

極薄板圧延用多段圧延機・KT・KST ミル・における新技術

北川聡一*・井上哲雄*・上杉憲一**

*エンジニアリング事業部・製鉄・産機プラント技術部 **エンジニアリング事業部・企画室

Multi-high Rolling Mill・KT・KST Mill・New Technology for Ultra Thin Strips

Soichi Kitagawa・Tetsuo Inoue・Kenichi Uesugi

Multi-high rolling mills (KT・KST mill) are useful for cold rolling ultra thin strips of stainless steel and copper alloy. KT・KST mills have five kinds of actuators to control strip thickness and flatness, the most important factors in thin strip quality. For ultra thin strip rolling, Kobe Steel supplies three sets of KT・KST mills which have unique features such as a specific work roll diameter, a thickness control system, flatness control equipment, anti-creasing equipment and a wiping device. This equipment increases the reputation of KT・KST mills for high quality and high efficiency rolling.

まえがき = 近年、ステンレス・伸銅圧延業界では、電子機器の生産拡大などにもないこれに使用するための極薄板材の需要が増大した。ここで求められる圧延製品の品質は、きわめて高い部類に属し、必然的にそれを製造する圧延機に対しても厳しい性能が要求される。

当社は 1970 年以來薄板用冷間圧延設備として 20 段圧延設備 (KST ミル)・12 段圧延設備 (KT ミル) を数多く製作してきたが¹⁾、従来の技術に加え、近年の上記ユーザーニーズに応えるべく技術開発を続けてきた。

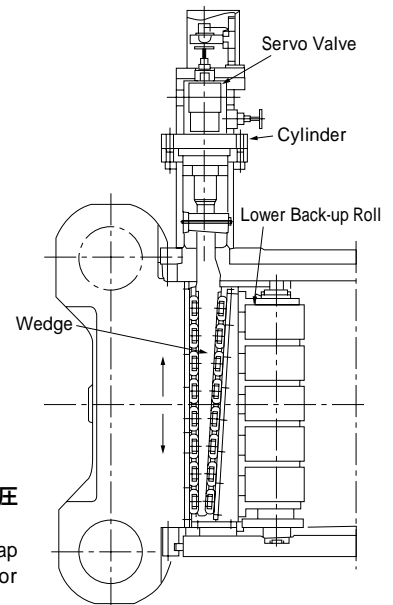
本稿では、当社が最近納入した KT・KST ミルにおける、とくに極薄板冷間圧延に配慮した特有の技術を紹介する。

1. KT・KST ミルの特徴

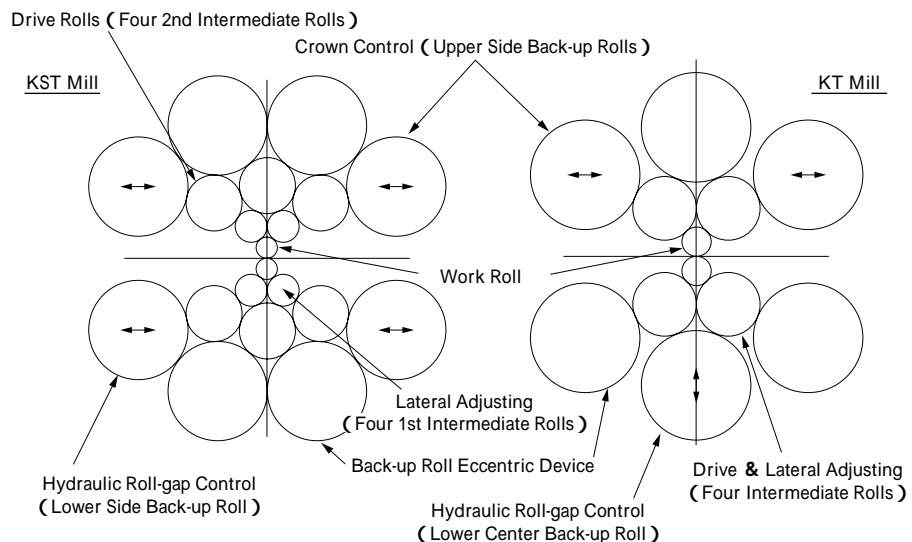
中硬質 (ステンレス・伸銅製品) の薄板材を冷間圧延する場合、ワークロール径を小径化する必要がある。ただし、ワークロール径が小さくなるとロールの横剛性が低下しロールの軸心たわみが発生しやすくなる。

このたわみを防止するために、ワークロールをサポートするロール (中間ロール、バックアップロール) をワークロールの周囲にピラミッド状に配置した圧延設備が KT・KST ミルである (第 1 図)。

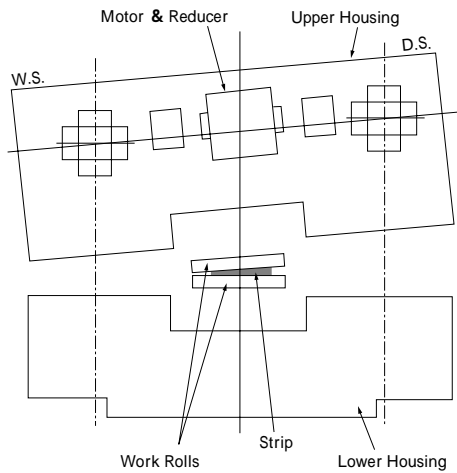
KT・KST ミルでは、冷間圧延した薄物の品質でもっとも重要視される板厚・平坦度 (形状) を良好に制御するためのアクチュエータとして、以下の機器を具備している。



第 2 図 KST ミルの油圧圧下装置
Fig. 2 Hydraulic roll-gap control device for KST mill



第 1 図 ロール配置
Fig. 1 Roll arrangement



第3図 傾斜压下機構
Fig. 3 Tilting device

1.1 板厚制御用アクチュエータ

板厚を制御する装置としてウェッジ式油圧压下装置(第2図)を下ハウジング中央バックアップロール(KTミル),または下ハウジング両側のバックアップロール(KSTミル)に組込んでいる。また,応答を速くするため直動式サーボ弁を油圧シリンダに直接組付けている。

1.2 形状制御用アクチュエータ

形状を制御し,形状不良を修正するために以下に示す4種類のアクチュエータを具備している。

1.2.1 傾斜压下機構(第3図)

上ハウジングの作業側(Work Side)と駆動側(Drive Side)を同時に逆方向へ作動させて上ハウジングを傾けることにより圧延材の片伸びを修正する。

1.2.2 クラウン調整装置(第4図)

バックアップロールは,バックアップロールベアリングとサドルにより構成されているが,上ハウジング両側のバックアップロールのサドルを個別に押出すことにより板幅方向の部分押し付けをおこない,ワークロールのクラウンを任意に調整することができる。

1.2.3 ラテラル調整装置(第5図)

中間ロールに設けたテーパの位置を板幅に合わせて軸方向にシフトさせ,おもに板端部の形状修正をおこなうために有効である。

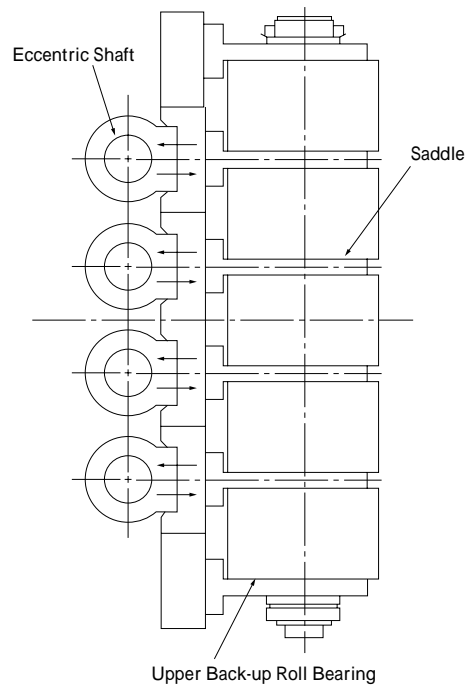
1.2.4 支持ロール偏心装置(第6図)

前述のクラウン調整装置は,バックアップロールのサドルを個別に押出す装置であるが,支持ロール偏心装置は板幅に応じて板幅方向全体のロールクラウンを調整する。本装置は,KTミルの下ハウジング両側のバックアップロールに具備されている。

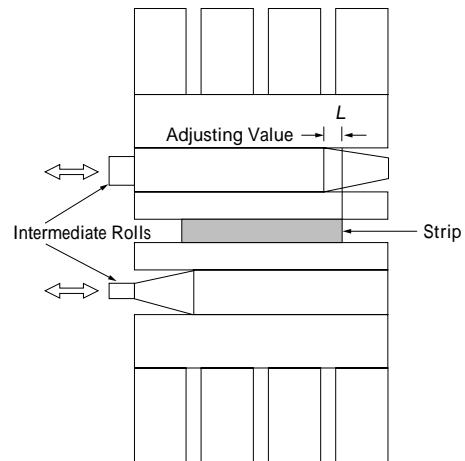
2. 極薄板圧延用KT・KSTミルの仕様

当社が納入した代表的な極薄板圧延用KT・KSTミルの主仕様を第1表に示す。KTH-30とKTH-40は,ともにステンレスを主体に圧延するKTミルであるが,ワークロール径は最小板厚の要求に応じて決定した。また,板幅と圧延荷重との兼ね合いから横剛性の限界にも配慮している。

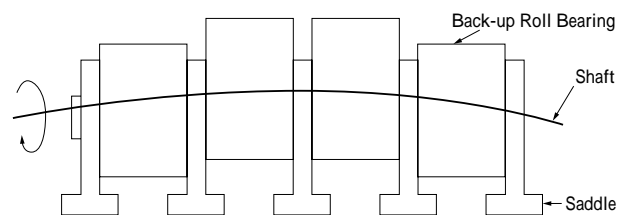
いっぽう,KTH-30とKST-30は,同径のワークロー



第4図 クラウン調整装置
Fig. 4 Crown control device



第5図 ラテラル調整装置
Fig. 5 Lateral adjusting device



第6図 支持ロール偏心装置
Fig. 6 Back-up roll eccentric device

ルを持つKTミルとKSTミルであるが,入側板厚が比較的厚い場合は,バックアップロールベアリングの負荷容量の観点からKSTミルとしている。

KTH-30のミル正面図を第7図に,KTH-40とKST-30を写真1と写真2に示す。

3. 極薄物圧延に対応する技術

3.1 適正ワークロール径の決定

通常ワークロール径は,要求最小板厚から,Stoneの式やRobertの式を使って求めるが²⁾,ワークロールの横

第1表 極薄板圧延用 KT・KST ミル主仕様

Table 1 Main specification of KT・KST mill for rolling of ultra thin gauge

Mill Name Type	KTH-30 12 High KT Mill	KTH-40 12 High KT Mill	KST-30 20 High KST Mill
Work Roll Diameter Standard Size Large Size	30mm 60mm	40mm 80mm	30mm 60mm
Material to be rolled	Stainless Steel	Stainless Steel Copper Alloy	Stainless Steel Copper Alloy
Strip Thickness Material Product	max. 0.5mm min. 0.01mm	max. 0.5mm min. 0.02mm	max. 1.0mm min. 0.01mm
Strip Width	max. 420mm	max. 550mm	max. 550mm
Rolling Speed	max. 400m/min	max. 600m/min	max. 500m/min
Rolling Load	883kN	1 079kN	1 079kN

剛性の観点からも板幅と荷重に応じたロール径を適正に決めることが重要である。当社では、実用的な手法として、横剛性の決定に支配的なワークロールのたわみで評価している。とくに、ワークロールの軸心たわみ(y)はワークロールを単純なはりとして近似すると、次の式で与えられる。

$$y = A \cdot W \cdot B^3 / D^4 \dots\dots\dots (1)$$

ただし、W：圧延荷重、 B：板幅、
D：ワークロール径、 A：常数

当社では過去に納入した多数の設備から帰納的に y の値の限界として $4.0 \sim 5.0 \times 10^{-4}$ (A=1 にて) をえ、最大圧延荷重、最大板幅を評価決定している。

したがって2章で紹介した KT・KST ミルでは最小板厚 0.01mm、0.02mm を圧延するためにワークロール径をそれぞれ 30mm、40mm としているが、横剛性に関しても良好な形状が達成できることを設計段階で確認した。

3.2 板厚制御システム

板厚制御用システムは、油圧圧下装置の位置制御用コントローラと板厚制御指令演算用コントローラに機能分担し、2ms 周期の位置制御演算を実現した。とくに KTH-30 では張力計(ロードセル)を形状検出装置の下部に組み込み、圧延中の実張力を制御装置にフィードバックすることにより加減速時の板厚制御性の向上、極薄板圧延における圧延中の板破断の低減を図った。



写真1 KTH-40 ミル正面
Photo.1 Front view of KTH-40



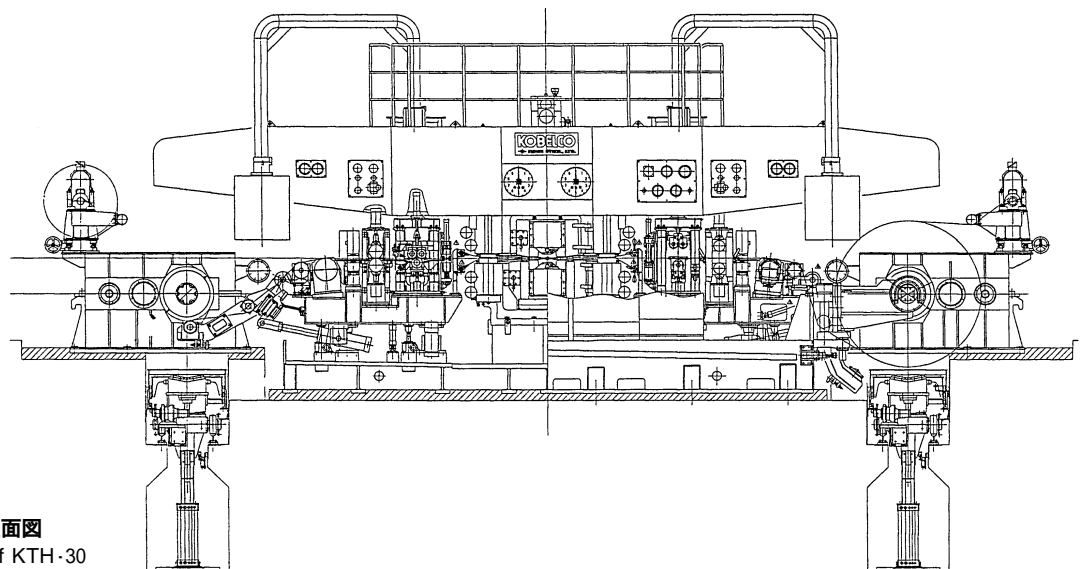
写真2 KST-30 ミル全景
Photo.2 General view of KST-30

3.3 形状制御装置

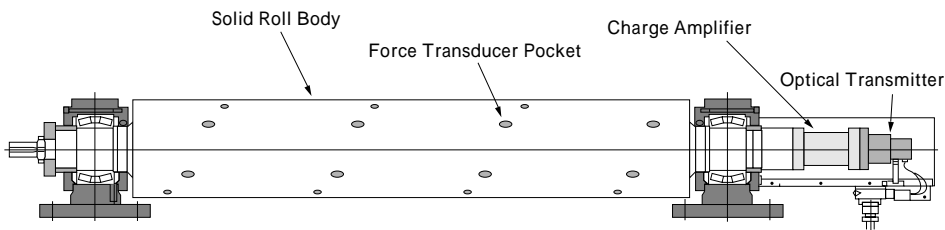
KT・KST ミルの形状制御用アクチュエータを最適に活用し、板厚に影響を与えることなく良好な形状を短時間で達成するために、各アクチュエータの影響係数を使った多変数制御方式による自動形状制御装置を開発^{3)A)}した。

また、形状をオンラインで検出できる形状検出装置も当社にて設計・製作しており、2章に述べた3設備のすべてに装着している。

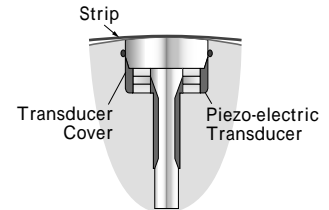
とくに最近納入した KTH-30 には、分割ディスクを



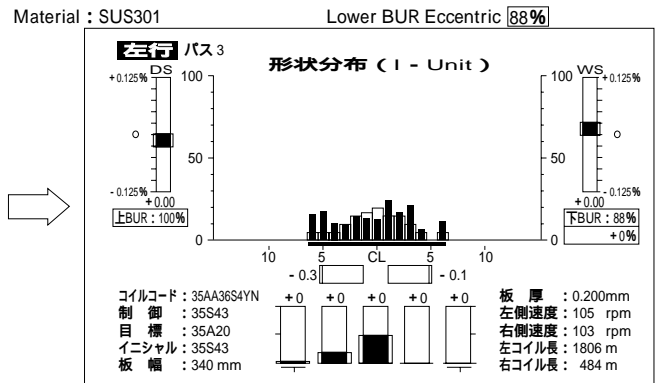
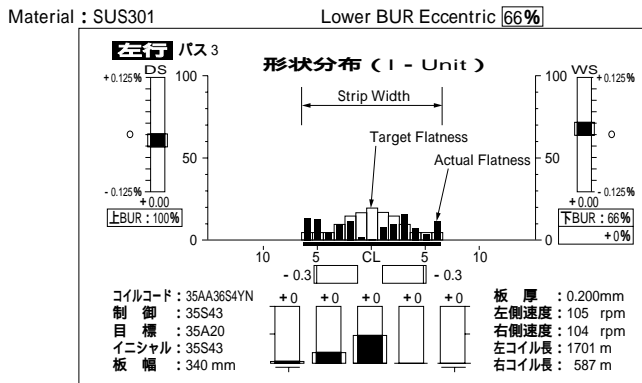
第7図 KTH-30 ミル正面図
Fig. 7 Mill elevation of KTH-30



第8図 検出ローラ外観図
Fig. 8 View of sensor roller



第9図 圧電素子組込状態
Fig. 9 Assembly of piezo-electric transducer



第10図 支持ロール偏心装置の効果
Fig. 10 Effect of back-up roll eccentric device

積層した形式(分割形)にかえ、一体型ローラ(ソリッド形)形式の形状検出装置を新たに開発し設置した(第8図, 第9図)。

分割形ではディスク間に全周にわたるスリットが存在するが、ソリッド形ではセンサ周辺の円周部に限定されるため、表面品質の要求が厳しい材料に対しても板疵発生防止の面から格段に有利である。

また、ソリッド形ローラは一本の材料から削り出すため、分割形に比べ、より高い強度が確保できる。さらに、ローラから外部への信号伝達には非接触式の伝送装置を採用し、信頼性・保守性を高めている。

KST-30では、従来KTミルにしか具備していなかった支持ロール偏心装置をKSTミルで初めて採用し、上下中央のバックアップロールに設置した。

圧延中に下支持ロール偏心装置を作動させ、最大押出量の66%から88%まで押出量を変化させたときの形状の変化を第10図に示す。押出量が66%では、板中央部の実形状は完全に張っており、ワークロールの機械的なクラウンが不足している状態である。ワークロールのクラウンを補うために押出量を88%に増加させた結果として、板中央部の形状は硬質材のSUS301の圧延にもかかわらず、約15I-unit伸びて目標形状に近づいている。

4. しわ防止装置

極薄板圧延においては、板表面にしわが発生し圧延を阻害する現象がよく発生する。巻き取り時のしわを防止するために、アイロンローラを設置し、さらにデフレクターローラとアイロンローラの間で適正間隔でブライドルローラを設置して、材料をロールで拘束している。

しわの発生は操業条件・圧延材料に影響を受ける場合が多く、いっぽうローラを多数設置するとメンテナンスに手間を要するため、これらローラの設置に関しては適正な構成となるように設備ごとに検討をおこない、独自の方式としている。

5. ワイピング装置

極薄板を高速で圧延するためには圧延油を効率よく除去することが重要であり、当社では6段式ローラワイパ、3ローラ式ローラワイパ、エアワイパ、ゴムワイパなどを操業条件や圧延材料を考慮して組合わせている。

むすび=KT・KSTミルは、極薄物圧延に対応できる高品質・高性能圧延設備としてユーザから高い評価をえている。今後の薄物用圧延設備は、高齢化・環境への配慮といった日本の社会情勢の変化に合わせて対応していく必要がある。たとえば省力化システムとして最近開発したオペレーションガイダンスシステム⁶⁾をさらに拡充させるとともに、今後、中進国の経済発展にともなう薄板材の需要増加に対応できるように、使いやすい設備を提供することに注力していきたい。

参考文献

- 1) 酒巻弘吉ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.33, No.2(1983), p.37.
- 2) 川並高雄ほか：昭60春 塑加講論(1985), p.69.
- 3) 前田恭志ほか：塑性と加工, Vol.32, No.363(1991), p.470.
- 4) 前田恭志ほか：塑性と加工, Vol.32, No.363(1991), p.476.
- 5) 岡本雅好ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.47, No.2(1997), p.81.
- 6) 片山裕之ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.47, No.2(1997), p.81.