

超極薄材の生産を可能とする新熱間圧延プロセス

Development of New Hot Rolling Process for Thin Strip Rolling

広島製作所 清水孝宣*¹ 山崎育邦*²
 岩谷浄*³ 武口達*⁴
 亀谷敦*⁴

省エネルギー・省プロセス化によるコストダウンが可能なミニミルにおいて、更なる低コスト化を実現するためには熱間圧延のみで超極薄材を製造することも一方法である。極薄材製造に必須のエンドレス圧延をミニミルに適用した新熱間圧延プロセス構築のために、高クラウン制御能力を有しかつ圧延中もクロス角変更が可能なダイナミック PC (ベアクロス) ミルを導入して、走間板厚変更に対応し、良好な板形状を持った板の製造を可能にした。また、高速圧延下でも安定した板の切断・巻取りを可能にした高速対応出側設備 (高速ストリップシヤー・カローゼルコイラ) を開発・導入した。

In addition to the cost savings already provided by the energy conservation measures and compact process of the minimill, costs are reduced even further by producing thin strips using a hot strip mill alone. Endless rolling technology indispensable to producing of thin strips has been added to the minimill to create new hot strip rolling construction. As part of the new design, the dynamic PC mill-able to control high crown and altering cross angle with the line in operation-was introduced to enable flying gauge changes, ensuring an excellent strip shape. To ensure stable cutting and coiling during high-speed rolling, specialized exit equipment such as the high-speed strip shear and carousel coiler have been developed and introduced.

1. 緒言

近年、鉄鋼業界においては省エネルギー、省プロセス化による設備費並びに操業コストの削減が大きなテーマとなっている。

新設熱間圧延機分野においても、従来の大量生産を目的とした大型のタンデムホットストリップミルではなく、上記の省エネルギー、省プロセス化が可能な、薄スラブ CC (Continuous Caster) - 熱間圧延ライン直結のミニミルの建設が盛んになってきた。

また熱間圧延分野での極薄材製造も志向されているが、これまでのバッチ圧延では、板先後端での圧延が不安定になることから極薄材を製造することは困難であった。

これを解決する方法としてタンデムミルでは、粗バーを仕上ミル前で接合し、仕上ミル内を板がとぎれることなく、安定した圧延を可能にするシートバー接合方式のエンドレス圧延が川崎製鉄 (株) 千葉製鉄所 No.3 HOT で採用されている。

これは長尺バーとすることにより、圧延の不安定な板先端・後端の圧延回数的大幅な低減を可能にし、また定常部の圧延条件を一定にできることから品質の均一化、圧延操業の安定化を図っている。

本報では、大型タンデムミルではなく、ミニミルでの極薄材の製造を可能とした新熱間圧延プロセスを開発したので、その開発のキーとなった当社独自の技術を中心にその詳細を紹介する。

2. 新熱間圧延プロセス

2.1 製品仕様

本プロセスとしての製品仕様は、最小板厚 1.0 mm で年間生産量は 130 万 t をターゲットとしている。

2.2 新熱間圧延プロセスの概要

上記製品を実現する本プロセスのレイアウトを図 1 に示す。

本プロセスの主な構成機器は薄スラブ CC、トンネルファーネ

ス、粗ミル 2 スタンド、中間冷却装置、仕上ミル 5 スタンド、急速冷却装置、高速ストリップシヤー及び高速カローゼルコイラである。

以下に極薄材圧延を可能にするキーポイントを機器ごとに述べる。

(1) 薄スラブ CC の casting 厚さは 70 mm、 casting 速度は 6 m/min で、これは最終板厚 1.0 mm と年間生産量 130 万 t の両方を満足する値である。このスラブ CC は casting を連続して最大 300 m casting することができ、これがシートバー接合方式での仕上ミル前の長尺バーに相当する。

バッチ圧延時はトンネルファーネス前のペンデュラムシヤーで適当な長さに切断する。

(2) トンネルファーネスの全長は 310 m で 300 m の最長スラブを均一に加熱・保持し、良好な板形状の形成に寄与している。

(3) 粗ミル及び仕上ミルはすべて 4 Hi 圧延機であり、特に R 2, F 1~5 には高クラウン制御能力を有するダイナミック PC (ベアクロス) ミルを導入している。これは長尺スラブ圧延時のサーマルクラウン制御、あるいは極薄材圧延時の走間板厚変更に対応するもので、本プロセス実現のキーとなるところであり詳細を後述する。

(4) 中間冷却装置は、仕上ミル入出側の板温度を所定の温度とするため、必要な場合に粗圧延後のバーを冷却する装置である。また急速冷却装置はランナウトテーブル上に設置され、所定の巻取り温度まで板を急速冷却するためのものであるが、本プラントではその距離が従来プラントより短くなっている。

(5) 300 m もの長尺スラブを圧延する際、板をこの後にある高速カローゼルコイラで巻取り可能な適当なコイル重量に分割する必要があり、高速ストリップシヤーで切断する。本プロセスは従来にはなかった高速圧延を実現しているため、シヤーもこれに対応した速度で切断できる構造となっている。

(6) 高速カローゼルコイラは高速ストリップシヤーで切断された

*1 製鉄機械設計部特専員

*3 製鉄機械設計部圧延プラント課主務

*2 製鉄機械設計部次長

*4 製鉄機械設計部圧延プラント課

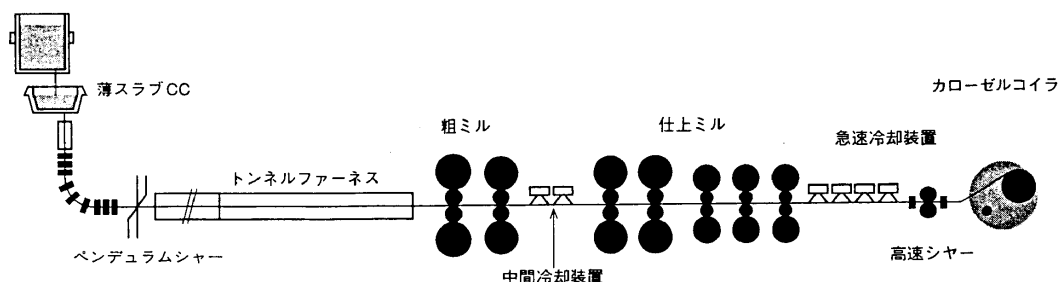


図1 新熱間圧延プロセスのレイアウト
Layout of new hot rolling process

所定のコイルを連続的に巻取れるよう、2ステーションのマン
ドレルが配置されている。

ダウンコイルにて巻取の場合は2基が必要であったが、本プ
ロセスではカラーゼルコイル1基で済ませることが可能となり
コストダウンを実現している。

また、カラーゼルコイルは設備のコンパクト化のみならず、
板の巻取りを常に上流側のステーションで行い一定であること
から、その設備長の方だけ巻取り温度に差が出るダウンコイル
とは違い、巻取り温度に変動がなく、均一なコイルを製造でき
るという利点も持つ。

3. 新熱間圧延プロセスにおけるキー技術

3.1 ダイナミックPCミル

表1に圧延機の仕様を示す。

この中でもR2及びF1~5には前述したようにダイナミック
PCミルを導入している。PCミルでは一対のワークロールとバック
アップロールを上下互いにクロスし幾何学的にワークロール間
げきを変化させ、板クラウンを制御する。

従来のバッチ圧延ではクラウン制御のために必要なクロス角は
プリセット値であり、板が仕上ミルに入る前の予測計算によって
決定される。さらに、板プロファイル計による圧延中のフィード
バック制御はワークロールベンドで対応する。

これに対しエンドレス圧延では、走間板厚変更及びサーマルク
ラウンの成長による板クラウン変動に対応するため、圧延中でも
クロス角設定を変更できるダイナミックPCミルが威力を発揮す
る。

3.1.1 走間板厚変更

エンドレス圧延では、長尺スラブの先端及び後端はそれぞれフ
ライング、絞込みを防止する目的で板厚をある程度厚くしなけれ
ばならない。これはバッチ圧延と同様である。しかし、それ以外
の定常圧延部は仕上ミル~コイル間で十分な張力が得られ圧延状
態が安定しているため、高圧下が可能である。

例えば最終板厚1.0mmの板を圧延する場合、板先端は1.5mm
程度で圧延するがその後は板厚を薄くして、1.5→1.0という走間
板厚変更を行う。

このとき、各スタンドでの圧延荷重が大きく変動し、ベンドだ
けで板クラウンを制御することが困難となる。したがってクロス
角をバー内で変更し板クラウン制御を行えるダイナミックPCミル
が有効となる。

通常、薄物材を圧延する場合、良好な板形状を得るために圧延
機後段では大きな負荷を掛けられない、特に最終スタンドにおい
ては絞込み防止のために掛けることのできる負荷は小さい。その
ため圧延機前段に負荷を大きく配分することになり、圧延機前段

表1 圧延機仕様

Mill specifications

スタンド	R1	R2	F1	F2	F3	F4	F5
バックアップロール径 (mm)	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
ワークロール径 (mm)	1050	825	825	825	500	500	500
モータパワー (kW)	4300	6300	10700	11000	12000	10400	7700
圧延荷重 (t)	4000	4000	4000	4000	3000	3000	3000
最大クロス角 (°)	—	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

でのクラウン制御が重要となる。この観点において、PCの制御能
力は優れており、十分である。

また、現在の最薄板厚は1.0mmであるが、将来更なる薄物材
圧延が計画された場合、圧延機後段でもベンドの制御能力だけで
は不十分になると考えられる。この点から大きな制御能力を持つ
PCミルを後段にも採用している。

3.1.2 サーマルクラウン成長時の板クラウン制御

エンドレス圧延では圧延時間が長いことにより、板からの熱に
よってロールが膨張する。これをサーマルクラウンと呼び、板ク
ラウン制御に大きな影響を与えるものである。

この圧延中に刻々と成長するサーマルクラウンに対応して目標
の板クラウンを得るためには、ベンドによる制御だけでは能力不
足であり、圧延中もクロス角変更ができて大きなクラウン制御能
力を持ったダイナミックPCミルが有効となる。

なお、高クラウン制御能力を持つダイナミックPCミルの能力を
十分に発揮するためには、正確なサーマルクラウン予測が必要
なことはいうまでもない。

3.2 高速出側設備

連続圧延を特徴とした新熱間圧延プロセスでは、とぎれること
なく送られてくる板をスムーズに切断・巻取れる設備を備えるこ
とも必須条件となる。

高速ストリップシャーは高速下での切断を可能にするために、
従来冷間圧延に適用していたドラム型ロータリシャーをベースと
して、これに改良を加えたものとしている。ドラム型ロータリ
シャーは切断時の通板速度が遅くナイフドラム1回転で板を切断す
るが、高速ストリップシャーは前述のように高速のためこれに対
応できるよう、ナイフドラムを常時回転させ、所定速度まで加速
した後切断する。板切断時には偏心したスリーブを回転させるこ
とにより上下ナイフドラムを接近させ板を切断するが、このナイ
フドラムを上下させるためにオルダム継手という自在継手を採用
している。

図2に高速シャーの外観を示す。

カラーゼルコイルは2章でも述べたとおり2つのマン
ドレルを持ち、巻付け始めは常にシャー側のマン
ドレルで行いその後180°

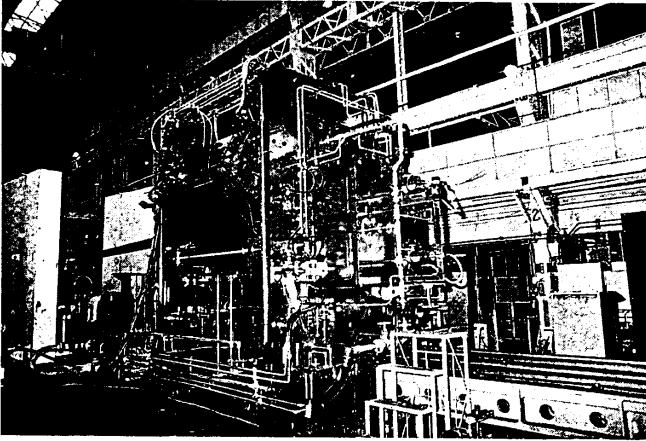


図2 高速シヤー 高速シヤーの外観を示す。
Overview of High Speed Shear

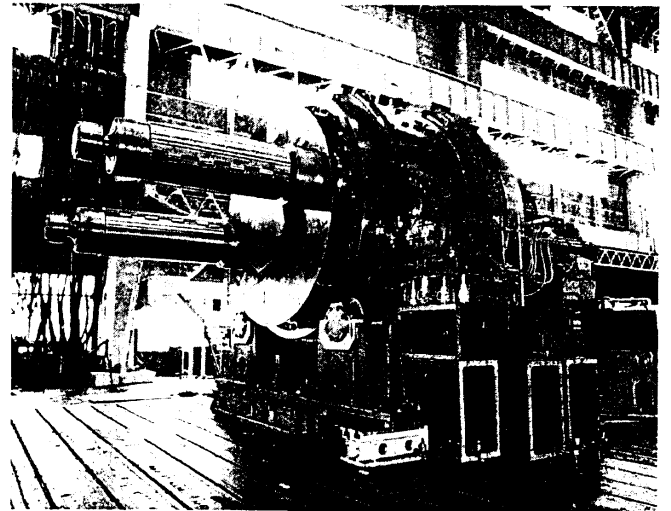


図4 カローゼルコイラ カローゼルコイラの外観を示す。
Overview of Carrousel Coiler

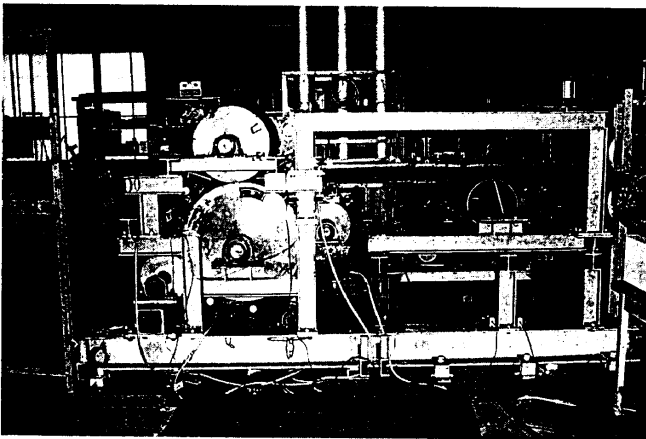


図3 高速巻取り試験機 高速巻取り試験機の外観を示す。
Overview of coiling test machine

公転した位置で巻取りを完了する。つまり、先行材の巻取り完了と後行材の巻取り準備がほぼ同時にでき、連続圧延に対応可能となる。

高速ストリップシヤーで切断後、先行材と後行材の間はわずかであり、安定した巻取りを行うには、後行材の先端をスムーズにマンドレルに巻付けることが重要となる。

従来、冷間圧延に使用されていたカローゼルコイラは、板の巻付けをマンドレル周辺に配置されたベルトを利用して行っていたが（ベルトラッパー方式）、本プロセスのように熱間圧延でかつ巻

取速度が高速になると、ベルトラッパー方式で対応することは難しい。本プロセスではダウンコイラに使用されていたラッパーロールによる巻付け方法を採用したカローゼルコイラを導入した。

スムーズな板の巻付けを実現するため、図3に示すような試験機を製作し周辺ガイド、ラッパーロール配置などの最適設計を行った。

また、カローゼルコイラはトップエンドマークと呼ばれる、2巻目以降の板に1巻目の先端が衝突することによって生じるきずを回避するため、QOC（Quick Opening Control）制御を行う。カローゼルコイラ組立て後の外観を図4に示す。

4. 結 言

これまでの大型タンデムホットストリップミルに比べて省エネルギー・省プロセス化が可能なミニミルにおいて、以下に示すような当社独自の技術の採用により、エンドレス圧延を実現し極薄材の製造を可能にする新熱間プロセスを開発した。

- (1) ダイナミックPCミルの採用により、板クラウン制御で問題となる走間板厚変更に対応でき、板クラウン・板形状を精度良く制御することを可能にした。
- (2) 極薄材圧延によるラインの高速化に対応できる、高速ストリップシヤー及び高速カローゼルコイラを開発し、安定した板切断・巻取りを可能にした。