

鋼片圧延設備の最近の動向

Recent Trend of Billet Mills

This report introduces a Hitachi billet mill which has been in satisfactory operation at South African Iron and Steel Industrial Co., Ltd., Republic of South Africa, since its delivery in April, 1974, along with the recent trends of billet mills and rolling technology.

清水 信* Makoto Shimizu

関 幸一* Kôichi Seki

鮎川 隆** Takashi Sukegawa

中島正明** Masaaki Nakajima

1 緒 言

鋼片圧延設備の大容量化、自動化は世界的な傾向であり、世界における主な設備は、すべて連続VH配列の配置が採用されている(表1参照)。

最近の設備の動向は次に示すとおりである。

(1) 自動化、省力化に対する考慮

炉まわりの自動化、ミルのAPC、あるいは電子計算機制御、自動スタンド組替え、カリバーチェンジの遠隔操作、フライングシャアの最適切断制御及び自動刻印装置の採用による省力化などが挙げられる。

(2) 製品品質の向上に対する考慮

近年、カリバーデザインに関する研究が進み、圧延機の機能も格段の進歩をとげており、製品寸法に関する問題は一応解決され、また圧延中に発生するきずの問題も解決されつつある。従って、更に品質を向上させるために素材ブルームを加熱炉に装入する前に、手入れを行なう目的でブルームグライディング設備を併置する傾向にある。また、最近ではユーザーの関心は、ミル自体よりも製品の歩どまり(切断精度)や、曲りに直接関係の深いフライングシャア以降、冷却床、精整設備に集まっている。

今回、南アフリカ共和国最大の鉄鋼メーカーである South African Iron and Steel Industrial Co., Ltd. (ISCOR社) New Castle 工場に納入された鋼片圧延設備は、以上述べられたユーザーの要望にこたえた大容量設備であり、各種のざん新な機構が随所に採り入れられ連続鑄造設備と直結した世界最新鋭の鋼片圧延設備である。本稿はこの設備を中心に、特にフライングシャア及びビレットクーリングベットに採り入れた新技術について紹介する。

2 設備の概要

2.1 配置関係

本設備の全容は図1に示すとおりである。連続鑄造より直結し加熱炉を経て、ブレイクダウンミルで圧延されたブルームを処理するブルームシャア、シャアゲージ及び2面のブルームクーリングベットから成るブルームラインと、更に4台のビレットミル、フライングシャア及び2面のビレットクーリングベットから成るビレットラインの二つに大別することができる。また更に連続鑄造設備から送られた特殊鋼ブルームを処理するブルームトランスファバンク、ブルームグライディング設備及びロールメンテナンスショップを含む全長470m、幅150mの工場であり、各機器は作業性を考慮して有効に配置されている。また生産管理の目的で、自動ス

タンパを炉前に1台、各クーリングベットにそれぞれ1台、計5台及び秤量機を炉前に2台、各クーリングベットの最終端に4台、計6台を設けている。

3 主な機器の最近の動向

以下に本プラントの構成機器に採用された新技術について述べる。

3.1 炉入口テーブル停止位置選択

加熱炉では3,500~14,000mmの種々の長さの素材を加熱する必要があるが、炉の熱効率向上の見地より炉入口テーブルにおける停止位置選択は重要な問題である。本プラントでは、加熱炉入側テーブル上でブルーム長さを測定し、幾つかのケースに分類し、これに対する運転モードを設定することにより、電子計算機を使用することなく炉選択、1列、2列装入選択を含む停止位置選択の自動化を行なっている。

3.2 連続ビレットミル

圧延方法は、ノーツイスト、スクエアダイヤモンド圧延、レイアウトは、V-H計4スタンド連続圧延を採用した。なお将来はV、Hスタンド各1基増設の予定である。

本ミルにおいても、稼働率及びメンテナンス性を上げるため次に述べるような考慮が払われている。

3.2.1 垂直ミル

- (1) 上部駆動方式を採用し、駆動装置やセンサ類はスケール、水の浸入を防止するため、すべて上部に設置しメンテナンス性を高めた。
- (2) スピンドルはキャリア方式を採用し、ブレイクダウンミルと同様、回転角、左右スピンドルの遠隔位置決め装置を採用した。
- (3) ガイドは、レストバーの観音開きドア方式を採用し、ロール及びガイド交換の迅速化を図った。
- (4) カリバーシフトについても、パスラインに対するカリバー位置を迅速、且つ遠隔操作にて正確に決めるため、セルシン方式とした。

図2は、稼働中の連続ビレットミルを示すものである。

3.2.2 水平ミル

- (1) 水平ミルのカリバーシフトは油圧シリンダにより行なっているが、移動ピニオンスタンドの一部に取り付けたボールスクリュー式移動量検出器とセルシンの組合せにより、垂直ミル同様、遠隔操作が可能である。
- (2) 出入口ガイドは、上下のガイド用レストバーを特殊な連結機構により結んでおり、ミルとガイドの着脱は上下一体と

* 日立製作所日立工場 ** 日立製作所大みか工場

表 I 最近設置された連続鋼片圧延設備(昭和37年以降, 垂直圧延機を含んだ設備) 世界におけるノーツイスト スクエア ダイヤモンド圧延の鋼片圧延設備一覧表を示す。

Table I V-H Arrangement Continuous Billet Mill Plants in the World

会 社 名	製作年 (西歴)	配 置*	ロ ー ル 寸 法 (mm)	電 動 機 (kW)	製 品 (mm)	仕上圧延 スピード (m/s)	機 械 設 備 社
住友金属工業(株) (小 倉)	1962	粗 1 台 + VH 計 4 台 + ST.S	粗 : 1,100φ×2,400 L 仕上 : 700 × 1,250 L	粗 : 2,250 × 2 台 仕上 : 1,000 × 2 台 1,100 × 2 台	72角, 110角, 130角	1.8	(株)日立製作所
N.V.NEDERLANDSCHE KABELFABRIEKEN ALBLASSERDAM (オランダ)	1965	H 5 台 + V 1 台	660φ×1,220 L 560φ×1,220 L	7,100	57.2~100角	2.85	SCHLOEMANN
ACIERIES REUNIES DE BURBACH-EICH-DUDE- LANGE,S.A (西ドイツ)	1965	H 6 台 + V 2 台	763φ×1,015 L 610φ×1,015 L	5,070	76.2~82.5角	2.34	"
住友金属工業(株) (和歌山)	1969	粗 2 台 + VH 計 4 台 + F.S	粗 : 1,270φ×2,800 L 1,150φ×2,800 L 仕上 : 850φ×1,450 L	粗 : 3,750 × 2 台 2,250 × 2 台 仕上 : 1,300 × 4 台	110~165角 130~186丸	3.04	粗 : 石川島播磨重工業(株) 仕上 : SACK- 住友重機械工業(株)
日本鋼管(株) (福 山)	1970	粗 1 台 + VH 計 4 台 + F.S + ST.S	粗 : 1,150φ×2,200 L 仕上 : 780φ×1,300 L 750φ×1,300 L	粗 : 2,250 × 2 台 仕上 : 1,200 × 4 台	100~200角 120~220丸	1.8	粗 : (株)日立製作所 仕上 : SCHLOEMANN- 川崎重工業(株)
新日本製鐵(株) (君 津)	1970	VH 計 6 台 + F.S	850φ×1,300 L 750φ×1,300 L	1,200 × 6 台	110~180角 75~170丸	1.95	SACK-佐世保重工業(株)
BRITISH STEEL CORP (イギリス)	1970	VH 計 10 台	1,015φ×1,370 L 864φ×1,270 L 670φ×1,115 L	15,250	76~230角	1.8	DAVY-UNITED
THE STEEL Co.OF CANADA,LTD (カナダ)	1970	VH 計 6 台	763φ×1,220 L 660φ×1,220 L	7,820	63.5~152角	3.8	SCHLOEMANN
SOUTH AFRICAN IRON AND STEEL INDUSTRIAL Co.LTD (南アフリカ)	1973	粗 1 台 + VH 計 4 台 + F.S	粗 : 840φ×2,000 L 仕上 : 670φ×1,200 L	粗 : 3,800 × 1 台 仕上 : 1,300 × 4 台	76~130角	2.2	(株)日立製作所
BROKEN HILL PROPRIETARY,LTD. (オーストラリア)	1973	粗 1 台 + VH 計 8 台 + F.S	粗 : 1,200φ×2,600 L 750φ×1,300 L 仕上 : 650φ×1,200 L 580φ×1,200 L	粗 : 3,000 × 2 台 仕上 : 1,100 × 2 台 1,300 × 6 台	63.5~165角	4.3	粗 : (株)日立製作所 仕上 : 川崎重工業(株) (SCHLOEMANN)
吾嬬製鋼(株) (仙 台)	1974	粗 1 台 + VH 計 2 台 + ST.S	粗 : 950φ×2,050 L 仕上 : 700φ×1,200 L	粗 : 4,000 × 1 台 仕上 : 1,000 × 2 台	115角	1.4	(株)日立製作所

注 *配置でVは垂直ミル, Hは水平ミル, F.Sはフライング シャー, ST.Sは固定シャーを表わす。

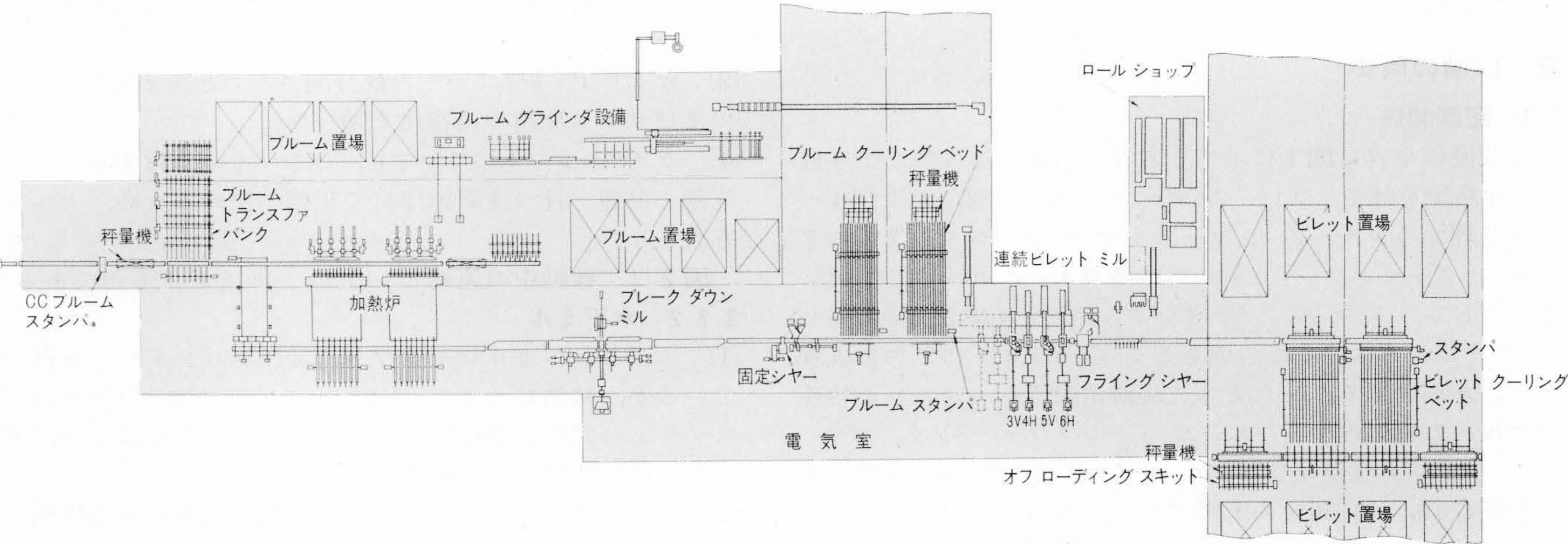


図 I 鋼片圧延設備全体配置図 南アフリカ共和国, イスコール社ニューカッスル工場に設置された鋼片圧延設備の全体配置図を示す。

Fig. I General Layout of Billet Mill



図2 連続ビレット ミル 稼動中のV-H 4 スタンド連続ビレットミルを示す。

Fig 2 Continuous Billet Mill

して交換可能とすることができるものとした。最終スタンドをダミーパスとする場合は、上述の上下連結装置を解除して、製品通過に十分な開度を確保することが可能な構造となっている。

3.3 ビレット フライング シヤー

3.3.1 機械装置

切断力が大きくとれ、高速切断が可能な、ダブル クランク方式を採用した。この方式は上下クランクに取り付けられた刃と、ビレット材が終始直角の関係を保ちつつ切断するため切断面が良質であるが、上下クランク同調ギヤのバックラッシュが直接刃物ギャップに現われるため、バックラッシュ消去装置を同調ギヤに設けて切断精度に影響を与えないようにしている。

また刃物のギャップについては、補助クランクの軸受部に偏心リングを入れ、この偏心リングをウォーム ジャッキを介して回し適切な刃物ギャップが容易に得られる構造とした。

駆動方式は、高精度切断をするため直流電動機のスタートストップ方式とし、電動機は2台に分け慣性をできるだけ少なくしている。今回の製品は、切断長さが6～17mであり、切断材速度が2.2m/sであるため、1切断サイクルが最少2.3秒となり、この間にスタート、切断、停止を行なっている。

その他、フライング シヤー前後には、図3に示すように入側に切断時のビレットの曲がりやを考慮した位置に、ピンチ ローラ及び熱影響を最小とするよう考慮したゲージ ローラを設置

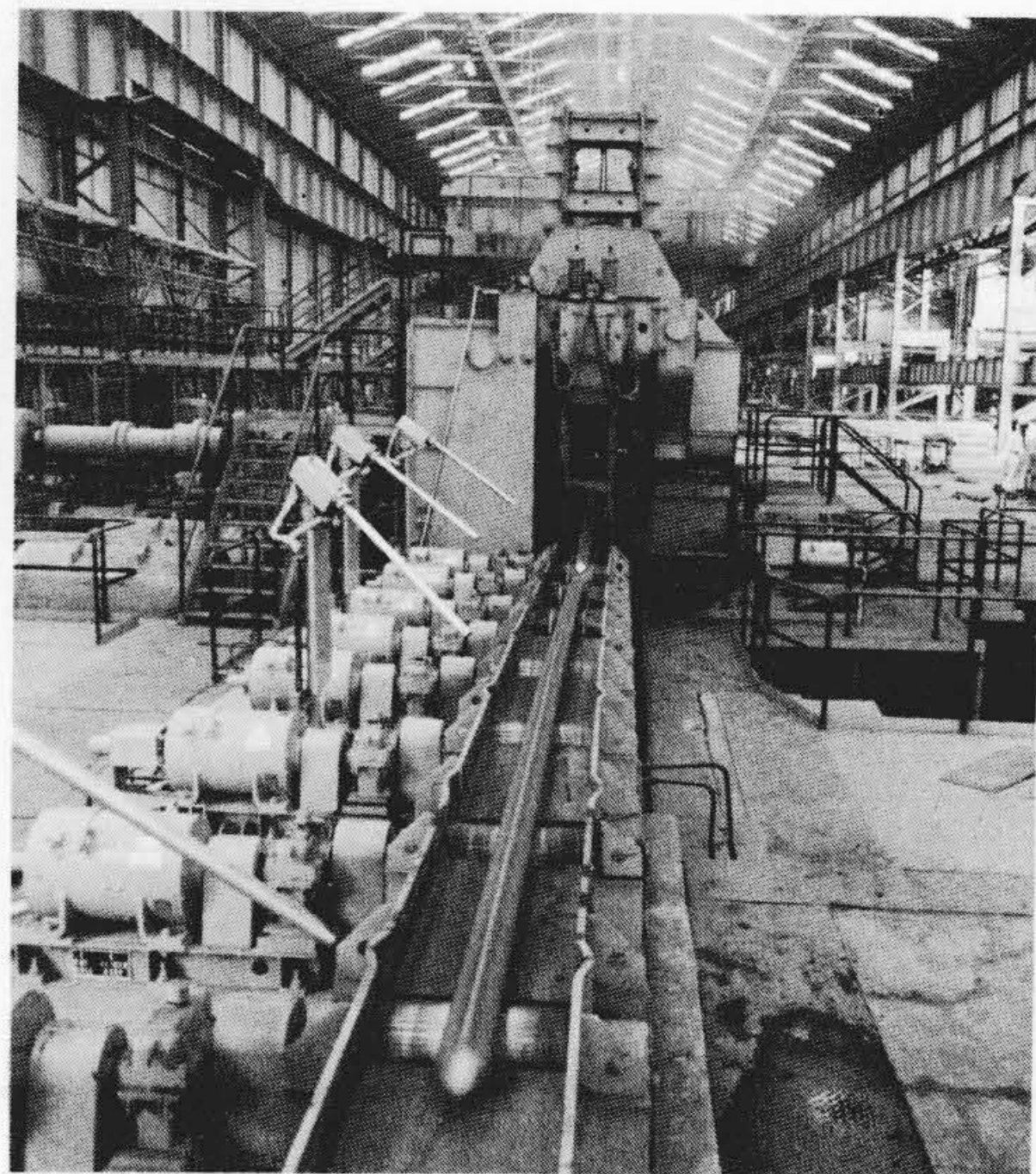


図4 稼動中のビレット フライング シヤー 100mm SQ, 2.2m/sビレットを定尺切断中のフライング シヤーを示す。

Fig. 4 Billet Flying Shear on Loading

し、フライング シヤー直前には、V形みぞのフィード ローラを設置した。後面は、クロップ落下を容易にするためにスイング ローラを1本設け、その後のテーブル ローラについても切断姿勢を正確に保つため、数本はV形みぞローラとし、且つ切断後のビレットの45度回転方向を一定方向に抑えるよう、V形みぞの角度が考慮されている。その他、素材の長さより、やむを得ず生ずるクロップ以外の短材については、クーリング ベット以降のビレットの取扱いをスムーズにするため、クーリング ベットに送り込まぬよう、ビレット リジェクト装置も設置されている。

図4は、稼動中のビレット フライング シヤーを示すものである。

3.3.2 制御方式

フライング シヤーの制御は、ビレット圧延設備の一部として、一つの重要なポイントとなっている。すなわち、製品歩どまりに直接影響する切断精度や、後端クロップ処理をいかにするかにより生産性に大きく影響する。今回のフライング シヤーは、高精度自動切断装置及び後端クロップ処理機能を備えることにより、フライング シヤーの自動化を目指すものである。

圧延されたビレットをあらかじめ設定された長さに切断するために、フライング シヤーの入側に熱塊検出器及び測長用ゲージ ローラを備えている。ゲージ ローラは、円管状で慣性を小さくし、モータ ドライブに垂下特性を設けることによ

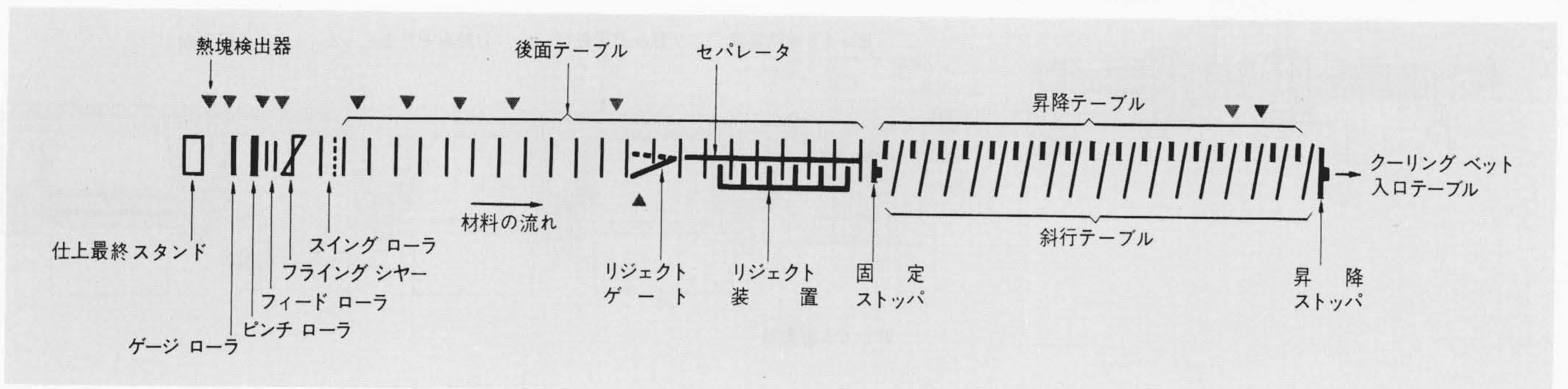


図3 フライング シヤー及び関連機器配置図 フライング シヤーの前面には、測長用のゲージ ローラ及び制御開始用の熱塊検出器、また後面には、シフト ローラ リジェクト装置が配置される。

Fig. 3 Layout of Flying Shear

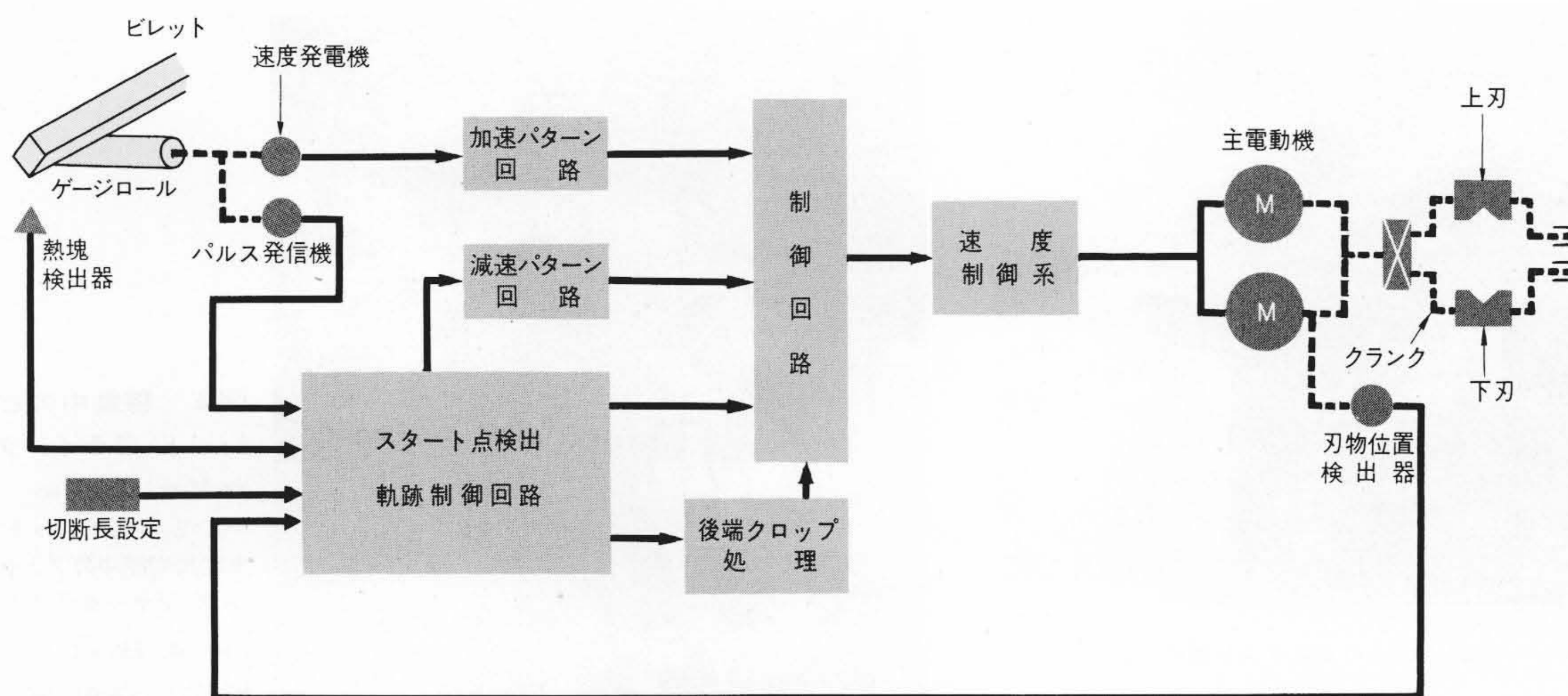


図5 自動切断制御ブロック図

ピレットは、ゲージロールにより測長され、シヤーに取り付けられた刃物位置検出器によりフィードバックループを構成し、高精度切断制御を行なう。

Fig. 5 Block Diagram of Automatic Cutting Control

り、材料とスピード マッチングするよう考慮している。目標長さにピレットを正確に切断するため、次に示すような制御を行なっている。

(1) 測長回路

ゲージ ローラによる測長は、ローラ径の変化により測長値が不正確になるため、ローラ径補正機能を持たせ、測長の高精度化を図っている。

(2) 加速条件

シヤ一のスタートから切断までに、材料が走行する長さが一定になること及び切断時材料速度と刃先速度が一致するように加速度“ α ”を次式により与えている。

$$\alpha = \frac{k^2 v^2}{2 l_c} \dots \dots \dots (1)$$

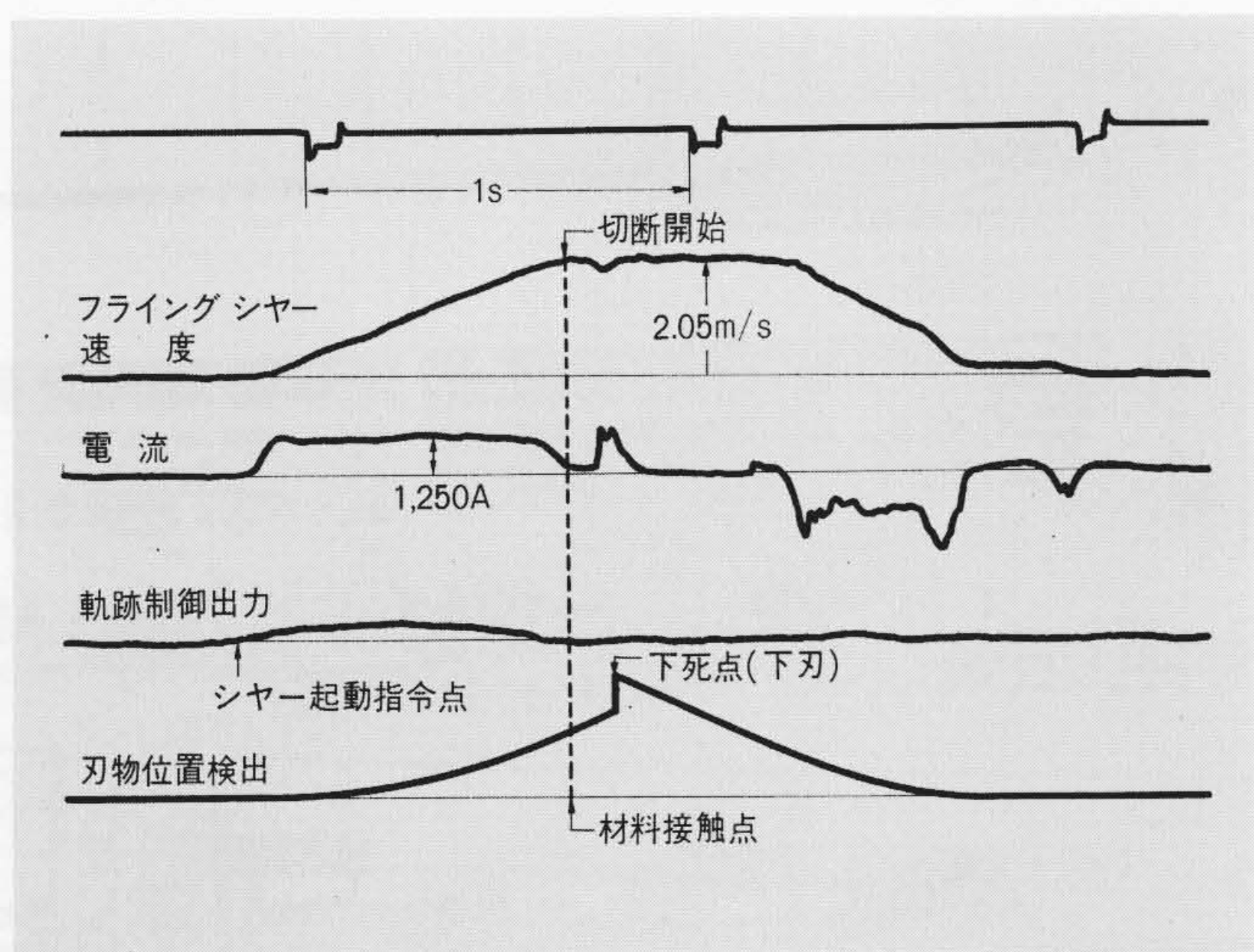


図6 フライング シヤー切断オシログラム 軌跡制御出力により、加速パターンが補正され、切断時点での切断エラー、すなわち軌跡制御出力がゼロとなっている。

Fig. 6 Cutting Oscillogram of Flying Shear

生ずるスリップによる測長エラーによっていると考えられる。この問題については、今後更に検討を進める所存である。

3.3.3 後端クロップ処理

後端クロップ処理は、歩どまり及び次工程の円滑作業に影響するので、慎重な検討が必要である。

後端クロップの処理判別は、ビレットが最終スタンドをしり抜けし、規定位置に達した時点での全残存長及びクロップ長さを計算し、最適の切断方法を自動的に選択する。この場合の設定及び判別条件は、次に述べるとおりである。

- (1) ビレット後端の不良形状部分を切断するための、最小クロップ長を設定する。
- (2) 許容短尺材の長さを設定する。
- (3) リジェクトは、10m以下でないと不可能。
- (4) クロップ落下は、1.5m以下でないと不可能。
- (5) 3m以上のビレットでないとローラ テーブルでの搬送は不可能。

3.4 クーリング ベッド

図1の全体配置図に示すように、本プラントにおいては合

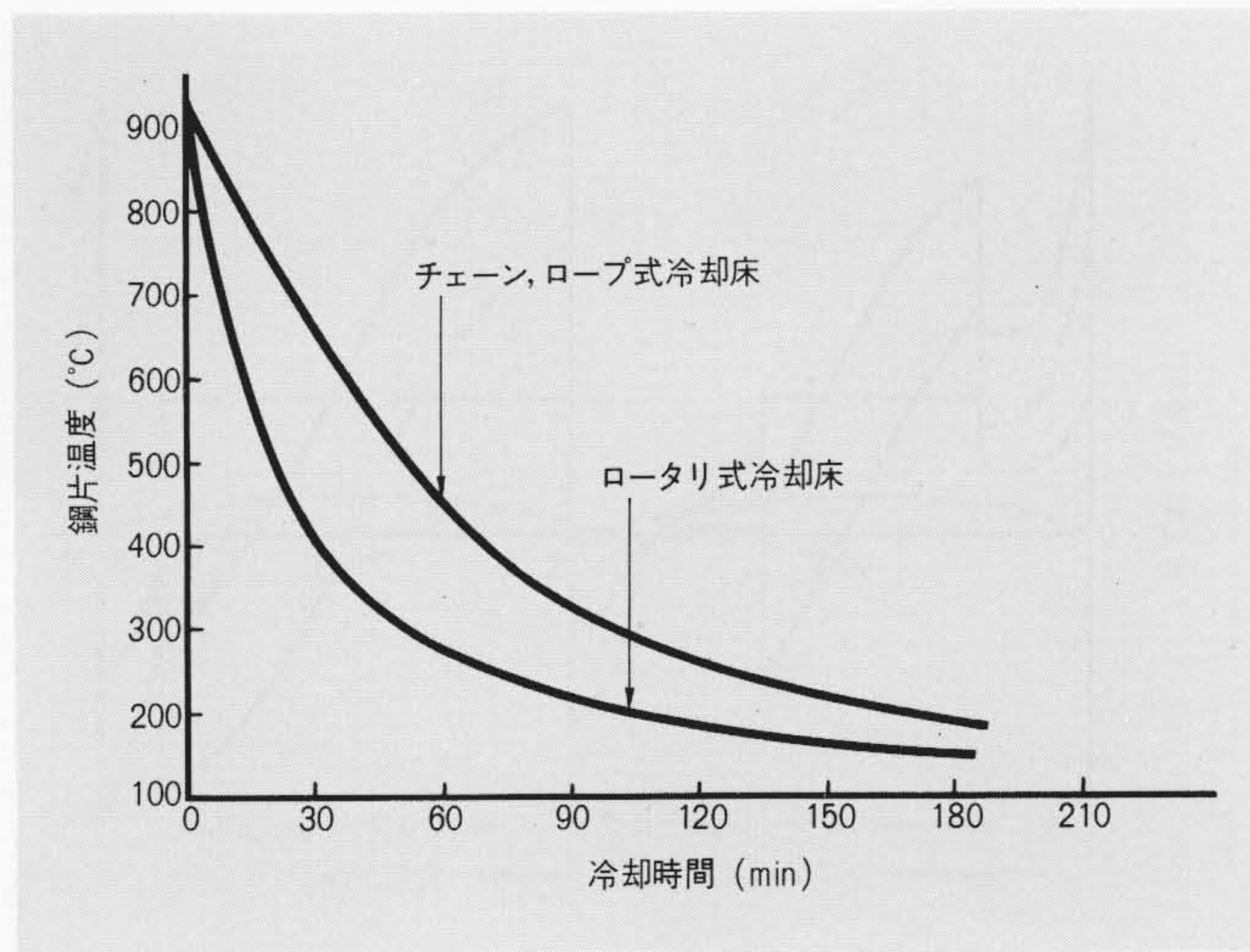


図7 鋼片冷却曲線 チェーンあるいはロープ式と、ロータリ式クーリング ベッドとの冷却効率の比較を示す。

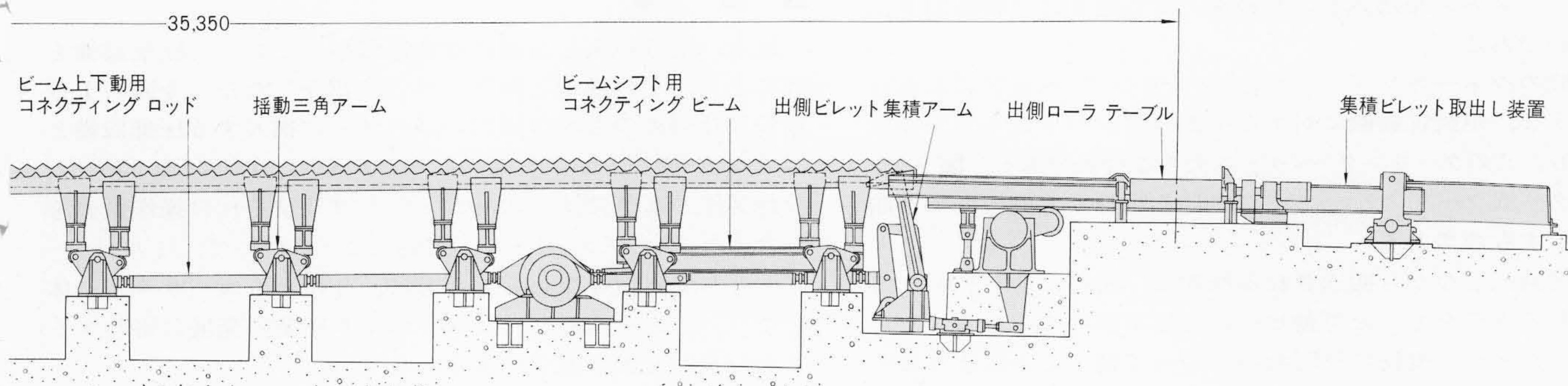
Fig. 7 Billet Cooling Curve

計5面のクーリング ベッドを設け、そのいずれも製品へのきず付きを防止するため、ウォーキング ビーム方式とし、且つ均一冷却を行なうため各ブルーム、又はビレット間は十分なスペースをもたせている。またクーリング ベッド出側には、その後工程での作業性を考慮して、各製品サイズに応じて3～14本のパケットに集積し、秤量のうえ送り出すデリベリ装置を設置しているほか、入側にはチャージナンバー、鋼種ナンバーを打刻するスタンプを設置した。

これらの各操作は、すべて自動で行なわれ、特にビレットを取り扱う2面のクーリング ベッドについては、製品断面が小さく17mと長いことから、きず付き、冷却効率のほか、冷却中に発生する曲がりを防ぐため、以下に述べるようなロータリ式クーリング ベッドを採用した。

3.4.1 ビレット クーリング ベッド

このクーリング ベッドは、ビレットを90度ずつ回転させながら1ピッチずつ搬送するもので、冷却効果が著しく高いうえ均一冷却されるため、冷却過程における曲がりを防ぐだけでなく、曲がったビレットを矯正する効果を有する。



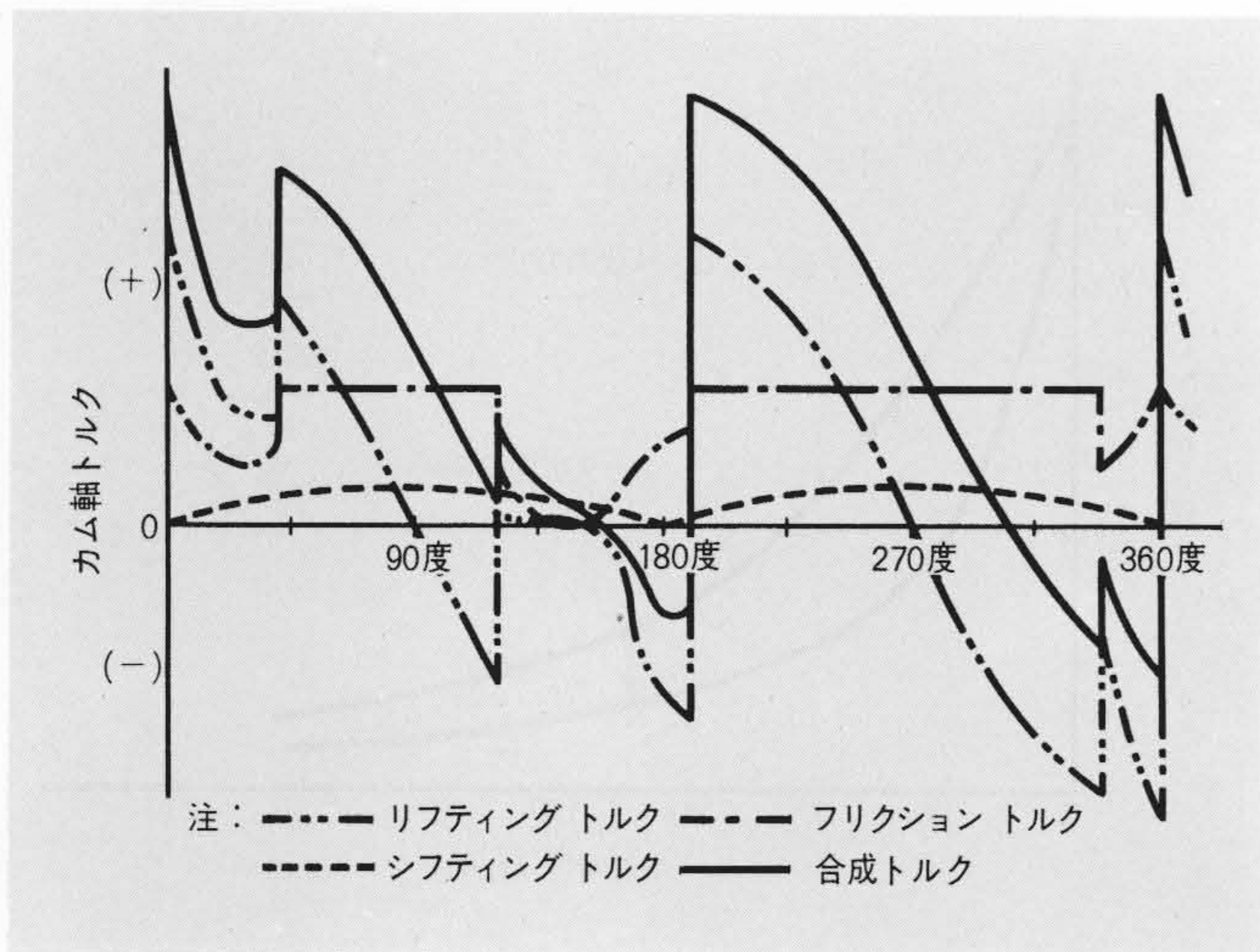


図9 ロータリ式クーリング ベッドトルク線図 カム軸に換算した稼動時のトルク線図を示す。

Fig. 9 Torque Curve for Rotary Type Cooling Bed

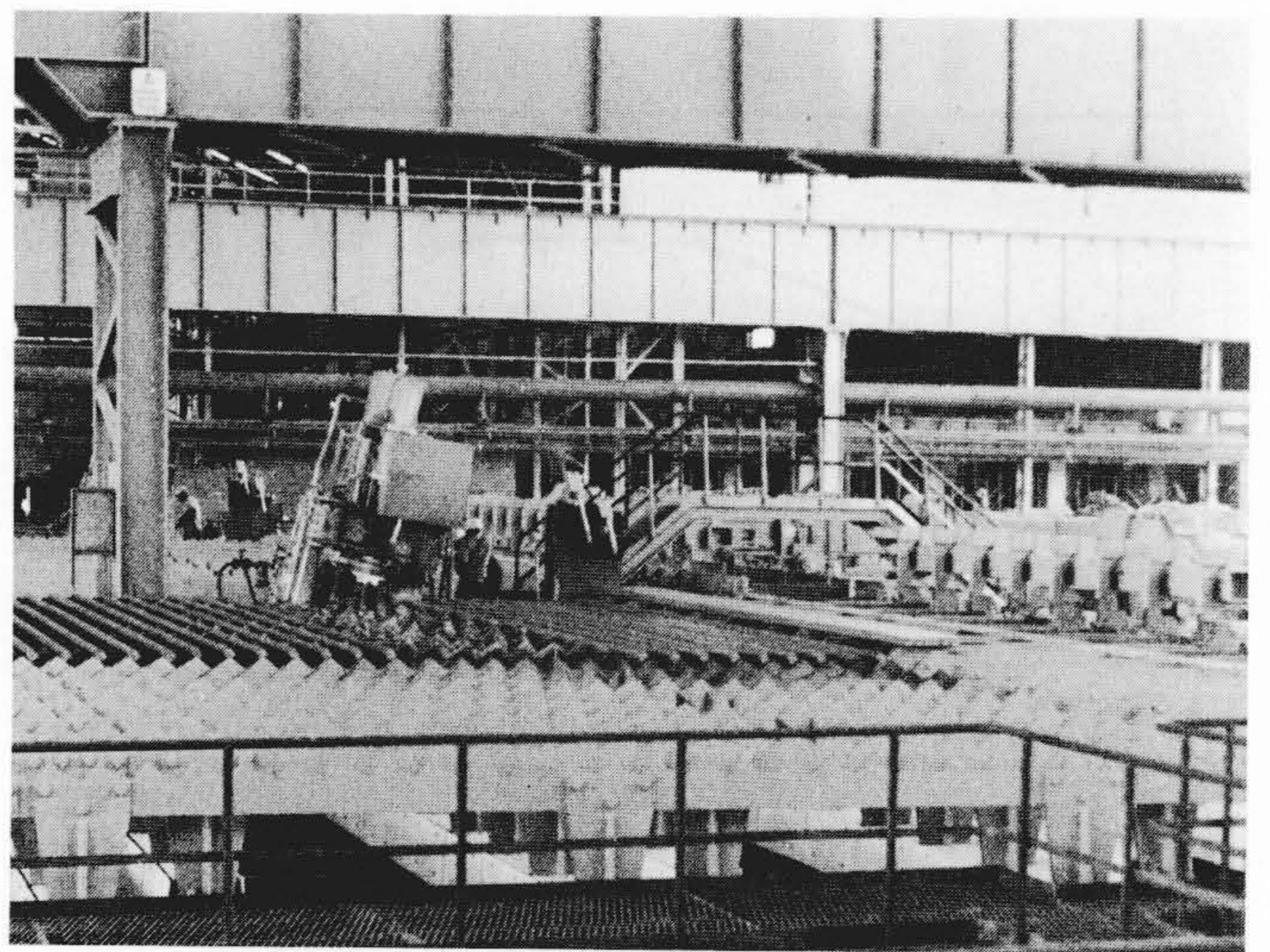


図11 稼動中のビレット クーリング ベッド 76mmSQビレットをシャッフルバーより受けいれているビレット クーリング ベッド入側部分を示す。

Fig. 11 Billet Cooling Bed on Loading

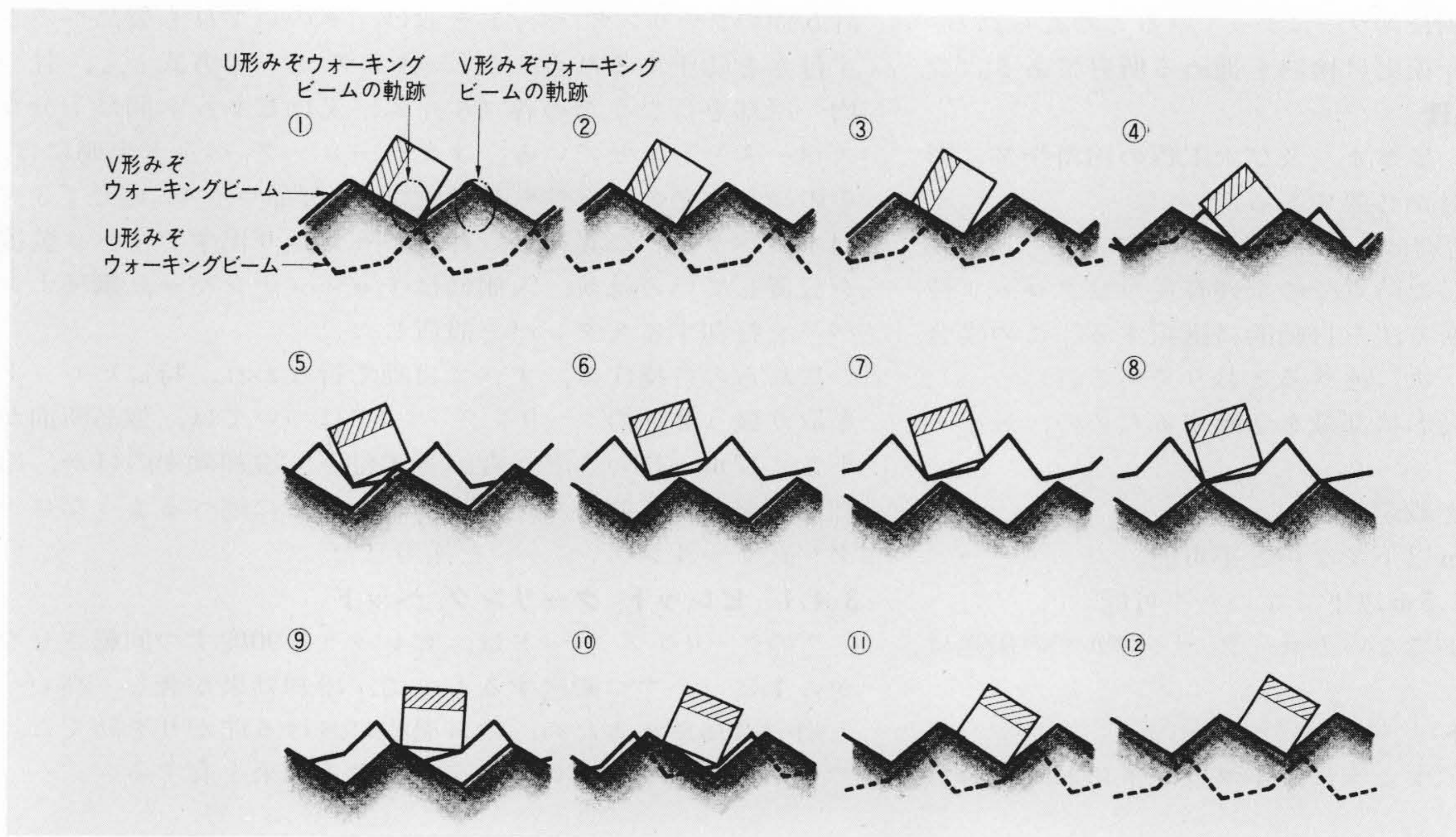


図10 ビレット転回作動図 V形みぞとU形みぞウォーキングビームにより1ピッチ毎90度転回しつつ搬送される原理を示す。

Fig. 10 Billet Rotating Diagram

図7は、在来のコンベヤ式のクーリング ベッドと本クーリングベッドとの冷却効率の比較を、また図8は、横断面を示すものである。

一般のウォーキング ビーム式クーリング ベッドにみられるような、駆動電動機に対する荷重のアンバランスが少ないことも、このクーリング ベッドの大きな特長である。図9は、ロータリ式クーリング ベッドにおける駆動カム軸のトルク曲線を示すものである。

90度回転しながら搬送される原理は、図10に示すとおりで、V字形のみぞをもった可動ビームとU字形のみぞをもった可動ビームとが、縦長の長円軌跡に沿って動くことによりビーム上を滑ることなく回転しつつ搬送される。また入口側に一つのみぞに2本以上のビレットが入った場合でも、搬送中に1本ずつセパレートさせる機能も有する。

図11は、稼動中のビレット クーリング ベッドを示すものである。

5 結 言

以上、最近納入し好調に営業運転中のビレット圧延設備を例にとり、その進歩と動向について紹介したが、今回のISCOR社納めのは国内のユーザーに納入する圧延設備とは異なり、機械・電気設備のほかにガイド、ロール カリバーの設計製作、基礎設計、ロール ショップ及びそれに操作指導をも含めたミル プラントを完成できたことについて、ミル メーカーとして自信を深めるとともに、今後ともユーザーと一体となり、いっそう優れた設備をつくり産業の発展に寄与することが我々最大の願望である。

終わりに臨み、本設備の設計製作から運転に至るまで、ロール、ガイド設計を主としてユーザー側からみた問題点について、終始一貫して適切な御指導と御援助をいただいた住友金属工業株式会社、特に同社小倉製鉄所の関係各位に対し深く謝意を表わす次第である。