



コールドピルガーミルによる高精度圧延技術の開発

本田 親定*

1. 緒言

鋼管の冷間加工方法として、抽伸機による冷間引抜方式とコールドピルガーミルによる冷間圧延方式の2方式が主流である。いずれの方式も一長一短があり、冷間圧延方式は、冷間引抜方式に対し、次のような特徴がある。

(1) 長所

- a) 原理的には圧延加工であり、材料にかかる引張応力が少ないため、1パス当たりの加工度（伸び率）が引抜法に比べ、3～5倍にできるので、その結果パス回数が減少し、全体の工程が大幅に簡素化される。
- b) 加工性の悪い材料でも加工できる。
- c) 加工度が大きく取れる為、機械的性質が大幅に改善され、表面精度が良好となる。また冶金学的に均一な組織及び性質が得られ、特にベアリングの寿命向上が図れる。
- d) 素管の偏肉改善率が高い。
- e) 中間焼きまし及び洗浄の回数が削減され、工程費用が安価となる。

f) 口付け部が不必要な為歩留が良い。

(2) 短所

- a) 生産能率が悪い。
- b) 工具製作が難しく工具費用が高い。
- c) 段取替と調整に熟練を要し、また長時間かかる為、少量多品種生産には不向きである。
- d) 外径寸法精度が劣る。

このように、ピルガー圧延法は高加工度をかけうるが、生産性が引抜法に比較して低く、かつ工具費用が高いことから、ステンレス鋼などの高合金鋼、チタン、ジルカロイなどの難加工材、非鉄金属および高炭素クロム軸受鋼などに適用されることが多い。

近年、鋼管に対するユーザーの要求は厳しくなってきた。特に、軽薄短小化に対応した鋼管の超薄肉化、削り代削減を可能にする外径寸法の高精度化さらに少量多品種化に対応した小口化の要求は、日増しに強まっている。コールドピルガーミルは、後述するような機構上の問題があり、これらの要求に十分応えることが困難になってきた。そこで、今回この機構上の問題を解消する新しい製造技術

表1 設備仕様と設備諸元

型 式	1 1/2" VM (ショート ストローク)	2 1/2" VM (ショート ストローク)	SKW50VMR (スーパ-ロン グ*ストローク)	KPW75VMR (ロング* ストローク)	SKW75VMR (スーパ-ロン グ*ストローク)	KPW100VMR (ロング* ストローク)	4 1/2" (ショート ストローク)
保有台数(台)	3	3	2	2	2	2	1
常用最大回転数(rpm)	1 6 0	1 6 0	1 8 0	1 6 0	1 6 0	1 4 5	1 3 0
” 送り(mm/St)	8	8	1 2	1 6	1 6	1 6	1 2
圧延後外径寸法(mm)	16~38	22~60	15~38	25~53	25~53	45~80	45~95
” 長さ(m)	1 6	1 6	2 2	2 2	2 2	2 0	1 6
ロール* 径(mm)	2 8 0	3 3 6	3 0 0	3 7 0	3 7 0	4 5 0	4 6 8
および形状	半円型	半円型	円 型	円 型	円 型	円 型	半円型
主モ-ター容量(kW)	DC110	DC220	DC250	DC330	DC350	DC450	DC370
スタンド*ストローク長さ(mm)	5 0 0	6 0 0	8 6 2	9 9 1	1 0 2 3	1 1 3 4	8 1 0
回転角度	約6 0°	約6 0°	約3 0°	約6 0°	約3 0°	約6 0°	約60°

* 鋼管製造部冷延鋼管課

を開発したので紹介する。本報では、コールドピルガーミルがあまり普遍的ではないので、そのメカニズムについて述べると共に、当社のコールドピルガーミルの概要についても簡単に紹介する。

2. コールドピルガーミル（圧延機）

2.1 設備概要

ロールスタンドのストローク長さにより分類すると、コールドピルガーミルは、ショートストロークとロングストロークおよびスーパーロングストロークの3種類に分類される。当社の設備仕様範囲を表1に示す。

2.2 メカニズム

(1) ロール回転機構

本機は、図1のように固定フレーム上に可動式のロールスタンドが設けられ、このロールスタンドは、モーター駆動のクランクによって固定フレーム上を往復運動する。ロールスタンドに設けられたピニオンは、固定フレームに設けられたラックと噛み合っていて、スタンドの往復運動は、ラックピニオンを介しロールダイスに正逆方向の回転運動を与える。

図2および図3のように被圧延材の上を転がるロールダイスが、ロールシャフトに取り付けられ、このロールダイスには、テーパ付きの半円形の溝型が切られている。上下2つの溝型で形成される孔型の大きさは、ロールシャフトの回転に従って次第に減少する。またこの溝型の始まる部分にはロールダイスと素管が接触しないように逃がしの部分が設けてある。

マンドレルは、ロールダイス溝型のテーパに相当するテーパを有しており、これがマンドレルロッドを介して圧延機後方のスラストブロックにチャッキングされる。マンドレルが素管にはめ込まれ、この上で上記のロールダイスによって冷間圧延される。

(2) 材料の送りと回転機構

マンドレルと素管は、このロールスタンドの往復運動の

始点（ロールダイスの逃がしのところ）で約30°～60°回転しながら材料の送り込みのための送り台により前進する。この両動作は、圧延機のロールスタンドに往復運動を与えるクランクの運動と機械的に同調し、0.1～0.2秒という極短時間内に行われる。

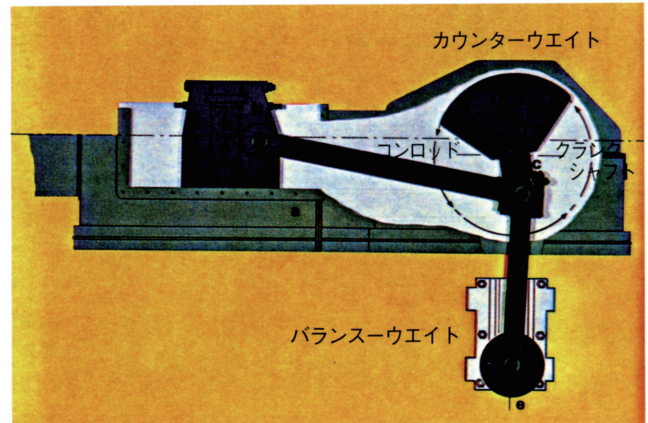


図1 コールドピルガーミル本体図¹⁾

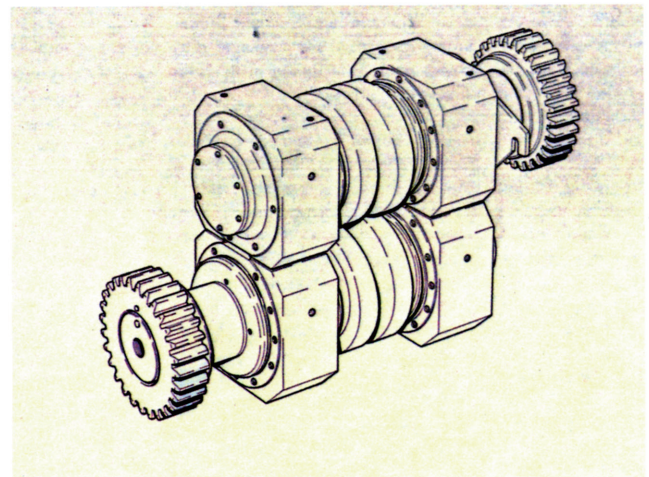


図2 ロールダイス・ロールシャフト及びピニオン組立図¹⁾

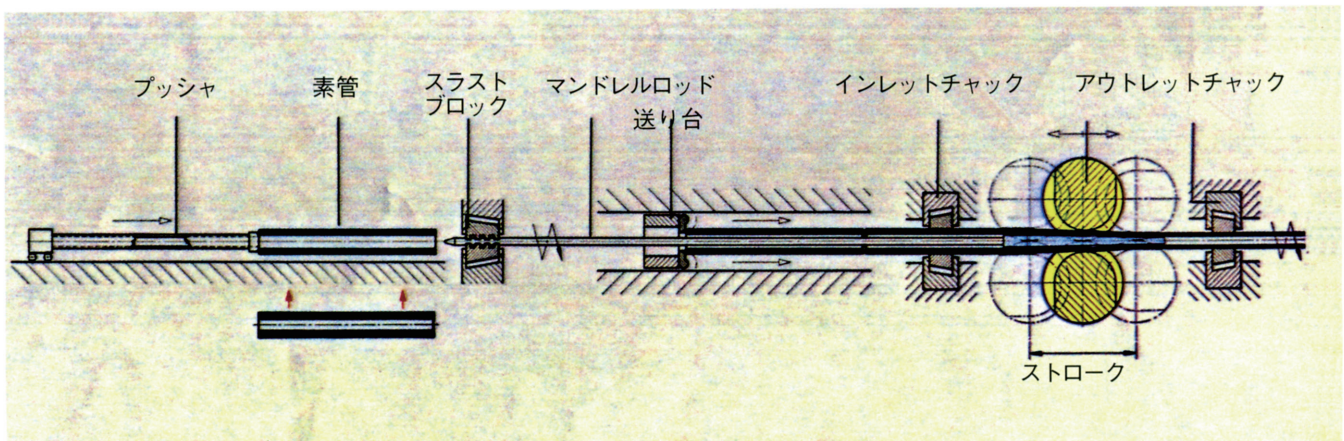


図3 コールドピルガーミル全体概略図¹⁾

2・3 従来法の機構的問題点

(1) 往復圧延機構

コールドピルガー圧延では、ロールスタンドが往復運動を行って材料を圧延する間欠圧延方式の為、管表面には管軸方向にあるピッチを持った規則的な変化（ウネリ）が生ずる。

その例を図4に示す。

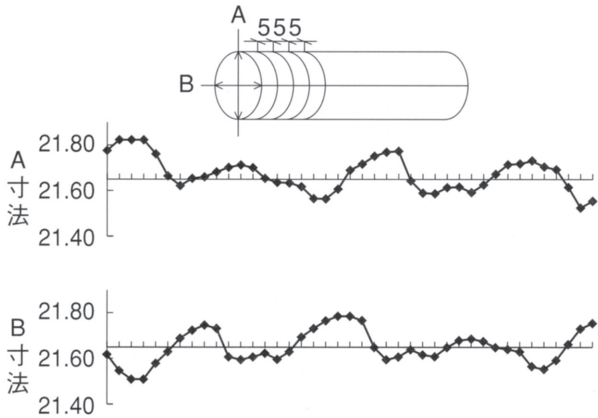


図4 管軸方向ウネリ具体例

(2) 材料の供給

圧延機への新たな素管の供給は、圧延中の材料とマンドレルを上下ロールダイスで噛止め保持した状態で、圧延機の後方からプッシャーにて装入される。この素管装入の為のロールスタンド停止から再圧延開始までのアイドルタイムは15~20秒で、この間にロールダイスが冷却されたり、送り込みが停止したままロールスタンドが往復運動する、いわゆる空圧延が起こり、部分的に寸法が変化する非定常部が発生する。その例を図5に示す。この非定常部の寸法変化量をいかに最小限にとどめるかは、現場の経験によるところが大きい。

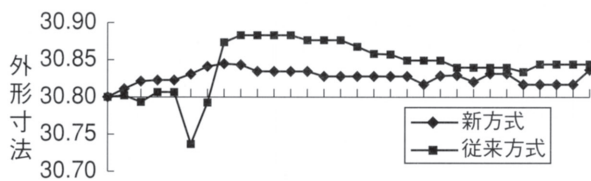


図5 ロールスタンド停止部付近の外径寸法変動比較例

(3) 被圧延材料の保持機構

材料は、高速高荷重で圧延される為、入側（インレットチャック）と出側（アウトレットチャック）で常に保持しておく必要がある。この保持力、特に出側の保持力が弱いと材料の継目圧延時に規定量をはるかに越える送り飛（飛び込みという）が発生し、外面疵や機械損傷などトラブルの原因となる。

材料の保持は、120° 間隔に配置した三つの爪が油圧で作動する事により行われる。この保持力が過過ぎたり、圧

延後の材料の耐力が低い（薄肉管あるいは変形抵抗の小さい材料）場合、材料がおむすび状に変形する場合がある。その例を図6に示す。

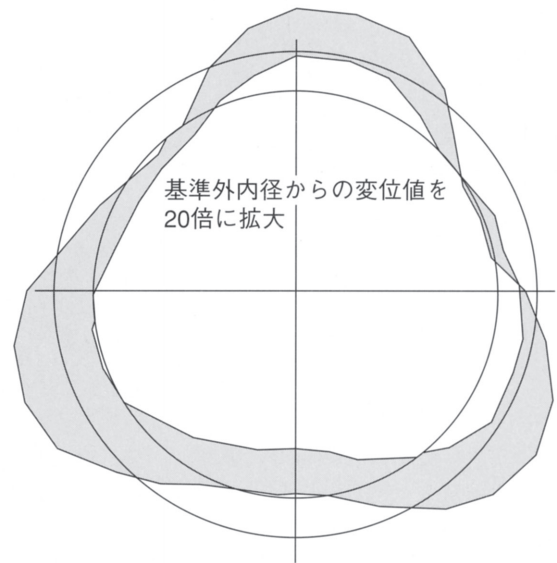


図6 アウトレットチャック爪による製品の変形例

(4) ロールダイスの孔型形状

コールドピルガーのロールダイスの孔型設計は、大部分各社の経験に従って行われるが、その基本はMannesmann Meer社の推奨している方法によるところが多い。コールドピルガーミルのような2ロールタイプは、孔型が真円では材料の噛み出しを生ずるので、サイドリリーフを取る必要がある。このサイドリリーフが、孔型の良否を決定づける大きい要因となる。すなわち、サイドリリーフが小さすぎると噛み出しが発生し、大きすぎると楕円度が大きくなって製品の外径寸法精度を悪化させる。

3. 新製造技術

前述したようにピルガー圧延法と引抜法は、それぞれ一長一短がある。この両方法を組み合わせることにより、ピルガーミル固有の機構上の問題を解消する新しい製造技術を開発した。

3・1 概要

新方法では図7に示すように、アウトレットチャック爪の直前に引抜ダイ（以降精圧ダイと呼ぶ）を設け、ピルガーロールダイスで粗圧延された材料が、送りとピルガー圧延による伸びとによって精圧ダイ内に押し込まれ、所望の管径に縮径（精圧）される。この場合の精圧ダイの働きは、次の2点である。

- (1) アウトレットチャック爪の代替＝被圧延材料の保持機能
- (2) 引抜ダイとしての機能＝真円度向上機能

3・2 新技術による効果

前述のように、アウトレットチャック爪の代替として精圧ダイを設けた事により、コールドピルガーミルが内在していた機構上の問題点を解消した。すなわち、

- (1) 材料供給の為に停止部及び空圧延部の寸法変化量を軽減できた。その例を図5に示す。
- (2) 三つ爪のチャックで保持する代わりに、真円の精圧ダイで保持する為、超薄肉管や変形抵抗の小さい材料が生産性を損なうことなく圧延可能となり、かつ寸法精度も大幅に向上した。
- (3) ピルガーロールダイスによる圧延時の寸法精度に対する要求が軽減されることから、サイドリリーフを大きめに設定でき、噛み出し疵が解消され、ロールダイスの孔型の摩耗に対してもメンテナンス・フリーとなり、安定した寸法精度が得られるようになった。
- (4) 少々の寸法変更は、精圧ダイを取り替えるだけで対応

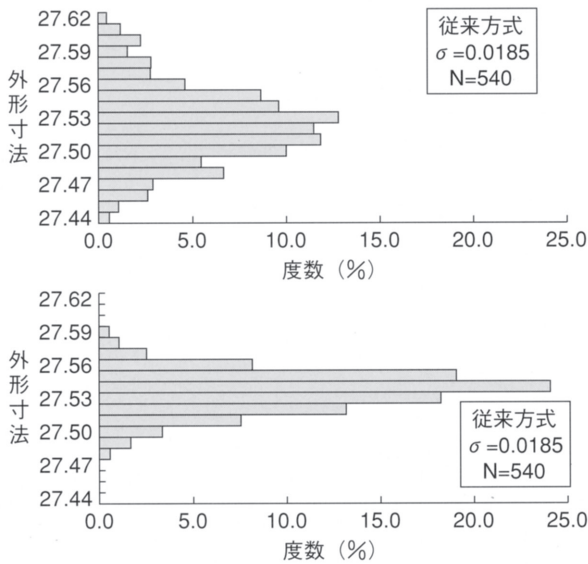


図7 外径寸法変動比較例

表2 従来方式と新方式の納入寸法保証精度比較

寸法区分	外 径(mm)		
	15.9 ≤ OD < 60	60 ≤ OD < 80	80 ≤ OD < 95
従来方式	± 0.15	± 0.15	± 0.20
新方式	± 0.12	± 0.15	± 0.18
Spec改善率	20%	0%	10%

表3 精圧スケジュールとスラスト荷重実測例

精圧前寸法	精圧後寸法	スラスト荷重実測値	備 考
41.13 × 6.11	40.43 × 6.11	6650kgf	鋼種:SUJ-2 潤滑:機械油 速度:100mm/min 測定器:万能試験機
53.59 × 10.40	53.20 × 10.40	13050kgf	
63.05 × 3.90	62.44 × 3.90	3925kgf	
63.15 × 7.90	62.44 × 7.90	15675kgf	

できるので、段取替や調整時間が大幅に削減でき、少量多品種生産への対応も容易になった。また、工具費用を大幅に低減出来た。

3・3 新技術により製造された製品の寸法精度

当該方法の採用によって、ピルガー圧延後の外径寸法精度が大幅に向上し(図7)、表2の如く寸法保証精度を約20%改善でき、ユーザーへのVA提案を達成した。

4. 新製造方法によるコールドピルガーミル本体への影響

ピルガー圧延と引抜を組み合わせた新製造方法は、精圧ダイへ強制的に材料を押し込み、縮径する為、ピルガー本体に余分な荷重がかかる。特に、送り機構やアウトレットチャック本体へのスラスト荷重が増大し、機械故障を誘発する可能性があり、縮径率(精圧代という)は、得られる製品の真円度を考慮して必要最少限に抑える必要がある。アウトレットチャックの保持力以内のスラスト力に制限する事が理想的であるが、表3のように設備仕様以上のスラスト荷重がかかる場合がある為、アウトレット本体の軸受部の補強を行った(図8)。

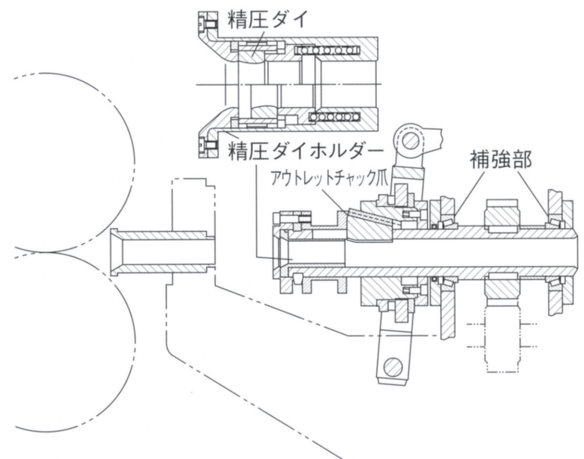


図8 精圧ダイ取付位置及びアウトレット本体補強部

5. 結言

コールドピルガー圧延法に引抜法を組み合わせることにより、ピルガー圧延法の短所を解消し、高品質の鋼管を安定して製造出来る様になった。今後、ますます高くなる品質ニーズおよび多様化するユーザーニーズに対応すべく、さらに、技術開発を進めつつある。

6. 実用新案

出願中

文 献

- 1) Mannesmann Meer社カタログ