

ユニバーサルスラビング圧延設備

Universal Slabbing Mill

加 藤 孝 之*
Takayuki Katô

内 容 梗 概

1961 年 10 月、川崎製鉄株式会社千葉製鉄所、さらに約半年おくれて八幡製鉄株式会社戸畑製鉄所にあいついで納入されたユニバーサルスラビング圧延設備は、その後順調に稼動し、期待どおりの生産能力を発揮している。本圧延設備はアメリカ BLAW-KNOX 社および日立製作所との協同により設計製作された世界最大級の分塊圧延設備で、各所に新しい方式が採用されている。

1. 緒 言

この 1～2 年間における景気後退に伴い、鉄鋼関係の設備投資は著しく減少したが、わが国 1 人当たりの鉄鋼消費量は、欧米先進国のそれに比べいまだ低い位を示しており、経済状況の正常化とともに今後の伸びが期待される。したがって、連続铸造の問題はあっても、分塊圧延設備の高能率化、増設はなお鉄鋼生産設備の主流となつて続けられることが予想される。特に需要の多い板圧延製品の分塊設備として歩留、稼動率、自動化などの点ですぐれた性能を有するユニバーサルスラビング圧延設備が注目される。わが国において稼動中および建設中の設備は 5 基あるが、そのおもな仕様は第 1 表に示すとおりである。

ユニバーサルスラビングミルは 1 対の水平スタンド、垂直スタンドとからなり、エッジングを行なうための鋼塊の操作時間を短縮するとともに 2 個の鋼塊の同時タンデム圧延も容易に可能となり、30 t 以上にも及ぶ大鋼塊の使用とあいまって飛躍的な生産量を有する設備である。

以下川崎製鉄株式会社および八幡製鉄株式会社に納入したユニバーサルスラビングミルを中心にその特長を説明する。

2. ユニバーサルスラビングミルの設備

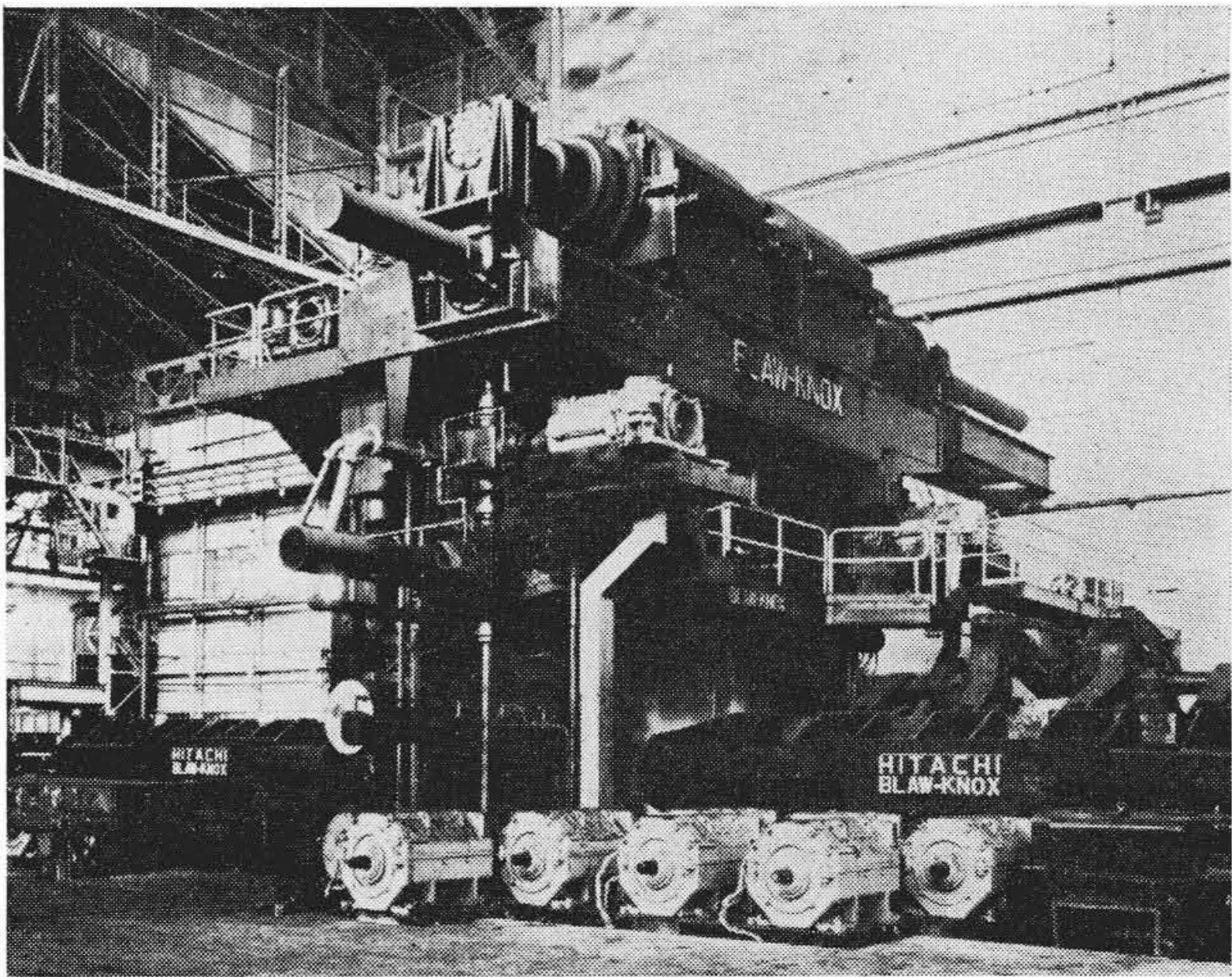
2.1 設備のおもな仕様

2.1.1 鋼塊および成品寸法

鋼 種	炭素鋼、ステンレス鋼
鋼 塊 寸 法	最大 900×2,100×2,200 最小 570×930×1,500
圧 延 寸 法	最大 500×1,950×15,000 最小 80×800×1,500

2.1.2 圧 延 機

形 式	ユニバーサルスラビングミル
ロ ー ル 寸 法	水平ロール 1,170 φ×2,280 L



第 1 図 稼動中のユニバーサルスラビングミル

主 電 動 機	垂直ロール	965 φ×2,140 L
	水平ミル用	4,500 kW×2 40/80 rpm
	垂直ミル用	3,000 kW×1 60/150 rpm
2.1.3 セ ン 断 機		
形 式	水圧ダウンカット式	
セ ン 断 容 量	2,700 t×660 mm ストローク 幅 1,900×高さ 350 mm	
水 圧 源 仕 様	主 ポ ン プ	5 連式プランジャ式, 175 kg/cm ² ×360 l/min×3 台 330 kW, 300 rpm 同期電動機×3 台
	主 蓄 圧 器	空気式 7,500 l, 水面制御装置付

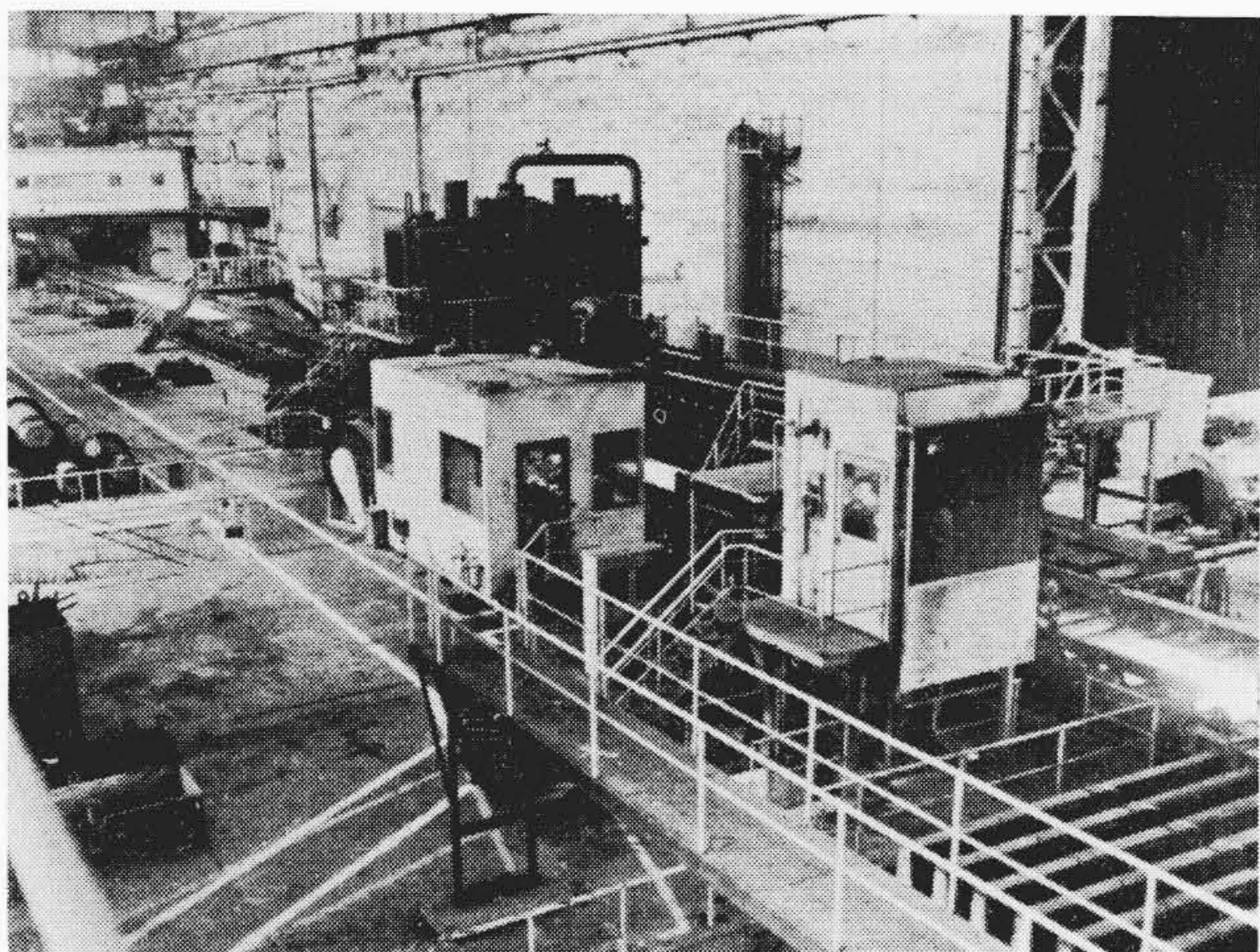
2.2 配置および圧延作業

第 3 図に全体配置を示す。本図では均熱炉ヤードと圧延ヤードが

第 1 表 わが国における稼働中および建設中のユニバーサルスラビング圧延設備

会 社 名	製作年月	ロ ー ル 寸 法 (mm)	主 電 動 機 (kW)	生産能力 (kt/年)	成品最大幅 (mm)	鋼塊重量 (Tons)	機 械 設 備 社	電 気 設 備 社
富 士 製 鉄 (広畑)	1960.4	1,140φ×2,280L 915φ×2,080L	4,500×2 3,000×1	2,400 以上	1,900	20	U. E.	三 菱
川 崎 製 鉄 (千葉)	1961.11	1,170φ×2,286L 965φ×2,130L	4,500×2 3,000×1	2,400 以上	1,900	30	BK. 日 立	富 士
八 幡 製 鉄 (戸畑)	1962.6	1,170φ×2,286L 965φ×2,130L	4,500×2 3,000×1	2,400 以上	1,950	26	BK. 日 立	富 士
東 海 製 鉄 (名古屋)	1964	1,143φ×1,981L 934φ×2,134L	4,500×2 3,000×1	3,000	1,570	30	MESTA 三 菱	安 川
日 本 鋼 管 (福山)	1966	1,170φ×2,286L 965φ×2,130L	4,500×2 3,000×1	3,000	1,950	30	BK. 日 立 (受注予定)	日 立 (受注予定)

* 日立製作所日立工場



第2図 稼動中のスラブシャ付近

T字形になっているが、このほかに直線形配置（I字形）がある。この両者のいずれの配置をとるかは、それぞれ一長一短あり、その製鉄所の敷地、全体配置などから決定されることが多い。ちなみに川崎製鉄株式会社はT字形、八幡製鉄株式会社はI字形配置をそれぞれ採用している。いずれにしても鋼塊の供給ひん度の多い高能率のユニバーサルスラビングミルについては、複数のインゴットバギーからの供給が必要となり、その配置に種々工夫がなされている。また圧延機本体、スカーファァー、せん断機の位置と各テーブル長さについてはタンデム圧延ができるように考慮されている。

圧延作業について簡単に記すと、まず鋼塊が均熱炉からピットクレーンによりとり出され、インゴットバギー上に積載、ミルラインテーブル上まで運搬される。ミルラインに供給された鋼塊は秤量され、必要に応じ180度転回し圧延機に送られる。圧延は最初に1～数パス縦通しを行ない、スケール除去と必要な寸法の幅出しを行なう。その後鋼塊は90度マニプレータフィンガにより転倒され水平ミルで厚み減小、垂直ミルによりエッジングを行ない必要な寸法の厚み、幅をもったスラブを圧延する。なお、この場合、必要に応じ2個の鋼塊をタンデムに並べて操作し、同時に圧延する作業も行なわれる。その圧延スケジュールの一例を第2表に示す。圧延が終わったスラブは必要に応じスカーファァーにかけられ、表面を溶削されせん断機に送られる。せん断機では先後端部の切断および定尺切りが行なわれるが、先後端部のクロップはせん断機後面側でクロップピットに落下し、クロップホイストあるいはクロップコンベヤに

第2表 タンデムローリングの圧延スケジュールの例

パス	幅(B) mm	ΔB mm	厚(H) mm	ΔH mm	長さ mm	圧延 速度 m/s	圧延 時間 (s)	アイド ル時間 (s)	加速 時間 (s)
0	750		1,400		2,500				
1	750	0	1,350	50	2,590	1.8	4.6	6	0.8
E	1,325	25	750	0	2,640	1.8			
2	1,325	0	690	60	2,830	1.8	4.9	2	0.8
3	1,325	0	630	60	3,100	2.4	3.9	2	1.0
E	1,300	25	630	0	3,170	2.4			
4	1,300	0	570	60	3,440	2.4	4.2	2	1.0
5	1,300	0	510	60	3,850	2.4	4.5	2	1.0
E	1,280	20	510	0	3,910	2.4			
6	1,280	0	450	60	4,390	2.4	5.0	2	1.0
7	1,280	0	400	50	4,940	2.4	5.4	2	1.0
E	1,270	10	400	0	4,970	2.4			
8	1,270	0	350	50	5,650	2.4	6.0	2	1.0
9	1,270	0	315	35	6,270	3.0	5.2	2	1.3
10	1,270	0	285	30	6,900	3.0	5.7	2	1.3
11	1,270	0	255	30	7,650	3.0	6.1	2	1.3
12	1,270	0	235	20	8,310	3.6	5.5	2	1.5
13	1,270	0	220	15	8,900	4.2	5.0	2	1.8
14	1,270	0	210	10	9,300	4.2	5.2	2	1.8
15	1,270	0	200	10	9,760	4.2	5.4	2	1.8

注：(1) 鋼塊寸法 750×1,400×2,500
(2) スラブ寸法 200×1,270×8,000
(3) 理論計算圧延能力 900 t/h

よりミルライン外へ搬出される。定尺切断されたスラブは秤量、スタンプされ、パイラに積まれさらにスラブカーによりスラブヤードへと搬出冷却される。なお最近における傾向としてマニプレータフィンガを含む圧延作業の自動化(カードプログラムコントロール)がとり上げられており、アメリカではすでに二、三の実施例が紹介されている現状である。

3. 各機器の構造

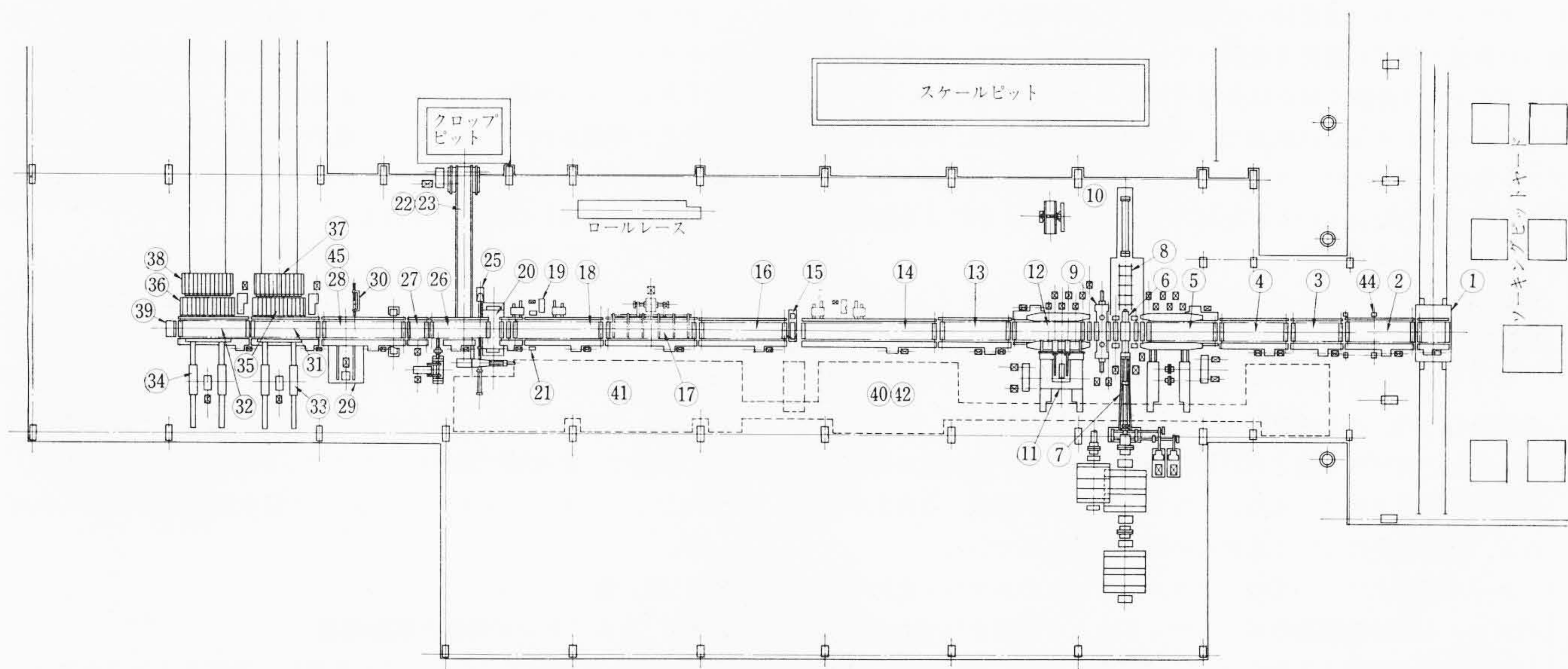
川崎製鉄株式会社および八幡製鉄株式会社納入の各機器仕様は第3表に示すとおりであるが次にそのおもな特長を記す。

3.1 インゴットバギー

構造的に大別すると、ローラテーブル式とポット傾倒式がある。ローラテーブル式はポット傾倒式に比し、鋼塊の積載に関して若干困難性があるが、構造が簡単で自重が軽く、加減速が容易となり保守も簡単となる。

3.2 ローラテーブル

テーブル用ローラは、すべて鍛鋼製ソリッドでインゴットレシー



第3図 ユニバーサルスラビング圧延設備全体配置図

第 3 表 ユニバーサルスラビング圧延設備各機器仕様一覧表

項 番	川 崎 製 鉄 (千 葉)		八 幡 製 鉄 (戸 畑)	
	機 器 名 称	機 器 仕 様	機 器 名 称	機 器 仕 様
1	インゴットカー	テーブル形, 458φ×2,540L, 685P×5	インゴットカー	他社製
2	No.1 インゴットレシービングテーブル	走行速度, 5.2 m/s 458φ×2,540L, 710P×11	インゴットレシービングテーブル	458φ×2,286L, 750P×T
	な し		シフトテーブル	458φ×2,286L, 750P×6
3	No.2 インゴットレシービングテーブル	458φ×2,286L, 710P×8	インゴットスケールテーブル	458φ×2,286L, 750P×12
4	ミルアブローチテーブル	458φ×2,286L, 710P×11	ミルアブローチテーブル	458φ×2,286L, 750P×12
5	フロントミルテーブル	508φ×2,286L, 710P×77, 60P×4	ミルフロントテーブル	508φ×2,286L, 710P×7, 760P×4
6	ホリゾタルミル	最大リフト 2,134	ホリゾタルミル	最大リフト 2,134
7	スピンドルカップリング	ブルバック装置付	スピンドルカップリング	ブルバック装置付
8	ロール組替装置	油圧式	ロール組替装置	油圧式
9	バーチカルミル	最大ロール開度, 2,286	バーチカルミル	最大ロール開度, 2,286
10	ロールチルタ	油圧式	ロールチルタ	油圧式
11	マニプレータ	最大開度 2,337	マニプレータ	最大開度, 2,337
12	バックミルテーブル	508φ×2,286L, 710P×7, 760P×4	バックミルテーブル	508φ×2,286L, 710P×7, 760P×4
13	ミルランアウトテーブル	458φ×2,286L, 710P×11	ミルランアウトテーブル	458φ×2,286L, 750P×16
14	スカーファアブローチテーブル	405φ×2,032L, 915×16	スカーファアブローチテーブル	405φ×2,032L, 1,200P×12
	な し		スカーファアサイドガイド	電動式
15	スカーファアローラ	405φ×2,032L	スカーファアローラ	405φ×2,032L, 1,000P×1
16	スカーファアランアウトテーブル	405φ×2,032L, 915P×11	スカーファアランアウトテーブル	405φ×2,032L, 1,200P×12
17	インスペクションテーブル	405φ×2,032L, 915P×11	シャアブローチテーブル	405φ×2,032L, 1,200P×7
18	シャアエントリーテーブル	405φ×2,032L, 915P×13	シャアエントリーテーブル	405φ×2,032L, 1,200P×7, 750P×2
19	シャアサイドガイド	電動式	シャアサイドガイド	電動式
20	スラブシャ	油圧, ダウンカット式	スラブシャ	油圧, ダウンカット式
21	クロップブッシャ	最大せん断力, 2,700 t	クロップブッシャ	最大せん断力 2,700 t
22	クロップシュート	電動式	クロップブッシャ	圧縮空気作動式
23	クロップホイスト	ゲート付き	クロップシュート	自然落下
24	シャアゲージ	クロップカー走行距離 22,000	クロップコンベヤ	コンベヤー長さ 22,000
25	テストピースシュート	門型 測長, 2,000~9,500	シャアゲージ	門型 測長 2,000~9,000
26	シャアデブレッシングテーブル		テストピースシュート	
27	シャアゲージテーブル	405φ×2,032L, 560×12	シャアデブレッシングテーブル	ブルバック装置付
28	シャアランアウトテーブル	380φ×2,032L, 530×4	な し	405φ×2,032L, 600P×15
29	スラブスケアリングデバイス	380φ×2,032L, 530×18	スラブスケールテーブル	405φ×2,032L, 750P×16
30	スラブスタンパー	油圧式	な し	
31	No. 1 パイラーテーブル	他社製	な し	
32	No. 2 パイラーテーブル	380φ×2,032L, 530×15	No. 1 パイラテーブル	405φ×2,032L, 750P×13
33	No. 1 ブッシャ	380φ×2,032L, 530×15	No. 2 パイラテーブル	405φ×2,032L, 750P×13
34	No. 2 ブッシャ	ストローク, 5,620	No. 1 ブッシャ	ストローク, 5,490
35	No. 1 パイラ	ストローク, 5,620	No. 2 ブッシャ	ストローク, 5,490
36	No. 2 パイラ	ラフビニオン式, 最大積載重量	No. 1 パイラ	ラフビニオン式, 最大積載重量
37	No. 1 トランスファーカー	35,000 kg	No. 2 パイラ	35,000 kg
38	No. 2 トランスファーカー	ラフビニオン式, 最大積載重量	No. 1 トランスファーカー	ラフビニオン式, 最大重量
39	エンドストッパ	35,000 kg	No. 2 トランスファーカー	35,000 kg
40	ロールバランス圧油装置	走行速度, 2.44 m/min	エンドストッパ	走行速度, 2.44 m/s
41	シャ用圧油装置	走行速度, 2.44 m/min		走行速度, 2.44 m/s
42	循環給油装置			
43	グリース給脂装置			
44	インゴットスケール			
45	スラブスケール			
46			デスケーリング装置	105 kg/cm ² , 2,080 l/min

ビングテーブルの一部を除いてすべてころがり軸受を採用し、損失動力の軽減と保守の簡便さを図っている。駆動方式は圧延機前後の各 6 本のローラを除くほかは全部ベベルギヤ方式をとっている。各ローラはカートリッジ式構造で、ラインシャフトは軸方向にサイドシフトされ、容易にローラはテーブルフレームから組みはずし組込みできる構造となっている。なおスケールの侵入、熱による膨張などについても十分考慮が払われている。

3.3 水 平 ミ ル

3.3.1 ロール軸受およびロール組替装置

ロール軸受には 4 列テーパローラ軸受を使用し、スケール侵入の防止のため、メタルチョックの構造にラビリンス部、オイルシール部など特別に考慮された構造を用いている。主軸受の材質は渗炭鋼が使用されているほか、コロ、リティナ形状、はめあい度など、詳細構造についても細心の注意が払われている。

ロール組替えについては、メタルチョックのスラスト止めキーパプレートが特殊構造のボルトナットにより締結されており、なんらナットを回転することなく、油圧シリンダによりチョックとのかみ合いがはずされる。

またロールとカップリングは、スピンドルがモータ駆動によりブルバックされ、そのかみ合いがはずされる。このブルバックは上下スピンドル別個に行なわれ、組替時クラッチ合せの時間を減らすよう考慮されている。ロール組替えは上下 2 本のロールが同時に重ねられたまま油圧シリンダによりレール上をしゅう動し引き出され、あるいは組み込まれる。

3.3.2 圧 下 装 置

約 250 mm/s におよぶ高速圧下で、かつ高ひん度のため各駆動部分はすべて強制循環給油されている。特に圧下ネジ部については、その材質、形状、油みぞ、給油法などについて細心の注意が払われ、他に例をみない構造が採用されている。なお左右の圧下量の調整は、高速軸に設けられたクラッチを着脱して行なわれ、かつ上下ロールのジャミング防止には安全保護管が設けられている。

3.4 垂 直 ミ ル

3.4.1 ミルスタンド構造と駆動機構

垂直ミルはトップドライブ式を採用し、スプラインシャフト、ベベルギヤ、オフセットギヤ、ユニバーサルカップリングを介し

てロールを駆動する。スタンドハウジングは水平方向に3分割され、焼きばめリンクにより縦方向に組み合わされている。したがって圧延圧力による分離力はクローズされたハウジングでそれぞれ受けることになる。また水平ミルハウジングに対しても締結され片側は同一ソールプレート上に設置される。さらに3本のソールプレートは共通の2本のベースプレート上に取り付けられ、耐衝撃性、耐震動性を十分考慮した構造となっている。本垂直ミルの大きな特長は上記ミルスタンドおよび駆動装置と次のべるロール組替法にあるが、とりわけ、駆動機構については次のようなすぐれた点を有している。

- (1) 駆動装置部と直接圧延圧力をうけるハウジング部と分離されユニバーサルカップリングを介してロールが駆動される構造となっているため、圧延時の衝撃力が直接駆動部に伝わらない。
- (2) ロール組替を簡単にするためオフセットギヤを設けユニバーサルスピンドルを油圧シリンダにより上方にプルバックし、ロールとのカップリングを容易にはずしうようになっている。
- (3) オフセットギヤで1段減速しているためベベルギヤの伝達トルクが小さくなっている。
- (4) スプラインシャフトの支持法に特殊な考慮が払われ、ベベルギヤボス部に対し常にセンタリングされ自重その他トルク以外の荷重は受けない構造となっている。このためスプラインしゅう動面での焼付きの心配はないと考えられる。
- (5) トップドライブのため駆動部分の保守点検がやりやすい。

3.4.2 圧下装置

圧下は2台のモータにより左右別個に駆動され電氣的に連絡されている。片側に3本の圧下スクリューと1本のバランス用シリンダがあり、このうち2本のスクリューは垂直ロールを内蔵したしゅう動インナーハウジングにセットされ、2本のスクリューの間に、1個のバランス用シリンダが取り付けられ、インナーハウジングと圧下スクリューとのすき間を少なくしている。他の1本のスクリューは先に述べたようにインターハウジングと分離した駆動装置用ケーシングを移動させるために取り付けられている。3本のスクリューは2個の着脱式ギヤカップリングにより連結され、別個に動かすこともできる構造となっている。潤滑はネジ部、歯車部すべて強制循環給油方式が採用されている。

3.4.3 ロール組替法

垂直ミルのロール組替えについては下記のような特長をもっている。

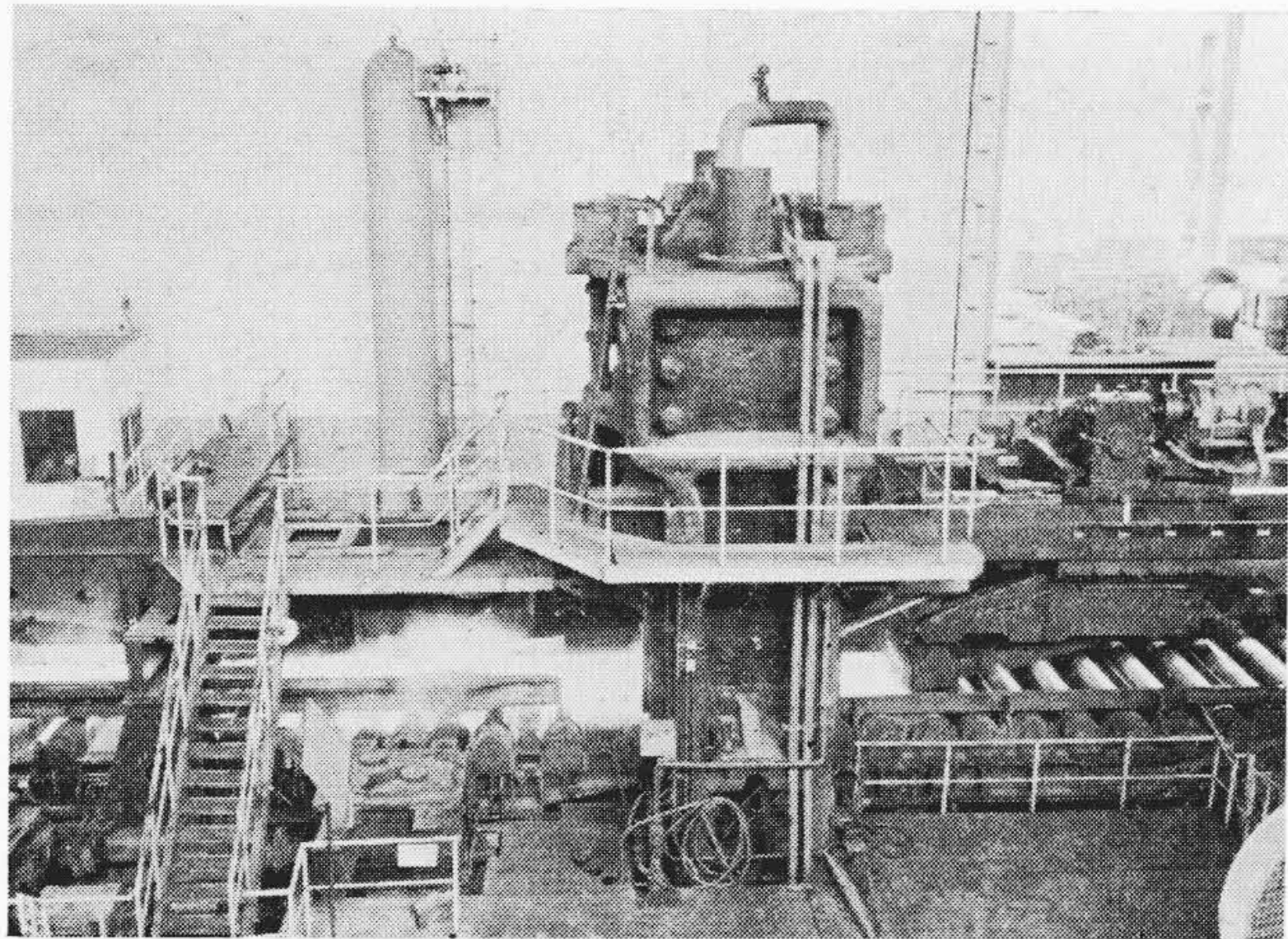
- (1) オフセットギヤを用いベベルギヤ駆動軸を逃がっているためロールをクレーンにより真上に引張り上げられる。
- (2) 同じくオフセットギヤを用いているためユニバーサルカップリングをプルバックする機構が簡単にできる。
- (3) スラスト押えのキーパープレートが水平ミルの場合と同様ボルト、ナットをゆるめることなく、油圧シリンダによりシフトできる。
- (4) ロールつり上げ用グラブをインナーハウジングしゅう動部の所定の位置におき、ロールを送り込むことによりグラブ上のかぎがロール端部のカップリングにかかり、グラブとロールが装着される。したがってクレーンの操作に特殊な熟練を要しない。

なおロールは上下対称に設計されており下手分が摩耗した場合は上下逆に使用することができる。

3.5 せん断機および付属機器

3.5.1 せん断機本体

2,700 t 660 mm という超大形シャーで駆動源には油圧を用いダウンカット式となっている。中央上部に1個の主シリンダを設け左右に刃物スライダ部リフト用シリンダ2個が取り付けられ、さ



第4図 稼動中のスラブシャ

らにスライダフレームにはスラブ押え金具のスラブクランプ用シリンダが設けられている。刃物冷却については特に注意が払われフレーム内部から冷却水が噴出する構造となっている。

なお機械的ストッパがモータにより駆動するので刃物ストロークは任意に調整できる。

3.5.2 せん断機駆動油圧装置

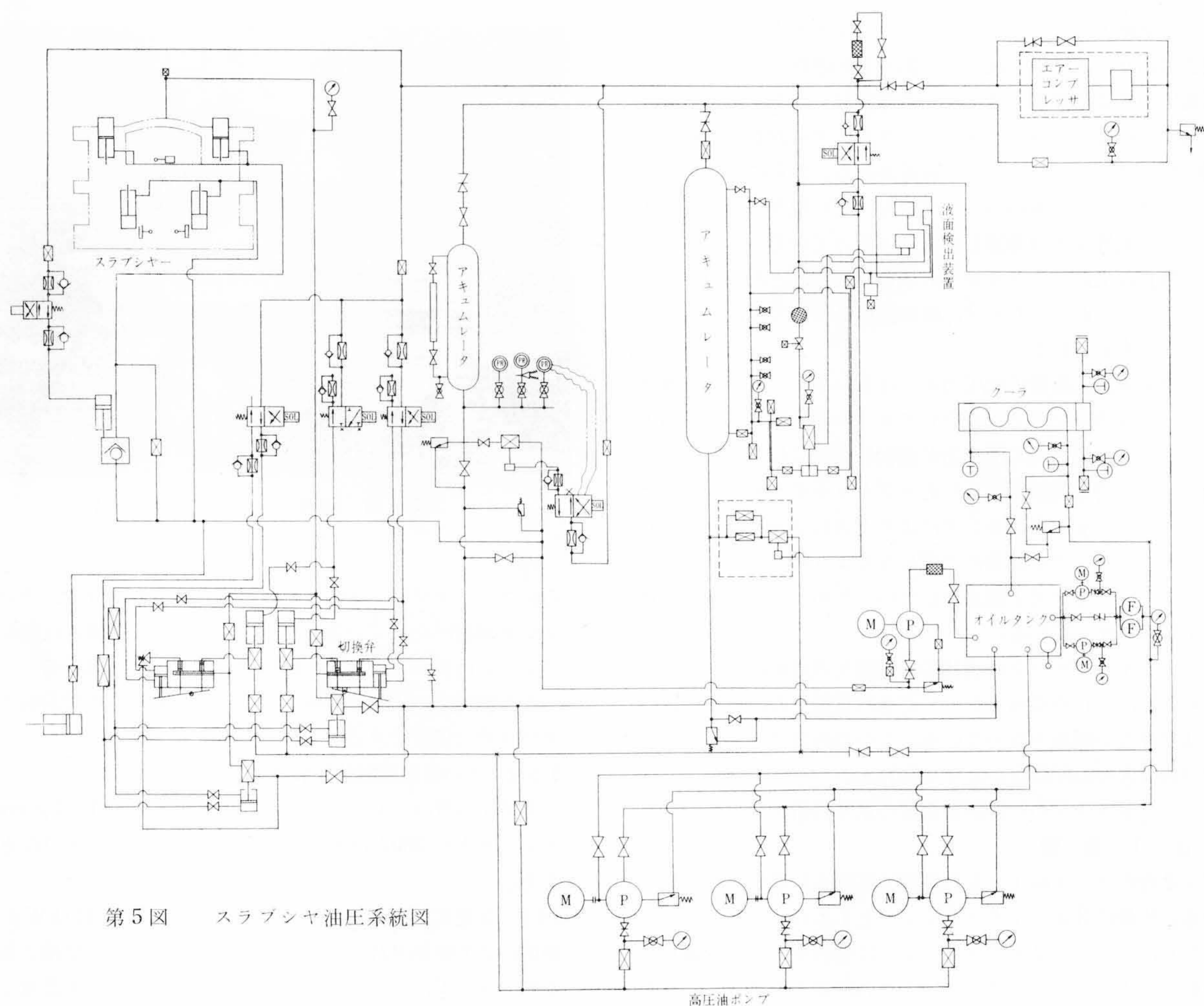
本油圧装置はソレブル油が使用され最高圧力 175 kg/cm², 最大ポンプ吐出量 360 l/min であるがおもな特長は下記のとおりである。

- (1) 5連式プランジャポンプ3台はそれぞれ 330 kW の同期電動機により駆動され、ポンプ吐出側に設けられた切換え装置によりアンロード、オンロードされる。なおこのとき急激な圧力上昇、およびモータ負荷の急激な増大をさけるため5連のプランジャの負荷の切替え位相がずれて行なわれる構造となっている。
- (2) ポンプとシャ間に空気式アキュムレータが設けられ、シャ刃物の動作を円滑ならしめ、脈動の防止、各ポンプの起動停止を行なわしめている。ポンプの起動、停止、非常停止などはすべて差圧式液面検出装置により指令を出している。
- (3) 刃物の上昇下降動作は空気シリンダ作動の3方切換弁で行なわれる。そして衝撃波防止のため下降開始時の流量調整用チョークコントロールバルブ、上昇開始時に作動するスプリングチェックバルブが、また上昇速度をすみやかにするためフィリングチェックバルブがその前後に設けられ、各バルブの動作はそれぞれ時間的連携を保ち開閉することにより刃物はなめらかに上昇下降運動を行なう。
- (4) 刃物上昇の最終端においてスライダリフト用シリンダへの回路に設けられた特殊チェックバルブが作動し刃物はクリーブ速度に減速され、メカニカルストッパに当り停止する。
- (5) プランジャポンプへの送り込みをかね常にバイパスにて冷却、汜過回路に作動油を循環させて温度上昇を防ぎ異物の汜過を行なっている。

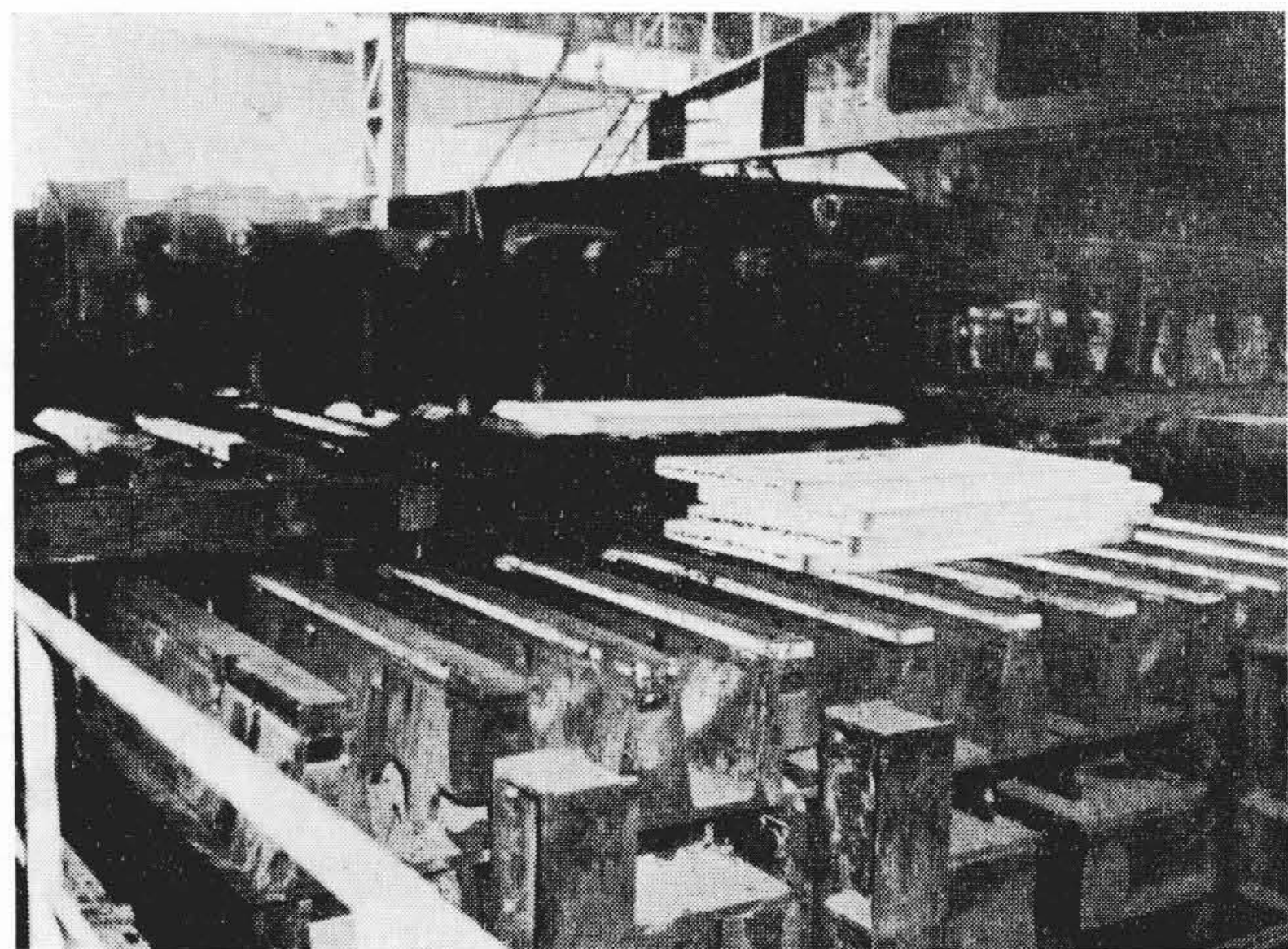
3.5.3 付属機器

シャゲージ、シャ前後面テーブル、クロッププッシャ、クロップ搬出装置よりなる各機器のおもな特長は次のとおりである。

- (1) シャゲージは両持式でゲージヘッドはネジ機構によりトラバースされ、かつモータ駆動によりリンク機構を介して上下される。ミス操作などによる非常の衝撃荷重に対してはゲージヘッドが逃げる構造となっており他の部分を保護している。
- (2) シャ前後面テーブル、前面テーブルは二つのセクションよりなり、シャ側のセクションは1端がバネ支持、他端は固定セク



第 5 図 スラブシヤ油圧系統図



第 6 図 稼動中のスラブパイラ付近

ションのフレームにピン止めされ、スラブ切断時の荷重を逃げる構造となっている。後面テーブルはシヤ側にテストピース受けを設け、テストピースを任意に採取できるように、またクロップの落下を容易にするためにスラブ進行方向にプルバックする構造となっている。またダウンカットシヤのためスラブ切断時スラブ厚み分だけデプレスされるがこれは油圧シリンダによりバランスされている。なおプルバックの時はテーブル後面側のローラ数本はプルバック動作に関連したリンク機構により下に折り曲げられる。このプルバックおよびローラ下降はモータ駆動により行なわれる。

(3) クロップ搬出装置 大形分塊ミルにおいてはクロップ搬

出はスケール処理などとともに重要な清掃機器である。その形式にはクロップホイスト式とコンベヤ式とあるが、コンベヤ式は蒸気発生がなく、見通しか妨げられず、かつクロップのスケール発生量も少ないなどの利点をもつがチェーン部分など消耗部品数が比較的多いという欠点がある。

3.5.4 スラブパイラおよびスラブカー

(1) スラブパイラはパイラテーブル側面に設けられ、スラブブッシャにより送り込まれてくるスラブを数枚堆積し、スラブカーに積み込む目的のものである。スラブ堆積に必要な上下動作はモータにより減速機ラックピニオンを介して行なわれるが、スラブ滞留時間が長いことから熱の影響について考慮が払われるとともにスケールの落下、スラブ積載時の衝撃に対しても支障のないよう工夫されている。

(2) スラブカー スラブカーは自走式でアクセルマウントの 2 台のモータにより減速機を介して駆動されている。スラブ積載後は車軸に対しバネを介して取り付けられ、その駆動部分をスラブ積載時あるいは走行時の衝撃から保護している。スケール、熱に対してはパイラ同様十分に考慮が払われている。

4. 結 言

以上のように、世界最大級の生産能力を持つ最新式ユニバーサル式分塊圧延設備がアメリカ BLAW-KNOX 社と日立製作所との緊密な協同作業により製作納入され、多大の成果をあげているので、その全ぼうを紹介した次第である。本稿を終るに当たり、本設備製作の機会を与えられ、種々設計製作上また納入後の調査などに対し全面的にご協力いただいた川崎製鉄株式会社および八幡製鉄株式会社関係者各位に対し、深甚なる謝意を表する次第である。