

(解説)

棒鋼用ブロックミル

Finishing Block Mill for Small Bar Lines



竹田康彦*¹
Yasuhiko TAKEDA



三谷友厚*¹
Tomoatsu MITANI

Finishing block mills, which require highly accurate parts/components with high end specifications, could so far have been produced and/or assembled by a few special manufacturers in Japan having advanced technology. We have revised the fabrication accuracy, components/parts composition, etc., and have developed a block mill for steel bars, which can be produced in outside Japan, for facilities rolling ordinary steel bars such as rebars. This paper introduces the features of Kobe Steel's wire-rod block mill with the high-speed specifications, as well as the changes and improvements made therefrom. Also introduced are a block mill for steel bar, a #1 unit, delivered to Korea in 2011 and a #2 unit, produced in India and domestically delivered in 2014.

まえがき = 近年、国内外の旧式の普通鋼棒線圧延設備に対してより高い生産性が求められるようになり、老朽化した設備の更新需要や既存設備の統廃合による新設需要が見受けられる。

普通棒鋼に対しては、当社は主に、材料を等分割することで生産能力を向上させるとともに、設備コストやランニングコストを低減できる4条スリット圧延技術¹⁾を開発し、対応してきた。しかし、それには高い操業技術と機器の微調整が必要であるため、圧延が容易なブロックミルによる圧延速度の高速化によって生産性を向上させる方式への更新要求もあった。

しかし、当社のブロックミルは高速仕様のブロックミルであることから、速度要求が比較的低い普通棒鋼向けではオーバスペックの高級仕様となり、価格競争力が低い。そこで、棒鋼圧延設備用に製作精度や部品構成を見直し、高速仕様のブロックミルの有効な機構・機能は残しつつ、低速で安価な普通棒鋼に最適なブロックミルを開発した。

本稿では、当社が開発した棒鋼用ブロックミルについて線材用高速ブロックミルからの改良点や納入実績について紹介する。

1. 線材用ブロックミルの特徴

複数台のコンパクトな圧延機を短い間隔で90度交互配置することにより、圧延材をねじることなく圧延できる圧延機をブロックミルと呼ぶ。線材圧延設備では1965年以降、生産性の向上を目的に高速のブロックミルが導入され、圧延速度の高速化が急速に進んできた。1965年以前の圧延速度は30~40m/sが限界であったが、ブロックミルの導入によって60~70m/sに高速化された。その後、1980年代には100m/s、1990年代初頭には120m/s、

そして1990年代後半には140m/s仕様のブロックミルも登場した。当社も1986年に100m/s²⁾、1997年に140m/sの高速ブロックミル³⁾を開発・上市した。(図1)

1.1 駆動系の共通化

ミスロールを防止するため、連続する圧延ロールの周速比、すなわち電動機の回転数比を一定に保つ必要がある。しかし、以前は電動機の回転数制御が所要精度に達しなかった。このため高速ブロックミルでは、複数の圧延機を1台の電動機で駆動する共通駆動方式とし、圧延速度比を機械的に一定に保つ設計となっていた(図2)。

1.2 滑り軸受の採用

当社はこれまで、圧延速度40m/s以下の設備においては転がり軸受を採用したブロックミルを数多くの納入してきた。しかしながら、圧延速度が100m/sを超える高速のブロックミルの場合、圧延ロール用軸受の回転数が10,000rpmを越えることになる。圧延ロールの軸径に対応する転がり軸受の許容限界回転数は3,000~4,000rpm程度であることから使用できない。

そこで当社は、高速ブロックミルのロール回転数と圧延荷重を調べた実験結果(図3)に基づいて高速・高負



図1 高速ブロックミル
Fig. 1 High-speed finishing block mill

*¹ 機械事業部門 産業機械事業部 重機械部

荷用の滑り軸受を開発し、高速用ブロックミルに採用した。この滑り軸受の技術は、線材高速ブロックミルだけでなく、今回開発した棒鋼用ブロックミルや中間列カンチレバーミルにも採用している。

1.3 回転バランスの調整

高速ブロックミルに使用される各駆動部品は、圧延速度の高速化に伴う振動を防止するため、釣合い良さ等級 (JIS B0905) がG1.0以下の高度な動バランス精度を必要とする (図4)。なお、最も主要な部品である歯車 (はずば歯車、かさ歯車) は高速回転であるため、動バランス精度だけでなく、ピッチ誤差や歯すじ誤差にも厳しい精度が要求される。

1.4 スタンド構成

さまざまなニーズに対応するため、φ210ロールスタンドとφ160ロールスタンドの取り付け時の歯車比とロール比を合わせることで、パススケジュールに応じた自由な選択・組み合わせができる (図5)。例えば、

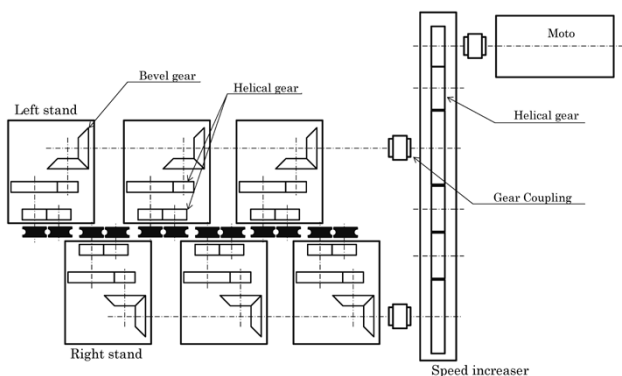


図2 高速ブロックミルの駆動系とギヤ構成

Fig. 2 Drive system and gear arrangement of high-speed block mill

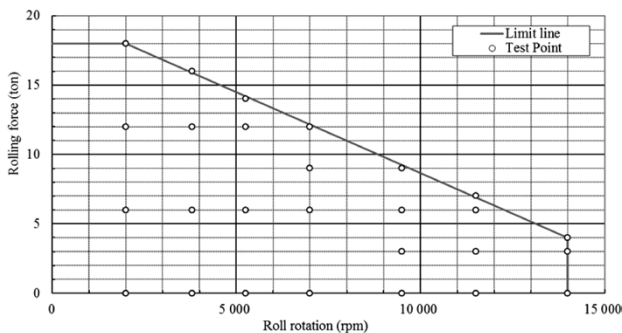


図3 高速ブロックミルのロール回転数と圧延荷重の関係

Fig. 3 Number of roll rotations and rolling forces of high speed block mill



図4 動的バランス試験

Fig. 4 Dynamic balance test

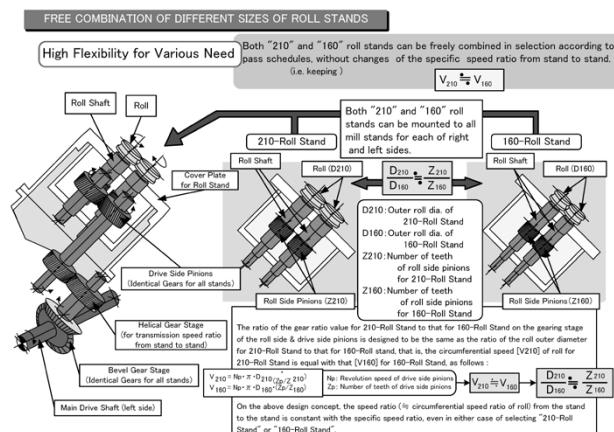


図5 圧延機のフリーコンビネーション

Fig. 5 Free combination of roll stands for block mill

φ210スタンド×6台+φ160スタンド×4台や、φ210スタンド×4台+φ160スタンド×2台など、さまざまな組み合わせが可能である。

2. 棒鋼用ブロックミル

本章では、当社が開発・納入した棒鋼用ブロックミルについて、開発の基本構成とした高速ブロックミルからの改良点を重点的に述べる。さらに、海外案件へも対応できるように、海外での製作も可能とすること念頭においた変更も並行して行った。

2.1 駆動系部品の見直し

棒鋼用に最適なブロックミルにするため、加工精度や動バランス精度など、駆動系の各部品を要求仕様に合わせてコストおよび汎用性を考慮して見直した。

2.1.1 釣合い良さの見直し

アンバランス量と使用回転数から発生する振動を部品ごとに推定し、経済的なアンバランス量を選定した。回転部品の不釣合い量は、回転数と釣合い良さから算出される偏心量と回転部品の重量との積として式 (1)、式 (2) で求めることができる。

$$\varepsilon = G / (2 \pi N / 60) \dots \dots \dots (1)$$

ε : 偏心量, G : 釣合い良さ, N : 回転数

$$Db = \varepsilon \times W \dots \dots \dots (2)$$

Db : 不釣合量, W : 回転部品重量

高速ブロックミルの不釣合い量と比較し、棒鋼用ブロックミルの不釣合い量が同等以下になる釣合い良さを算出し、回転部品の釣合い良さとした。

2.1.2 歯車仕様の見直し

歯車は高い精度で製作すればかみあいによる振動や騒音を防止できる。しかしながら、歯切り機械が制約される上に歯車メーカーも限定されるため、精度が多少悪くても振動と騒音が防止できる歯車精度を検討した。

駆動部の歯車構成として、高精度な歯切りが比較的容易なはずギヤが高回転になり、高精度な歯切りが困難なベベルギヤが低回転になるよう速比に振り分けた。

減速機は歯車のかみあいによる振動や騒音を予測することが困難であり、実機での運転結果が最も信頼できる。このため、既納設備から類似した使用条件の歯車を参照し、歯車の加工精度を選定した。その結果、歯切り

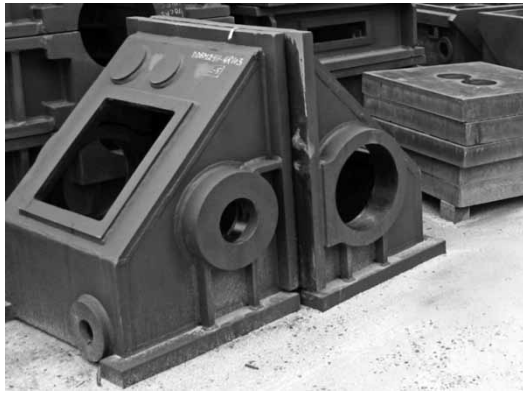


図6 ブロックミルの製缶ケーシング
Fig. 6 Can manufacturing casing of block mill

精度を最適化することができ、減速機メーカを自由に選択できるようになった。

2.2 海外での製作に向けた対応

棒鋼用ブロックミルを海外で製作するうえで問題となる事項について、製作事例を基に以下の見直しを行った。

2.2.1 ケーシングの製造方法

高速ブロックミルのケーシングは鋳造によって製造していた。しかしながら、鋳物は寸法不良や欠陥が介在するなどの製造技術に起因する問題がある。このため、鋼板を用いた製缶構造に変更した。(図6)

2.2.2 難加工部品の簡略加工化

ブロックミルの圧下装置は偏心スリーブ方式を採用している。偏心スリーブは外周の2箇所を偏心させた部品で、圧下調整をスムーズに行うために、2箇所の偏心量と偏心方向が一致するよう機械加工することが要求され、特殊な工作機械が必要である。また、製作された部品を検査し、図面寸法どおりに製作されていることを確認できることが重要である。そこで、工作機械の制約なく機械加工でき、検査にも使用できる専用治具を設計・製作し、第2号納入機に採用した。

3. 棒鋼用ブロックミルの納入実績

棒鋼用ブロックミルは、韓国向けと国内向けにそれぞれ各1台の納入実績がある。本章ではそれらの納入事例について概説する。

3.1 第1号納入機

韓国の某社に対して、将来の圧延速度アップと安定操業を目的とした仕上圧延機ブロックミル化を進めた事例である。2011年2月に稼働させた(図7)。

3.1.1 設備仕様

本機の仕様は下に示したとおりである。また、構成機器のレイアウトを図8に示す。

- ・数量：2ライン（6スタンド）
- ・形式：Xタイプノーツスト片持ミル
6スタンドを共通ベース上に45°傾けて交互に設置
- ・圧延速度：Max 45 m/s
- ・圧延サイズ：φ5.5～9.0 mm（コイル）
- ・鋼種：低炭素鋼，中炭素鋼

- ・ロール寸法：新製径φ215/廃却径φ195×幅80 mm
(2カリバ/ロール)
- ・ロール材質：タングステンカーバイト
- ・スタンド間：900 mm
- ・電動機：AC 1,300 kW（ベース回転数600 rpm/最高回転数900 rpm）
- ・ロール中心間距離：195～220 mm
- ・潤滑：低圧強制循環給油（軸受，歯面）
高圧強制循環給油（滑り軸受）

3.1.2 更新内容

水平圧延機（6台）を撤去し、クロップシヤ、チョッピングシヤ、ルーバ、棒鋼用ブロックミルを各2式と給油装置を新設した。

クロップシヤとチョッピングシヤは、ブロックミル入側母材の先後端不良部の切断とミスロール時のコブルカット（全長切断）を目的に設置し、ルーバは上流側圧延機との材の引張りを防止すること目的に設置した。

3.1.3 更新の結果

ブロックミルにしたことによってツイスト圧延が不要になり、ミスロールの発生頻度が減少した。更新前は2ストランド圧延のため、片ラインでミスロールが発生した場合でも正常に圧延しているもう一方のラインも巻き添えになって両ラインでミスロールが発生していた。しかしながら更新後は、片側のミスロールの影響を受けない。このため、片ラインでミスロール処理を行ないながらももう一方では操業運転を継続できるようになり、生産性が向上した。

現在の圧延速度は、ブロックミルの前後の設備が制約となってMax 40m/sで操業しているが、前後の設備を

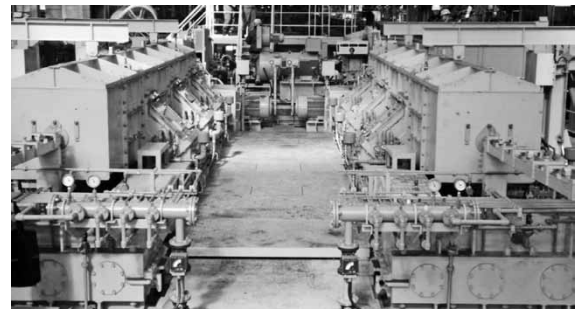


図7 棒鋼用ブロックミルの第1号納入機
Fig. 7 First delivered finishing block mill for bar

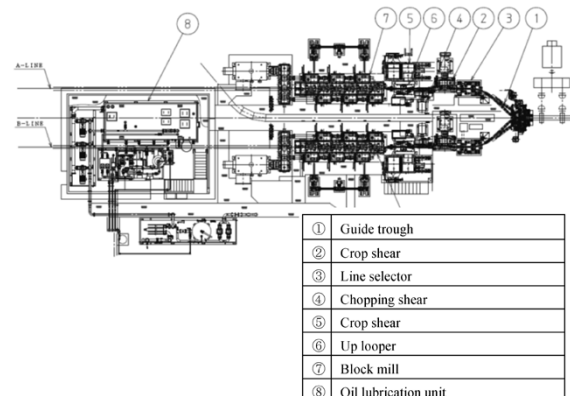


図8 第1号納入機のレイアウト
Fig. 8 Layout of first delivered finishing block mill for bar

更新すれば圧延速度は45m/sが可能となる。

3.2 第2号納入機

国内某社に対して、製品寸法の安定化を目的に仕上圧延機を棒鋼用ブロックミルに更新した事例である。2014年1月に稼働した(図9)。本機はブロックミル本体と分配減速機をインドで製作した。

3.2.1 設備仕様

本機の仕様は下に示したとおりである。また、構成機器のレイアウトを図10に示す。

- ・数量：2ライン(6スタンド)
- ・形式：Xタイプノーツイスト片持ミル
6スタンドを共通ベース上に45°傾けて交互に設置
- ・圧延速度：Max 23m/s
- ・圧延サイズ：D10, D13, D16
- ・鋼種：鉄筋コンクリート用棒鋼
- ・ロール寸法：新製径φ215/廃却径φ195×幅70mm
(2カリバ/ロール)
- ・ロール材質：タングステンカーバイト
- ・スタンド間距離：900mm
- ・電動機：AC 1,800 kW (ベース回転数1,350/最高回転数1,800rpm)
- ・ロール中心間距離：195~220mm
- ・潤滑：低圧強制循環給油(軸受, 歯面)
高圧強制循環給油(滑り軸受)

3.2.2 更新内容

水平圧延機(6台×2列)を撤去し、ピンチローラ、ルーパ、棒鋼用ブロックミルを各2式、および給油装置を新設した。設備レイアウトとして、上流側圧延機から離れており、さらにパスラインが90度曲がる配置のため、材料先端の搬送補助としてピンチローラを設置した。

3.2.3 更新の結果

第1号納入機と同様、ブロックミルにしたことによってツイスト圧延が不要となり、ミスロールの発生頻度が減少した。また、仕上圧延において材料テンションが一定になり、製品寸法が安定するようになった。さらに、設備設置面積の減少に伴って空きスペースが生まれ、そこに予備品を仮置きするなどによって工場内スペースが有効活用できるようになった。

3.2.4 海外製作

第2号納入機ブロックミル本体と減速機はインドにおいて製作し、完遂するために以下の対応を行った。

- 1) 部品図完成後、機械加工が制限される箇所や表面処理方法などについて、これまでの図面を基に製造担当者と綿密に打ち合わせ、図面検証を実施した。
- 2) 部品寸法や表面処理、回転バランス調整など、キーとなるすべての検査に当社検査指導員が立ち会い、指導を実施した。
- 3) 組立完了後、全ロールスタンドの無負荷試運転を実施し、メタル軸受を含む軸受の温度上昇や振動、騒音を測定し、異常がないことを確認した。

(図11)

- 4) 組立作業は当社製造指導員が立ち会い(図12)、組立手順や部品の組み合わせ、芯出し調整方法についてすべて指導した。

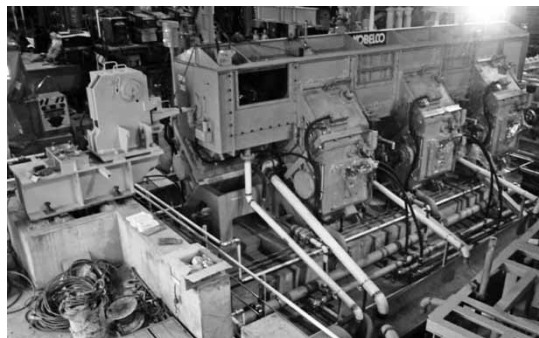


図9 第2号納入機

Fig.9 Second delivered finishing block mill for bar

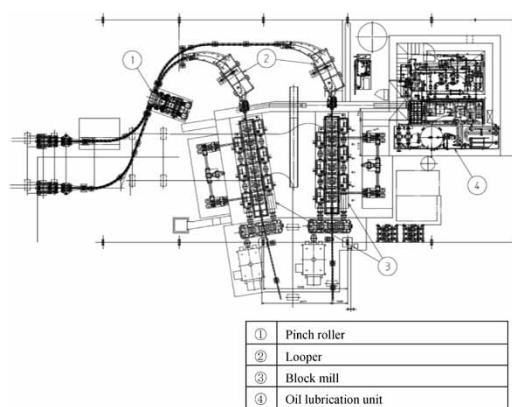


図10 第2号納入機のレイアウト

Fig.10 Layout of second delivered finishing block mill for bar

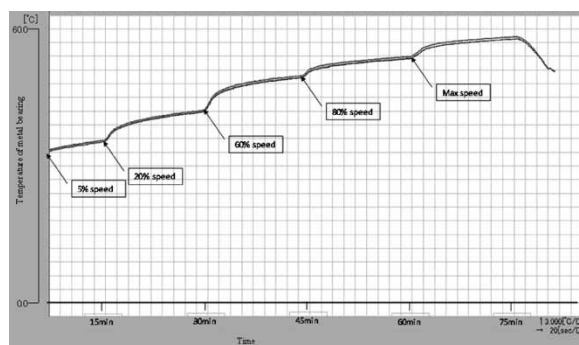


図11 ロール軸部滑り軸受温度

Fig.11 Temperature of metal bearing at roll neck



図12 組立指導

Fig.12 Assembling instruction of finishing block mill

むすび = 当社の棒鋼用ブロックミルを対象に、その技術と納入実績について解説した。納入した2社において、当社のブロックミルはその後も十分な性能を発揮しており、比較的低速の圧延設備においても有効な圧延機であることが実証された。

これらの実績を踏まえ、設備更新によって製品品質を改善する国内の案件や、経済成長によるインフラ整備が見込める東南アジアをはじめとする国々向け案件をター

ゲットに、さらなる受注を目指していく。

また、これらの経験を踏まえてさらなる技術力向上に努め、新たな設備技術の開発にも注力していきたい。

参 考 文 献

- 1) 森本剛司. R&D神戸製鋼技報. 1998, Vol.48, No.1, p.52-55.
- 2) 松宮克行ほか. R&D神戸製鋼技報. 1988, Vol.38, No.1, p.87-88.
- 3) 仲谷雅光. R&D神戸製鋼技報. 1998, Vol.48, No.1, p.49-50.