

特別講演

□第181回春季講演大会渡辺義介賞受賞記念特別講演
(2021年3月17日)

鹿島製鉄所※における薄板技術開発

Development of Hot Strip and Cold Strip Rolling
Technology in Kashima Steel Works

高橋健二 日鉄テクノロジー (株)
取締役相談役
Kenji Takahashi



*脚注に略歴

1 はじめに

この度は、栄誉ある渡辺義介賞を頂き、誠に光栄に存じます。これまで支えていただいた多くの皆様に心から感謝申し上げます。

私は1981年に住友金属工業 (当時) に入社し、鹿島製鉄所に配属となりました。以来40年が経過しますが、そのうち27年間を鹿島製鉄所で勤務しました。

本日は鹿島製鉄所時代を振り返りつつ、「鹿島製鉄所における薄板技術開発」についてご紹介します。

2 製鉄所の建設と薄板技術の発展

1960年代は国内鉄鋼業が急発展した時代で、住友金属工業も新製鉄所の検討を始めていました。同時期に茨城県の鹿島臨海工業地帯造成計画があり、大需要地の京浜地区に近く、地盤が強固で用水が豊富な鹿島に大型一貫製鉄所を建設するに至りました。1968年の製鉄所発足の翌年に熱延工場が稼働し、その後、鋼板を主力とした世界有数の製鉄所に成長しました (図1)。

3 熱間圧延プロセスの技術開発

熱延ミル (図2) は、それまでの欧米から学んだ技術を基盤に、計算機制御を活用した独自の操業技術や国内メーカーの設備技術を駆使して建設した初の純国産ミルです²⁾。また、二度のオイルショック後、転炉から離れた熱延ミルの上流に

連続铸造設備 (CC) を建設し、CC-熱延直結化による省エネを進めました。以下では、その後の高度化するニーズに対応した技術開発に関し、3つの事例を説明します。

3.1 スラブサイジングプレスによる連铸-熱延の直結化

幅造り込み技術は我が国で発展した技術ですが、鹿島熱延も積極的に開発、導入しました³⁾。特に、スラブ幅サイジングはCCとの直結化を拡大する重要な技術で、最大350mmの幅圧下が可能で独自の走間式幅プレス (図3) を1988年に実用化しました。その効果として、CCではスラブ幅集約による生産性向上や品質・操業の安定化が図れました。熱延ではCCとの同期操業拡大による省エネ向上やスラブヤードの縮小と、クロップ低減や幅精度向上で歩留も改善されました。

3.2 新加工熱処理システムによるハイテンの品質向上

自動車軽量化ニーズはオイルショックを契機に生じましたが、近年は地球環境問題の中で益々高まり、より高度な高張力鋼板 (ハイテン) の開発が進められています。このハイテンの製造課題は、温度条件や圧延条件が異なり生産量の多い軟鋼板と混合圧延しても高い品質を確保し、かつ能率を落とさない製造技術を確立することです⁵⁾。なお、2005年の和歌山熱延の休止後は、当時の全ての品種を鹿島熱延で製造することになり、多品種・高能率生産技術の重要性が増しました。

ハイテンの品質を確保するため、板厚など寸法精度対応⁶⁾は言うまでもありませんが、特性造り込みのために新加工熱処理システム (図4) を開発しました。本技術は、大容量の粗バーヒータ、仕上スタンド間水冷スプレー、ランアウトテー

※ 現・日本製鉄 (株) 東日本製鉄所鹿島地区

* 1981年3月東京大学大学院修士課程を修了後、住友金属工業 (株) (現 日本製鉄 (株)) 入社、一貫して薄板部門の設備・操業技術開発に携わり、名古屋支社副支社長を経て、2008年経営企画部長、2013年新日鐵住金 (株) 常務執行役員、2016年代表取締役副社長、2019年日鉄テクノロジー (株) 代表取締役社長、2021年より現職。

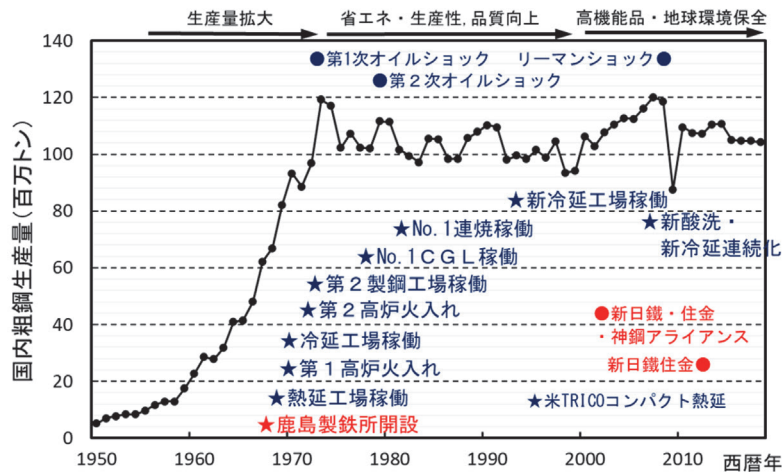
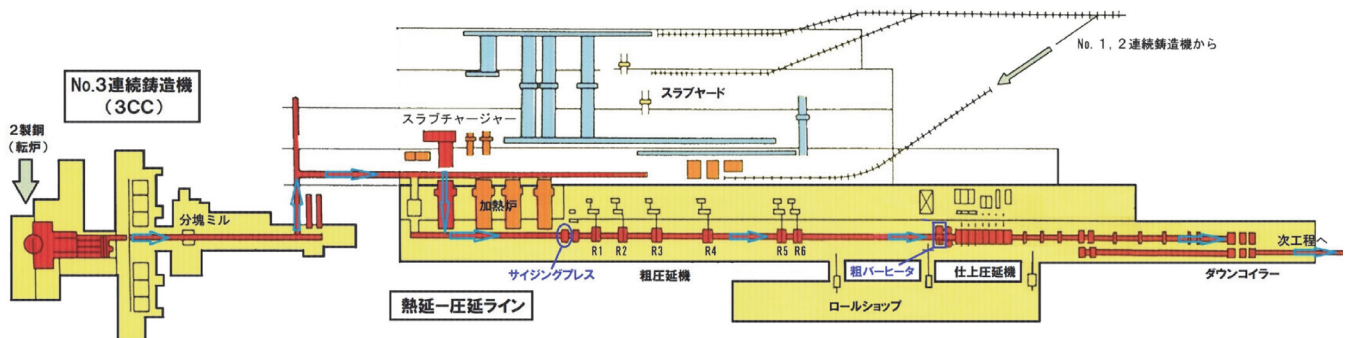
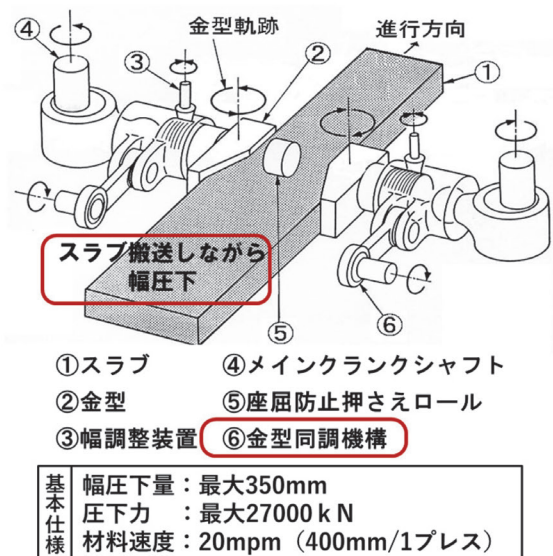
図1 国内鉄鋼生産推移と各工場の建設¹⁾

図2 連続鑄造設備と熱延圧延設備のレイアウト

ブル (ROT) 水冷装置を用いて、仕上温度と巻取までの冷却履歴および巻取温度を精度良く目標値に制御するシステムです。粗バーヒータと仕上スタンド間スプレーを用いてスキッドマーク温度変動がある粗バーを加減速圧延しても目標の仕上温度に圧延し、圧延後は金属組織を制御するために全長を最適な履歴で目標温度に冷却して巻き取る (図5) ことで、強度ばらつきも従来の3/4に低減できました。また、粗バーヒータで適正温度まで加熱することで、表面品質も改善されました (図6)。この新加工熱処理システムを支える重要な技術として、ROTに設置する温度計であるファウンテンピロメータ (図7) を開発しました。この温度計は水冷中でも圧延材表面温度を高精度で測定でき、温度制御精度が飛躍的に向上しました。

図3 走間式幅プレス⁴⁾

3.3 ハイテンの高能率生産技術

熱延ミルの設備能力を活用して生産量を最大化するためにミルペーシング技術を開発しました。ミルペーシング技術とは、図8に示すように、最上流の加熱炉抽出から最下流のダウンコイラー巻取りまでの各設備の時間管理を行う制御手

段です。図から判るように、鹿島熱延では仕上ミル圧延が最も長い時間を必要とする作業工程であり、仕上ミルのアイド

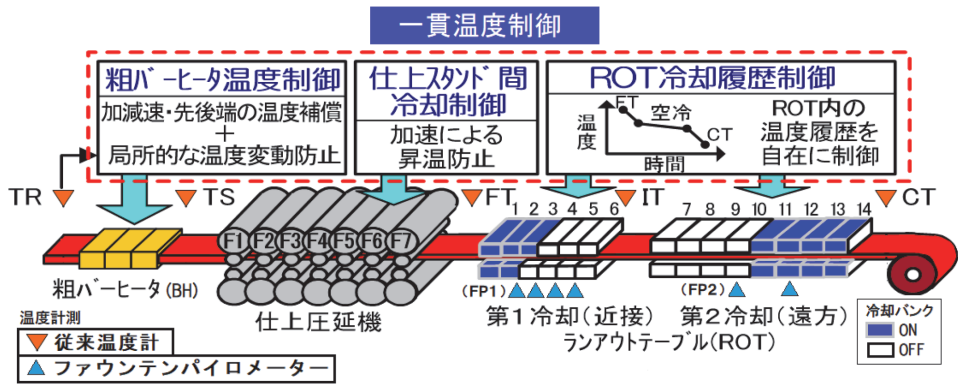


図4 新加工熱処理システムの概要⁵⁾

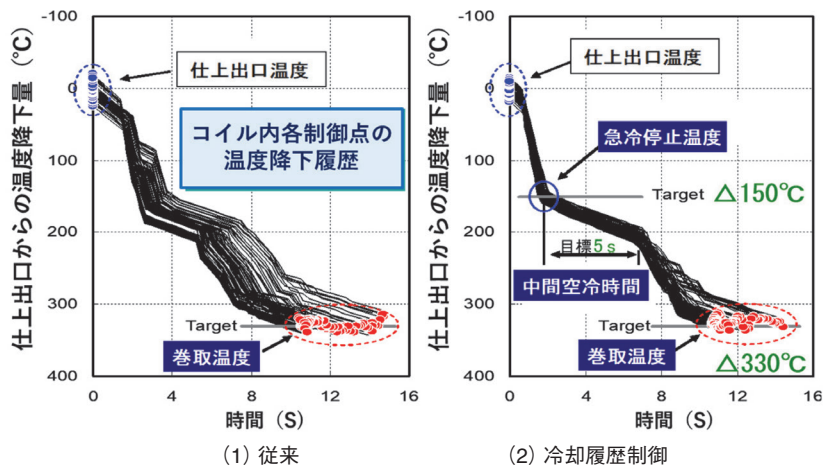


図5 冷却履歴制御の効果例⁵⁾

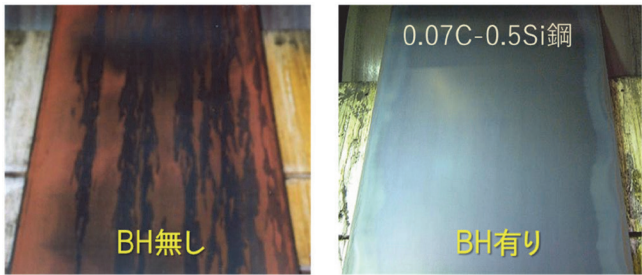


図6 粗バー昇温によるSi系ハイテンの表面改善例⁷⁾

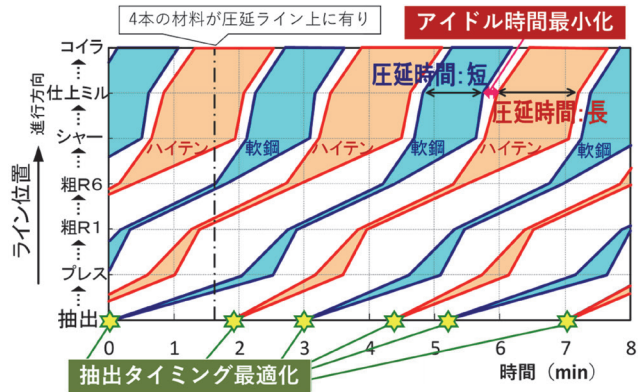


図8 ミルペーシング技術によるアイドル時間の最小化⁹⁾

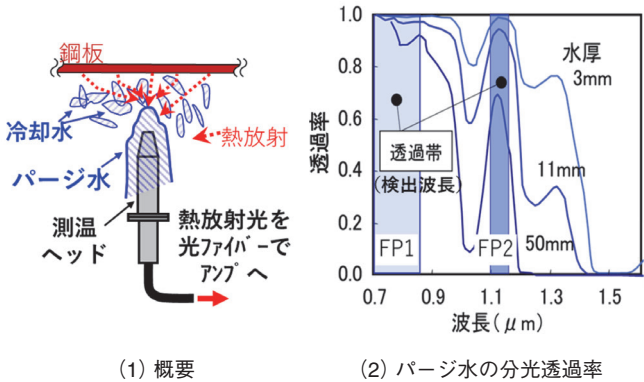


図7 ファウンテンパイロメータ⁸⁾

ル時間を最小化することで最大の生産性を得ることができます。このためには最上流に複数ある加熱炉から適正タイミングでスラブを抽出するように制御します。本技術で、圧延能力が15%向上しました。

ミルペーシングの効果を発揮させるためには、各設備がトラブルなく安定稼働することが重要です。特にハイテンでは軟鋼板に比べて圧延荷重が高くなることが原因で、平坦不良

や蛇行による仕上ミル及びROTでの通板トラブルが発生しやすくなります。この対策として、LED光源を用いて格子パターンを投影する平坦度計(図9)とヒューム発生の悪環境下でも精度良く板エッジを検出できる蛇行計(図10)を開発しました。特に、従来技術では効果的防止が困難であった蛇行に関し、モデル予測制御技術も活用したミルレベリング制御で大幅なトラブル低減を実現しました。

4 冷間圧延プロセスの技術開発

冷延ミルは、熱延が稼働した2年後の1971年に立上がりましたが、初の油圧圧下を用いた計算機制御で高精度板厚を実現したミルでした^{1,11)}。その後、自動車用等の冷延・めっき鋼板ニーズの高度化に対応するため¹²⁾、新薄板工場を1993年

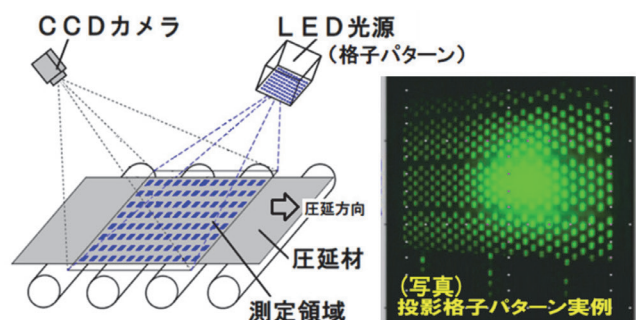
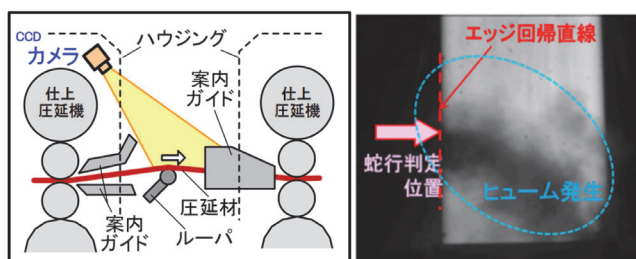


図9 格子パターン投影方式の平坦度計¹⁰⁾



(1) 設置場所

(2) 計測例

図10 悪環境に強い蛇行計測技術⁵⁾

に立上げました。

新薄板工場は、次世代工場として ①多様な製品ニーズに対応する世界一の製造精度と製造可能範囲 ②大幅な自動化、省力化の実現 を目指しました。図11に工場レイアウトを示しますが、酸洗から出荷までの全工程を同一工場で行い、物流と情報を一元化し、プロセッシングラインに安定通板技術¹³⁾を導入して大幅な自動化を実現しています¹⁴⁾。

4.1 新冷延ミルラインの概要と省力の追求

新ミルラインは、エッジドロップ低減のためのペアクロス(PC)ミルと平坦制御のための6Hi-CVC(Continuously Variable Crown)ミルのコンビネーションライン(図12)で、冷延へのPCミル適用のため、圧延中のクロス角変更技術を実用化しました。

圧延工程は、タンデムミルの自動運転、コイルハンドリング作業やロール組替・ロールショップの自動化、オイルセラーの無人化等自動化を追求した設計で大幅な省力を実現しました。タンデムミルの出側には従来の運転室に代わりハンドレスの「管制室」を設け、自動運転の監視、設備の自動診断を行います。また、インスペクション設備も備え、監視員が圧延コイルの検査も行います¹⁵⁾。

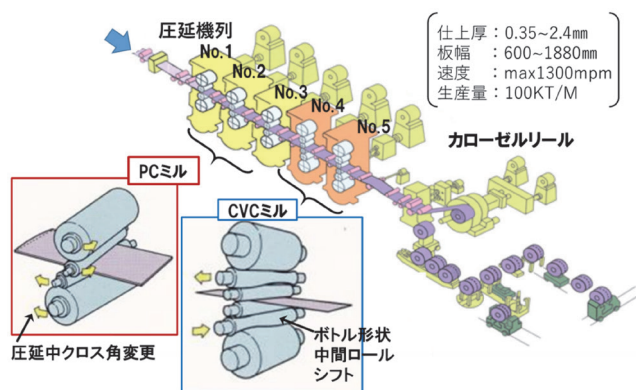


図12 新冷延ミルライン¹⁵⁾

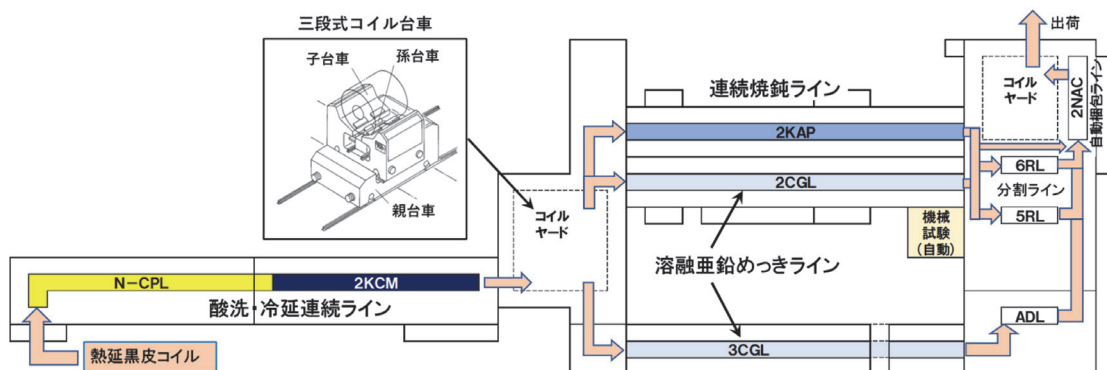
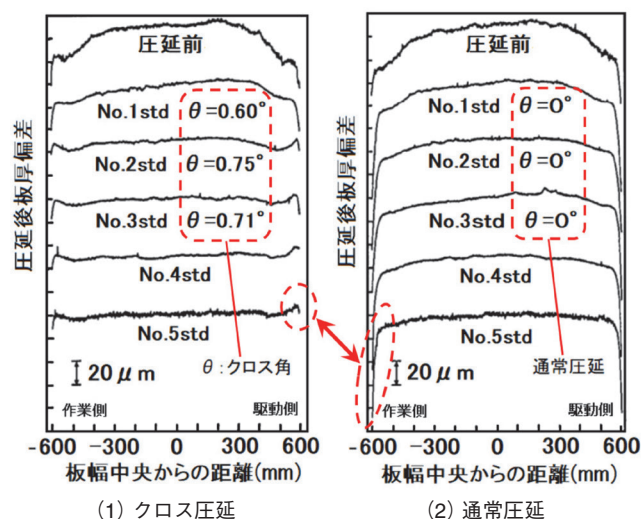


図11 省力を追求した新薄板工場の概要

図13 エッジドロップ低減例¹⁷⁾

4.2 高寸法精度技術

世界一の寸法精度を目指した新ミルラインは、品質重視の設計思想から板厚制御の外乱となる速度変化を極力抑えた操業を行います。各スタンド前後に設置した計測装置での実測値を用い、ベクトル制御により板厚と張力を非干渉化させる新手法で高応答な油圧圧下とACミルモーターを制御するシステムを開発し、製品板厚のばらつきを±0.4%以下に低減しました¹⁶⁾。また、PCミルを用いた板プロファイル制御でエッジドロップの大幅低減にも成功しました(図13)。

5 結び

「貧困からの解放」をスローガンに多くの人が情熱を注ぎ鹿島開発が行われ、鹿島製鉄所が誕生しました。

そして多くの先輩もまた情熱を傾け技術開発を進めてきました。その情熱は私たちの世代が引継ぎ、若い皆さんへと引き継がれています。情熱をたぎらせ挑戦する若い皆さんの活躍を期待しています。

参考文献

- 1) 長谷登, 小松原望, 小峰一晃, 保母芳彦: 住友金属, 49 (1997) 2, 91.
- 2) 村上浩路, 小野寺正芳, 新野義照, 西沢一彦, 中野幸市: 住友金属, 21 (1969) 3, 360.
- 3) 芝原隆, 河野輝雄, 美坂佳助, 布川剛: 塑性と加工, 25 (1984) 277, 115.
- 4) 波床尚規, 橋爪藤彦, 木村智彦, 岸本一郎, 寒川顕範: 住友金属, 43 (1991) 2, 88.
- 5) 佐々木保, 中川繁政, 鷺北芳郎, 橘久好, 福島傑浩, 武衛康彦, 焼田幸彦: 塑性と加工, 54 (2013) 635, 1038.
- 6) 木村和喜, 布川剛, 本城基, 高橋亮一: 鉄と鋼, 77 (1991) 4, 528.
- 7) 岡田光, 橘久好, 野村茂樹, 焼田幸彦, 杉本純, 高橋裕之: CAMP-ISIJ, 23 (2010), 1067, CD-ROM.
- 8) 本田達朗, 中川繁政, 橘久好, 植松千尋, 武衛康彦, 坂上浩一: 新日鐵住金技報, (2015) 401, 17.
- 9) 鷺北芳郎, 中川繁政, 橘久好, 福島傑浩, 佐々木保, 武衛康彦, 焼田幸彦: CAMP-ISIJ, 27 (2014), 89, CD-ROM.
- 10) 加藤朋也, 中田武男, 大杉正洋, 伊勢居良仁: CAMP-ISIJ, 24 (2011), 888, CD-ROM.
- 11) 岡本豊彦, 竹内久弥, 山下了也, 美坂佳助, 大橋保威, 河野輝雄, 近藤勝也: 計測と制御, 13 (1974) 7, 590.
- 12) 長尾典明, 中居修二, 勝信一郎: 住友金属, 41 (1989) 2, 153.
- 13) T.Masui, Y.Kaseda and K.Isaka: ISIJ Int., 40 (2000) 10, 1019.
- 14) 塩原隆, 山田富三郎, 高橋健二, 伊山彰一, 田端公一: 住友金属, 49 (1997) 1, 23.
- 15) 野下昶平, 松重武彦, 西村文生, 金子亨, 大井俊哉, 富澤淳: 住友金属, 47 (1995) 1, 111.
- 16) 重松健二郎, 金子亨, 松重武彦, 西村文生, 富澤淳, 江藤学, 大井俊哉, 鷺北芳郎: 鉄と鋼, 83 (1997) 1, 54.
- 17) 浜田龍次, 鎌田俊二, 江藤学, 梶原哲雄, 橋本正一, 松田裕: 塑性と加工, 38 (1997) 437, 571.

(2021年4月20日受付)