

最新の海外向け線材圧延設備の特徴

仲谷雅光

エンジニアリング事業部・製鉄・産機プラント技術部

Features of the Latest High-speed Wire Rod Mill Line

Masamitsu Nakatani

In high-speed wire rod mill lines, narrow-tolerance wire rods produced with high productivity are required. Kobe Steel has completed a new high-speed wire rod mill line that meets this requirement. It has a capacity of 100 tons per hour and a maximum operational finishing speed of 80m/s (design speed 100 m/s max.). It also features a newly developed Super High Unit Mill, Kobe Steel's high-speed and high rigidity wire rod finishing block mill, with a design rolling speed of 140 m/s, for future high productivity requirements and special steel rolling, and thermomechanical rolling.

まえがき = 1965 年以降, 国内では線材圧延ラインの生産性向上を目的に, 高速線材ミルの導入が始まりその後のさらなる生産性向上の要求に, 当初 60m/s 程度の圧延速度は 100m/s 以上にまで高速化が進んできた。今後は, さらに高速化が進むと考えられる。しかしながらこの高速圧延で安定した操業をおこなうためには, より高度な圧延操業技術と保全技術が不可欠であり, とりわけ高速線材圧延ブロックミルの運転には, 熟練操業者の技術が必要とされる。また, 高度技術保有者の確保が困難な中で, 操業が容易な高速圧延設備も要求されてきている。本稿では, この背景から開発された高速ブロックミル(当社呼称 Super High Unit Mill = S-HUM) を組入れ海外に納入した線材圧延設備の概要と高速ブロックミルの特徴を紹介する。

1. 線材圧延設備の概要

線材圧延設備を嘉益工業股份有限公司(台湾)に納入し, 1997 年 3 月に稼働を開始した。以下にその仕様と特徴を述べる。

1.1 設備仕様

設備形式 : 2 ストランド,
 ノーツイストブロックミル×2 ライン
 製品サイズ : 5.5 ~ 16mm, D10, D13 (コイル)

圧延方法 : 連続タンデム圧延方式

(14 スタンド以降 2 ライン)

生産能力 : 最大 100 t/h

圧延速度 : 操業最大速度 80m/s (廃却ロール径時)

設計最大速度 100m/s (廃却ロール径時)

鋼片サイズ : 118, 120, 125, 130, 150, 155, 160mm

鋼片長さ : 12m

鋼種 : SS, SWRM, SWRH

圧延機 : 粗 1 中間列 2 ストランド水平スタンド×14 台

第 2 中間列 水平スタンド×2 台×2 ライン

垂直スタンド×2 台×2 ライン

仕上列 S-HUM(ノーツイストブロックミル)

210mm×6 台×2 ライン

160mm×4 台×2 ライン

リングヘッド : 1 ピースガイドパイプ式

基本リング径 : 1 200mm

リングコンベヤ : ローラテーブル式,

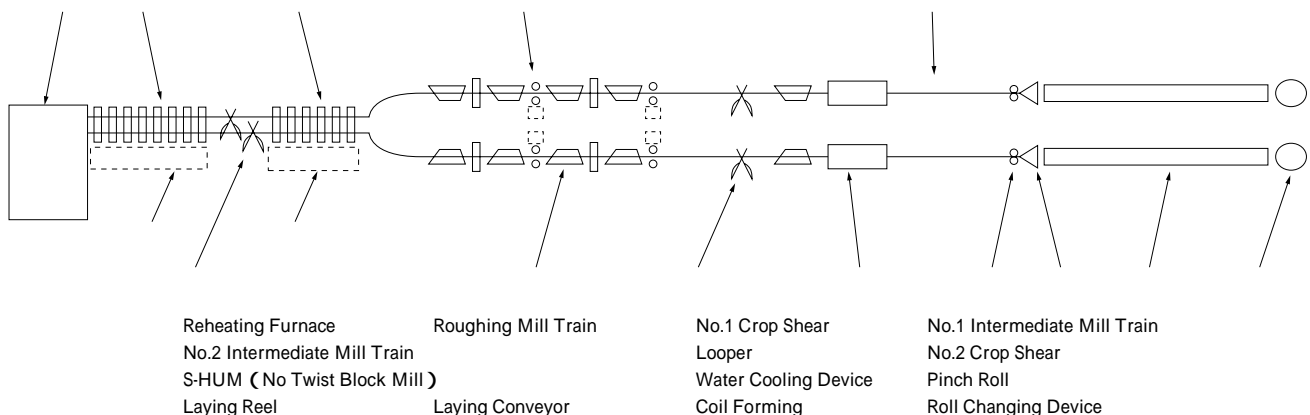
機長 50m, 風冷プロワ付

レイアウト図 : 第 1 図参照

1.2 設備の特徴

1) 高生産性と高品質¹⁾

粗 ~ 第 1 中間列は, 2 ストランド圧延を採用することにより, 設備投資をおさえた高生産性設備となっている。



第 1 図 嘉益工業向け線材圧延レイアウト

Fig. 1 Layout of wire rod mill line for CHIA I INDUSTRIAL Co., LTD.

また、高剛性のミルを設置することにより、寸法精度の向上と安定した連続圧延をおこなっている。ロール交換については、ロール交換設備をオンラインに設けることで予備スタンドを不要とし初期設備投資の縮小を図り、さらに将来は、ロール交換時間が短縮できるようにスタンド交換対応可能としている。第2中間列以降は、製品品質を重視するため、各ストランドを2ラインに分岐し、HV(水平、垂直)配列とループによるノーツイスト無張力圧延設備としている(写真1)。さらに、第2中間列にはHV兼用のハウジングレスミルを採用しミルの軽量化と保有予備スタンド台数の減少を図り、経済的なミルレイアウトとした。ミル主幹制御は、第1中間列の最終スタンドをキースタンドとし、おのこの第2中間、仕上列ラインを制御している。

仕上列(S-HUM)によって製品化される5.5~16mmの広範囲の製品サイズに対するカリバ系列は、5.5φ.0, 6.5mmの3シリーズのみとしてロール保有量を少なくしたが、カリバ形状の工夫により、製品公差5.5±0.13mm、偏径差0.21mm以下(JIS規格±0.50mm、偏径差0.60mm以下)の高精度寸法の圧延を達成することができた(第2図、第3図)。

ブロックミル入側には、切断形状の良いロータリナイフ式フライングシャーを採用し、駆動方式は、切断長精度の良い直流モータのスタートストップ方式としている。また、高速切断での切断クロップの分離を確実にこなうため、ばね式ラインセレクトをシャーの前後に備えている²⁾。

ブロックミルで仕上げられた圧延材は、線材の誘導性、

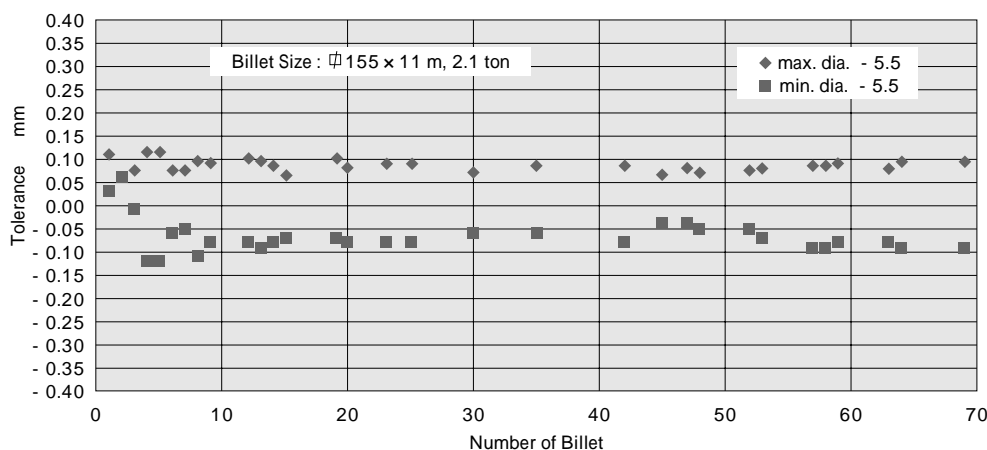


写真1 第二中間列(ハウジングレスミル)
Photo.1 No.2 intermediate mill train (housingless mill)

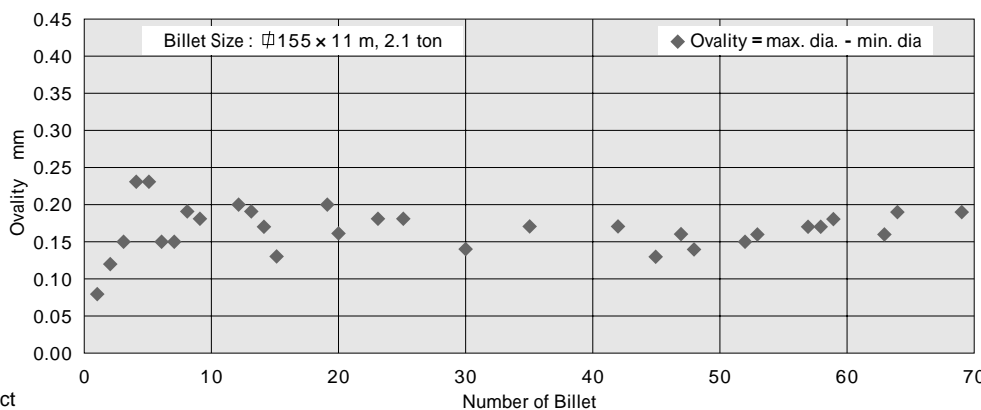
きず防止およびリング形状の観点から傾斜角10°の1ピースガイド式レイングヘッドを採用した。ガイドパイプは外径/内径=45/33mmの1種類のみとし、製品サイズによるガイドパイプ交換を不要としたが、ガイドパイプの曲げ形状、吐出角度の工夫により、5.5~16mmの全製品に対し、形状の良いリングを形成することができた。リング径は、コイル形成時に均一なリング散在性をえてコイル高さを低くすることができるように、比較的大きい1200mmとした。

機長50mのレイングコンベヤ上では、風量を鋼種、製品径に応じてブロウダンパによりコントロールし、冷却風吹出しスリット配置に工夫を加えたことにより、リング全体が均一に冷却されるようにしている。

コイルフォーミングは、2本のマンドレル旋回方式と



第2図 5.5mm 製品寸法公差
Fig. 2 Tolerance of 5.5 mm product



第3図 5.5mm 製品の偏径差
Fig. 3 Ovality of 5.5mm product

し、全製品サイズに対して 50 t/h・1 ラインの処理能力と
している。コイル形成時のリング落下距離を一定に保ち、
リング落下によるきずを防止し、またリングが均一に散
在するようにコイルプレート昇降式を採用している。散
在性の良い比較的大きいリング径 1200mm と昇降式
プレートの採用により、コイル高さを低くすることがで
きた。結束機は、ワイヤとフープの 2 種類が設置されている。

2) 操業性、保安全性

全圧延ミルに応答性の良い AC 可変モータを採用する
ことにより、安定した粗～第 1 中間列連続圧延と圧延速
度の速い第 2 中間列無張ループ制御圧延が可能となっ
た。その結果、初期ミルセットアップさえおこなえば、圧延中
の手動調整はほとんど不要であり、高度な運転技術がなく
ても操業可能となった。操作盤も必要最小限の操作器具類
とし、シンプルかつ操作性の良いものとなっている(写真 2)。

高生産性を維持するためには、設備の安定性はもとより、
ロール/ガイド交換などのダウンタイムの減少も重要
である。とりわけ、交換頻度の高い仕上列ブロックミ
ルでのロール/ガイド交換を短時間におこなう必要があ
る。今回開発した S-HUM は、その点を十分考慮した構造
・機構を採用している。従来型の HV 配列の場合、一側
面からの寄り付きであるため、スタンド間距離の短いブ
ロックミルではスペース上の問題により、隣接する 2 スタ
ンドのロール、ガイドを同時に交換することができな
かった。S-HUM は、隣接するスタンドを 45 度の X 型配置
とすることにより、両側面からの作業が可能となり複数
作業員による全スタンド同時のロール/ガイド交換作業
が可能となった。これにより、所要時間を、HV 配列にく
らべ、1/2 にすることができた。

また、詳細は、2 2 節で説明するが、ロール/ガイドの
交換は新規に開発した機構の採用により簡単、迅速、確
実におこなうことができるようになり、ここでも、熟練
操業者の高度な技術を不要とした。

2. 高速ブロックミル (S-HUM) の特徴

高速線材ミルの安定した操業には、熟練操業者の運転
および保全技術が必要とされてきたが、この点について
は容易性が求められている。また、いっぽうでは、さら
なる高速化による生産性向上はもとより、ブロックミル
での特殊鋼/超特殊鋼などの圧延鋼種拡大および品質向
上を目的とした低圧延が要求されてきている。この背



写真 2 運転操作室
Photo.2 Operating pulpit

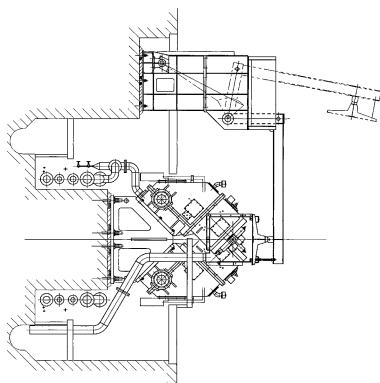


写真 3 仕上列 (S-HUM)
Photo.3 Finishing mill (S-HUM)

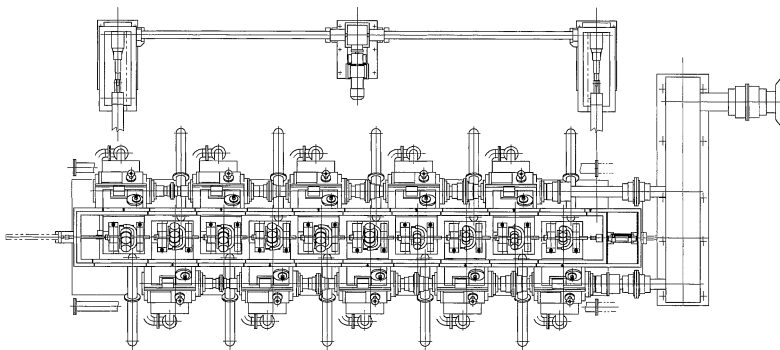
景から、容易な運転と保全技術かつ高速高負荷対応の高
剛性ブロックミルとして S-HUM を開発した(写真 3、第
4 図)。

2.1 スタンド構成

今回の設備では、6 台の 210mm スタンドと 4 台の
160mm スタンドの合計 10 台の構成としたが、S-HUM
の特徴として、210、160mm の各スタンドは、それが
組込まれるギアボックスを同一構造としているため、パ
ススケジュールに合わせて自由にスタンドを組み合わせ
ることができる。たとえば、納入時 210mm × 2 スタンド
+ 160mm × 8 スタンドであっても、予備スタンド(写
真 4)を準備すれば 210mm × 4 スタンド + 160mm ×
6 スタンド、または、210mm × 8 スタンド + 160mm



第 4 図 S-HUM スタンド配列
Fig. 4 S-HUM stand arrangement



×2 スタンドなど、スタンド構成を自由に変えることができる。将来の市況変化による鋼種変更、圧延諸条件の変更にも少ない投資での対応が可能である。また、将来の拡張設備としてサイジングミルと組み合わせると、全スタンドを 210mm とし、高品質、高精度の低温圧延にも対応することができ、また、より高剛性ミルの要求に対しては、ロールサイズ 210mm 以上のスタンドの設計も可能としている。

2.2 ロール/ガイド交換の容易性および安全性

仕上列（ブロックミル）では、サイズ替えによるロール/ガイド交換を、迅速におこなう必要がある。また、製品品質に大きく影響を及ぼす仕上列であるため、取付け不良による上下ロールのズレが出ないように正確さも必要である。圧延速度が速いため、ガイドとロールカリバとの心合せは非常に重要となってくる。ブロックミル内でのコブル発生は、この心合せ不良で起こるものがほとんどである。

いっぽう、この心合せは、作業者の長年の経験と勘に依るところが大きい。しかしながら、初めてブロックミルラインを導入するユーザではその技術がなく、設備立ち上げ後、安定操業に至るまで、かなりの年月を要しているのが実情である。この点に注目して S-HUM では、経験のない作業者でも当社考案の着脱装置³⁾により、工程を増やすことなくロールを迅速かつ正確に取付けられるようにした。

ガイドは、オフラインで光学心出装装置によりあらかじめ心合せ後、オンラインでウエッジクランプにて取付けられるようにした⁴⁾。これにより、オンラインでの心合せ作業は不要となり、確認作業も安全に容易かつ正確にできるようになった。また、ガイドローラ潤滑やガイド内冷却水配管は、ガイドセッティング時に自動接続され、オートカップラなどの配管接続作業が不要となり、接続ミスやカップラ損傷による潤滑不良に起因する設備休止がなくなるようにした。また、インタークーラ付ガイドも自動接続できる方式も準備している。この機構を採用することにより経験のない作業者でもロール/ガイド同時取付けおよび心合せは、5min/1 スタンド、取外し 2min/1 スタンドでおこなえる。これは、従来のブロックミルで熟練作業者がおこなうよりも早くかつ確実である。通常のロールだけの交換であればさらに時間短縮は可能である。

また、配管、ホース類は、一切ブロックミル内にないため、コブル発生時の損傷もなくなり、保全時間/費用の圧縮ができるうえ、コブル発生時の復旧作業も短時間で可能である（写真 5）。

2.3 スタンド交換および分解、組立

ブロックミルのロールネック軸受には、メタル軸受を採用しており、定期的交換が必要である。このブロックミルメタル軸受の保全は、安定して高生産性を維持するために重要な作業であるが、難しい作業でもあった。とくにブロックミルに採用されているメタル軸受は非常にデリケートで、その保全には長年の保全経験と熟練技術を有した特定の作業者が必要であった。

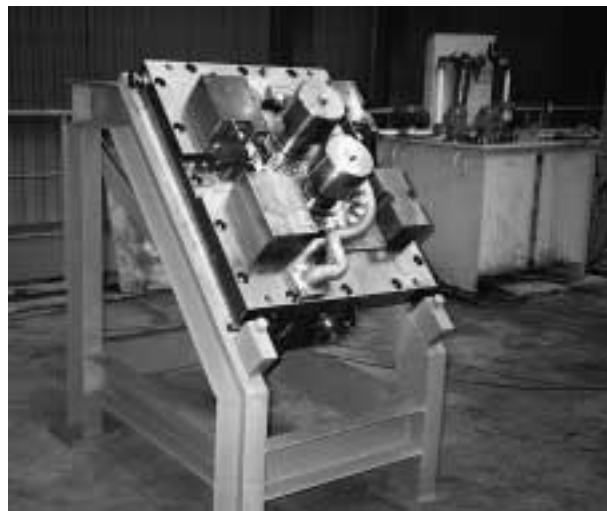


写真 4 S-HUM 予備スタンド
Photo.4 Spare stand of S-HUM



写真 5 ガイド取付け状態
Photo.5 Guide setting

S-HUM では、これら作業を当社考案の専用工具をもちいることで、オンラインでメタル軸受隙間を測定し寿命予測をおこない、スタンド交換および分解・組立を経験のない作業者でも確実にこなえるように設計した。また、スタンド交換後の圧延で取替えたスタンドが正常であることを確認し、メタル軸受のトラブルを未然に防ぐための軸受温度監視モニタを設置した。このモニタは圧延中のメタル軸受温度異常に対しての監視にも使用している。

2.4 低騒音

高速高負荷化にともない、とくにギヤ部での騒音/振動が問題になる。従来型では、各スタンドのギヤ比設定はベベルギヤセットでおこなっていたが、S-HUM ではギヤ比設定部にはヘリカルギヤセットを採用し、かつベベルギヤ部は低回転数となるようにした。ベベルギヤは、ヘリカルギヤにくらべ、製作難易度が高く精度が落ちるため、騒音/振動レベルが高くなるが、この構成としたことにより低騒音・低振動を達成している。さらに、ベベルギヤ部は、各スタンドとも共通化したことにより、ギヤ予備品保有量削減の効果もあげている。



写真6 S-HUM 実験機
Photo.6 Experimental S-HUM

2.5 メタル軸受の開発

高生産性と特殊鋼/超特殊鋼圧延および低温圧延対応の高速、高荷重用 210, 160mm ロール用メタル軸受を開発して採用している。開発にあたっては、圧延負荷装置を備えた実験機を製作し、工場内確証実験をおこなった(写真6)。実験では、各荷重/回転数でのメタル軸受内温度分布、給油量/圧力、軸変位、振動など軸受仕様決定に必要な挙動を測定して軸受の設計に反映した。また、模擬圧延条件(100s 負荷+5s 無負荷)での繰返し負荷による耐久試験もおこないメタル軸受の性能を確認した結果 第5図に示すような成果をえた。

(1) 210, 160mm スタンドともにロール磨却径時 140 m/s 以上を達成することができた。この時のロール回転数は次のとおりである。

- 210mm スタンドで 14 200rpm
- 160mm スタンドで 18 500rpm

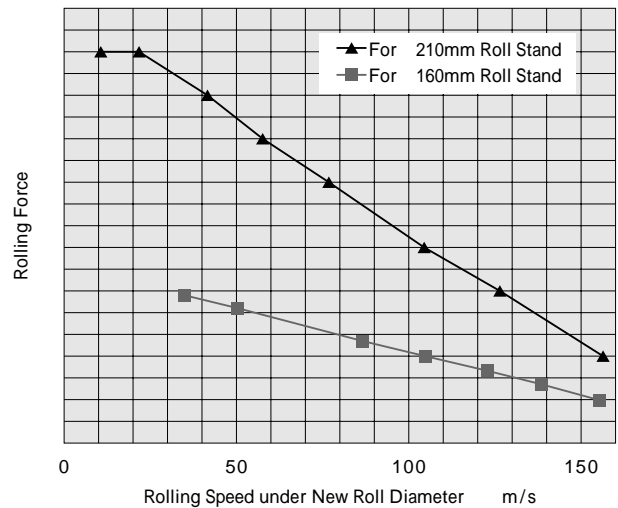
(2) 210mm ロール用メタル軸受は、高負荷である特殊鋼/超特殊鋼および低温圧延対応を可能とした。

本メタル軸受は今後のさらなる高速化による高生産性および圧延鋼種拡大、低温圧延への対応も十分可能となっている。

3. 設備立上げ

本設備は、1997年3月にホットランをおこない、試圧延に入った。試圧延時の設備立ち上げ記録を第6図に示す。試圧延は、通材性が比較的容易な 7mm 材とし、設計圧延速度 49m/s の70%の34m/s から開始した。粗列、第1中間列の連続圧延のミル速度調整をおこなった後、第2中間列のループ制御の調整および圧延速度100%の確認をおこなった。

試圧延開始後5日目に最小径の 5.5mm 圧延速度 80 m/s の圧延をおこない、要求性能を達成した。その後、全サイズの圧延を7日間という短期間で完了し、現在順調に生産運転をおこなっている。



第5図 メタル軸受性能曲線
Fig. 5 Performance curve of multi layer oil film bearing

Rolling Speed %	100			
	90			
	80			
	70			
	60			
Size mm	7	7	5.5	Other Size
Design Speed m/s	49	49	80	
Number of Billet	26	37	6	
Spent Days	1	3	1	7

第6図 立ち上げ記録
Fig. 6 Hot run record

むすび= 当社納入の高速線材設備の特徴と今回開発したS-HUMの特徴についてその概要を報告した。本稿に紹介した嘉益工業股份有限公司では、少ない投資で、高生産性/高品質の製品を前例のない短期間の立ち上げで生産を開始することができた。また、このことにより、今回開発したS-HUMが高い操業/保全技術を必要とする高速ブロックミルラインで十二分に性能を発揮できることが確認できた。今後この経験を踏まえ、さらに技術力の向上に努め、ユーザーニーズに対応できる設備技術、操業技術の開発に注力していきたい。

参考文献

- 1) 松宮克行ほか: R&D 神戸製鋼技報, Vol.35, No.2 (1985), p.87.
- 2) 西岡 豊: 神鋼テクノ技報, Vol.38, No.17 (1997), p.6.
- 3) 公開特許: 平 08-132037
- 4) 公開特許: 昭 60-15413