

# 伝統ある高級鋼管を基に発展してきた「パイプの住金」

## ——鋼管事業部——



八木基雄

常務取締役  
鋼管事業部長

### はじめに

創業100周年を迎え、当社鋼管の製造技術、商品開発の変遷について紹介します。これは、需要家の皆様の長年にわたる御指導のもと、一体となってその時代に要求される製品の開発、製造技術の改善を行ってきた結果であり、併せて『パイプの住金』の地位を維持できたわけで、誠にありがたく感謝しています。

当社の鋼管製造は、明治30年創立した住友伸銅場で銅管、真鍮管の引抜きを行なったのが始まりであり、ここで培われた技術を発展させて安治川工場でわが国初めての冷間継目無鋼管の製造を開始しました。

更に大正10年には、従来輸入に頼っていた高級鋼管である海軍向船用ボイラ用鋼管、航空機用鋼管、蒸気機関車用鋼管の国産化のために、尼崎においてマンネスマン製管機を設置し、わが国で初めての製鋼から製管まで一貫した継目無鋼管の製造体制を確立しました。

戦後は、国内の経済復興とともに要求される高級鋼管の製造体制を逐次整え、あらゆる分野に使われる鋼管を供給できる体制を確立し、いわゆるパイプのデパートと呼んでいただけるようになりました。とりわけ昭和43年には、海南に火力発電所、石油精製、石油化学プラントに使われる特殊管、および油井管の量産に適したマンネスマン・マンドレルミルを完成させました。

以降、様々な製管技術の開発と操業の改善を続け、難加工材の製管も可能な交叉角穿孔法を実用化し、更に当社独自の高交叉角・高拡管穿孔法を開発、本年2月には和歌山にこれらの技術を導入した世界には類を見ない完全自動化製管ラインを完成させました。

また、ステンレス鋼、高合金鋼等の高級特殊管の製造については、独自の技術を盛り込んだ押出製管機、冷間圧延機、冷間引抜き機を逐次整備し、製鋼から最終製品に至るまでの一貫した体制を完成させました。

溶接鋼管製造技術では、電気抵抗溶接鋼管、鍛接鋼管（のちにSW鋼管へ発展）、大径溶接鋼管の製造を順次開始しました。ステンレス鋼管においてもTIG溶接や、最近ではレーザー溶接鋼管と時代のニーズに応じた製管技術の開発を行なっています。

一方商品開発について、特殊管分野では新材質を中心に時代に対応した高級鋼管を次々に実用化してきました。戦後の火力発電建設の増加および蒸気条件の高度化に応じ、高強度9%クロム鋼管から「スーパー304H」鋼管、超々臨界圧ボイラチューブまでの高級ボイラ用鋼管、「内面ヒレ付き管」や脱硫装置加熱用の「347AP」などの石油化学プラント用鋼管、半導体用クリーンパイプの開発、また原子力発電分野でも、蒸気発生器合金管や各種原子炉に応じたジルカロイ核燃料被覆管、配管等も量産し、特殊鋼管分野の世界のリーダー的地位を得ることができました。

油井管分野では、昭和2年尼崎で石油坑井用チュービングを製造したのが最初であり、戦後は米国などの油井用鋼管の需要に注目し製造設備を増強するとともに、昭和27年わが国初のAPI認定を取得しました。近年は高温、高強度、高耐食などあらゆる厳しい油井環境下に耐え得る「SMシリーズ」「New SMシリーズ」を開発し、特殊ねじ継手としては「VAMシリーズ」を取り揃えてきました。

ラインパイプ分野では、昭和44年に当時世界最大のアラスカ縦断パイプライン（TAPS）の大量受注を得、その基礎技術は今日の高級ラインパイプの発展に大きく寄与しています。

また、メカニカルチューブ分野では、経済成長期の自動車産業の発展に伴い自動車用鋼管の高級化を図り、また軸受用鋼管、機械構造用鋼管（スミニカル）等もニーズに対応すべく積極的に開発拡販を進めてきました。

以上のように、当社はあらゆる分野の業界発展に貢献すべく尽力してきましたが、今後とも当社はパイプのトップメーカーとして、需要家の皆様の信頼と期待に応えるべく技術開発に努力していく所存であります。そのためにも、皆様の変わらぬご指導、ご鞭撻を賜ようお願い申し上げます。

## 1. 鋼管製造技術の歴史

### 1-1 継目無鋼管製造技術

継目無鋼管は鋼塊または鋼片に直接穿孔して造られるので、周方向に溶接部がない。その用途は油井管、ラインパイプ、メカニカルチューブ（機械構造・自動車用鋼管）、特殊管（ボイラチューブ・化学プラント用鋼管）、原子力用鋼管と多岐にわたり、厳しい環境下で使用されている。

製造プロセスにはマンネスマン法、ユジーン・セジュール法、エルハルト・プッシュベンチ法などの熱間製造法と、熱間製造をした継目無鋼管を更に寸法精度、高表面性状に仕上げる冷間圧延法と冷間引抜き法がある。第1図に当社の継目無鋼管の製造プロセスを示す。

世界でも主要の製造プロセスをそろえ、寸法的には外径3.0mmから800mmまで、材質的には炭素鋼からステンレス鋼、チタン、ジルカロイの非鉄金属まで、あらゆる継目無鋼管を製造している。

当社の継目無鋼管製造の歴史は、1912年に住友伸銅場安治川工場（大阪市）でわが国民間では初めて継目無鋼管を製造したことからはじまる。以来85年間、製品開発はもとより、継目無鋼管の製造技術の開発と向上に常にたゆまず挑戦し、「継目無の住友」、「パイプの住友」の名をいただくとともに、長年培った技術の集大成と自負する世界最新鋭のSMI-MAX（新中径シームレスミル）を本年竣工するに至った。ここに当社継目無鋼管の製造技術発展の歴史を振り返ってみる。

住友伸銅場は1897年創立で、銅、真鍮板、棒、管、線材を製造し、1909年には、わが国で初めて引抜き真鍮管の製造に成功した。その技術を評価した海軍は艦艇用の水管式缶管の製作を要請し、呉市の海軍工廠から専門技術者を迎え、また英国から中空鋼材を熱間圧延し継目無鋼管とするスエーディッシュ製管機を導入し、12年わが国で初めて冷間仕上げ継目無鋼管の製造に成功した。ここに「継目無の住友」の第一歩を踏み出した。

#### 1-1-1 マンネスマン製管技術の発展

##### (1)マンネスマン穿孔・プラグミルの時代

以後、継目無鋼管の需要は順調に伸び、生産能力をあげるため、現在の関西製造所特殊管事業所（尼崎市、以下尼崎）に、最大外径140mm、年産能力18千トンの当時最新鋭のスティーフエル製管機を導入した。22年に製造開始した本機は、社史に「当分の間機械操作上の困難が続きまとい、技術的解明に辛酸をなめねばならなかった。（中略）翌23年ついに海軍用素管の製造を中止した。」と述べられおり、順調な稼働へ移行するのに大変な苦労があった。しかし、この苦難を乗り越え、汽罐用鋼管、自転車用鋼管、ねじ付ガス管、一般用熱間仕上げ鋼管を製造、27年には油井用チューピング鋼管を製造するまでに至った。



写真1 創設当時の工場内部（手前がサイザー）

一般諸設備の大型化にともない更に大径、長尺の鋼管が要求されるようになったので、35年スティーフエル製管機に替わり、最大外径229mmΦのスティーフエル・マンネスマン製管機（以下プラグミル）が導入された。年産能力54千トンの本機は、エロンゲータがないのを除けば現在のマンネスマン・プラグミルラインとほぼ同じ構成となっていた。

更に、42年開所した和歌山製鉄所（和歌山市、以下和歌山）にも尼崎と同様の最大外径245mm 年産能力96千トンのプラグミルが43年に新設された。

45年8月、太平洋戦争の終結で継目無鋼管の生産は一時中断されるが、同年10月には早くも尼崎のプラグミルが、48年には和歌山のプラグミルがそれぞれ再稼働した。以後これらが熱間製管ミルの2つの大黒柱として活躍し、常に若返りの改造と技術改革を行い、その生産量を伸長させてきた。以下に、主な出来事を紹介する。

48年：ARAMCOからラインパイプを初めて受注した。

疵改善のため素材をリムド鋼からキルド鋼へ材質転換した。

51年：火力発電向け高温高压ボイラチューブの初製造

九州電力築上発電所にわが国初の高温高压ボイラチューブを納めた。蒸気条件は、65気圧・485℃と当時では破格の高压高温であり、この用途への鋼管をどのように製造するかが大問題であった。

「最後にして最高の品質に、不退転の決意で取り組む」の意思を反映して、アルファベットの最後のZから②と名付け、②基準という極めて厳しい製造条件を設定し、それらをすべて実現させるため、製造技術の開発、検査技術の改善を次々とこなした。

②パイプの開発で蓄積された技術を原点にして、当社の継目無鋼管の製造技術は大きく発展した。

52年：油井用鋼管の大量生産始まる

他社に先がけて API（米国石油協会）モノグラ



第1図 継目無鋼管の製造工程

ムを取得し、油井管、ラインパイプの大量受注につなげた。ねじ加工、アップセット、焼入れなど油井管特有の製造技術を確立すべく、意思高揚される。

#### 57年：和歌山プラグミルのサイズアップ

油井管のフルサイズに生産対応し、生産能力を強化した

- ・最大外径381mm、年産能力180千トン
- ・エロンゲータ導入により品質改善

#### 61年：尼崎プラグミルにストレッチレデューサを導入

油井用チューピング、ボイラチューブなどの中小径の生産能力を向上させる。わが国では初導入であるストレッチレデューサは小径仕上げ圧延に最適であったが、内面角張りを防止するロール孔型設計に苦汁を味わった。この設計成果は後述の和歌山製鉄所海南（以下海南）のマンドレルミルに生かされる。海南マンドレルミルの稼働で本ストレッチレデューサは76年に休止した。

#### 76年：尼崎プラグミルのサイズアップ

海南マンドレルミルの稼働により中径サイズへシフトさせた。

- ・最大外径244mm
- ・エロンゲータの導入により品質改善

#### 79年：和歌山プラグミルをサイズアップ

- ・最大外径426mm

このようにして尼崎と和歌山の両ミルは成長を続け、油井管ブームの82年に最盛期を迎え、尼崎のミルで月産4万トン以上、和歌山のミルで月産5万トン以上の一大記録を達成した。

### (2) 交叉角穿孔、マンドレルミル圧延の時代

マンドレルミルは、マンネスマン穿孔機で穿孔した母管内面に長尺バーを挿入し、連続する孔型ロールとバーの間で一気に肉厚を延伸する連続圧延機であり、後続のストレッチレデューサ、またはサイズで所定の外径に仕上げ圧延する。49年、マンドレルミルは米国で初稼働している。連続圧延のため、高加工度長尺圧延が可能で、生産性と内外面の仕上がりに優れるが、各ロールスタンド間の圧延負荷を調和させるのが難しく、当初は小径の圧延に限られた。しかし60年代には小径継目無鋼管圧延の主流になりつつあった。

#### ①海南7 inch マンドレルミル

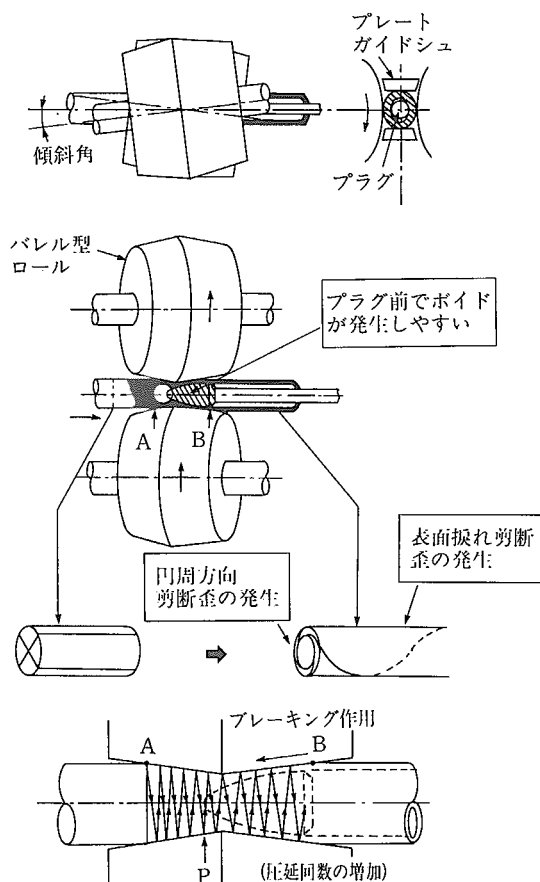
60年代、鋼管の需要は著しい伸びを示し、油井管、ボイラチューブをはじめとする各種高級継目無鋼管の需要が増大することが確実視されていた。

これに應えるため、66年海南に新しいミルの建設を決定した。当時は後述するユージン方式での計画が進められていた。しかしマンドレルミルが優れ、世界の主流となりつつあることを確信し、急速マンドレルミルの導入に計画変

更し、68年わが国初の同ミルを稼働させることに達した。操業当初は、マンドレルミル特有の圧下力で材料が破壊し、連続圧延のロール孔型設計、回転数設計に多くの苦難を経験した。操業開始当時は最大径140mmのミルで最盛期は月産6万トン以上を記録し、後は最大外径184mmへサイズアップした。

現技術顧問の林は、本ミルの稼働に携わった1人である。林は新しいマンネスマン穿孔機で丸鋼片が穿孔される情景を見て、ふと納得できないものを感じたという。その矛盾が林の交叉角穿孔法の研究の発端である。

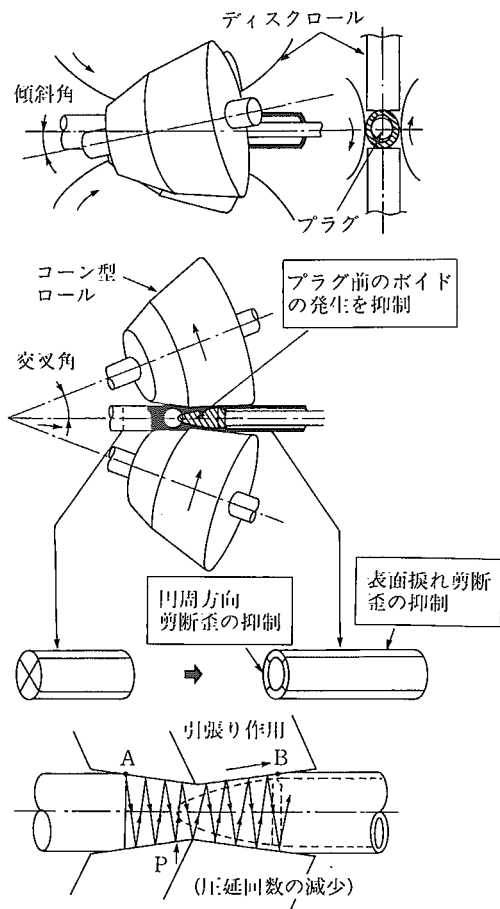
マンネスマン穿孔機では丸鋼片に孔をあけて圧延しているので、材料の進行速度は入側よりも出側の方が早い。一方、材料に推力を与えるのはロール周速の軸方向ベクトルである。マンネスマン穿孔機のロールはバレル型で、入側と出側のロール周速度は概ね同じであり、ロールは材料の進行に抑止力をかけていることになる。その結果、回転鍛造の影響が顕著に現れ、プラグ前で材料が脆化し、内面疵発生の原因になり、かつ材料円周方向にはせん断変形が如実に効き、内面疵の伝播原因となる（第2図）。



第2図 マンネスマン穿孔法

そこで、ロール形状は入側より出側を大きくしたコーン型にする。その結果、材料の進行速度とロール周速が同調し、回転鍛造の悪影響を抑制し、円周方向のせん断変形も抑制される。したがって、ステンレス鋼や高合金鋼などの

難加工性材も穿孔が可能になる。ロールをコーン型にするには、ロール軸に交叉角をつけて配置しなければならない(第3図)。



第3図 交叉角穿孔法

この原理を基に、交叉角穿孔機は研究開発された。

#### ②海南5-1/2inch マンドレルミル

要求品質が高いため、従来冷間加工で仕上げていた機械構造用鋼管(スミニカル)やボイラチューブを、また疵が発生しやすいためユジーン法→冷間加工で製造していたステンレス鋼管を熱間仕上げで対応するため、83年最大外径140mmの特殊管専用の新マンドレルミルを海南にて稼働させた。

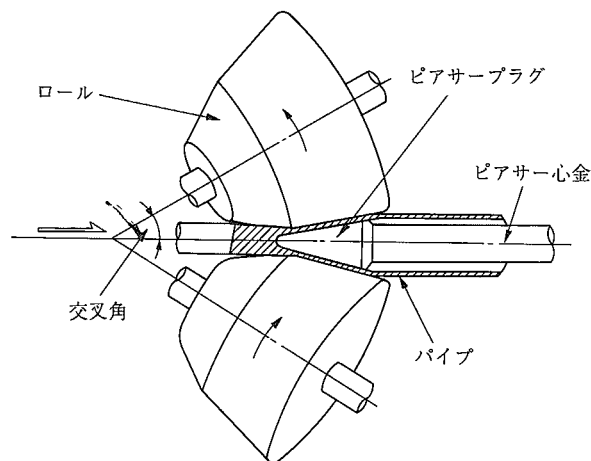
交叉角10°の穿孔機を初導入、マンドレルミルは圧延中バーを一定速度で保持するバリティンド式をわが国で初めて採用、またコンピュータ制御の革新に応じ、最新の自動制御技術を取り込んだ。更に、耐久性の高い熱間工具の開発・実用化と相まって、13% Cr 鋼に代表されるマルテンサイト系、二層系、オーステナイト系の各ステンレス鋼管の熱間仕上げを本ミルにて初めて実現するとともに、冷間仕上げ寸法公差を適用した熱間仕上げスーパーホットボイラチューブを初めて市場に送り出した。

この成果は内外の高い評価を得て、85年継目無製管プロセスとしてはわが国初の大河内記念技術賞を受賞し、そし

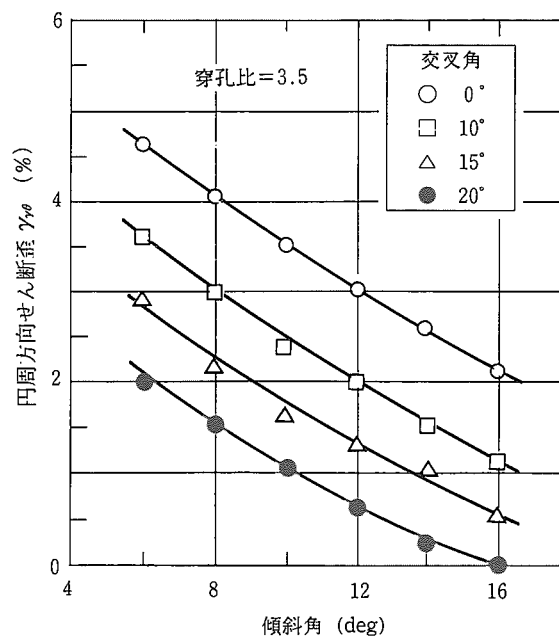
て7inch ミルも交叉角穿孔機へ改造した。

7inch ミルに初採用したマンドレルミル圧延についても、設置以降当社独自の研究開発を進めてきた。高速・高精度ロール油圧圧下装置を用いて、後段のストレッチレデュサーで発生する管端増肉部をあらかじめ薄く成形する管端薄肉化制御、管軸方向の肉厚分布を均一化する AGC 制御を世界で初めて開発し、寸法の高精度化と歩留向上を達成した。

前述の林は、穿孔機の交叉角10°は必ずしも限界でなく、20°以上の交叉角を付与すれば穿孔は更にスムーズとなり、品質が向上すると考えた。そして林の研究戦略である「小さいものから大きいものを造る」すなわち、拡張穿孔で、1つの丸鋼片サイズから自由に製管サイズがコントロールでき、生産効率は大幅に向上すると確信した(第4図、第5図)。



第4図 高交叉角高拡張穿孔法



第5図 円周方向せん断歪に及ぼすロール交叉角、傾斜角の影響



その実証には、モデル穿孔機が必要であった。しかし、継目無鋼管の供給能力過多とプラザ合意に基づく円高で、83年以降わが国の継目無鋼管の生産量と採算は急激に低下した。当社も87年に、55年間の歴史を持つ尼崎プラグミルを休止し、継目無鋼管への開発投資もままならぬ状況が続いた。そのような状況下であったが、新宮（当時社長、現会長）の決裁を経て、新しいモデル穿孔機が設置され、高交角高拡管穿孔法を開発した。結果は所期の目標以上に画期的な性能を示し、本穿孔法を採用することでミルライン自体もコンパクトになることが分った。

### ③和歌山16-3/4inch 新マンドレルミル

折しも、和歌山プラグミルは操業から50年以上経過し、老朽化が避けられず、今後ますます高級化、品質の厳格化が要求される継目無鋼管の製造には耐えられないという気運が高まっていた。高交角高拡管穿孔法の開発が起爆剤となり、93年21世紀を見据えて高交角高拡管穿孔を基軸とした世界最大級の外径16-3/4inch (426mm) のマンドレルミルラインに更新する決定がなされ、当社継目無鋼管製造技術の集大成となった新しいミルは97年2月営業運転に入った。新ミル (SMI-MAX) の技術的特徴は以下のとおりである。

- a 交角20°拡管比1.4の高交角高拡管穿孔
- b 外径16-3/4inch バーフリティンドマンドレルミル
- c 外径制御機能付き3ロールサイザ



写真2 新ミル内部全景

- d 素材径3サイズで外径5-1/2inch~16-3/4inchを製造
- e 世界で初めて連続製造設備とミルラインを直結
- f 5スタンドマンドレルミルとサイザを一体化
- g ミルラインと熱処理を直結したインライン熱処理
- h コンピュータによる完全自動管理、自動制御
- i 素材鋳込から製品出荷までのピーストラッキング
- j 108チャンネル超音波探傷による全長全面保証等

外径360mmの丸鋼片から外径500mm 外径のシェルが穿孔される情景は誠に壮観である。SMI-MAXで製管された継目無鋼管は必ずやお客様にご満足いただけると確信している。当社プラグミル62年の歴史は終結し、外径26.7mmから426mmまでを、世界最新鋭の交角穿孔バーリティンドマンドレルミル方式で製造する唯一の継目無鋼管メーカーに変身した。

### 1-1-2 熱間押し製管技術の歴史

#### (1)エルハルト・プッシュベンチ法

熱間押し製管は、28年にドイツのシュレーマン社製2000トン縦型水圧機、1000トン横型水圧機からなるエルハルト・プッシュベンチを尼崎に導入したことに始まる。本機により蒸気管、罐用ドラム、気蓄器等の外径600mmに達する継目無鋼管が製造できるようになった。以後水圧プレスは大型化され、現在は57年に設置された3000トン縦型、1500トン横型水圧プレスで外径864mm、肉厚150mmまでの継目無鋼管を製造している。これらの大径厚肉の継目無鋼管を製造できるミルは、わが国では当社だけである。

#### (2)ユージン・セルジュネ法

尼崎で35年に稼働したスティーフェル・マンネスマン製管機は比較的外径の大きい管の製造に適していたが、当時は合金鋼の製管ができなかった。

そこで、36年ドイツのメアー社からジンガー式製管機を尼崎に導入し、わが国における唯一のクランクプレスによる押し式製管機の操業を開始し、外径18mm~75mmの熱間仕上げ小径管および特殊合金鋼管を大量に生産した。しかし、本機は潤滑剤に起因する品質問題と加工度が大きく取れない問題とがあり、新製管法の開発が必要であった。

49年に、ガラスを潤滑剤とする新熱間押し法がフランスで開発され、50年代には生産性を高めるための種々の改造が加えられて、ステンレス鋼などの難加工性材も押し、品質のよい継目無鋼管が製造できるユージン・セルジュネ式製管法が完成された。

当社は59年に継目無ステンレス鋼管の製造を目指し、2500トンプレスのユージン・セルジュネ製管設備を尼崎に導入した。ジンガー式製管機における熱間押し製管の操業経験と技術開発力との強みにより、ステンレス鋼管やヒレ付き管等の異形管（写真3）など更に広い分野にわたる高級継目無鋼管を高効率で製造できるようにした。

68年には3100トンプレスの2号機を増設し、わが国最大

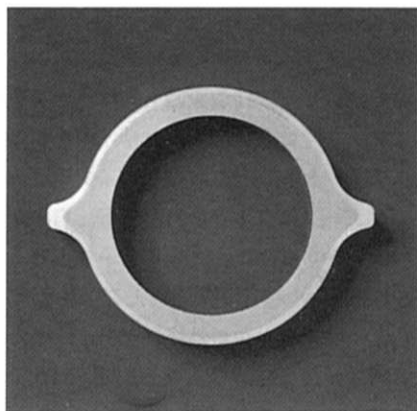


写真3 ヒレ付き管

の押出し管メーカーとなった。その後、潤滑ガラスの改良、誘導加熱炉での投入電力制御による素材加熱の狭幅温度コントロール技術（第6図）の開発、世界で初めての押出し可変速制御（第7図）の開発等の技術開発を進め、ステンレス鋼に加えニッケル合金やチタンの継目無鋼管をも製造

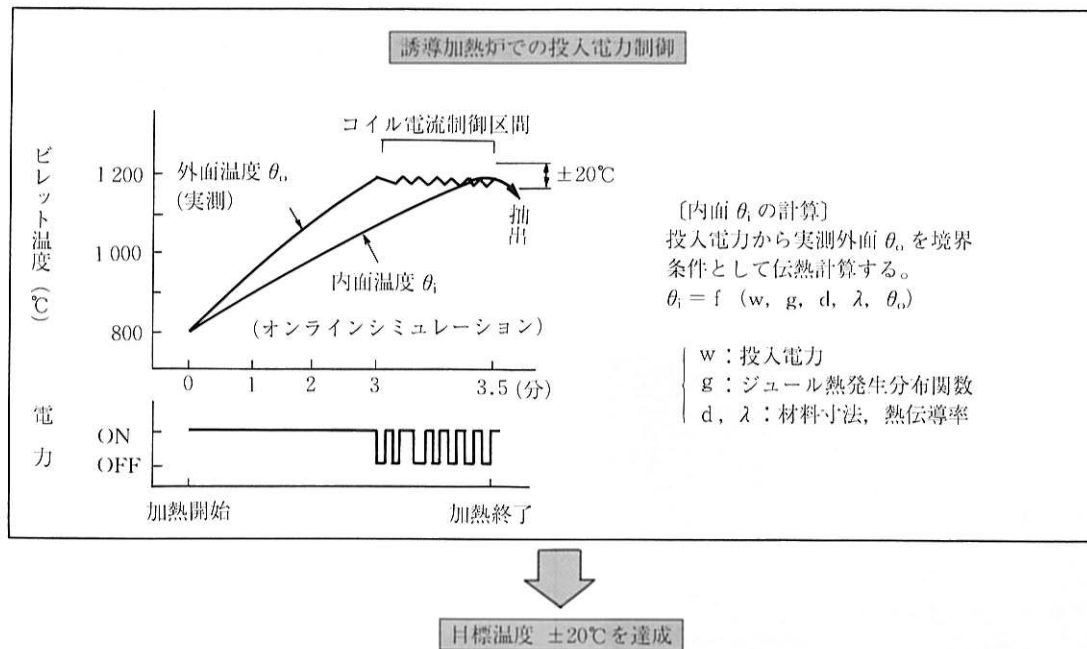
を可能にした。

82年には急増傾向にあったニッケル系高合金油井管の需要に応えるため、2号機を4000トンにパワーアップし、大径管の製造能力を飛躍的に向上させ、この分野で圧倒的なシェアを獲得した。そして前述の製管技術の開発と合わせ、高強度・高耐食 Ni 基合金油井管を開発実用化したことに対し、92年大河内記念技術賞を受賞した。

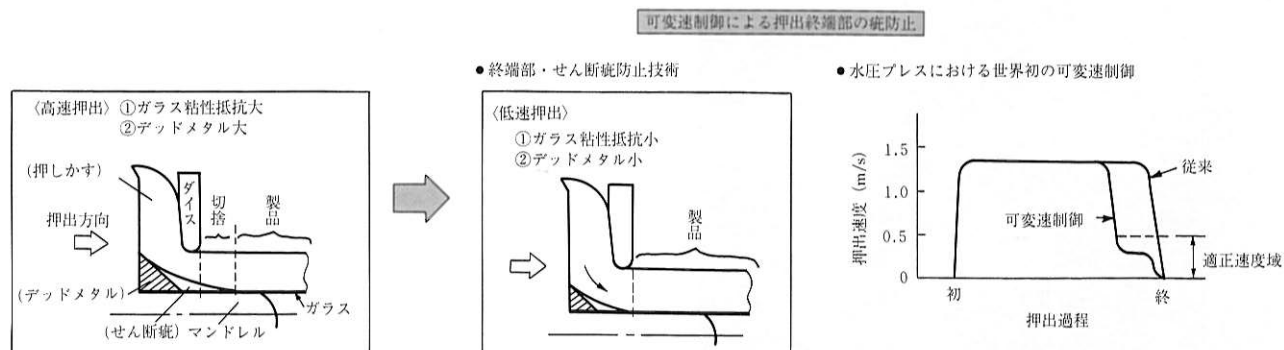
93年には、ユジーン押出し長さ55mという長尺化の世界一を実現させた。これには長寿命ユジーンダイス、マンドレルなどの熱間工具の開発と潤滑技術の向上が大きく貢献した。素材加工のライン化、計装制御技術を駆使した素材の新加熱制御システム、精整オンライン化システム、鋼管の等重量切断などの技術開発により、大きな成果を得た。

### 1-1-3 冷間引抜き、冷間圧延技術の歴史

冷間引抜きとは外面をダイスで、内面をプラグで拘束し、ダイスとプラグの間で鋼管を引抜き、しごきながら外径と肉厚を所定寸法に加工することである。引抜きのため生産



第6図 ユジーン素材加熱の狭幅温度コントロール



第7図 ユジーン押出し可変速制御

性に優れる。

冷間圧延は一對の孔型ロールと鋼管の内面に挿入したマンドレルの間で、鋼管を脈進、脈転させながら外径と肉厚を加工する(コールドピルガー)。引抜きに比べ加工度は大きく取れるが、往復圧延のため生産性は概ね半減する。

#### (1) 冷間引抜き

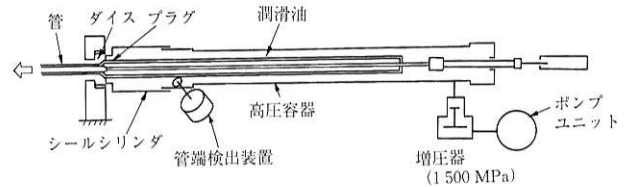
継目無鋼管製造の歴史は、1909年住友伸銅場安治川工場での冷間引抜きに始まり、42年には尼崎で新冷間引抜き工場を創設した。引抜き力17トンの鎖式抽伸機を中心とする当時の潤滑剤は、母材に発生させた錆と鯨油など動物性油脂とを併用したもので、極圧性に乏しく、焼き付き疵が避けられず、通常引抜き後は外周を切削していた。

50年代半ばに、金属石鹸が潤滑皮膜を生成する化学反応を応用して化成処理潤滑法を開発し、その結果、引抜きは冷間加工法の中心となった。更に潤滑剤の改良を進め、ステンレス鋼や耐食性に優れた高合金鋼の冷間引抜きをも可能にした。一方、設備にも回転ドラム式高能率機種を独自開発し、現在の冷間引抜きの原型を確立させた。

57年に引抜き力45トンの抽伸機を尼崎に新設し、増え続けるボイラーチューブなどの高級継目無鋼管の需要に応えるべく、67トン、90トンと引抜き力の大きい抽伸機を順次導入した。更に67年には、海南にマンドレルミルで製管された母管を用い、高能率に小径管を製造する新冷間引抜き工場を建設した。また71年にボイラ用、化学プラント用の細径高級管の需要増加に対応し、外径15mm～51mmの冷間引抜き設備を同工場に増設した。同設備はわが国初の5本引き長尺高速抽伸機である。海南の設備完成以降は、冷間仕上げ鋼管の製造は、ステンレス鋼・高合金鋼は尼崎、炭素鋼・合金鋼は海南に区分した。

化成潤滑処理は、高温の液体中で処理するため、エネルギーロスが非常に大きい。そこで化成潤滑処理が不要で、引抜き時にダイスとプラグに直接潤滑油を供給するダイレクトオイル引抜き法を開発し、わが国で唯一、実用化に導いた。更にこの潤滑油を、潤滑面に超高压下で供給する高压抽伸技術(第8図)を開発し、原子力発電用インコネル蒸気発生器管の仕上げ引抜きとして適用した。

冷間引抜き工程のオンライン化は従来から大きな難関であったが、可逆搬送システムとしての自動倉庫、自動クレ



第8図 高压強制潤滑引抜き装置

ーン、自動台車を介し、ビジネスコンピュータとプロセスコンピュータを有機的に結合したオンライン化技術と自動生産管理システムを開発し、86年に少量多品種オンライン生産方式 FOLMS (Flexible On-Line Manufacturing System) を尼崎で実用化した。また、96年には1ランク高度化したオンライン化システムを海南で実用化した。

また、冷間引抜き加工の主要新技術として、内面多条スパイラル溝付きライフルチューブ加工(写真4)、内面多条ヒレ付きチューブ加工、軸受用鋼管の連続繰返し球状化熱処理法および脱炭抑制光輝焼鈍炉などの開発がある。

#### (2) 冷間圧延

53年にドイツのメアー社製冷間圧延機を導入したが、成形精度の問題があり、中間までの加工にのみ用いた。71年に、同社製の新型冷間圧延機(75VMR)を導入し、中央技術研究所で開発された塑性加工プログラムで設計したコールドピルガーロール孔型を適用することで、高寸法精度、高加工度圧延を可能とした。これを契機に、小径用冷間圧延機が多く導入され、原子炉用核燃料被覆管のジルカロイや蒸気発生器管のインコネルの圧延加工には欠かせない設備となった。

また、高加工度の特性を活かし、大径素管を小径へ一挙に加工するため、国産の大型冷間圧延機も導入した。

コールドピルガー圧延中の塑性変形は複雑であるため、圧延条件の設定は経験的なノウハウに基づくことが多かった。しかし最近では、コールドピルガー圧延の理論解析を展開し、圧延時のひずみ、応力などの変形特性を解明し、その成果として、ロール孔型設計の改良による寸法精度や圧延能率の向上、ロールやマンドレルの工具寿命の向上、圧延パラメータと疵発生の関係等が把握できるようになった。

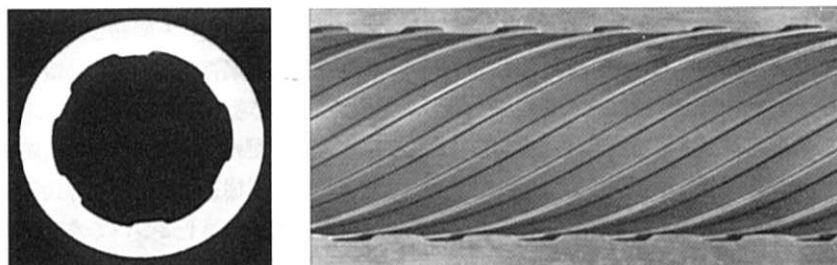


写真4 ライフルチューブ(内面溝付鋼管)



## 1-2 溶接鋼管製造技術

### 1-2-1 大径溶接鋼管

#### (1)大径溶接鋼管製造設備の変遷

60年代後半、ラインパイプの需要増大、大径化および高級化に対処するため、和歌山に分塊厚板圧延設備が完成したのを契機に、その厚板を素材とする大径溶接鋼管設備を67年9月に設置した。その製管方式は、世界で多くの稼働実績のあるUOプレス式と実績は少ないが新方式である連続ロール式とを比較検討した結果、連続ロール式の方が薄肉管の成形性に優れており、設備投資の優位面もあったので、これを採用した。外径は、当時世界最大の48inch(1219mm)まで、長さは60feet(18.3m)までの製管が可能であった。その年産能力は24万トンで、素材であるプレートの圧延技術と相まってアラスカTAPS向ラインパイプをはじめイラン、サウジアラビアなど世界各地のプロジェクトへグレードの高い大径溶接鋼管を供給してきた。

世界のエネルギー需要に応じ、多くの大規模で新しいプロジェクトが具体化する中、大径鋼管の需要増加に対応し、和歌山での経験をもとに74年10月、外径64inch(1626)まで可能なUOプレス式による製造設備を鹿島製鉄所(以下鹿島)に設置し、北海の海底パイプラインやソ連極北の寒冷地パイプラインなど、大量ニーズに対処してきた。

次いで、鹿島での経験と厚肉高強度化への要求に応えるため、和歌山の連続ロール式をUOプレス式へ変更するとともに、大径溶接鋼管のプレス、溶接、拡管等のプロセス技術の改善と開発とにより、世界最大の厚肉鋼管の製造技術を80年に和歌山で確立し、大量の超厚肉ラインパイプの生産にその威力を発揮した。

溶接材料について、80年に高塩基性フラックスLP3の開発により、溶接部の低温靱性が大幅に向上、89年にはその作業性を更に改善したHS3を開発し、溶接部の高品質、高性能化を実現した。加えて、86年に溶接機へ4電極溶接技術を導入し高能率生産を確立した。

その後は、世界のパイプライン需要が低迷したため、87年和歌山のUOミルを閉鎖し、鹿島に統合することを余儀なくされた。しかし、88年には鹿島UOミルの製造可能範囲を拡大して製造体制を整えるとともに、円高進行の中、種々の合理化によって価格競争力の堅持を図ってきた。近年は、新需要に対応した製品、特に高強度厚肉高靱性鋼管や世界初の深海テンションレグプラットフォーム用鋼管の単独受注を果たし、高い評価を得た。

#### (2)塗覆装鋼管

50年代に、各種パイプラインの外面に絶縁性プラスチックを被覆した塗覆装鋼管の要求が高まった。これに対応して開発したのがポリエチレン被覆とエポキシ粉体塗装の塗覆装鋼管である。ポリエチレン被覆について、ロシアの天然ガス輸送パイプライン用として被覆の低温脆化特性や耐エージング性を向上させた極低温用塗覆装鋼管を開発し、

77年に鹿島で商品化した。79年に和歌山でも商品化し、そのうち86年には耐熱性に優れ、被覆の機械的強度が高いポリプロピレン被覆鋼管の開発に成功した。

一方、エポキシ粉体塗装についても83年、新分野へ進出するため、設備を導入し製造体制を確立させた。

### 1-2-2 電気抵抗溶接鋼管

電気抵抗溶接鋼管(以下電縫鋼管)の製造は、51年和歌山の小径管ミル(4-1/2inchミル)から開始した。更に59年、当時小径管分野では、一般配管用鋼管ならびに建設現場の足場管を中心とする構造用鋼管の需要が増大傾向にあった。また、中径管分野ではラインパイプおよびガス管が継目無鋼管から溶接鋼管へ転換しつつあり、同業他社も競ってこの分野に注力した。当社も、小径管増産のため60年に第2号機(2-3/8inchミル)、61年に第3号機(2-3/8inchミル)、62年に第4号機(4-1/2inchミル)をそれぞれ設置した。また、当時わが国最大の中径溶接鋼管設備(16inchミル)を61年に設置した。生産能力は、小径管で月産13.6千トン、中径管で月産15千トンに達した。

小径管分野では操業以来、ガス管を中心に製造してきたが、64年に稼働した連続式鍛接鋼管設備がガス管の需要を代わって担うようになった。そのため、これらの電縫鋼管諸設備は63年以降は次第に高級管指向へと移行させたので、従来の低周波溶接を高周波溶接方式に改造した。一方、中径管分野では、ラインパイプの増加に対応するため、65年特殊電縫鋼管設備(6inchミル)を新設、同年16inchミルを18inchにサイズアップし、更に66年、高周波溶接抵抗方式(サーマツール方式)に設備改造した。この高周波溶接法の採用により、材質面では製造可能な範囲が拡大し、高張力ラインパイプおよび高温高圧用ボイラチューブの製造も可能にした。

80年には、4inchミルでの厚肉化では世界最大の新1号機を設置し、 $t/D$ (肉厚/外径)16%の厚肉鋼管の製造を可能にした。そして、高強度あるいは厳しい使用環境などで示される高級用途へ、その製造可能範囲を漸次拡大してきた。その結果、国内の大容量火力発電ボイラチューブとして当社電縫鋼管が採用されるに至った。これら高級化の推進に際して、従来の二色温度計を用いたフィードバックシステムよりも信頼度の高い溶接自動制御システム(ERIC)、および溶接時に帯鋼エッジ部で発生する酸化物に起因する微少欠陥の防止対策として無酸化雰囲気溶接方式(シールド溶接)を開発した。その結果、従来不可能とされた低合金鋼管やステンレス鋼管の製造を可能にした。更に、曲げ、拡管などの過酷な二次加工に耐え得る品質を確立させるため、中周波予熱と高周波溶接とを組み合わせた複合加熱溶接を開発し、同方式を新1号機へ導入した。

次に、生産性向上についての重点取り組みは、70年に中径電縫鋼管ミルを18inchから20inchへ、84年更に24inchまでにサイズアップし、89年には世界初の連続製管化を基

軸とするリフレッシュを敢行した。一方、小径電縫鋼管ミルでは93年に2inchミルをリプレースし、3ロールサイズ、オンライン超音波等の設置により、品質と生産性とを大きく向上させた。同時に、需要家の方々の高級化要望に対し、メカニカルチューブやラインパイプ等の高強度化、厚肉化を確立させるため、小径電縫鋼管ミルの剛性強化、中径電縫鋼管ミルのシームアニーラー増強により、安定した製造体制を整えた。また現在は、電縫鋼管の製管プロセスにとってまったく新しい技術導入となる大出力レーザ溶接法の開発を推進している。本開発においても、溶接鋼管の高耐食性、高靱性、高強度鋼管製造の技術確立を目指している。

### 1-2-3 鍛接鋼管

#### (1) 鋼管製造設備の変遷

ガス、水道分野で代表される一般配管用鋼管への本格進出は、64年和歌山に設置した連続式鍛接鋼管設備の稼働にまで遡る。このころ、鹿島製鉄所建設の設備案画が進められていたが、一般配管用鋼管のかかなりの需要増を予測していたので、鹿島での製品設備として二番目である鍛接鋼管設備を建設した。和歌山における豊富な経験を生かし、69年にその設備は順調に立ち上がった。しかし、同業他社も同種設備を増設し、そのような中、競争が加速され、次第に供給過剰へと陥った。わが国に7基あった鍛接鋼管設備は、1社1ミルに集約されていく中、82年に和歌山のミルを鹿島のミルへ統合し、需要量に順応した生産体制に再編成した。この間、製造設備の改善および製造技術の開発を積極的に進め、強固な競争力を有するミルへと変貌をとげさせた。併せて更なる飛躍を期し、世界初の試みであった熱間仕上げ電気抵抗溶接鋼管（SW法：Super Weld 法）の開発を邁進した。

#### (2) SW法の誕生

エネルギー危機の時代において、エネルギー多消費型である鍛接製管法（CW法）の省エネ化を目指し「エッジヒータを適用した低温CW製管法」を世界に先駆けて実用化した。これを更に進展させ、省エネ成果のみでなく溶接部品質を電縫鋼管レベルにまで飛躍させた「SW製管法」を開発実用化した。

実用化までの道程は決して平坦ではなく、多くの難関を次々に克服しなければならなかった。すなわち、溶接ビードの熱間切削技術、最適誘導加熱技術、プロセスコントロール技術等の当社特有の開発を一つ一つ結実させたので、目標へ着実に接近した。そしてついに86年、SW法の実用化に成功した。CW法に比べ優れた溶接品質の獲得と時代の趨勢に即応した省エネとが両立した新しい製管法を完成させたのである。この特性は、ガス、水道用途にとどまらず、圧力用配管、ボイラーチューブ等の高級分野へも用途を拡大させた。SW法は、当社独自の製管プロセスとして高く評価され、89年に大河内記念生産賞を受賞した。

### (3) ユーザーニーズへの対応

#### a 鋼管品種の拡大

一般配管用の分野では、ライニング鋼管、ステンレス鋼管、樹脂管への転換が進行しており、鋼管の需要量は長期的に漸減傾向にある。このような環境下において、優れた特徴を持ったSW鋼管を需要家の皆様へ供給し、伝統ある鋼管メーカーとしての責任を果たしてきた。例えば、塑性加工への適性を生かし、ハウジング継手のロールドグループ加工、転造ねじ加工、フレアー加工等の新しい継手加工に対して、需要が拡大している。更に溶接部の高信頼性と曲げ加工性を組み合わせボイラーチューブ用途も、新分野として今後の需要増が見込まれている。

#### b ガス管の4m化

96年、需要家特に流通界の強い要請を受け、これまで5.5mであったガス管の長さを、主に白管、ライニング鋼管を対象に4m化を実現させた。近年は、取り扱い易さが追求されておりそれに応えた施策である。

### 1-2-4 TIG 溶接

ステンレス鋼管を連続して製管する溶接法は、70年代前半までティグ(TIG)溶接であった。70年代後半から、徐々にプラズマアーク(PAW)溶接が普及し始め、その後はPAWとTIGの組み合わせが主流となり、今日に至った。

この間、製造可能範囲を拡大するため、78年に当時世界最大の12inch連続製管ミルを設置し業界をリードしたので、86年にプレス製管法を停止した。また、肉厚0.3mmおよび0.4mmの自動車排ガス系フレキ加工用の極薄肉鋼管の製造を78年に開始し、その後、耐食性を考慮した新鋼種を採用しながら、シェアをほぼ独占し、90年には需要がピークに達した。しかし近年は、対米輸出規制によって現地調達、国内各社の内製化が影響し、やや減少の傾向にある。

今日、当社の製管工場では当然のようにになっているが、熱処理と酸洗を省略したコイルを適用する黒皮製管は、77年に他社にさがかけて試作し、82年に同製管技術を確立した。また、能率向上を目的とした技術開発を多方面から行った。87年に高周波誘導加熱による溶接開先部の予熱とプラズマアーク溶接法を組み合わせた高速製管技術を実用化し、大きく前進することができた。

しかし、相次ぐ高速化対応にも限界のきざしが表れてきたため、斬新的な溶接法として88年レーザー溶接の研究に着手し、90年に製管設備へレーザー溶接機を設置した。レーザー溶接の採用による能率向上もさることながら、それより増して、従来は溶接が困難であった高加工性フェライト系溶接ステンレス鋼管の製造が可能になったことは、大きな成果であった。

溶接ステンレス鋼管の高い信頼性を認めていただけるようになって需要が急増し、生産量も大幅に伸びた。当初は、JIS規格の通常品ばかりであった商品も今日では著しく様変わりし、用途、品種も増え、一部は加工を施して、高付

加価値化を進めている。技術面では、常に溶接の先端技術を開拓し続け、95年「ステンレス溶融溶接鋼管の高速製管技術の開発」で、大河内記念生産技術賞を受賞した。

## 2. 鋼管商品技術の歴史

### 2-1 特殊管商品技術

#### 2-1-1 特殊管事業の確立および尼崎での鋼管製造

特殊管事業をはじめるいきさつとなったのは、明治後期の住友伸銅場時代(安治川工場)に逆のぼる。当社は、1909年にわが国最初の銅・真鍮引抜き管の製造を開始した。当時海軍は、従来の艦艇建造の外国依存を改め、国産化する方針であったが、建艦材料のうちボイラ管や復水器管のような高級管類は製造不可能の状態であった。当時鉄鋼業の経験のない当社は、海軍当局から、至難とされていた継目無鋼管の製造を要望された。そこで、呉海軍工廠の支援を得、12年操業開始の運びとなり、冷間仕上鋼管を製造に着手した。

これは当社鋼管事業の第一歩であるとともに、わが国民間最初の継目無鋼管(ボイラ用鋼管)の製造開始という画期的なことがらであった。更に13年、呉海軍工廠の鋼管製造設備の一切を譲り受けて鋼管工場を拡張した。その素材は輸入品であり、主として艦船用ボイラチューブを製造した。

14年、第一次世界大戦が勃発すると、素材の入手が困難となったことに重ね、海軍用ボイラチューブの需要が増加し、素材の自給が切実となった。このような情勢に応じ、18年に製鋼設備の建設と、ステューフェル製管機を根幹とする熱間仕上鋼管製造設備を加える計画を策定した。その敷地として、尼崎市の岸本製鉄所を買収し、19年住友伸銅所尼崎工場として鋼管の製造を本格的に開始した。当時、陸船用ボイラに用いられるボイラチューブを主として製造し、海軍および鉄道用の製品にほとんど全力をさき、民需の一般用鋼管に應える余力はことさら少なかった。そして、28年安治川工場の鋼管部門を尼崎工場に集約した。

31年尼崎において、モリブデン鋼「HCK」(㊤基準STBA11)およびクロムモリブデン鋼「HCM」(㊤基準STBA21, STPA21)の製造を開始した。ボイラ類の進歩発達に伴い、従来の炭素鋼以上に高温・高圧に耐える鋼管が必要となってきたからである。これは当社の研究によって得たもので、その後各地の火力発電所等に採用された。

尼崎工場は、設備拡張が進み、35年「鋼管製造所」に改称した。

#### 2-1-2 戦後の復興と特殊管の拡販

わが国事業用火力のボイラ蒸気条件は、戦時中から50年ぐらいいまでは、圧力45kgf/cm<sup>2</sup>、温度450℃級で進捗が停滞した状態であった。しかし51年、各種産業の復興とともに電力需要が増加し、同年、過去を超える圧力65kgf/cm<sup>2</sup>、

温度485℃の火力発電所のボイラが建設されている。当社は、この条件で使用するボイラチューブを受注し、以来わが国のボイラは急速に発展するとともに、この種のボイラチューブのほとんどの生産は当社が一手に引き受けた。

59年、尼崎におけるユジーンセジュール式製管設備を新設した。この製管法による生産品種は、各種ステンレス鋼管を主体とし、クロムモリブデン鋼管が主であったが、特殊材質としてニッケル、高ニッケル合金、チタン、ジルカロイ等があり、また形状的には特殊な一体ひれ付き鋼管があった。

火力発電ボイラの高温高圧化に伴い、ボイラチューブに要求される品質は一層厳格になり、特にチタン入りステンレス鋼管の製造条件の確立ならびに高張力炭素鋼鋼管「HCS」(㊤基準STB510)の発明は特筆される。

60年の所得倍増計画を背景とした経済成長政策は、広く産業界を刺激し、各企業とも需要増大に対処するために活発な設備投資が行われた。その影響は鋼管の需要面にも大きく現れ、とりわけ電力、石油精製、石油化学工業部門の需要が活発であった。

まず電力部門では、事業用電力や家庭用電力の需要が増大し、この供給力を確保するために発電設備の建設が相次いだ。大型火力発電設備の開発などにより、水力から火力を主とする方向へ移行し、これに伴って高級管の技術を活かした大型火力発電用ボイラチューブの受注が増大した。

石油精製、石油化学の産業部門についても、この部門の合理化のためコンビナートを形成する動きが顕著となって、これら一連の設備投資が国内で脚光を浴びた。ここに、戦前あるいは戦時中に開発された当社の高級鋼管の製造技術は、この分野に応用開発され、更に進歩し、従来輸入品のみに依存していたこれら高級鋼管は、当社の技術によりほとんど国産品に切り替わった。このようにして、火力発電用鋼管とともに、高級特殊鋼鋼管、ステンレス鋼管、ファーンステューブ(石油加熱炉用鋼管)および超高压管などの特殊管に対しての当社技術者達の絶えざる研究成果は、その製造技術を一流レベルへ押し上げ、わが国石油精製、石油化学部門などの発展に大きく寄与した。

当社の特殊管は、戦前世界水準にまで達したが、戦後この高水準の技術は、前述のように火力発電用、石油精製用、化学工業用等の鋼管に活用され、わが国においてはほとんどのシェアを独占した。しかし、輸出においては当社の技術水準に対する理解が得難かったため、販売には困難が伴った。戦後、貿易の再開以来、油井管、ラインパイプの飛躍的發展に比較し、地道な拡販活動を続けてきた特殊管がようやく脚光を浴びることになるが、59年のソ連向け商談でのステンレス鋼管、ボイラチューブの受注が契機であった。62年以降、カナダ向けあるいは米国向けに火力発電用ボイラチューブの輸出が開始され、世界各地に関連会社を所有する米国ボイラメーカーへの納入に際し、当社品の高

い信頼性がこれら関連会社に次第に知られるようになった。その後、引き続いてオーストラリア、南アフリカ、スペイン、ボルトガル等からの受注も急増し、72年にはインドからボイラチューブを大量受注した。

### 2-1-3 特殊管の新製品開発

75年～80年代にかけてのボイラチューブ開発の特徴は、材質面、形状面での多様さへの対応であった。すなわち、強度を著しく高めた9%クロム、2%モリブデン鋼「HCM9M」(※基準 STBA27, STPA27)を適用した鋼管、高温強度と耐高温腐食性を兼備したニオブ入りステンレス鋼管(SUS347H 細粒鋼)、熱効率を上げるために内面に螺旋状の溝を加工したライフル管、外面に耐食材をクラッドした密着二重管などの開発と実用化である。またシール溶接技術の開発により溶接部強度が継目無鋼管に匹敵する低合金鋼電縫鋼管も開発した。

80年から84年にかけて、他社にさきがけエネルギー効率の向上を目指した超々臨界圧ボイラ用の鋼管を開発した。すなわち、主蒸気配管用として高温特性に優れた9%クロム、1%モリブデン、ニオブ、バナジウム入り鋼(※基準 STBA28, STPA28)およびモリブデン入りステンレス鋼を適用した大径鋼管などを実用化させた。

化学工業用鋼管としては、80年頃より耐食性の優れた二相ステンレス「DP3」(SUS329J4L)の開発、実用化を達成したが、この成果は高合金ラインパイプや高合金油井用鋼管にも応用した。

電縫鋼管では、溶接時の酸化を防止する無酸化雰囲気溶接技術を開発し、80年に鹿島共同火力のボイラのリヒータに使用されたボイラチューブ等、低合金ボイラチューブの大量生産を可能とした。

85年以降、鋼管の需要をめぐる環境は、世界的なエネルギー事情の変化に大きく左右されてきた。このような状況に対応して鋼管製品の開発においても高級化、高付加価値化、低コスト化を積極的に推進した。

ボイラチューブの分野では新材料の開発、実用化を相次いで実施した。89年にわが国初の超々臨界圧ボイラとして運開した火力発電所のボイラ(蒸気条件316kgf/cm<sup>2</sup>, 566℃)の主蒸気管や管寄に使用された前述の9%クロム、1%モリブデン、ニオブ、バナジウム入り鋼管の実用化をはじめ、高強度でかつ耐水蒸気酸化性に優れた「細粒 TP347H」鋼管や25%クロム、20%ニッケル鋼にニオブと窒素を添加して高温強度と耐食性を大幅に改善した「HR3C」(※基準 SUS310J1TB)鋼管を開発した。これらの超々臨界圧ボイラ用材料の開発では、その高品質が評価され、科学技術庁長官賞を受賞した。

「HR3C」鋼管は、わが国の高温用材料としては初めてASME規格に登録された。一方、プラント建設コスト削減の観点から、チューブの薄肉化が可能な低コスト高強度鋼管のニーズが高まり、オーステナイト系ステンレス鋼では

18%クロム、9%ニッケル鋼に銅を添加し使用中での析出強化により高温強度を大幅に改善した「SUPER304H」鋼管(※基準 SUS304J1HTB)はその経済メリットが高く評価され、過熱器管や再熱器管として広く採用された。95年には、12%クロム系でタングステン、銅、ニオブ、バナジウム入りの高強度高耐食「HCM12A」鋼管の開発に関する研究論文は、火力原子力発電技術協会の論文賞を受賞した。

また、フェライト系鋼の低コスト高強度鋼管として、2.25%クロム、1%W、ニオブ、バナジウム入り「HCM2S」鋼管を開発し、96年「HCM12A」鋼管とともに大径管として初めて火力発電所のボイラ(蒸気条件246kgf/cm<sup>2</sup>, 566℃/593℃)に採用された。

石油化学の分野では、エチレンプラントの分解炉反応管用として当社が開発した25%クロム、25%ニッケル系の「HK4M」鋼管や25%クロム、38%ニッケル系の「HPM」鋼管が、熱間押出管の利点を生かした丸管あるいは内面ひれ付管として広く採用され、これらの開発は石油学会の技術進歩賞を受賞した。

石油精製の分野では、軽油の硫黄含有量が規制強化されたため、脱硫装置の増強が図られ、溶接後の安定化熱処理を省略しても耐ポリチオン酸応力腐食割れ性に優れる低炭素、18%クロム、8%ニッケル、ニオブ入りの「347AP」鋼管は、その経済メリットが評価されて、加熱炉管や配管に広く採用された。

半導体の分野では、90年頃から超 LSI の開発生産により、その業界で新設、増設の投資が活発化したが、半導体デバイス製造プラントにおける高純度ガス配管用として、特に溶接部の耐食性、耐炭塵性、平滑性に優れた材料開発の需要が高まった。これに 대응するため、尼崎に新設したVIM, VAR 真空溶解炉を活用して、極低マンガン、アルミ超清浄オーステナイト鋼(スミクリーンM)を開発し、ガス配管用クリーンパイプや継手用パー材の製造技術を確立した。92年頃から超清浄鋼クリーン材料の需要が急激に伸び、93年にはフル生産に追われた。更に高集積化への対応および純水配管用材料として、表面被膜処理したフェライト系ステンレス鋼や高アルミステンレス鋼の開発も現在押し進めている。

## 2-2 油井管商品技術

### 2-2-1 全般

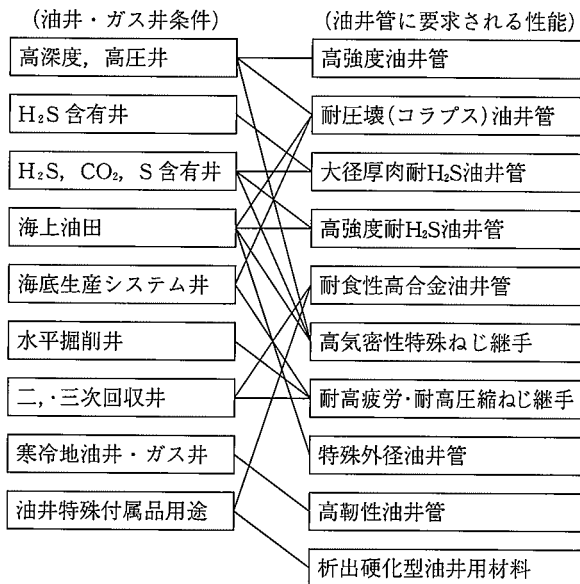
近年の石油、ガス開発では深井戸化、腐食性環境での使用が頻繁になり使用条件はますます厳しくなった。特に石油危機を契機に、それまで要求がなかった高強度、高耐食性、高コラプス性の油井管ニーズが増大し、またこれと並行して水平掘削や井戸設計のスリム化のための新技術が採用され始めた。このような石油開発情勢のなかで当社は高強度、高耐食性、高コラプスの油井用特殊材料と高気密性の特殊継手の供給で応えとともに、需要家の要求に応え、

各種新製品を開発してきた。

## 2-2-2 材 料

27年に油井管の製造を開始して以来、API（米国石油協会）規格よりも厳格な高性能油井管の需要が増大した。

油井管に要求される性能の動向を第9図に示す。



第9図 油井管に要求される性能

これに対処するため、油井用特殊材料では業界にさがけて77～78年にかけ、第1表に示すような「SMシリーズ」「SM-Eシリーズ」を開発し、更に、それらの上位品種として硫化水素による応力腐食に強い「SM-C100」「SM-C110」および高強度耐コラプス性の「SM-125TT」を開発した。80年以降、炭酸ガス腐食および炭酸ガス・硫化水素・塩素イオンの共存下での激しい腐食の対策としてクロム系（SM13CR）、2相系（SM22CR, SM25CR）およびクロム、ニッケル、モリブデン系（SM2535, SM2242, SM2550, SM2050, SM2060, SMC276）からなる「New SMシリーズ」を開発した。

油井管が遭遇する各種腐食環境下での耐食データの蓄積と、実際の井戸での使用実績を考慮した高合金油井の最適材料選択基準を作成し、その適用拡大を図った。この実績が評価され、93年に大河内記念生産賞を受賞した。

近年、湿潤炭酸ガス環境下の井戸および微量硫化水素を含有する井戸の開発が増加し、それらの使用環境には13CRおよび2相ステンレスを使用してきた。しかし井戸開発の経済面から、両材質の中間の耐食性能と価格とに目標を定め、「スーパー13CR（SM13CRS）」を91年に開発、実用化した。また、生産井戸の回収効率向上を目的とした海水注入用途に対しては高耐海水性「スーパー2相ステンレス（SM25CRW）」を94年に開発した。要求に応えるため開発した「SMシリーズ」「SM-Eシリーズ」「New SMシリーズ」は多くの需要家に使用され、高い支持を得た。

第1表 油井用特殊材料

特殊グレード油井管	用 途
SM-Series	高強度深井戸用 (SM-Gシリーズ)
	高コラプス・ケーシング用 (SM-Tシリーズ)
	含硫化水素腐食性井戸用 (SM-Sシリーズ)
	高含硫化水素腐食性井戸用 (SM-SSシリーズ)
	高靱性低温用 (SM-Lシリーズ)
New SM-Series	含炭酸ガス腐食性井戸用 (13CR, スーパー13CRシリーズ)
	含炭酸ガス+低硫化水素腐食性井戸用 (二相ステンレスシリーズ)
	含CO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> S-Cl腐食性井戸用 (SM2535, SM2242)
	高含有CO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> S-Cl腐食性井戸用 (SM2550, SM2050, SM2060, SMC276)
SM-E Series (溶接管ケーシング)	高強度深井戸用 (SM-GEシリーズ)
	高コラプス・ケーシング用 (SM-TEシリーズ)
	含硫化水素腐食性井戸用 (SM-SEシリーズ)
	高コラプス・ケーシング用 (SM-TSEシリーズ)
	高靱性低温用 (SM-LEシリーズ)

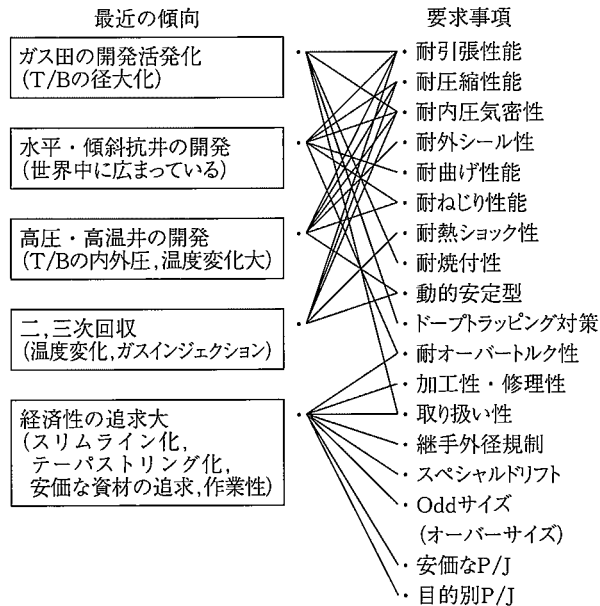
## 2-2-3 特殊ねじ継手

油井管の使用環境が厳しくなるに従い、管材料と同様、継手にも高強度で気密性に優れ、同時に腐食環境の影響を抑制する高機能が要求される（油井管継手に要求される性能を第10図に示す）。

84年にフランスのバロレック社と特殊ねじ継手に関する共同研究契約を締結。それに基づき、各種性能を付与した「VAMシリーズ」の共同開発に成功した。特殊ねじ継手の性能評価基準は従来の静的荷重試験（API PR37-1980）から繰返し複合荷重試験（API RP5C5-1990）へ更新され、以前に増して複雑で厳しい制約となった。この制約を踏まえた当社の特殊ねじ継手について、各用途別にシリーズ化した結果を第2表に示す。

最近では、90年に大径サイズのチュービング継手として「VAM TOP」、93年中国における油田の特殊事情を考慮し、作業性、現場での修理のし易さ、経済性を向上させた「VAM TM」、95年にはスリム設計の井戸に適合した「VAM SLIJ」、そして New VAM と同等の性能を有し、作業性が更に優れ経済性をも向上させた「VAM PRO」「DINO VAM」を開発し、需要家の好評を得ることができた。





第10図 油井管用継手に要求される性能

## 2-3 ラインパイプ商品技術

### 2-3-1 継目無鋼管ラインパイプ

継目無鋼管ラインパイプは、北米、中近東向の高靱性、高耐食性ラインパイプを主軸として開発し、拡販してきた。

近年は、深海や極北地での油田、ガス田の開発が活発化する中、北海およびメキシコ湾海底パイプラインの受注活動を積極的に進めた。特にメキシコ湾では、約1000mという世界最高の水深海域で、TLP(Tension Leg Platform)

の建設が進められている。この TLP に使用されるプロダクションライザ管は、周溶接部を持つため高い破壊靱性 (CTOD) を要求された。これに応えるため、新しく開発した成分系は需要家の認定試験に合格し、受注に成功した。

腐食環境の厳しいパイプラインは、前述した「油井管商品技術」とは異なり、温度が低いので、防食には通常インヒビターが適用されている。オフショア井の開発とともにプラットフォーム建設場所から生ずる制限から、フローラインに関しては、メンテナンスフリーの作業が必要であり、そのため高耐食性ラインパイプの需要が高まった。

当初は、DP 8 (22Cr 系: 83年中近東向に初出荷) が用いられていたが、近年は外面防食のメンテナンスフリーを考慮したより高度な耐海水腐食性、かつ内面のより高度な耐 H<sub>2</sub>S 腐食性を確保したスーパー 2 相ラインパイプ DP3 W (25Cr 系) を開発した。93年、北海向初出荷を契機に、現在も継続受注している。

更に、2 相ステンレス鋼より経済性に優れ、かつ炭酸ガス+微量硫化水素環境下でも使用可能なスーパー 13Cr ラインパイプを開発した。世界で初めて、96年北海海底フローラインに採用され、需要家より高い評価を得た。

### 2-3-2 電縫鋼管ラインパイプ

61年、当時国内最大の中径溶接管設備 (16inch ミル) を設置し、API 5L をベースにしたラインパイプの製造を開始した。以前は、原油の輸送手段は主にバージ輸送が主流であったが、パイプライン輸送への切替が急速に行われた時期であり、パイプラインの建設が米国以外 (中近東、ヨ

第2表 油井管用特殊ねじ継手

適用 継 手	用 途
VAM ACE, NEW VAM, VAM PRO, DINO VAM	一般用
VAM TOP, VAM ACE, VAM ACE RS, NEW VAM	腐食性深井戸用
VAM TOP, VAM ACE, VAM ACE RS, VAM HW, VAM SL	高温高圧井戸用
VAM HW, VAM SL	高温高圧井戸用厚肉管
VAM SL, VAM ACE SC, VAM SLIJ	スリムタイプ用
VAM FJL, NEW VAM	ライナー用
VAM TOP, VAM ACE, VAM ACE MOD	水平井戸用
VAM ACE XS	ワークオーバー用

第3表 継目無鋼管ラインパイプの品質要求レベルの推移

要求品質	75年	80	85	90	95
炭素鋼	低温靱性	X65, X80, X100			
	耐サワー		5L-B~X52	X65	
	特殊用途 (ライザー)			X80	
高合金鋼		DP8		DP3W	スーパー13CR

ーロッパ、南米)でも積極的に推進された変革期であった。

80年代：電縫鋼管製造において大径化(24inch, 26inch化)、厚肉化が進み、高寸法精度はもちろんのこと、品質特性、特に溶接部の性能が著しく向上した。これは、製管溶接技術の向上(溶接入熱自動制御システム、オンラインダブルシーム熱処理技術の導入)、無酸化雰囲気溶接技術(シールド溶接技術の導入)、NDI検査体制の充実および素材製造技術(ホットコイル加速冷却技術)の向上によるものである。

当社は他社にさがけ寒冷地(アラスカ)用高靱性ラインパイプの開発に取り組み、X65レベルで-46℃靱性仕様という極めて厳しい要求に対処、83年10月に製品出荷した。

更に、89年ロシア向けの外径530mm(54キロ鋼：X65相当)鋼管では、電縫鋼管への転換が認定された。

90年代：メジャーオイルでの継目無鋼管、SAW→電縫鋼管化および厳しい使用環境下での電縫鋼管採用に伴い、耐サワー用分野での需要拡大が高まったので、高強度高耐食性ラインパイプ開発を重要課題として取り組んだ。

今後、国際競争力を確保するためにも出鋼脱P技術の適用、ホットコイル加速冷却技術の開発、カルシウム添加処理技術等の確立によりコスト合理化、納期短縮を達成し、耐サワーラインパイプ年産能力10,000トンの需要にも対応を可能にした。

最近では、熱延鋼板ミルの増強、製管技術の向上により、X80ラインパイプの製造技術が確立され、世界で初めて長距離パイプラインに採用される可能性が高まっている。更

に現在、電縫鋼管製管プロセスにレーザー溶接を導入し、高耐食性、高靱性鋼管の新分野への進出を押し進めている。

### 2-3-3 UO鋼管ラインパイプ

67年9月、和歌山5製管工場の連続ロールフォーミング式サブマージアーク溶接鋼管が稼働した。69年8月には世界最大でかつ技術的に極めて難しいとされたアラスカ縦断パイプライン(TAPS)用の供給に際し、製鋼から厚板圧延・製管に至るまで一連の技術を開発するため、研究所を含めた広範囲の技術研究グループを結成した。その結果、

- (1)鋼中硫黄の低減化技術
- (2)ニオブウムやバナジウム添加低炭素鋼開発
- (3)圧延コントロールドロリング技術
- (4)低温鋼溶接技術等の技術開発

を確立し、中でも圧延コントロールドロリング技術は、スラブを低温に加熱し圧延中の圧延比と温度を制御しながら厚板を製造することで、低炭素当量のままで高強度・低温靱性特性を飛躍的に向上させることが可能となり、その技術は、その後、高級パイプライン製造技術を発展させる基礎となった。これらが相まって結実したTAPS向け製造技術は、70年12月に毎日工業技術賞を受賞した。75年以降、それまでの強度・低温靱性要求に加え、ガス・オイル中に含まれる硫化水素によるパイプラインの腐食が問題になったので、耐硫化水素対策として、

- (1)微量銅添加技術
- (2)カルシウム添加処理技術

等の高清浄鋼製造技術を確立させた。

83年には、TMCP技術適用により、連続製造スラブ中心部の偏析低減を可能とし、厚板圧延後のオンライン加速冷却設備を鹿島の厚板工場に設置し、耐硫化水素鋼の低コスト化および大量生産技術を確立させた。この加速冷却技術

第4表 電縫鋼管ラインパイプの品質要求レベルの推移

要求品質	65年	70	75	80	85	90	95
グレード	一般	X52~X60					
	低温靱性		X65	X70	X80		
	耐サワー		X52	X60			X80
シャルビー 要求温度			0℃	-46℃	-60℃		
製造技術 (●ERW ○熱延)	●サイズアップ (16"→18") ●6"ミル稼働	●サイズアップ (18"→20") ●6"→7"化		●20"ミル厚肉化 ●サイズアップ (20"→24") ●オンラインダブル シーム熱処理導入	●24"ミル連続製管化 ●シームアニーラー増強	○HRS増強	○F0増強

は、高強度パイプライン鋼の更なる低炭素化を実現し、高強度・厚肉ラインパイプで、最も難しいとされる溶接熱影響部の低温靱性の大幅な改善を確立した。その結果、北海海底のガス開発に大いに貢献し、当社大径溶接管は世界トップクラスの信頼と評価を得た。

第5表 UO鋼管ラインパイプの品質要求レベルの推移

要求品質	65年	70	75	80	85	90	95
グレード	X52~X60						
	X65 X70 X80						
耐サワー	X52~X60 X65 X70						
CEQ(IIW式)	0.45	0.43	0.40	0.39	0.38	0.35	
シャルピー吸収エネルギー	35J	60J	80J	120J			
肉厚/外径	2%	3%	5%				
厚板圧延技術	CR						
	SHT DAC(加速冷却)						

備考 CR:制御圧延技術 SHT:超低温再加熱技術 DAC:オンライン加速冷却技術

## 2-4 メカニカルチューブ商品技術

### 2-4-1 概要

メカニカルチューブ、すなわち機械構造用鋼管の定義は必ずしも明瞭でないが、当社での歴史を遡れば、17年の継目無鋼管による航空機用鋼管および潜望鏡用鋼管の試作が起源である。戦前は熱間仕上げ継目無鋼管で航空機用、船舶用の特殊用途に小単位で製造していた。

メカニカルチューブが、製品分野としての位置付けが確立されたのは戦後になってからで、51年小径電縫鋼管設備が稼働し、更に63年高級化のため、高周波溶接方式を導入してからである。このころに、わが国の自動車産業が発達し始め、自動車用鋼管を中心に高級化、量的拡大が図られ、以降自動車分野が製品開発・需要拡大の大きな柱となっていった。

その後、68年に住友海南鋼管に小径熱間継目無鋼管設備、75年~84年にかけて小径電縫鋼管設備の増強、89年には軸受用鋼管のため、世界初の連続球状化熱処理炉を開発・設置し、高級化等需要家要求への対応を積極的に進め、業界での確固たる地位を築きあげた。

以下、メカニカルチューブの製品開発の歴史は、需要が拡大した75年以降を中心にして述べる。

### 2-4-2 戦前のメカニカルチューブ

大正時代には、上述の製品以外に尼崎工場でスチーフエル製管機により「自転車用素管」の製造を開始した(25年)。

昭和になって軍需の航空産業が台頭し、39年以降航空機用鋼管が量産され、また船舶用には25%ニッケルを含有す

る不銹鋼鋼管、更にニッケルを含まない13%クロム鋼不銹鋼管を開発したことが特記できる。

次いで戦時中は、航空機用鋼管のニッケルクロム鋼の代用鋼種を研究し、シリコンマンガンクロム鋼を開発、高耐力合金の特許権を得、以後航空規格に制定されてからは広汎に適用された。

以上により尼崎の航空機用冷間仕上鋼管は、41年の500トンから44年には2400トンへ急増、熱間仕上鋼管を含むと4300トンに達した。

一方、和歌山においても43年熱間継目無鋼管設備が完成し、航空機用特殊鋼管の製造を開始した。

### 2-4-3 戦後のメカニカルチューブ

戦後10年までについて、51年に和歌山に当社初の小径電縫鋼管設備が設置され、一部プロペラシャフト用鋼管も製造していたが低周波溶接であったため、一般配管や建材管を主体として生産していた。

メカニカルチューブの生産拠点は、高級継目無鋼管を製造する尼崎で行なわれ、49年に軸受用鋼管、52年にはボーリングロッド用鋼管、更に自動車用アクスルハウジング用鋼管等高級メカニカルチューブの開発、実用化を進めた。

(昭和30年代~昭和40年代)

55年から74年の20年間について、63年に小径電縫溶接鋼管設備に高周波溶接方式を導入し、高級管分野(メカニカルチューブ)への進出の礎を整え、プロペラシャフト用鋼管、クロスメンバー用鋼管等の重要部材の電縫鋼管化を開始した。

### 2-4-4 75年以降のメカニカルチューブ

この時代以降のメカニカルチューブの需要拡大は、まさに自動車産業に負うところが大きく、新製品開発、製造技術開発も自動車業界のニーズに応えるものが主体であった。

#### (1)自動車用鋼管の開発(75年~84年)

自動車では、排ガス規制による環境改善・石油危機以来燃費の向上と走行性の向上を目的としたモノコックボディ化・FF化が進められ、これに対応して新しいタイプの自動車用鋼管が要請された。

まず、等速ジョイントのアウトレースに使用される継目無鋼管の開発が、81年より進められた。これは短管の片端に過酷なつば出し加工を行うもので、鋼管品質の高度な安定が要求されたが、素材清浄度の改善、疵の低減および高寸法精度化により、品質を向上させて需要家の要求に応えた。

また、ドライブシャフト用として二種類の鋼管が開発された。需要家によって一体成形方式と摩擦溶接方式の二方式があった。

前者は、管の両端が中実になるまでの高絞り加工を行うもので、当社の高炭素鋼継目無引抜鋼管の品質の優位性が認められ、81年より採用された。後者に対しては、溶接性の良好なニオブ添加中炭素鋼を使用した電縫鋼管を開発し、

83年より採用された。いずれも迅速・積極的な開発への対応が評価され、当社商品が重用されることとなった。

一方、排気ガス規制強化にともなって排気ガスの温度が高められ、その高温に耐える鋼管の開発が必要であった。これに応えるため11%クロム系ステンレス鋼を77年に開発、またステンレス電縫鋼管の製造技術も確立し、安価でかつ加工性良好な排ガス用ステンレス鋼管を製造した。

#### (2)高級メカニカルチューブの開発 (85年～現在)

自動車の分野では、バブル経済の異常成長の中で、高級車の需要が増え、それに伴いエンジン出力アップ等高機能化が目まぐるしく進展した。平成になると、地球の温暖化現象等の環境問題が大きく取り上げられ、CO<sub>2</sub>の排出量の規制化の機運が高まる中、燃費向上のため「車体の軽量化」が急務となり、「高強度化」「排ガスのステンレス化」等高級メカニカルチューブの開発要求が高まった。

更に「バブルの崩壊」「円高」により低価格化が、最近では「安全」も大きな課題として取り上げられるようになった。これらニーズに応えるため、積極的な製品開発と設備増強につとめてきた。

まず、代表的な重要保安部品であるプロペラシャフト用鋼管は、業界の要求により、摩擦圧接型70キロ級ハイテン材の開発が急務であったので、88年から取り組み、高精度成形技術の開発により、高寿命、高寸法精度の製品を初めて開発、92年には80キロ級も他社にさきがけて開発に成功し、当社の技術力の高さが評価された。また、93年には、低価格製品を開発し、トラック業界での確固たる地盤を築いた。

安全性の追求が高まる中、ドア補強材用鋼管、エアバッグ用鋼管の開発に着手し、88年には、高周波焼入型150キロ級ドア補強材を開発、90年には従来炉焼入型150キロ級、95年にはアズロール型120キロ級を次々と開発実用化した。エアバッグ用鋼管も海外メーカーの要請により、冷間抽伸技術、熱処理技術を駆使して、93年に世界で初めて開発実用化に成功した。

一方、排ガス用鋼管のステンレス化も、保証期間延長、規制の強化、軽量化、エンジン効率アップから急速に進んだ。エキゾーストマニホールド用からテール用まで、すべてのステンレス鋼管を開発し、93年には業界一位のシェアを獲得した。更に高加工性レーザーステンレス鋼管も初の実用化に成功、95年の大河内記念生産技術賞の受賞は前述のとおりである。

軸受用高炭素鋼鋼管について、世界初の高炉—転炉—RH—CCの高清浄プロセスを開発したのち、89年に新光輝炉を設置し、世界初の連続球状化熱処理プロセスを完成させ、高品質で競争力のある製品を供給し、現在では当社の主力製品に成長した。

メカニカルチューブは、需要家要求を的確に把握した製品開発に心掛け、至近の10年間で大きな飛躍を遂げた。新

球状化熱処理設備、新2 inch 電縫鋼管ミル、短管高周波焼入設備等の生産設備の増強が、その原動力となったが、更に91年に設置した業界初の「メカニカルチューブテストセンター」による性能評価の技術向上も大きな役割を果たした。

今後は次世代の自動車のみならず、種々の分野での需要を喚起すべく、二次加工を含めた新製品開発につとめていく。

## 2-5 原子力用鋼管商品技術

わが国の原子力発電の実用化に対応して、当社では火力発電用鋼管の製造開発で培われた技術力をもとに、56年頃より研究開発を開始し、製品の開発、製造技術の確立をはかってきた。これらは先輩の努力が実を結び、国内の原子力発電プラントの重要な管類のほとんどすべてについて、製造できる技術と設備を有する体制を確立した。

ジルカロイ燃料被覆管については、65年から中央技術研究所で試験製造を開始し、その後、製品検査までに至る一貫した製造、品質保証体制を整備した。その結果、72年に、国内電力会社で試用されるようになり、75年には原子力発電所の炉の取り替え用に初めて商業ベースでの納入を行った。76年以降は、わが国での採用が本格化した。

また、蒸気発生器用高Ni600合金管、給水ヒーター用ステンレス鋼管などの原子力用特殊管は、小径長尺という特徴があるので、尼崎に小径長尺管専用の冷間引き抜き加工設備および検査設備を整備した。特に600合金管については、69年、加圧水型の原子炉(PWR)に採用されて以来、国内では当社製品がほぼ全面採用されるようになった。また、中央技術研究所で開発されたコールドピルガー孔型を鋼管製造所の冷間仕上げ設備に採用し、従来の抽伸工程を圧延工程に切り替え、ステンレス管の原価低減と品質の安定化を図った。

海外向けの製品については、67年にカナダ向けに重水製造プラント用ステンレス管を、更に68年には米国向けに原子炉用ステンレス管を納入した。

ジルカロイ被覆管については量産化が進んだため80年、製造施設を研究所から尼崎へ移管し、製造体制の整備と品質向上を図り、量産体制を整えた。

75年頃から沸騰水型原子炉(BWR)の再循環系ステンレス配管に発生した溶接部近傍の応力腐食割れの発生を契機として電力、電機メーカーとの共同で耐応力割れ対策材の開発を行い、炭素量を下げ、窒素を添加し耐食性に優れた新ステンレス合金として「316LC」を開発した。これらの材料は対象設備の取り替え用として78年から79年にかけて納入され、その後のステンレス配管の標準材に指定された。更に応力腐食割れ発生の可能性ある溶接部を極力減少させ、管と継手とを一体化した部材が要求されたので開発し実用化した。

蒸気発生器用600合金伝熱管についてもほぼ同時期に、減肉、割れ問題などが発生し、耐食性向上のために努力した。78年には特殊熱処理を施すことによる耐食性向上技術の実用化、更に従来の600合金に対しクロム量を増加させ耐食性を向上させた690合金について幅広い検討を行い、信頼性の高い伝熱管として86年より実用化した。同時に製管技術面についても高圧抽伸技術を完成させ、表面状況、寸法精度の優れた高性能の伝熱管の製造技術を確立した。これらの特殊熱処理を施したHN60合金(690合金)伝熱管は、88年電力会社に納入して以来、国内PWRプラントではすべて当該合金伝熱管の採用となった。

また91年の原子力発電所で発生した伝熱管の事故を契機として、第一世代の600合金伝熱管の取り替えが実施され、取り替え用の管にもHN60合金管が使用されるようになった。更に米国PWRの蒸気発生器取り替えにも当社の伝熱管が使用されることになり、94年にはカナダ向けに伝熱管を初めて輸出した。このような実績が評価され、96年には原子力プラント用高信頼性伝熱管の開発で大河内記念生産賞を三菱重工業とともに受賞した。

85年以降の原子炉燃料の高燃焼度化に伴って、ジルカロイ被覆管材料の性能向上が図られ、材料中の微量成分の変更、熱処理を含む製造工程の改善が行われた。BWR用被覆管では燃料との相互作用を緩和するためにジルコニウムを内張りしたライナー管が使用されるようになった。

PWR用被覆管についても、成分、熱処理の大幅な見直しが行われ、使用成績もきわめて良好となった。94年までの国内での累積納入実績は180万本以上、約700万メートル以上に達した。

原子力用新材料としては、わが国初のBWR用湿分分離加熱器用のフェライト系ステンレスのローフィンチューブ(90年納入)、耐食性を改善した炉内構造用600Nb鋼材(91年納入)を開発、製造している。

将来の原子炉、高速炉「もんじゅ」等の新型原子炉および原子燃料サイクル関連材料についても、関係するプロジェクトへ積極的に協力し、適用新材料の開発製造を行った。

「もんじゅ」用材料製造に当たっては、関係各社との協力体制のもとで、高性能ステンレス被覆管の開発製造、長尺CrMo蒸発管、321ステンレス過熱管等の伝熱管、主冷却用配管として大径ステンレス溶接管等を納入した。

また再処理用の各種耐硝酸ステンレス管材料等を開発し、製造している。

### 3. む す び

以上、当社鋼管の製造技術および商品技術の発展をまとめたが、「顧客第一主義」に基づき、需要家の皆様のご要望に迅速に応え、今後も「パイプの住友」と呼んでいただけるように、鋼管製造技術と鋼管商品技術の開発と向上に精力を注ぎ、努力していく所存である。

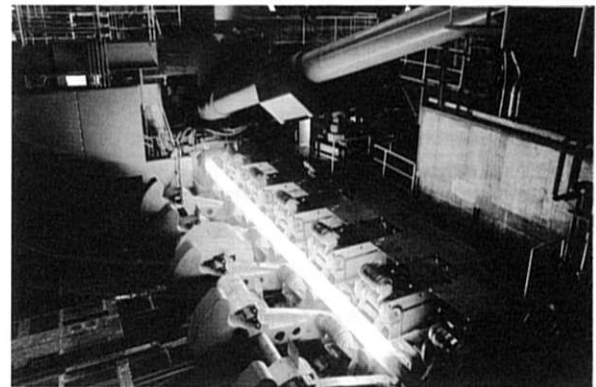


写真5 新ミル設備

#### 継目無鋼管製造技術

森川 隆／和歌山製鉄所 第一製管部 部長

#### 溶接鋼管製造技術

西本廣二／和歌山製鉄所 第二製管部 部長

#### 特殊管商品技術

久保田稔／関西製造所特殊管事業所 特殊管技術部 部長

#### 油井管商品技術

大藪研一／和歌山製鉄所 鋼管技術管理部 次長

#### ラインパイプ商品技術

竹内 泉／鹿島製鉄所 鋼管形鋼部 部長

#### メカニカルチューブ商品技術

井上三郎／東京本社 鋼管技術部 次長

#### 原子力用鋼管商品技術

松田勝彦／関西製造所特殊管事業所 特殊管技術部 専任部長

(問合せ先) 東京本社 鋼管技術部 鋼管技術企画室長

TEL : 03(3282)6192 FAX : 03(3282)6501



## 鋼管技術年表

年代	鋼管製造技術		鋼管商品技術
	継目無鋼管製造技術	溶接鋼管製造技術	凡例 特：特殊管 油：油井管 L P：ラインパイプ メカ：メカニカルチューブ 原：原子力
1905	住友伸銅所：大砲信管材の製造を目的とする伸 伸工場竣工，操業開始		
09	(伸)わが国最初の銅・真鍮引抜管の製造開始		
10	製管事業拡充と技術向上のため英人技師雇用		
11	(伸)艦船用復水器管の製造開始		
12	(伸)わが国民間最初の冷間引抜継目無鋼管／ボ イラ用管の製造を開始		
14	(伸)鉄道院の注文で機関車用鋼管製造開始		
17	(伸)航空機用鋼管及び潜望鏡用鋼管の試作		
19	尼崎市の岸本製鉄所を買収，伸銅所尼崎工場と して鋼管材の製造を開始		
21	熱間仕上継目無鋼管の製造開始 尼崎工場の鋼管工場竣工，スティーフェル製管 機を新設		
23			L P：(伸)尼崎工場においてガス管の製造開始
24			特：(伸)この年，尼崎工場において汽罐用合金鋼管の試作を開始
26	住友合資会社から伸銅所を分離し，住友伸銅鋼 管㈱を設立	日本パイプ製造㈱に経営参加	
27			油：(伸)第二製造課（尼崎）にて油井管／石油坑用チュービングの製造 開始
28	安治川工場内の鋼管主要部門を新設の尼崎東工 場へ移転		
29	(伸)第二製造課（尼崎）においてドイツのシュ レマン製管機により大径鋼管の製造を開始		
30			特：(伸)第二製造課（尼崎）においてガス容器の製造開始
31			特：(伸)第二製造課（尼崎）において高温高圧機罐用合金鋼管（HCK・ HCM）の製造開始
34	鋼管製造を目的として満州鞍山に満州住友鋼管 ㈱を設立		
35	(伸)第二製造課（尼崎）においてマンネスマン 式製管機により外径9インチまでの熱間仕上鋼 管の製造を開始		
36	鋼管製造所でスタガードヘッダーの試作成功 （39年5月製品販売，41年6月本格生産） 鋼管製造所に小径薄肉鋼管に特色あるジンガー 式製管設備を新設，操業を開始		
43	和歌山製鉄所のマンネスマン式製管機の設備完 成し鋼管の製造を開始（44年初め本格生産） 航空機用鋼管増産のため鋼管製造所松阪製作所 を新設		
45	（工場空襲の激化）		
47	昭和天皇鋼管製造所に臨幸，生産状況を視察		
51		和歌山製造所において第一小径電縫鋼管の新設 （82年までに小径電縫鋼管設備4基を設置）	
52			油：APIモノグラム取得
56	ユジーンセジュール式製管法の技術を導入		
57			特：C R 1 鋼管を開発し，販売を開始
58			特：ステンレスボイラ用鋼管を開発し，販売を開始
59	(尼)ユジーンセジュール式製管設備を新設		特：一体ひれ付き鋼管を開発し，販売を開始 特：ソ連向けステンレス鋼管・罐一般管および高炭素鋼管を初受注
60	(尼)50トン電気炉を新設		
61		スミボールを開発し，販売を開始 (和)第1中径溶接鋼管設備を新設	
62		(和)第1スパイラル鋼管設備を新設	特：火力発電用ボイラ鋼管を電力会社へ納入（初受注以来100罐目にあたる）
63		タイスチールパイプ社を設立	特：カナダ・米国向け火力発電用ボイラ鋼管の輸出を開始
64		(和)連続式鍛接鋼管設備を新設	

## 鋼管技術年表

(つづき)

年代	鋼管製造技術		鋼管商品技術	
	継目無鋼管製造技術	溶接鋼管製造技術	凡例	特：特殊管 油：油井管 L P：ラインパイプ メカ：メカニカルチューブ 原：原子力
65		(尼)高級電縫管の製造に関する技術を開発 イゲタ大径鋼管㈱を設立 (和)特殊電縫鋼管設備を新設		
66	海南鋼管㈱設立 (74年住友海南鋼管㈱と改称) (尼)アッセル式継目無鋼管設備を新設		特：米国向け大型超臨界圧ボイラ用鋼管を受注	
67	(海)冷間仕上げ鋼管設備を新設	(和)連続ロール式大径溶接鋼管設備設置 (世界最大：外径48インチ、長さ60フィート)		
68	(尼)第二ユージンセジュール式製管設備を新設 (海)熱間継目無鋼管設備 (マンドレルミル) を 新設	ウェスタンチューブ&コンジット社に経営参加		
69		(鹿)鍛接鋼管設備を新設	L P：TAPS向け大径鋼管の販売契約を締結	
71		住金ステンレス鋼管㈱が発足	原：(尼)原子力発電用インコネル管の納入を開始	
73		ポリエチレン被覆鋼管スミコートPELを開発 生産を開始	油：高耐H <sub>2</sub> S油井管 (SM-SSシリーズ) 初出荷	
74		(鹿)UOプレス式大径鋼管設備を新設	特：ボイラ用新鋼種HCM9M鋼を開発	
76			油：VAM製造開始 L P：この年、ソ連向けに大径ラインパイプ、特殊鋼管などの各種鋼管 を大量受注	
77		(鹿)スパイラル式大径溶接鋼管設備を新設		
78		サウジアラビアに合弁会社ナショナルパイプカ ンパニー㈱設立	L P：耐サワー (B P条件) X-52初出荷	
79		(和)UO式製管設備を新設		
80	住友海南鋼管㈱を合併、海南鋼管製造所を新設	USスチール社 (米国) と大径鋼管に関し技術 援助契約を締結		
81			油：油井管ブームによりOCTG、四半期当たり過去最高の生産 油：Ni基高合金 (SM2550) 初出荷 L P：耐サワー (NACE条件) X-42初出荷	
82			油、L P：油井・油送管のAPI取得30周年に当たり、記念刊行物を出版 油、L P：中国、油井、油送管大量買い付け復活、また、ソ連向け大径 管成約 油：耐H <sub>2</sub> S・CO <sub>2</sub> 用高合金油井管シリーズ化する (SM、NEW-SMシリ ーズ)	
83	(海)新マンドレルミル営業運転開始		油：二相ステンレス (D P 8) ラインパイプ初出荷	
84			油：油井管用SM特殊ジョイントVAM-ACE本格出荷 油：パローレック社 (フランス) と共同で新会社VAM-PTS Company を設立 メカ：BBS (軸受用鋼管) の生産開始	
85	新交叉穿孔法を中心とする継目無鋼管製造技術 の開発に関し大河内記念技術賞受賞			
86		熱間仕上げ電気抵抗溶接鋼管 (SW) の実用化		
87	(尼)第一製管工場休止	(和)第三製管UOミル休止		
89	(尼)70周年記念「鋼管資料館」設置		L P：耐サワー (CAPSIS条件) X-65初出荷	
90		SW法が大河内記念生産賞を受賞		
91	(尼)VIM-VIRライン設置		メカ：(和)メカニカルチューブテストセンター設置	
92			油：スーパー13CR油井管初出荷 油：新特殊継手「VAM-TOP」の初出荷 L P：耐サワー (FORCE条件) X-60初出荷	
93	(和)新中径シームレスミルの更新を発表 (米国)PEXCO社稼働 (スウェーデンSAN- DVIK社との合併)		油：「高強度・高耐食Ni基合金油井管の開発と実用化」大河内賞受賞 L P：スーパー二相ラインパイプ (DP3W) 初出荷 メカ：自動車用エアバッグ用鋼管の生産開始	
94	(和)新シームレスミル建設着工、起工式		原：カナダ向け原子力発電管発生用インコネルチューブ初出荷	
96	(和)新RCCおよびWINDシステム立ち上げ新 シームレスミル試運転スタート	(鹿)大径管新生産管理システム (VENUS) 稼働 (和)レーザ溶接管製品初出荷	原：「原子力プラント用高信頼性伝熱管の開発」(Alloy 690) で大河内記 念生産賞を受賞 油：経済型スーパー13CR (SM13CRM) の初受注 油：新特殊ねじ継手VAM SLIJの初出荷、DINO VAMの初受注 L P：スーパー13Crラインパイプ初製造 L P：米国向けTLP用テンドンパイプ4基連続独占納入 特：ボイラ用高強度鋼HCM12A大径管を初受注	
97	新中径シームレスミル (SMI-MAX) 稼働		油、L P：NACE INTERNATIONALの優秀企業表彰に日本企業と して初めて当社が選ばれる L P：英国B Pより、当社ラインパイプの製造・技術・販売に対し、感 謝状を受ける	

## 高交叉角穿孔機—マンドレルミル中径継目無鋼管新製造ライン

当社が独自に開発、1983年に実用化した交叉角穿孔法を更に発展させた交叉角20°の高交叉角高拡張穿孔法を開発した。本穿孔法と外径16-3/4"Φの世界最大級で最新鋭のマンドレルミル—エキストラクトサイザ圧延技術、インライン熱処理技術を組み合わせ、表面性状の優れた、高寸法精度、高性能の継目無鋼管を短納期に供給する新製造ラインを97年2月に稼働させた。

### 【主仕様】

- (1)製造外径 139.7mm~426.0mm
- (2)製造鋼種 炭素鋼—合金鋼—ステンレス鋼

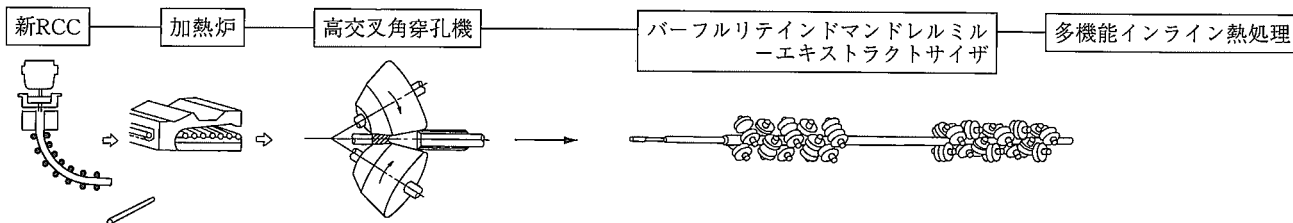
### 【主要設備】

- (1)6 スtrand丸鋼連続鋳造設備 (RCC)
- (2)ウォーキングビーム式加熱炉
- (3)高交叉角高拡張穿孔機
- (4)バーフルリテインドマンドレルミル—3 ロールエキストラクトサイザ

- (5)インライン熱処理装置・温間矯正機  
(熱処理炉—焼入れ装置—焼き戻し炉)
- (6)インライン108チャンネル超音波探傷機

### 【主要技術】

- (1)高交叉角高拡張穿孔  
交叉角=20°  
最大拡張比=1.4→ピレット3サイズ
- (2)マンドレルミル油圧圧下 AGC 制御
- (3)3 ロールサイザ外径制御
- (4)各種インライン熱処理
- (5)RCC—ミルライン—熱処理直結
- (6)鋳込—パイプ製品の完全ピーストレース
- (7)超音波探傷による全面全長品質保証
- (8)コンピュータによる  
全自動運転・全自動制御  
受注、製造管理・技術情報管理と解析



第1図 継目無鋼管新製造ラインプロセスフロー

問合せ先：東京本社 鋼管技術部 鋼管技術企画室 TEL(03)3282-6385 FAX(03)3282-6501

## マンドレルミル油圧圧下肉厚制御システム

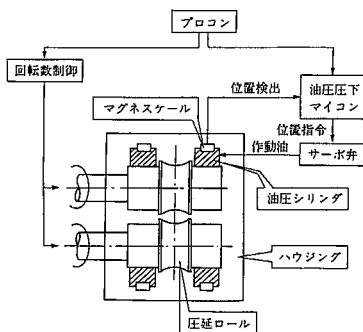
継目無鋼管の外径仕上げ圧延を行う連続圧延機ストレッチレデュサでは、各スタンドのロール回転数を調整し、スタンド間で圧延材に張力を付与して外径絞り圧延を行う。このため張力が付与できない管端の非定常圧延部は肉厚が厚くなり、肉厚公差の外れる部分はクロップとして切り落とされ、歩留りが悪い。

そこで高速、高精度ロール油圧圧下装置で前段のマンドレルミルにて管端増肉部をあらかじめ薄く成形する管端薄肉化制御、管長手方向の肉厚分布を均一化する AGC 制御

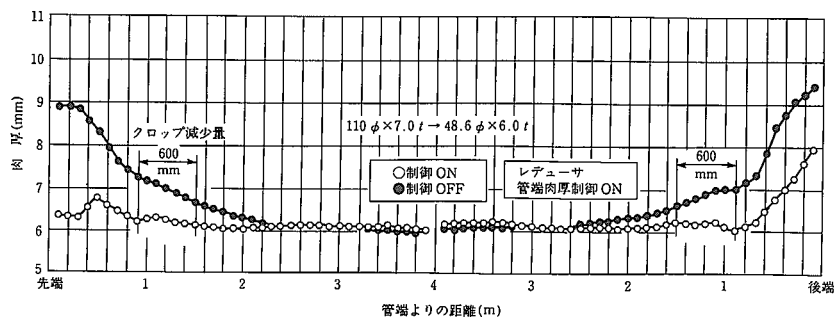
を世界で初めて開発し、管寸法精度の向上と歩留りの向上を達成した。本技術は81年に7"Φ、89年に5-1/2"Φ、97年に16-3/4"Φのそれぞれのマンドレルミルに導入した。

第1表 油圧圧下装置概略仕様例

マンドレルミル圧延速度		最大 7 m/sec
油圧圧下装置	圧下制御長さ	200~2 000mm
	圧下量	最大5.2mm
	圧下速度	最大50.0mm/sec
	圧下力	最大400Ton



第1図 油圧圧下システム構成図例



第2図 管端薄肉化制御の適用効果

問合せ先：東京本社 鋼管技術部 鋼管技術企画室 TEL(03)3282-6385 FAX(03)3282-6501

## 軸受け用高性能継目無鋼管製造プロセス

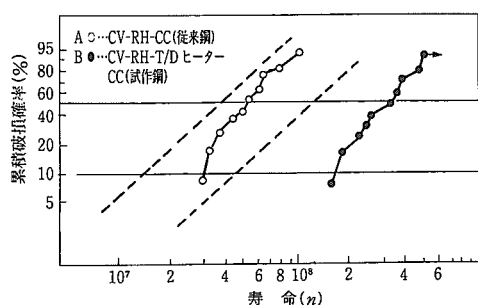
高炉メーカーとして世界で初めて転炉鋼により、製鋼から製管、熱処理、最終製品にいたるまで当社独自の技術を組み合わせた高纯净度、高性能軸受け用継目無鋼管を製造するプロセスを開発した。主な開発プロセスを以下に示す。

- (1) タンディッシュヒータ導入による超纯净化鋼の製造
  - ・タンディッシュ内介在物浮上促進
- (2) マンドレルミル製管-冷間引き抜きによる高品質、高エネルギー製管
- (3) 連続繰返し球状化熱処理法の開発による球状化組織の均一化と機械的性質の安定化

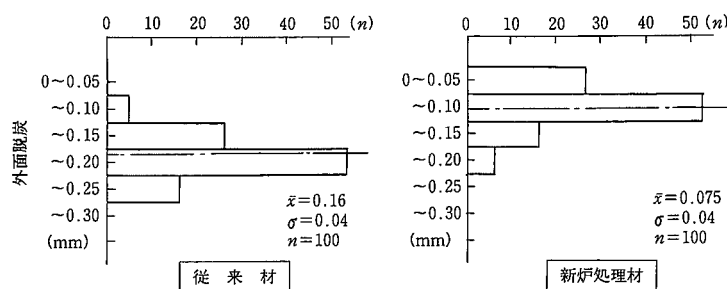
- (4) R Xガス、N Xガスによる脱浸炭制御可能な連続式光輝焼鈍炉の開発
  - ・スケール生成と脱炭の抑制

第1表 タンディッシュヒータ適用で得られる軸受け鋼纯净度

ASTM-E45法							
A		B		C		D	
T	H	T	H	T	H	T	H
≤1.5	≤1.0	≤1.0	0	0	0	≤1.0	≤1.0



第1図 転動疲労試験結果比較



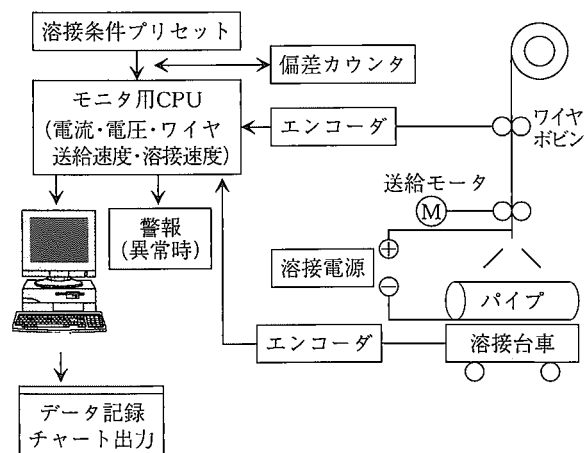
第2図 球状化焼鈍材脱炭レベル比較

問合せ先：東京本社 鋼管技術部 鋼管技術企画室 TEL(03)3282-6385 FAX(03)3282-6501

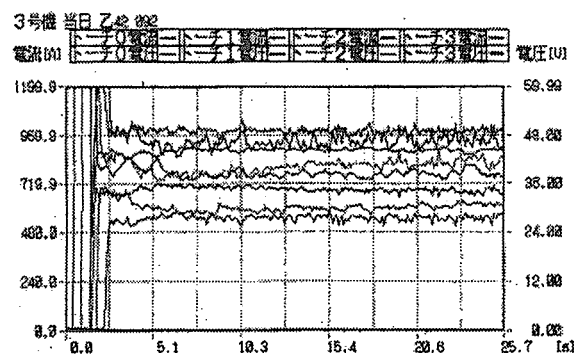
## SAW (サブマージアーク溶接) 品質監視モニタ

SAWの溶接部品質の検査としては溶接後に適用される超音波検査、X線検査によって一般的に品質保証される。今回溶接自身が安定して実施されたかの保証についても100msecごとに各電極の電流、電圧、溶接速度、ワイヤ送給速度を自動検出しデータを全長にわたりCPU内に取り

込み溶接条件の安定性をモニタできるシステムを開発した。これにより管理範囲内以上に変動した箇所の特定ができ、その箇所を積極的に検査にフィードフォワードすることが可能になるとともに品質保証体制を充実した。



第1図 システム構成概要

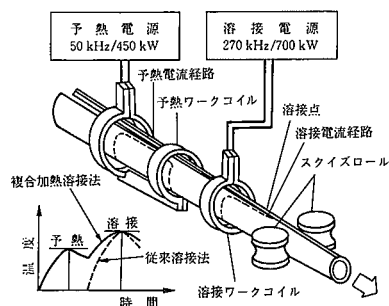
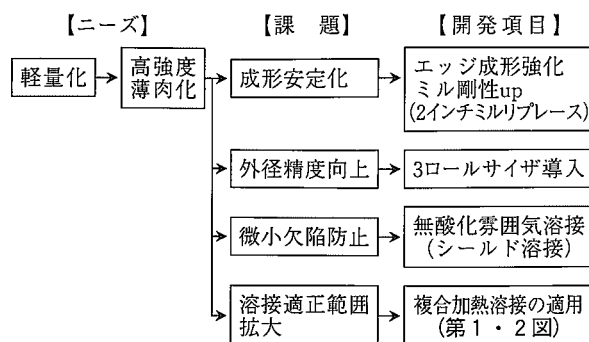


第2図 チャート出力例

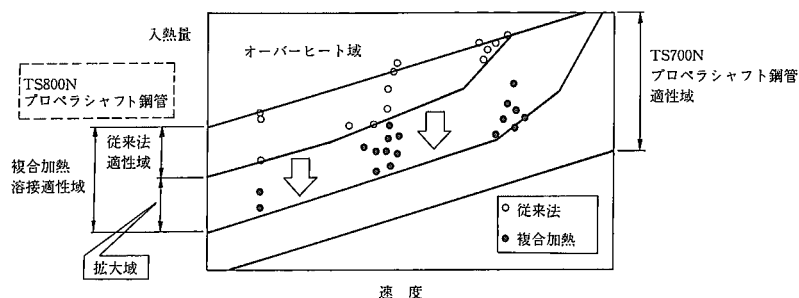
問合せ先：鹿島製鉄所 鋼管形鋼部 鋼管生産技術室 TEL(0299)84-2551 FAX(0299)84-2519

## 高強度薄肉鋼管の製造技術確立

電縫鋼管の主力商品であるメカニカルチューブは自動車業界のニーズに応え、近年高強度化が顕著である。これに対応すべく成形・溶接技術開発により、高強度プロペラシャフト（TS800N 鋼）・As-roll 型ドアインパクトバー（TS1200N 鋼）等の高強度鋼の安定製造体制を確立した。



第1図 複合加熱溶接概要



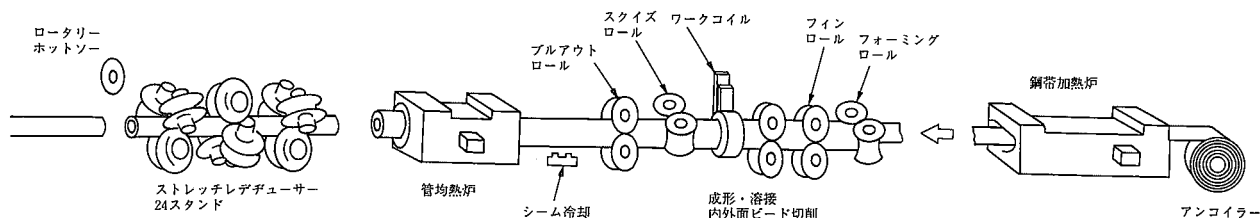
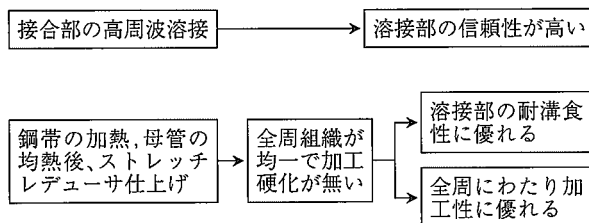
第2図 複合加熱溶接による溶接適正範囲拡大

問合せ先：和歌山製鉄所 第二製管部 溶接管生産技術室 TEL(0734)54-4134 FAX(0734)54-0234

## SW（熱間電気抵抗溶接）製管法

ガス管、水道管、建築用配管等広範囲に使用されている一般配管用炭素鋼鋼管（SGP）は、鋼帯を巻いて成形し、継ぎ目を接合するいわゆる「溶接鋼管」であり、その大部分は鍛接製管法（CW）により、一部は電気抵抗溶接製管法（ERW）にて製造されている。しかし、両製管法には一長一短があり、その両者の利点を併せ持った製管法として熱間電気抵抗溶接製管法（SW）を開発した。当製管法ではCWでは製造できなかった圧力配管用炭素鋼鋼管やボイラ・熱交換器用炭素鋼鋼管等の製造も可能となった。

### 【SW鋼管の特徴】



問合せ先：鹿島製鉄所 鋼管形鋼部 鋼管生産技術室 TEL(0299)84-2551 FAX(0299)84-2519



## 12Cr 系高強度ボイラ用鋼管・HCM12A

火力発電用超々臨界圧ボイラでは発電効率向上のため蒸気条件の高温化が図られ、従来の566℃級から593℃級ボイラが増加し、材料面でも高強度9Cr鋼管(⊗STBA28, ⊗STPA28)が大量に使用されるようになった。最近では更に高温化が検討され600℃を超えるボイラも登場するようになり、主蒸気管や管奇等の大径厚肉管ではより耐水蒸気酸化性に優れた高Cr材が望まれ、一方ではプラント建設コスト低減の観点から薄肉化が図れる高強度材が必要となってきた。

当社が開発したHCM12A鋼管は、過熱器管や再熱器管として使用されている12Cr鋼管(⊗SUS410J2TB)開発の知見を生かして、高W化による固溶強化とVN, Nb(C, N)の析出強化を併せて更なるクリープ強度の向上を実現するとともに、Cuの有効添加によりCr当量を低減して大径管用に靱性を改善した高強度12Cr系鋼管である。

本鋼管は、優れた耐水蒸気酸化性を有するとともに、600℃以上の許容引張応力は⊗STBA28, ⊗STPA28の1.3倍以上であり経済性メリットも合わせ持つ鋼管である。

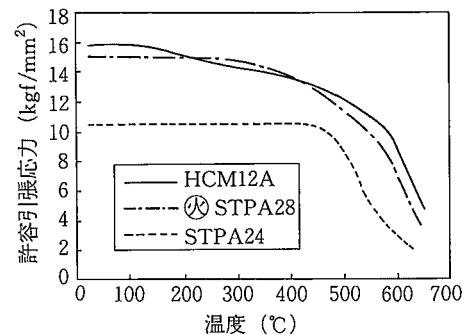
### 【特徴】

- (1)600℃以上の高温域での許容引張応力は、従来の9Cr鋼管(⊗STBA28, ⊗STPA28)の1.3倍以上
- (2)9Cr鋼管に比較して優れた耐水蒸気酸化性を有する

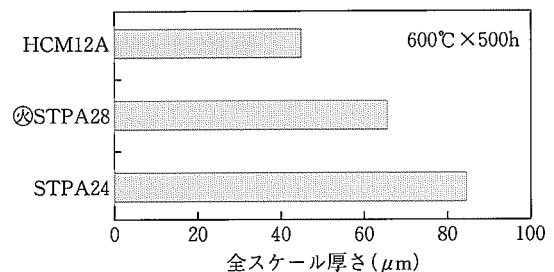
(3)加工性、溶接性は従来の9Cr鋼管と同等

### 【基本成分系】

0.1C-11/12Cr-0.3Si-0.4Mo-2W-0.9Cu-0.3Ni-V-Nb-B-N



第1図 許容引張応力



第2図 耐水蒸気酸化性

問合せ先：関西製造所 特殊管技術部 特殊管技術室 TEL(06)411-7611 FAX(06)411-7752

## ごみ発電用高耐食鋼管・HR11N

火力発電プラントでは地球環境保全の観点から蒸気条件を高温高圧化し、発電効率の向上を目指す動きが活発化している。ごみを燃料として焼却時に発電する「ごみ発電」でも同様の理由から高効率化の実用化研究が進められている。従来のごみ焼却ボイラでは、伝熱管等の腐食問題から蒸気温度を300℃以下に設計されてきたが、高効率化には蒸気条件の高温高圧化が不可欠なため伝熱管の高温腐食対策が課題となる。その腐食環境はごみ中の多量のプラスチックにより伝熱面に硫酸塩とともに塩化物が付着し、更にZn, Pbといった重金属元素も含むため厳しい溶融塩腐食環境となる。

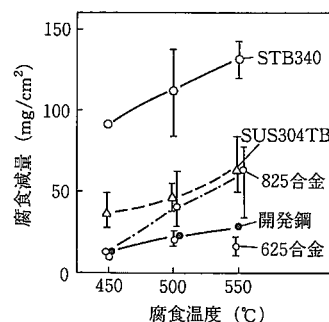
当社では高効率ごみ発電ボイラの実用化において必要な高耐食材料の開発を進めてきた。その結果、上記のような厳しい複合溶融塩腐食環境においても高耐食性を示し加工性、溶接性にも優れた材料としてHR11N (30Cr-40Ni-1Mo)を開発した。

### 【特徴】

- (1)硫酸塩/塩化物灰による全面腐食に対する耐食性の観点からNi, Cr量を適正化したことにより高温域(550℃)においても高耐食性を示す
- (2)応力腐食割れ、粒界腐食といった局部腐食に対してもMo量の適正化更にはNの微量添加、低C化により優れた耐食性を示す

た耐食性を示す

- (3) SUS347Hよりも溶接高温割れ感受性は低く優れた溶接性を有するなど施工性も良好である



第1図 開発鋼の耐食性

第1表 開発鋼の化学成分仕様 (mass%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N
≤ 0.03	≤ 0.60	≤ 2.00	≤ 0.030	≤ 0.010	38.0 / 42.0	27.0 / 30.0	0.50 / 1.50	0.100 / 0.200

第2表 開発鋼の引張性質仕様

0.2%耐力 (N/mm²)	引張強さ (N/mm²)	伸び (%)
≥ 245	≥ 590	≥ 35

問合せ先：関西製造所 特殊管技術部 特殊管技術室 TEL(06)411-7611 FAX(06)411-7752

## 半導体製造プラント用スミウェルクリーンパイプ

半導体製造プラントにおけるバルクガス配管は、以前からシームレス管が使われているが、近年、鋼管径が100Aから150Aと大きくなる傾向にある。しかし、肉厚がSCH5Sと薄いため、シームレスでは製造工程が長く、コストも高い状況である。

このシームレス管の代替として、品質、性能面で遜色のない溶接ステンレス鋼管を開発、販売開始した。

## 【特徴】

## (1)優れた溶接部

全自動連続製管機により、安定した高品質の溶接部が得られる。また、ビードロール圧延法による溶接部の冷間加

工によって、熱処理後の金属組織微細化を進めることができる。

## (2)滑らかな内表面

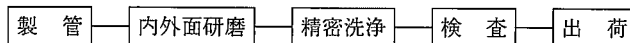
BA管の内表面は、ハイグレード研磨仕上げにより、優れた粗度に仕上がっており、EP管は、電解研磨によりさらに良好な粗度になる。

## (3)経済性

シームレスと比較して、低価格と納期短縮が可能です。

## (4)製造可能範囲

外径：114.3～216.3mmφ、肉厚：Sch5S、長さ：4m(6m)



第1図 主な工程

第1表 内表面粗さの例

仕上げ	区分	規格	実績
BA	溶接部	$R_{max} \leq 4.5 \mu m$	$R_{max} = 2.65 \mu m$
	母材		$R_{max} = 1.44 \mu m$
EP	溶接部	$R_{max} \leq 1.0 \mu m$	$R_{max} = 0.92 \mu m$
	母材	$R_{max} \leq 0.7 \mu m$	$R_{max} = 0.48 \mu m$

第2表 納入実績

年	BA管	EP管
1995	89本	147本
1996	700本	6本

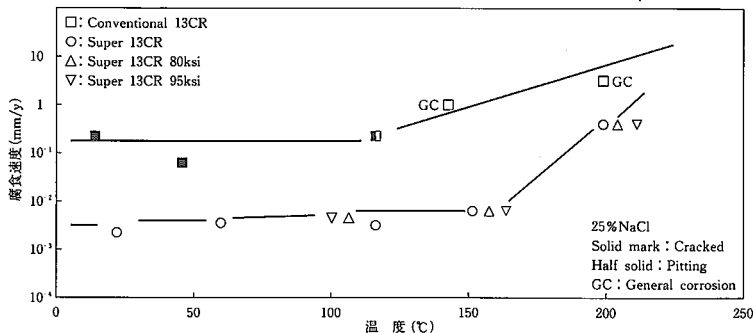
問合せ先：関西製造所 特殊管技術部 特殊管技術室 TEL(06)411-7611 FAX(06)411-7752

## スーパー13CR 油井管 (SM13CRS)

石油危機以降、エネルギー安定供給の観点および浅い井戸が枯渇してきたことから炭酸ガス環境および炭酸ガスと硫化水素、Cl<sup>-</sup>を含んだ環境の油井開発が増加してきた。

13CR系ステンレスは比較的安価で炭酸ガス環境中で広く用いられているが、高強度材(95ksi以上)の靱性向上、また、微量H<sub>2</sub>S環境、Cl<sup>-</sup>環境中での耐食性劣化が生じるため、高価な2相系ステンレスもしくは炭素鋼+インヒビター(腐食防止薬剤)の採用しかなかった。

これに対し当社は、従来の13CR系ステンレスに比べ、高温での耐炭酸ガス腐食性が高く、微量硫化水素含有環境でも耐硫化物割れ性を有し、高強度でかつ安価な材料の要望が強くなる13CR系ステンレスと2相系ステンレスの中間グレードのスーパー13CRを開発した(第1図参照)。

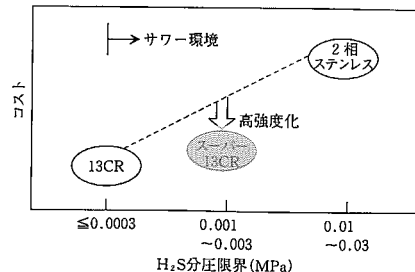


当社スーパー13CRは第2図に示すように、微量硫化水素を含む炭酸ガス、Cl<sup>-</sup>環境下で良好な性能を示し、世界各国で使用されている。

## 【特徴】

従来の13CRに比べ

- (1)高温での耐炭酸ガス腐食性が高い
- (2)微量硫化水素含有環境でも耐硫化物割れが良い
- (3)高強度グレードの対応ができる



第1図 スーパー13CR鋼油井管の開発目標

第2図 13CR, スーパー13CRの0.001MPa H<sub>2</sub>S CO<sub>2</sub>環境下での腐食特性

問合せ先：和歌山製鉄所 鋼管技術管理部 油井管室 TEL(0734)51-3977 FAX(0734)52-7065

## 大径チュービング用油井管継手 (VAM-TOP)

最近の油井の環境の悪化、および油・ガス生産の効率向上の観点より、チュービング部に使用される寸法が大径化しており、5"~13-3/8"の外径での高性能特殊継手が要求されている。これに対し従来ある VAM シリーズに加え、大径チュービング用油井管継手 VAM-TOP (Tubing Oriented Product) を開発した。

VAM-TOP は油井用特殊ねじ VAM シリーズの特徴である下記 3 点を具備している (第 1 図参照)。

- (1) Negative Flank Thread (Hooked Thread) \*
- (2) Reverse Angle Torque Shoulder
- (3) Tapered Seal

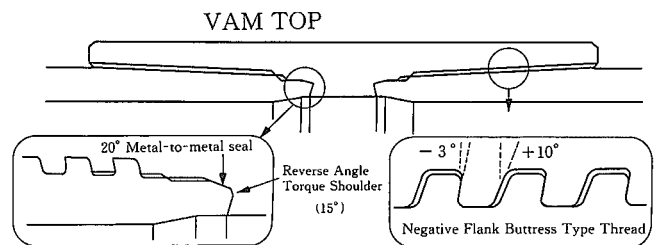
\* New VAM は除く。

VAM-TOP は API RP5C5 の継手評価試験を経て、耐焼付性、複合荷重下の気密性、耐熱気密性、継手強度などの各性能が管本体の保証値を十分カバーしており、腐食性深井戸、高温高压井戸、水平堀井戸等厳しい環境下での用途に世界中の石油会社に使用されており、かつ好評を博している。

### 【特徴】

- (1) 複合荷重下での高气密性を有する
- (2) チュービング用としての繰り返し使用に対し耐焼付性に優れている

- (3) 継手強度が管本体強度以上を有する
- (4) 内面形状が滑らかで流体の流れがスムーズになる
- (5) ハンドリングが容易である



第 1 図 大径チュービング用油井管継手 (VAM-TOP)

問合せ先：和歌山製鉄所 鋼管技術管理部 油井管室 TEL(0734)51-3977 FAX(0734)52-7065

## スーパー二相ステンレス鋼ラインパイプ DP3W

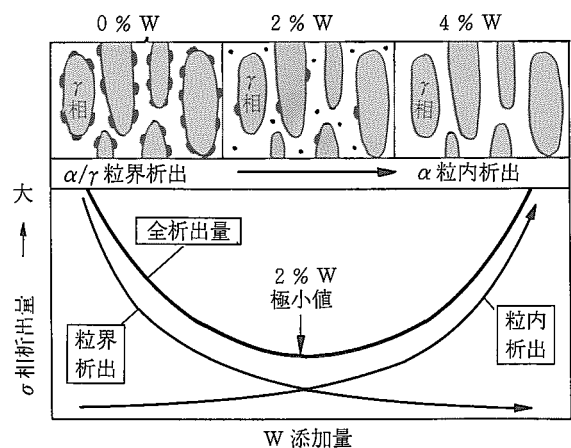
石油、ガス開発において、近年、海底で井戸を仕上げ、産出する石油やガスを海底配管（フローライン）で既存のプラットフォームまで輸送するケースが増えている。この配管に対しては耐海水性（パイプ外面）および耐硫化水素腐食性（パイプ内面）が求められる。

この用途には、従来ステンレス鋼クラッド鋼や 22Cr 系二相ステンレス鋼が用いられてきたが、

- (1) 外面防食のメンテナンスを容易にするための、より高い耐海水性
- (2) 硫化水素環境の悪化による、より高い耐硫化水素腐食性が求められるようになり、このニーズに応えるため、高性能スーパー二相ステンレス鋼ラインパイプを開発した。主に、北海地域で海底フローライン用として使用されている。

### 【特徴】

- (1) 25% Cr - 7% Ni - 3% Mo 鋼をベースに W (タングステン) を 2%, N (窒素) を 0.3% 加えた成分系の採用
- (2) シグマ相の析出を抑えて、優れた熱間加工性および溶接熱影響部の腐食性を確保 (第 1 図)
- (3) 従来の二相ステンレス鋼に比べ、①耐海水性 ②耐硫化水素腐食性に優れている
- (4) 従来の二相ステンレス鋼に比べ、①高強度 (降伏強さ 550 N/mm<sup>2</sup>) ②高靱性が得られる



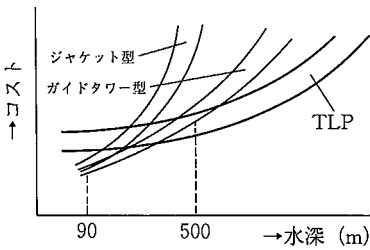
第 1 図 2%W 添加による優れたσ相析出抑制効果

問合せ先：和歌山製鉄所 鋼管技術管理部 油井管室 TEL(0734)51-3977 FAX(0734)52-7065

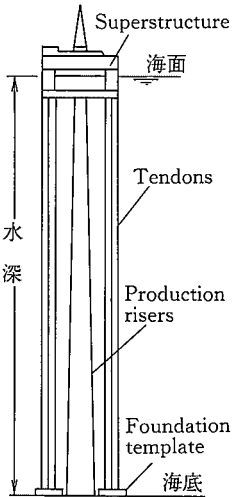
TLP(Tension Leg Platform)用 UOE-Tendon パイプ

近年の海底油田の深海化にともない、第1図に示すように建設コスト低減の観点から油井掘削・操業用海洋構造物は第2図に示す TLP 方式が採用される傾向が強まっている。

TLPの脚部にはUOE式製造法のTendonパイプが使用されており、①厚肉高強度②高靱性③高寸法精度④外面ポリエチレンコーティングなど厳しい仕様がついている。これに対応できるように当社は製造技術開発・厳しい品質管理を行い、第1表に示すようにメキシコ湾のTLP開発において88年度以来独占的にTendonパイプの製造出荷をしている。



第1図 海洋構造物コスト比較



第2図 TLP構造

第1表 TLP用Tendonパイプ製造実績

製造 年度	フィールド名 (メキシコ湾)	パイプサイズ			グレード (API-5L)	製造量 (千トン)	水深 (m)
		外径 (inch)	肉厚 (inch)	長さ (feet)			
88	JULIET	24	0.81	60	X60	2.3	540
91	AUGER	26	1.30	60		5.3	870
94	MARS	28	1.20	60	X70	5.5	890
95	RAMPOWELL					6.0	980
96	URSA	32	1.50	60	X65	14.6	1 200