

れている。クロムめっきロールをスキンプラスに用いると3～10倍の耐摩耗性の向上効果が確立され、通常の冷延ロールとして用いても約3倍の寿命増加が示されている。これ以上の寿命延長を考えると、新しい表面処理ロールの開発、セラミック材料の使用について今後研究をつづけていく必要があろう。

#### (5) 圧延油

最近圧延油の改良は盛んであり、冷間圧延においては強圧

下化、高速化のための高潤滑性、冷却性、および圧延機まわりの清浄性の優れた圧延油の開発が圧延メーカーと圧延油メーカーとの共同で行われるようになった。そのため基油として合成エステルの使用が増加し、乳化剤として高分子カチオン分散剤が使用されることもある。一方、熱間圧延においては高潤滑性を得るために金属せっけんグリースなどの半個体潤滑剤および黒鉛などの個体潤滑剤が添加されるようになってきている。

## 4.3 板圧延技術の進歩

### 4.3.1 圧延設備

#### (1) はじめに

ここ10年間に生産性の向上、省エネルギー、歩留り向上などの目的から圧延技術は格段に進歩を遂げた。

特に製品の各種形状や板クラウン、エッジドロップの向上に対してより多大の労力が払われた結果これまでにない全く新しい形式の水平圧延機、垂直圧延機、幅プレス設備などの出現に至った。

ここでは、特に最近の板圧延関連の新設備、装置をとりあげその特徴を述べ、また電動機駆動系の進歩についても触れる。

#### (2) 水平圧延機

これまでの DCB (ダブルチョックベンダ)、NBCM (ニューバックアップロールクラウンミル) に引き続き新たに水平ベンドを利用した FFC ミルが出現した。小径ワークロールを持ち、そのロールを多分割ロールで水平方向に押しして形状制御を行う方式のミルである。さらには、熱延のエッジドロップ制御、クラウン制御の目的で、極小径ワークロール (アイドル) を片側にもちもう一方は通常のワークロール径にて駆動する ME ミル (ミニマムエッジドロップミル) も出現した。

またすでに開発済の HC ミル (6 段圧延機、中間ロールを

ロールバレル方向に移動させロール軸心たわみをコントロールする) を基本としてその後にはワークロールシフトミル、UC ミルなどが生まれた。

同じくワークロールをシフトさせるがワークロールに特殊な関数のカーブをつけることによりクラウン制御を行う CVC ミルも開発された。カーブとシフトの組合せにより板断面が凸から凹まで得られる点を特徴としている。

また、バックアップロールの中央部に油室をもち、高圧の油を入れて膨らませる VC ロールはすでに実用化されているが、逆にバックアップロールの両端にテーパ室を設け中のピストンに軸方向に油圧を作用させ端部径を変化させる TP ロール (テーパピストンロール) も実機化された。

さらに、通常ミルのワークロール間にクロス角を与えると格段のクラウン効果が得られることは知られていたがスラスト力が過大であり実用化を妨げていた。しかしその対策としてワークロールとバックアップロールを対でクロスさせる PC ミル (ペアクロスミル) が実機化された。バックアップロールとワークロール間のスラストは発生させずに、圧延材とワークロール間のみスラスト力を受ける構造としたもので、このミルの出現によりこれまでの新形式ミルによる熱間圧延のクラウン制御能力競争は一段落の感も否めない。しかし、つい最近になって、ワークロールクロスミルの実機化予定が公表になった。理論的にはペアクロスよりもそのクラウ

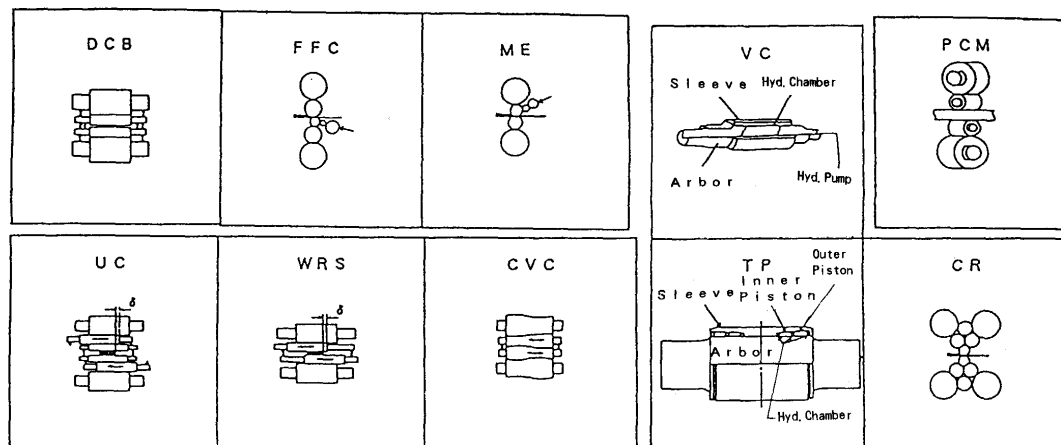


Fig. 4.11. New strip crown, shape control mills. (Memo. Symp. of 100th R.T.C., p. 270)

ン制御能力は上であり、先に述べたスラスト力の減少方法、装置などが判然としないが、新しい何がしかの工夫が実施されているはずであり、結果が目される。その他、クラスターミル、SRM（スリーブ付バックアップロール）などが実機化、あるいは考案されている。

Fig. 4.11 に公表されている新形式の形状制御圧延機の例を示す。

(3) 幅圧下設備

水平圧延機の技術の進歩がめざましく発展したことは前項に述べたとおりであるが、一方で幅圧下技術も並行して進歩した。

スラブ幅サイジングに関しては、これまでの大型エッジャー（サイジングミル）の代替技術として、プレスによる強幅圧下を行なうサイジングプレスの出現をみた。

従来の圧延ラインはすべてロールによる圧下が行なわれていたが、同ラインにプレスが初めて設置されたことは画期的といえる。

1980年代後半に国内に相次いで2基設置された。以後、国内外においても同設備の採用が増加している。

プレス採用のメリットはいくつかあるが、まずその幅圧下

量の大幅な増加（1パス当たり、サイジングミルでは150〔mm〕が限度に対してサイジングプレスでは350〔mm〕以上が可能）によるスラブ幅サイズの集約、連続鋳造機の生産能力の上昇が達せられる。よってこれまで連続鋳造機が生産量のネックとなっていた点が解消されホットストリップミルと1:1のコネクションが可能となる。またプレス設備も従来のスタートストップ型（スラブの送りとプレスを交互に繰り返す。プレス中はスラブは停止している）から、スラブを停止させることなく走行させながらプレス可能な走間サイジングプレスが出現した。Fig. 4.12 にその概観を示す。

また、ここ10年間に出現した新幅圧下設備として、熱間薄板仕上圧延ラインの仕上スタンド間エッジャーが挙げられる。実用化された同設備は仕上の最終スタンド間に設置され、ストリップのエッジドロップ改善に使用されている。仕上スタンド間というスペースに制限された条件のため、従来の仕上ミル入側のサイドガイドに内蔵された構造となっている。ロール回転駆動はなく、油圧サーボによる高応答圧下を特徴としている。また仕上後段のためにストリップは薄く座屈防止用の上押えロールを設置している。またその上押えロールは板幅方向に3分割され、幅中央部に位置固定の分割ロールを、両エッジに、ストリップ幅に応じて追従可能なエッジロールを装着している。Fig. 4.13 にその概観を示す。この装置は特に薄物材のエッジ改善能力を向上させるために2対エッジャーとなっている点も新しい。

以上に述べたのは、熱間薄板圧延（HSM）ラインに関するものである。一方厚板圧延に関しては、これまで成形圧延、幅出し圧延、仕上圧延の3通りの圧延方式があり各圧延方式のステージ間ではいつも圧延材を90°回転している点が特徴である。最近是新平面形状制御法により厚板材の平面形状が相当改善されているが、さらに板幅精度の向上を狙って仕上ミルのアタッチドエッジャーの導入が図られた。全圧延ステージにエッジャーを適用させること。また新平面形状制御法との組合せにより効果的な幅制御が実現され、トリムフリーが実現されている。

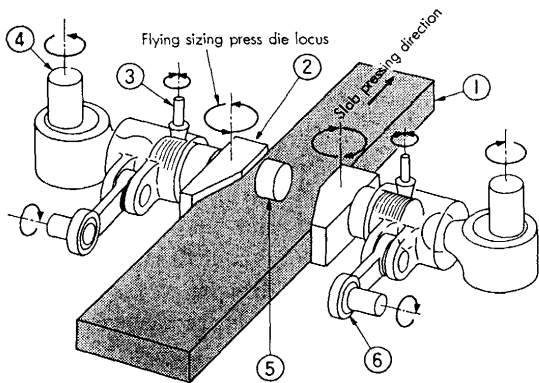
Fig. 4.14 にアタッチドエッジャーの概要を示す。成形圧延では面取エッジングにより特に板側面のまくれ込み防止に主眼を置く圧延が行なわれ、幅出し圧延では平面形状矩形化のための幅圧下を、仕上圧延ではAWCによる幅精度の向上が達成される。

(4) 電動機・ドライブシステム

現在の主機ドライブは交流可変速制御が広く採用されている。この交流可変速ドライブシステムの発展はパワーデバイスの大容量化とマイクロプロセッサの高速化また大容量化が実現したことによる。

マイクロプロセッサはサンプリング時間も現在1msとなり、制御精度を向上させるため速度センサーの検出精度も改善されることとなる。

パワーデバイスとしては現在サイリスタ、GTO、IGBTが



- ①: Slab
- ②: Die
- ③: Die width adjusting shaft
- ④: Main crank shaft
- ⑤: Hold down roll
- ⑥: Die synchronizing mechanism

Fig. 4.12. Mechanism of flying type sizing press. (IHI Eng. Rev., 24 (1991), No. 3, p. 3)

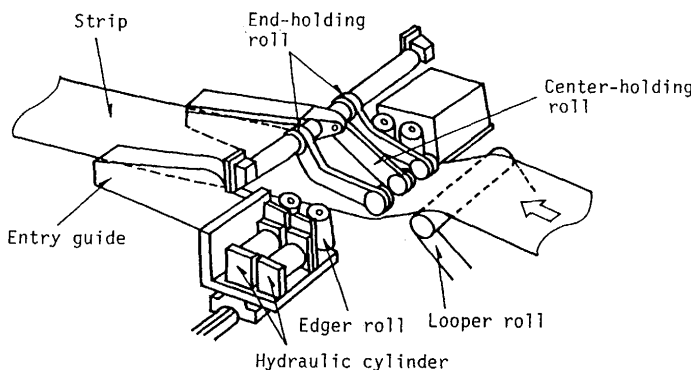


Fig. 4.13. Schematic diagram of edger between finishing stands. (CAMP-ISIJ, 5 (1992), p. 475)

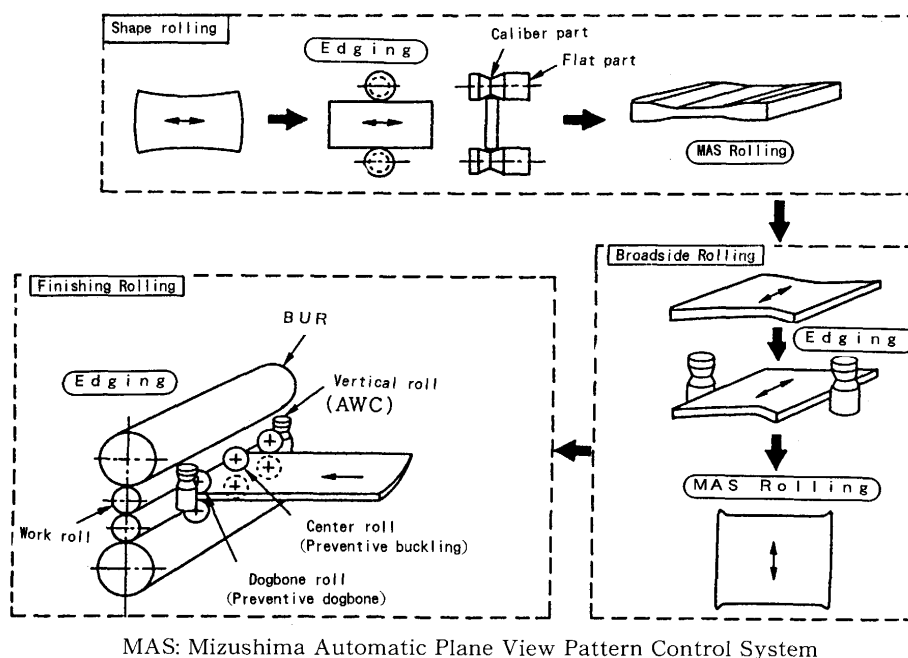


Fig. 4.14. Applying the attached edger in plate rolling. (*J. Jpn. Soc. Technol. Plast.*, 32 (1991), No. 363, p. 406)

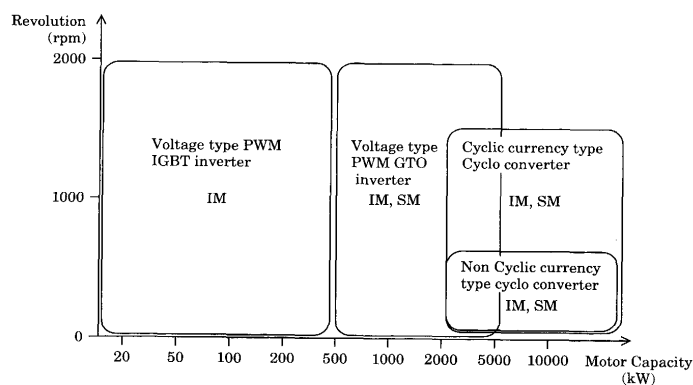


Fig. 4.15. Motor drive applying range. (Memo. Symp. of 100th R.T.C., p. 284)

使われている。また現在も種々の構造が提案され、開発が進められており今後も使用されるデバイスは変わっていくものと考えられる。

現在適用されているサイリスタ、GTO、IGBTの適用範囲の概略を Fig. 4.15 に示す。これにより 500kW 程度までは IGBT インバータ、5000 kW 程度までは GTO インバータを、さらにそれ以上ではサイクロコンバーターが一般的に使われている。パワーデバイスとマイクロプロセッサによって実現されたこれらの交流可変速ドライブシステムの特徴は速度制御応答は 60 rad/s、また制御精度はモータのトップスピードで 0.01% が実現されている。このようなドライブシステムにおける進歩が圧延機の品質改善に寄与しており、例えば概略ではあるが板厚偏差比を直流機を 1 とすると、主機の応答速度が 4 倍速くなっており、板厚偏差比は 0.4 と約 60% 改善されることになる。

### 4.3.2 加熱・冷却

冶金学的、形状的な品質の均一化、操業の安定性、省エネルギー、および設備長短縮を狙って、各々のプロセスに最適な加熱・冷却が選定され、さらに性能向上のための改良や性能予測精度向上のための研究開発が進んだ。

#### (1) 加熱技術

近年特に進歩の著しい加熱技術として、誘導加熱と直火還元加熱に関して述べる。

誘導加熱は、交番磁界中の導電体内で発生する誘導電流により、導電体が自己発熱することを利用した加熱方法である。したがって、応答性が良く、また、磁界分布を制御することにより、局部加熱と均一加熱のいずれにも適用することができる。磁界を発生させるコイルには、大まかに強磁性体加熱に用いられるソレノイド型コイルと、常磁性体および強磁性体の両方の加熱に用いられるトランスバース型コイルの二つの方式がある。これらの原理と特徴を Table 4.2 に示す。

局部加熱に適用されているものとしてエッジヒータがある。これは、熱間圧延前にスラブ端部温度が低下して圧延時に割れが生じることを防ぐとともに、冶金学的品質の均一性を確保するために、スラブ端部を局所的に加熱する装置である。

均一加熱としての適用が将来有望視されるものに、ブリキの連続焼鈍炉がある。ブリキは、食品用缶詰に用いられるので清潔である必要があり、これは雰囲気中で誘導加熱することによって容易に達成される。また、板厚が 0.1~0.3 mm と薄く、ライン速度が 1,000~2,000 m/min と速いため、熱負荷の高応答性が必要となり、誘導加熱が特に有効である。こ