

# 当社厚鋼板製造技術と製品開発について

The State of the Art in Development of Steel Plates Production Process and Products at SMI

染谷 良/Ryo Someya・鋼板事業部 厚板技術部 部長

## 要 約

当社の厚鋼板製造は1965年の和歌山製鉄所に始まり、その後変遷を経て現在鹿島製鉄所における1ミル効率生産体制となっている。この間、種々のプロセス開発、製品開発を推進し、お客様の要求に合致する製品を供給してきた。

今回、厚鋼板特集の発刊にあたり、当社厚鋼板の主要製品と製造プロセスについて歴史を振り返るとともに、最近のトピックスを紹介する。

## Synopsis

SMI has begun to produce steel plates in 1965 at Wakayama Steel Works, and is now operating a plate mill at Kashima Steel Works. Since the start, SMI has been developing plate production processes and products, supplying steel plate products which meet customers' demands. In this paper, a brief history of SMI's plate production process and products is reviewed and current development topics are introduced.

## 1. 緒 言

当社の厚鋼板は1965年に和歌山製鉄所にて製造を開始し、1970年には鹿島製鉄所に厚板ミルが設置され、東西2ミル体制となりました。その後、オイルショックに伴う造船不況による長期需要低迷期を迎え、1987年に和歌山製鉄所の厚板ミルを休止し、鹿島1ミルによる効率的生産体制となり、現在に至っています。この間製造技術面では連続鋳造化の推進による素材合理化、板厚精度向上、平坦度向上、平面形状の制御等圧延技術開発により品質向上、歩留り向上に寄与し、一方圧延ラインで高品質を造り込む熱加工制御 (TMCP) 技術開発に注力し、1975年に SHT (Sumitomo High Toughness) プロセスを、1983年には水冷型の DAC (Dynamic Accelerated Cooling) プロセスを実用化し、造船用高張力鋼板、ラインパイプ用鋼板、海洋構造物用鋼板等の量産中級鋼の供給において大きな役割を果たしてきました。このプロセスを採用することにより厚鋼板の溶接性が改善され、お客様における施工合理化に貢献してまいりました。また水力発電所の水圧鉄管 (ペンストック) 用高張力鋼板や、LNG タンク用 9% Ni 鋼板等熱処理を必要とする量産型高級厚鋼板は、当初和歌山製鉄所で開発、商品化され、製鋼技術面での開発、進歩、熱処理の最適化等により品質向上・安定がはかれ、安全性の面から要求される性能に対し安定した性能を有する厚板を供給してきました。その後、鹿島製鉄所に技術移転を行い、現在もお客様から高い評価をいただいております。

第1表に当社厚板関係の歴史を製品開発、プロセス技術開発、新設備の分野に分けてまとめたものを示します。

以下、当社の厚板製造技術、製品開発の現状を簡単に紹介いたします。

## 2. 当社の厚板製造技術

### 2-1 厚板操業技術と設備

厚板工場の主要諸元である「歩留り」、「エネルギー原単位」、「能率を含んだ生産性」は種々の自動化技術や各種の起業、更には現場第一線での自主管理活動等により、年々向上してきました。

最近の例は本誌で詳細紹介することとして、項目だけを挙げますと、

- ・圧延能率向上対策としましては、圧延スケジュール改善、粗圧延機メインモーター更新・高容量化 (大型 GTO 素子を用いたインバーター制御)、スラブ単重アップのためのスラブ設計システム改善、精整ライン DSS 直進度制御改善、走間タイプのステンシル装置更新等が実施されました。

- ・整備能力向上対策としては、次工程設備の単体能力向上のほか、ショットブライマー物流改善、精整ラインの FA 化、倉庫、試験設備を含んだ関連処理能力向上対策が実施され外販整備能力で約20%の向上が図れました。

- ・稼働率に関しても、従来のメンテナンス技術に加え設備診断システムの導入や現場第一線の TPM 活動が積極的

第1表 厚板関係の年表

Table 1 History of developments about steel plates

年代	製 品 開 発	プロセス技術開発	新 設 備 設 置
1965	・橋梁用H T 570製造開始 ・耐候性鋼(C R 2)製造開始		・(和)分塊厚板ミル設置
66	・石油タンク用H T 590製造開始		
68	・Cr-Mo鋼製造開始		
69	・ペンストック用H T 570製造開始 ・TAPS向けラインパイプの厚板製造	・厚板用スラブC C化 ・ラインパイプ用厚板制御圧延技術	・(和)無酸化熱処理炉導入
70	・ペンストック用H T 690製造開始		・(鹿)厚板工場操業開始
72	・海洋構造物用Z方向特性保証鋼 ・橋梁用H T 690, 780製造		
74			・(鹿)粗圧延ミル, スリッター設置
75	・LNGタンク用9%Ni鋼製造開始 ・ペンストック用H T 780製造開始(輸出)	・SHTプロセス稼働開始	・(鹿)SHTプロセス用加熱炉設置
76	・ペンストック用H T 780製造開始(国内) ・球形タンク用クラックフリー型HT590開発 ・耐HIC鋼厚板(C R 5)開発 ・ラインパイプ用にX70厚板製造開始		
77	・SHT法による造船用ハイテン製造開始		
78	・海洋構造物用Z鋼大量製造開始	・SHT法大河内記念生産特賞受賞 ・(和)厚板圧延量累計1 000万トン	
79		・(鹿)直接焼入プロセス稼働開始	・(鹿)直接焼入設備設置
80	・Al-B処理Cr-Mo鋼開発	・SSC法による船級認定取得	・(鹿)エッジャー設置
81	・クラッド鋼製造開始		・(和)クラッド鋼製造設備設置
82	・ペンストック用H T 950開発	・ASME QSC認定取得	
83	・耐摩耗鋼スミハードK 400, K 500開発	・(鹿)DAC-I プロセス稼働開始	・(鹿)水冷型TMCP(DAC-I)設置
84	・DACによる造船用ハイテン製造開始		・(鹿)仕上げミルハウジング更新
86	・造船用差厚鋼板製造開始		
87		・インラインロール研削技術	・(和)厚板ミル停止, (鹿)に統合
88	・超高層ビル用H T 490(T-DAC)認定	・(鹿)DAC能力向上技術開発	・(鹿)水冷型TMCP設備増強
89	・ペンストック用極厚H T 950開発(150mm)		
90	・厚肉高靱性9%Ni鋼開発(55mm)		
92		・造船用テーパ-鋼板圧延技術開発	
93	・橋梁用溶接予熱低減型H T 780開発	・ISO 9001認定取得	・(鹿)エッジャー油圧化, 自動制御化 ・(鹿)ミル直近にγ線厚み計設置
94	・海洋構造物用高HAZ靱性鋼納入	・クラッド鋼製造中断	
95	・ペンストック用H T 950初納入(輸出)	・新生産管理システム稼働(FRIENDS)	・粗圧延機モーター更新
96	・橋梁用低予熱, 大入熱対策鋼納入 ・建築用低YR HT590認定(SA440)		・(鹿)水冷型TMCP設備改造
97	・ペンストック用H T 950(200mm)開発 ・アンモニアタンク用低温用鋼開発 ・ウェザーアクト開発・商品化		・ミルエンドレベラー設置

に展開されたことが功を奏し、稼働率の向上が図られました。更に当社が独自に開発したオンラインロール研削技術の実用化により、ロール替えの周期の延長が実現しました。

当然のことではありますが、品質に対する厳しい要求を満足させるため、製造技術のみならず、検査技術の向上についても配慮がなされ、1993年にはISO 9001を取得し、更にレベルアップがなされているところであります。

## 2-2 厚板プロセス技術開発

### (1)圧延技術

ここ最近の圧延技術の発展については本誌で後に詳細に報告いたしますが、板厚精度については、制御モデルの改善のほか、「ミル近接γ線厚み計」を活用したゲージメータ一式の学習やモニタ AGC, FF-AGC を実施し大きな効果が得られております。平面形状、板幅制御に関しては、エッジャー設置後、歩留りの大幅な改善が見られましたが、更なる高歩留りを実現させるため、油圧化を行い、高精度な制御を実現しました。また平面形状制御や板幅制御を行ううえでセンサーは大変重要なものでありますが、当社では圧延ライン平面形状計やレーザーを用いた高精度幅計を

独自に開発し、戦力化しております。

## (2) TMCP 技術

TMCP 技術は、主に強度・靱性・溶接性等改善を目的として、化学成分および加熱・圧延・水冷の組み合わせにより狙いの機械的特性を造り込むものであり、ここ30年の間、厚板製造のなかで最も発達し、品質向上に大きく寄与してまいりました。

本誌では当社の加速冷却プロセス (TMCP の一つ) である DAC について後に報告いたしますが、この加速冷却プロセスは83年に主に造船用50キロ鋼をターゲットとして開発され、その後パイプ材への適用拡大を目的として88年には DAC 前段部が強冷タイプに増強されました。更に96年には更なる適応拡大と均一冷却を目的に改造され現在に至っております。

## (3) 精整ライン、オフライン処理技術

厚板工場の生産性向上対策としては、自動化、省力化による要員削減と能率、稼働率向上によるものがあります。特に精整ラインにおいては、自動化、能率向上、品質向上の観点を中心にレベルアップが図られ、厚板工場の生産性向上に寄与してきました。本誌ではここ最近に実施した材料スラブヤードでの物流改善、精整ライン各種自動化、省力化について後に報告いたします。また94年に改造したショットプライマーの設備についても後に報告いたしますが、オフラインの能率、品質、省力化の面で大幅な進歩を遂げ、生産性向上に大きく寄与しました。

また厚板製品は一品ごとの注文仕様であるため、一品ごとに異なった生産工程を通して処理されます。そのため、複雑な処理工程を柔軟に安定して運用できる生産管理システムが必須です。厚板の生産管理システムに関しても、光ネットワーク (LAN) の構築、異質コンピュータの連結、構造化、EUC の活用等、順次改善がなされ、ホスト CPU と EWS 並列処理化による大規模データ処理の実現を図っております。また機械試験の自動化も納期、品質保証の面で大きな戦力となりました。

# 3 当社の厚板製品開発

## 3-1 造船、海洋分野用厚鋼板製品開発

厚板の最大の需要家である造船業界からの厳しい品質要求は当社厚板開発の駆動力となり、これに応えるべく各種の新製品が開発されました。なかでも特に品質向上に寄与したものは「TMCP」技術であり、軟鋼並の溶接性を維持したハイテンの採用を可能し、ハイテンの比率拡大による軽量化等によって、造船業界の合理化に大きく寄与することができました。またこの TMCP 技術を使って、組織を制御することにより従来材料物性値的な疲労特性をも改善できる開発が進んでおり、TMCP 技術の活用はまだまだあるものと考えられます。

この TMCP 技術は同時に海洋構造物等の他の分野における高性能厚板製造技術の進歩に大きく寄与することになりました。

一方で、ファブリケーターにおける溶接施工能率の向上要求から大入熱溶接部の熱影響部 (HAZ) 高靱化技術開発に注力した結果、 $\gamma$  粒の粗大化防止としての TiN 析出を利用した大入熱対策鋼、更に  $\alpha$  粒の微細析出を促進させる BN を利用した大入熱対策鋼、更には低 Al 化による溶接部の局部脆化部のない (LBZ フリー) 鋼板が開発されました。

## 3-2 エネルギー関連分野用厚鋼板製品開発

### (1) 揚水発電、水圧鉄管用厚鋼板

電力エネルギーは国民生活、産業活動の基盤を支える重要なエネルギーであり、年々増加の一途をたどっており、需要に応じた電源開発が行われております。特にピーク需要に対応する手段として揚水発電所の建設が進められるとともに大型化が進んでいます。これを支えてきた重要な技術として、高強度高張力鋼板製造技術の開発と大規模な水圧鉄管の設計、施工技術の進歩が挙げられます。

当社では68年の HT 690 からスタートし、73年の HT 780 の特認試験を経て、今日では HT 950/200mm までの開発を完了しています。この開発は添加微量成分の活用、およびこれらの制御と超清浄鋼の精錬を可能にした製鋼技術を駆使し、更に熱処理の工夫によって実現したものです。

水圧鉄管用高張力厚鋼板は当社の看板商品として、これまで国内外の主要発電所に納入しております。

### (2) 貯槽、容器用厚鋼板

#### ・ LNG タンク用厚鋼板

近年クリーンエネルギー源としての LNG 需要は増大の一途をたどり、LNG タンクの容量も拡大の傾向が著しい状況です。当社では、地上式 LNG タンクの内槽材として 9% Ni 鋼の製造と納入を75年に開始し、一貫して高靱性な 9% Ni 鋼を製造、供給してきました。更に近年の大型化の要求に応じ、従来からの化学成分や熱処理条件の厳密な制御に加え、不純物である P や S の極限までの低減と三段熱処理の採用により板厚 55mm までの高靱性 9% Ni 鋼板の開発を完了しています。

#### ・ LPG タンク、タンカー用厚鋼板

地上式 LPG タンクには低温用 Ai キルド鋼～9% Ni 鋼に至る多岐にわたる鋼板が使用されます。当社では高度な安全性と経済性の両立を考慮して、既に 2.5%～3.5% Ni 鋼を開発しておりますが、前者に対しては TMCP 技術を組み合わせ安全性レベルの向上を図っています。また、より以上の経済性を追求するため、Ni を 1.5%～0.5% にまで低減した TMCP タイプの鋼を開発し、これらの鋼が LPG 温度にて十分な安全性を有することの実証も終え、前

者はすでに海外の LPG タンクへの適用実績を有しております。

船用 LPG タンク用鋼板には上述の高い安全性に加え、大入熱溶接に耐える優れた溶接部靱性の確保が求められます。これに対しては、TMCP 技術の高度化と B, Ti, Al 等の微量添加元素の制御により、Ni 無添加にてこれらの厳しい要求を充分満足した鋼板の開発に成功し、需要家の要望にえています。またアンモニア混載 LPG タンク用鋼材には優れた低温靱性ととも高 T.S., 低 Y.P. すなわち低降伏比の両立と言った厳しい要求がありますが、これに対しても TMCP 技術を駆使して開発に成功し、適用に至っております。

### 3-3 建築、橋梁用厚鋼板製品開発

#### (1) 建築鉄骨用厚鋼板

建築物の大型化、高層化、インテリジェント化に伴い、溶接しやすい高強度な厚肉鋼材が必要になってきています。当社は TMCP 技術を駆使した厚肉建築構造用 490N/mm<sup>2</sup> 級鋼材 T-DAC33, 36 を開発し、その後、JIS 化された建築用鋼材 (S N 鋼) との整合性を持たせた T-DAC シリーズの認定を取得し、実建築物に適用を進めています。また 92 年には更に高強度な建築構造用高性能 590N/mm<sup>2</sup> 鋼材 SA 440 を開発し、実物件に使用、その後、個別認定実績を重ね、96 年には SA 440B, C として建設大臣一般認定を取得いたしました。本鋼材使用により、更に合理的な設計、施工が可能となり、今後の需要増加が期待される場所です。また、95 年の阪神淡路大震災による鉄骨造建築物の被害も契機となり、地震動エネルギーを吸収する極低降伏点鋼材が脚光を浴び始めました。当社の極低降伏点鋼材 SLY100 は 94 年に既に実物件に採用され、製造販売しております。

#### (2) 橋梁用厚鋼板

国内の橋梁は 60 年頃からスパンの長大化が進み、これに伴い、上部構造の自重軽減のため高張力鋼板が使用されるようになってきました。一方、建設コストの面から近年 P C (プレストレスコンクリート) 製橋梁の伸びが著しく、鋼橋の競争力向上が大きな課題となっています。当社は、鋼橋の競争力向上に寄与する厚鋼板提供するため種々の製品開発をしてきました。87 年にはレインボーブリッジ (吊り橋) の主塔用に当社の大入熱用の 570N/mm<sup>2</sup> 級高張力鋼板が使用されました。本鋼はエレクトロスラグ溶接を行っ

ても溶接熱影響部の靱性低下が少なく、施工能率向上に寄与しました。93 年には溶接時の予熱温度を従来の約 100℃ 以上から約 50℃ に低減できる 780N/mm<sup>2</sup> 級高張力鋼板を開発提案し、本州四国連絡橋、明石大橋用として納入いたしました。また現在建設が始まっている第二東名神高速道路では、主桁の数を 3 ~ 2 本に減らした合理化橋梁が採用され始めています。これに対しても、主桁フランジ用として厚肉予熱低減型の、ウェブ用としてはエレクトロガス溶接対応の 570N/mm<sup>2</sup> 級高張力鋼板を納入し、施工能率向上にも寄与しております。

鋼橋の競争力を向上させるうえでメンテナンス低減も重要な課題であります。耐候性鋼の裸使用では、安定錆生成までに長時間を要し、その間の錆汁による汚染や見栄えの問題があります。また海塩粒子や凍結防止剤により安定錆が生成しない等の問題を抱えています。当社は 20 年間暴露した耐候性鋼安定錆構造を解析し、早期錆安定化技術 (ウェザーアクト処理) の開発に成功し、実用化しております。

## 4. おわりに

ここ最近の厚鋼板に関する開発状況を簡単に紹介いたしました。今後ますます変化するお客様のご要望に対し、お客様の満足できる商品をタイムリーに開発、供給することが我々の使命であると考えており、そのためにもお客様との情報連絡をより一層密にしたいと願っております。今後、21 世紀を支えるキーテクノロジーの開発を志し、お客様への厚鋼板に関する情報発信基地になりたいと考えている次第であります。

本誌が少しでも皆様方お客様にお役に立てば幸いです。



染谷 良/Ryo Someya

鋼板事業部 厚板技術部 部長  
(問合せ先: 03(3282)9205)