

特殊鋼における棒鋼精密圧延技術

桑名 隆*・平林 正之*²

1. 緒言

自動車、ベアリング、建設機械等に使用される特殊鋼棒鋼では、近年、二次加工でのコストダウンを目的として、切削工程、引抜き工程の省略、および熱間鍛造から冷間または温間鍛造化が推進されている。鋼材メーカーに対するユーザーニーズは、用途に最適な外径寸法を有し、表面きず、脱炭および曲がりの保証がなされた鋼材の納入である。

本報では、当社第2棒線工場における精密圧延の概要と寸法精度の改善事例、およびユーザーでの採用事例について紹介する。

2. 精密圧延の概要

2.1 設備概要

当社第2棒線工場のレイアウトをFig. 1に示す。圧延機は、粗列8基、中間列6基、仕上列6基のH-V、V-H (H: Horizontal, V: Vertical) の2ロール圧延機に加え、仕上列後方にはドイツKOCKS社製の3方ロール、3スタンドのサイジングブロックミル (PSB: Precision Sizing Block Mill) を採用し、精密圧延材の製造を行っている。Fig. 2にPSBの外観を示し、Table 1に圧延機の仕様を示す。

PSB圧延の特徴としては以下の4点があげられる。

1. ミル剛性が2ロール圧延機に比べ高い。
2. 2ロール圧延に比べ圧下に伴う幅広がり率が小さく、真円度の高い製品を得るのに有利である。
3. ロールをスタンドにセットしたままカリバー切削を行うため、一般の2ロール圧延機に見られる組み込み誤差が生じない。

4. 非調整式スタンドなので調整者の技量に伴う寸法変動が極めて少ない。

現在、PSBでリダクション4～10%のサイジング圧延を行い、最高±0.1mmの寸法精度を得ることができる。

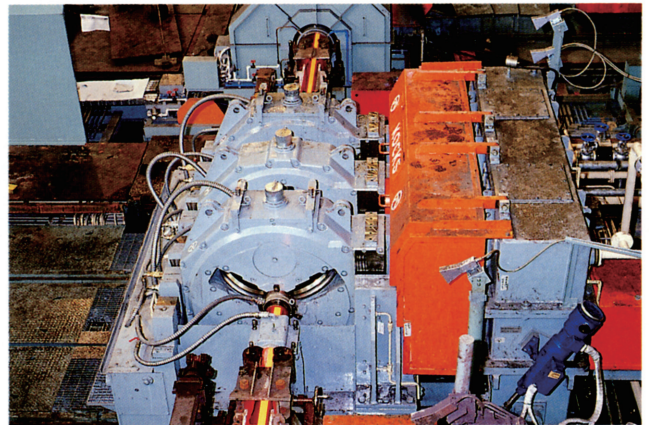


Fig.2 Appearance of precision sizing block mill.

Table 1 Specification of precision sizing block mill.

Product Size	φ14～90
Roll Size	φ530×90×3
Rolling Speed	max.18m/sec
Motor	DC 600kW
Roll Adjustment	Non-Adjustable

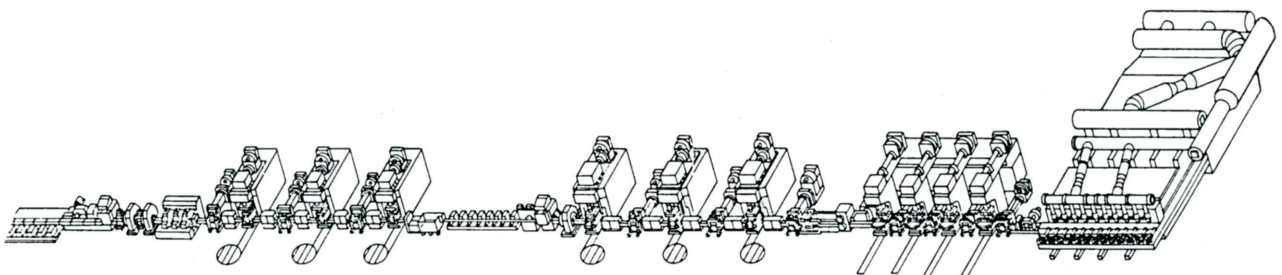


Fig.1 Layout of No.2 bar and wire rod mill of Sanyo Special Steel.

* 条鋼製造部条鋼技術チーム
* 2 条鋼製造部棒鋼線材課 (現営業生産一貫システムプロジェクトチーム)

2・2 操業概要

第2棒線工場では、月間2サイクルの圧延を実施しており、外径14mm～85mmの棒鋼およびバーインコイルは全量PSBによるサイジング圧延を行っている。月間の外径寸法別圧延サイズ数をTable 2に示す。

PSBスタンドは1サイクル圧延で3セット使用を原則とし、圧延寸法に適應した専用カリバーを寸法毎に切削している。スタンド使用方法の概念をFig. 3に示す。1回当たりのスタンドチェンジに要する時間は4分であり、最小0.4mm、最大2.5mmの寸法範囲について、同一2ロール圧延母材からPSBのスタンドチェンジのみで圧延が可能である。

Table 2 Amount of size corresponding to product size ranges.

Product Size(mm)	Amount of size
$14 \leq d \leq 20$	19
$20 < d \leq 30$	48
$30 < d \leq 40$	52
$40 < d \leq 50$	40
$50 < d \leq 60$	35
$60 < d \leq 90$	21
Total	215

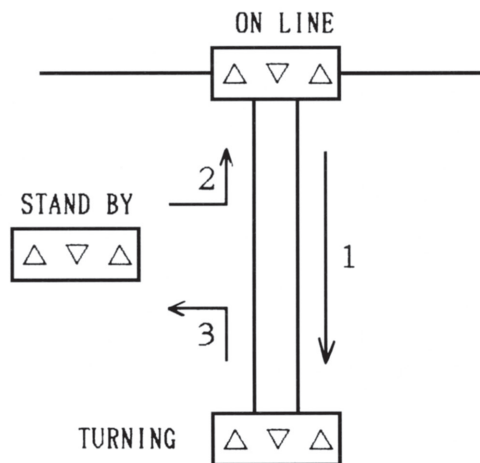


Fig. 3 Schematic diagram of exchange cycle of roll assembly.

2・3 カリバー設計

前述したように、当社が導入しているPSBは、非調整式のスタンドであるため、圧延中のロールギャップの調整は不可能である。したがって圧延材の冷鋼寸法は、オフラインで切削したカリバー孔径と圧延仕上げ温度により決まる。

特殊鋼の圧延では、線膨張係数の大きく異なる鋼種を同じチャンスで圧延するため、PSBカリバーは圧延材の収縮率と圧延以降の矯正、熱処理工程での寸法変化量を充分考慮して設計する必要がある。

Fig. 4に実験室データ¹⁾とPSBでの実操業から算出した代表鋼種の線膨張係数を示す。操業での実績値はすべて実験室データに比べ小さい値となっているが全鋼種において傾向は一致している。

したがって、鋼種、圧延仕上げ温度および後工程の寸法変化のパラメーターを与えることにより、納入寸法に最適なPSBカリバー孔径の設計が可能である。

この設計方法は、需要が高まっている圧延仕上げ温度を制御し、圧延ままの硬さ低下を図る制御圧延にも応用可能である。

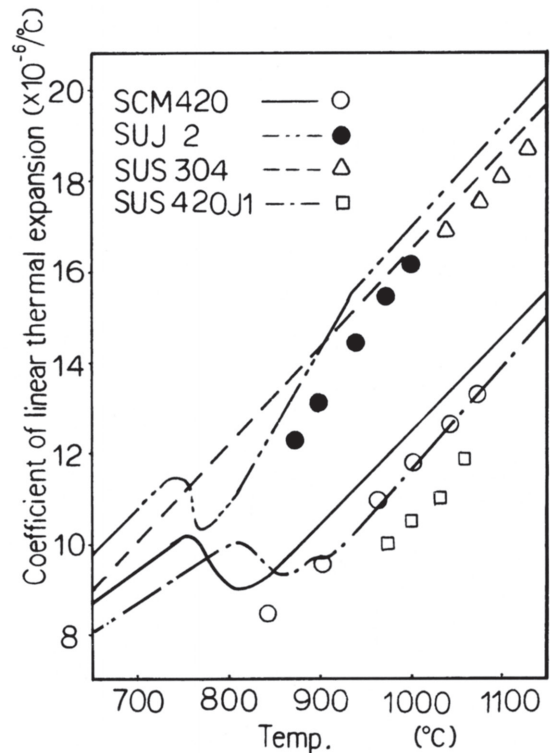


Fig.4 Thermal expansion coefficients of various steels: (Comparison of the values calculated from rolled products and obtained from experiment.)

3. 寸法精度改善事例

3・1 ロール改削方法

PSBのカリバー切削方法の概略をFig. 5に示す。120°の角度を持って組み込まれた3本のディスク状のロールは、スタンドにセットされたまま真円のバイトにより所定の寸法に切削される。

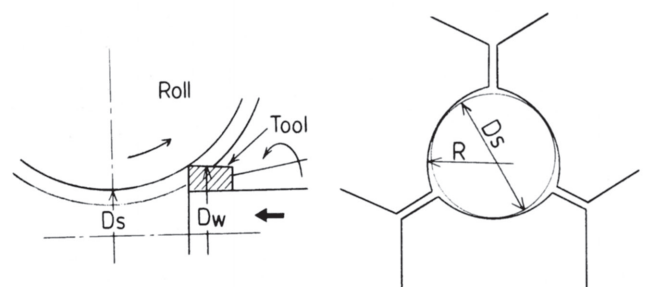


Fig.5 Schematic drawing of machining of roll caliber.

3・2 真円度の改善

外径50mmの圧延材のサンプルにおける最大外径と最小外径の分布をFig. 6に示す。各々のカリバーの充填率をFig. 7に示す。測定結果から、第3スタンド（以下P3）の充填率が低い事が明らかになり、P2およびP3カリバー形状の見直しを行った。

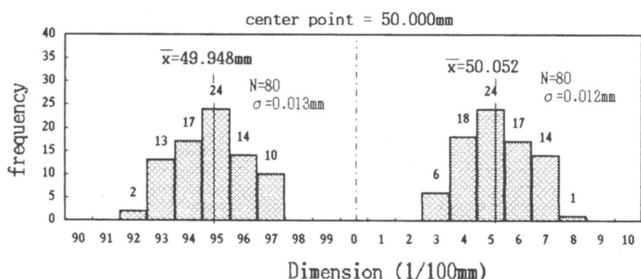


Fig.6 Distributions of maximum and minimum diameter of rolled products.

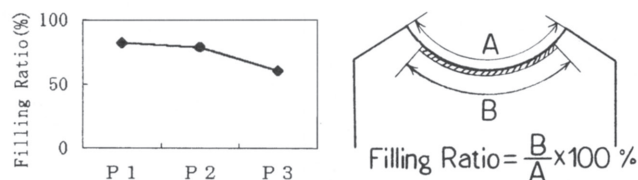


Fig.7 Filling ratio of each caliber. (P1, P2 and P3 refer to caliber positions of the rolls.)

P2とP3での压下状態の重ね合わせ図をFig. 8に示す。圧延材は、P2で压下された後、P3では60°ずれた压下を加えられ圧延を終える。压下による鋼材の幅広がりを見無視した偏径差の理論最大値は、0.0783mmであるが、サンプル実測値での平均値は0.104mmになっている。理論偏径差と実材の偏径差に相関があると仮定し、30%改善を目標に加工条件の変更を実施した。

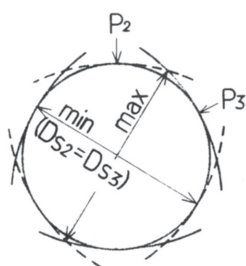


Fig.8 Definition of P2 and P3 calibers.

変更前後のカリバー切削条件をTable 3に示す。変更後の理論最大偏径差は、0.0548mmとなる。カリバー形状変更後の実圧延材の最大外径と最小外径の分布をFig. 9に、カ

リバーの充填率をFig.10に示す。偏径差の平均値は、0.070mmと理論計算から期待された30%の改善が実現した。P3カリバーの充填率も、咬み出しが生じることなく、90%まで増加した。この手法は外径14mm~85mmの全PSB圧延材に適用可能であり、工程能力の向上に大きな役割を果たしている。

Table 3 Modification of machining conditions.

	Cutting Tool Diameter (Dw)	Machined Pass Diameter (Ds)
P ₁	DW1 = 5 6. 0 0 → 5 6. 0 0	DS1 = 5 0. 7 7 → 5 0. 7 7
P ₂	DW2 = 5 1. 8 0 → 5 1. 8 0	DS2 = 5 0. 4 9 → 5 0. 5 1
P ₃	DW3 = 5 1. 4 0 → 5 1. 0 3	DS2 = 5 0. 4 9 → 5 0. 5 1

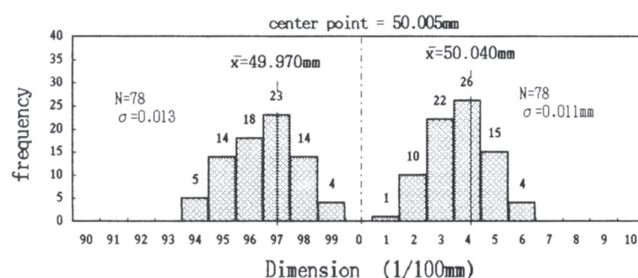


Fig.9 Distributions of maximum and minimum diameter of the products rolled after dimensional improvement of caliber.

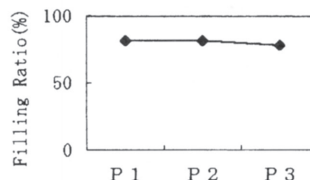


Fig.10 Filling ratio of each caliber after modification of caliber dimensions.

4. 精密圧延材の採用例

現在、当社では外径14mm~85mmの範囲で合計155種類のPSBカリバーを保有しており、全寸法で精密圧延の実施が可能で体制を確立している。また、新規サイズの受注に際してもPSBカリバーの新設のみにより対応可能であり、従来の2ロール圧延にみられた専用カリバー保有ロールの準備およびスタンド組み替えが不要である。

精密圧延に制御圧延を組み合わせることにより、冷間鍛造や機械加工前の熱処理工程の省略も可能となる。当社精密圧延材のユーザーにおける採用例をTable 4に示す。

Table 4 Typical applications of the products rolled by precision sizing block mill.

Grade	Size	Spec.	Previous Process	PSB Process	Applications
SCr420	30.0~50.0	±0.1	R - P - C - C F	R - C - C F	Ball joint
SUJ2	16.5~18.1	+0.2 -0.0	R - A - D - T	R - A - T	Water pump shaft
SUJ2	23.9~50.9	+0.2 -0.0	R - A - P - T	R - A - T	Bearing roller
SCM420	36.0~42.0	±0.1	R - P - C - C F	R - C - C F	C-V-J
SCM420	19.9~28.9	±0.1	R - S A - D - C F	C R - C F	Input shaft
SCM420	27.0~31.4	±0.1	R - S A - P - C F	C R - C F	Input shaft
SCr420	35.45	±0.1	R - S A - P - C F	C R - C F	Input shaft

R:Rolling C R:Controlled Rolling A:Annealing S A:Spheroidizing Annealing
P:Peeling D:Drawing C:Cut off C F:Cold Forging
T:Turning

5. 結言

1988年のPSB導入以降、精密圧延材の品質および生産性が大幅に向上し、ユーザーへの納入実績も拡大した。今後、更なるコスト低減を目的として精密圧延材の採用が促進されていくと考えられる。精密圧延材の安定供給を継続してゆくために、寸法精度のみならず表面きず、脱炭および曲がりを含めた総合品質の向上と製造コストの低減を推進してゆく計画である。

文 献

- 1) 原 隆啓：鋼塊の熱応力割れに関する研究 (九州大学学位論文), (1963)