

特別講演

UDC 621.771.251 : 621.771.252

線材, 棒鋼技術の質的發展とその課題*

高 橋 孝 吉**

An Appraisal of Wire Rod and Bar Technology Developments and the Future

Kōkichi TAKAHASHI

1. 緒 言

本日は大変に名誉ある渡辺義介賞をいただき、まことに身にあまる光栄と存じここに厚くお礼申し上げます。今後ともなおいつそう自己研鑽に励み、微力を尽くす所存であります。鉄鋼業界においては、今後ますます技術開発の重要性が増大すると考えられますので、鉄鋼協会を通じて、皆様方のご指導とご支援をさらにお願ひ申し上げる所存であります。

本日は、「線材・棒鋼技術の質的發展とその課題」につき、努めて一般論的に申し上げる積りでございますが、神戸製鋼所では、50 数年前から各種の線材、棒鋼を生産しております。古い歴史を有していますことと、取材上の制約から、当社の事例、引例が多くなっておりますのでご了承をお願いいたします。

わが国における線材、棒鋼の生産量は 1977 年におい

て約 2100 万 t に達しており、熱間圧延鋼材の 22% を占めております (図 1) の。1973 年には、線材・棒鋼の生産量は 2400 万 t のピークを記録いたしました。オイルショックを契機に当業界も低成長期に入り、省エネルギー・省力・自動化・歩留向上などを目的とする新技術の開発と、社会の新しいニーズにマッチした新製品の開発、製品品質の向上に関する研究などが、いつそう必要になってきております。以下に線材・棒鋼技術の質的發展とその課題につきまして概観してみたいと思います。

2. 原料, 製鉄, 製鋼技術の進歩

一貫製鉄所においては、溶鉄の安定供給とコスト低減が、重要な課題となつている。近年の高炉における燃料、コークス比の低下には、目ざましいものがあるが、これは高炉操業技術の進歩とともに鉄鉱石の整粒強化、焼成鉄の常温性状ならびに熱間性状の改善など原料の子

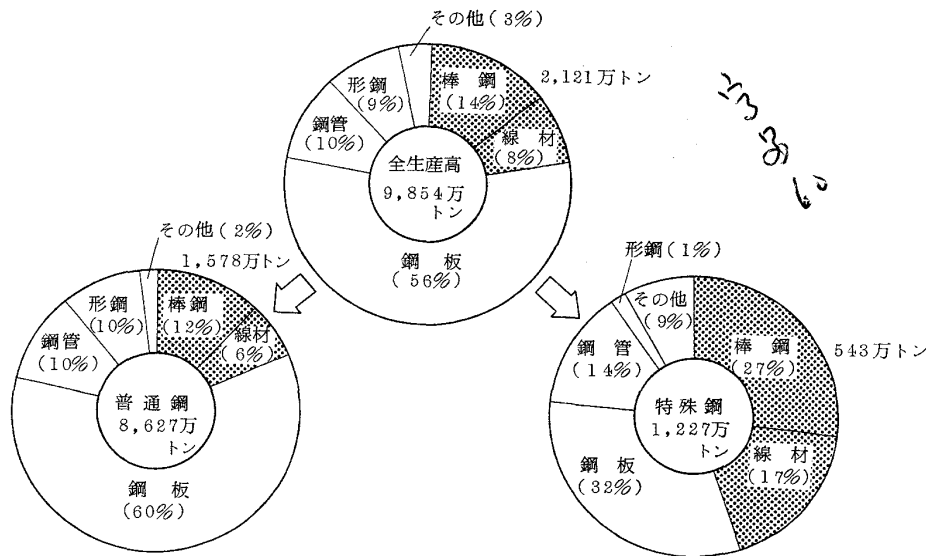
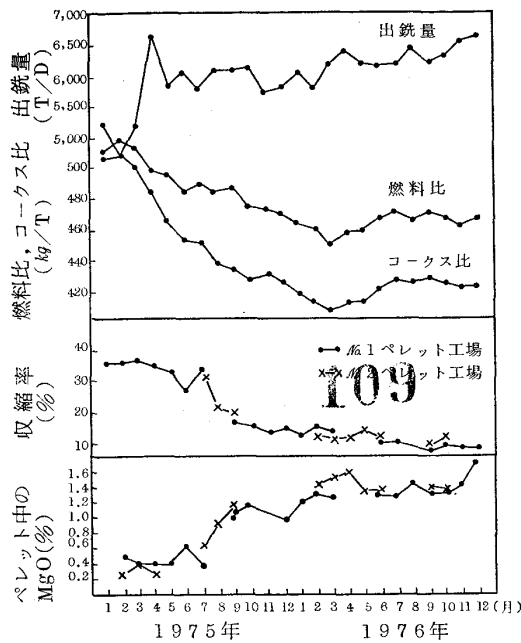


図 1 熱間圧延鋼材の品種別生産比率

* 昭和 54 年 4 月 4 日本会講演大会における渡辺義介賞受賞記念特別講演
** (株)神戸製鋼所取締役社長 工博 (Kobe Steel, Ltd., 1-3-8 Wakinohama-cho Fukiai-ku Kobe 651)



(神戸製鋼・加古川 No. 1 高炉：3 100m³)
 図 2 ドロマイト添加ペレットによる高炉操業成績の推移

備処理技術の進歩によるところがきわめて大きい。その一例として、ドロマイト添加ペレットの使用による、高炉操業成績の推移²⁾³⁾を図2に示した。この図からわかるように、MgO含有量の増加とともに、ペレットの収縮率が著しく低下し、炉況が安定する結果、コークス比と燃料比は顕著に低下し、また出銹量も増大する。このように、原料の事前処理は単なる粉銹処理の域を脱して、製銹能率の改善に大きく貢献している。

製鋼炉においても、生産性や歩留りの向上に努力が払われているが、いつぼうでは鋼材品質の高度化に伴って、製鋼炉に要求される精錬機能もますます厳しくなっており、生産性の低下やスラグ量の増加は避けられなくなってきた。このようなことから、溶銹の予備処理によって、PやSなどの不純物をあらかじめ除去する方法が検討されてきた。とくに鋼材全般にわたって低硫化が指向されるにつれて、製鋼炉における脱硫負荷の軽減および極低硫鋼の製造を目的とした溶銹脱硫法が急激に発展し、種々の方式が実用化されている。なかでも混銹車中の溶銹に脱硫剤を吹込む方式は、大量の溶銹を処理するのに適しており、国内では混銹車を使用しているすべての製鉄所が、この方式を採用している。いつぼう機械的攪拌や気体吹込み環流攪拌を利用した方式もいくつか実用化されており⁴⁾、この方式では脱硫剤の反応効率がよいので、溶銹中のS量を容易に0.002%以下に下げることができる。

転炉吹錬ではCと温度の適中がもつとも重要であり、その適中率は生産性のみならず、鋼塊品質を左右するので、高炉各社は転炉吹錬のダイナミック・コントロール

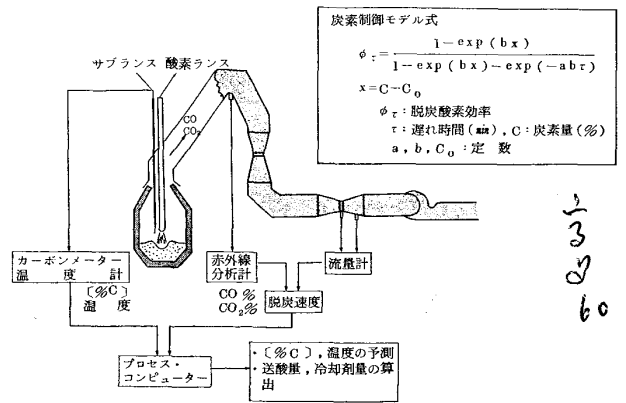


図 3 転炉ダイナミック・コントロールシステム (サブランス-排ガス分析方式)

技術の開発を推進している。図3は、ダイナミック・コントロール・システムの一例を示したものであるが、わが国では、このようにサブランスによつて鋼溶中のCと温度を迅速測定し、これをもとに吹錬の終点を制御する方式が広く普及しており、これに排ガス分析技術やスラグ・コントロール技術などが有機的に結合され、各製鉄所の実情に応じた特長あるシステムとして実用化されている。このようなダイナミック・コントロール技術の進歩によつて、低炭素鋼の終点適中率は90%前後に達している^{5)~6)}。しかしながら、高炭素鋼の場合の適中率にはなお問題が残されており、中炭素鋼、高炭素鋼の比率が高く、しかも鋼種構成の多い線材・棒鋼の製造においては転炉吹止成分の制御技術のいつそうの改善が望まれる。

最近の製鋼技術の趨勢は、製鋼炉の機能を簡略化し、生産性を一段と高める傾向にあり、鋼材に要求される品質の高度化とあいまつて、炉外精錬の役割がますます大きくなっている。炉外精錬の発展は目ざましく、RH法やDH法などの真空脱ガス法をはじめ、20種以上のプロセスが工業的に稼動している。このような趨勢は線材・棒鋼の分野においても同様であり、脱ガス、脱硫、介在物の減少、成分の微調整などに大きく貢献している。また最近、粉体吹込み技術も開発され⁷⁾、脱酸、脱硫、介在物の減少と微細化のみならず介在物の形態制御も容易に行えるようになり、線材の伸線性や冷間圧造性などの改善⁸⁾に役立っている。

普通鋼の連銹比率が著しく増加するなかで、線材・棒鋼用特殊鋼の連銹化は大きく遅れをとった。その原因はこれらの鋼材が特に過酷な条件下で使用されることが多く、材質・成分の均一性、清浄度など厳しい水準を要求されるためであった。しかしながら、清浄度については各種炉外精錬技術の進歩や無酸化注入技術の実用化などによつて、普通造塊材と同等あるいはそれ以上の品質のものが製造できるようになった。また連銹材の最も大きな問題である中心偏析についても、図4に示したような電磁攪拌技術の実用化^{9)~10)}によつてほぼ解決され、圧

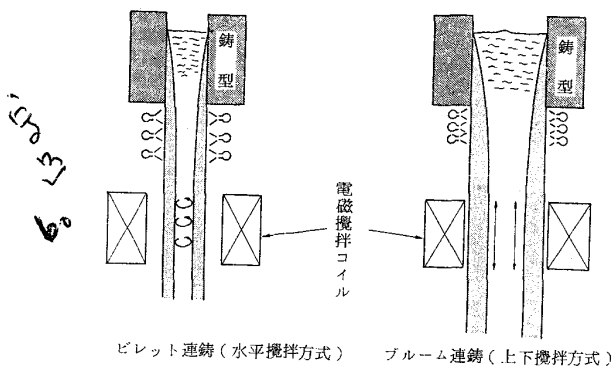


図 4 連铸機電磁攪拌装置概略

延方向の偏析がないという連铸材の特長とあいまって、線材・棒鋼用特殊鋼の連铸化は大きく発展しようとしている。

3. 線材・棒鋼圧延技術の進歩

熱間圧延は製鋼工程と並んで、線材、棒鋼の品質に大きな影響をおよぼす。以下に圧延技術を圧延設備技術、品質保証技術および圧延材顕熱利用技術に大別して、その沿革と現状および今後の課題につき簡単に述べる。図5は圧延技術と品質パラメータの関係を模式的にまとめたものである。

3.1 圧延設備技術

圧延機配列は、旧来の半連続式と呼ばれる配置から全

連続式へ移行しており、世界的に見て新しく稼動するミルはほとんど全連続式配置となつている。これらの全連続式圧延機は普通鋼線材に留まらず、特殊鋼線材の圧延にも適用され、しだいにその地位を確立しつつある。

近年建設されるミルでは、全連続式配置の採用と同時に、スタンド間のねじりを避ける目的でノーツイスト圧延方式が採られる方向にある。すなわち、粗圧延列からロールを H-V 配置としたタンデム圧延方式と線材仕上列へのブロックミルの採用によつて品質、生産性が大幅に改善されてきた。

1955 年頃より全連続式線材圧延機が国内で稼動を始め、圧延速度上昇とコイル単重増大をもたらした^{11)~12)}(図6)。ブロックミルの出現は線材仕上速度を従来の最大 40m/s からさらに向上させ、100m/s を越える速度を可能にしつつある。圧延速度向上により、圧延中の鋼材の温度低下が抑制され、圧延材顕熱利用熱処理技術の開発¹³⁾とあいまって、2 t 程度のヘビーコイルの製造が可能となり^{11)~12)}二次メーカーにおける生産性に貢献している。

ブロックミルには、従来の铸铁ロールに比べ約 10 倍の耐摩耗性を有する超硬合金ロールが採用され、生産性と製品品質の向上に寄与している。現在では中間列のスタンドにも超硬合金ロールが採用されつつある。

近年、スタンド間張力を直接ロードセルで検出し、無張力制御を行う方式が確立され、新設の棒鋼工場で用いられている。このような制御方法の改善は、加熱技術や

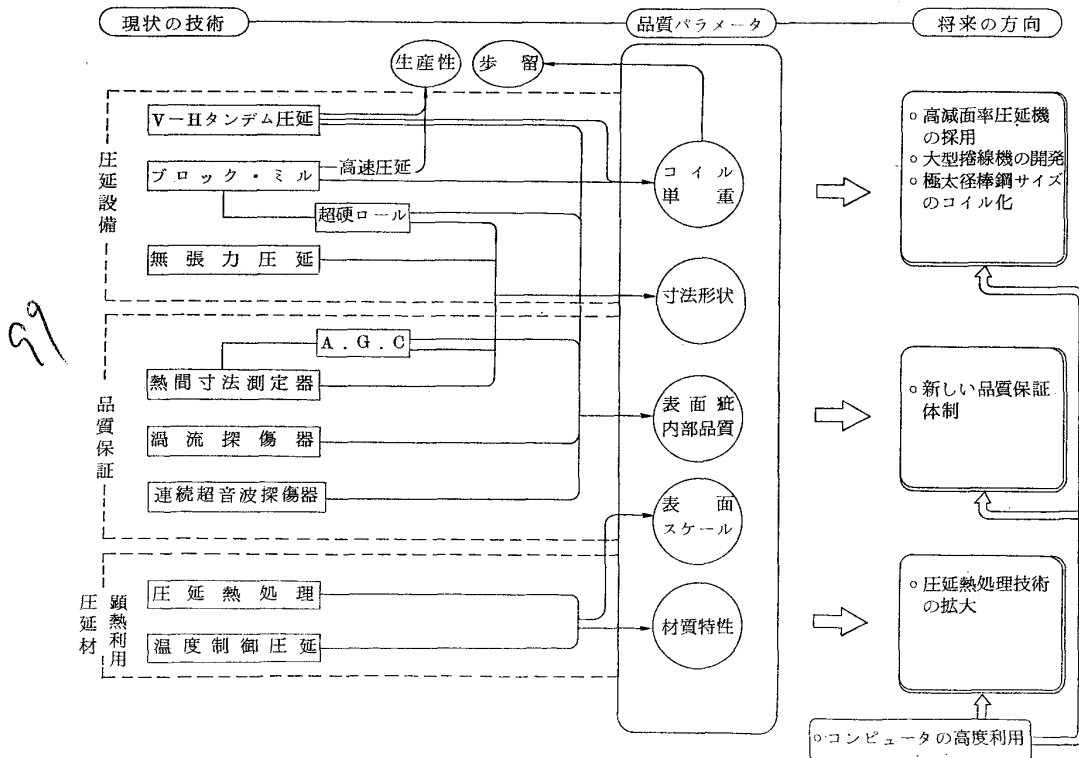


図 5 圧延技術と品質パラメータの関係

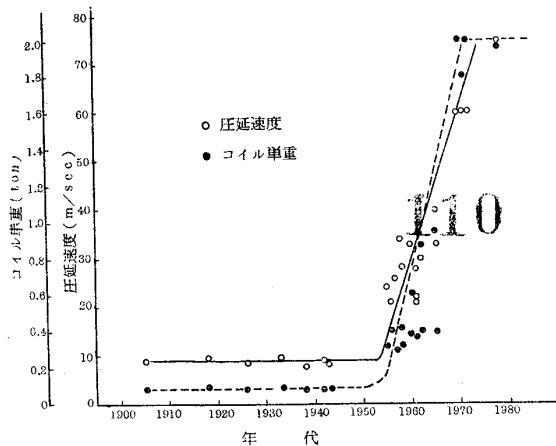


図 6 線材の圧延速度およびコイル単重の推移

その他の圧延技術の改善とともに寸法精度の向上に役立ち、製品寸法 $50\text{ mm } \phi$ で公差 $\pm 0.20\text{ mm}$ といった精密圧延も可能となっている。

3.2 品質保証技術

需要家からの製品品質に対する要求が厳しくなり、それに伴って、条鋼、特に線材の寸法と欠陥に対する保証体制が各鋼材メーカーで見直しされ、しだいに確立されつつある。

近年、熱間寸法測定器の採用により圧下量調整が正確になり、寸法保証の有力な手段として使用されている。今後、自動寸法制御 (A.G.C) および、高度の精密圧延への発展的応用が期待される。

製品の表面欠陥の検出は、従来、目視によつていたが、棒鋼に関して漏洩磁束を検出する方式の冷間探傷機が開発され、大幅な省力、工程合理化に寄与するとともに、品質の安定に寄与している。また、約 10 年前に熱間渦流探傷機が開発されたが、検出精度向上が今後の課題である。その他、連続超音波探傷機が開発され、圧延素材用および棒鋼製品用として一部で実用化され、省力および品質保証の点から脚光をあびている。

3.3 圧延材顕熱利用技術

線材コイル単重の増大に伴うスケール量増加を防止するために開発されたのが初期の圧延線材制御冷却技術である。この技術は、伸線性向上のために二次加工工程で行われるパテンティング相当処理を、圧延材顕熱を利用して行う圧延パテンティング技術¹³⁾に発展した。その代表例が約 15 年前に開発された冷却媒体として衝風を用いるステルモア方式である。その後、シュレーマン方式 (強水冷後放冷)、国内においては DP 方式 (垂直降下型、衝風冷却)、ED 方式 (沸騰水冷却)、KP 方式 (流動層冷却) などが開発、実用化された。これらの開発により、高炭素鋼線材の生地引用のパテンティング処理はほぼ全面的に省略可能となり、一部では圧延パテンティング線材を伸線し、そのまま最終製品として使用する例もふえてきている。

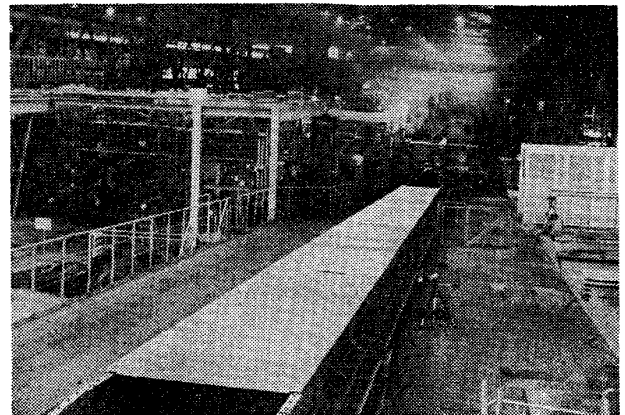


写真 1 圧延線材徐冷装置の一例

パテンティングのみならず、圧延材顕熱を利用して焼なまし処理の効果を得ようとする徐冷法 (写真 1) や急冷によつて、マルテンサイト組織鋼を得る試みも行われており、その他に、制御圧延技術を条鋼圧延に適用して延性と強度の改善を図ることも検討されており、今後の発展が期待される。

4. 線材・棒鋼製品の動向

線材の品種、使用用途は多岐にわたつているが、ここでは代表例として高炭素鋼線材と冷間圧造用 (中、低炭素鋼、その他) 線材、さらに棒鋼生産の主体をなす構造用合金鋼、快削鋼、異形鉄筋などにつき述べる。

4.1 高炭素鋼線材

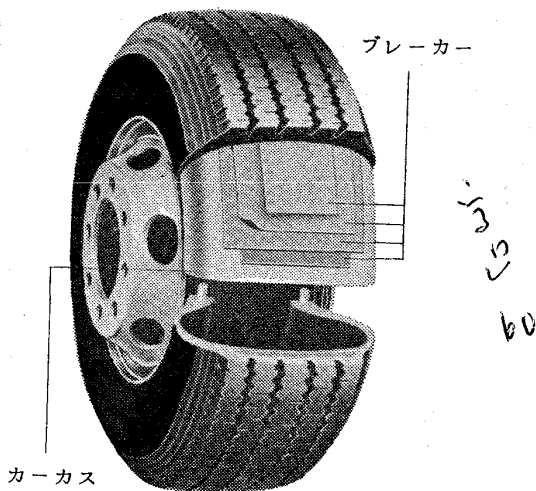
ワイヤロープ、ばね、PC 鋼線、スチールコードなどが高炭素鋼線材の代表的用途である。一般に熱間圧延線材をパテンティングし、そののち冷間伸線により高強度の鋼線として仕上げられるが、一部は最終線径まで伸線後、焼入れ一焼もどして用いられる。

(1) ばね

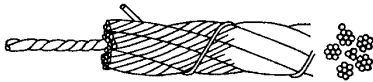
ばねは種々の産業に用いられるが、なかでも自動車関係部品として用いられるのが多い。とくに品質要求の厳しいものは、弁ばねと懸架ばねである。弁ばねには伸線したピアノ線と炭素鋼オイルテンパー線が、古くより用いられているが、耐疲労性、耐へたり性および耐熱性に対する厳しい要求があり、しだいに Si-Cr 鋼オイルテンパー線なども多用されるようになってきた。懸架ばねは従来板ばねが主流であつたが、近年コイルばね化が進んでおり、最近では自動車軽量化の要求にしたがつて、高強度化によるばねの小型化が検討されているが、とくに耐へたり性が要求されるようになってきている。

(2) PC 鋼線

PC 鋼線には高強度とすぐれた耐リラクセーション性、および耐応力腐食割れ性などが要求される。耐リラクセーション性を向上させるために、緊張力を負荷したまま温間に加熱、冷却する方法が開発されている。圧延パテンティングした高炭素鋼線材を、そのまま伸線して



スチールコード拡大図



断面 (38本+1本)

図 7 スチールラジアルタイヤの構造

PC 鋼線にする方法も一部で実施されている。

(3) スチールコード

自動車用タイヤの補強材として使用されるスチールコードは、ラジアルタイヤ (図7) の急速な普及により、最近飛躍的に需要が伸びてきた。コードの素線は 0.15~0.40 mm φ の冷間伸線した高炭素鋼線であり、その引張強さは約 300 kgf/mm² に達している。したがってその伸線加工性や撚線 (よりせん) 加工性がとくに要望され、線材中の介在物総量の規制と、個々の介在物の微細化が必要となつている。

4.2 冷間圧造用線材

鋼の冷間鍛造 (冷間圧造を含む) は、わが国の製造工業の分野において、著しい発展を遂げた生産技術で、自動車工業をはじめ、ねじ業界その他の機械工業界での各種部品の製造に、欠くことのできぬ成形方式となつており、冷間圧造用線材の需要は、近年飛躍的に伸びている。冷間鍛造が発達した理由は、従来の切削加工や熱間鍛造に比較して、材料歩留りの向上がはかれるほか、工程の自動化、高速化が容易で生産性が高いなどの点にある。

冷間鍛造用素材としては、変形抵抗が低く、かつ塑性変形能の大きい材料が要求されるが、これらの性質にもつとも影響するのは、鋼の化学成分組成、熱処理組織および表面疵などである。そのため鋼材メーカーとしては、清浄鋼の実用化、圧延材頭熱を利用した圧延焼なまし線材や、寸法精度のすぐれた精密圧延材などの実用化が今後の課題であろう。図8に変形能におよぼす硫黄含有量の影響を示した。

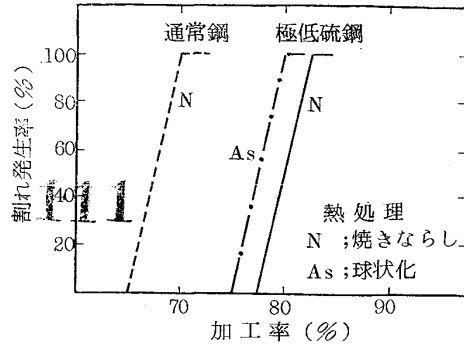


図 8 冷間圧造用線材の低硫化による冷間圧造性の改善例

4.3 機械構造用合金鋼

機械構造用炭素鋼、低合金鋼は各種機械の構造用部材として、自動車産業をはじめとする機械工業界において広く使用されており、その種類も豊富である。構造用鋼の大半は熱処理を施して使用されるので、焼入性や表面硬化処理性などが重視される。低合金鋼については、Mo, Ni などの高価な合金元素を少なくし、安価な元素に代替するいわゆる代替鋼化や、低合金鋼の炭素鋼への変更など、安価な材料への指向が続いてきた¹⁴⁾ (図9)。

最近では、被削性、冷鍛性ともに良好な鋼種や、迅速表面硬化鋼、鍛造焼入れのまま使用できる鋼種、焼入性のばらつきの小さい鋼種などの要望が強く、需要家の工程簡略化の動きに対応できる鋼種の開発が進められている。

4.4 快削鋼

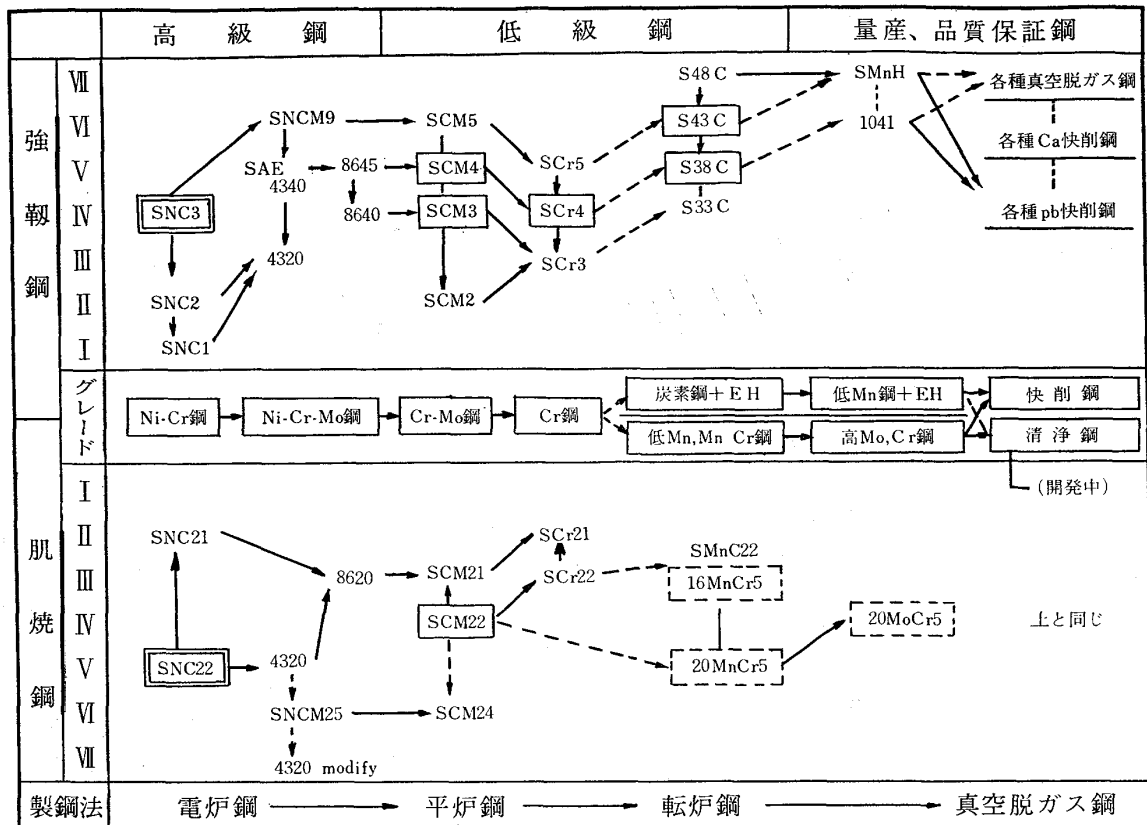
切削加工は他の成型加工法の発達にもかかわらず、仕上げ工程や複雑形状部品の加工に多用されている。切削加工の生産性向上をはかるには、すぐれた被削性を有する鋼材が必要であり、この観点から快削鋼が開発された。

現在、快削鋼のうちで硫黄系が最も多く生産されており、ついで鉛系が多い。とくに機械構造用硫黄快削鋼は、そのすぐれた被削性と低廉な価格のために、自動車産業を中心に多用されている。鉛快削鋼は製造時に発生する鉛ヒュームによる環境汚染の懸念から、製造を中止したメーカーもあるが、その卓越した切くず処理性は他の快削鋼では追従できない。この他高速度域の切削加工に著効を示す脱酸調整快削鋼があるが、量的にはまだ少ない。

硫黄、その他の切削機構の異なる快削性元素を効果的に組合せて、環境汚染の心配のない、しかも切くず処理性や工具寿命のすぐれた快削鋼を得ることが、今後の快削鋼の開発課題である。

4.5 異形鉄筋

鉄筋コンクリート構造物の大形化の趨勢、耐震性向上と鉄筋工事の合理化の要求などにより、鉄筋は異形化、太径化し、またコンクリートの高強度化に伴い、鉄筋自体の高張力化も進行している。これらに伴って、継手法にも大きな開発努力が払われ、新しい機械的鉄筋継手が



———— コスト低減のための低級鋼への移行
 - - - - - 性能向上のための材料、処理の改善
 起点となる材料
 多量に使用されている代表鋼種
 日本ではまだ実用化されていない材料
 E H 高周波焼入れ

図 9 自動車用棒鋼の置換推移

実用化された。

さらに、あらかじめ柱梁を工場または工事現場で組立てる、いわゆる組立鉄筋も開発されており、今後需要増大が予想される。

鉄筋用棒鋼には、溶接性、圧接性、耐震、耐熱性や耐海水性の要求があり、今後の開発が必要であろう。その他、磁気浮上方式超音速鉄道や核融合炉などのコンクリート構造物の鉄筋として、非磁性鉄筋のニーズが最近急速に高まりつつあり、高 Mn-Cr 鋼が開発されている。

4.6 その他

以下に線材、棒鋼に関連した 2～3 の応用例につき述べる。

(1) 超電導線

最近脚光をあびている超電導線^{15)~16)}は、線材技術の質的向上に支えられて生み出された製品のひとつである。超電導線は銅マトリックス中に超電導材料の極細線が、多数本埋め込まれた断面構造を有している。

(2) 粉末高速度鋼

高速度鋼工具は、従来造塊、圧延によつて作られた線材、棒鋼より製造されていたが、高速度鋼粉末を熱間静水圧プレス (HIP) で焼結したのち、所望の寸法に熱間

加工する方法が実用化され、靱性および研削性のすぐれた材料や、また従来法では製造困難であった高合金高速度鋼が得られるようになった。

(3) 鋼繊維

最近、鋼繊維補強コンクリートが各所に使用されはじめている。鋼繊維は薄板や鋼線の切断法、切削法などにより製造されているが、今後飛躍的發展が期待できる。

(4) チタン合金線

比強度や耐食性が強く求められる場合には、鉄鋼材料よりも有利な材料として、チタン合金線が用いられる場合がある。たとえばジャンボジェット機には、100 万本以上のチタン合金製ファスナーが使用されている。このように最適材料の選択が今後ますます必要となろう。

5. 線材応用分野の發展

線材応用分野のうち、ここでは長大橋メインケーブルと溶接棒についてとりあげる。

5.1 長大橋メインケーブル

本州一四国連絡橋に多数採用される長大吊橋の生命は、吊構造部を支えている強力なメインケーブルにあるといえる。長大吊橋のメインケーブルは、素線径約 5

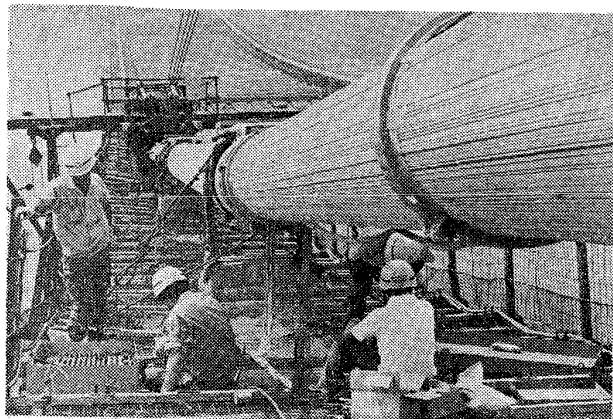


写真2 架設作業中のメインケーブル (関門大橋)

mmφ で 160 kgf/mm² 級の引張強さをもつ亜鉛めつきピアノ線を、1万数千本平行に集成した平行線ケーブルが使用されている(写真2)。メインケーブルには絶えず繰返し応力がかかるので、その素材には高強度ともに、すぐれた耐疲労性が不可欠である。メインケーブルの長さは1000m以上におよぶため、全長にわたって均質であることも要求される。

長大橋メインケーブルの製造に際しては、素材供給メーカーと伸線・亜鉛めつきおよび平行線ケーブルの製作メーカーとが、一体となつた管理体制をしき、万全を期する必要がある。

5.2 溶接棒

溶接材料ならびに施工法の最近の動向として、つぎのようなものが挙げられる。

(1) 半自動溶接の普及

半自動溶接の大半は炭酸ガス溶接であるが、手溶接に代つて能率があがり、コストダウンがはかれるため、溶接用ワイヤの需要が増加してきている。

(2) 低ヒューム溶接棒の開発

作業環境の改善の点から、溶接時に発生するヒュームを減らそうとする要望が強い。適切な被覆剤組成を選ぶことにより、溶接棒の性能を損なわずに、低ヒュームの溶接棒の製造が可能となる。

(3) 狭開先溶接法の実用化

開先断面積が大きくなる従来のサブマージドアーク溶接法などでは、溶接能率が極めて悪くなる。この欠点を解消する方法として、狭開先溶接法(ナローギャップ溶接法)が開発された。この代表的なものに図10に示すツイストアーク溶接法と、スキップアーク溶接法がある。前者は2本のワイヤをより合せて、狭い開先でもアークが広がるようにしたもので、後者は溶接方向の前後にアークを揺動させ、前後のアーク点で溶接電流を調整して、横・縦方向の溶け込みを確保したものである。いずれもガスシールドアーク溶接で、スラグができないために溶接能率がよい。また狭い開先であるため、溶接材料の消費量が30~40%節減できるので経済的である。

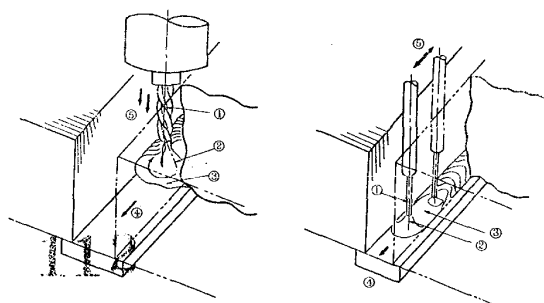


図10 狭開先溶接法の概念図
 (A) ツイストアーク溶接法
 1. ツイストワイヤ 2. アーク
 3. 溶融プール 4. 溶接方向
 5. シールドガス
 (B) スキップアーク溶接法
 1. ワイヤ 2. アーク 3. 溶融プール
 4. 溶接方向 5. ウィービング方向

(4) 専用の自動溶接施工法の開発

各種高能率施工法のうち片面自動溶接法は、従来船殻外板などで、大形ブロックをクレーンで反転して、両面から溶接していたものを、片面から一度の溶接で作業を完成させるもので、わが国で開発された画期的な高能率溶接法である。最近では造船のみならず、橋梁、パイプなど他の分野にも拡大適用されつつある。また各種パターンでオンシレートする自動ミグ溶接法は、溶接部の健全性がすぐれていること、さらに能率的であることから、タンクなどの立向溶接に使われるようになってきている。

6. 二次、三次加工技術の進歩

二次、三次加工技術については、工程省略、省力等による製造原価の低減や、無公害、品質向上に目標をおいた技術開発例について述べる。

6.1 線材熱処理技術

線材の熱処理分野では、鉛による環境汚染の問題から、鉛に代つて流動層や沸騰水を用いるパテント法が開発された(図11)。

すでに述べたように、ステルモアその他の圧延パテント法線材の開発は、従来行われていた鉛パテント法の一部を不必要とするまでになつており、鉛の使用頻度は今後さらに少なくなるであろう。

6.2 冷間鍛造技術

この分野では、冷間鍛造前の球状化焼なましや、焼ならしの省略が試みられている。このため、圧延のままの鋼材にすぐれた冷間鍛造性が要求されるようになり、圧延温度制御や圧延後の冷却制御などが、鋼材メーカーで実施されている。また冷間鍛造性を向上させるために、硫黄やシリコン含有量を低下させた鋼種の採用や、一部の低合金鋼のポロン鋼への代替が行われている。その他、冷間鍛造後に行う調質処理を省略して、冷間鍛造のまま高強度部材を製造、製品化する試みや、冷間鍛造の代りに温間鍛造を行つて、鍛造前後の熱処理を省いて、高強度部材を製造する方法も検討され、一部で実用化されている。

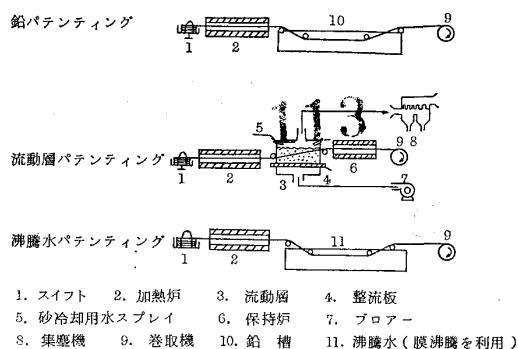


図 11 各種パテンティング法の原理

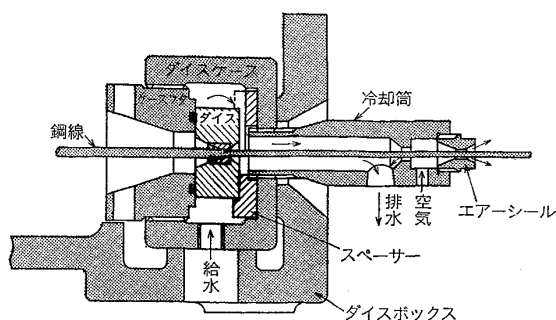


図 12 伸線中の鋼線とダイを直接水冷する装置 (冷却伸線装置)

6.3 冷却伸線技術

冷間伸線工程は、鋼線品質と製造原価に大きな影響を与えるため、従来から伸線速度の増大、伸線機稼働率向上、および製品品質向上に関する技術開発が行われている。軟鋼線に比し、高炭素鋼線の伸線はより高度な技術を要する。高炭素鋼線においては、伸線中の温度上昇にともなう鋼線の脆化や、潤滑剤の劣化が大きな問題で、これを解決するために、ダイス外周部の水冷、巻取釜内面の水冷などの方法が開発され普及しているが、最近鋼線そのものを、直接水冷する効率のよい冷却法¹⁷⁾(図12)が開発され、能率と品質の向上に寄与している。

6.4 線材皮削り技術

軽微な表面疵が最終製品の品質や加工性を阻害する高級ばね用鋼線などの製造には、各種の線材皮削り技術(図13)が開発され、広く活用されているが、冷間探傷技術の進歩と結びついた今後の発展が期待される。

7. 線材，棒鋼製造技術・プラントの輸出例

わが国の鉄鋼各社が海外に輸出した線材，棒鋼工場の技術ならびにプラントの例を表1に示した。これらは、いずれもわが国とは言語，気候風土，経済環境，さらには技術面での歴史と水準を異にした環境下での活動であり、多数に及ぶ関係者各位の並々ならぬ努力を得て、は

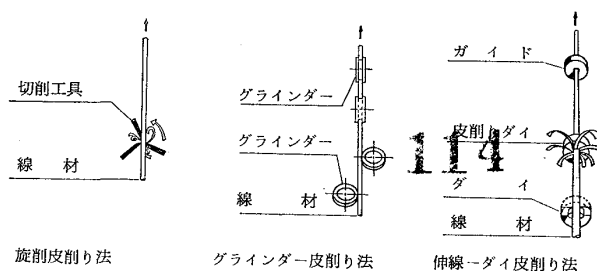


図 13 各種の線材皮削り法

じめて成功に至ったものである。

当社が手がけたカタール製鉄所は、直接還元法を採用した一貫製鉄所であるが、ここで簡単に紹介したい。

まず、設備のエンジニアリングに関しては、中東のカタール国の立地条件を勘案して、下記を含む幾多の配慮がなされた。

- (1) 労働力調達の高コストに対処するため、極力省力型設備とした。
- (2) カタール国内に豊富に存在する天然ガスを最大限に活用すべく、設備を選択した。
- (3) 水が非常に貴重、かつ高価であるため、淡水系統を完全クローズドシステムとした。
- (4) 高温多湿(夜間)の気候条件に対処するため、

表 1 線材，棒鋼技術・プラントの輸出例

会社名	粗鋼生産能力	ミル種別	工期	技術輸出形態	輸出会社名
ブラジル ACESITA (Companhia Aços Especiais Itabira)	最終 100万 t	棒鋼ミル	第 I 期完工 1976年	ミル建設 技術援助	新日本製鉄 大同特殊鋼
カタール QASCO (Qatar Steel Co.)	40万 t	棒鋼小形ミル	1975年 ~1978年	ミル建設 エンジニアリング	神戸製鋼所
韓国 浦項総合製鉄	最終 850万 t	線材棒鋼ミル	第 III 期完工 1979年	技術協力 操業指導	新日本製鉄 日本鋼管
アルジェリア SNS (Societe Nationale de Siderurgie)	最終 200万 t	形鋼棒鋼ミル	完工 1979年	技術指導	新日本製鉄
スペイン ENSIDESA (Empresa Nacional Siderurgica)	最終 900万 t	線材ミル	完工 1980年	技術指導	住友金属

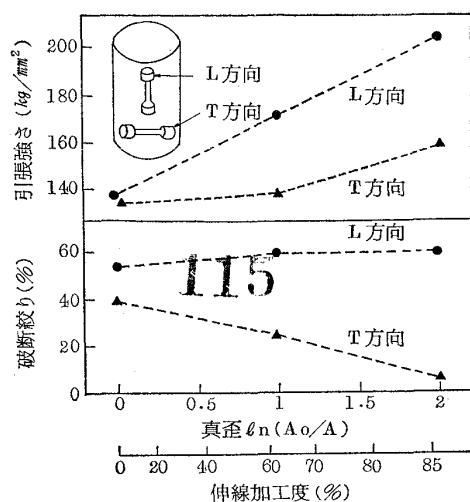


図 14 高炭素鋼線の引張性質の異方性に及ぼす伸線加工度の影響

とくに電気系統の絶縁性を強化した。

(5) 季節によつて発生する砂嵐に対処するため、設備、ならびに重要建屋部分の気密性を強化した。

(6) 電力網のバックパワー不足に対処するため、電気炉のフリッカー(*)対策を強化した。

現在、カタル製鉄所は操業開始後2年目を迎えているが、はやフル操業が期待し得る段階に至っている。

8. 今後の課題

以上、線材・棒鋼技術の沿革、現状、問題点などにつき述べたが、今後、**・転炉技術** **・炉外精錬技術** **・連続鋳造技術** **・圧延における高能率化技術**、各種測定技術、自動化技術、圧延熱処理技術 **・各種二次、三次加工技術**などの生産技術に多くの取組むべき課題を残しており、省エネルギー、省力、製品品質の安定的向上などをめざして、研究開発を強力に進める必要がある。

材料、とくに物性面においても多くの課題があり、例えば、高強度材料の開発が今後とも指向されるであろうが、安価で靱性がすぐれ、環境脆化感受性の小さい鋼材の開発が必要である。

つぎに具体的な例として、高炭素鋼線の性質改善に関する研究開発課題につき述べる。

パテンティング時のオーステナイト結晶粒が微細で、かつ遊離窒素が少ないと延性が向上することがわかり、細粒鋼が多量に使われるようになったが、同時に焼入性が低下するため、太径線材では強度と伸線性が低下する。これを防止するために二、三の合金元素が利用されているが、合金元素を添加せずに良好な焼入性を得る方法として、1万～2万気圧の超高圧下でのパテンティングの効果が検討されており、今後の発展が期待される。

冷間伸線した高炭素鋼線の性質は、伸線中の歪時効の

(*) フリッカー：炉の電流変動により、供給送電線の電圧が変動する現象。

進行程度により左右されるので、内部摩擦などの測定により詳しく歪時効が研究され、その機構が解明されつつある。しかし、歪時効を完全に防止しても伸線した高炭素鋼線には、機械的性質に大きな異方性を生じる¹⁸⁾(図14)。そのため、高強度化を図ろうとすると縦割れ感受性が高くなるので、今後はこの点をいかに改善するかが一つの課題である。

線材・棒鋼技術には、以上に述べた事項以外にも多くの課題があるが、多くの人々の努力と協力によつて、今後の発展が期待される。

以上、線材・棒鋼技術の現状、課題などにつきその概要をお話し申しあげました。

今後、この分野における技術開発の重要性、緊急性はますます高まってくるものと思われまますので、皆様の絶大なご支援を重ねてお願い申しあげ、本講演を終わらせていただきます。

文 献

- 1) 鉄鋼統計要覧：1977 年会計年度実績より
- 2) O. SAEKI, K. TAGUCHI, R. NISHIDA, I. FUJITA, M. ONODA, and O. TUCHIYA: Agglomeration 77 p. 803
- 3) 今西信之, 川口二三一, 上伸俊行, 明田 莞: 神戸製鋼技報, 27(1977) 2, p. 4
- 4) 例えば, K. NARITA, Y. SATOH, T. MORI, T. ITOH, and A. KUJIME: Trans. ISIJ, 16 (1976), p. 504
- 5) 井上俊朗, 作村洋三, 杉原弘祥, 久保田達之: 鉄と鋼, 63(1977), A99
- 6) 成田貴一, 富田昭津, 片桐 望, 佐藤哲郎, 喜多村実, 川崎正蔵, 金塚泰夫: 鉄と鋼, 64(1978), S 193
- 7) E. FÖRSTER, W. KLAPDAR, H. RICHTER, H. ROMMERSWINKEL, E. SPETZLER, and J. WENDORFF: Stahl u. Eisen, 94(1974), p. 474
- 8) 三木 修, 佐原弘祐, 小新井治朗, 中村守文, 初岡延泰: 鉄と鋼, 64(1978), S 119
- 9) K. TASHIRO, T. ITOH, H. MAEDA, and T. OKAJIMA: ISIJ Special Report (1977) 25, p. 255
- 10) 綾田研三, 森 隆資, 成田貴一: 学振 19 委, 凝固, 231 (1978)
- 11) 秋田正弥: 電気製鋼, 50(1979) 1, p. 23
- 12) 富岡美都夫: 鉄と鋼, 59(1973), p. 1726
- 13) Iron Steel Eng., 53 (1976) 5, p. 65
- 14) 「自工会資料」鉄と鋼, 61(1975), p. 709
- 15) 堀内健文, 文珠義之, 永井信之: 金属学会誌, 37 (1973), p. 882
- 16) 堀内健文, 文珠義之, 多田羅勇, 永井信之: 金属学会誌, 37(1973), p. 1057
- 17) Y. NAKAMURA, T. FUJITA, H. KAWAKAMI, and Y. YAMADA: Wire Journal, 9(1976) 7, p. 59
- 18) 横山忠正, 山田凱朗, 木下修司: 鉄と鋼, 63 (1977), S 673