

工 作 機 械 の 油 圧 回 路

Hydraulic Circuit of Machine Tools

宮 永 稔 久*
Toshihisa Miyanaga

要 旨

油圧応用工作機械のうち、平面研削盤、数値制御フライス盤およびトランスファマシンの油圧回路を採り上げ、回路の特長や問題点について説明した。

1. 緒 言

油圧回路の根本技術はある程度の領域に達しているもので、それ自体の進歩は遅々としているが、ここ数年来、応用面、すなわち機械および電気とのコンビネーションが急速に発達して来た。

日立製作所川崎工場では種々の油圧応用工作機械を製作しているが、そのうち代表的な3機種を採り上げ概説する。

2. 平面研削盤の油圧回路

運動方向の切返しひん度が高く、しかも運動速度の速い研削盤のテーブル往復運動に、油圧を応用しはじめたのは、1900年代の初頭からである。

2.1 平面研削盤の問題点と油圧駆動の得失

平面研削盤は、ほかの工作機械にくらべて特に加工精度、仕上面あらさなどの要求精度が高い。一般に平面研削の加工精度は、平行度、真直度および寸法精度について、1 mにつき 0.01 mm 以内が要求され、仕上面あらさは 1.5 s 以内が要求されている。

また、被加工品は極軟鋼から焼入鋼、超硬合金まで加工することができるので、広範囲な作業性が要求される。したがって、そのテーブル駆動を円滑に行なわせるため、機械的駆動方式よりもその点がすぐれている油圧駆動方式を用いるのが普通である。この油圧駆動方式には、次の得失がある。

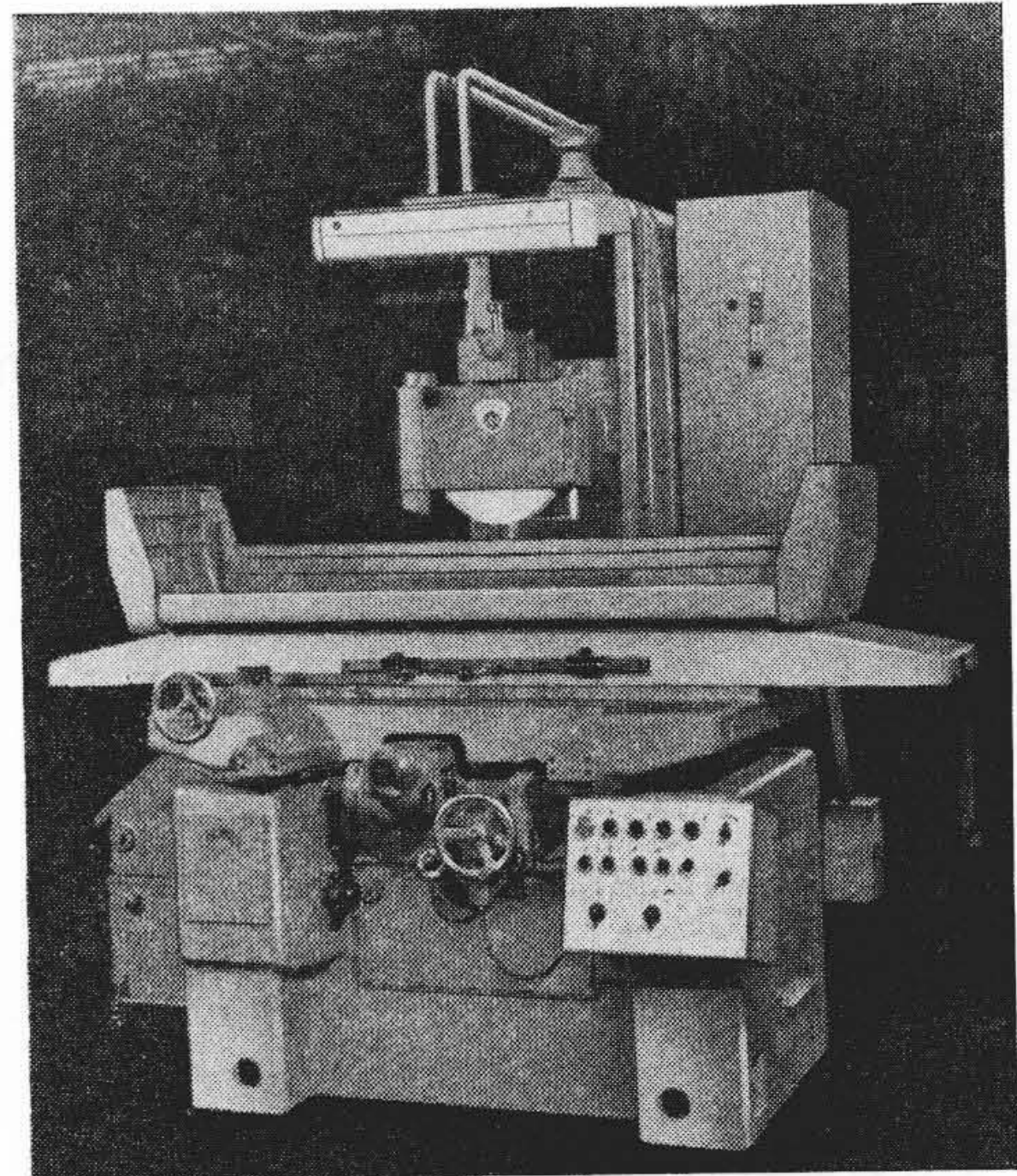
- (1) 駆動機器と運動体を離すことができるので、振動が少なく、円滑、静粛な運動ができる。
- (2) テーブル送り速度が 2~25 m/min で高速作動の分野に属するが、方向切返し点の衝撃は小さい。
- (3) 平面研削作業は、被加工品材質などにより広範囲の作業性が要求されるので、テーブルの送り速度は無段変速が要求され、この点、油圧駆動は容易に変速できる。
- (4) 油圧駆動は、機械的駆動にくらべて効率が低いので、油温が上昇し、この油温が機械構造部に熱変位を起こさせ、加工精度を低下させる場合がある。

2.2 日立 GHL-300S 形平面研削盤

外観を図1、仕様を表1に示す。本機のテーブル運動案内面には図2に示すボールガイドを採用している。このボールガイドを使用することにより、摩擦係数は約 0.005 となり、通常のすべり面に対して、十数分の一以下の力でテーブルを駆動することができるので、熱発生量を小さくすることができる。

本機の油圧回路は、図3に示すとおりで密閉回路となっている。ポンプは、可変吐出量ポンプを用いているからテーブルを変速してもリリーフ弁を作動させる必要がないので、油温上昇を防止する。

また、ポンプケーシングの上下変位により吐出方向を変えている



(GHL-300S 形)

図1 日立精密平面研削盤

表1 日立精密平面研削盤(GHL-300S 形)の仕様

項 目	単 位	GHL-300S6	GHL-300S9
テ ー ブ ル 作 業 面 の 大 き さ	mm	300×600	300×900
テ ー ブ ル 移 動 距 離	mm	650	950
テ ー ブ ル 移 動 速 度	m/min	2~25	
砥石軸中心とテーブル上面までの距離	mm	100~600	
砥 石 軸 駆 動 用 電 動 機	kW	3.7/3.0	
テ ー ブ ル 許 容 積 載 重 量	kg	500	670
製 品 重 量	kg	3,000	3,700

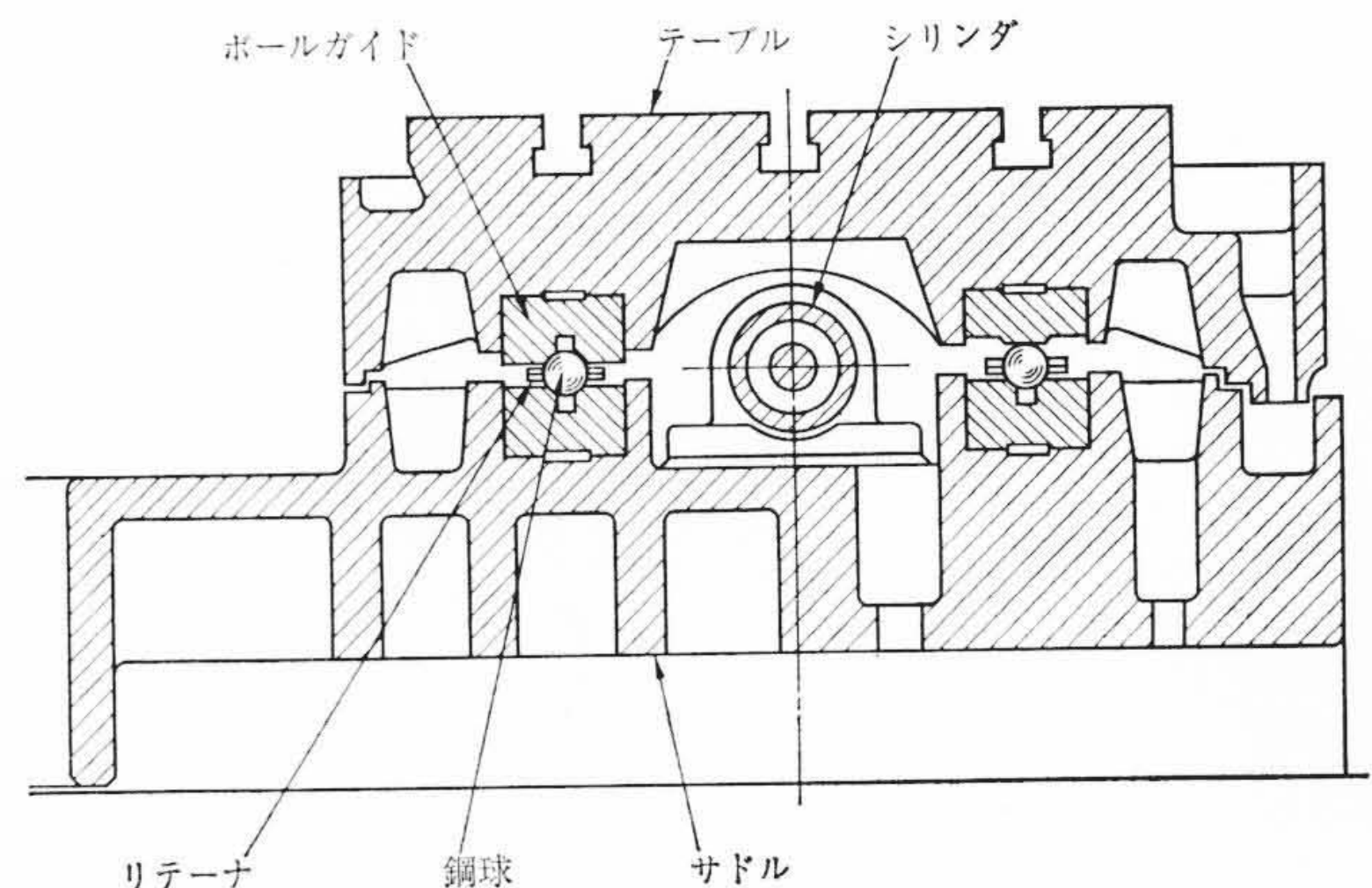


図2 ボールガイドの構造

* 日立製作所川崎工場

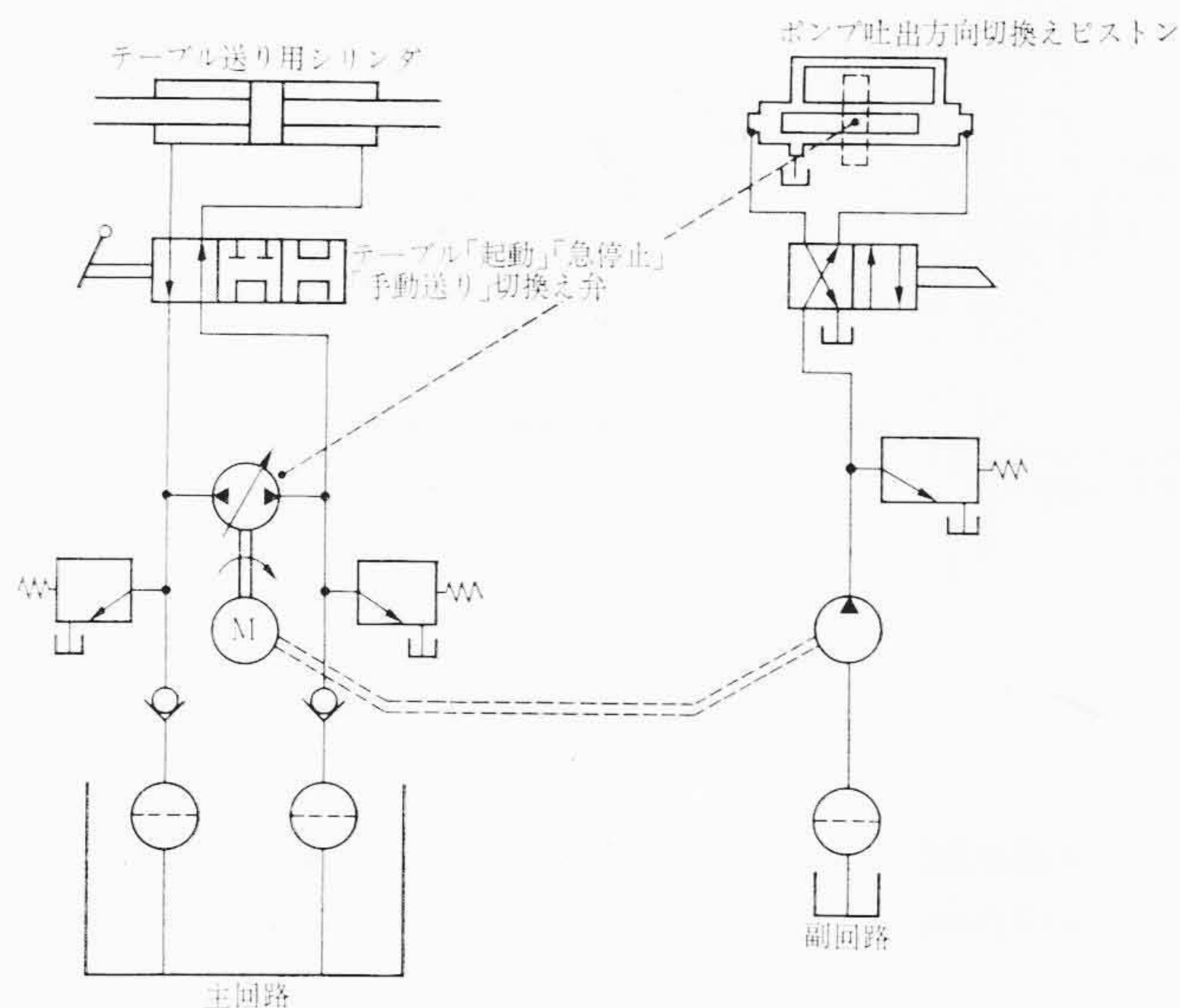


図3 平面研削盤の油圧回路例

(注) ダイアルインジケータ①と②の距離は250mmである。
ヒータ加熱時は、ポンプは停止

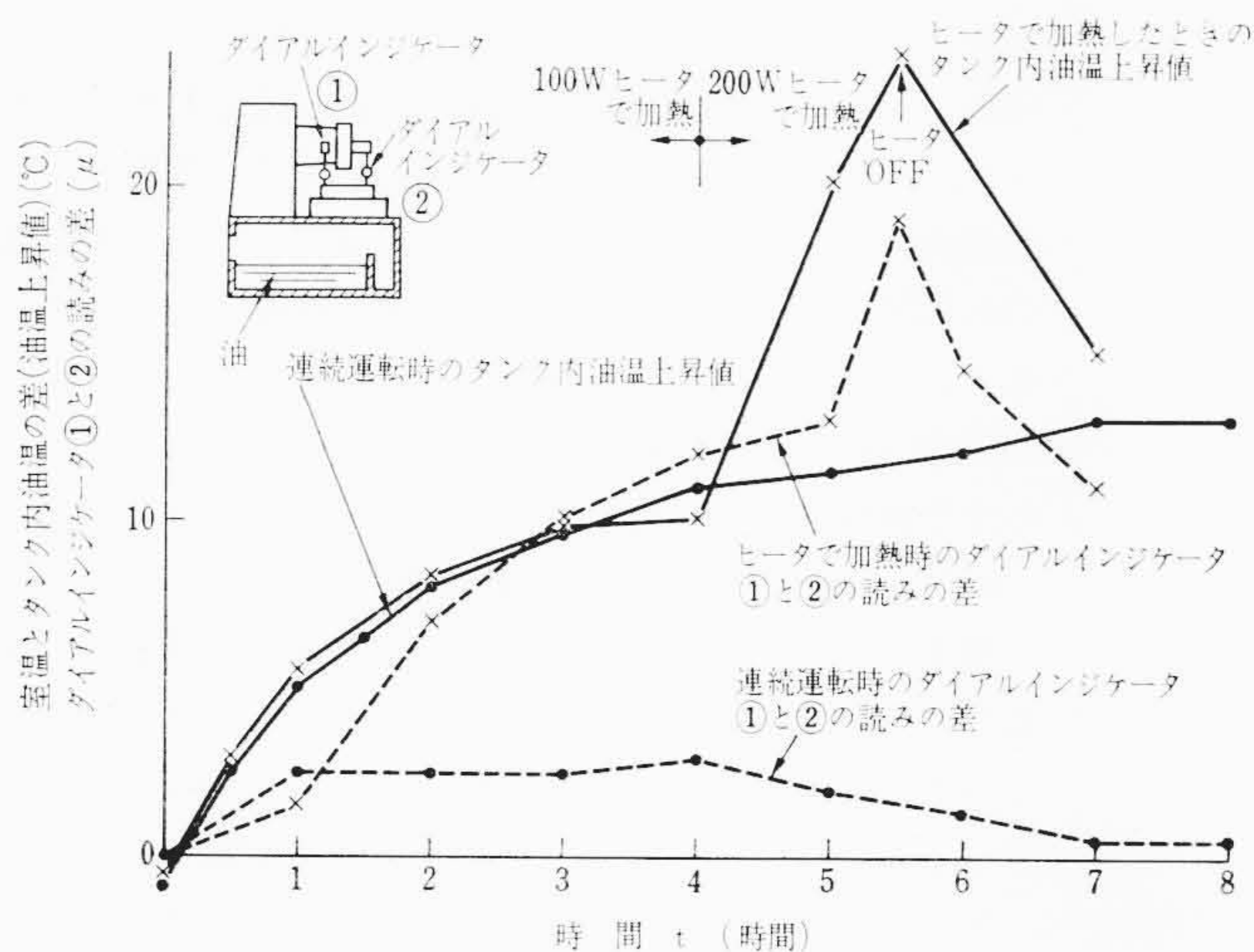


図4 タンク内の油温と熱変位

ので、テーブルの切返しの際、テーブル運動速度を徐々に減じながら方向を切返して行くので、切返し点の衝撃が小さい。

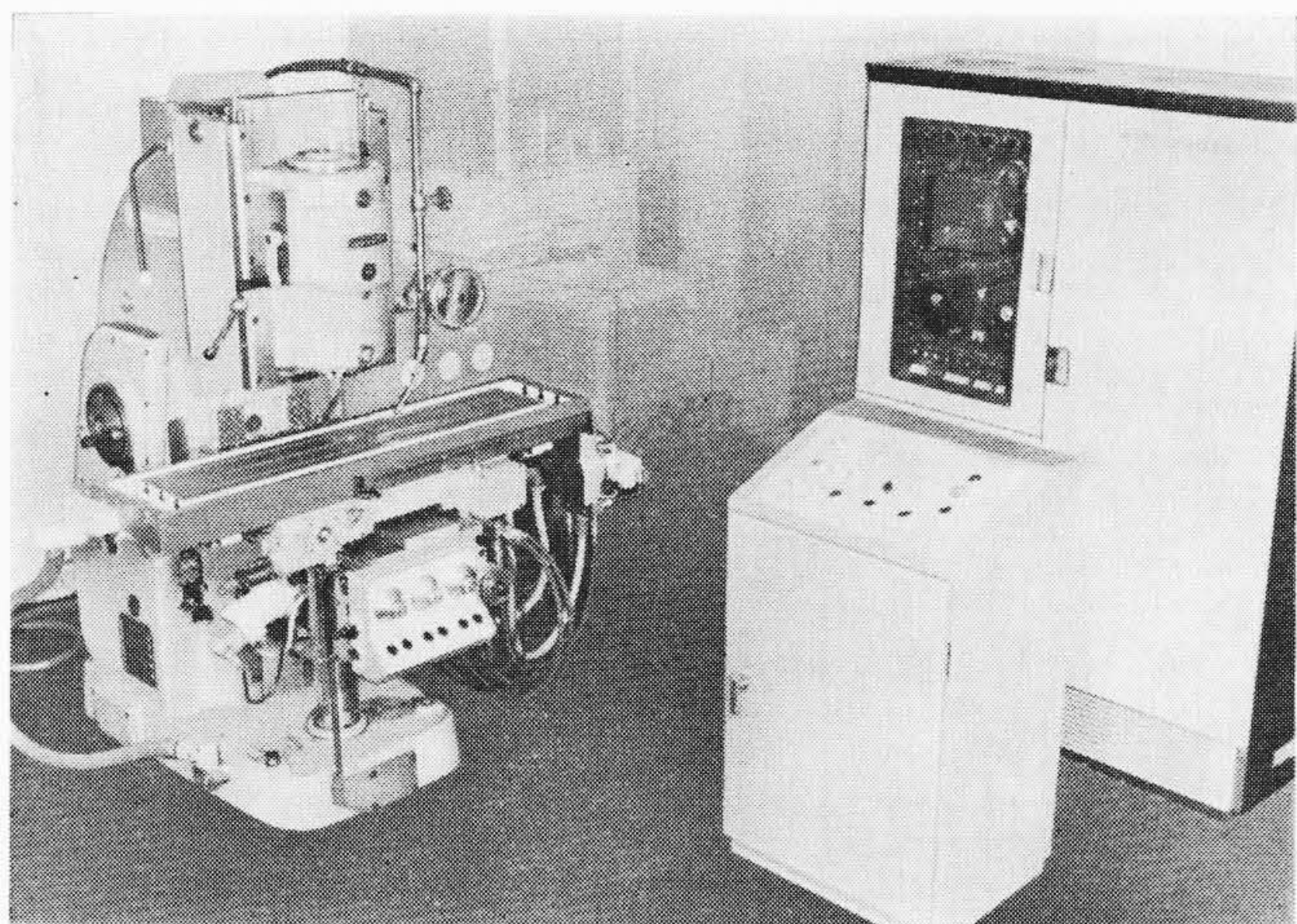
さらに、テーブルを停止している状態では、ポンプの吐出側と吸込側を連結する切換弁を用いているので、アンロードされリリース弁が働く必要がないから油温を上昇することがない。

このように、密閉回路と可変吐出量ポンプの採用により、研削盤の生命である精度を保持することができる。油温は1日連続使用しても、8~12℃程度の上昇に過ぎない。

2.3 油温上昇に伴う本機の熱変位

平面研削盤のと石軸心とテーブル上面の平行度の変化は、トラバース研削においては加工品精度への影響は少ないが、プランジ研削の場合や、自動定寸装置をコラムに取り付けた場合には、その影響は大きい。

図4は、と石軸心とテーブル上面の平行度の変化を示したものである。本図は、図3に示す回路で連続運転を行なった場合と、ポンプを停止して、加熱ヒータのみで油温を上昇させた場合（一定吐出量ポンプを使用した開放回路の場合と同程度の油温上昇を行なわせるために行なったもの）の2通りを示したものである。これから明らかのように、正常運転の際は、油温は室温に対し13℃上昇した時点で飽和し、この時のと石軸心とテーブル上面の平行度の狂いは約3μ



(HIDAM-8060 形数値制御装置付)

図5 2DMV 形数値制御フライス盤

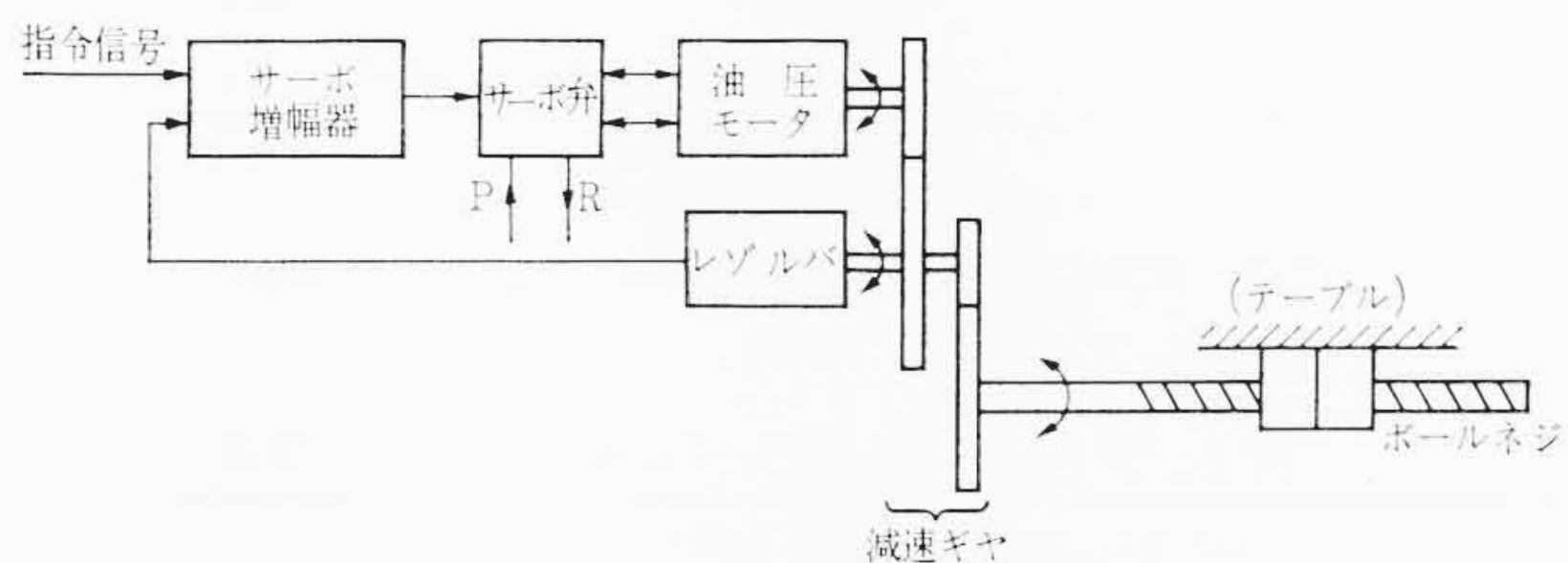


図6 2DMV 形数値制御フライス盤の送り駆動機構（1軸分）

である。これに対し、ヒータで加熱した場合は、5.5時間後に24℃の温度上昇となり、平行度の狂いは15~20μとなっている。

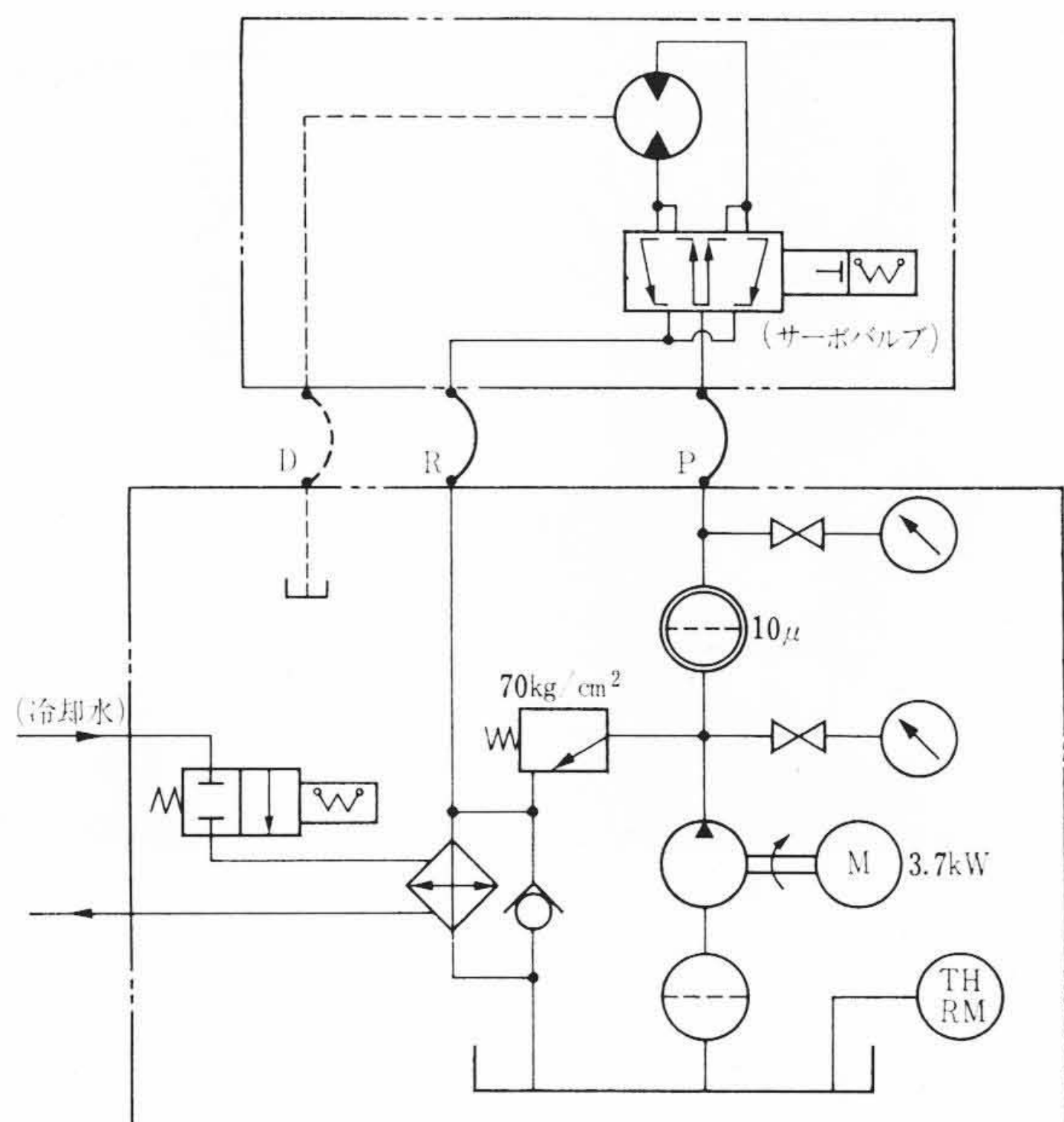
以上、平面研削盤で最も重要な加工品精度の保持について、油圧駆動を採用する場合に留意すべき事項を述べたが、さらに油圧駆動を用いる場合に運動案内面の構造など、研削盤本体の構造設計にもそれなりの考慮を払う必要があるのは当然である。

3. 数値制御フライス盤の油圧回路

数値制御フライス盤は、あらかじめ作成された指令さん孔テープの内容に従ってテーブルの左右、前後、上下方向の送り量を数値的に制御して加工を行なうものである。加工品が変わってもテープと工具を換えるだけで、手送りでは加工できないような複雑な形状も自動的に加工できるので、数値制御方式は最近急速に普及してきた。

数値制御フライス盤においては、電気制御、油圧駆動方式の送り機構が用いられる。時々刻々のテーブルの位置を高精度に制御するために駆動系に高剛性が要求されるので、アクチュエータとしては、油圧モータと送りネジの組合せが多く用いられる。油圧シリンダの場合には油の圧縮性のために剛性を高くすることができない。

図5は日立2DMV形数値制御フライス盤(HIDAM-8060形数値制御装置付)である。本機の送り駆動系は図6のようになっている。送り系はサーボ機構になっており、テーブルの移動量（ネジの回転量）がレゾルバによってフィードバックされ、指令信号との差に応じてサーボ弁のスプールを動かし、油圧モータを駆動している。送りネジには高精度のボールネジを用い、ナット部はダブルナットに予圧をかけてバックラッシュを除去している。図7は油圧回路である。サーボ弁の圧油(P)ポートには油圧ならいのパイロット弁と同様に、出力流量の有無にかかわらず一定の油圧をかけておかなければならない。したがってポンプには最大負荷流量よりも大きめの吐出量のものを用い、常時は大部分の吐出量をリリース弁からタンクへ戻し、圧油ラインには常にリリース弁の設定圧力(70 kg/cm²)がかかるようにしてある。このためにポンプに加えられるエネルギー



(サーボ弁および油圧モータは1軸分のみ記す)

図7 2DMV形数値制御フライス盤の油圧回路

表2 トランスファマシンを構成する油圧関係ユニット

連結ユニット	1 インデックスユニット	切削ユニット	付属ユニット
	トランスファ装置 位置決め装置 クランプ装置 そのほか	ドリリングヘッド タッピングヘッド リーミングヘッド ボーリングヘッド ファインボーリングヘッド フェーシングヘッド ミーリングヘッド そのほか	ロータリリフト ナットランナ 方向変換装置 清掃装置 ワークセッター プレス装置 そのほか
切削ユニット	2 ローディングユニット	送りユニット	油圧フィード
	ホッパー装置 (搬入) プッシャー装置 搬出装置 そのほか		

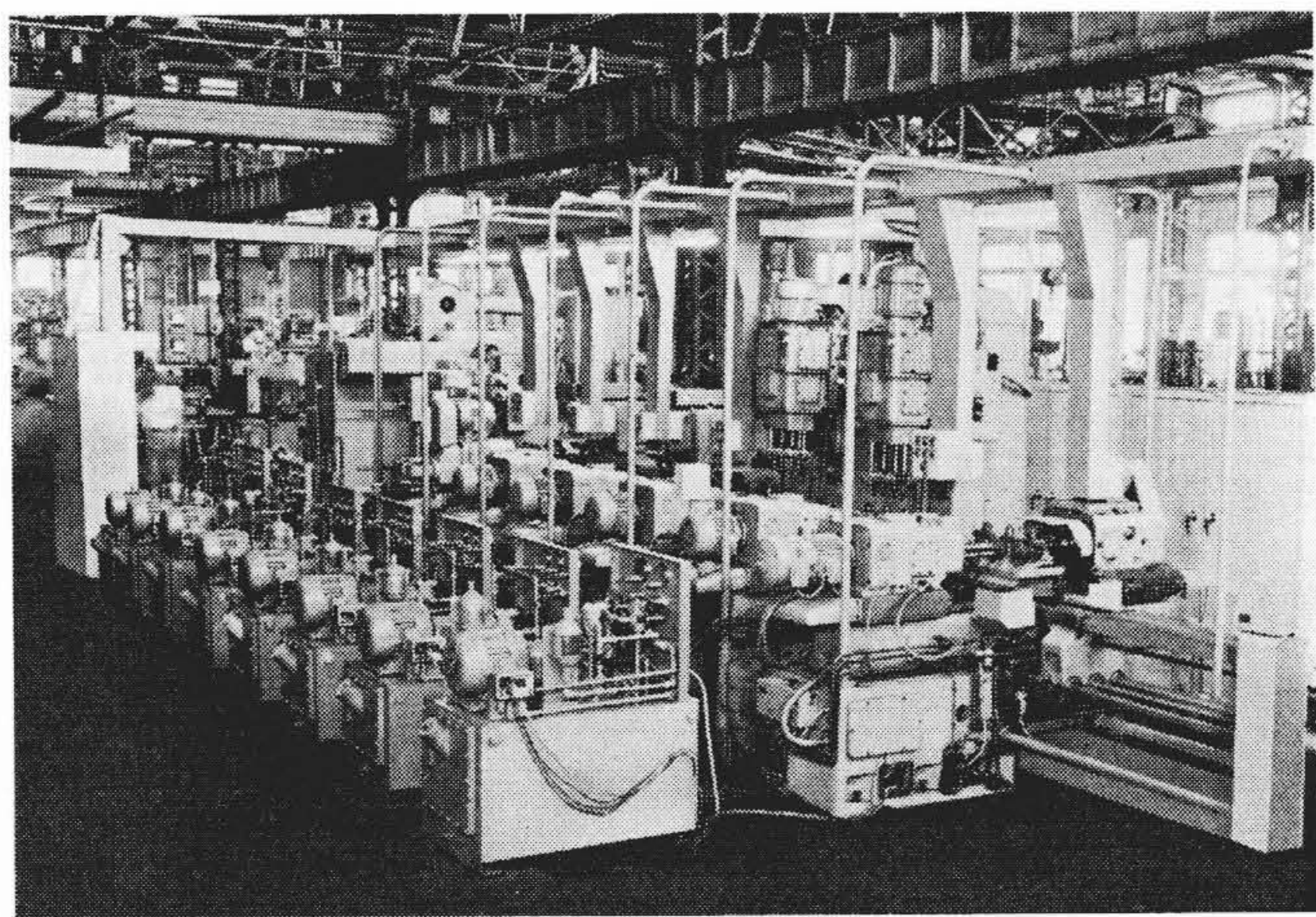


図8 トランスファマシン

ーは大部分が熱になり、冷却装置がないと油温の上昇が大きくなるので、本機では水冷式のクーラを備えており、温度スイッチにより油温を 40℃ に保たせている。このような効率の悪い回路を使用するのは、出力流量の急激な変化に対しても圧力の降下を小さくするためである。最近応答の速い可変容量形ポンプが開発され、効率も良く、冷却も空冷方式にするようになってきた。図5の数値制御フライス盤は最大送り速度 1,500 mm/min のものである。サーボ系の応答速度はステップ応答試験の結果、時定数約 25 ms、むだ時間約 8 ms となっており、油圧駆動の速応性の特長は生かされている。ま

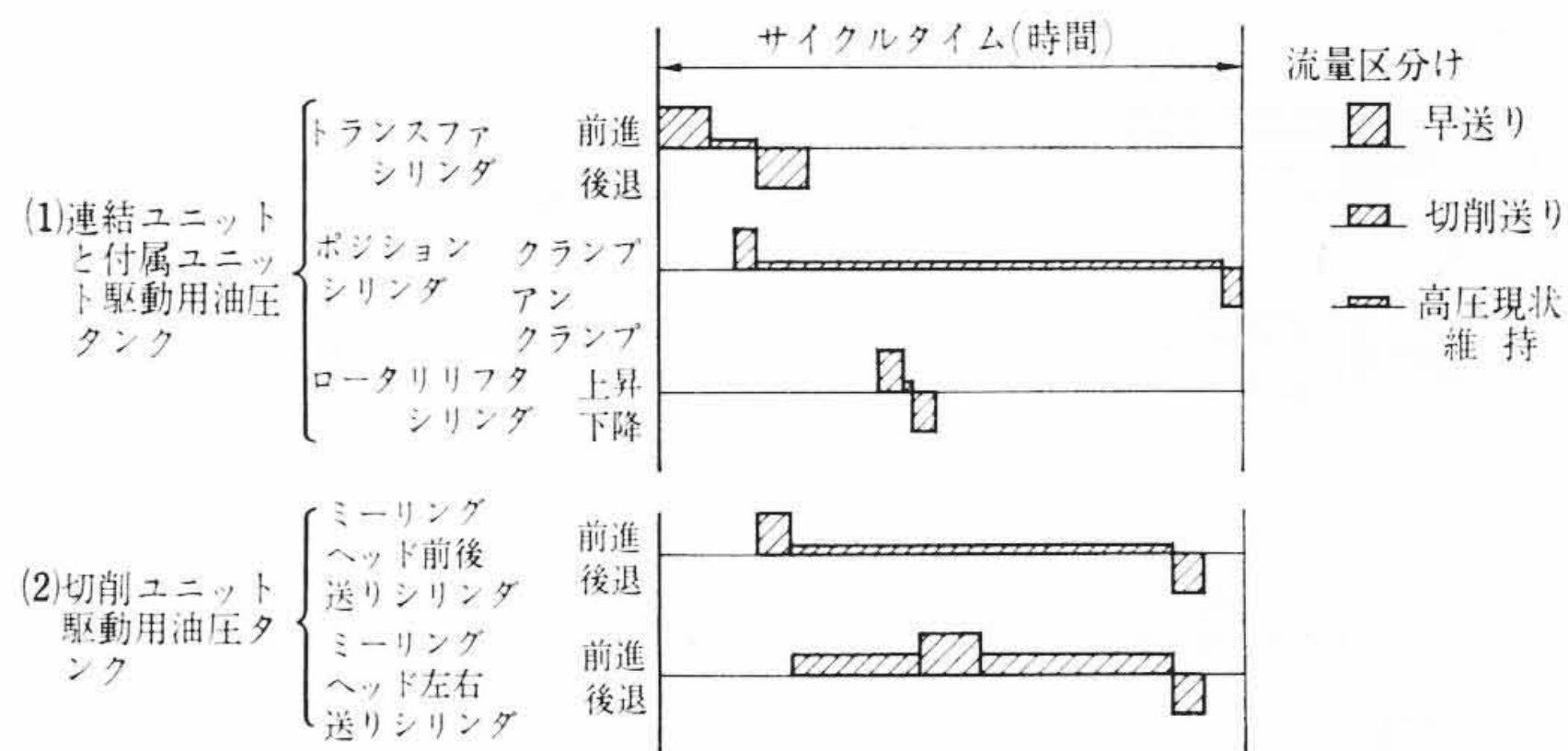


図9 油圧サイクル線図

た、本機の動作性能としては位置決め精度は ± 0.02 mm、加工精度は ± 0.03 mm、加工面アラサは 10μ 以内となっている。

4. トランスファマシンの油圧回路

トランスファマシンは、機械、電気、油圧の三部分から構成されており、互いに密接な関連のもとに全体としてサイクルタイム内に所定の作業を行なわせるようになっている。各ユニットを大別すると表2のように(1)連結ユニット(2)切削ユニット(3)付属ユニットになる。油圧回路は、動力源として油圧タンク、作動源として油圧シリンダと、両者を関係づける各種油圧機器をもって構成されているが、多量生産機械である関係上、小さな事故でも大きく稼働率を低下させることがある。また使用目的からスピードアップに伴う油圧機器の性能と信頼性の向上が要望され、設計当初から十分検討されねばならない。

4.1 トランスファマシンの構成

図8にトランスファマシンの外観を示す。表2の各種切削ユニットを送りユニットやコンモンベースなどと、ビルディングブロック方式で組み立てて一つのステーションを構成させる。このステーションを加工品の加工順序に従って複数個並べ、加工品のトランスファ、位置決め、クランプをつかさどるインデックスユニット、加工品の搬入、搬出を行なうローディングユニット、そのほか特殊機能をつかさどる各種付属ユニットを適宜組み入れて、一つの機械としてまとめられる。一般に連結ユニットは一括し1個の油圧タンクを、切削ユニットは各ステーションごとにそれぞれ油圧タンクを持っている。また付属ユニットの油圧タンクは、前二者のどちらかに組み込まれる。

トランスファマシンは、所定のサイクルタイム内で各動作を完了するものであるが、油圧的に示したのが図9である。(1)は連結ユニットと付属ユニット駆動用油圧タンク、(2)は切削ユニット駆動用油圧タンクである。縦軸は必要な油量を概略的に示している。

つぎに代表的な油圧回路について解説する。

(1) 連結ユニットと付属ユニット用油圧回路

図10はトランスファ、クランプ、ロータリリフトを一つの油圧タンクで駆動する油圧回路図である。機械は、リミットスイッチやタイマを介してシーケンス制御され、油圧切換弁を切換えて所定の動作を行なわせている。複雑な機械の動作には、相互間のインターロックにより安全性を確保しているが、油圧は、セット圧を規定することによって、事故による破損を防止している。また緊急時に急停止できるという特長がある。トランスファ速度は、現在 25 m/min と高速のため、前進端でショックをとるデセレーション弁③が設けられている。図11の左側にそのマニホールドがあり、右側にはそれを作動させるドックがある。クランプに

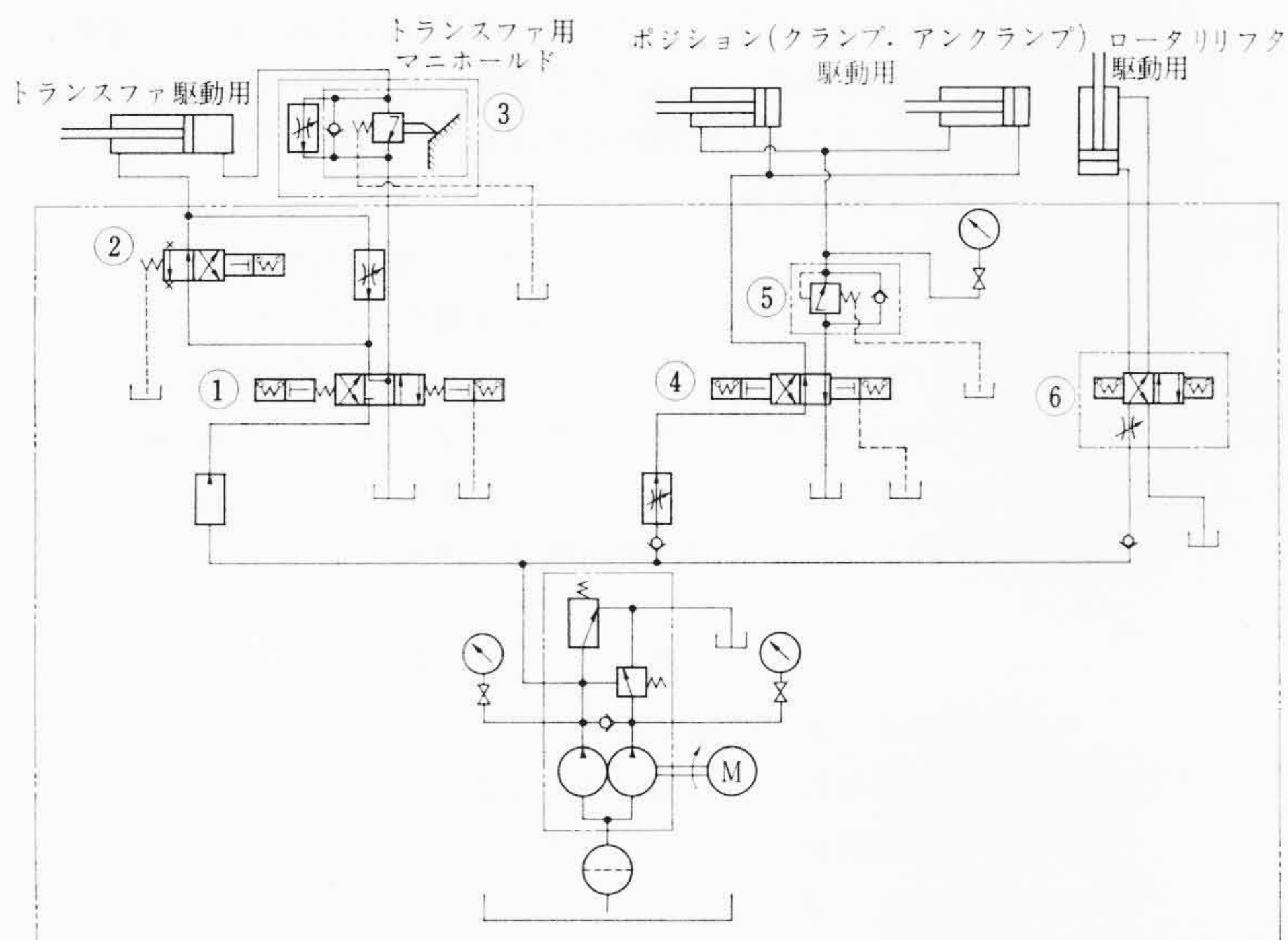


図10 連結ユニットと付属ユニット用油圧回路

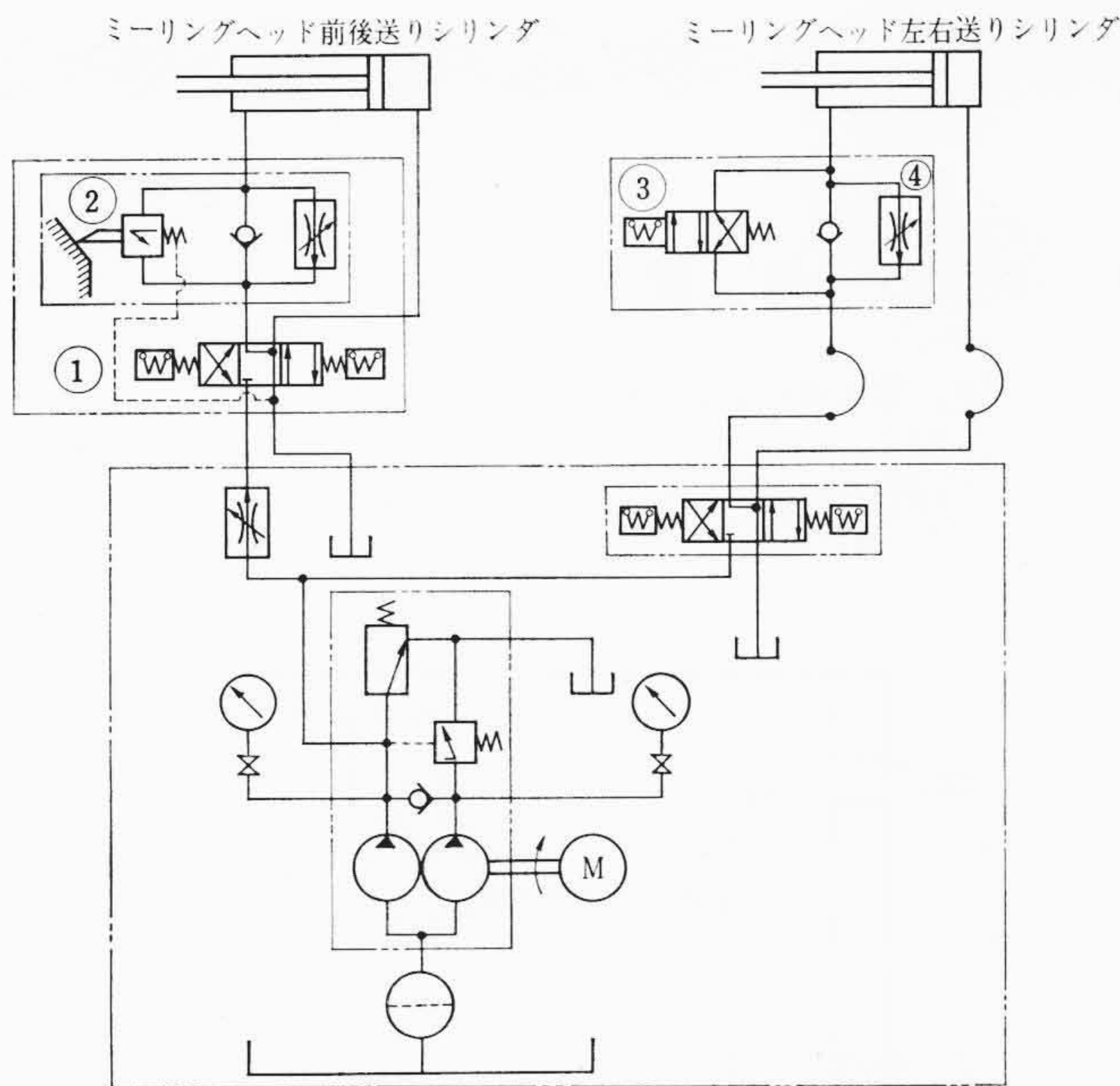


図13 切削ユニット用油圧回路

は、油圧駆動のカムロック方式を採用している。アンクランプを円滑に行なうため、クランプ側に減圧弁⑤が設けられている。ロータリリフトは、図12に示すようなもので、ワークテーブルのリターンによる落差補正と上下動作を利用したカム方式で90°回転を行なわせるものである。油圧的には比較的簡単なので電磁弁⑥で所要の機能を行なわせている。

(2) 切削ユニット用油圧回路

図9にミーリングヘッドの前後送りと左右送りの油圧サイクルを示す。図13はその油圧回路を示し、電磁弁①が励磁し、早送りで前進する。前進端定位置は、ストップで規正されるが、バラツキがなく、正確に行なうために、デセラレーション弁②でショックをとっている。前進端で電磁弁①は、ミーリングヘッドの左右の動作が完了するまで励磁を継続する。前進端確認後タイマタイムアップして、電磁弁③が励磁して流量調整弁④で調整された所定の切削送りとなる。途中リミットスイッチで電磁弁③を切換えて早送りとし、再び切削送りとしてミーリングヘッドを切削端まで移動させる。切削端を確認すると電磁弁①③は後退用に励磁

** 日立製作所機械研究所

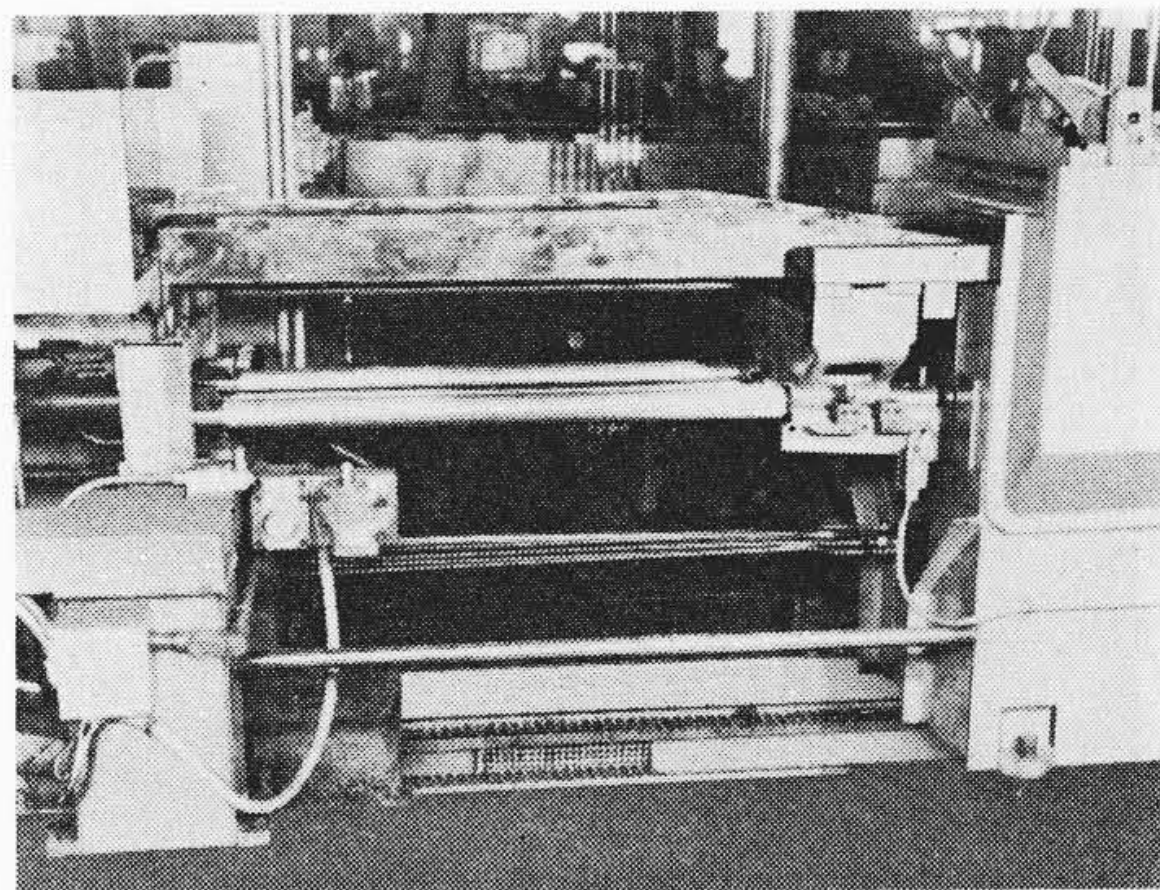


図11 トランスファ装置

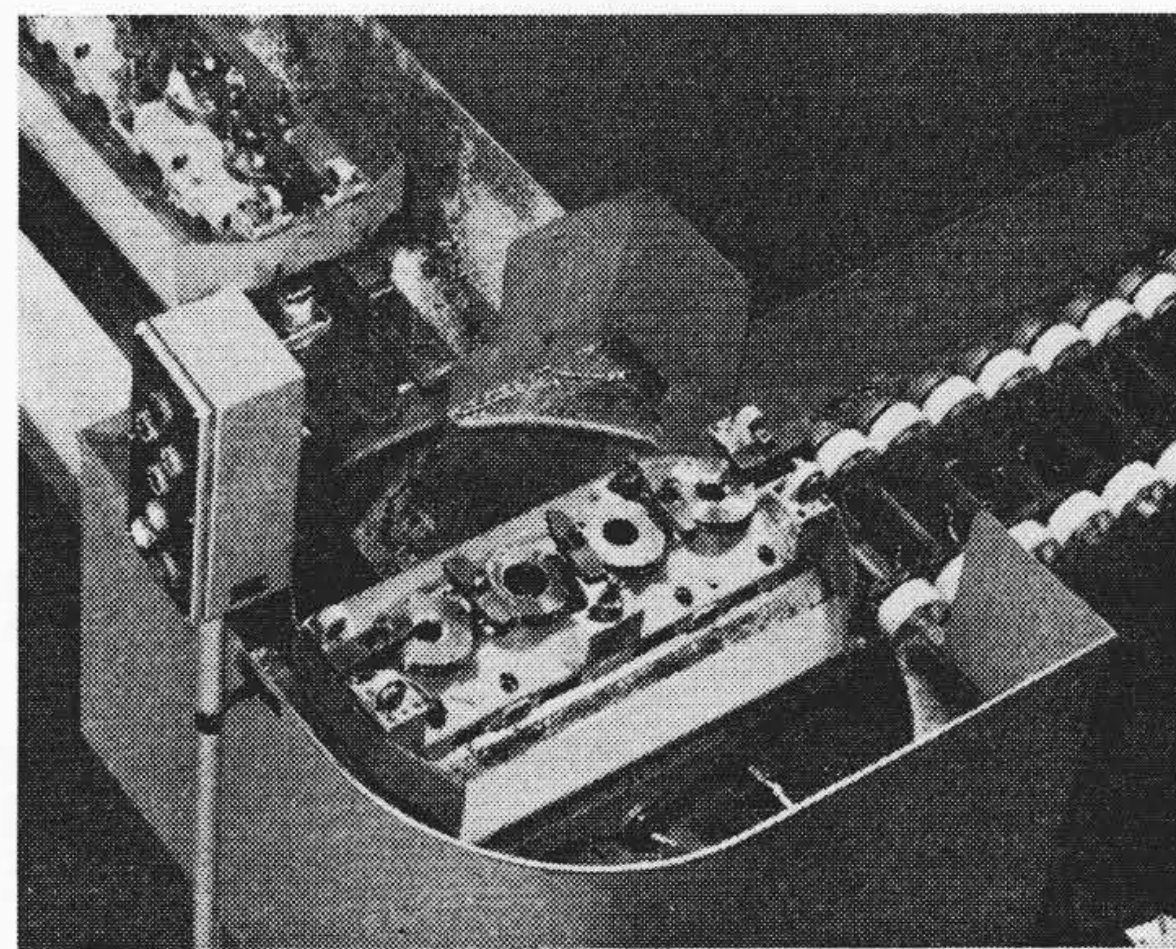


図12 ロータリリフト

され、前後および左右送りがともに後退する。

4.2 トランスファマシン油圧回路の留意点

油圧回路上おもな問題点とその留意点には、つぎのようなものがある。

(1) 圧油の温度上昇

油温上昇はつぎのような現象を起こし好ましくない。

- (a) 送り速度を変化させる。
- (b) 機械本体の熱変位により加工精度不良とバラツキを起こす。
- (c) 作動油の劣化を促進する。

防止法としてはつぎのような手段をとる。

- (i) コンビネーションポンプや可変吐出量ポンプを使用する。
- (ii) クーラなど温度調整機器を使用する。
- (iii) センタバイパス形電磁弁などの利用でアンロードさせる。

(2) ジャンピング現象

ジャンピング現象は、テーブルが停止から起動する場合の行き過ぎやショックの発生をいう。切削の直前にこのような現象を起こした場合には、カッタを破損することがある。従来空気吸込みをなくしたり、完全に空気を抜き、あるいは背圧側回路に弾性体部品を使わないようにするなどの経験的なことで防がれてきたが、浜野**、松崎**両氏の研究によれば、ジャンピング現象は、おもに油圧シリンダや配管中にある油の圧縮と流量制御弁に原因があり、後者はさらに調圧スプール弁の運動と弁内のサージ圧発生による過大流量とに分けられる。このうち最も大きな影響をもつのは油の圧縮性にあるということが明らかにされている。またこれらの対策としてつぎのことがあげられている。

- (a) 回路をオールポートブロックとし、ユニット停止時にも回路中に圧力を保持し、テーブルの起動時に生ずるサージ圧との差を小さくして圧縮による油の体積減少量を小さくする。

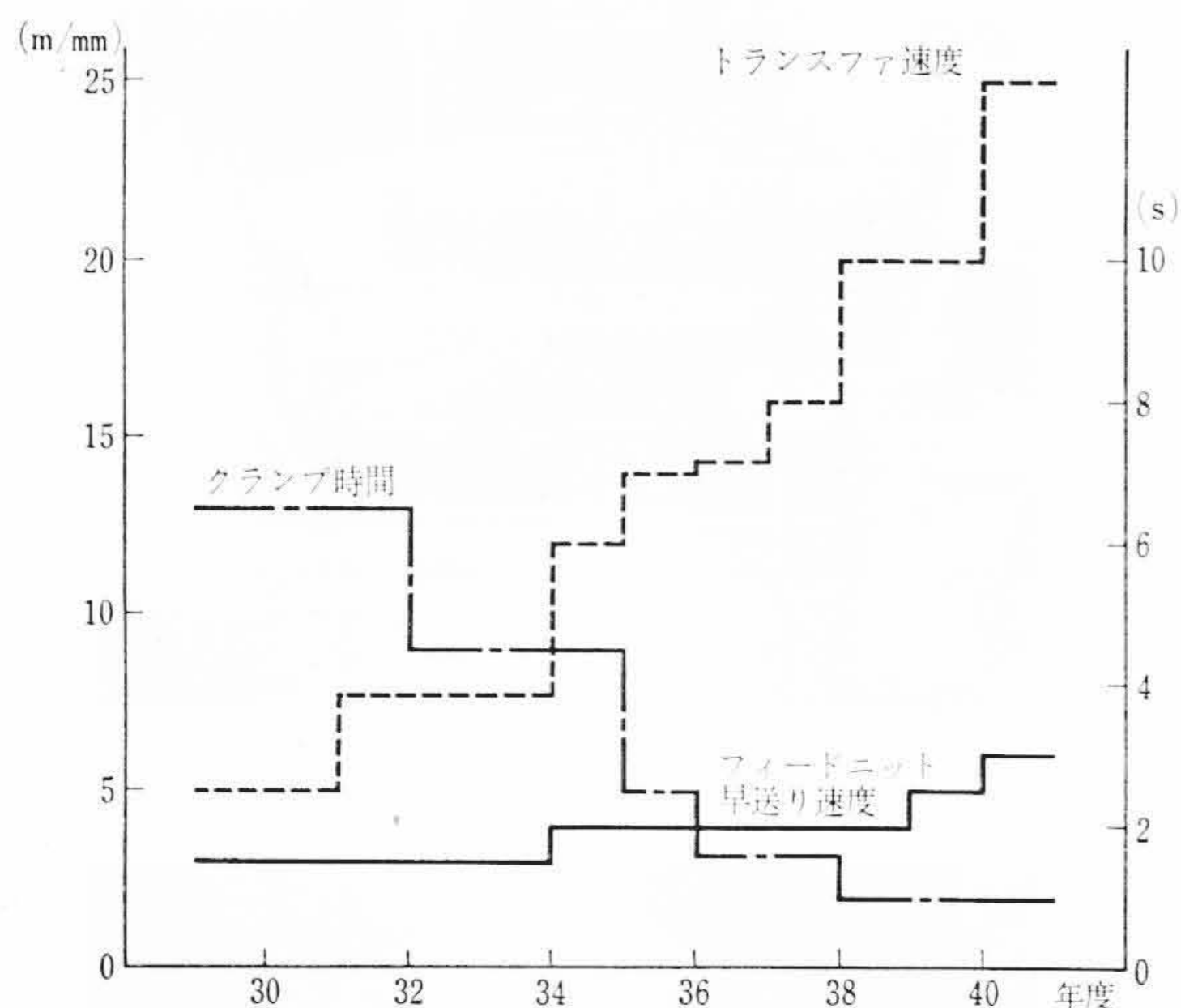


図 14 日立トランスファマシンのむだ時間(速度)推移状況

(b) 流量制御弁調圧スプールの初期位置をあらかじめ定常状態の動作位置に近いところに設定しておき、スプールの変位量を小さくするとともに弁内に生ずるサージ圧を抑制する。

4.2 油圧機構の進歩

図 14 は日立トランスファマシンのむだ時間の推移状況を示したものである。昭和 29 年当時と昭和 41 年現在では、クランプ時間は 6.5 秒から 1 秒に減少し、フィードユニットの早送り速度は 3 m/min から 6 m/min に増加し、またトランスファ速度は 5 m/min から 25 m/min に増加している。これは油圧機器の性能と信頼性の向上に伴う新回路の設計と機械、電気関係の進歩によるものである。

5. 結 言

代表的な油圧応用工作機 3 種について、その油圧機構の特長と問題点などを概略解説した。油圧技術は着実に発展してきたが、今後も新しい機器の開発に伴いさらに進歩発展すると思われる。われわれは、性能向上と原価低減の面から従来の油圧機構を再検討し、いっそうの飛躍を図る所存である。



新 案 の 紹 介



登録実用新案第 757743 号 (特公昭 39-18359)

中 川 清・小 沢 実

変 圧 器 の 端 子 引 出 装 置

変圧器本体から発生する騒音を低減する目的で、変圧器をコンクリートなどの防音建家内に収納することが行なわれている。

この場合、高圧側の端子套管(とうかん)が防音建家内に露出することから、建家はこの端子套管との絶縁を考慮して大形に構成される。そこで、端子套管の基部付近において、端子套管を建家外に突出させる方式が採用されるに至った。

ところが、この方式によれば、変圧器を修理、点検または移設などの理由により、定常位置より移動する場合には、外部電気装置との接続線を取りはずし、端子套管を変圧器より取りはずす必要がある。このために変圧器内部の接続線をも取りはずす必要がある。

しかしながら、これら部品の取りはずしの際に生ずる開口部より外気中の湿気が浸入して絶縁の劣化を招くおそれがあり、また部品の取りはずしのために大量の絶縁油を変圧器のタンクから排除する操作を必要とし不便がある。

この考案は、これらの点を改良するために、コンクリート建家 1 を貫通して設けたウォールブッシング 2 の下方側と、変圧器 3 の端子ブッシング 4 とをオイルダクト 5 によって閉鎖し、このオイルダクト 5 内に絶縁油 6 を充てんするようにしたものである。

7 は変圧器 3 の低圧側端子ブッシング、8 はその外部端子となるウォールブッシングである。

この考案によれば、変圧器を定常位置より移動する場合には、オイルダクト 5 内の絶縁油 6 を排除しかつオイルダクト 5 を取りはずすことにより、変圧器 3 の端子ブッシング 4 を取り付けたままその

移動ができ、変圧器の絶縁信頼度を低下させることはない。(須田)

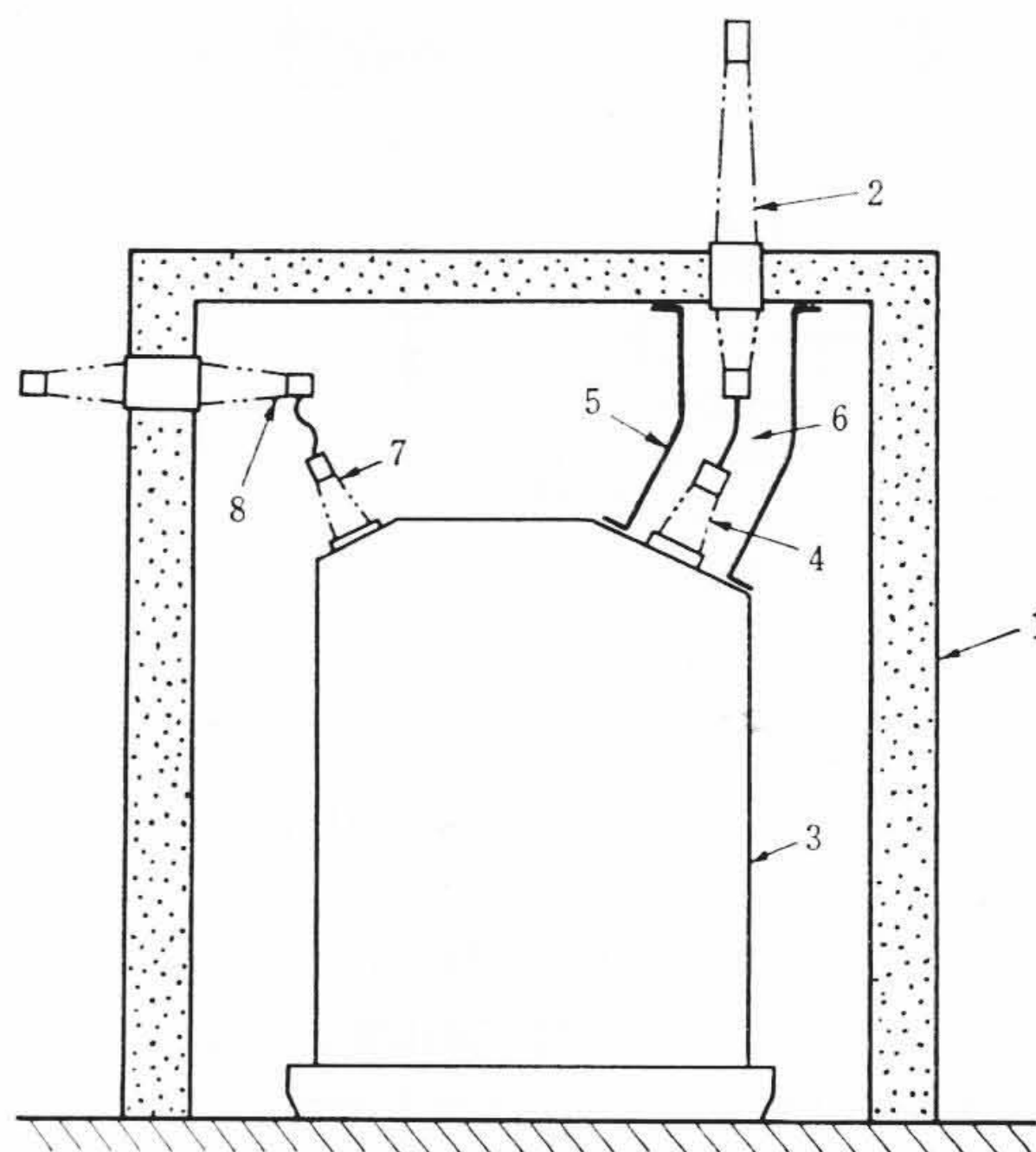


図 1

訂 正

本誌 11 月号(第 48 巻第 11 号)に次の誤まりがございましたので、ここにおわびするとともにご訂正申しあげます。

「33 kV 系統への OF ケーブルの適用」中、60 頁図 5 の説明のうち、「3,500 mm²」は「3×500 mm²」に訂正いたします。

「アメリカ・ロスアンゼルス市水道電気局納 230 kV 1,000 MCM 高油圧パイプケーブル」中、62 頁 1. 緒言の項で、上から 6 行目「日立製作所」は「日立電線株式会社」に訂正いたします。