

冷延工場の工程連続化のための新技術

New Technologies for Continualization of Cold Strip Mill

冷間圧延での製品品質の向上及び生産性の向上のため、日立製作所は、これまで油圧圧下装置“HYROP”及びHC-MILLなど画期的な新技術を開発し、世に送り出してきた。一方、近年の低成長経済環境のもとでは、更にいっそうの省エネルギー、歩留まり向上、省力化への要望が強く打ち出されてきており、これらを背景とした設備の連続化、自動化が従来の規模を越えて計画されるようになった。

本報告では、従来単独の設備であった冷間圧延設備の他の設備との連続化に焦点を当て、圧延条件の走間変更に対するHC-MILLの活用、カラーゼルリール採用による出側装置の簡便化など、連続化の効果をいっそう向上する新技術を最近の製作実績を基に紹介する。

秦 和宣* Kazunori Hata

西 英俊** Hidetoshi Nishi

芳村泰嗣** Yasutsugu Yoshimura

1 緒言

鉄鋼圧延設備での技術革新は、昨今の厳しい経済環境を反映し、製品の品質向上は言うまでもなく、設備の質的向上、すなわち省力、省エネルギー及び歩留まり、操業効率の向上など、生産性の向上に大きな比重がおかれている。このため、これまでも各製造工程内での自動化、連続化が積極的に図られ、かなりの成果が収められてきた。

しかし、生産性の向上を更にいっそう押し進めようとするとき、各工程が分離している限り重複作業、重複設備が必要であり、また歩留まりの低下、各工程間の待ち時間、コイルの複雑な輸送や管理などが避けられない。したがって、これを解決するには従来の範囲を越えて複数の工程を連続化する必要が生じ始めた。しかし、このような連続化され大規模化する設備で高い生産性を実現するためには、

- (1) 各工程を単に従来の形のまま結んでもラインが長くなるため、各々の設備がコンパクト化できること。
 - (2) 従来の単独設備では許容できても、連続化したために許容できなくなる操業条件や品質条件があるから、これらに十分対応できる設備技術が存在すること。
 - (3) 大規模化する設備の各工程での省力化、更には無人化が図れ、また各工程共信頼性の高い設備となること。
- など、連続化の効果をいっそう高める技術が必要となる。このため他設備と連続化させる冷間圧延設備でも、これらの課題を解決できる新しい技術の導入が必須条件となる。

本報告では、冷延工場の圧延設備と他設備との連続化をよりいっそう効果的にする新技術について、新日本製鐵株式会社広畑製鐵所納め4スタンドタンデムコールドミル、同社君津製鐵所納め6スタンドタンデムミル出側設備、同社八幡製鐵所納め連続焼鈍処理設備用スキンパスミルなど、最近稼動した設備を例にとって新技術の内容とその効果につき紹介する。

2 前後工程と結ばれる連続圧延設備の技術課題

前章で述べたように、従来の連続ミルの範囲を越え、前工程あるいは後工程との連続化を行なう場合には、従来の単独の圧延設備にはなかった新しい技術課題が生じる。すなわち、例えば後工程である焼鈍工程との連続化では、圧延速度が焼

鈍速度により制約され、従来の圧延設備に比べてかなり低い速度となる。このため生産量に見合った投資効果を得、またライン全体をコンパクト化するためには圧延スタンド数を少なくする必要があり、圧延機は高圧下圧延が可能でなければならない。そして、もし高圧下圧延が可能になれば、圧延機入口に供給される素材板厚を厚くして入側ライン速度を低下させ、ループのコンパクト化、入側設備の操業の安定化をも図ることができる。

更に、次工程ラインと連続化を行ない、そこでの良好な通板を常に確保するためには、高圧下圧延下でも走間スケジュール変更時やサーマルクラウンの変化に対し、常に形状の良好なストリップを安定して供給できる機能が圧延機に要求される。また製品の板厚精度についても、走間での板厚変更を迅速かつ正確に行なえることはもちろんであるが、従来、板厚精度の確保が比較的困難であった低速圧延域での板厚精度の確保が、歩留まり向上に欠かせない条件となる。

また上記焼鈍工程や、あるいは前工程であるデスクーリング工程との連続化を図る場合には、通常これらの前後工程ではライン停止や頻繁な加減速が許されないから、圧延工程でのライン停止も極力少なくでき、またやむを得ず圧延ラインを停止する場合は、その時間を極力短くする必要がある。したがって、このためには圧延ラインでの板切れなどのトラブルが少なく、安定した操業が可能であるばかりでなく、圧延時のロール組替頻度が少なく、かつその時間が短縮でき、更に、圧延機出側で高速下でのコイル分割を行なう場合には、コイル分割とその後の通板、巻取作業が確実かつスムーズに行なわれる必要がある。

更に、冷延後の多数の後続工程を連続化した連続焼鈍処理設備では、最終製品の品質を直接左右する設備であり、かつ従来の単独設備より少ない人員で運転しなければならないため、そのインラインスキンパスミルでは製品品質、操業の両面からみても、板の形状や蛇行に対して安定した機能をもつ圧延機が必要となる。

以上に述べた連続化される冷間圧延設備での技術課題を、図1にまとめて示す。以下にこれら技術課題を解決した新技

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所日立工場

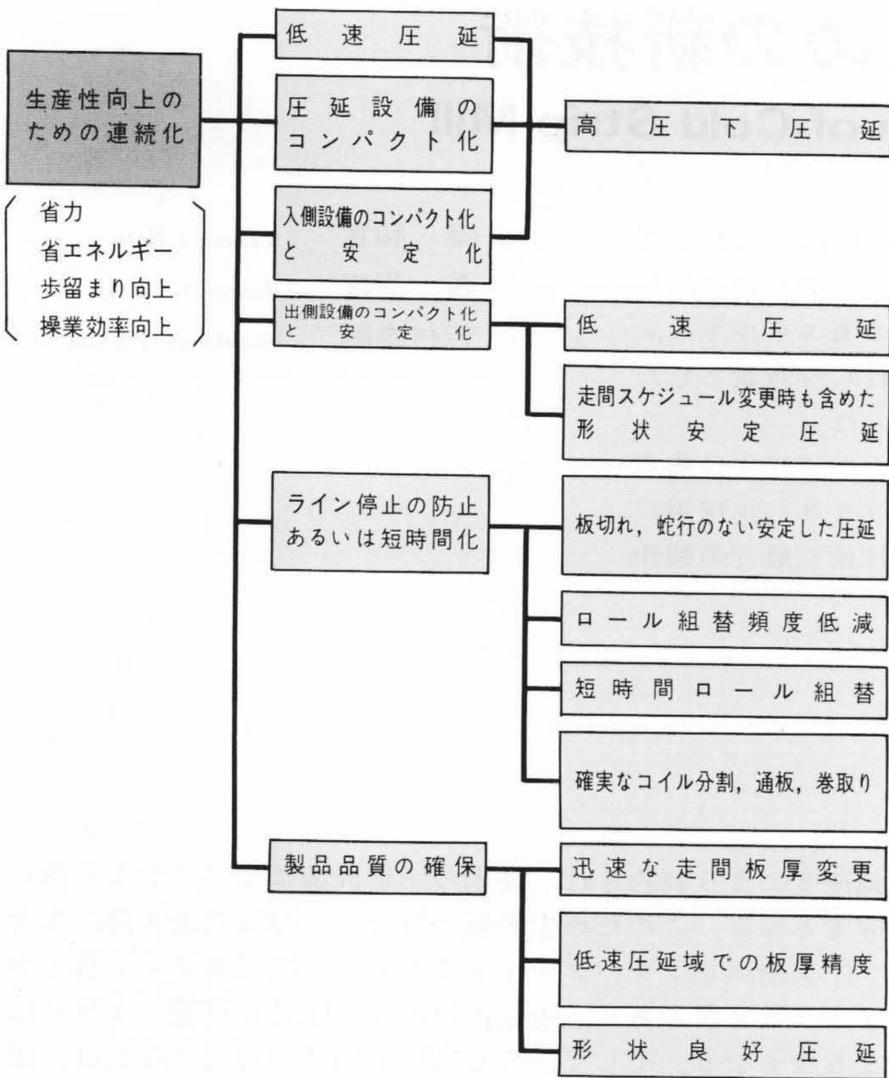


図1 連続化される冷間圧延設備での技術課題 生産性向上のための冷間圧延設備の前後工程の連続化を、よりいっそう効果的とするためには、これらの技術課題を解決する必要がある。

術について述べる。

3 連続化の効果を高める新技術

3.1 高圧下圧延

連続化されるラインでは、前章で述べたように高圧下圧延性能の優れた圧延機が必要となる。

日立製作所が開発し既に多くの納入実績を得た HC-MILL は、比較的小径で、適正な作業ロール径を用いて圧延材の形状を崩さず、高圧下圧延が可能であるため、正に上記のニーズにこたえられる圧延機であるといえる。

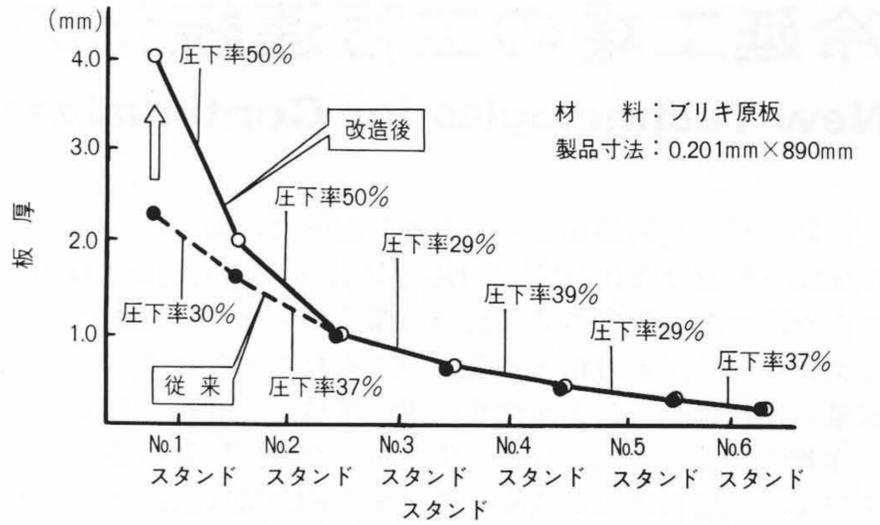
図2にHC-MILLの高圧下圧延性能を証明したデータを示す。すなわち、新日本製鐵株式会社八幡製鐵所既設6スタンドタンデムミルでは、第1、第2スタンドにHC-MILLを配し、従来2.3mmであった素材板厚が4mmまで厚手化可能となった¹⁾。

図3に示す新日本製鐵株式会社広畑製鐵所納め連続式タンデムミルは、次工程の焼鈍工程と連続化された設備であるが、全スタンドにHC-MILLを配して、従来5スタンド必要と考えられていたスタンド台数を、4スタンドに低減し前述の効果をえた例である。

3.2 走間スケジュール変更

(1) 走間板幅変更

連続化されたラインでは、走間で板幅が変更される。ところで、同じ材質の圧延材でも板幅が変わると、通常形状は大きく変化し、これを修正するため4H-ミルでは、作業ロールベンディング力の調整だけでなく、ロール組替えによるインシャルクラウンの変更を余儀なくされ、したがって、4H-ミルでは形状の変化を伴わない走間での板幅変更は非常に困難



	原板	No.1出側	No.2出側	No.3出側	No.4出側	No.5出側	No.6出側
従来	2.3	1.6	1.0	0.71	0.45	0.32	0.201
改造後	4.0	2.0	1.0	0.71	0.45	0.32	0.201

注：単位(mm)

図2 HC-MILLによる高圧下圧延 既設タンデムミルのNo.1, No.2スタンドをHC-MILLに改造し、高圧下圧延性能により素材板厚の大幅な厚手化が可能となった。



図3 連続4スタンドタンデムミル 全スタンドにHC-MILLを配置し、焼鈍ラインと直結した4スタンドタンデムミルでは、HC-MILLの効果が最大限に発揮されている。

である。しかし、HC-MILLではロールベンディング力の調整に加えて、中間ロールのシフトにより形状を大きく制御することができるため、これらを組み合わせると走間での板幅変更を、形状を乱すことなく容易に行なうことができる。

図4は平坦な形状のストリップを得るために必要な中間ロール位置と、ロールベンディング力の関係を示したもので、実線は実操業条件を加味した計算結果を示す。またプロットされた点は、これまでに稼動している各所の鉄鋼用HC-MILLの、実操業で得られた結果を示したものであり、理論計算とよく一致している。

さて図5の破線は図4の計算値であるが、連続ミルで板幅を変更する場合のミルの形状制御方法を、この図を用いて説明することができる。

図5中(A)(B)(C)及び(A)(B)(C)(D)(E)に示す実線は、板幅を

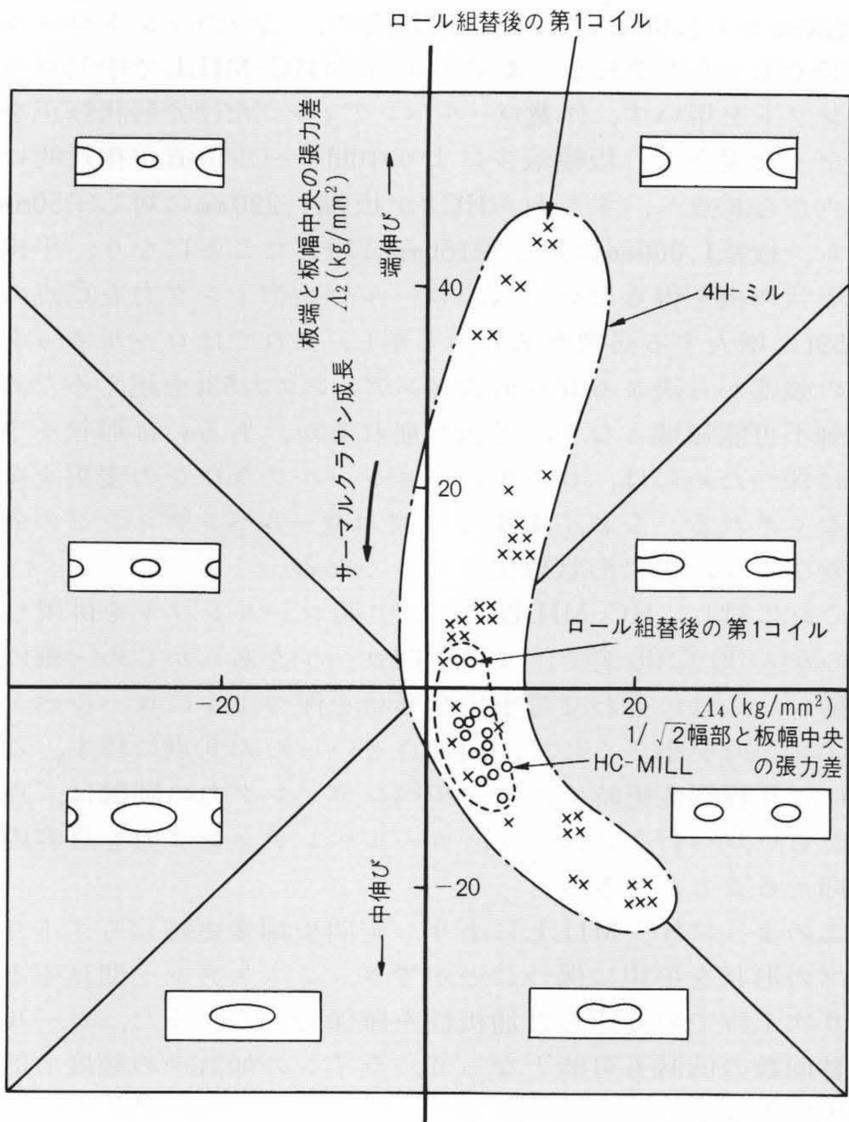


図6 作業ロール組替後の形状変化の比較 HC-MILLでは作業ロール組替え後、サーマルクラウンが成長しても、常に良い形状を維持できる。

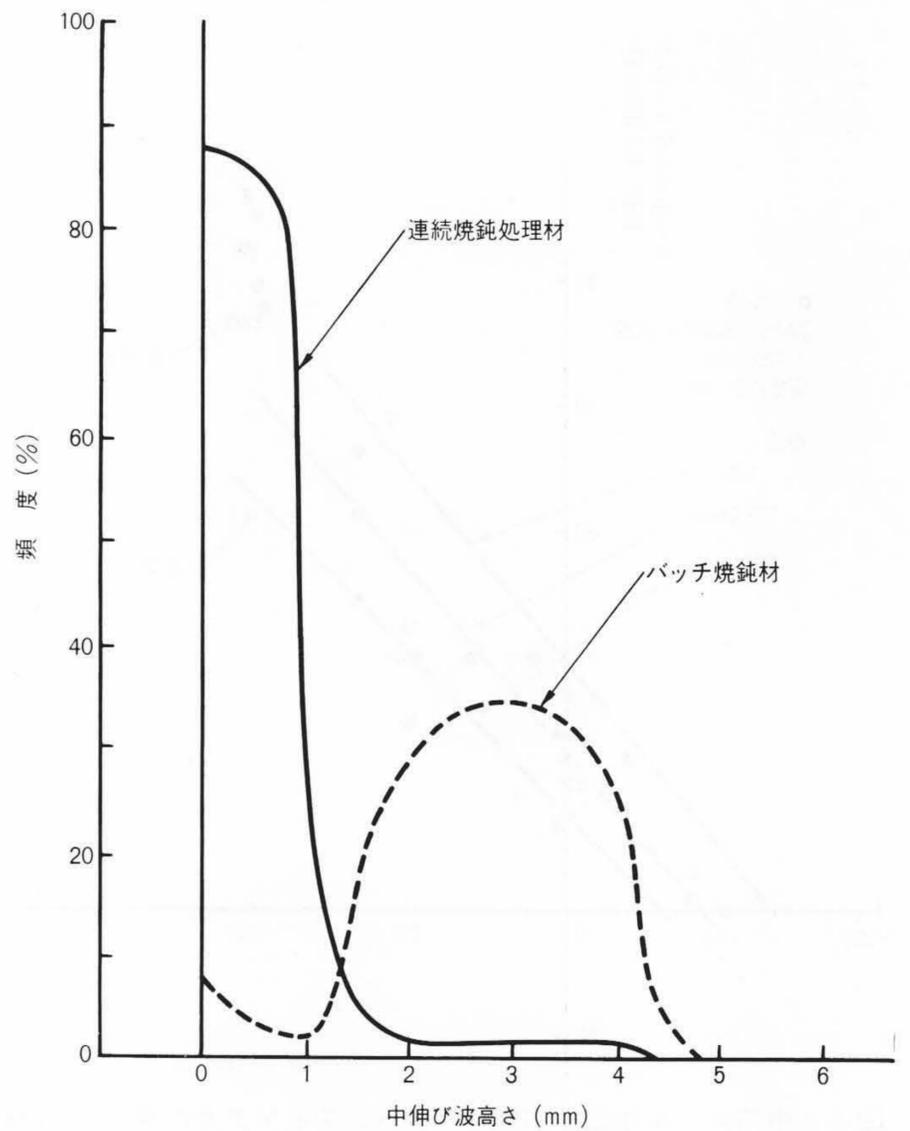


図7 連続焼鈍処理材とバッチ焼鈍材との製品形状比較 (板厚0.4mm) 連続焼鈍処理設備では、インラインスキンパスミルにHC-MILLを配して、連続焼鈍によるヒートフラットニングとの相乗効果により、従来方式のバッチ焼鈍材に比べ格段に良好な形状を得ることができた。

本製鉄株式会社名古屋製鐵所No.3 コールドストリップミルでのデータ²⁾に示されるように、4H-ミルに比べ、ロール組替直後から一貫してロールのサーマルクラウンの影響を吸収することができ、常に安定した形状のストリップを圧延することができるため、絞り込みが発生せず、またスタンド間張力を下げて板切れのない圧延が可能となる。

以上、前後工程との連続化に当たり、HC-MILLを使用す

る理由及び効果について述べたが、これらをまとめて表1に示す。

3.4 短時間ロール組替え

デスクーリングあるいは焼鈍工程と結ばれた圧延機では、前述したように前後工程の制約により、作業ロールの組替えを非常に短い時間で完了する必要がある。

このため図3の設備では、

表1 連続圧延設備へのHC-MILLの適用によるメリット 前工程あるいは後工程と連続化される圧延設備へHC-MILLを適用すると、生産性や設備効率をいっそう向上することができる。

HC-MILLの特徴	連続圧延設備としての要求事項	設備費低減 ライン短縮	品質歩留まり 向上	省エネルギー	省 力	
					トラブルが少ない。	メンテナンス性が容易。
適正作業ロール径の使用による高圧下圧延	スタンド数の減少	◎	-	○	○	○
	素材板厚厚手化による入側設備低速化	◎	-	-	○	-
形状制御能力が大きい。	走間板幅変更	-	◎	-	○	-
	走間板厚変更	-	◎	-	○	-
	サーマルクラウン効果補正	-	◎	-	○	-
	自動形状制御	-	◎	-	◎	-
形状安定性	絞り込み、板切れの少ない安定した圧延が可能。	-	◎	○	◎	-
	低スタンド間テンション	-	-	-	◎	-
	ミル出側巻取設備での高速通板可能。	○	○	-	◎	-
	次工程での通板性良好	-	○	○	◎	-

注：◎は特に貢献度大，○は効果あり。

- (1) ロール抜き出し及び組込み操作の高速化を図った。
 - (2) 圧下用油圧シリンダの高速化を可能とし、ロール組替準備時間と圧延準備時間の短縮を実現した。
- などにより、ストリップ通板の状態で作業ロール組替時間を2分と、従来に比べ二～三分の一に減少した。

3.5 インラインスキンプスミル

冷延以後の清浄、焼鈍、調圧、精整工程などを含む連続焼鈍処理設備でのインラインスキンプスミルでも、これまで述べた連続設備用圧延機としての機能が要求されるが、更に本ミルは最終製品品質を直接左右するものであり、品質、操業の両面で安定かつ省力化が図れる圧延機でなければならない。

新日本製鐵株式会社八幡製鐵所納め連続焼鈍処理設備³⁾では、インラインスキンプスミルにHC-MILLを配し、**図7**に示すように連続焼鈍によるヒートフラットニングとの相乗効果により、従来のバッチ焼鈍方式に比べ製品形状を大幅に向上させた。またロール組替頻度の低減、ロール常備数の低減も図られ更にロール組替装置に工夫を凝らして、作業ロール

組替時間1.5分、作業ロール、中間ロール同時組替時間2.5分が可能となり、設備のコンパクト化が図られた。

また本ミルでは定圧制御を行なうため、ミルの縦剛性を0としても、その左右剛性は大きく保てる特殊な油圧圧下装置を採用し、板の蛇行を防止して安定操業を実現できた。これらの効果を含め、本ミルでは圧延手1名/交代分を省力できたと発表されている³⁾。

3.6 ストリップの連続巻取り

先にも述べたように、冷間圧延と前工程であるデスケーリングとの連続化に当たっては、圧延機の出側巻取設備での高速下でのスムーズかつ確実な通板巻取りが設備全体の生産性、及び信頼性を左右する重要な課題となる。**図8(a)**に示す新日本製鐵株式会社君津製鐵所納めNo.3コールドミルでは、酸洗ラインとの連続化が行なわれたが、本ミルの出側設備には、HC-MILLとカラーゼルリールとの組み合わせが採用され、**同図(b)**の4H-ミルと2ステーションリールを組み合わせた方式に比べ、

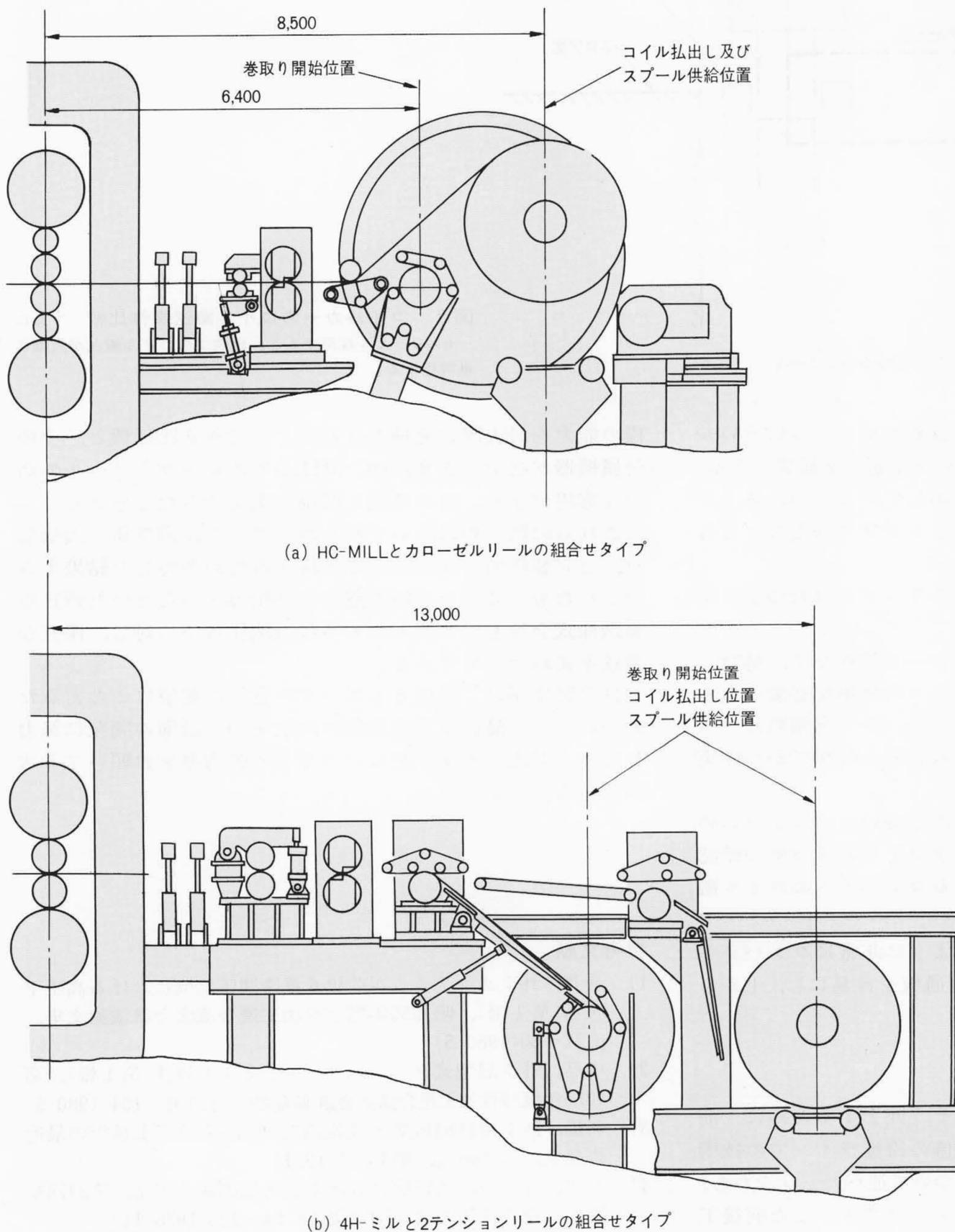


図8 最終スタンドとストリップ巻取り装置 HC-MILLとカラーゼルリールを組み合わせると、4H-ミルと2テンションリールの組合せに比較し、設備のコンパクト化、操業の安定化が図れる。

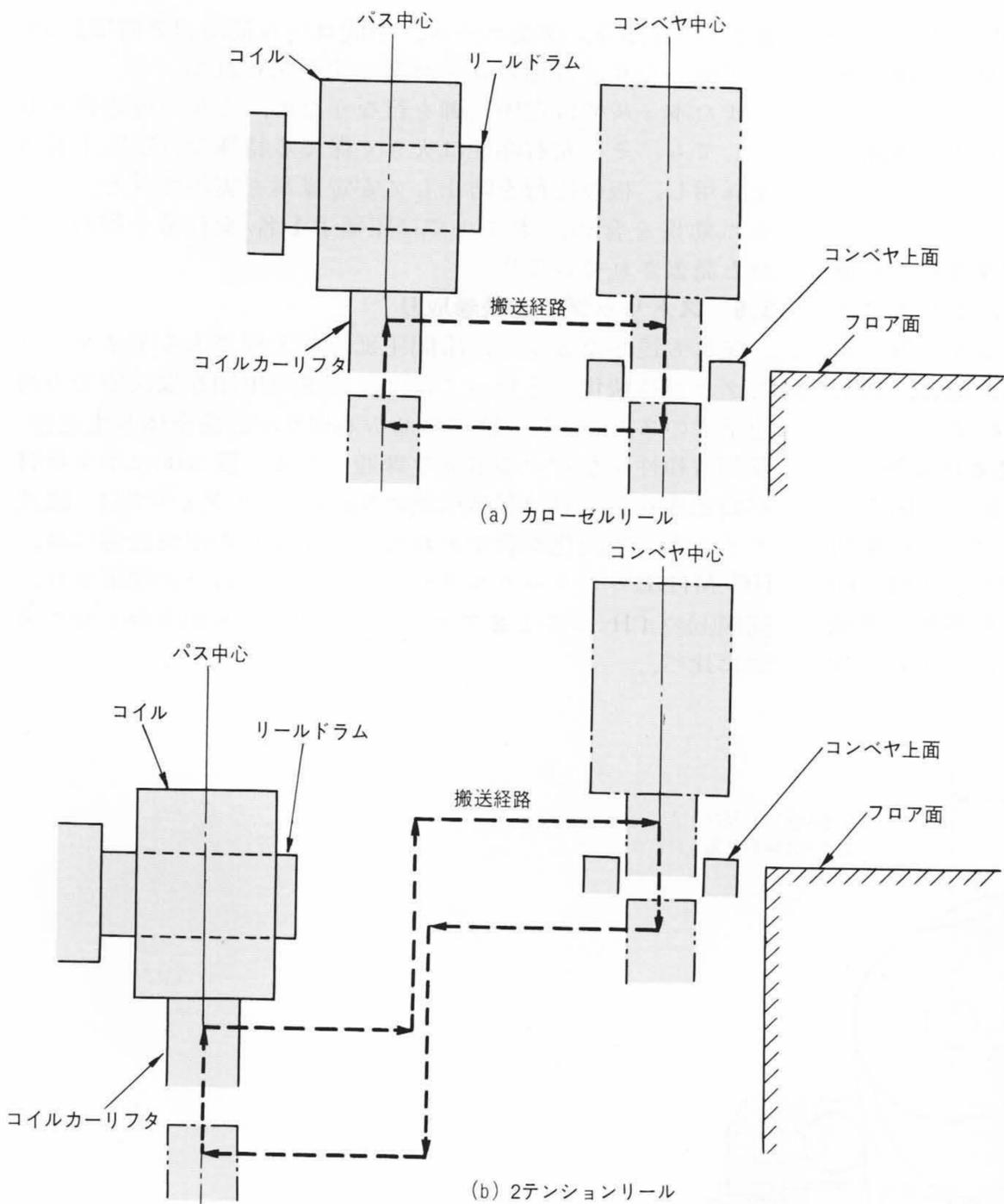


図9 コイルカーのコイル搬送操作比較 カラーゼルリールを採用すると、出側でのコイル搬送が大幅に単純化する。

- (1) ストリップ巻取開始時のリール位置が常にミルに近い一定の場所であるため、通板距離が短く高速通板が確実となる。
 - (2) 最終スタンドにHC-MILLを使用しているため、ストリップを切断後、ストリップのテンションがフリーとなっても形状が崩れず通板性が良い。
 - (3) したがって、ピンチローラもストリップのばたつきを抑える程度の少容量のものでよい。
 - (4) 連続ラインでは板の先端にオフゲージ部がなく、薄物コイルでのバックリング防止上、スプールの使用が必要となるが、スプールの供給箇所は一箇所がよく、かつ出側のリールドラムに対して供給できるので、挿入装置も簡単でかつ確実となる。
 - (5) 図9に示すように、コイル払い出し時のリールドラムの位置が高く、コイルカーリフタによるコイルのタッチの確認が容易であり、またコイルカーによるコンベヤへのコイル搬送操作が、極めて単純、短時間で済む。
- などの理由により、図8、9に示すように非常にコンパクトな設備で、通板速度300m/mmの高速通板を容易にし、しかも確実な操業を行なうことができた。

4 結 言

冷延工場全体の生産性をよりいっそう向上するために、前後工程と連続化され大規模化する設備の冷延ラインでの技術課題、及びこれを解決する新技術について述べた。すなわち、このような設備では、設備をコンパクト化でき、また前後工

程の能力を最大限に発揮させることのできる圧延機と、その付属機器が必須であり、HC-MILLやカラーゼルリールの新たな応用により、真の連続化設備が実現できたと考える。

これらの新技術は、いずれもユーザーの設備革新の大構想を、日立製作所分担の分野で実現するため努力した結果生みだされたものであり、終始懇切な御指導をいただいた新日本製鉄株式会社をはじめとする多数の関係各位に対し、深甚な謝意を表わすものである。

日立製作所は、今後ともユーザー各位の要望にこたえるため、いっそう品質及び生産性の向上を図る設備の開発に努力してゆく考えであり、更にいっそうの御指導をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 今井，外：タンDEMミル前段6重冷間圧延機における高圧下圧延(第1報)，昭和55年度塑性加工連合講演会講演論文集，p. 77～80(1980-5)
- 2) 中島，外：形型式タンDEMコールドミルの特性(第1報)，昭和55年度塑性加工連合講演会講演論文集，p. 101～104(1980-5)
- 3) 新橋，外：冷延鋼板用連続焼鈍処理設備C.A.P.L技術の最近の発展，製鉄研究，第304号(1981)
- 4) 今井，外：冷間圧延機における形状制御法の開発，第29回塑性加工連合講演会講演論文集，p. 94～105(1978-11)