

小径 12 段冷間圧延機（通称：12 段 X ミル）の特性

Performance of 12-High Cluster Cold Mill with Small Diameter Work Rolls (X-Mill)

岩 崎 孝 行	技術開発本部生産技術センター生産技術開発部 課長
本 城 恒 元	機械事業本部産業システム事業部 技師長
小 割 茂 美	機械事業本部産業システム事業部圧延機プロジェクト部 課長
鈴 木 秀 一	石川島検査計測株式会社研究開発事業部研究支援部
三 上 昌 夫	アイテック株式会社 主任技術員

非分割控ロールを使う多段冷間クラスタ圧延機として生産性の高いクラスタ型 6 段 X ミルが銅薄板用に実績をあげている。硬質極薄板を含むさらに広範囲の圧延用として小径 12 段 X ミルを実用化した。180 mm ロール胴長の小型試験圧延機と 700 mm ロール胴長の大型試験圧延機で各種性能を把握した後、30 mm 作業ロール直径の実機を納入した。実用化プロセスにおける各種材質の圧延性能結果から、本圧延機は中間ロールベンディングと中間ロールシフトによる板形状制御能力が高いことが示された。

IHI has built multi-roll cluster rolling mills with non-segmented support rolls (named X-Mill) for rolling copper and copper-alloy thin strips. The rolling mills have the cluster-type 6-high roll configuration and are highly evaluated for its high productivity. Moreover, the 12-high X-Mill with small diameter work rolls has been developed for improved applicability to a wider range of rolled products. After tests using a small experimental mill with rolls of 180 mm barrel and a large test mill with 700 mm barrel rolls, a mill with 30 mm diameter work rolls has been installed at a factory of a nonferrous company. Throughout the development process, shape control ability by intermediate roll bending and intermediate roll shifting methods has been confirmed for various types of strips.

1. 緒 言

胴径比の大きい小径作業ロールを使う板圧延機は、いわゆるクラスタタイプのロール配置を取る場合が多い。当社は 6 段型クラスタ圧延機（通称：X ミル）で銅薄板（箔）圧延分野を主対象に実績をあげている⁽¹⁾。さらに広い圧延範囲をもつ高負荷クラスタ圧延機として、小径 12 段冷間圧延機（以下、12 段 X ミルと呼ぶ）の実用化試験を行った後、実機を納入した。X ミルは分割控ロールを使う他社のクラスタ圧延機に対し、非分割控ロールを使うシンプルな構造であり、操作性、保守性に優れる。

12 段 X ミルを試験装置で性能試験するとともに納入実機の圧延性能を把握した経緯を以下に報告する。

2. 小径多段 X ミルの特長

非分割控ロールを使う多段クラスタ圧延機としては、古くはローン式多段圧延機などがあり、当社も 10 段式圧延機⁽²⁾を納入した実績がある。最近の電子機器需要の高まりによって生産性に優れた銅箔用圧延機が望まれ、クラスタ型 6 段 X ミル⁽¹⁾は種々の改良を加えられて、この分野

で実績を重ねた。板形状制御装置（ロールベンダおよび AFC システム）やクーラントゾーンコントロールを備えることによって、6 段 X ミルのシンプルな構造とあいまってその生産性をさらに高めた。

さらに、第 1 図に示すように極薄硬質材を含む広範囲の薄板生産用に、より小径の作業ロールが可能な 12 段 X ミルを開発し、実用化した。

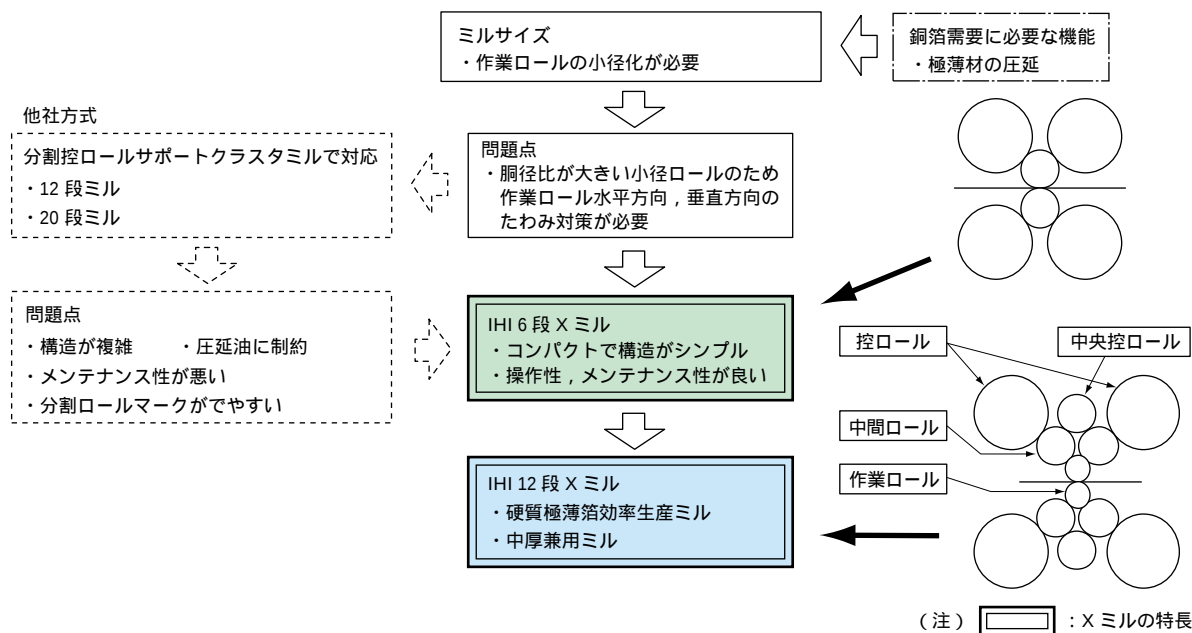
3. IHI 試験用圧延機による試験結果

12 段 X ミルの性能を確認するため、第 1 表に示す小型試験圧延装置と大型試験圧延装置を設置して試験を行った。

3.1 小型試験装置による圧延試験条件と結果⁽³⁾

本装置では中央控ロールの押し力を Increase : 6.8 kN, Balance : 4.5 kN, Decrease : 2.3 kN の 3 段階に変えとともに中間ロールベンダ（以下、IRB と呼ぶ）荷重を変えての圧延試験を行った。被圧延材には、アルミニウムの軟質材（A1N30H-O）と硬質材（A5052P-H）のコイルを用いた。板幅は 160 mm、板厚は 0.1 mm である。

圧延後の板形状を評価するため圧延後の板を切り出し、オフラインで板形状を計測し、板長さの幅方向分布を算出



第 1 図 X ミルの特長
Fig. 1 Performance of X-Mill

第 1 表 試験圧延装置仕様
Table 1 Specifications of experimental rolling mill

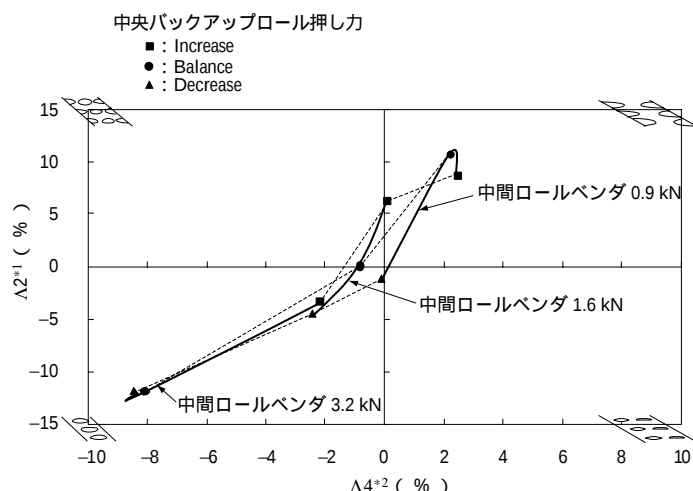
項 目	単 位	小型試験 圧延装置	大型試験圧延装置
公称ロール胴長	mm	180	700
作業ロール径	mm	25	60
中間ロール径	mm	35	120
中間ロールベンダ	kN / 軸箱	3.2	10 ^{*1}
両側控ロール径	mm	70	300
中央控ロール径	mm	38	150
中間ロール 可能シフト量	mm	-5.0 ~ +2.5	-100 ~ +100
最大圧延荷重	kN	98	3 000
最大圧延速度	m/min	5	600
備 考	—	—	上半分のみをクラスタ化

(注) *1: 14 MPa 時

した．板長さの幅方向分布から板の伸び率差分布を算出し，急しゅん度（波状波形の波高さとピッチの比を％で表した値）に換算した．得られた幅方向の急しゅん度分布を 4 次式で近似し，板幅端部と板幅中央部の急しゅん度の差 $\Delta 2$ と，板幅中央部から $1/\sqrt{2}$ 位置と板幅中央部の急しゅん度の差 $\Delta 4$ を算出した．これを，第 2 図，第 3 図に示すように， $\Delta 2$ ， $\Delta 4$ の座標にプロットして圧延板形状制御能力を評価した．

3.2 大型試験圧延装置による圧延試験条件と結果

第 4 図に示す大型試験圧延装置を使って，第 2 表に示す試験条件で圧延した．いくつかの試験結果のうち，アルミニウム板の概観を第 5 図に示す．第 5 図において中間ロールベンダ（IRB）圧力を 1 MPa（-（a）），10 MPa（-（b）），

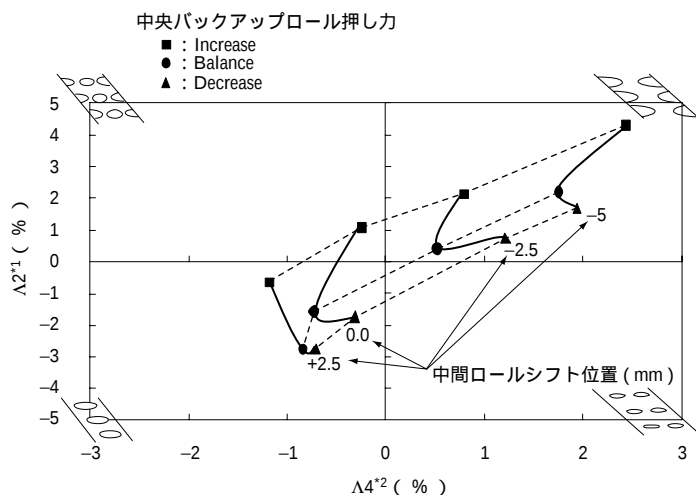


(注) *1: 板幅端部と板幅中央部の急しゅん度の差
*2: 板幅中央部から $1/\sqrt{2}$ 位置と板幅中央部の急しゅん度の差
被圧延材: アルミニウム軟質材
圧下率: 約 35%

第 2 図 中間ロールベンダと中央控ロール荷重の形状制御特性⁽³⁾
Fig. 2 Shape control performance by intermediate roll bending and center back up roll force

12 MPa（-（c））と 3 段階に変化させた結果を示す．ステンレス板も含む各種サンプルの板形状変化を第 2 図の場合と同じ計測処理によって，板の急しゅん度表示した結果を第 6 図に示す．本結果から本形式ミルの IRB がアルミニウム板，ステンレス板に対して有効な形状制御能力をもつことが確認された．

高速大型の実生産ミルの場合，12 段 X ミルの設備能力は軸受などの温度特性によることが大きい．このため，本大型試験圧延装置で高速大荷重キスロール運転をドライ状



(注) *1: 板幅端部と板幅中央部の急しゅん度の差
 *2: 板幅中央部から $1/\sqrt{2}$ 位置と板幅中央部の急しゅん度の差
 被圧延材: アルミニウム硬質材
 圧下率: 約 10%

第 3 図 中間ロールシフトと中央控ロール荷重の形状制御特性⁽³⁾
 Fig. 3 Shape control performance by intermediate roll shifting and center back up roll force

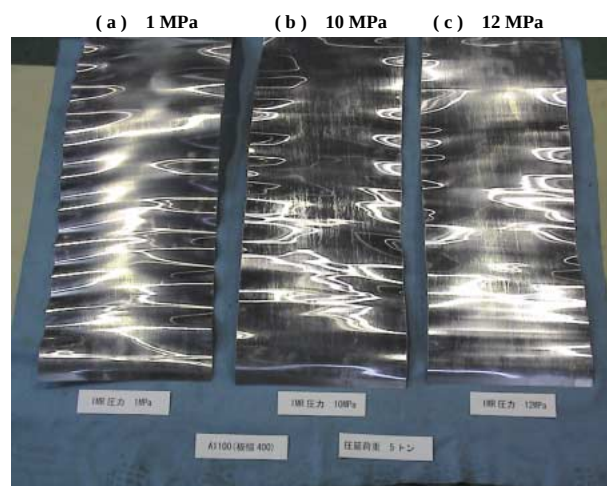


第 4 図 大型試験圧延装置
 Fig. 4 General view of large experimental rolling mill

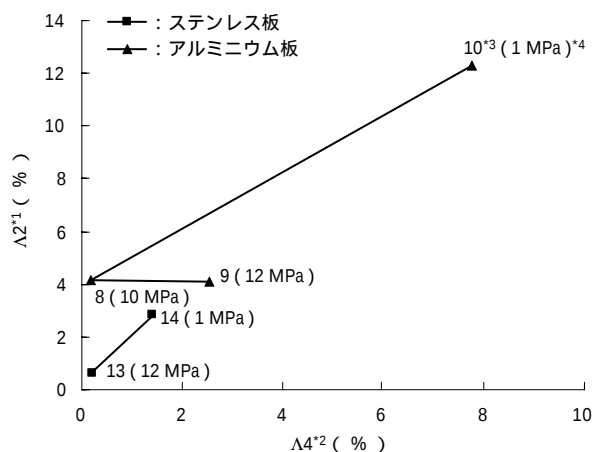
第 2 表 大型試験圧延装置による圧延試験条件
 Table 2 Experimental rolling conditions

項 目	単 位	圧 延 材 質	
		アルミニウム A1100P	ステンレス SUS304
板 幅	mm	400	400
入側板厚	mm	0.69	0.77
出側板厚	mm	0.60	0.76
圧延荷重	kN	50	200
中間ロール ベンダ圧	MPa	1 (10) ^{*1}	1 (14) ^{*1}
		10 (8) ^{*1}	12 (13) ^{*1}
		12 (9) ^{*1}	
シフト位置	—	なし	なし

(注) ()^{*1}: ケース No.



第 5 図 アルミ切り板圧延結果
 Fig. 5 Aluminum sheets after test rolling



(注) *1: 板幅端部と板幅中央部の急しゅん度の差
 *2: 板幅中央部から $1/\sqrt{2}$ 位置と板幅中央部の急しゅん度の差
 *3: ケース No.
 *4: IRB 圧力

第 6 図 中間ロールベンダ形状制御特性 (板幅 400 mm)
 Fig. 6 Shape control performance by intermediate roll bending (400 mm wide strip)

態で行った。軸箱の温度特性を計測した結果を第 7 図に示す。本試験装置の軸受はグリース封入型であるが、実機は潤滑液を使う型で、かつ圧延油のあるウェット圧延運転であることも考慮すると、本結果から大型実機高負荷操業も熱的な問題がないと判断される。

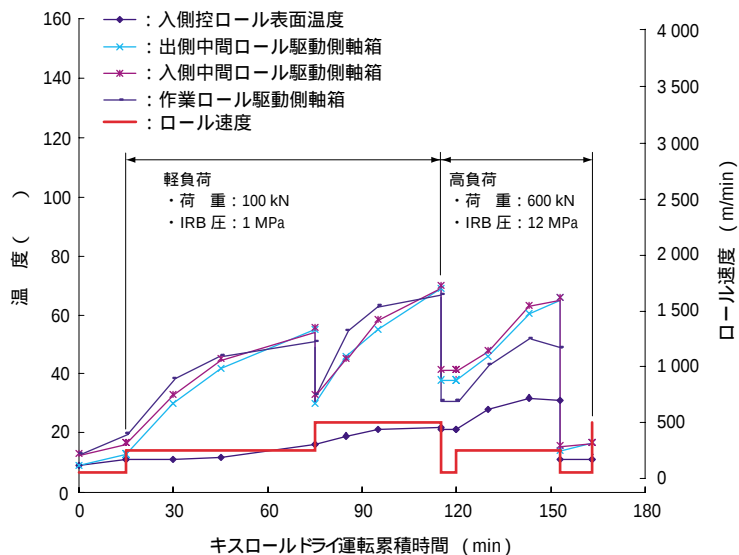
4. 実機ミルでの圧延結果

4.1 実機設備の主要目と構造概要

納入事例の 12 段 X ミルの主要目を以下に示す。第 8 図に設備外観を、第 9 図に作業側から見た正面外形を示す。

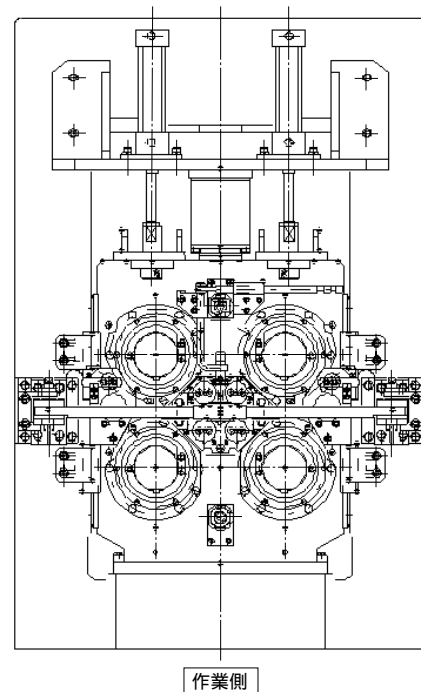
作業ロール

直 径	30 mm
胴 長	250 mm



第 7 図 軸箱温度推移 (大型試験圧延装置)

Fig. 7 Temperature changes of roll chock (Large experimental rolling mill)



第 9 図 12 段 X ミル正面 (作業側)

Fig. 9 Front view of 12-high X-Mill



第 8 図 納入事例圧延機外観 (12 段 X ミル)

Fig. 8 General view of rolling mill at a factory

最大圧延荷重	500 kN
ロール駆動方式	控ロール駆動可逆式
巻取り, 巻戻し機	4 分割セグメント手動拡張式 (直径 200 mm のスプール使用可能)
ロール圧下装置	電動スクリュー圧下方式
圧延材寸法	
入り側板厚	最大 0.7 mm
出側板厚	最小 0.02 mm

4.2 実機圧延特性

本納入事例設備は各種非鉄合金を含むさまざまな材質の薄板を圧延する用途に使われている。変形抵抗の高い硬質材も対象であるため、鋼帯板を使用して硬質材の圧延性能を把握した。幅 120 mm, 板厚 0.23 mm の鋼帯板を圧延荷重 180 kN, 前後張力 1.3 kN, IRB 荷重 13 kN / 軸箱として、出側板厚 0.18 mm を出した状態で、中間ロールシフト位置のみを変更したときの形状制御効果を第 10 図, 第 11 図に示す。第 10 図は中間ロールシフト位置が -15 mm (圧延ロール胴長 250 mm の端部が板幅端に一致する位置) で中伸び板形状に、第 11 図はそのシフト位置が +35 mm で大きな端伸び板形状となっている。本図圧延において中間ロールにはシフトロール形状最適化思想⁽⁴⁾ (通称 : CNP ロール) に基づくロールプロファイルが付けられている。

中間ロール

直径	70 mm
胴長	330 mm (圧延胴長 250 mm + テーパー胴長 80 mm)

中間ロールシフト量 ±35 mm

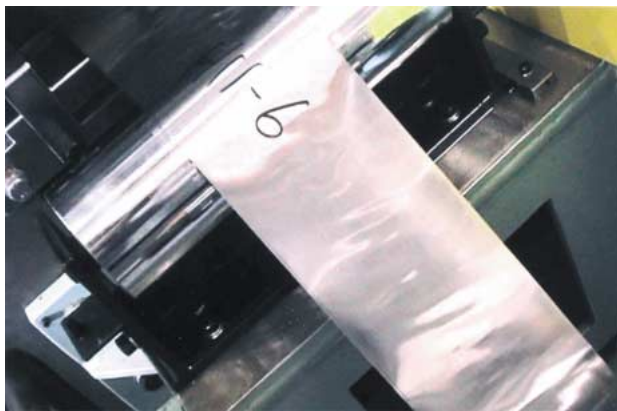
中間ロールベンダ (IRB) 最大 +15 kN / 軸箱

控入り, 控出口ロール

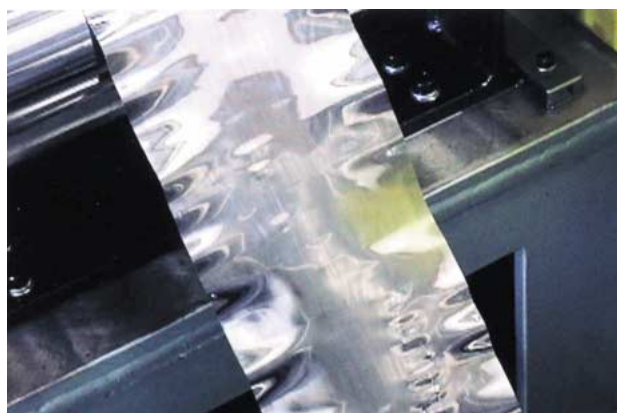
直径	220 mm
胴長	250 mm

中央控ロール

直径	80 mm
胴長	220 mm (スクリュー エッジ式中央控ロール位 置調整装置付)



第 10 図 帯板形状 (中間ロールシフト位置 -15 mm)
Fig. 10 Strip shape (Intermediate roll shifting position : -15 mm)



第 11 図 帯板形状 (中間ロールシフト位置 +35 mm)
Fig. 11 Strip shape (Intermediate roll shifting position : +35 mm)

また、IRB の板形状制御能力は試験装置での結果と同様の効果を確認できた。板圧延において最も重要な圧延形状維持について、初期設定は中間ロールシフト位置で、圧延

中の形状変動に対しては IRB で対処することによって、さまざまな薄板圧延が可能であることを確認できた。

5. 結 言

非分割控ロールを使うクラスタ圧延機の適用範囲を広げる目的で 6 段 X ミルに引き続いて、12 段 X ミルを実用化した。IRB と中間ロールシフトを使って板形状を制御することによって、ステンレスからアルミニウムまでの広い変形抵抗範囲の圧延が可能であることを確認できた。

なお、今回の納入事例設備は 30 mm の作業ロール径という小径の場合であったため、クーラントゾーンコントロールは採用していない。しかし、より大径の作業ロールが採用される場合は 6 段 X ミルと同様、クーラントゾーンコントロールも板形状制御手段として採用が可能である。

参 考 文 献

- (1) 小川 宗：アルミニウム箔及び銅箔用圧延機 産業機械 No.647 2004 年 8 月 pp.28 - 30
- (2) 横手義胤, 吉沢 勇, 嶋本康治, 丸山洋一, 新谷定彦：300 mm 逆転式十段冷間圧延機 (通称 X ミル) の構造と圧延試験結果 芝共ニュース 第 43 号 1966 年 pp.6 - 42
- (3) 岩崎孝行, 設楽義晴, 鈴木秀一, 本城 恒, 口 誠寛：非分割ロールを用いたクラスターミルによる平坦度制御 銅と銅合金 第 42 巻第 1 号 2003 年 pp.311 - 315
- (4) IHI：特開 2004 - 98073, 本城 恒, 口 誠寛, 岩崎孝行