

圧延と連動した厚鋼板の均一強冷却設備

JFEスチール株式会社

代表取締役社長 林田 英治

JFEスチール(株) 東日本製鉄所	京浜地区 厚板部	平田 直人
JFEスチール(株) スチール研究所	圧延・加工プロセス研究部	中田 直樹
JFEスチール(株) 東日本製鉄所	京浜地区 設備部	桑名 照久
JFEスチール(株) 東日本製鉄所	京浜地区 制御部	岡田 行弘
JFEスチール(株) 東日本製鉄所	京浜地区 厚板部	田村 友和

はじめに

鉄鋼の生産では、アジアの新興国が、新鋭設備と安価な労働力という利点を活かして生産量を伸ばしており、汎用品の生産では日本の競争力が低下している。

一方、鋼材を高強度化するとそれを使ってできるもの、例えば自動車や船などを軽量化することができるので、ハイテン材と呼ばれている高張力鋼の需要は急激に増大している。鉄鋼製品の製造で強い国際競争力を維持していくためには、需要が伸びているハイテン材をより安価に大量に供給することと、新しい付加価値を持つハイテン材を開発して提供するという課題がある。

近年、構造物の大型化にともなう軽量化ニーズ等により、厚板ハイテン材の需要は拡大の一途にある。本開発が対象とする厚鋼板は加熱炉で鋼片（スラブ）を加熱し、圧延機でリバース圧延をしながら所定サイズまで熱間圧延して製造される。

わが国では、仕上げ圧延の目標温度を厳格に管理する「制御圧延」技術によって、省合金でのハイテン製造を実現しているが、そのために

圧延を一旦止めて温度調節用シャワー冷却設備位置まで鋼板を移動し目標温度まで冷却を行うため、長時間を要していた。

本開発では、新たな冷却方式の開発、鋼板衝突リスク回避機構、鋼板温度の正確な把握、を実現して均一冷却と冷却時間の短縮を達成した。本開発は鋼材使用量の削減、鋼材製造時に発生するCO₂削減、余剰な添加元素削減に寄与するだけでなく、新たな付加価値を持つ鋼材の開発の加速にも寄与し、ハイテン材の製造を通して社会へ貢献できると期待している。

開発のねらい

厚鋼板は連続铸造された厚さ250 mm程度の鋼片を加熱炉で1100℃程度に加熱後、圧延機によって往復圧延により製品の厚さまで圧延することで製造される（図1）。厚板ハイテンの圧延プロセスは所望の板厚・寸法の製品を製造す

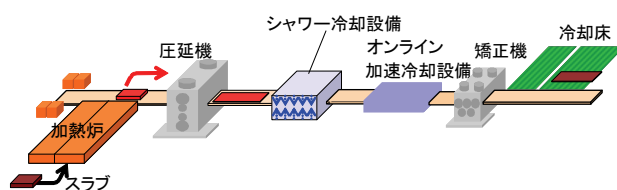


図1 厚板製造ライン

るだけでなく、制御圧延による材質制御の役割も担っている。

国内で製造される厚板ハイテン材は、制御圧延を主体に製造される（図2）。一般の圧延が1000℃前後で行われるに比べ、制御圧延では850℃程度まで温度を下げて圧延する必要があるため、温度調節のための待ち時間（圧延機の空き時間）が発生し、生産能率が低いことが問題であった。

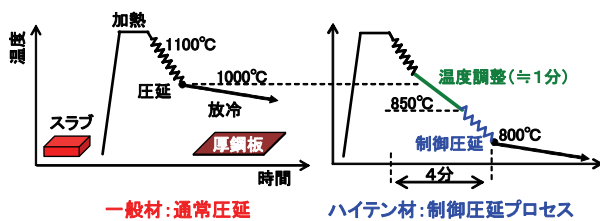


図2 通常圧延と制御圧延プロセスの比較

温度調節は一般的に、シャワー冷却設備により実施されるが、①シャワー冷却設備が圧延機から離れて設置されているため、鋼板を搬送するのに時間を要し、②シャワー冷却設備の冷却速度が低く冷却に時間を要する。この①、②の間は、圧延を中断することになり、生産能率を低下させている。

この「温度調節による制御圧延材の生産性低下」は、これまで決定的な解決方法がなく、厚板ハイテン材の生産性向上が課題であり、ブレイクスルー技術が求められていた。本開発は、図3に示す圧延機直近での均一強冷却、お

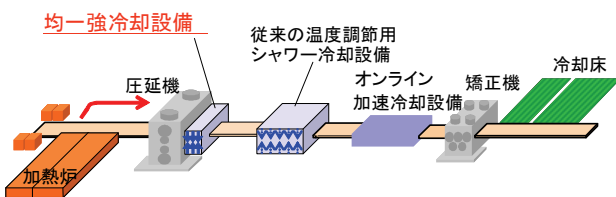


図3 本開発の均一強冷却設備配置

よび冷却と圧延の同期化により、長年の問題を解決することをねらいとした。

装置の概要

均一強冷却設備の開発のコンセプトは、強冷却を大量の冷却水の噴射で実現することと、冷却を終えた水（滞留水）が鋼板上を漂わないような工夫をし、均一冷却を実現する事である。強冷却は、冷却水を供給した際に発生する蒸気や蒸気膜を吹き飛ばす事で実現できるが、本開発では、鋼板表面に達するまでに速度が減衰しない棒状の冷却水を噴射することで、冷却能力を向上させた（図4）。

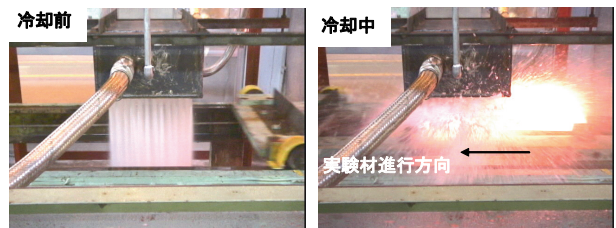


図4 棒状冷却水による冷却実験

また棒状の冷却水流を多列配置して噴射方向を工夫することで、十分な流体圧と整った水流を両立させ、一定の冷却面積での安定した冷却と効果的な排水を実現した。

技術上の特徴

本開発の技術は、滞留水が冷却しているゾーンの外に漏れ出て行かないようにするためにロール等の付加的な装置を設置するのではなく、鋼板からある程度離れたところから水を高速噴射して均一強冷却が行えるという点で世界に例がない。

本開発では、設備保全性にも優れた構造とし

た。圧延中、稀に鋼板が上に反ることがあるが、このような場合には上面冷却装置が壊れてしまうことが懸念されたので、水冷を行わない時は上面冷却装置を移動退避できるようにした。本設備は世界最大の移動式冷却設備である。

また、頑丈かつノズルからの冷却水噴射を阻害しない構造に工夫したプロテクターを設置したので、設備破損のリスクがなくなり安定して稼働させる事が可能である（図5）。

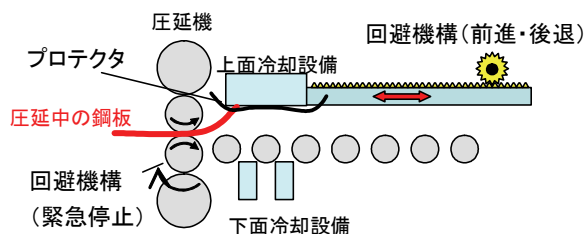


図5 鋼板衝突回避機構

この技術を適用する際、鋼板を最短距離で往復させるため、圧延途中の鋼板温度を従来のように放射温度計を使って測定することができなくなる。鋼板表面での強冷却とその後の鋼板内部での熱拡散による温度変化を的確に捉えるため、従来よりも精度の高い温度計算モデル（図6）とその制御ロジックを開発し、最適な冷却の回数や圧延速度を自動設定できるようにした。

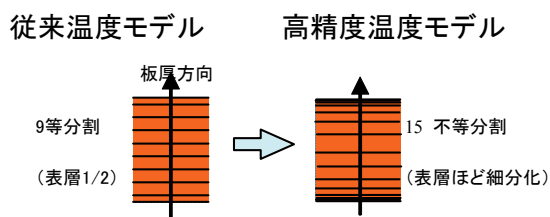


図6 高精度温度モデルのメッシュ分割

制御圧延における生産能率の向上の例を挙げると、これまで制御圧延においては圧延時間3分とシャワー冷却の時間1分の計4分を要していたが、開発した均一強冷却設備によって圧延しながら強冷却を実施することができるようになり、制御圧延の時間は圧延時間のみの3分まで大幅に短縮した。また圧延能率が向上することで、製造工程のエネルギー利用効率が高まり、製造プロセスの省エネルギー化を推進できた。

また、本開発の冷却では極めて均一な温度にすることができたが、これは高精度温度モデルの利用によって制御圧延の温度精度が向上し温度のばらつきが小さくできた寄与も大きい。均一な温度で製造することによって、強度ばらつきの小さい鋼板を製造することができ、ユーザーでの加工性が向上した。さらに、強度ばらつきを補償するために余剰に添加していたマンガンなどの合金元素を、削減することもできた。

本開発の設備を設置することにより、世界で初めて厚鋼板の製造ラインで2つのオンライン強冷却設備を持つことができた。結果として自由度の高い冷却が可能となり（図7）、新しいハイテン材の開発が加速された。

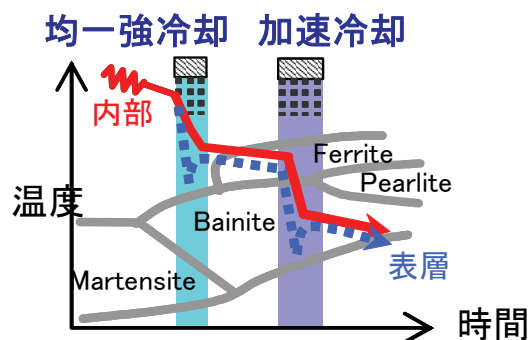


図7 鋼板表層と内部の温度履歴

実用上の効果

本開発を適用することで厚板ハイテンの生産能率が10～20%向上し、厚板ハイテンの低コスト大量供給が可能になった。

厚板ハイテンの使用率が上がることで、船舶や橋梁、高層建築の薄肉・軽量化が進んでいる。

鋼材使用量の削減はコストダウンにもつながっている。

また鋼材使用量の削減は、鋼材製造時に発生するCO₂を削減するというLCA的観点からも、環境負荷の低減にも貢献している。

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

- ① 日本国特許 第4586682号
 名称：鋼板の熱間圧延設備および熱間圧延方法
 概要：圧延機に近接した位置で鋼板を通過させながら棒状冷却水で冷却する設備
- ② 日本国特許 第4779749号
 名称：鋼板の冷却方法および冷却設備
 概要：棒状冷却水を噴射するノズル群を配置
- ③ 日本国特許 第4876782号
 名称：鋼板の冷却設備および冷却方法
 概要：鋼板の上下面を $4\text{ m}^3/(\text{m}^2\text{ min})$ 以上の水量密度で冷却

むすび

本開発設備は、日本の誇る省資源型ハイテン製造技術である制御圧延・制御冷却を、さらに

飛躍させた鉄鋼生産技術を形にしたものである。

省資源型のハイテンを安価で大量に供給できる機械設備を開発したことで、経済と地球環境に技術で貢献できたことの意義は大きい。

先達の技術開発を糧に実を結んだ本開発の経験を次世代へと引継ぎ、さらに社会への貢献を深めていきたい。