

新中間粗圧延機導入によるハット形鋼矢板製造対応

Improved Productivity of Hat Shaped Steel Sheet Pile by Introducing New Intermediate Rough Rolling Mill

帆足 幸宏 HOASHI Yukihiko JFE スチール 西日本製鉄所 (倉敷地区) 条鋼部 条鋼技術室 主任部員 (課長)
大平 洋由 OHIRA Hiroyuki JFE スチール 西日本製鉄所 (倉敷地区) 設備部 開発・設計室 主任部員 (副部長)
宗田 謙一 SODA Kenichi JFE スチール 西日本製鉄所 (倉敷地区) 制御部 制御技術室 主任部員 (課長)

要旨

JFE スチール西日本製鉄所 (倉敷地区) 形鋼工場では、従来用いられてきた U 形鋼矢板と比較して施工性、構造信頼性、経済性に優れた次世代鋼矢板として 900 mm 幅のハット形鋼矢板を 2007 年より製造開始した。ハット形鋼矢板の普及拡大が進む中、需要増加に応えるべく中間粗圧延機の更新を決定し 2018 年 2 月に完工した。今回導入した新圧延機の概要および対応工事内容について紹介する。

Abstract:

At JFE Steel West Japan Works (Kurashiki District) Shapes Plant, 900 mm wide hat shaped steel sheet pile was started production in 2007 as a next-generation steel sheet pile with excellent workability, structural reliability, and economy compared to the U shaped steel sheet pile that has been used conventionally. As the spread of hat shaped steel sheet piles progressed, JFE Steel decided to renew the intermediate rough rolling mill to meet the increasing demand, and the construction was completed in February 2018. In this paper, the outline of the new rolling mill and the contents of the corresponding work are introduced.

1. はじめに

鋼矢板の分野では、従来よりラルゼン型継手を有する U 形鋼矢板の大断面化あるいは広幅 (有効幅 600 mm) 化が図られてきたが、鋼矢板適用を主とする公共事業の縮減と安価な電炉製および外国からの輸入製品の進出を背景として、900 mm 幅のハット形鋼矢板を JFE スチール、日本製鉄株式会社に共同開発し、当社では 2007 年より 10H、25H シリーズの販売を開始した。図 1 に示すとおりハット形鋼矢板は、

- (1) 圧延品では世界最大の有効幅 900 mm
- (2) 左右非対称継手で同一ウェブ方向で打設、継手支持部

を有したハット形の鋼矢板

- (3) 断面 2 次モーメントに対する継手効率 100% で、壁幅あたりの鋼材重量が縮減

等の特長を有し、施工性、構造信頼性、経済性に優れた鋼矢板として、年々適用される事業が拡大している。

こうした中、JFE スチール西日本製鉄所 (倉敷地区) 形鋼工場 (以下、倉敷地区形鋼工場) では、ハット形鋼矢板のより安定した製造体制を構築すべく、中間粗圧延機の更新を決定した。新圧延機は、製造断面サイズの拡大に伴い増大した圧延負荷に対し十分な強度を有するもので、1969 年の形鋼工場稼働以来の課題を解決した。

U shaped steel sheet piles



Hat shaped steel sheet piles

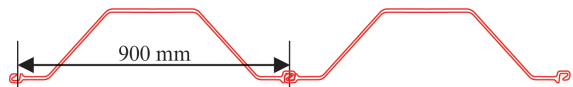


図 1 U 形鋼矢板とハット形鋼矢板の比較

Fig. 1 Comparison of U shaped sheet pile with Hat shaped sheet pile

2. 主要技術課題と新圧延機の概要

2.1 製造プロセスと主要技術課題

倉敷地区形鋼工場では、主に建築物の梁部材として使用される H 形鋼と、主に河川等の護岸鋼製壁に使用される鋼矢板を製造している。図 2 に倉敷地区形鋼工場圧延ラインのレイアウトを示す。ハット形鋼矢板の圧延工程は、圧延素材であるスラブをハット形の元形状に粗造形する粗圧延機 (BD ミル)、各部位の厚みを減面、成形する中間粗圧延機 (SR ミル)、製品形状に成形する仕上圧延機 (SF ミル) より構成される。中間粗圧延機、仕上圧延機は、製造する品種 (H 形鋼、鋼矢板) により構造が異なる圧延機を使用

2021 年 3 月 5 日受付

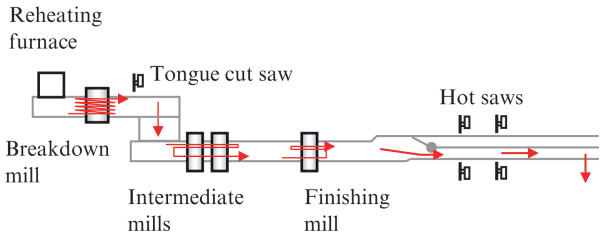


図2 西日本製鉄所(倉敷地区)形鋼工場レイアウト
Fig. 2 Layout of shape mill at Kurashiki District

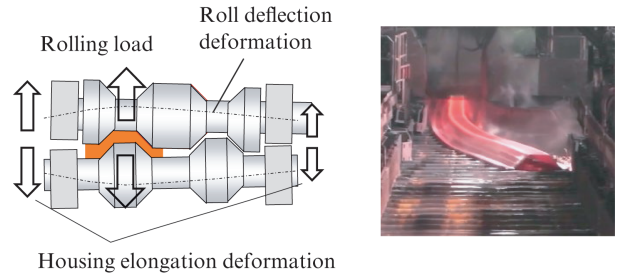


図3 ハット形鋼矢板の圧延状況
Fig. 3 Rolling status of Hat shaped sheet pile

することから、品種に応じて圧延機の入替を行っている。鋼矢板を製造する圧延機はいずれもロールスタンド（ハウジング）内に2本のロールを組んだ2重式圧延機であり、材料を上下一対のロールに刻設した孔型を通過させて成形する（孔型圧延法）。

ハット形鋼矢板製造開始時の圧延機は、いずれも1969年に形鋼工場が稼働して以来の古い設備であり、特に中間粗圧延機は、製造断面サイズが大きくなったことにより増大した圧延負荷に対して十分な強度を有しておらず、以下の施策により製造条件を成立させる必要があったことから、製造への影響が避けられなかった。

- (1) 圧延材料の高温化により圧延負荷軽減を図った。
 - ① 一定の加熱炉内在炉時間を確保する必要がある、圧延能力の制約となった。
 - ② 粗圧延後の中間クロップカットを行わないことで、圧延材料の温度低下を抑制したが、粗造形により生じた圧延材長手端部の形状不良部をカットしないため、圧延機付属案内ガイド、搬送テーブル間プレートへの突っ掛け等の通板トラブルおよび形状不良部が圧延ロールに噛み込む際に生じる焼付疵の誘因となった。
 - ③ 圧延材料の長さを一定以下に制約し圧延材料の温度低下を抑制したことで、圧延歩留りが低下した。
- (2) 高強度製品は許容される圧延負荷を超えるため、製造できなくなった。
- (3) 圧延ロール径が小さくなると、圧延負荷によるロール変形（たわみ）の増大と熱応力によって生じるクラックに起因してロール折損に至ることがあるため、圧延ロールの最小径を大きくした。その結果、ロール原単位が従来鋼矢板より悪化した。

図3に示すとおり、鋼矢板圧延は、一対のロールに複数の孔型を刻設していることで、圧延機のセンターラインを通材しないオフセンター圧延となっている。オフセンター圧延は、圧延材料の中心に対してロールたわみ変形、ハウジングポストの伸び変形が左右均等でないことから、圧延された材料には左右厚み差が生じる。特に広幅（900 mm）で圧延負荷が高いハット形鋼矢板は厚み差が大きくなる傾向にあり、左右の圧下バランスが崩れ材料が左右に曲がる、いわゆる「曲がり」が生じる場合がある。曲がりは通板トラブ

ル等に直結するため、左右の圧下バランス差を考慮した孔型設計を行う等の防止策をとった¹⁾ものの、セットアップ精度等のバラツキもあり通板トラブルを散発させていた。これらの問題は、年々普及拡大するハット形鋼矢板の供給体制に大きく影響を及ぼすことから、ハット形鋼矢板の圧延負荷に十分耐えうる高強度な中間粗圧延機を導入し解決を図った。

2.2 新圧延機の概要

図4に新圧延機の外観を示す。新圧延機は従来の圧延機と同様にスタンドクイックチェンジ方式で圧延オンライン入替が可能であり、ロール・圧延機付属案内ガイド等の圧延サイズ組替はオフラインセットアップ場で行う。これら圧延機及び図5に示すオフライン機器（圧延機搬送設備、ロール・圧延機付属交換設備等）の設計、製作はPrimetals Technologies Japan 株式会社へ依頼した。

新圧延機の強度は、素材加熱条件変更、中間クロップカット実施等による圧延材料の温度変化を伝熱モデルにより予測し、圧延FEM解析（使用ソフト：Abaqus Explicit ver.6.12）により圧延負荷推定を行い、従来の圧延機より許容される圧延負荷が1.5倍以上となるように設計した。設計にあたり、圧延機が圧延オンラインの周辺設備と干渉しないよう外形寸法は従来の圧延機とほぼ同等とし、ロールスタンド各部

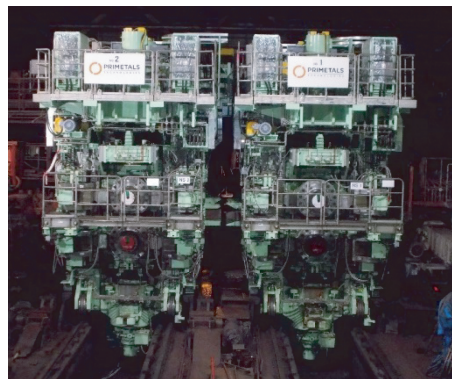


図4 鋼矢板用中間粗圧延機
Fig. 4 Intermediate rough rolling mill for sheet pile

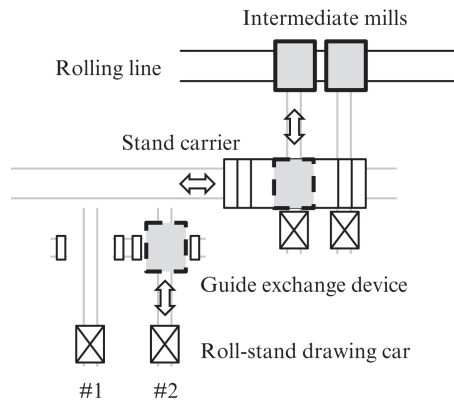


図5 ロールショップレイアウト
Fig. 5 Layout of roll shop

位のサイズアップとロールのサイズアップにより圧延機強度の向上を達成した。

圧延機強度の向上に伴い、圧延機の剛性は図6に示す通り従来の2.0倍以上に向上した。また、得られた剛性をもとに、ハウジング系の変形を考慮したロールのたわみ変形量を計算した結果を図7に示す。新圧延機ではロールのたわみ変形差が大きく減少しており、圧延出曲がりの誘因であるオフセンター圧延により生じる圧延材料断面内の左右厚み差は、圧延機剛性の向上で最小化できた。

さらに新圧延機に通材位置（圧延機の変形）に応じてロールを傾かせる機能を追加することで、圧延材料の左右厚み差をほぼ解消し圧延出曲がりの抑止を図った。ロール傾き

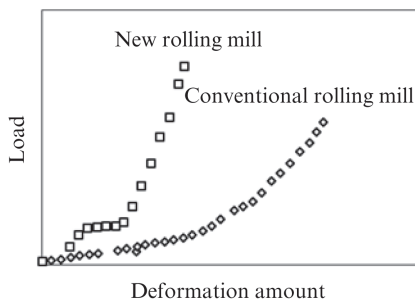


図6 圧延機の剛性
Fig. 6 Mill stiffness of rolling mill

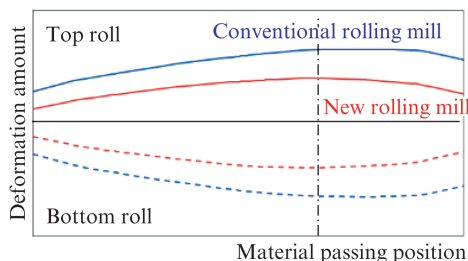


図7 圧延機の変形量
Fig. 7 Deformation of rolling mill

量については、予測荷重からモデル式を用いてハウジング系の変形を考慮したロールの変形量を求め、これに基づき各孔型で圧延する際に当該孔型の圧下が材料左右部で等しくなるロール傾き量を算出した。調整の設備仕様と実際の使用条件は、このロール傾き量に基づき決定した。

また圧延機内動作機器を電動化することにより、圧延中の各機器調整時間を短縮し、また主に人手作業で行っていたオフラインセットアップ作業を自動化することでセットアップ精度の向上を図った。

3. 開発の効果

2018年2月より、圧延機強度、剛性、機能が向上した新しい鋼矢板用の中間粗圧延機を、ハット形鋼矢板10H・25Hの製造に適用した。新中間粗圧延機の適用により、加熱炉内在炉時間の短縮、粗圧延後の中間クロップカット、通材位置に応じたロール傾き制御等が実現し、以下のような効果が得られた。

(1) 生産性向上

- ・圧延能率向上（従来比+35%）
加熱炉内在炉時間の短縮、圧延素材重量増
- ・作業率向上（従来比+15%）
通板トラブル削減、圧延調整時間短縮

(2) リードタイム短縮

(3) 高強度製品の供給開始

上述に加え、歩留、ロール原単位等の向上も図れた。

新中間粗圧延機は、倉敷地区形鋼工場で製造される他の鋼矢板の製造にも順次適用しており、より安定した製造体制構築に寄与している。

4. おわりに

JFE スチール西日本製鉄所（倉敷地区）形鋼工場に導入された新中間粗圧延機は、現在も順調に稼働中である。

気候変動に伴い激甚化、頻発化する気象災害に対する防災減災、国土強靱化の取組の加速化、深化に向けて、ハット形鋼矢板の需要がますます増加すると考えられるので、当社はそれらの需要にしっかりと応えていく所存である。

参考文献

- 1) ハット形 900 幅鋼矢板の製造技術. JFE 技報. 2010, no. 26, p. 36-37.



帆足 幸宏



大平 洋由



宗田 謙一