

3方ロール圧延機による超精密圧延技術

High Precision Rolling Technology by 3 Roll Block Mill

(株)神戸製鋼所神戸製鉄所 小林敏彦・和田 栄*・白井正明

1. 緒言

近年、ユーザーでのコストダウン、工程省略への指向は益々強まってきており、素材に対する要求も一段と厳しくなっている。寸法精度に関しても Fig.1 に示されるように、精密圧延（公差 $\pm 0.20\text{mm}$ ）から超精密圧延（公差 $\pm 0.10\text{mm}$ ）と高度化しつつあり、適用鋼種・サイズとも増加傾向にある。

このような状況下、ユーザーの要求に応え、安定的に精密圧延を大量生産するため、弊社棒鋼工場に3方ロール圧延機を導入し、更に改良を加えることにより、超精密圧延技術を確立することができた。

以下に、その概要を報告する。

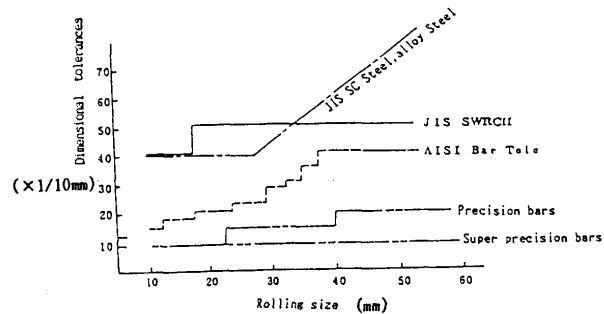


Fig.1 Comparison of dimensional tolerances of JIS, AISI bars and precision bars

2. 3方ロール圧延機の概要

3方ロール圧延機は、3個のロールを1セットとする数台のスタンドから構成されるブロックミルであるが、圧延特性に於いて、従来の2方ロール圧延機と比べ、以下の特徴を有している。

— 幅広がり小さく、延伸性に富む。その結果、鋼種、温度、ブロック入側断面積変動による幅広がり変動が小さいため安定した寸法が得られる。(Fig.2)

— スタンドにロールを組み込んだまま孔型切削を行い、またブロックごと孔型交換を行うことから、孔型段取時間が短く、中間寸法への対応が容易である。

当製鉄所棒鋼工場に導入した3方ロール圧延機の主仕様を Table.1 に示す。

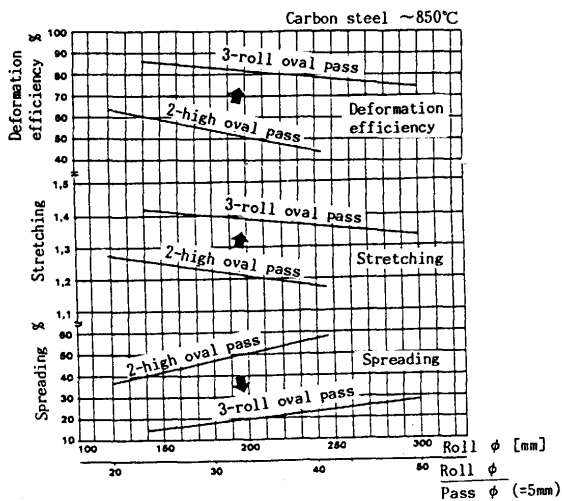


Fig.2 — Influence of 3-roll and 2-h rolling conditions on deformation characteristics.

Table.1 Main Specifications of 3-roll block mill

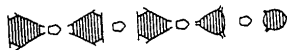
Item	Main Specifications				
Manufacturer	KOCKS(Germany)				
Type of stands	3-roll block mill with adjusting mechanism				
Roll	- Outer diameter : $\phi 530\text{mm} - \phi 500\text{mm}$ - Width : 90 mm - Material : ductile cast iron				
Number of stands	5 units (#17-#21 std)				
Motors	Mitsubishi Electric #17-#19: 1350 kw $\times$ 2 (500/1350 rpm) #20: 1600 kw $\times$ 1 (600/1320 rpm) #21: 1350 kw $\times$ 1 (500/1100 rpm)				
Reduction ratio	#17	#18	#19	#20	#21
	2.625	2.130	1.817/1.711	1.817/1.711	1.457/3.103
Stand interval	800 mm				
Stands changing car	Cable Type car : 2 units for rolling 1 unit for trough				
Max. rolling speed	20 m/s				
Product size	Rolling mode: $\phi 17 - \phi 68$				

3. 3方ロール圧延機による圧延方法

3方ロール圧延機には通常の圧延用として用いられるローリングモードと超精密圧延を主体としたサイジングモードと称する2種類の圧延方法がある。

それらの特徴、得失を Table. 2 に示す。

Table. 2 Comparison between Rolling mode and Sizing mode

	Pass Schedule	Cross Sectional Reduction	Dimensional Tolerance of Manufacturer's Specification
Rolling mode	 • Flat passes are adopted.	• High reduction • Many sizes can be produced with one entry-bar by selecting number of stands and adjusting roll gap. ⇒ All sizes are produced with a few entry-bars.	• AISI Bar Tolerance - ex. $\phi 20 \pm 0.2\text{mm}$
Sizing mode	 • Each pass is nearly round.	• Low reduction • Basically one size is produced with one entry-bar. ⇒ Many entry-bars are necessary to produce all sizes.	• High precise tolerance - ex. $\phi 20 \pm 0.1\text{mm}$

4. ローリングモードに於ける寸法精度の向上

当工場3方ロール圧延機ではローリングモード、サイジングモードとも使用可能であるが、サイジングモードを使うためには仕上丸に応じたブロック入側丸を準備せねばならず、入側丸用2方ロール圧延機段取りと仕上丸用3方ロール圧延機段取りを同時に行う事になるため、整備作業負荷は膨大なものとなる。これを回避し、迅速かつ容易にローリングモードで超精密圧延が実施できるよう以下の改善を図った。

4-1. 圧延機組立に於ける改善

① 光学投影装置によるロール組立精度確認

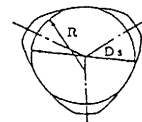
組立られたロールが正しく圧延機センターラインにあることを確認するため、5倍拡大の光学投影装置を導入した。この結果、ロールずれは0.05mmから0.02mm以下へと改善された。

4-2. ロールの改善

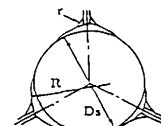
① 孔型改造

従来のローリングモードパスでは、仕上丸前パスには比較的大きな曲率Rが採用されていたが、仕上丸孔型内のロール隙部での形状が扁平になりやすいことから曲率Rを小さなものに改善した。

また、仕上丸パスにおいても、真円度を向上させるべく、曲率Rをより小さなものに改善した(Fig. 3)。



	Ds	R
standard pass	57.83	71.00
improved pass	57.30	45.50



	Ds	R
standard pass	58.47	29.51
improved pass	58.40	29.20

Fig. 3 Improvement of passes

② ロール硬度アップ

短時間でロール加工を行うため従来は硬度Hs 63のダクタイルロールを使用していたがロール切削工具のセラミック化等の改善により、硬度Hs 70のダクタイルロールへと変更し、耐磨耗性を向上させた。また、同時にロール冷却水パイプの水噴出孔をスリット孔+丸孔型式に改造し、ロール冷却効率を向上させた。これらの改善により、ロール磨耗は、0.1mm/250tonから0.1mm/300tonへと向上した。

4-3. 付属品の改善

① ローラーガイド ローラーホルダー改造

従来はガイドローラーとロールの中心間距離が170mmと長く、熱鋼捻転が発生しやすかったことから、ローラー径を $\phi 100$ から $\phi 70$ へと小径化しホルダーを延長することにより、中心間距離を150mmへと、より咬込点に近付けた(Fig.4)。この結果、ガイドでの熱鋼捻転、振れによる不良はなくなった。

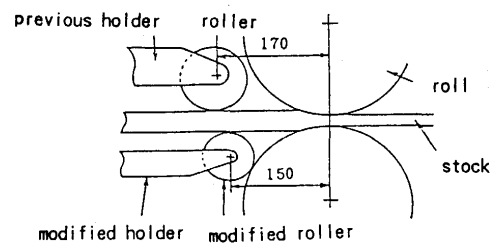


Fig.4 Modification of roller guide

4-4. ロール加工に於ける改善

① ロール加工時に於ける圧延機のヒートアップ

3方ロール圧延機では圧延機にロールを組込んだ状態でロール加工を行うが、ロール加工時と圧延中の圧延機内温度が異なるとロールシャフトの熱膨張(伸び)によりロール位置ずれが発生し、製品寸法形状に悪影響を及ぼす(Fig.5)。これを防止すべく、ロール加工前に圧延機ハウジング内に圧延ラインで使用されている潤滑油(油温 40 ~ 50°C)を循環させ、内部を圧延時の温度近辺まで上げた状態で、加工を実施する方法を適用した。これにより、0.02 ~ 0.03mm生じていたロールずれを解消することができた。

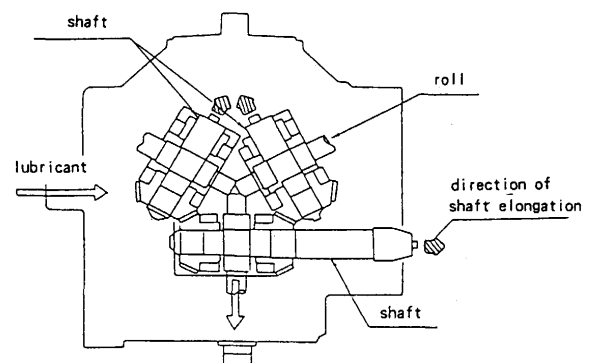


Fig.5 Shaft elongation in stand housing

② ロール面取り加工精度向上

仕上丸孔型のエッチ部にはコーナーRが加工されているが、その位置が所定の位置よりずれて加工された場合、切込み不足や孔型面内段差状疵を残し、製品不良を招く事になる。この対策として、従来はセンサーにて孔型内の3点を測定しコーナーR位置の計算をさせていたものを、左右のロールフランジ部の測定2点を追加し、エッチ部の位置検出精度を向上させた。

(Fig.6)

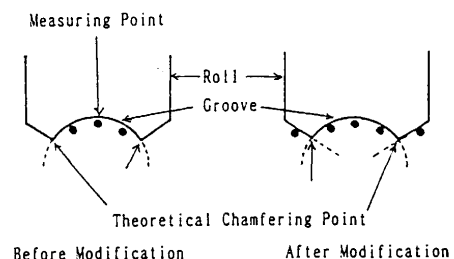


Fig.6 Modification of NC Turning Lathe Program

4-5. その他の改善

① 圧延機使用台数見直し

3方ロール圧延機では1つのブロック入側丸から圧延機を2~5台使用する事により多くの製品を圧延する事ができるが、使用圧延機台数替わり時の一部のサイズにおいて寸法形状が不安定であったため使用台数の見直しを行った。Table.3 に ブロック入側丸 $\phi 57$ に於ける圧延機使用台数見直し例を示す。

Table.3 Modification of stand allocation in $\phi 57$ entry-bar

		5 stands	4 stands	3 stands	2 stands
size range	previous allocation	$\phi 35.5$ to $\phi 39.7$	$\phi 39.8$ to $\phi 44.3$	$\phi 44.4$ to $\phi 47.8$	$\phi 47.9$ to $\phi 52.4$
	modified allocation	$\phi 37.0$ to $\phi 39.0$	$\phi 39.1$ to $\phi 43.0$	$\phi 43.1$ to $\phi 48.0$	$\phi 48.1$ to $\phi 52.0$

5. 寸法精度実績

Fig-7 に $\phi 58.0$ の改善前と改善後の寸法実績を示す。
上記改善により、圧延モードを用いて超精密圧延レベルの寸法精度が得られるようになった。

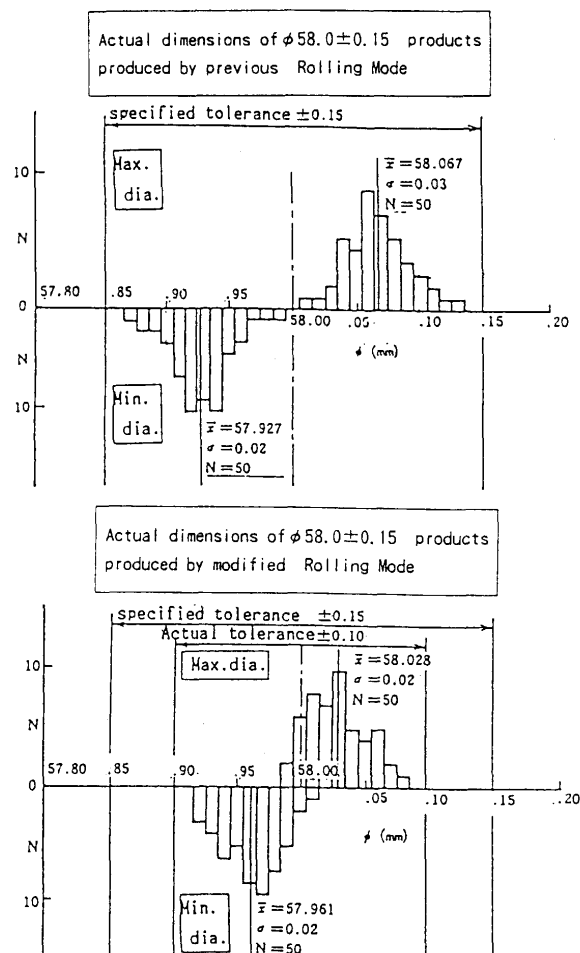


Fig.7 Actual product dimension

6. 結言

3方ロール圧延機圧延モードにおける寸法精度向上活動を実施し、圧延モードにおいても超精密圧延が実施可能となった。これにより現在コスト増、生産性低下、要員増をすることなく精密圧延を生産している。今後もユーザーの要求は高まっていくものと考えられることから、更なる寸法精度向上技術の確立が重要課題である。

(参考文献)

- ・ W.-Jurgen Ammerling and Hans Brauer : Application of 3-roll technology for rolling specialty rod and bar products , (1988) p.23