中心的な役割を担うこととなった。

(3) 高級線材：小倉製鉄所での新鋭圧延工場の新設に伴い、線材分野でも製造品種の高級化が進められた。高炭素鋼線材では直接パテンティング技術を活用したスチールコード用線材、清浄性・表面品質が重要な弁ばね用線材等高級線材の量産が70年以降開始された。冷間鍛造用線材の分野においても、69年にリムド鋼からボロン鋼、低合金鋼までを網羅した体系化が完了し、顧客からの幅広いニーズに対応できる体制が整備された。特に土木・建築用高力ボルトの分野では、軟化処理せずにボルト成形を可能とする低炭素系ボロン鋼「SBRシリーズ」が開発され、関連会社を中心に生産される「住友ハイテンションボルト」は73年には業界で首位の座を占めるに至った。

(4) 異形鉄筋：建材分野では62年のJIS規格制定とともに異形棒鋼の生産が開始され新幹線工事用等に大量に使用された。更に同年には高張力異形鉄筋「スミバー」が商品化され、諸官公庁・公団向け等の土木工事用途あるいは建築が盛んになり始めた高層ビル等への採用が増加した。その後、構造物の大型化に対応するために鉄筋の太径化が推進され70年には直径51mmの太径異形鉄筋「スミバーD51」が開発された。更にナットで容易に接合ができ、作業性が大幅に改善される「スミネジバー」(表面にねじ状の模様を付けた鉄筋)が75年に商品化され、引き続き施工性に優れる「グラウト継手法」も開発された。これにより、スミネジバーは原子力発電所プロジェクトなどでの使用が拡大した。

3-1-2 多様化する顧客ニーズへの対応(80年頃以降)

二度にわたるオイルショック、あるいは貿易摩擦、急速な円高進行、生産システムのグローバル化など世界経済は大きく変化してきた。更に、安全性向上、環境調和などへの社会的関心も高まってきた。これらに伴い、鋼材を取り巻く環境の変化も激しくなり、顧客ニーズも多様化してきた。当社では、これら多様化し、かつ変化の激しい商品ニーズに積極的に対応して、各種新製品・新技術の開発、評価・試験技術の拡充、あるいは、ばらつきの少ない高品質

条鋼の安定供給体制の整備などを推進してきた。主要項目のいくつかについて以下に紹介する。

(1) 部品の低コスト化への対応：部品の製造コストの低減は止まることのない課題であり、特に近年では国際競争力確保の観点よりその重要性が増大している。棒鋼・線材の用途では、圧延鋼材から完成部品に至るまでの加工工程数が多く、コスト低減のアプローチの代表的なものとして、工程省略が挙げられる。なかでも熱処理省略は古くより検討が進められ、当社においては、制御圧延を活用した直接焼きならし鋼「DN鋼」を79年に、更にマイクロロイングを活用した高強度非調質鋼(焼入れ・焼戻し省略鋼)を80年に、それぞれ業界に先駆けて商品化した。非調質鋼については、熱間鍛造用基本鋼を始めとして、直接切削用、高靱性型、高耐久比型、冷間鍛造用などのシリーズ化を進め、その適用用途は自動車・産業機械用を主体として、大きく拡大した。また、固溶C、固溶Nを低減し、加工硬化を抑制することにより冷間鍛造時の焼きなまし処理を省略できる耐歪時効Alキルド鋼「SNHシリーズ」も実用化された。更に近年では、変形能を阻害せずに鋼材の焼入性を向上することのできるボロン鋼の採用により、冷間成形前の軟化処理を省略することが8T~10T級自動車用ボルトでも急速に進んでいる。高炭素鋼線材の分野でもスチールコードの加工工程での中間パテンティング処理の省略、弁ばね用ワイヤの加工時の軟化処理の省略などに対応するため、伸線加工性の向上を目的とした鋼材の中心偏析の低減あるいは制御圧延による組織制御技術の確立が進められた。

高寸法精度を有する精密圧延材の適用による引抜き加工、あるいはピーリング工程の省略も進められてきた。当社では、77年に開発された当社独自の棒鋼の無張力圧延技術や、86年に国内で初めて棒鋼ミルに導入された三方ロールブロックミルを活用して精密圧延棒鋼が商品化された。また、最近では、精密圧延線材の実用化も進められている。

経済的な鋼種の適用によるコスト低減も検討されてきた。代表例が各種ボロン鋼の実用化である。ボロンは微量添加により焼入性の向上が図られる元素であり、合金元素低減に有効な手段である。特に77年のMo価格の高騰を機に、自動車・産業機械の重要保安部品へもCrMo鋼の代替としてボロン鋼の適用が進められた。当社では、前述のボルトへの適用だけでなく、トラックのミッションギア用、あるいは自動車の足廻り部品用にもボロン鋼を実用化した。ボロンはその経済性だけでなく、低温焼戻し時の靱性改善効果も認められており、この面からの活用も進められている。

部品の加工工法の変更も、コスト低減の手段として注目されてきている。例えば、熱間鍛造の冷(温)間鍛造化による効率化・高精度化(チップレス化)や、鍛造の組み合わせ活用による複数部品の一部品化などである。これらは塑性加工の過酷化につながるもので、加工技術の開発とともに、鋼材の品質改善(表面性状、寸法精度、加工性など)

も図られてきた。

(2) 高機能化・高性能化への対応：自動車の高出力化・軽量化のための部品の高強度化や、騒音低減のための部品の高精度化を始めとして、高機能化・高性能化へのニーズも新製品・新技術開発の重要な課題であった。まず、高強度化・長寿命化対応例としては、浸炭異常層の低減や粒界強化を目的として材質設計した高強度歯車用鋼「スミアロイシリーズ」の開発・実用化があり、歯車の長寿命化に貢献した。複合熱処理（浸炭・高周波焼入れ・焼戻し）を活用した歯車の強化技術も検討された。更に、建設産業機械用の高強度高靱性鋼「HITS 鋼」や、寸法精度と高疲労強度を両立させた歯車用軟窒化鋼「スミタフナイト」、あるいは耐遅れ破壊性を向上させた12T 級以上の高強度ボルト用鋼も実用化された。この高強度ボルト用鋼の開発に際しては、当社の耐遅れ破壊性評価技術が活用された。また、石油掘削リグ係留用大径チェーンの高強度化にも対応し、信頼性・経済性に優れる1000N/mm²級鋼材を開発し、81年に世界に先駆けてノルウェー船級協会の認定を取得し、量産化を開始した。

部品の信頼性向上に寄与する製造技術確立も精力的に進められた。連続鍛造技術と VAD 設備での炉外精錬技術の組み合わせにより、スチールコード用線材、弁ばね用線材、軸受鋼などでの高纯净鋼製造技術が確立され、また、歯車用には焼入性狭幅管理鋼も量産化された。

(3) 新規分野への展開：鋼材の市場が多様化していくなかで、顧客ニーズに合った製品を供給するために、新規分野への展開も進められた。冷間鍛造部品の適用拡大に伴う品質要求の高度化に対応するため、全長表面疵保証した高級冷間鍛造用線材（中間加工線）を82年に商品化し、顧客の高い評価を得た。建材製品の分野でも、当社独自の加工法を採用した低レラクセーション性PC鋼棒「スミウェルスーパー」を81年に開発・実用化した。更に、建築物の耐震性向上に有効な高強度せん断補強筋「ストロングフープ」も90年に建築大臣一般認定を取得し、量産を開始した。エネルギー関連分野では、石油採油に用いられるサッカーロッドの完成品の製造を83～87年の間、実施した。

新たな鋼材品種への展開としては、リニア新幹線実験線などに用いられる非磁性鋼、あるいはステンレス線材分野への進出が図られた。

(4) 加工熱処理技術の進歩：鋼材に対するニーズが多様化していくなかで、熱間圧延段階で所定の性能を付与（造り込み）する加工熱処理技術の開発も進められた。加工熱処理技術を最大限に活用した例としては、高強度鉄筋USD685の開発が挙げられる。この鉄筋は耐震性の観点より、従来鉄筋に比べて厳しい性能が要求されている。当社では加工熱処理技術とマイクロアロイングを駆使することにより、この鉄筋の量産技術を確立した。その他、低コスト化対応では、前述の直接焼きならし鋼「DN鋼」や直接

切削用高強度非調質鋼などがあり、いずれも棒鋼圧延条件を制御することにより組織の微細化が図られた。線材でもスチールコード用などの高炭素鋼線材において、高加工性を付与するために組織制御・スケール制御を目的とした制御圧延・制御冷却技術が確立された。また、冷間鍛造用線材の直接軟化（焼きなまし省略・簡略化）やボロン鋼などでの析出物制御を目的とした加工熱処理技術の実用化も進められている。

(5) 評価・試験技術の拡充：「鋼材メーカーから最終需要家までのトータルプロセスのなかでの最適品・最廉品の追求」が指向されていくなかで、鋼材メーカー、部品メーカー、最終需要家が連携を密にした新製品・新技術開発の重要性が増大してきた。当社でも、従来の鋼材の試験技術にとどまらず、加工法・部品性能など顧客の立場に立った評価技術の拡充を図ってきた。小倉製鉄所においても、電子顕微鏡、X線回析装置などの先端的な汎用試験機に加えて、動力循環式歯車試験機、落錘式衝撃疲労試験機、ローラーピッチング試験機、高温転動疲労試験機、加工熱処理再現試験装置、鍛造シミュレータ、耐遅れ破壊性評価装置（昇温式水素分析装置、定荷重遅れ破壊試験装置）、電子ビーム溶解法清浄度評価装置などの特殊試験機を導入してきており、顧客と連携した新製品・新技術開発の加速化、精度向上に大きく寄与してきた。更に、FEMなどのコンピュータ解析手法や計測技術を活用したシミュレーション技術の進歩（歪み分布予測、温度予測など）も、開発の加速化、精度向上への貢献度が高くなってきた。

3-1-3 将来展望

鋼材に対するニーズはますます多様化し、「鋼材メーカーから最終需要家までのトータルプロセスのなかでの最適品・最廉品の追求」が進められる。したがって、顧客の立場に立った評価・解析技術の拡充、顧客と連携を密にした新製品・新技術開発の重要性がますます増大する。当社としても、引き続き、グローバル化が進む市場のなかでリードでき、かつ顧客の満足度の高い製品・技術の開発を進めていきたい。

廣内鐵也／小倉製鉄所 技術部 次長

坂本雅紀／小倉製鉄所 開発部 室長

百田陽一／小倉製鉄所 分塊工場 工場長

木戸敦司／小倉製鉄所 条鋼技術室 参事

三島健士／小倉製鉄所 製鋼工場 参事

（問合せ先） 廣内 TEL：093(561)8095 FAX：093(591)3930

条鋼事業部関係年表

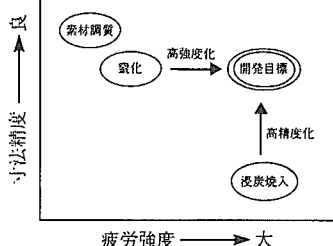
年代	歴 史 背 景	製 品 開 発	設 備 ・ プ ロ セ ス 開 発
1953 1955 58 59 1960	・ 住金と小倉製鋼合併 高度経済成長 ↓ 大量生産→コストダウン	・ JIS軟鋼・高炭素鋼線取得	・ 第一線材工場新設 (全連続式)
61 62 63 64 1965 67 68 69 1970	○設備増強 ○品種拡大 (東京オリンピック) (日本万博開催)	・ 鉄筋スミパーJIS取得 ・ JIS S C材取得 ・ 磨棒の社内規格化 ・ 快削鋼スミカット開発 ・ 鉛快削鋼の開発 ・ S C材 カーメーカーへ納入 ・ C H Q体系化 ・ 弁バネ用線材輸出	・ 転炉操業開始(第一製鋼) ・ 分塊工場新設 ・ 第二圧延工場新設 ・ 連続鋳造開始(第一C C) ・ 第二製鋼工場新設 ・ 第二線材ミル新設(ノーツイストミル)
71 72 73 74 1975 76 77	(ドルショック) (日本列島改造論) (1次オイルショック) (日米鉄鋼摩擦) (1次円高)	・ スチールコード用線材量産 ・ JIS ピアノ線材取得	(ステルモア設備) ・ 棒鋼S A M検査設備開発 ・ 棒鋼工場設備新設(SNTC) ・ 第二C C稼働(180角ビレット)
78 79 1980	(2次オイルショック) (日米自動車摩擦) 高炉一貫の条鋼特殊鋼の製造体制の確立	・ インライン潤滑技術の開発 ・ 棒鋼D N圧延技術確立 ・ 無張力圧延法/大河内賞 ・ 非調質鋼量産開始	・ 第二C C(ブルームC C化) ・ 高炉1基体制 ・ 製鋼V A D設備新設 ・ 小倉研究室の設置 ・ 線材連続熱処理炉新設
81 82 83 84 1985 86 87 88 89 1990	↓ ○多様化するニーズへの対応 ○省エネ対応 →工程省略化 →高強度化 (1985プラザ合意) ↓ (バブル崩壊)	・ 50.8mm×3t世界最大コイル ・ サッカーロードAPI認定 ・ DNV K4RIGチェーン認定 ・ JIS 軸受鋼取得 ・ ボロン鋼の開発 ・ TMCP圧延技術確立 ・ 耐遅れ破壊鋼ADSの開発	・ 中間加工線材・PC鋼棒製造 ・ 分塊ブルーム加熱炉新設 ・ 棒鋼自動全数検査ライン稼働 ・ 棒鋼ミルリフレッシュ(3方ロール) ・ 物流効率化システム開発 ・ サイズフリー圧延技術確立 ・ Short Time Cycle炉新設
91 92 93 94 1995 96 97	○マーケットイン ○品質保証技術向上 (地球サミット) (価格破壊) (円高・空洞化) ○グローバルバージョン ○V A品種の開発促進	・ 高強度高靱性鋼(HITS)開発 ・ 軟窒化鋼の開発 ・ ISO 9002認定 ・ 鍛造シミュレータ導入	・ 線材ミルリフレッシュ(HH/HV両用) ・ 梅鉢小倉完成 ・ 分塊工場近代化(ピース管理) ・ 第三C C設備新設 ・ 検査/回転型漏洩磁束探傷導入 ・ 立体倉庫新設

低歪高耐久軟窒化鋼・スミタフナイト

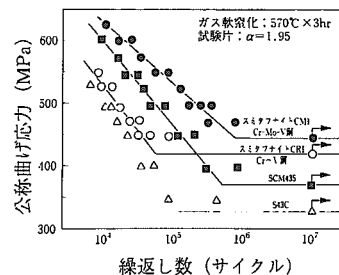
自動車のエンジンの高出力化、燃費効率向上を目的とした部品の小型化・軽量化、更には静粛性向上のため、エンジンや駆動系に用いられる歯車には高い疲労強度と寸法精度が要求される。従来より、これらの歯車は、表面硬化処理（浸炭焼入）または調質処理を施し使用されるが、浸炭焼入歯車では浸炭焼入時の寸法精度改善が、調質歯車では疲労強度改善が、各々重要な課題となっている。このうち、表面硬化処理時の寸法精度を改善する方法として、浸炭焼入に比べて処理温度が低く熱処理歪みが小さい利点をもつ軟窒化処理があるが、通常の材料に軟窒化処理を施しても疲労強度向上効果が不十分である。そこで、第1図に示す開発目標のもと、高疲労強度と高寸法精度を両立させた軟窒化鋼を開発した。

【特徴】

- (1) 軟窒化処理による硬化深さおよび表面硬さを増大させるため、1% Crと0.1% Vを添加し、更に、Alの添加量を調整した。
- (2) 良好な軟窒化特性を有するベイナイト組織に調整し、かつ、安定した芯部硬さを得るために0.2% Moを添加した（スミタフナイト CM1）。
- (3) 開発鋼は、他の軟窒化処理した鋼に比べて高い疲労強度が得られる（第2図）。これは開発鋼の優れた硬化特性とそれに伴って形成される高い圧縮残留応力によるものと考えられる。



第1図 歯車の疲労強度と寸法精度の関係における開発目標の位置付け



第2図 軟窒化鋼の疲労強度

第1表 開発鋼の特徴

鋼種	特性	熱処理精度	製造	歯元疲労	歯元衝撃	歯面疲労	経済性	化学成分の特徴
スミタフナイトCM1	◎	小	◎	△	△	◎	◎	Cr-Mo系ベース+特殊元素
スミタフナイトCR1	◎	大	◎	△	△	◎	◎	Cr系ベース+特殊元素

(SCM420対比 ◎: 効果大 ○: 効果有り △: 効果小)

問合せ先：黒川／TEL093(583)6545 FAX093(591)3930

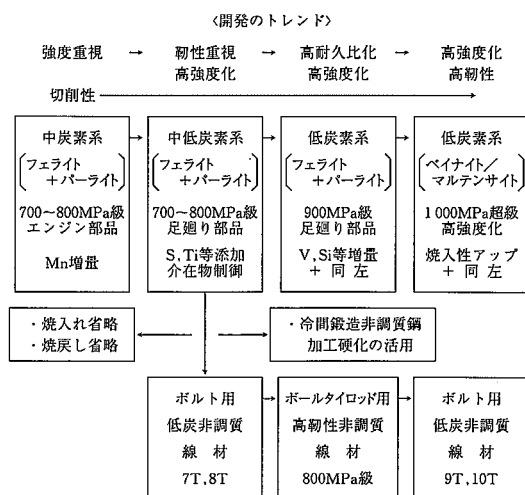
高強度非調質鋼

自動車および産業機械用の高強度部品は従来、調質処理（焼入れ・焼戻し）を施して、所定の強度・靱性を得ていた。当社では、省エネルギー・原価低減の観点から、この調質処理の省略にいち早く取り組み、各種の高強度非調質鋼の開発・実用化に成功している。現在は、その用途も多岐にわたるようになり、熱処理コストの低減はもとより、

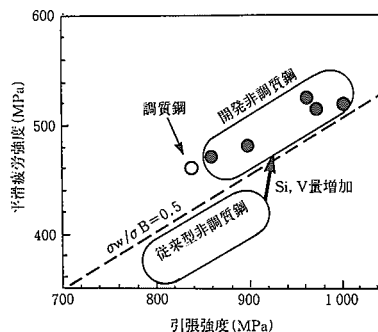
熱処理歪みの低減、工程省略による在庫圧縮、横持ち作業の軽減、納期短縮などの派生的なメリットも大きい。

【特徴】

- (1) 第1図に非調質鋼の開発の流れを示す。拡大する用途に応じて熱間鍛造用、直接切削用、あるいは冷間鍛造用など種々の非調質鋼が開発・実用化されている。
- (2) 性能的にも、基本型鋼に加えて、組織の微細化を図った高靱性型、フェライト強化を活用した高耐久比型（第2図）、あるいは低炭素ベイナイト系の1000N/mm²級非調質鋼などが開発されている。



第1図 焼入れ焼戻し工程省略用非調質鋼開発の流れ



第2図 高耐久比型非調質鋼の疲労強度

問合せ先：佐藤／TEL093(561)8096 FAX093(591)3930

高強度ボルト用鋼・ADS シリーズ

近年、エンジンの高出力化、軽量化に伴い、引張強さが1300N/mm²以上の高強度ボルトのニーズが高まっているが、それにもかかわらず、高強度ボルト適用範囲は限られている。その阻害要因となっているのが遅れ破壊と呼ばれる現象である。遅れ破壊は、静応力下におかれた材料が、突然脆性的に破壊する現象であり、引張り強さが1200N/mm²の鋼材で問題となる。ここで紹介する高強度ボルト用鋼は、耐遅れ破壊性を向上させるマイクロ組織的因子（鋼中不純物レベル、炭化物形態、結晶粒径など）を系統的に調査して得られた鋼であり、従来鋼（JIS SCM440）に比べて、優れた耐遅れ破壊性を有している。

【特徴】

(1) 開発鋼の成分設計の考え方を第1表に、化学成分例を第2表に示す。ADS2はP、S、Mnの低減による粒界偏析の軽減、Nb添加による細粒化、Cr、Mo増量による高温焼戻し（450℃以上）を目的としている。ADS3は、上記に加え、C、Mo増量、V添加により更なる高温焼戻し（550℃以上）を目的としている。この成分設計に加えて、精錬、鋳

項目	効果
低P、低S、低Mn	粒界強化
Nb、(V)添加	結晶粒微細化
(V)添加	炭化物の微細均一分散
高Mo、(V)添加	高温焼戻し

第1表 耐遅れ破壊性向上のための成分設計

第2表 開発鋼の化学成分 (mass%)

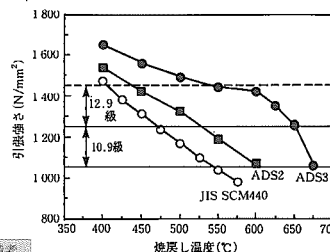
鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Nb	V	備考
ADS2	0.34	0.28	0.37	0.008	0.005	1.26	0.40	0.026	Tr.	開発鋼
ADS3	0.49	0.28	0.31	0.009	0.004	1.02	0.68	0.034	0.32	
JIS SCM440	0.39	0.17	0.82	0.025	0.010	1.11	0.16	Tr.	Tr.	従来鋼

込、圧延、二・三次加工の各工程において、耐遅れ破壊性を考慮した造り込みがなされている。

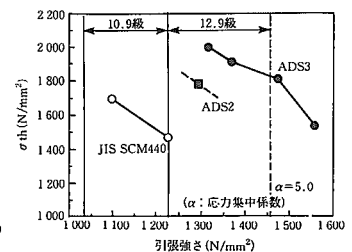
(2) 開発鋼およびJIS SCM440の焼戻し性能曲線を第1図に示す。開発鋼はいずれもSCM440と比較し、焼戻し軟化抵抗が増えている。

(3) 耐遅れ破壊性評価を陰極チャージ定荷重試験法（切欠付丸棒引張り試験片、応力集中係数：5）により実施した。水素の添加条件は実環境も考慮して、pH=3.5ワルポール水溶液中で、水素透過係数0.1μA/cmの条件を採用した。試験結果を第2図に示す。同一引張り強さで比較すると、開発鋼の遅れ破壊発生限界応力は、SCM440に比べて高くなっており、耐遅れ破壊性が向上しているのは明らかである。

(4) ここで紹介したADS2は自動車用エンジンボルトとして需要家においても良好な評価を得ている。また、ADS3は汎用の高強度ボルトとして、今後の適用拡大が期待されている。



第1図 焼戻し温度と引張強さの関係



第2図 遅れ破壊発生限界応力(σth)に及ぼす引張強さの影響

問合せ先：松本／TEL093(583)6545 FAX093(591)3930

高強度高靱性鋼・HITS 鋼

最近の建設・土木機械の使用条件の過酷化により、使用する鋼材にはより厳しい性能が要求されている。例えば、作業能力向上を目的とした建設産業機械の大型化は、逆に自重の増大によるトラックリンク踏面での早期剥離を発生させ、稼働率の低下を招く場合がある。したがって、鋼材には優れた強度と靱性のバランスが必要とされる。一方、使用鋼材のコストダウンに対する要望も強い。そこで、これらの要求を満たすことのできる高強度高靱性鋼を開発した。

【特徴】

(1) トラックリンク用高強度高靱性鋼の材質設計の考え方を第1表に示す。亀裂発生抑制の観点から(a)表面硬度確保と(b)高周波焼入れ深さ確保、亀裂伝播の抑制の観点から(c)粒界強化、更に実用化の観点より(d)コストアップ抑制を考慮した。

(2) 第2表に開発鋼の成分例、および第1図に破壊靱性値の測定結果を示す。開発鋼は比較鋼 SNCM431に比べて優れた破壊靱性を示す。

(3) 本開発鋼はフィールドテストでも優れた耐剥離特性を示し、トラックリンク用に実用化されている。

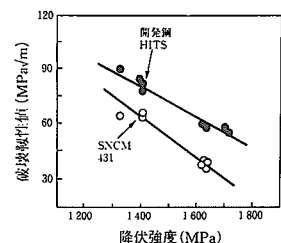
(4) 本開発鋼は、その優れた強度と靱性のバランスにより、建設産業機械用部品のみならず、一般機械構造物の軽量化やコストダウンに貢献するものであり、今後の適用拡大が期待される。

第1表 リンク材の材料設計の考え方

項目	成分設計
表面硬さ確保	最適C値の設定
高周波焼入れ深さ確保	最適D ₁ 値の設定
粒界強化	・Nb添加(細粒化) ・Mn、P、S低減(粒界・偏析低減) ・Cr、Mo増量(高温焼戻し)
コスト低減	Niフリー、B添加

第2表 開発鋼の成分例

鋼種	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Nb	B
HITS	0.41	0.23	0.45	—	1.0	0.49	0.03	添加
SNCM431	0.30	0.26	0.78	1.6	0.75	0.16	—	—



第1図 HITS鋼の破壊靱性値

問合せ先：佐藤／TEL093(561)8096 FAX093(591)3930

高強度鉄筋・USD685

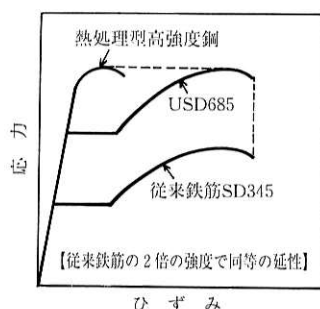
高強度鉄筋 USD685は、当初、都市部の居住空間確保を目的に、建設省総合技術開発プロジェクト「鉄筋コンクリート造建築物の超軽量・超高層化技術の開発」のもと、建築用途としてその開発が進められた。その後、その耐震性能が着目され、土木用途でも大型橋脚などへの適用が進められている。当社ではマイクロロイングと加工熱処理技術を駆使して、この高強度鉄筋の量産技術を確立し、実用化している。

【特 徴】

- (1) USD685は耐震性の観点より、従来の鉄筋に比べて、降伏強度の許容範囲が狭く、降伏後の塑性変形能として降伏比、降伏伸びが規定されている（第1表、第1図）。

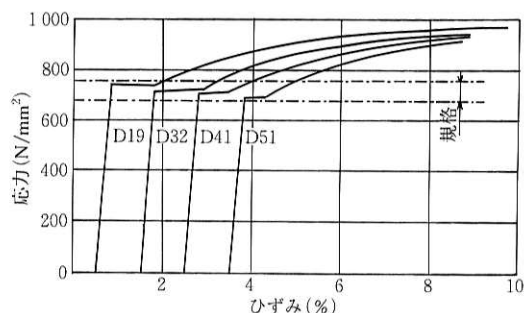
第1表 USD685の規格

要求項目	規 格
降伏強度 YP	685～755N/mm ²
降伏比 YR	≤80%
降伏伸び ϵ_y	≥1.4%
破断伸び El	≥10%



- (2) 当社では、マイクロロイングと加工熱処理技術を駆使することにより、強度確保と組織制御（細粒化）を図り、同一鋼種でD19～D51のサイズの製造を可能としている（第2図）。

- (3) 土木用途、建築用途においては、今後とも耐震性能を重視した設計法・工法の検討が進むものと思われ、この分野での高強度鉄筋 USD685の貢献が期待される。



第2図 応力-ひずみ線図の1例

第1図 USD685の要求特性

問合せ先：訓谷／TEL093(583)6545 FAX093(591)3930

高強度せん断補強筋・ストロングフープ

建築用途における高層RC構造では、柱、梁の耐震性を向上させるために、配筋量を増加するなどの対応が必要となってきたが、この場合、過密配筋となりコンクリート打設時にコンクリートの回りが悪くなるという施工上の問題がある。この問題を解消するためには、補強筋の強度を高めて配筋量を減らすのが有効であり、コンクリート強度とのバランスが良い強度レベルを追求して開発されたのが、785N/mm²級高強度せん断補強筋ストロングフープである。

【特 徴】

- (1) ストロングフープは熱間異形圧延・制御冷却によって得られる高強度線材を使用して加工されている（第1、2表）。
- (2) 普通鉄筋 SD295に比べ、高い降伏点強度を有しており、短期許容応力度は2倍になる。このため、せん断補強筋の過密配筋の解消に有効であり、作業性の改善にも寄与できる。
- (3) 溶接閉鎖型が可能なもののうち強度レベルが最も高い。
- (4) ストロングフープの設計施工指針は建築大臣一般認定を取得しており、建築物の耐震性向上、あるいは超高層化などへの貢献が期待される（写真1）。

第1表 ストロングフープの形状・寸法

呼び名	公称直径 (mm)	公称周長 (cm)	公称断面積 (cm ²)	単位重量 (kg/m)	表面形状
S6	6.35	2.0	0.3167	0.249	
S8	7.94	2.5	0.4951	0.389	
S10	9.53	3.0	0.7133	0.560	
S13	12.70	4.0	1.2670	0.995	
S16	15.90	5.0	1.9860	1.560	

第2表 ストロングフープの機械的性質

試験片	降伏点 kgf/mm ² (N/mm ²)	引張強さ kgf/mm ² (N/mm ²)	伸び %	曲げ性	
				曲げ角度	内側直径
母材	80以上 (784)	95以上 (932)	8以上	180°	公称直径の3倍
溶接部			5以上	—	—

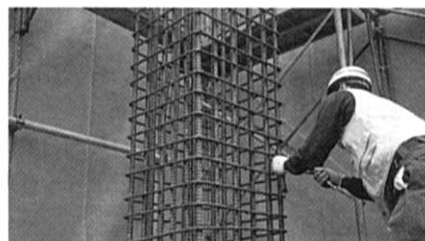


写真1 ストロングフープの施工状況

問合せ先：平島／TEL093(561)8096 FAX093(591)3930

ボルト用ボロン鋼

近年、自動車ボルト用鋼では素材コストの低減を目的に炭素鋼、低合金鋼をボロン鋼化する試みがなされている。ボロンの焼入性向上効果による合金元素の低減がコスト低減の主目的ではあるものの、合金元素低減による素材の変形抵抗の低下が大きく、ワイヤの加工工程省略を含めた大きなコストダウンが可能である。例えば10Tボルトを例にとると、現用鋼である低合金鋼のワイヤ製造はSA（球状化焼鈍）1回、伸線2回を行う1SA-2Dであるのに対し、ボロン鋼の場合は1SA-1Dもしくは1Dのみでワイヤ製造が可能となる。

当社では、これら市場ニーズを先取りし、8T、10Tボルト用ボロン鋼を開発している。

【ボルト用ボロン鋼の種類】

8T、10T用のボロン鋼の化学成分と、代表的な用途を第1表に示す。

【ボロン鋼のワイヤ製造工程】

第2表に現用鋼とボロン鋼とのワイヤ製造工程の比較を示す。8T、10Tとも、ボロン鋼適用により工程省略が可能であり、ボロン鋼適用によるコストダウン効果の大きさが伺える。一方これら工程の省略は圧延までのロッド強度

度管理が重要であり、5.5mmのような細径では最大600N/mm²に達することもある。ワイヤ伸線後の引張強度は更に増加するため、当社では制御圧延適用により、ロッドの強度管理を実施している。また、ボロンによる焼入性向上効果は、ジョミニー曲線で肩の張った特徴あるかたちで発揮されるのはよく知られているが、その結果一般に径の大きな用途には適用されていない。ボルト用ボロン鋼は最大M14ボルトまでとしている。

第1表 ボロン鋼の種類と用途

区分	鋼種	C	Si	Mn	B	用途
8T	10B22	0.18 / 0.23	—	0.70 / 1.00	≥0.0005	アプセットボルト フランジボルト など
10T	15B25	0.22 / 0.30	≥0.10	0.75 / 1.25	≥0.0005	

第2表 製造工程の比較

鋼種		製造工程	
8T	現用鋼	S45C	圧延—引抜き—球状化焼鈍—引抜き—冷間圧造—焼入れ焼戻し
	ボロン鋼	10B22	圧延———引抜き—冷間圧造—焼入れ焼戻し
10T	現用鋼	SMn435	圧延—引抜き—球状化焼鈍—引抜き—冷間圧造—焼入れ焼戻し
	ボロン鋼	15B25	圧延———(球状化焼鈍)—引抜き—冷間圧造—焼入れ焼戻し

問合せ先：松本/TEL093(583)6545 FAX093(591)3930

浸炭用鋼

自動車、産業機械などに使用される歯車は、一般に疲労強度や耐磨耗性の要求から浸炭肌焼鋼を使用する。近年では自動車用途で軽量化・小型化はもとより、国際競争力維持を目的にコストダウンの要求もある。これらを満足するには、単に鋼材の高性能化だけでは限度があり、鋼材と加工プロセスとの最適化による部品の高性能化ならびにコストダウンの両立が必要である。

当社ではこれらのニーズに応えるべく、加工プロセスとの組み合わせによって部品の高性能化が図れる高強度歯車用鋼をシリーズ化している。ここでは、その一部を紹介する。

(1) 高強度歯車用鋼

第1表に当社の高強度歯車用鋼「スミアロイ」シリーズの特徴を示す。本鋼種は、浸炭異常層を低減して歯元疲労亀裂の発生を抑制しているため、自動車用変速機歯車・差動歯車をはじめ、多くの歯車部品に使用されている。CM201・CM202鋼はショットピーニングによる歯元疲労強度向上、あるいは浸炭と高周波焼入れの複合熱処理による差動歯車の高強度化に大きく貢献している。

一方、Ni系のCM203・CM204鋼は、その優れた衝撃特性によって差動歯車の高強度化に効果を発揮する。更に、浸炭鍛造によりその効果は倍増する。

(2) 高強度歯車用ボロン鋼

第2表に当社の高強度歯車用ボロン鋼スミアロイE202の特徴を示す。本鋼種はコスト重視の歯車用鋼であり、その安定した焼入性と高疲労強度によって、大型の変速機用歯車に使用されている。使用に際しては、ボロン鋼特有の

第1表 高強度歯車用鋼

鋼種	特性	浸炭異常層防止	粗粒界強度向上	歯車の高強度化				経済性	化学成分の特徴
				歯元疲労	歯元衝撃	歯面疲労	歯面衝撃		
スミアロイ CM201	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	低Si-1.0Cr-0.4Mo(-Nb)
スミアロイ CM202	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	低Si-低Mn-0.6Cr-1.0Mo-Nb
スミアロイ CM203	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	低Si-低Mn-1.0Ni-0.25Cr-0.75Mo-Nb
スミアロイ CM204	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	低Si-低Mn-2.0Ni-0.80Mo-Nb

ベース△=SCM420対比

第2表 高強度歯車用ボロン鋼

鋼種	特性	浸炭異常層防止	粗粒界強度向上	歯車の高強度化				経済性	化学成分の特徴
				歯元疲労	歯元衝撃	歯面疲労	歯面衝撃		
スミアロイ E202	△	△	◎	◎	◎	△	◎	◎	高Mn-0.6Cr-B(-Nb)

問合せ先：黒川/TEL093(583)6545 FAX093(591)3930

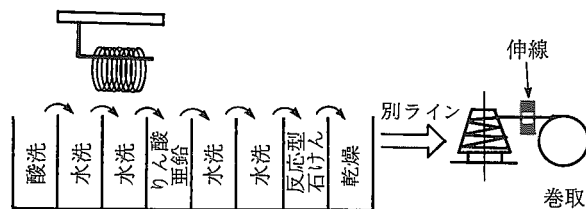
インライン前処理・伸線技術

冷間鍛造における潤滑処理（含む潤滑下地処理）は、従来、バッチ方式で行われていた。しかし、酸洗による脱スケール、水洗、潤滑下地処理、潤滑処理と多くの工程に時間を要し（生産性）、また、潤滑不良による焼き付き（品質）の問題点もみられた（第1図、第1表）。

そこで、厳しい公害規制のある酸洗の代わりに簡便無公害のメカニカルデスケリング法を採用し、かつ、今まで困難と思われていた潤滑（リン酸亜鉛＋反応型石けん処理）と伸線とを連続処理する理想的なインライン前処理・伸線技術を開発した（第2図）。

このインライン前処理・伸線技術は従来のバッチ方式より無公害、品質、生産性等の面で優れた利点を有する。当

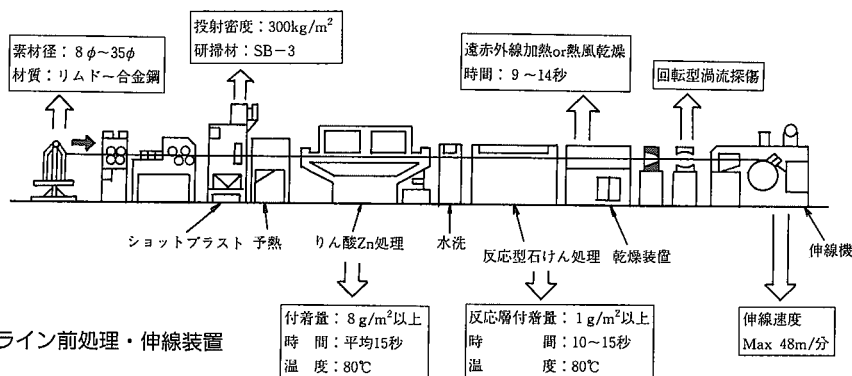
社系列の冷間鍛造メーカーに実機適用し、現在順調に稼働中であり多くの便益を得ている。また本技術は国内外のプラント販売にも成功している。



第1図 冷間鍛造用線材のバッチ式前処理

第1表 バッチ式前処理の欠点

脱スケール	酸(HCl or H ₂ SO ₄)使用による酸洗・公害
品質	線材と線材の接触部での酸洗・潤滑不良
生産性	酸洗・潤滑処理時間が長い
工程	ハンドリング工程の煩雑化
設備費	処理設備の占有面積が大きく設備費が高い



第2図 インライン前処理・伸線装置

問合せ先：長谷川／TEL093(561)8095 FAX093(591)3930

浸リン防止潤滑剤

冷間鍛造における潤滑処理（含む潤滑下地処理）は非常に重要な工程であり、“リン酸亜鉛処理＋反応型石けん処理”が主流である。

ところで、自動車エンジン用ハイテンションボルトにおいて浸リンに起因する遅れ破壊が問題となった。ここで、浸リンはリン酸亜鉛中のリンが熱処理によって母材中へ拡散することによって生じる。JIS B 1051によると、12.9グレード（T.S.≥1200N/mm²，降伏比：90％）では“白色のリン濃化層があってならない”と規定され、浸リン層を酸洗・切削等での除去が必要である。

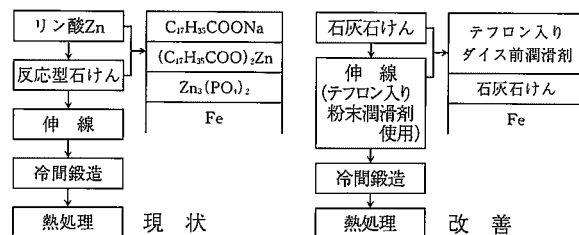
【特徴】

浸リンの原因となるリン酸亜鉛潤滑下地処理を省略するために、“石灰石けん下地処理＋ダイス前潤滑処理”を採用し、ダイス前潤滑剤として4フッ化エチレン（商品名：テフロン）添加ダイス前潤滑剤を開発した（第1図）。

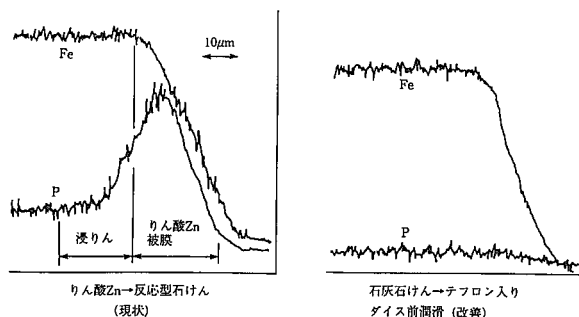
リン酸亜鉛処理を省略した工程で、現状と同等の潤滑性能を確保するために、ダイス前粉末潤滑剤の更なる改善を検討した。高分子樹脂の有する耐熱性、低摩擦係数に着目し、通常のダイス前粉末潤滑剤へ数種の高分子樹脂の添加を試みた。その結果、テフロン添加潤滑剤は通常の潤滑剤（リン酸亜鉛処理＋反応型石けん処理）なみの潤滑性能を

有すると同時に浸リンが皆無であること（第2図）を確認した。

このテフロン添加ダイス前粉末潤滑剤は、“SSループ”の名称で住金精圧品工業㈱より販売中である。



第1図 ボルトの製造工程と潤滑被膜



第2図 ボルトの浸リン調査結果

問合せ先：長谷川／TEL093(561)8095 FAX093(591)3930