

鉄筋バーの4条スリット圧延設備と圧延技術

森本剛司

エンジニアリング事業部・製鉄・産機プラント技術部

Small Re-bar 4-Slit Rolling Technology and Equipment

Takeshi Morimoto

Multi-slit rolling has been developed in order to increase small Re-bar productivity and improve quality. Kobe Steel had developed and supplied 4-slit rolling technology and equipment in 1995, which was the first introduction in Japan. It has been difficult to maintain the quality of small Re-bar using 4-slit rolling on the cooling bed. However, a new type of cooling bed carrying equipment has been developed which can take bars one by one in a rake groove. As a result, our product quality satisfied the high product quality demanded by our Japanese customers.

まえがき = 鉄筋バー（異形棒鋼）の生産を主体とする圧延設備は、製品コストの低減のため、生産性向上、省エネルギーを要求されてきた。とくに細物鉄筋バー（D10～D16）は生産性が低く、圧延能力を向上するため圧延速度を上げると、操業安定性や品質が劣ってくる。1980年代はその解決手段として2条スリット圧延を導入する圧延設備が増加した。当社も1984年に2条スリットで国内最高の仕上圧延速度を有する圧延設備を開発・納入し¹⁾、以来、多くのスリット圧延設備を納入している。1990年代にはいり、鉄筋バー価格の下落で、さらなる製品コスト低減、競争力アップのための品質向上が求められている。

多条スリット圧延は、2条スリット圧延の生産性を超え、さらに製品コストを低減する手段である。当社は、1991年から開発に着手し、圧延工場での試圧延で技術確立した後、1995年に4条スリット圧延設備の1号機を納入した。とくに、品質にきびしい国内では初の4条スリット圧延導入である。

本稿では、当社が納入した4条スリット圧延の概要、圧延設備の特徴と導入効果とについて報告する。

1. 4条スリット圧延

1.1 スリット方式

細物鉄筋バーの圧延方法として、これまでもちいられてきた2条スリット圧延とは、圧延途中で圧延材を長手方向に2分割する方法である。分割には上下に引き裂く方法や、圧延ロールで圧延と同時に分割する方法などがあつたが、現在は第1図に示すようにスリットローラで左右に引き裂く方法がもっともよくもちいられている。

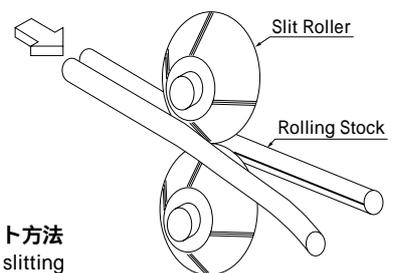
第2図(a)は、2条スリット圧延のパススケジュール例で、中間・仕上列の圧延途中材の断面形状を示している。スリットはK3出側でおこなわれる。4条スリット圧延とは、第2図(b)のように、K3～K2間で4条にスリットし、スリット後の2パス(K2、K1)で仕上げる方式である。K6から平圧延をくり返し、K4で浅いノッチをいれ、次のK3で深くノッチをいれる。K3では丸断面の4条の圧延材が薄い連結部でつながっている。

これを圧延機出側のスリット装置で4条に分割する。

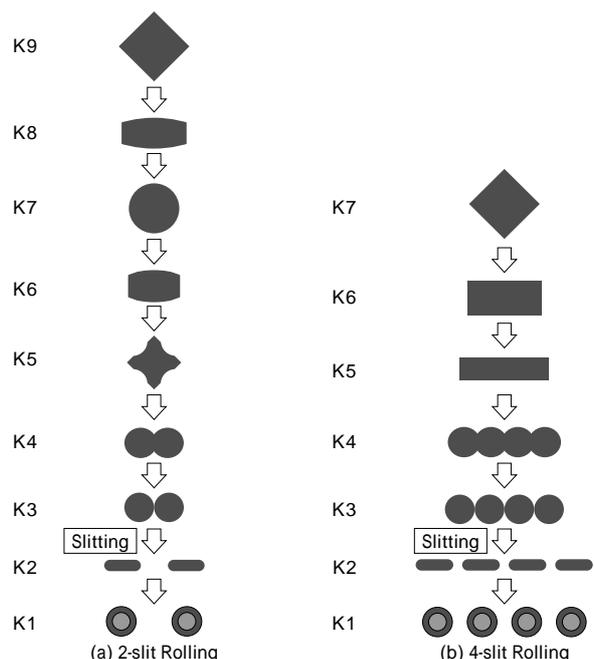
1.2 導入目的

1.2.1 圧延能力アップ

2条スリットでの直棒圧延の圧延速度は、製品サイズD10の圧延で仕上圧延速度25m/sが安定圧延の上限と考えられ、このときの圧延能力は約80t/hとなる。これ以上圧延速度を上げると、製品の品質低下（曲がり、表面性状）やミスロール率増加など、操業安定性が劣ってくる。いっぽう、太物の圧延能力が80t/hをこえるのは



第1図 2条スリット方法
Fig. 1 Method of slitting



第2図 パススケジュール
Fig. 2 Pass schedule

容易であるため、2条スリット圧延での細物圧延能力(D10, D13)が太物より劣っている場合が多い。しかし、製鋼で造った鋼片を熱間のまま圧延するホットチャージやダイレクト圧延を採用し、製造コストを下げるには、細物から太物まで同等の圧延能力が要求される。これを解決する方法は、速度アップか多条スリット圧延のいずれかであるが、速度アップは限界であるため多条スリット圧延が有効とされている。当然のことながら、4条スリットでは、同じ仕上圧延速度で2条スリットの2倍の圧延能力がえられる。

1.2.2 品質向上, 生産性向上

4条スリット圧延を導入することで、従来の圧延能力を維持しつつ仕上圧延速度を半分にもできる。前述のように、D10の仕上圧延速度は25m/s程度が限界とされているが、そのような高速圧延では製品の温度が高くなり、二次スケールの増加、冷却床へ取込時の曲がり、ねじり、キズの発生をある程度覚悟しなければならない。4条スリットを導入し圧延速度を下げれば、これらの問題を解決することができる。

また、圧延速度の低下はミスロール減少や、急激な作動をする冷却床取込装置(ブレーキ部やリンク機構の支点部)の機器寿命が伸びて、メンテナンス費用および時間の削減、生産性向上にも寄与できる。

1.2.3 省エネルギー

2条スリット圧延に比べ圧延機台数を2台削減でき、電力原単位やロール原単位が向上する。また、既存の圧延設備で圧延機台数が不足して2条スリット圧延では細物を生産できない場合にも、圧延機を増やさず、細物圧延を可能にすることができる。

1.3 製品単重およびその調整

スリット圧延では、製品単重がほぼ均等であること、すなわち、スリット後の圧延材の各断面積が均等になっていることが必要とされる。2条スリット圧延の場合は、左右均等になるよう分割の位置を調整するだけであり、比較的容易におこなうことができる。4条スリット圧延の場合は、管理する製品が2倍になるが、中央2条の製品は分割位置に関係なく一定であるため、中央2条が決まればあとの調整方法は2条スリット圧延と大きく変わらない。4条スリット圧延における製品単重の調整方法を第3図に示す。基本的にはK3の寸法が適正であれば所定の製品単重がえられるため、まずK3のロール間で中央2条の単重を管理する。両端の2条はK3より上流での調整となり、つぎのケースが考えられる。

1) 両端とも単重が重いとき

この場合はK7を圧下し、K4に入る圧延材の断面積を小さくする。

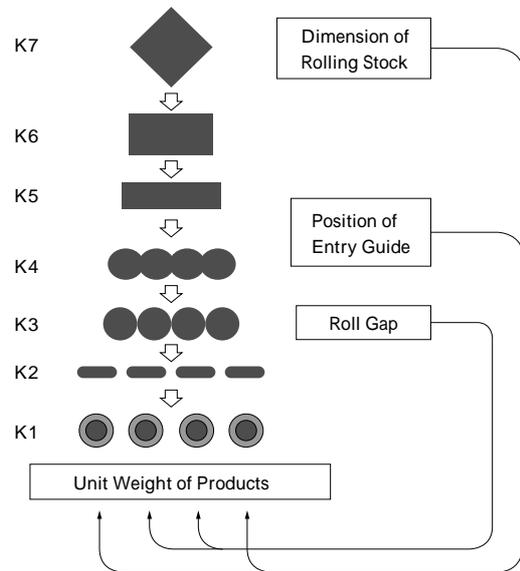
2) 両端とも単重が軽いとき

この場合は、逆にK7のロール隙を広げ、断面積を大きくする。

3) 片側の単重が重く、反対側が軽いとき

K4の圧延機入口ガイドの位置を単重の軽い側にシフトさせ、K4の断面形状を左右対称にする。

以上の方法で2条スリット圧延時の分割ばらつきと同



第3図 製品単重の調整方法

Fig. 3 Method of adjustment for unit weight of products

第1表 設備主仕様

Table 1 Mill specifications

Type of Mill	Fully Continuous Type Hot-charged Directly from Continuous Casting Machine
Product Size	D10 ~ D25
Rolling Method	D10 4 slit Rolling D13 ~ D16 2 slit Rolling D19 ~ D25 1 strand Rolling
Rolling Capacity	80t/h
Billet	120sq. x 6 700mm, Mass 750kg
Rolling Speed	D10 12m/s D13 15m/s
Rolling Mill	<ul style="list-style-type: none"> • Roughing Train Horizontal Stand x 6 Vertical Stand x 2 • Intermediate Train Horizontal Stand x 4 • Finishing Train Horizontal Stand x 4 Total: 16 Stands
Cooling Bed	Rake Type: 9w x 105/m
Mill Motor Capacity	DC 10 650kW

レベルの調整が可能である。

2. 4条スリット圧延設備の概要

1995年9月三興製鋼(神奈川県平塚市)に国内初の4条スリット圧延設備を納入した。同社には1984年に2条スリット圧延を採用した鉄筋バー圧延設備を納入しており¹⁾、この設備を改造して4条スリット圧延を導入したものである。以下に、その仕様と特徴を述べる。

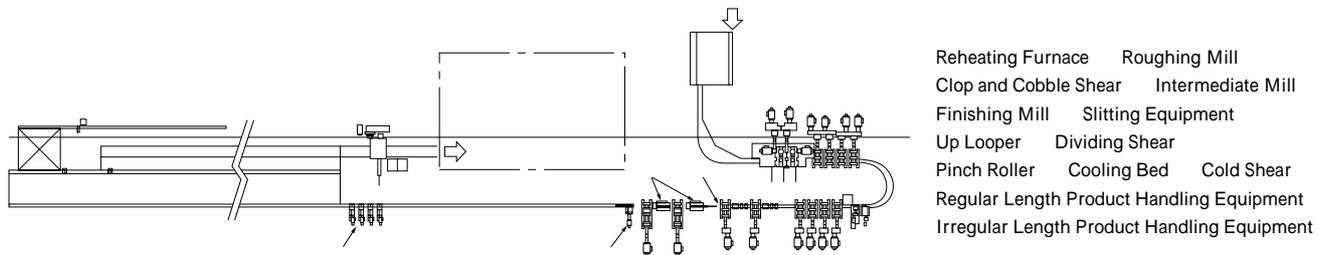
2.1 設備仕様

第1表に設備主仕様を示す。

2.2 特徴

本設備は、圧延能力を既設設備と同等とし、仕上圧延速度を半減させることによる品質向上および電力原単位向上を目的として4条スリット圧延を導入した。したがって、製鋼~粗圧延と冷却床出側~精整設備については、4条スリット圧延のための大きな改造はしていない。圧延ラインのレイアウトを第4図に、仕上圧延機列の圧延状況を写真1に示す。

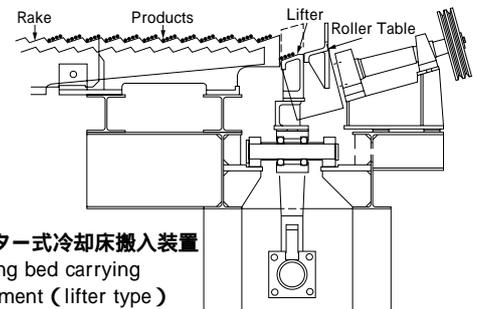
4条スリット圧延のために導入した機器は、以下のと



第4図 三興製鋼(株)圧延ラインのレイアウト
Fig. 4 Layout of Sanko Steel Co., Ltd.



写真1 仕上圧延機列の圧延状況
Photo.1 Scene of rolling at finishing mill train



第5図 リフター式冷却床搬入装置
Fig. 5 Cooling bed carrying equipment (lifter type)

るが、冷却床への搬入は、第5図に示すようなリフタ方式をもちい、4条をまとめて冷却床レイク溝に取込んでいた。この方式では、取込時に製品が綾になったり、冷却床上で両端2条が先に冷えるため、熱収縮で中央2条の製品を曲げてしまうなどの問題があった。

当社が開発した搬入装置は、レイク1溝ごとに製品を1本ずつ取込むことができ、4条スリット圧延の製品品質が格段に向上した(写真2)。第6図に搬入装置の断面図(搬入過程図)を示す。基本構造は、2条スリット圧延用細物搬入装置と変わっていないが、4本の受取りアームに設けた搬入溝を1溝から2溝に増やしている。圧延材の冷却床への払い出しは、受取りアームの動作を2段階作動として、落下のタイミングを調整しているのが特徴である(特許出願中³⁾)。たとえば溝 A1・B1・A3・B3に先行材を搬入し、溝内で停止後A1・A3が先に落下する。着地と同時にレイクを作動させ2溝分材を送り、アームに残ったB1・B3の圧延材を落下させる。後続材は、分割シャワー後面でラインを切り換えて溝 A2・B2・A4・B4に搬入する。これらも同様に冷却床に取込まれる。アーム部の溝からレイク溝までの落下距離が長くなれば、落下時の衝撃で曲がりや溝ずれが発生しやすくなるが、この方式は、従来の2条スリット圧延時と落下距離も変わらず、落下曲がりなど品質が悪くなることはない。

2.4 操業実績

本設備を導入するまで、三興製鋼(株)の既設設備で数回4条スリットの圧延テストを実施し、パススケジュールおよびカリバ形状の確認をおこない、その過程で圧延従事者に調整技術を十分に指導した。その結果、4条スリット圧延の操業立ち上げはきわめて順調で、ホットランテスト翌日から生産運転を開始することができた。以下に操業状況およびデータを示す。

2.4.1 電力原単位

D10の4条スリット圧延時と導入前の2条スリット圧延時との電力原単位実測値を第7図に示す。電力原単位は、2条スリット圧延時に比べ9%程度向上してい

おりである。

1) スリット装置

スリットロールを組合わせて、2段階で4条に分割するスリット装置を設置した。

2) 仕上列アップルーバ

スリット後の2パスで4条同時にループ制御をおこなうため、4条アップルーバを設置した。

3) 分割シャワー

仕上圧延機を出た4条の製品を広幅のブレードで同時に分割カットする。細物切断では上下刃の隙間管理が重要になり、隙間が広がると分割できなくなる。そこで、広幅、高荷重でも刃隙間の変化が少ない高剛性シャワーを設置した。

4) 冷却床搬入用ピンチローラ

分割カットされた圧延材を冷却床へ送り込む装置である。冷却床に搬入する際、ライン内で減速・停止させるが、後続材は追突しないように別ラインを搬送させる。そのため、搬入ラインは8ライン必要になり、ピンチローラも8台必要になる(2条スリット圧延では4ラインで4台設置)。スペースの制約上2台を上下に配置したピンチローラを各4台設置した。

5) 冷却床搬入装置

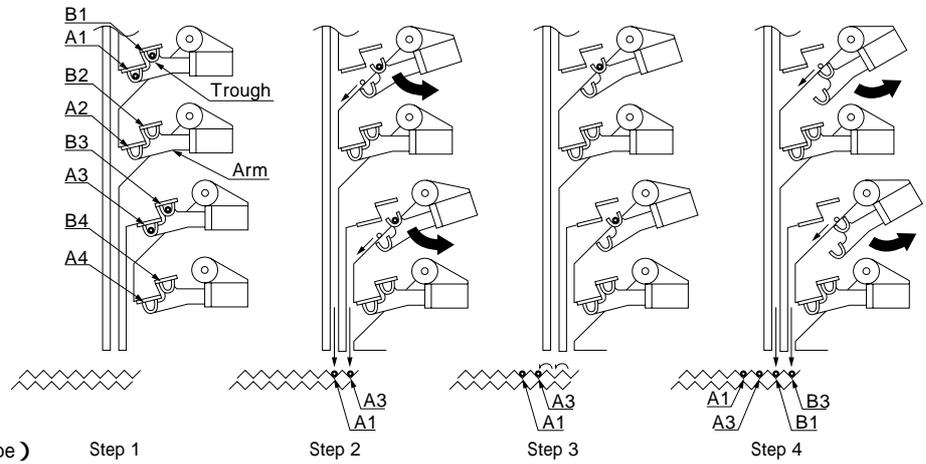
次節で紹介する設備を設置した。

6) 各誘導装置

パススケジュールに応じて圧延ラインの誘導装置を交換する。本設備では、粗列のパススケジュールを全サイズ共通にして、サイズ替えは中間、仕上列の組替えのみで対応できるようにした。

2.3 冷却床搬入装置

これまで4条スリット圧延は海外で導入された例はあ



第6図 冷却床搬入過程図(新方式)

Fig. 6 Bar feeder action (developed type)



写真2 冷却床および冷却床搬入装置

Photo.2 Cooling bed and cooling bed carrying equipment

る。なお、本設備では D13 との粗列パスの共用化を図ったため、パス回数 14 パスでも可能なところを D13 と同じ 16 パスで圧延している。14 パスとすれば、2 条スリット圧延時に比べ計算上 12.5% 程度向上する。

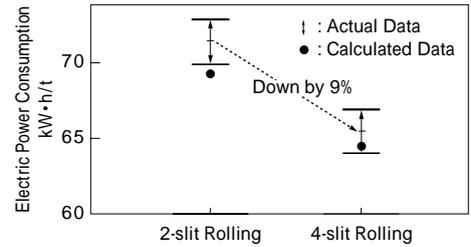
2.4.2 圧延温度

4 条スリット圧延を導入して圧延速度を下げると、圧延途中材の温度上昇が少なくなり仕上温度を下げるができる。第 8 図に圧延温度の計算値を示す。2 条スリット圧延時に比べ、中間・仕上列で圧延温度が低下し、仕上圧延機出側で 40℃以上低下している。実操業でも、二次スケールが減少し、表面性状は導入前に比べ格段に向上した。

2.4.3 生産性

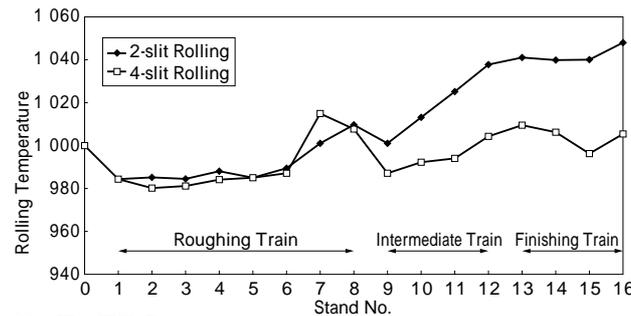
4 条スリット圧延を導入した結果、仕上圧延機出側から冷却床の間のミスロールは皆無に近いほど減っている。2 条スリットでの高速圧延時には、仕上圧延機出側以降の圧延材の誘導に細かな調整が必要であったが、圧延速度を半減させることにより安定した誘導ができるようになった。

冷却床搬入装置やピンチローラは、寿命が長くなり、メンテナンス頻度が減っている。ピンチローラは、2 条スリット圧延時には数カ月ごとにメンテナンスを必要としていたが、4 条スリット圧延導入後は約 2 年間メンテナンスフリーできている。冷却床搬入装置においても、これまで数カ月～1 年で交換していたピン、ブッシュ、ブレーキシューを現在まで一度も交換せずに使用している。材料通過部は、材料との接触で発生する火花などによる付着物が堆積すると操業に支障がでる。2 条スリッ



第7図 電力原単位比較(ミルモータ電力)

Fig. 7 Comparison of electric power consumption for mill motor



第8図 圧延温度比較

Fig. 8 Comparison of rolling temperature (calculated data)

ト圧延時は、半年に 1 回は手入れが必要とされていたが、4 条スリット圧延導入後は速度が下がったために火花が発生せず、手入れの必要が皆無となっている。

むすび=4 条スリット圧延は、細物鉄筋パー圧延の省エネルギー、品質向上の両面で 2 条スリット圧延にくらべて非常に有効な手段であることを実証することができた。とくに、冷却床へ 1 本ずつ分離して取込むことが可能になり、これまで課題とされてきた品質の低下を解決することができた。

今後は、スリット圧延の経験のない鉄筋パーメーカーにも受け入れられやすくするため、圧延調整技術の簡素化および操業を補助する付帯機器の開発に努め、国内外に広く普及させていく所存である。

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.58.
- 2) 公開特許：特開平 8-224610