

第1章

ホットストリップミルの概要

1. 圧延と圧延技術の進歩

ホットストリップミルは、高精度、高生産性を兼ねそなえているため、高品質の鋼板を安価に製造できる設備として、現在薄板熱間圧延法の主流をなすものであり、冷延素材、パイプ素材の生産を含めると全圧延鋼材の約半数はホットストリップミルを経由して最終製品となっている。

ミルの製造可能寸法は現在公表されている限りでは、厚さ1.0mm～25.4m、幅最大2,300mmとなっているが一般的には厚さ、1.6mm～6.0mm、幅750mm～1,600mm程度の製品がほとんどである。

この熱延鋼板の用途は非常に広く産業のあらゆる分野で使用されているといっても過言でないが、主なものをあげると、自動車、建設、土木、造船、電機、パイプ、産業機械、鉄道車輛などである。

しかし、その需要も1973年末の第一次石油危機、1979年末の第二次石油危機以降、銑鋼需要産業の停滞が続き、それまでの高度成長時代から低成長時代となり、その状態が続いている。それに応じて、ホットストリップミルで生産する製品は、高付加価値のブリキ用素材、薄物幅広材、高張力鋼、特殊材（耐候性鋼、ハイカーボン鋼、縞板等）のウェイトが高くなり、高級化、多様化している。

2. 圧延設備の概要および歴史

ホットストリップミルは加熱炉、粗圧延機、仕上圧延機、巻取機および、これらの設備をつなぐテーブル類、潤滑、油圧、デスケーリング、冷却水、蒸気、圧縮空気などの補助ないし附帯設備によって構成されている。

各設備の機能、構造などについては、第2章で詳しく述べるのでこれを参照して頂くとして、熱延工場のレイアウトについてここでは、参考例を出しておくにとどめたい(図1-2)。

ホットストリップミルの歴史をふり返ると、1923年アメリカのアームコステール社のアシェランド製鉄所で初めて、ホットストリップミルが稼働してから、

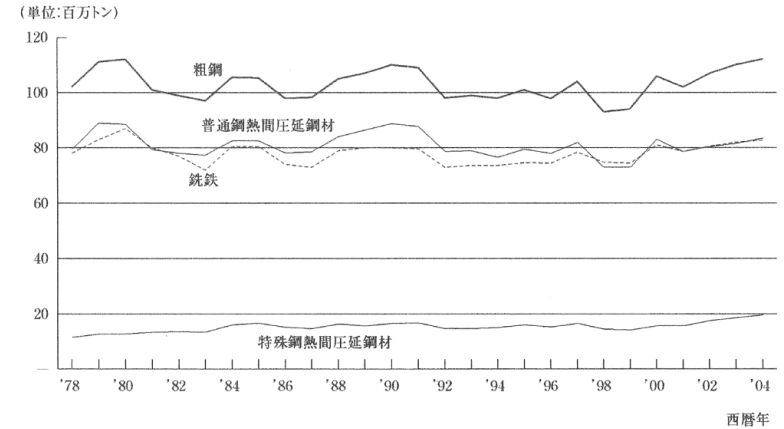


図1-1 鉄鋼生産年度別推移

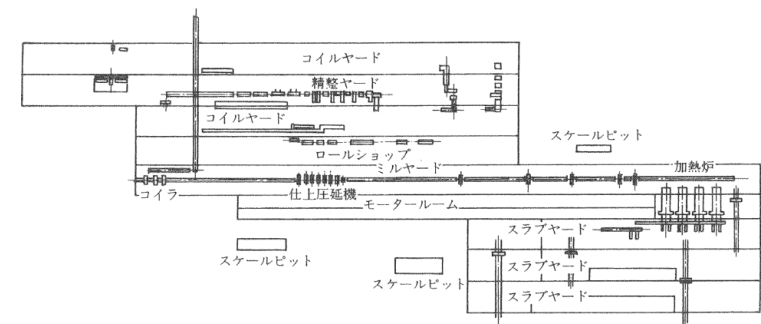


図1-2 ホットストリップ工場のレイアウト例

従来のプルオーバー式の圧延法にかわり、ホットストリップミルが薄板圧延法の主流となり、1935年には、16基のホットストリップミルが稼働した。その後油膜軸受の採用、ロール材質の改善などにより、1960年までには現在とほぼ同様のミル構成となり、日本においても7基のホットストリップミルが稼働した。

当時の標準的な仕様は100～150t/hの加熱炉が3～4基、粗圧延機5パス、仕上圧延機6基、拡張式マンドレル巻取機2機で構成され最大圧延速度609m/min、単位幅当たりのコイル重量500～600PIW(Pound per Inch Width、幅1インチあ

たりの重量ポンド)で能力は半連続式で 100~200 万トン/年、全連続式で 200~350 万トン/年である。1960 年代には能率(時間当り生産高t/h)、稼働率向上を目指して自動速度制御、加速圧延、AGC、ロールベンダー、仕上圧延機 7 台、ロール組替装置、コンピュータが採用され、最大圧延速度は 750~1000m/min の速度となり PIW も 900~1000 となった。PIW が上昇したことにより 1-Ingot・1-Slab となり能率は飛躍的に上昇した。またこの頃から日本独自の改良、改善を加えた設備の導入が進み、日本がホットストリップミルの発展のリーダーシップを取るようになった。

また 1969 年以降日本で建設されたホットストリップミルはさらに大型化した。スラブ連続铸造設備の実用化にともない、従来インゴットの大きさにより制限されていた PIW は、1500~2000 に増大した。また仕上圧延機は 7 基となり全スタンドに AGC を設置し最高圧延速度も 1400~1600m/min と上昇し、PIW の大きなスラブを高効率で圧延できるようになった。さらに、この時期からホットストリップミル全体をコンピュータで制御するようになった。

しかし、1973 年末、1979 年末の第一次、第二次石油危機以降の需要減退の中で、省資源、省エネルギー、製品の高級化、多様化ニーズへの対応、生産性の向上(省力化)を目的として、既存のミルが効率的に更新、あるいは改造されていった。

21 世紀を目前とした 1990 年代に入り、ホットストリップミルに、ふたつの大きな技術革新が実現した。ひとつは、日本において 1995 年川崎製鉄千葉製鉄所における、シートバー接合方式による完全連続式ホットストリップミルの実現であり、もうひとつは、ヨーロッパのミルメーカーの技術開発による「ミニミル」(薄スラブ連続機+コンパクトホットストリップミル)の登場である。特に、ミニミルは、アメリカにおいて商業的な成功をもたらし、導入の先駆者である電炉系鋼メーカー「ニューコア」をアメリカ第二の製鉄メーカーへと成長させるとともに、北米を中心に急速に普及していった。今世紀に鉄鋼需要拡大が大きく期待されている東南アジアにおいても「ミニミル」導入の機運は高く、中進諸国において今後益々導入が拡大していくものと思われる。

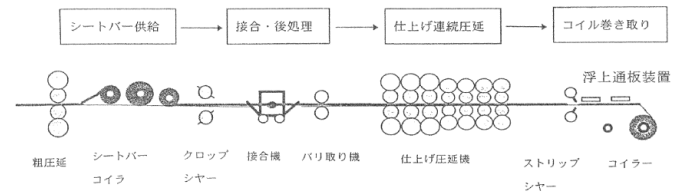


図 1-3 完全連続式ホットストリップのプロセス概要

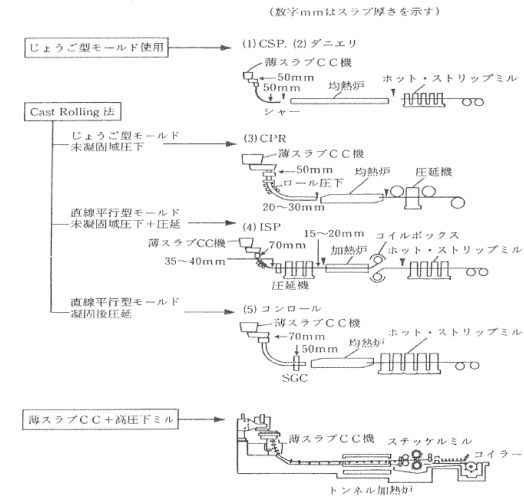


図 1-4 ミニミルのプロセス概要

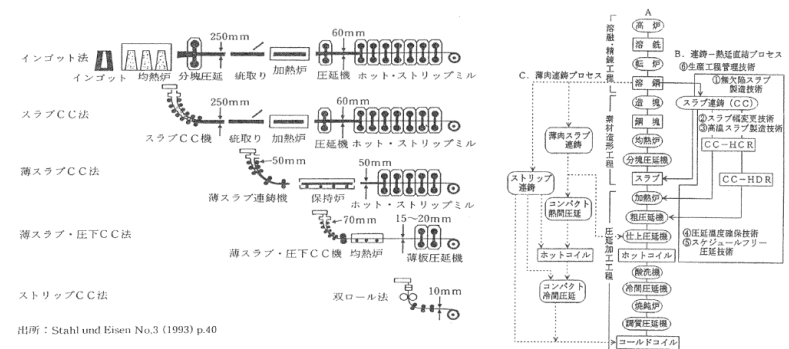


図 1-5 ホットストリップ製造プロセスの変化

図 1-5 に、変化を遂げてきたホットストリップ製造プロセスの変遷を示す。これまでに、上工程である鑄造プロセスとの直結化が進んできたことがわかる。最後に、至近でのホットストリップ圧延技術の変遷を表 1-1 に示す。

表 1-1 ホットストリップ圧延技術の変遷

	1985	1990	1997
板厚	仕上圧延ミルの板厚制御高精度化技術	先端部制御 アジア理論	スタンド間 X-Ray ロボスト制御, エキスパートシステム, 多変数制御
品質	粗・仕上圧延ミルの板幅制御高精度化技術	エッジャー幅制御, 仕上ミル張力幅制御 多変数制御, オブザーバー手法	スタンド間幅計
圧延プロセス	HCM, PCM, CVC, WRS, VC ロール	高精度制御モデル	
理論・解析	剛塑性有限要素法 高精度変形抵抗式 材質予測・制御技術	相変態予測, 微細組織予測モデル	
生産・設備	仕上ミル・蛇行制御 スケジュールフリー圧延 (仕上ミル) PCM 仕上げスタンド間エッジャー 粗, 幅大圧下 サイジングミル, サイジングプレス プラネタリミル, ステッセルミルの特性解析	油圧ルーバー コンパクトミル(高圧下圧延法) MEM ハイスロール オンラインワークロール研磨(ORG)	ルーバース張力制御 完全連続仕上ミル HCXミル

HCM: High Crowning Mill, PCM: Pair Cross Mill, CVC: Continuous Variable Crown, WRS: Work Roll Shift, VC ロール: Variable Crown Roll, MEM: Minimum Edge Drop Mill, ORG: On-line Roll Grinder, HCXミル: High Crown Control Work Roll Cross Mill

3. 工程管理

ホットストリップミルの工程管理は需要家からの注文に盛り込まれた納期、数量、厚、幅、機械的性質、使用用途、表面、形状に関する要求グレードなど非常に多岐にわたる品質要求を考えながら品質設計を行うとともにこれを遅滞なく供給し、また工場内での滞留日数を極力少なくすることを目的としている。工程管理の手順は図 1-6 に示す。全体の生産管理システムの例を図 1-7 に示す。また、工程管理上、特に、配慮されるべき点を以下に示す。

(1) 集約・整理

受注内容の類似なものの集約整理によりロットを大きくし、出鋼請求を 1 チャージあたりの出鋼量単位に行なって、ホットチャージローリング(HCR)、ホットダイレクトローリング(HDR) に対応しやすくする。

(2) 適切な歩留、工期の設定

上記(1)と相まって製品の過不足を少なくし、また工場内の中間在庫を適当な水準に管理することができる。

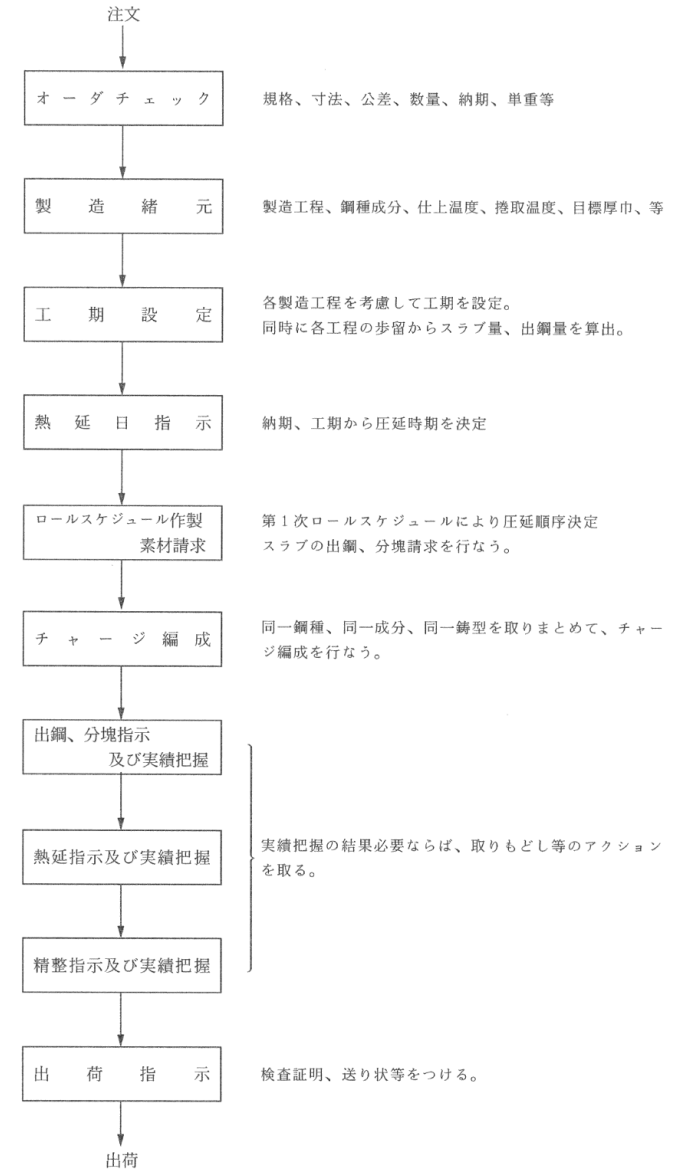


図 1-6 工程管理の手順