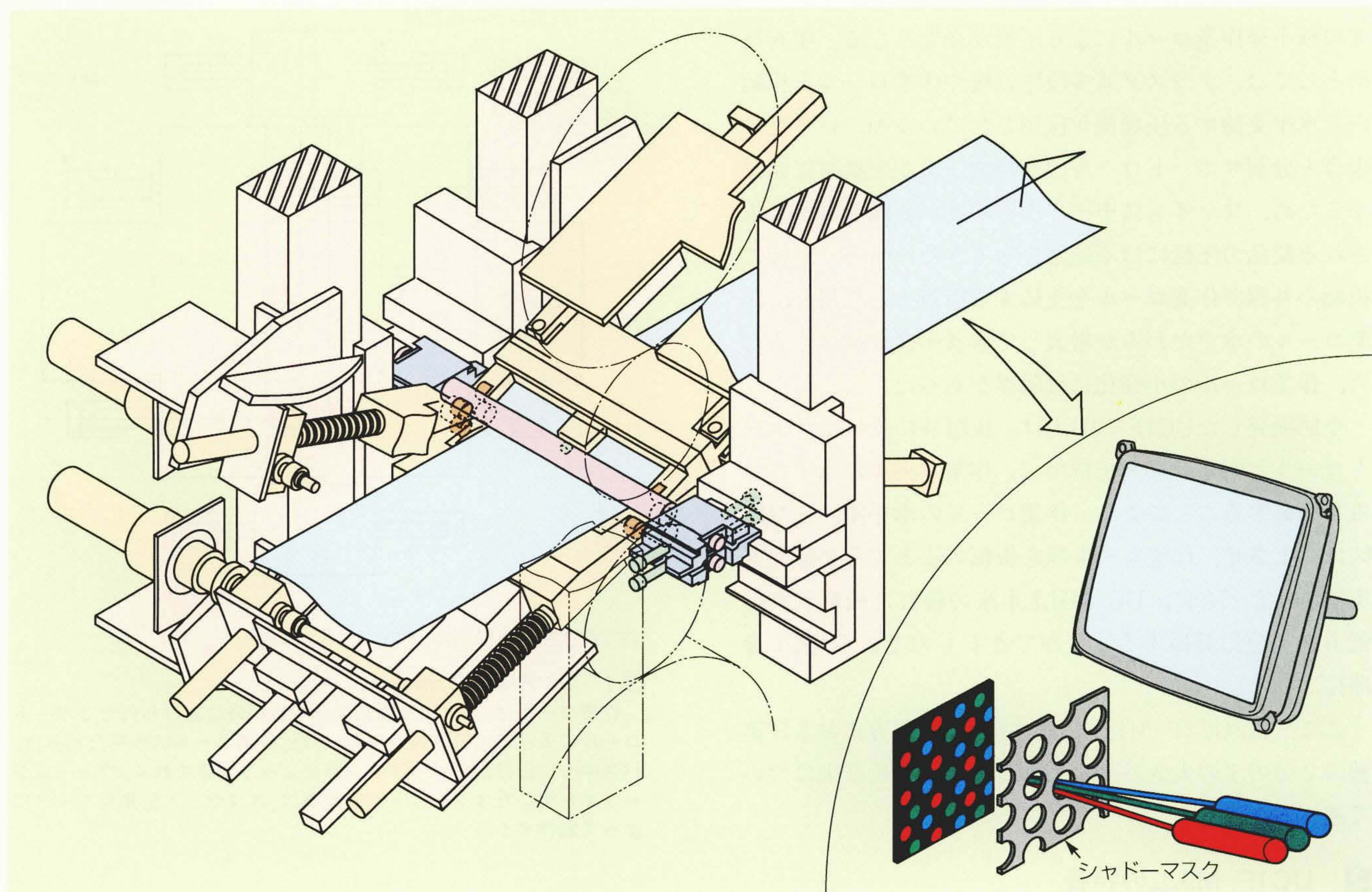


作業ロールの小径化を実現する ファインスチール用UC-MILL(UC1F-MILL)

Newly Developed Universal Crown Control Mill (UC1F-MILL) for Fine Steel

笠井俊作* Shunsaku Kasai 安田健一** Ken'ichi Yasuda
高倉芳生* Yoshio Takakura 畑中長則*** Takenori Hatanaka



ファインスチール用に開発したUC1F-MILL

板幅内にサポートロールを設けなくて、作業ロール径(D)と板幅(B)との比($\frac{D}{B}$)を $\frac{1}{10}$ とする小径化を実現した。

IC用リードフレームやシャドーマスクなどの電子部品材「ファインスチール」は、その厚みが25 μm から約0.2 mmと極薄材であるとともに、板形状および表面性状などの品質がたいへん厳しい材料である。従来、ファインスチールはクラスタ式多段圧延機などで生産されていたが、表面品質がより厳格になるにしたがって分割サポートロールの支持マークが圧延材に転写することが懸念され、板幅内に分割サポートロールを設けない圧延機が切望されていた。

このニーズにこたえて、ファインスチール用に

“UC1F-MILL”を開発した¹⁾。UC1F-MILLでは、最大板幅よりも外側にサポートロールを近接配置し、作業ロールを入・出側両方向から水平支持することにより、圧延材の高度な表面品質を確保することができる。また、作業ロールのオフセット量を可変とし、かつ、水平曲げ力を付加して作業ロールの水平たわみをきわめて小さく制御することにより、安定した板形状制御ができる特長を持つ。

現在、このUC1F-MILLは国内2プラントで実機化され、運転を開始した。

* 日立製作所 日立工場 ** 日立製作所 電力・電機開発本部 工学博士 *** 日立製作所 大みか工場

1 はじめに

近年需要が高まってきたIC用リードフレーム材およびテレビ、パソコンのブラウン管に内蔵されるシャドーマスク材などのファインスチールは、その厚みが25 μm から0.2 mmと極薄材であるため、ロール径が100 mm程度の極小径作業ロールによる圧延が必要となる。現有技術としては、クラスタ式多段圧延機や作業ロールを板幅内で水平支持する圧延機が採用されているが、いずれの場合も分割サポートロールの支持マークが圧延材に転写するため、ファインスチールなどの高い表面品質が要求される製品の圧延には不適となってきた。一方、単純に板幅の外側で作業ロールを支持する構造とした場合、作業ロールの水平たわみが増大して形状不良が発生するため、作業ロールの小径化には限界があった。

今回開発したUC1F-MILLは、板幅外に設けたサポートロールと水平ベンダを併用し、作業ロールの水平たわみを制御することにより、作業ロールの水平剛性を飛躍的に向上させ、作業ロール径を板幅の $\frac{1}{10}$ とする小径化を実現するとともに、UC-MILL本来の優れた板形状制御能力を十分に発揮することができるものである(図1参照)。

ここでは、UC1F-MILLの基本構造、制御方式および実機の2分の1の大きさのテストミルでの圧延結果について述べる。

2 UC1F-MILLの特長

UC1F-MILLの構造を図2に示す。主な特長は次のとおりである。

- (1) 作業ロールを最大板幅の外側に設けたサポートロールによって水平支持するので、サポートロールの支持マークが圧延材へ転写することがなく、高度な表面品質を

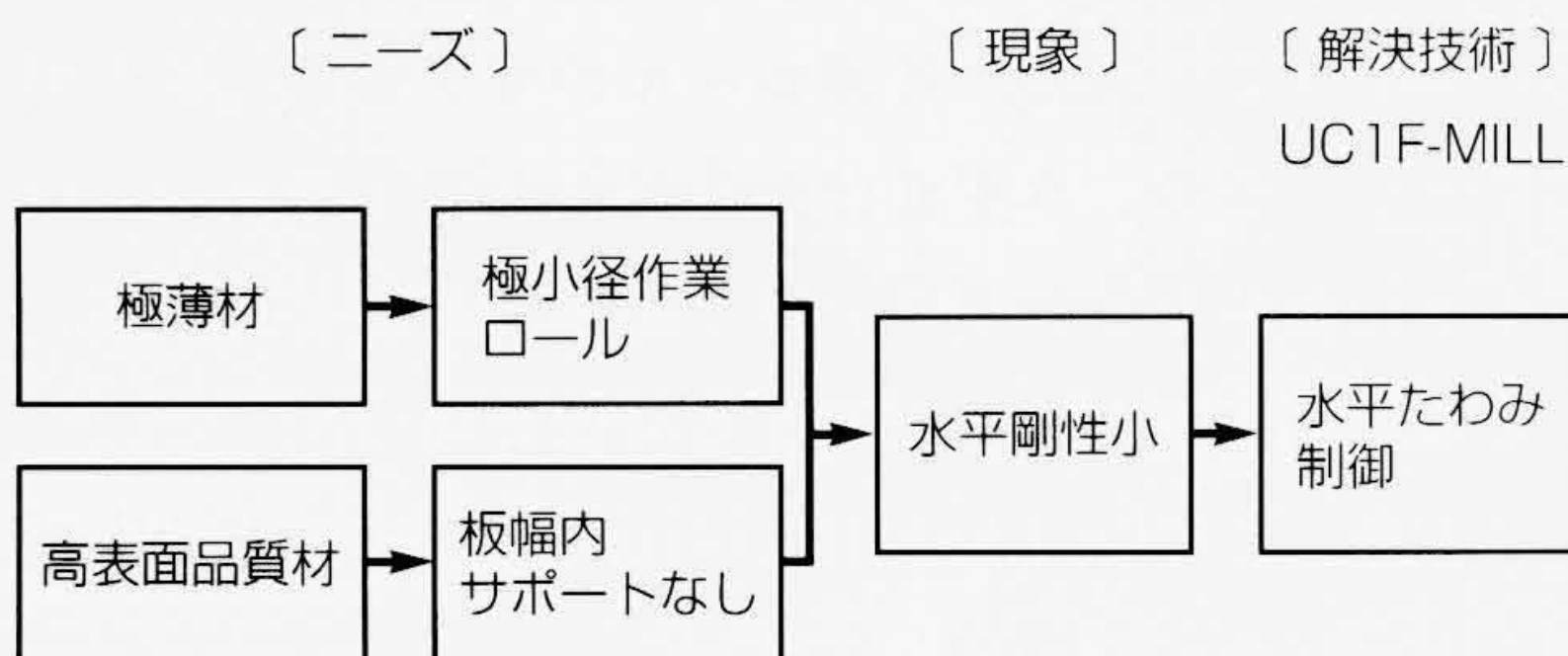
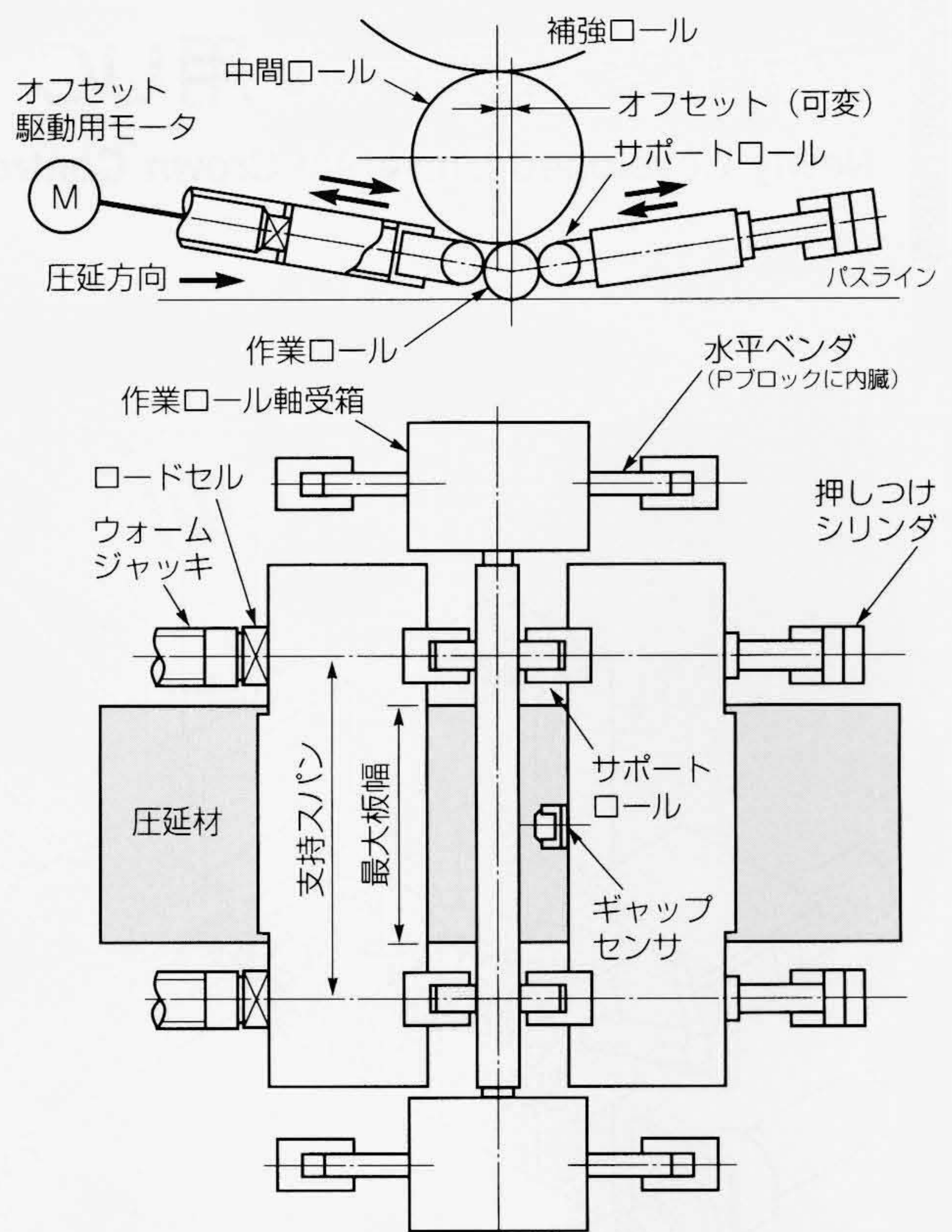


図1 ニーズと解決技術

作業ロールの水平たわみ制御を可能としたUCIF-MILLにより、極小径作業ロールを持つ、圧延機の問題点を解決した。



注：略語説明 M(Motor)

図2 UCI F-MILLの構造

作業ロールは、入・出側両方向から板幅外に設けられたサポートロールによって水平支持される。また、作業ロールの水平たわみは、パス中心に設けたギャップセンサによって測定される。ウォームジャッキを用いたオフセット制御機構は、オフセット駆動用モータによって動作する。

確保することができる。

- (2) ウォームジャッキを用いたオフセット制御機構を備え、圧延中に作業ロールのオフセットをダイナミックに調整するので、水平たわみの原因となる水平力を常時微小に抑えて安定した板形状制御ができる。
- (3) 作業ロールに水平ベンダ機能を付加して作業ロールに曲げ力を与え、上下作業ロールの水平たわみをおのおの個別に、かつ、迅速に制御することができるので、外乱による水平力の変動に対しても水平たわみを微小に抑えることができる。

3 水平たわみ制御

水平たわみの発生モデルを図3に示す。作業ロールに発生する水平力は、作業ロールと中間ロールの幾何学的関係で決まり、(1) 圧延荷重の水平方向成分、(2) 駆動接線力、(3) 前方・後方張力、(4) 作業ロールの水平たわみに

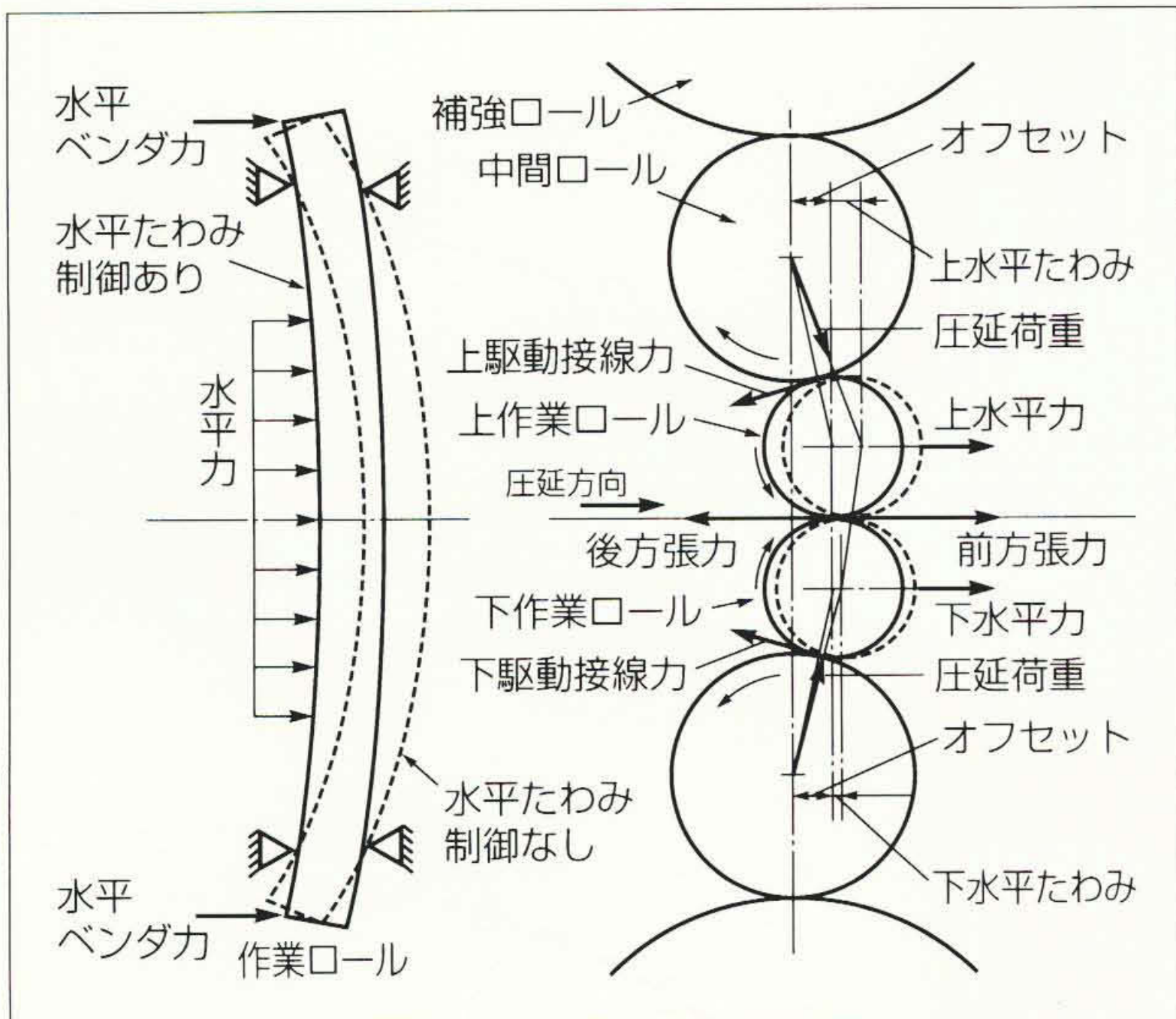


図3 水平たわみ発生モデル

作業ロールの水平たわみは、圧延荷重の水平方向成分、駆動接線力、および前方・後方張力の合力によって発生する。

よって付加的に作用する分力である。これらの合力がロールの曲げ剛性とバランスしたときにたわみ量が定まる。水平たわみは次式で表される。

$$\Delta = \frac{H}{A - P \cdot F(\Delta)}$$

ここに、 Δ ：水平たわみ

H ：水平力

A ：作業ロールの天然の剛性

P ：圧延荷重

$F(\Delta)$ ：たわみによる関数

注：分母の $A - P \cdot F(\Delta)$ は水平剛性を表す。

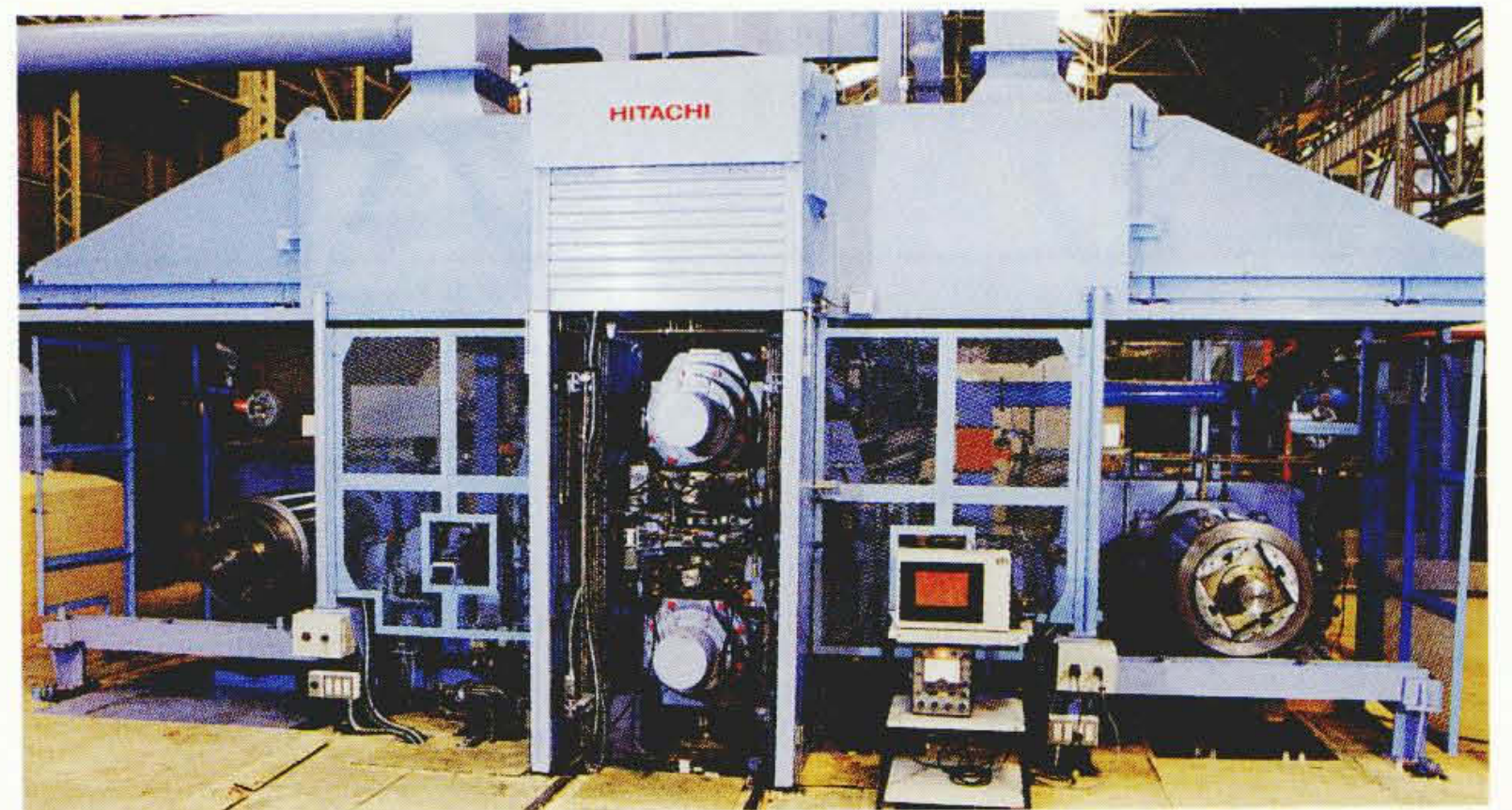


図5 UC1F-MILLテストミル

実機の2分の1の大きさのテストミルで圧延テストを実施し、UC1F-MILLの圧延特性を確認した。

UC1F-MILLの水平たわみ制御は、作業ロールのオフセット制御と水平ベンダ制御の二つの制御で構成している。オフセット制御はゆっくりと水平力(H)を小さくしてゆき、水平ベンダ制御は速い応答で水平たわみ(Δ)を小さくする。この二つの組合せによって制御上での作業ロールの水平剛性を大きくすることができ、水平たわみを小さく抑えることによって作業ロールの小径化を可能とした。

制御方法の概要を図4に示す。水平ベンダ制御では、ロールセンタに設けたギャップセンサで検出した作業ロールのたわみ量が設定たわみ量となるように、サーボ弁で位置制御を行う。作業ロールのオフセット制御では、水平ベンダ制御の偏差が目標値(ゼロ)、すなわち作業ロールの入・出側の水平ベンダ圧力が同値になるようにサポートロールの位置を制御する。水平ベンダ制御はハード

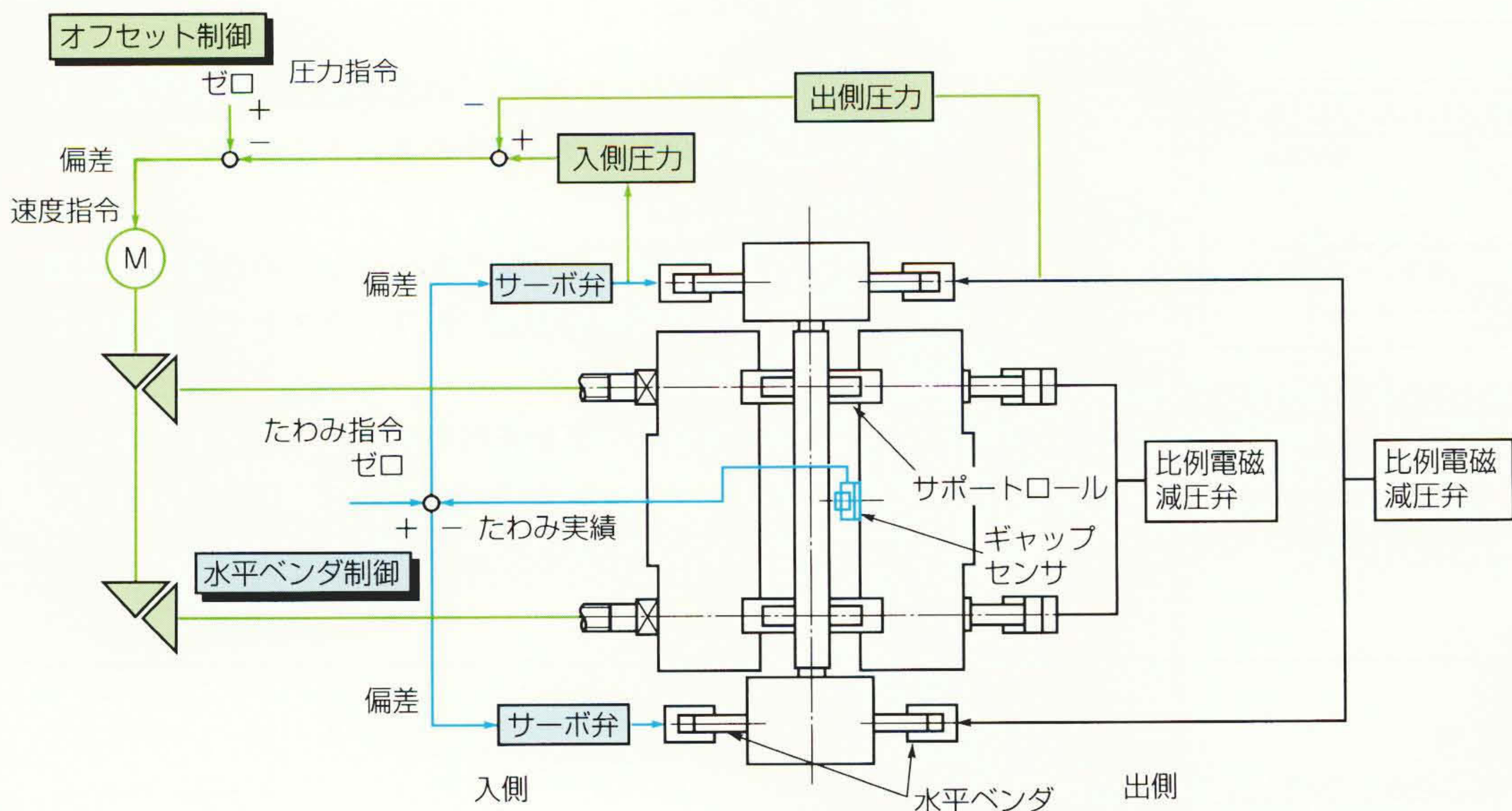


図4 制御方法の概要

作業ロールの水平たわみ制御は、作業ロールのオフセット制御と水平ベンダ制御によって構成されている。

表1 テストミルの主な仕様

UC1F-MILLテストミルの主仕様を示す。作業ロール径は最大板幅の $\frac{1}{10}$ となっている。

項 目	仕 様
作 業 ロール	直径 55×長さ650(mm)
中 間 ロール	直径220×長さ650(mm)
補 強 ロール	直径460×長さ650(mm)
圧 延 材 板 幅	最大550 mm
作業ロールベンダ	最大 6 kN・チョック
中間ロールベンダ	最大 70 kN・チョック
圧 延 油	ミネラル油

回路で閉ループ制御を行い、作業ロールオフセット制御はベクトルインバータによる速度制御を採用している。

なお、オペレータは運転室のCRTにより、サポートロールの水平荷重およびオフセット位置の状態監視を容易に行うことができ、操業の安定性を確認することができる。

4 テストミルの圧延特性

実機の2分の1の大きさのテストミルを用いてUC1F-MILLの実圧延特性を確認した。

UC1F-MILLテストミルの外観およびその主な仕様を図5、表1にそれぞれ示す。

(1) 形状制御特性

水平たわみ制御により、板幅内に分割サポートロールを設けなくても作業ロールの水平たわみを微小に抑えることができ、良好な板形状を得ることができた。水平たわみをゼロ近傍に保持した場合の板形状を図6に示す。

(2) 圧延荷重特性

水平たわみ制御をしない場合と比較して、圧延荷重を

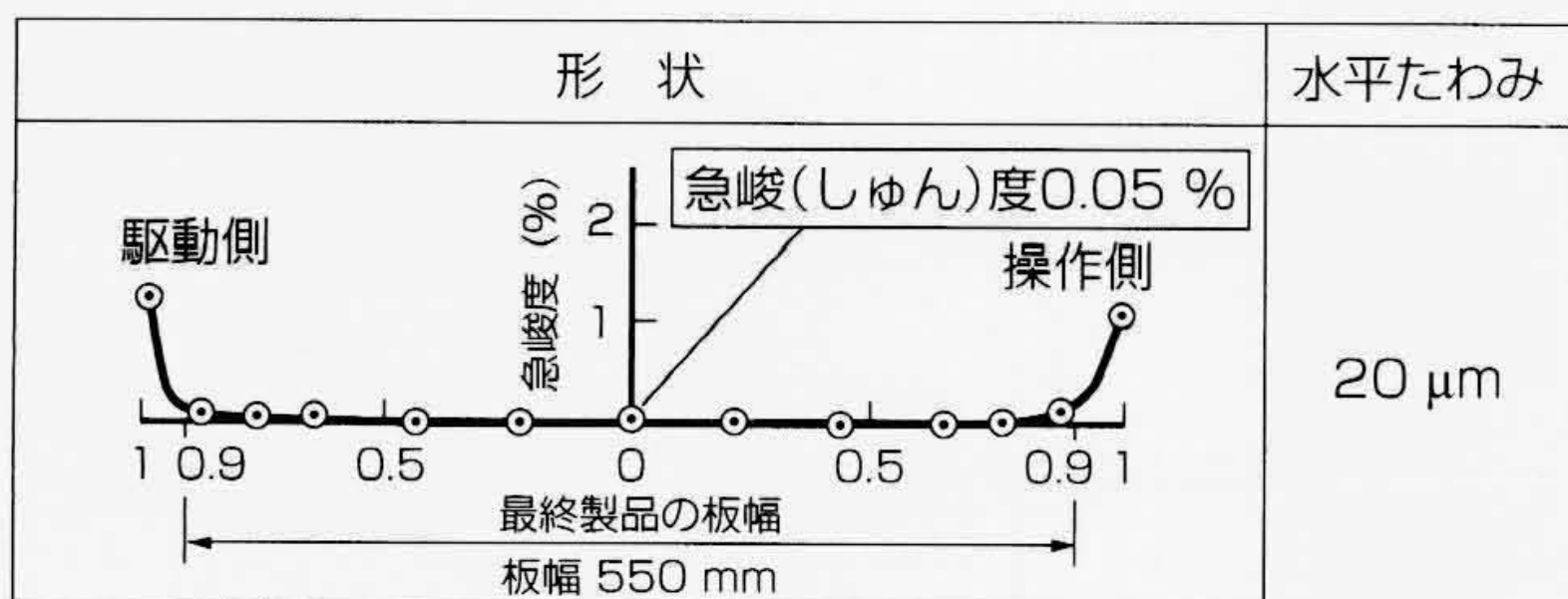


図6 テストミルでの板形状：圧延材[SUS430, 0.25t×550B (mm)], 圧下率(20%), 圧延荷重 [0.72 MN (72 t)]

作業ロールの水平たわみをゼロ近傍に制御することによって良好な板形状を得た。なお、通常、板切れを起こさない安定した圧延を行うために意図的に端伸び形状としている。

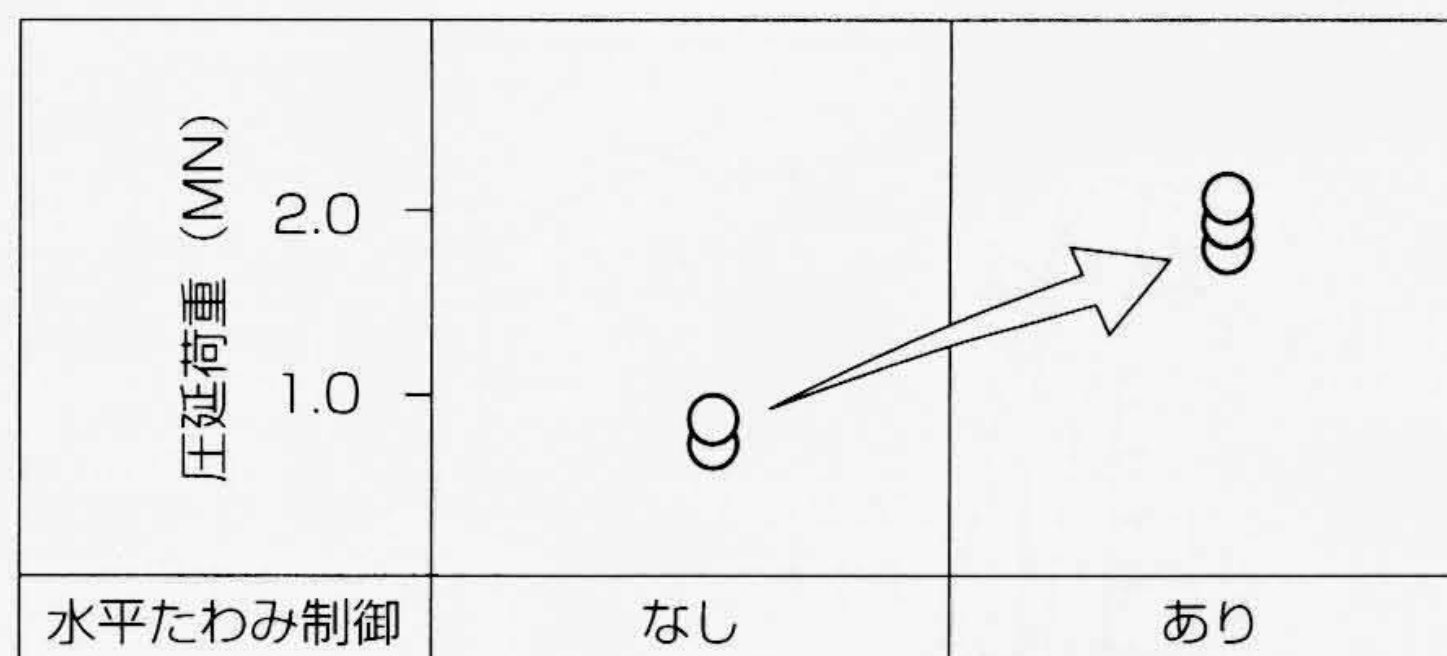


図7 水平たわみ制御の圧延荷重に与える影響

水平たわみ制御を行うことによって圧延荷重を約2倍にすることができる。

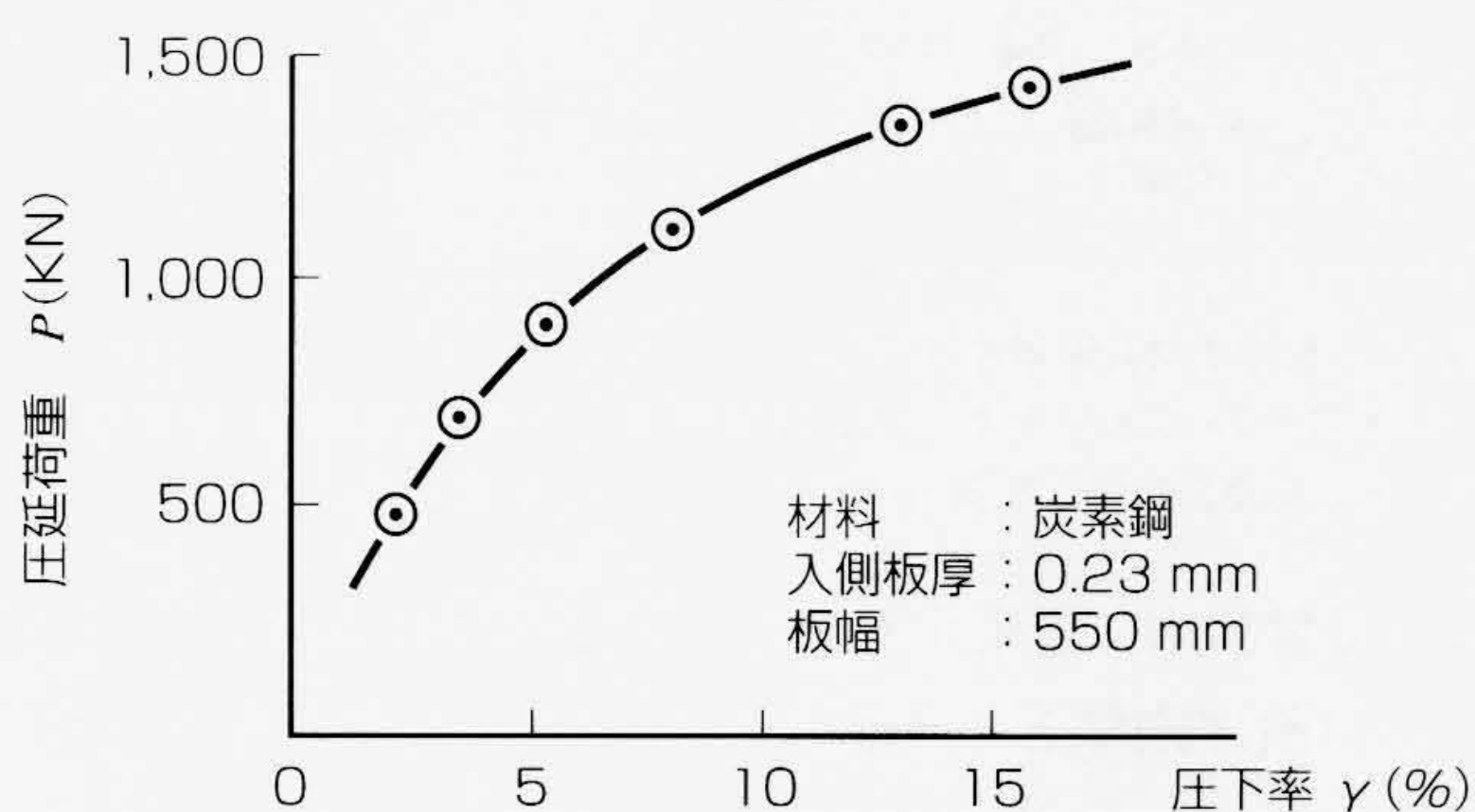


図8 圧延荷重特性

作業ロールにダルロールを使用した場合の圧下率と圧延荷重の関係を示す(圧下率 $r=15.7\%$ 時、圧延荷重 $P=1,400$ kN、作業ロール径 $D=\phi 55$ mm)。ここではダルロール1パス圧延での高圧下圧延(圧下率15%)を確認した。

約2倍にすることができた(図7参照)。

また、板幅の10分の1まで作業ロールを小径化することにより、ダルロール1パス圧延での高圧下圧延(圧下率15%)を可能とした。

圧下率と圧延荷重の関係の一例を図8に示す。

5 おわりに

ここでは、“UC1F-MILL”の基本構造、制御方式、および実機の2分の1の大きさのテストミルでの圧延結果について述べた。

UC1F-MILLはファインスチールなどの極薄表面厳格材用に開発した冷間圧延機であり、テストミルを用いてその基本特性を確認した。

今後は、実機での圧延特性を確認し、テストミルとのスケールファクタを定量的に把握して、UC1F-MILLに反映していく考えである。

参考文献

- 1) 安成, 外: UCミルの小径化検討, 塑性加工春季講演会(1993-5)