

川鉄千葉 No. 4 連続焼鈍設備の高速化対応技術

Equipment Technology of High Speed Passing for No. 4 Continuous
Annealing Line at Chiba Works川崎製鉄(株)千葉製鉄所 高橋 憲男*・中村 武尚・鳴海 宏
山崎 孝博・大野 浩伸

1. 緒言

本ラインは缶用鋼板用連続焼鈍ラインとして平成2年3月に稼働した。缶用鋼板素材の薄物化要求にこたえ、かつ高生産性をはかったもので、本報告では炉内速度 1000 mpm (入側設備1200 mpm) を達成した高速化対応技術について報告する。

2. 高速化の問題点

高速においては蛇行の変化が早く、これを防止するためにはロール配置、精度および摩擦係数の確保、空気や液の巻き込みの防止、平坦なストリップ形状など液中および炉内における通板安定性の確保が重要な課題となる。特に、板厚 0.15 mm の極低炭素鋼を炉内速度 1000 mpm という高速で通板するためには、バックリング防止のため張力を上げることができず、低張力下で通板安定性を確保するという相反する課題を解決しなければならない。このため、電気制御的にも従来以上の高精度張力制御、揃速性の確保などが必要であった。

3. 安定通板技術

3. 1 クリーニング設備

蛇行防止のため、水切りロールを縦パスに配置するなど拘束性の強いパスライン構成とし、ラインタンク内にカテナリー防止のためヘルパー駆動付のサポートロールを設置した。また溝付きロールを多数配置し、拘束性、蛇行矯正力の向上を図った。高速通板時には液中のストリップの通過抵抗を無視することができず、壁面摩擦抵抗の式および、当所の既設ラインでの実験からスクラバーブラシの通過抵抗を算出してこれに加算し、クリーニング出側のプライドル容量を設定した。計算値と実測値を Fig. 1 に示すがおおむね合致している。

3. 2 鋼板の形状矯正

鋼板の形状は入側ルーパーおよび炉内の通板性に大きく影響することから、入側セクションにテンションレベラーを設置し鋼板の形状矯正をおこなっている。

3. 3 炉内のスリップ防止

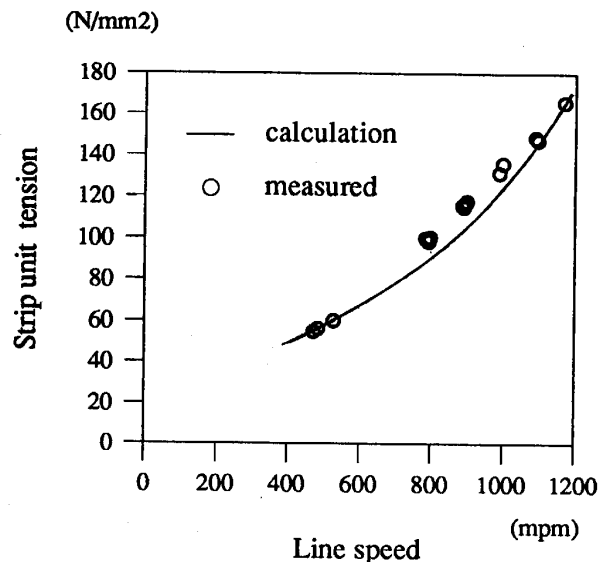


Fig. 1 Relation between strip tension and line speed at exit of cleaning section

極薄の極低炭素鋼板を通板するため炉内張力を低くする必要があり、かつ1000 mpmという高速通板時には、ストリップとロールの間に空気が巻き込まれて見掛けの摩擦係数が低下しスリップの発生が懸念された。フォイル軸受けに関する空気膜の理論式から空気の巻き込みによるストリップの浮上量を求めた計算結果および鏡面仕上ロールを用いた実験結果をFig. 2に示すが、よく似た傾向を示す。また通板限界実験の結果をFig. 3に示すが、Raの2倍程度の空気膜厚では、板の完全浮上は起こらず通板可能であることがわかり、適切なロール粗度を付与することによりスリップの発生防止を図った。

4 バックリング防止技術

4.1 ハースロールイニシャルクラウンの最適化

鋼板とロールの摩擦およびロールの回転を考慮した有限要素法による3次元のバックリングシミュレーションモデルを新たに開発し⁽¹⁾、炉内ロールを設計した。実ラインで本モデルを評価したものをFig. 4に示すがバックリングの発生が精度良く予測できていることがわかる。

4.2 加熱帯サーマルクラウン制御

ハースロールエッジ部への外部からの加熱量を低減するためのロール室と、ロールエッジ部を冷却するためのプレナムチャンバー及びその循環系を設け、(Fig. 5)。吹き付けガス量を変えることによりサーマルクラウンをコントロールする。

4.3 冷却帯サーマルクラウン制御

冷却帯のヘルパーロール廻りには電気ヒーターを配置し、ロール端部を輻射加熱することによりサーマルクラウンの制御を可能とし、高温域では温風ジェットによる冷却によりバックリングを防止した。

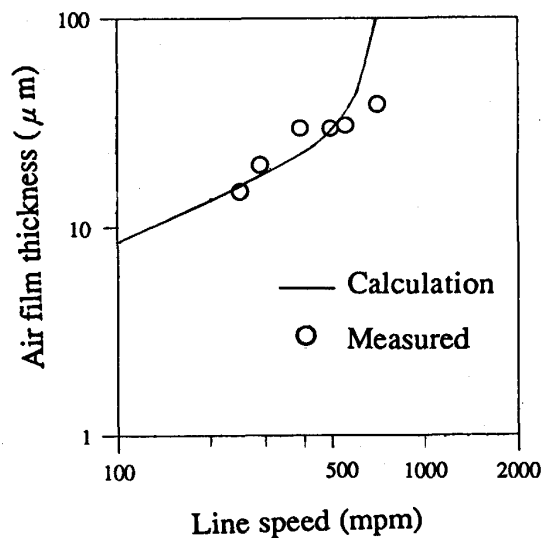


Fig. 2 Air film thickness between strip and roll under low tension

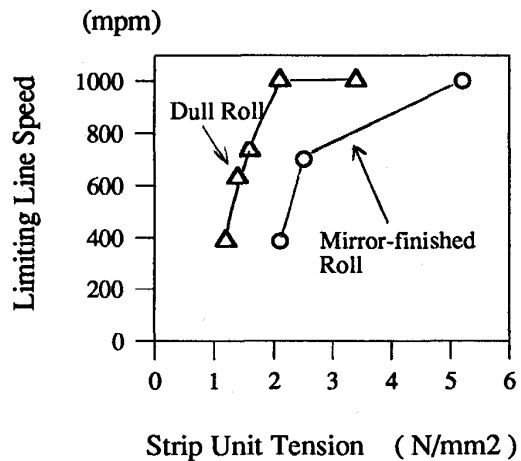


Fig. 3 Effect of roughness of roll surface for limiting line speed under low tension

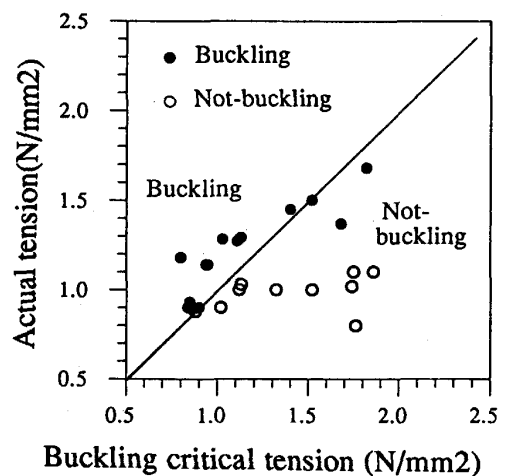


Fig. 4. Relation between actual tension and calculated critical tension

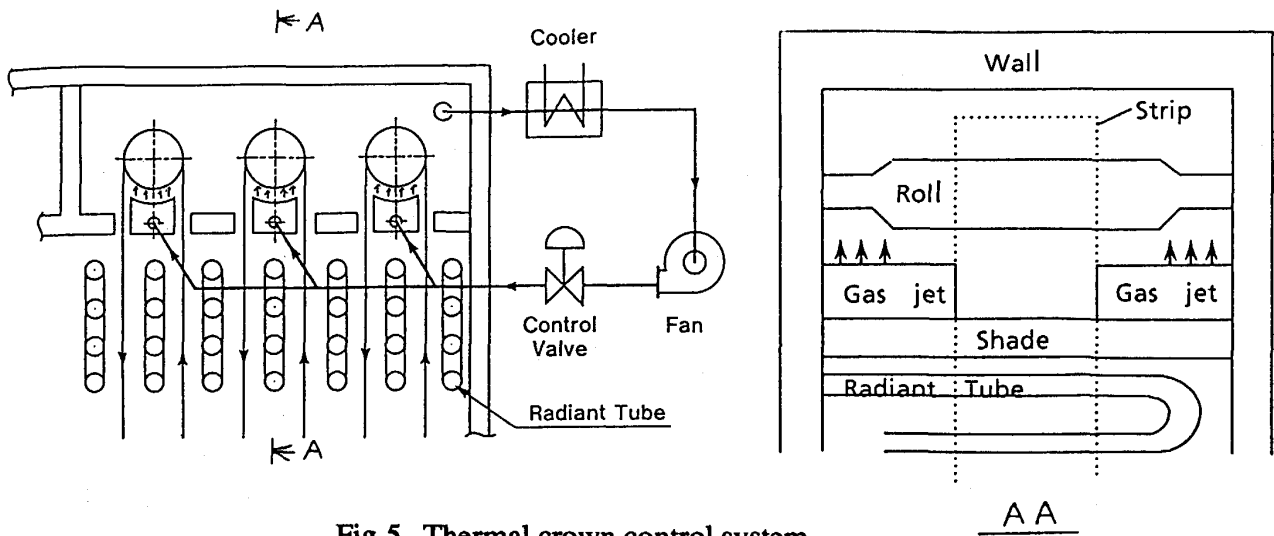


Fig.5 Thermal crown control system

4. 4 高精度張力制御

(1) 高精度張力制御

張力変動は、炉内セクションの加減速時に生じるロールの不揃速及び、ルーパ昇降時のルーパロールの不揃速によるストリップの張力変動の炉内への伝播が発生原因となっている。そこで、モーター間速度を一致させるため、以下の機能を追加した高機能ベクトルインバータの開発をおこなった⁽²⁾。

① FF補償（フィードフォワード加減速電流補償）

速度指令およびモーターの負担すべき慣性から加減速に必要な電流を計算し、電流指令を与える。ASRは本補償電流などのずれによる速度偏差分のみを負担するので、加減速時のドループングによる速度変動は皆無になる。

② ASRゲイン補償

モーターに直結された負荷だけでなく、加減速時などに当該モーターが働きかけねばならない負荷分（ストリップ、非駆動ロールなど）の GD^2 を考慮し、ASR応答を常に一定になるようゲインの自動調整を行う。

③ ダブルリファレンス

速度指令とは別に必要な電流を直接にACRに与えるので、従来のようにASRが出力遅れすることがなくなり、それによる起動遅れなどが皆無になる。

従来タイプのものとの比較をFig. 6に示した。

(2) 低慣性高応答テンションデバイス

炉外で発生した張力変動を炉内へ伝えないために、低慣性高応答テンションデバイスを、炉入側に設置した。これは、トルクモーターによるアームスウィング式ダンサーロールであり従来方式に比べてメカニカルロスが $1/20$ 以内に、また、カウンターウェイトの併用によりトルクモーターの容量を従来の $1/20$ に低減している。

(3) 効果

張力変動は $\pm 10\text{Kg}$ 以下を達成し 1000mpm においても安定した通板を達成している。

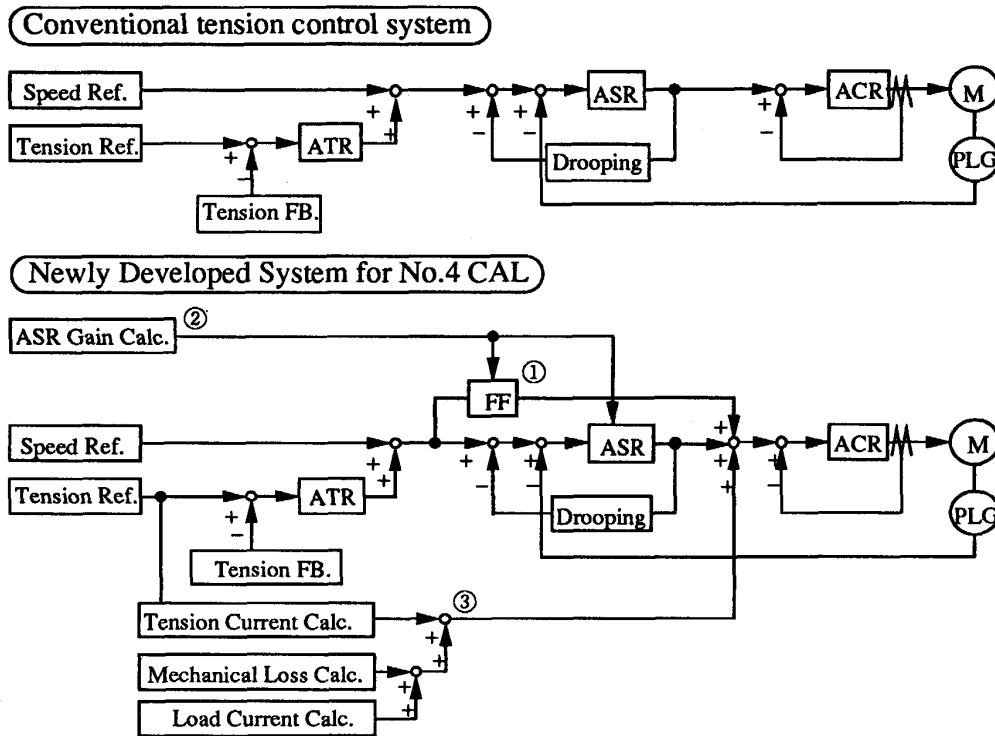


Fig. 6 Comparison of newly developed tension control system and conventional tension control system

5. クリーニング設備の発泡対策

液中の高速通板は液の攪拌効果が大きく、脱脂液の発泡が多くなる。このため、ラインタンクの槽高を高くして槽外流出を防止し、循環配管の戻り系は空気の巻き込みが起こりにくいよう構成した。

6. 結言

本ラインは缶用鋼板素材の薄物化への対応、および高生産性の確保という課題に対して、蛇行防止技術、サーマルクラウン制御技術、高精度張力制御技術など数多くの新技術の開発により、板厚0.15mmの極低炭素鋼に対し炉内速度1000mpmでの安定通板を達成した。

参考文献

- 1) 川原仁志, 大野浩伸, 小川博之, 江原 真, 中島康久, 比良隆明 : 材料とプロセス, 4 (1991), P599
- 2) 池田三郎, 市井康雄, 千野俊彦, 中村武尚, 下山雄二, 大野浩伸 : 材料とプロセス, 4 (1991), P598