

日立 GHL-300S 型 平面研削盤

Hitachi GHL-300S Precision Surface Grinding Machine

加 藤 淳*
jyun Kato

内 容 梗 概

本機は電子管制御方式によるきわめて高精度の、しかも操作性の良い自動サイクル平面研削盤で、長期の精度維持のために焼入特殊鋼製のボールガイドを有し、また特殊油圧機構を採用して精度に悪影響を及ぼす油圧系の温度上昇を極度に少なくしている。日立製作所の多年にわたる技術と経験を生かし、BLOHM 社 平面研削盤を範として設計製作された、現在においては最高級の精密平面研削盤である。

〔I〕 緒 言

ここ数年間機械加工特に旋削作業およびフライス作業などは超硬具の広範囲の採用と、それに伴う切削速度の増加、およびならい切削の普及などによる、作業能率の増加と同時に加工品の仕上り精度も向上の一途をたどっている。しかしまだフライス作業や旋削作業などがいかに高精度を誇つても研削作業に代り得る仕上り精度を期待することはできない。

しかるに最近の機械の性能の向上はいよいよ研削仕上の必要を生じさらに高精度の仕上げを要求する結果を生じている。

また近代のプレス工業の進歩はその抜型に互換性を要求し、抜型製作における研削加工もさらに高精度、高能率が要求されてきた。

過去においては平面研削盤は機構的には単純なものであり能率の点も画期的な進歩は見られなかつた。しかし現在のように少量生産においても数分秒の加工原価がうんぬんされる時代においては平面研削盤といえども操作時間の短縮を無視することはできない。

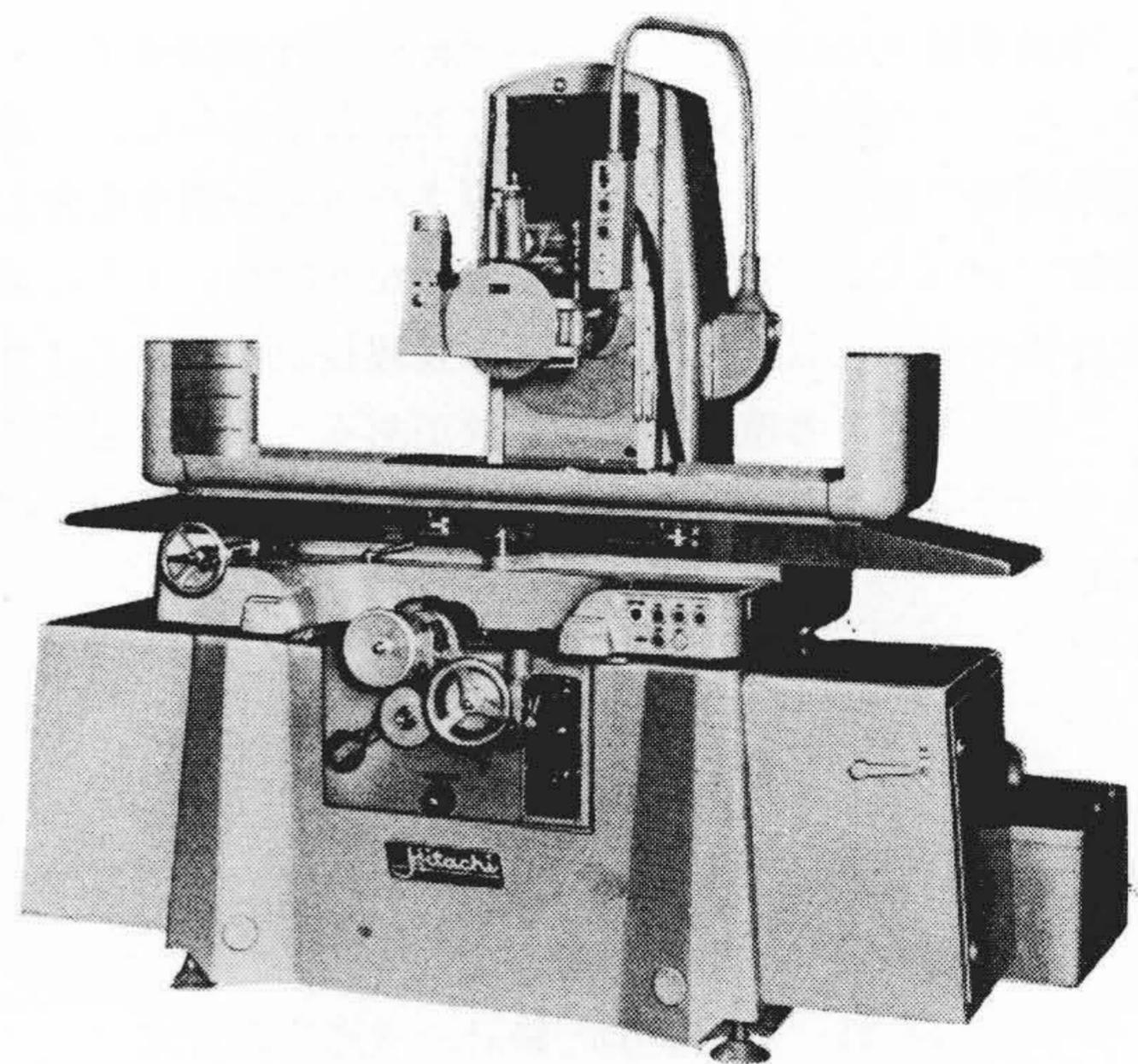
研削加工における実際研削時間の短縮は現状においては画期的な性能を持つ砥石の出現を見ない限り困難である、ただいかに切残しを少なくして所期精度を短時間に加工するか、すなわちスパークアウトをいかに早くするかが当面の実際研削時間短縮のキーポイントとなる。

しかるに従来の平面研削盤による全作業中の実研削時間が平均 40% 前後⁽¹⁾に過ぎぬことを考えれば、残りの 60% に達する計測、操作時間を短縮しなければ平面研削盤の能率向上は望めない。

平面研削盤のアイドルタイムの大部分は計測時間、取付け取りはずし時間、早もどし時間、早近寄時間、などであつて、近時の円筒、内面研削盤ではすでにこの点相当の発達をとげている、すなわちサイズマチックとオートサイクルを併用した半自動研削盤などがそれである。

それに伴い近時の平面研削盤もようやく同様の傾向を

* 日立製作所川崎工場



第 1 図 GHL-300S 型平面研削盤

もつようになつてきた。その代表的なものにドイツ BLOHM また LANG などの平面研削盤がある。

このたび戦前戦後を通じての平面研削盤の経験をもとに、BLOHM を範として、最新型平面研削盤の試作を完了し、おおむね所期の目的を達することができたので以下その内容を紹介する (第 1 図はその外観図である)。

〔II〕 最近の平面研削盤の傾向

本機の説明に入る前に最近の平面研削盤の傾向について簡単に述べる。

(1) 研削性能の向上

研削盤において直径の大きい砥石は径の小さいものに比して回転中におけるドレッシングの回数を少なくして安定した研削をすることができる。最近の研削盤の砥石径は、中型機にても 10~12 in が採用されており、また大型機では 16~25 in の大径の砥石が使用されている。また砥石幅も最近は広くなつてきており、中型機でも 50~100mm の幅の砥石が採用されているものが多く、総型研削、突込研削で一度に高精度の仕上面を、得るよう

な傾向になつてきている。

かかる砥石径、および砥石幅の増加は、必然的に駆動電動機出力の増加となり、中型機においても 5~7.5 HP の電動機を採用しこれに従い機械本体の剛性も増加し 2~3 t の中型機も多くなつてきている。研削中の機械の振動を減少するためにもこの傾向はさらに助長されつつあるものとする。

(2) 研削精度の向上

今日研削作業による工作物に要求される精度は年を追つてきびしくなる一方であり、われわれ工作機メーカーの場合においてもその性能の向上は、その大部分を各部の研削仕上り精度に依存しているといつて良い。それらの要求に応ずるために、研削盤の研削中における機械の振動を極力少なくし、滑り面構造のぎんみ、熱変形を少なくすることなどが研削盤の精度向上の主眼点であろうと考える。

(A) 研 削 軸

研削盤において機械の振動がその仕上面の精度、粗さ、に重大な影響を及ぼすことは周知のことであり、研削盤メーカーの最も苦心するところである。

同一条件の場合の仕上面粗さの、理論値と実測値に関する東北大学佐藤氏の実験によつても (第 2, 3 図)⁽²⁾、理論的には 0.1μ 以下の仕上面を得ることは容易にできるはずであるが、実際はなかなか困難である。

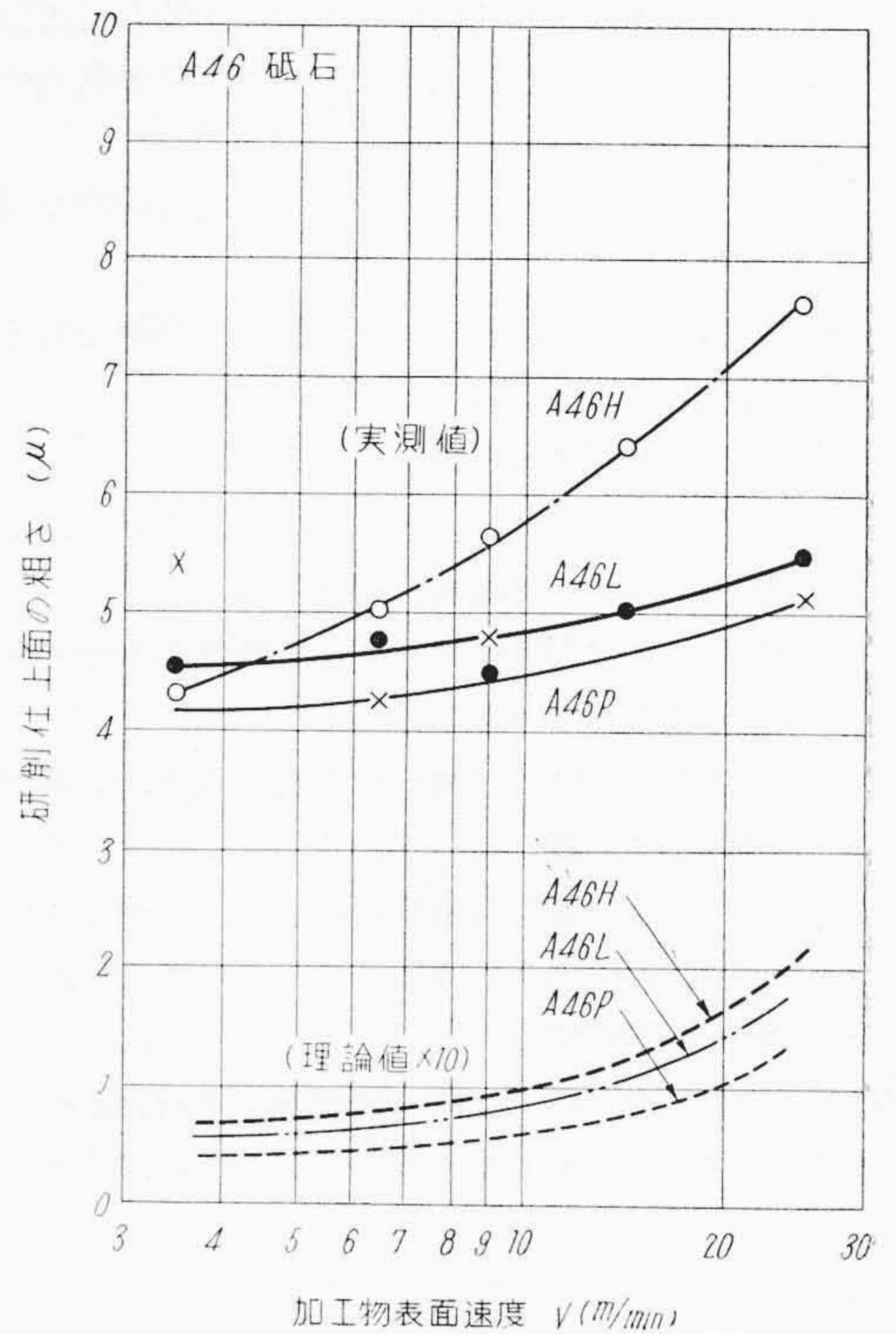
その主な原因は、研削盤の振動であり、特に砥石軸の振動がおもに影響するとされている⁽²⁾。したがつて研削盤精度向上のために、この問題が真剣に取り上げられているのも上述の理由による共通した傾向である。

砥石軸受には、日立平面研削盤, Fortuna, Jung, などや、使用している遊隙を生じないアンギュラーコンタクト型, Lang, Blohm, 大隈などのマツケンゼン型非真円軸受, あるいはまた円筒研削盤の Gendron の流体軸受があるが、いずれも研削中の軸の撓みによる安定性に対して特殊な構造をとつており、研削盤精度向上の焦点になつている。

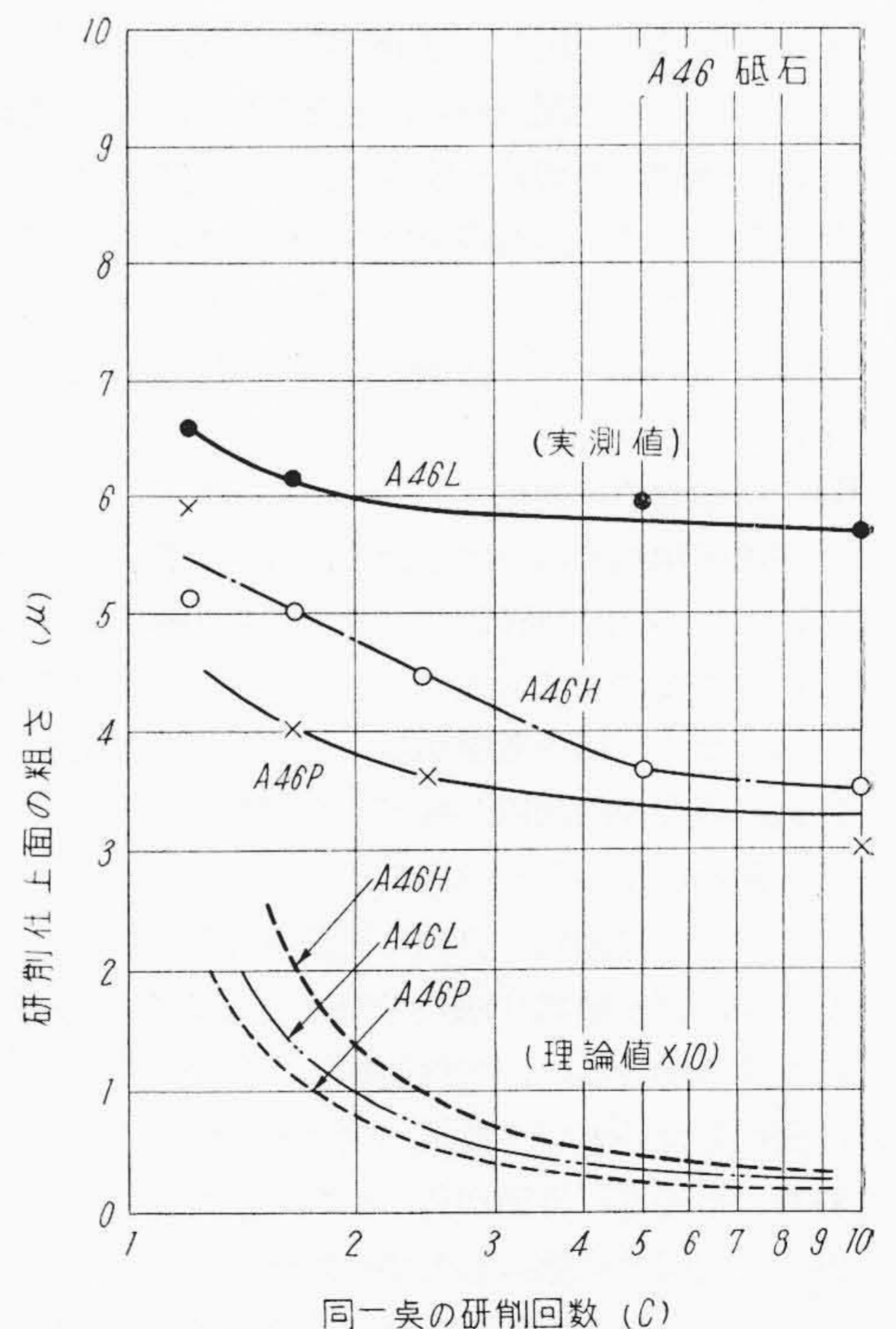
(B) すべり面

従来の研削盤のテーブル、サドルのすべり面構造は、ほとんど V 型と平面、あるいは V 型と V 型のすべり面構造であるが、最近ボールベアリングと同様の構造の、いわゆるボールガイドを採用する研削盤が現われている、平面研削盤では, Blohm であり、内面研削盤では, Vomard, Fortuna などである。ボールガイドの利点とするところは

- (i) 適切な使用材料により長期の精度が維持できる。



第 2 図 加工物表面速度と仕上面の粗さ



第 3 図 同一点の研削回数と研削仕上面の粗さ

(ii) 摩擦係数が普通のすべり面に比較して約 $\frac{1}{10}$ 以下になり円滑な運動をするので、駆動動力少なく、操作性が良い。

(iii) 上記によりオートサイクルの場合敏速な運動ができる。

(iv) 息付を起しにくい、また潤滑が簡単である。また欠点とするところは

(i) 加工が容易でない。

(ii) 振動に対しては、すべり面に比較して、接触面積が少ないので減衰性能は劣る。

(ただしこの問題はテーブルの剛性が十分であれば問題はないと考える)

ボールガイドはこの操作性の良い点で、工具研削盤への採用は常識になつているが、オートサイクルに適しており、また精度維持の点で、今後ますます平面研削盤に採用される傾向になると考えられる。

(3) 研削能率の向上

緒言において述べたように、最新型の平面研削盤では実切削時間およびアイドルタイム短縮のために種々工夫がされている。

(A) 実切削時間の短縮

研削加工時間短縮のためには、砥石の周速度を増加して単位時間当りの研削量を増加することが必要であり、また砥石が小径になつた場合にも、同一研削速度を保持させることが望ましい。これには無段変速電動機を使用した Jung そのほかの例がある。

さらに加工時間短縮の問題として切残量の問題がある。研削時の切込をすみやかに研削し終るために軸と軸受メタルの遊隙をできるだけ少なくして、スパークアウトを早くすることが必要である。研削軸受の最近の進歩は、研削力による軸の変位を 1μ 以下にしている。

(B) 研削盤の自動化

平面研削加工における計測、取り付け、取りはずし、早送り、早戻時間が、全加工時間の60%にも及んでいることは前にも述べたが、このアイドルタイム短縮のために種々考慮が払われている、すなわち操作機器の合理的配置、押ボタン操作による早送り、早もどしの機動送り、クロスフィードの自動化、自動切込装置などであるが、同一形状寸法の工作物を数多く研削する場合には、当然連続して自動的に研削したいという要求が生ずる。すなわち、早近寄、自動切込、切削終了後は再び切削開始状態にもどす自動サイクル研削盤である、さらに自動定寸装置による計測時間の短縮、あるいは総型研削の

場合の自動ならいドレッシング装置など、最近の平面研削盤の共通した傾向であると考えられる。

〔III〕 本機の構造および特長

以上のような最近の平面研削盤の傾向と、国内需要をあわせて考慮して種々検討の結果、Blohm 型を範として、これに種々の改良を加えて本機は設計製作された。

本機の最も特長とする点は、自動サイクルによる高能率研削であるがそのほか精度向上のため、また操作上、画期的な構造を採用した。以下精度上、性能上、操作上につきこれを述べる。

(1) 精度保持のため

(A) 本体剛性

ベッド、コラムの構造は、十分なリブで補強した箱形の強剛なる構造で、平均肉厚は 20mm を採用して、強力研削の振動、変形に対して十分なる剛性を備えている。

(B) すべり面

すべり面構造は平面研削盤としては、わが国で初めてのボールガイドをテーブル下面およびサドル下面に採用して、長期間の精度維持を図っている(第4図)。

ボールガイド材質には、日立製作所の特殊鋼を使用し、熱処理後精密研削仕上げをしたものを使用し、鋼球は超精密級で、相互差 0.5μ 以内のものを使用している。

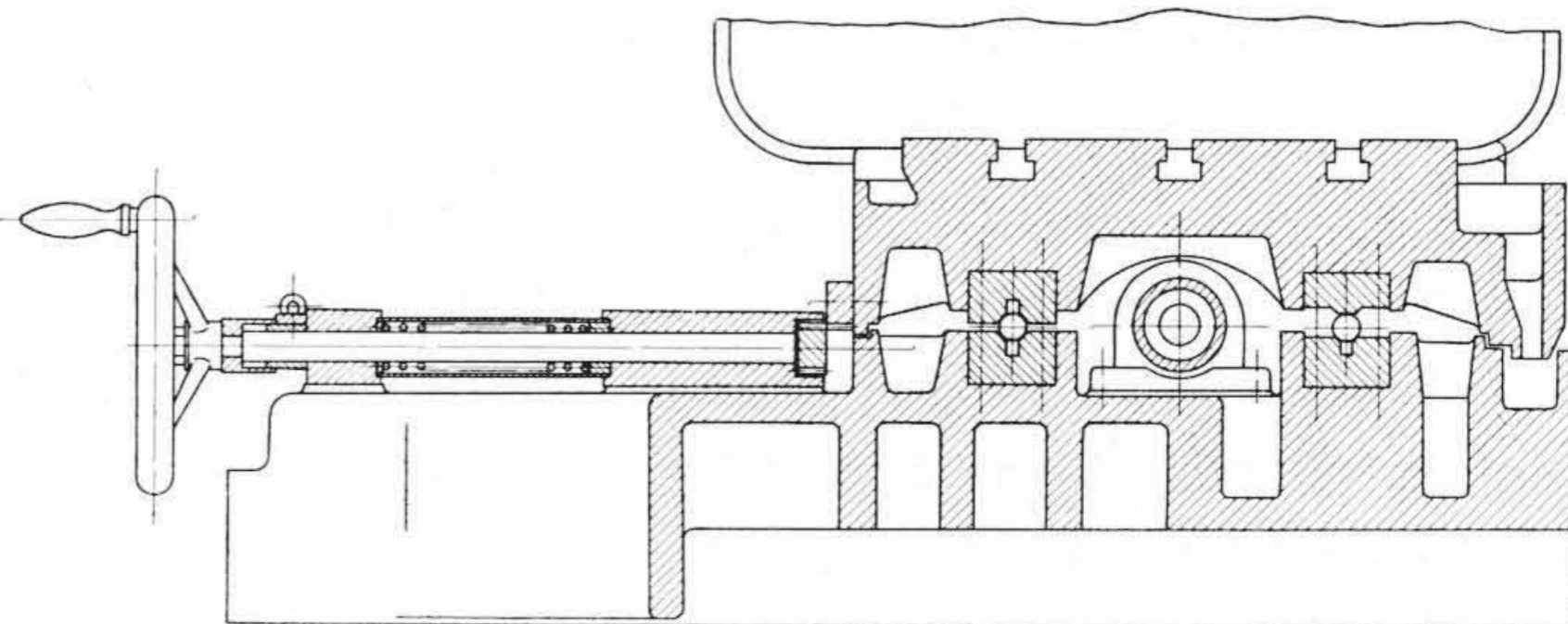
(C) 砥石軸

砥石軸構造は、砥石軸に駆動電動機ロータを、直接に嵌合させた直接駆動方式を採用して、回転子以外の振動が外部から影響しないような構造で、回転部分は精密な電氣的機械的動バランスをとつてあるので振動は極限されている(第1表参照)。

砥石軸受は複合型超精密アングュラーコンタクト型ベアリングを使用、強力研削にも十分の剛性をもっている(第5図参照)。

(D) 油圧機構

油圧機構は日立製作所の設計製作による可変吐出



第4図 テーブル横断面図

第1表 無負荷および負荷時における各部振動測定値 (SIP 振動計)

(単位 μ)

方向	条件 位置	停止状態			無 負 荷									負 荷						
					砥石軸 1,400 rpm ポンプ 運転 テーブル 停止			砥石軸 2,800 rpm ポンプ 運転 テーブル 停止			砥石軸 1,400 rpm テーブル速度 20 m/min			砥石軸 運転せず テーブル速度 20 m/min			砥石軸 1,400 rpm テーブル速度 20 m/min 切込 0.005 m/m			
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
上	下	1.4	1.4	1.4	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	1.4	4.1	4.1	1.4	1.4	1.4	4.1	4.1	1.4
左	右	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	4.1	4.1	—	1.4	4.1	—	1.4	1.4	—	1.4	1.4	1.4
前	後	1.4	1.4	1.4	1.4	4.1	4.1	1.4	1.4	1.4	4.1	1.4	4.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	4.1	1.4

備考 :-測定位置 A=テーブル上, B=サドル上, C=砥石軸上, 測定器 SIP 振動計

量ポンプを使用して、油温上昇を極度に低下させている。従来の研削盤は、ほとんど一定吐出量のポンプを使用しているが、油ポンプの吐出量はテーブル最大速度に合わせて設計されるため、平常の使用状態においては、油ポンプから吐出される油の大部分は、レリーフバルブを通してむだに油タンクにもどしており、したがって油の温度は上昇し、終局的には研削精度を低下させ仕上面を悪くする。

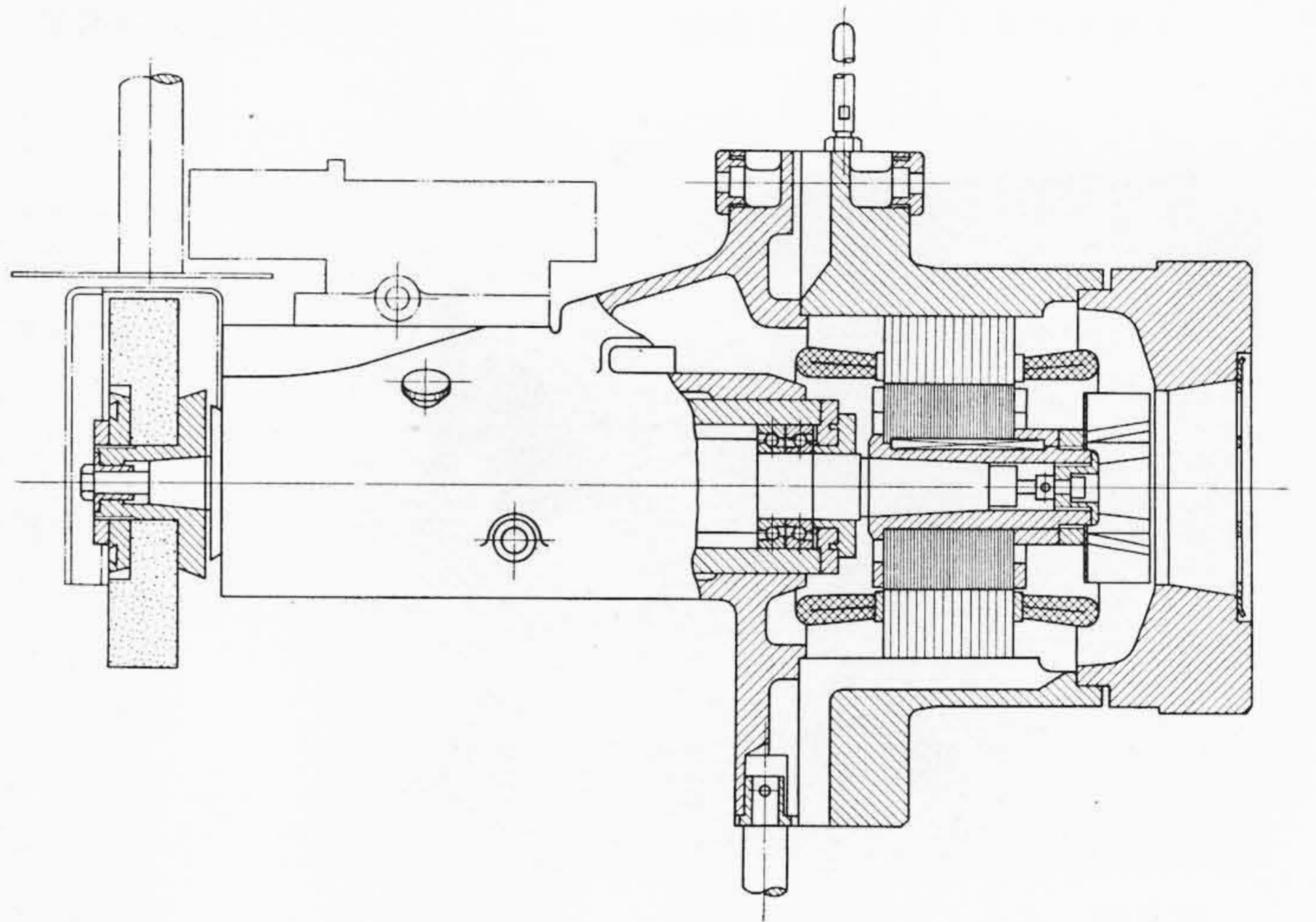
本機の油圧機構は、可変吐出量ポンプにより、テーブル速度に必要なだけの油を供給し、絞りによる速度制御を行わない。また油圧回路はいかなる場合もブロックされることをさけ、温度上昇の原因となる構造を極力廃したので、連続運転に対しても油の温度上昇は、室温 +7°C 以下に低下させることができる。

またテーブル逆転の場合は可変吐出量ポンプのケーシングの変位を逆にして、吐出側と吸入側を入れ変えて駆動するので、テーブル逆転はなめらかに行われ、衝撃は非常に少ない。

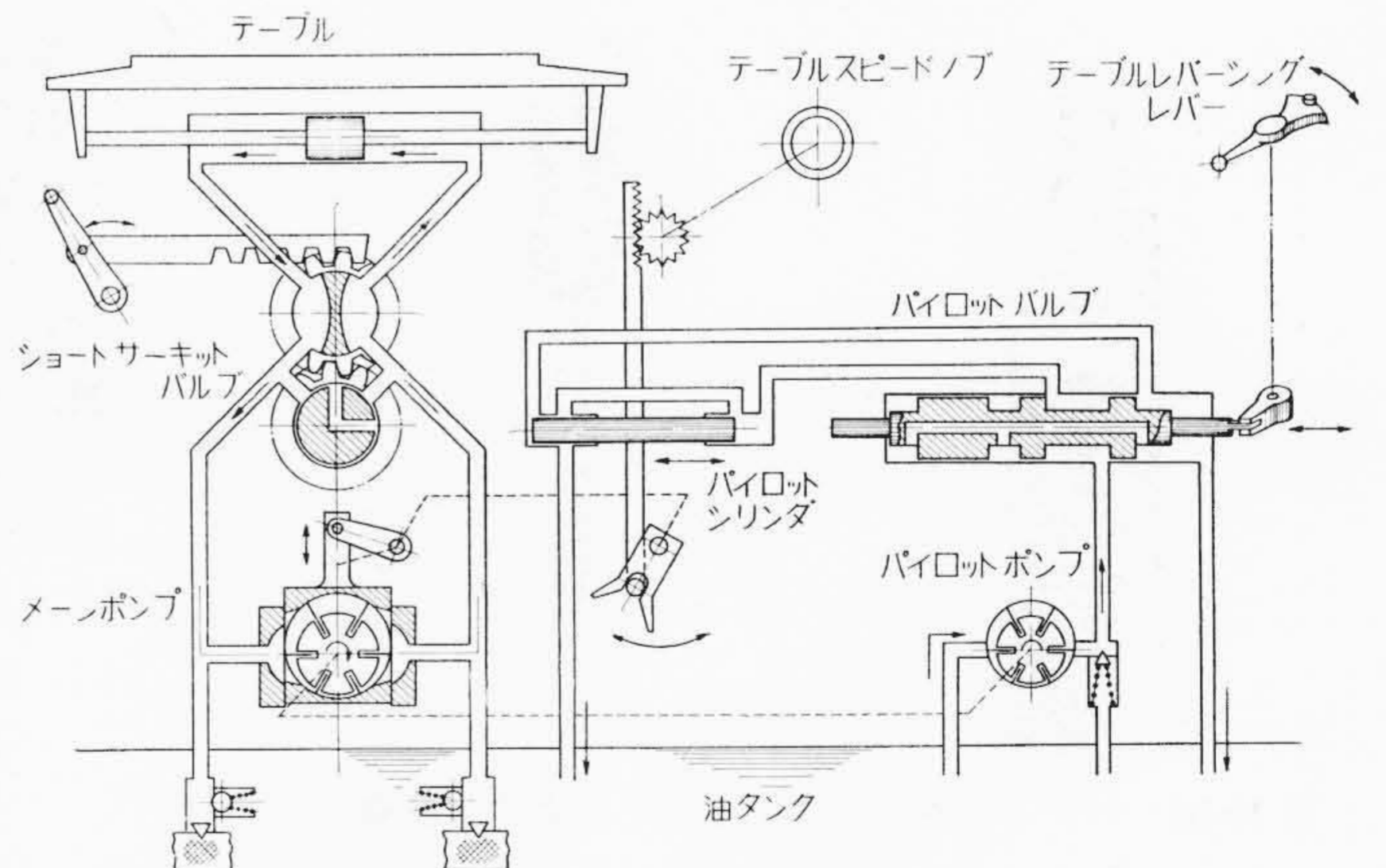
第6図は油圧回路図で、メインポンプが可変吐出量ポンプで、ケーシングはパイロットシリンダのカムにより上下に変位し、テーブルは左または右方向に駆動される。テーブル速度変更の場合は、変速ノブによりケーシングの変位量を変えて行われる。

(2) 研削性能向上のため

(A) 広幅の砥石を使用して、最近特に要求される総型研削の場合に有利とした。標準幅は50mmであるが必要に応じて80mm幅の砥石も使用可能になつて



第5図 砥石軸断面図

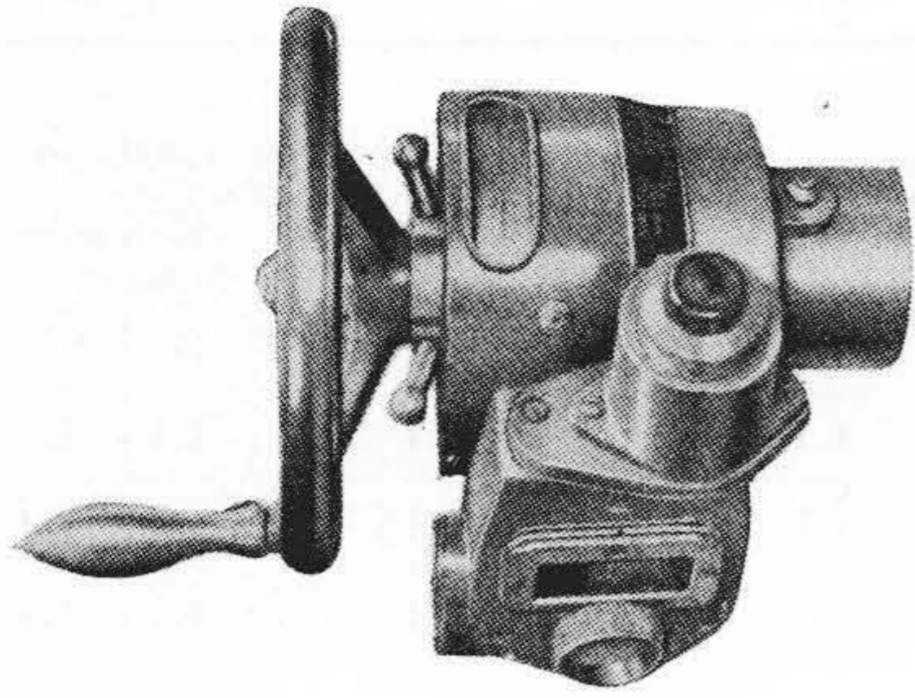


第6図 油圧回路図

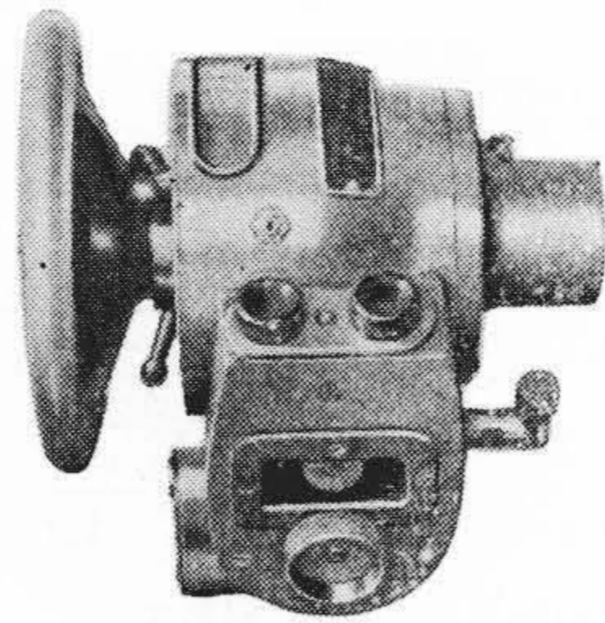
いる。

(B) 砥石駆動電動機は5馬力の出力をもつており、総型研削、突込研削に対しても十分の出力をもつている。また、2極4極の極数変換により、砥石軸を2段に変速できるので、能率が良い。

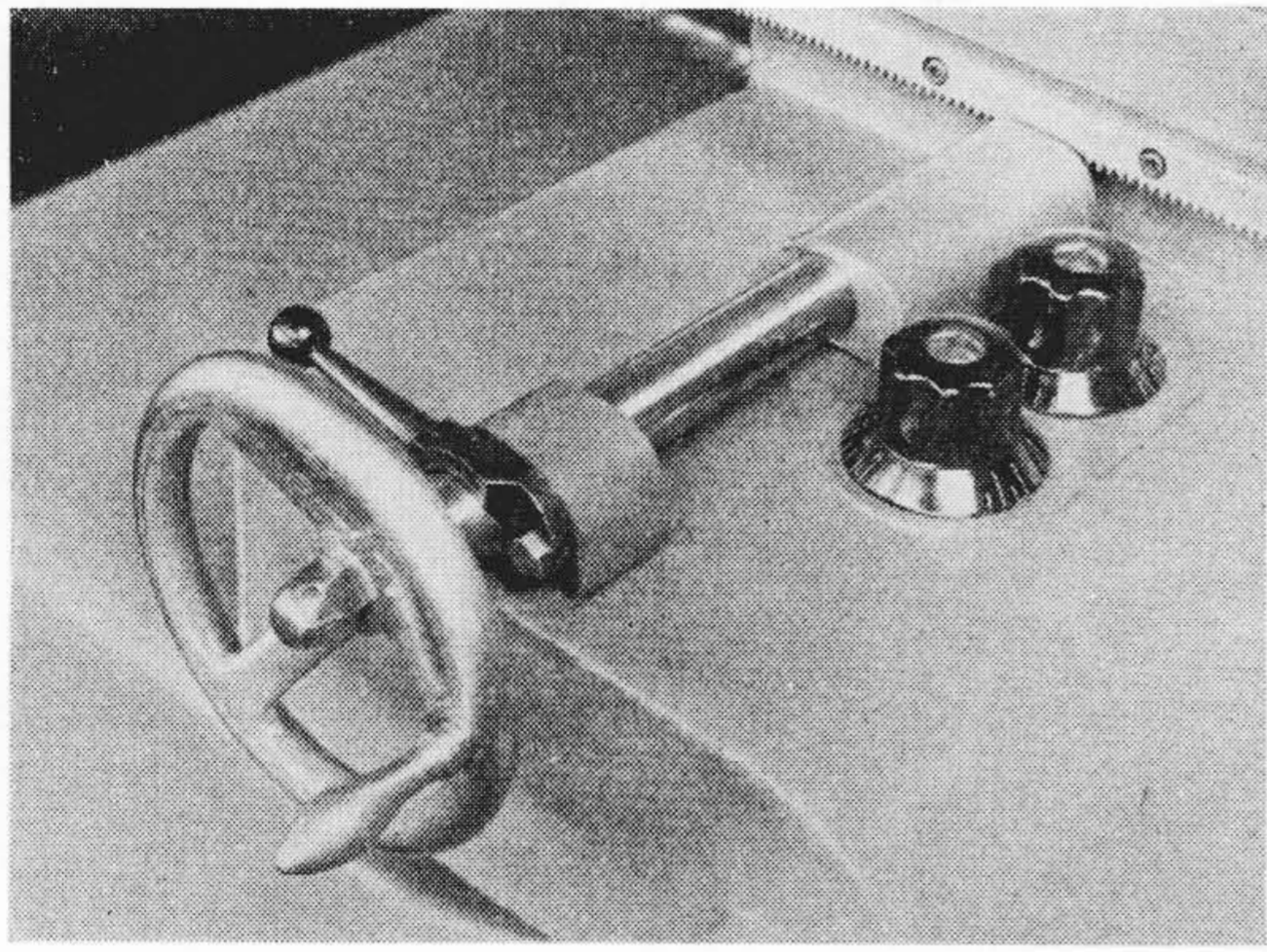
(C) テーブル幅は、300mmで、同型の機種に比較して50~100mm幅が広いので研削範囲が広い。



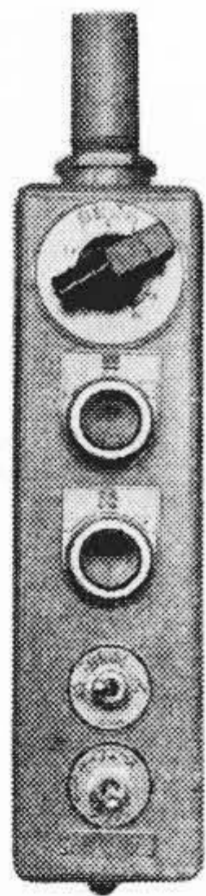
第7図 サドル前後送りハンドホイールおよびサドル微動切込装置



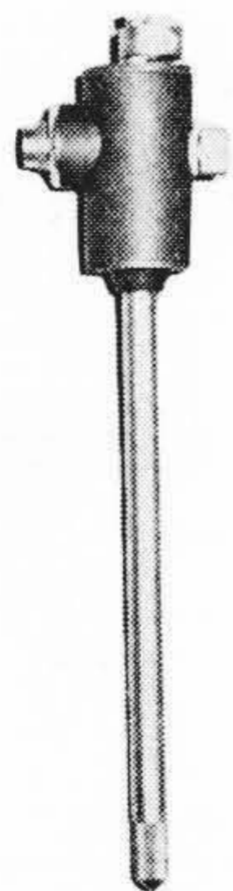
第8図 砥石上下送りハンドホイールおよび砥石微動切込装置



第9図 テーブル手動ハンドホイールおよびサドルストローク調整ダイヤル



第10図 ペンダントスイッチ



第11図 自動定寸装置

(3) 操作時間短縮のため

(A) 単独操作

本機は砥石上下送りはもちろん、サドル前後送りにも早送り装置を備え、それぞれ $\frac{1}{6}$ HP電動機により駆動され、押ボタンにより任意の位置を急速にとることができる。押ボタンはペンダントスイッチおよびサドル前面にあり、合理的な配置になつてい

る(第1図参照)。

サドル前後送りハンドル部、および砥石切込ハンドル部にはそれぞれ微動送り装置を備え(第7,8図)、最終切込を能率的に操作できる。前者は1押0.01mm、後者は1押0.001mmで砥石自動切込の場合の電磁石が装置されている、微動送り装置はいずれも押ボタンをはなせば、送り軸との関係が断たれるの

で、なんの予備操作も必要としないので操作が簡単である。

平面研削の場合のクロスフィードは、早送り電動機がタイマーにより、所要ピッチだけ駆動され、サドルを送るが、ボールガイドの採用により作動は敏速である。

サドルストロークは第9図のサドル上面の2個のダイヤルにより運転中においても簡単に調整することができる。

(B) 自動操作

自動操作は従来の平面研削盤は油圧駆動によるものが多いが、本機はテーブル駆動を除いては、全部電氣的に操作される。以下これを簡単に説明する。

サドルクロスフィードは、単独操作で述べたように $\frac{1}{6}$ HP電動機が、第1サイラトロンに制御されて、間歇駆動をする。

自動切込は、第2サイラトロンにて発生するパルスが第3サイラトロンで所要個数だけ選択され、砥石切込部電磁石に送られる、電磁石はパルスの数に応じて作動して、所要切込があたえられる。パルス数、すなわち切込量はペンダントスイッチのダイヤルにより決定され(第10図)、パルス1個は 1μ に相当している。

(a) 自動操作のサイクル

- (i) 油ポンプ起動—テーブルフィード、クロスフィード自動切込開始し、砥石軸は起動する。
- (ii) 砥石早近寄り—必要に応じて作業者は砥石の切込量を増して、砥石の早近寄りをさせる。
- (iii) 研削開始—
- (iv) 切込停止—一定寸に達すると砥石切込部のマイクロスイッチが作動して、自動切込は停止する。
- (v) スパークアウト—自動切込停止後、サドルあるいはテーブルは3往復して、ス

パークアウトして停止する。

- (vi) 砥石早もどり—砥石は約 0.4mm 自動的に上方に逃げ、最初の位置にもどる。

以上で1サイクル完了である。

(C) 自動定寸装置

本装置は本機のコラムに取り付けられ、測定針はテーブル往復のたびに、たえず加工品に接触して、定寸になるまでの次の切込を指令する。したがって砥

石磨耗に関係なく、 1μ の感度で作動する(第11図)。

本装置は試作を完了して実験中である。

(D) 電気装置

本機の電気装置は日立製作所の電気部門の技術者を、最高度に生かした電気品が駆使されており、自動操作部分、電源部分ともベッド両側面に完全に防塵されて取り付けられており、事故の絶無を期している。

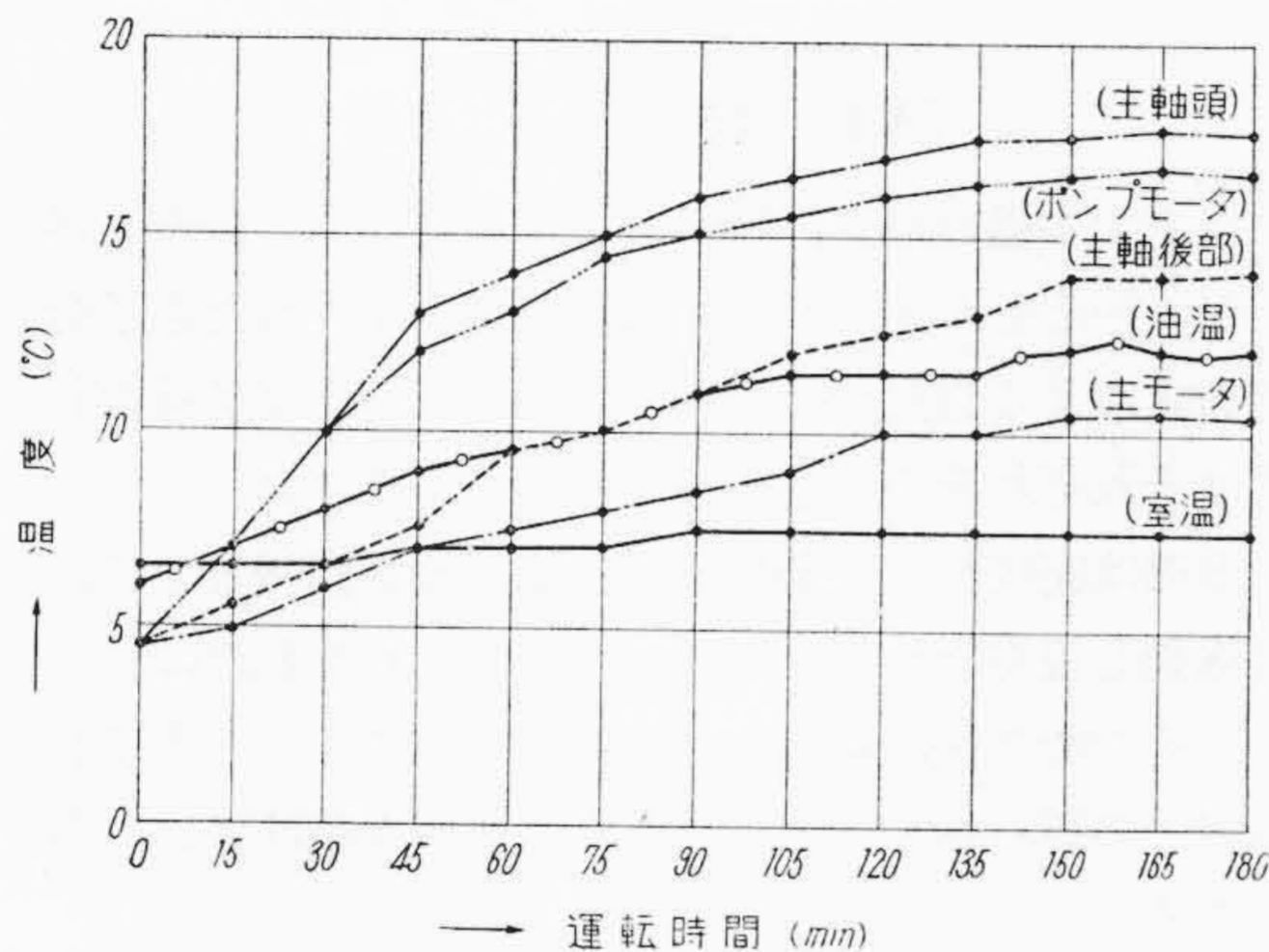
[IV] 各種試験

(A) 温度試験

油圧系の温度上昇は、特殊な油圧回路の採用によりきわめて低く、連続3時間運転に対して 7°C 以内に止まっている(第12図)。またそのほかの部分の温度上昇もほぼ満足すべき範囲内に入っている。

(B) 振動試験

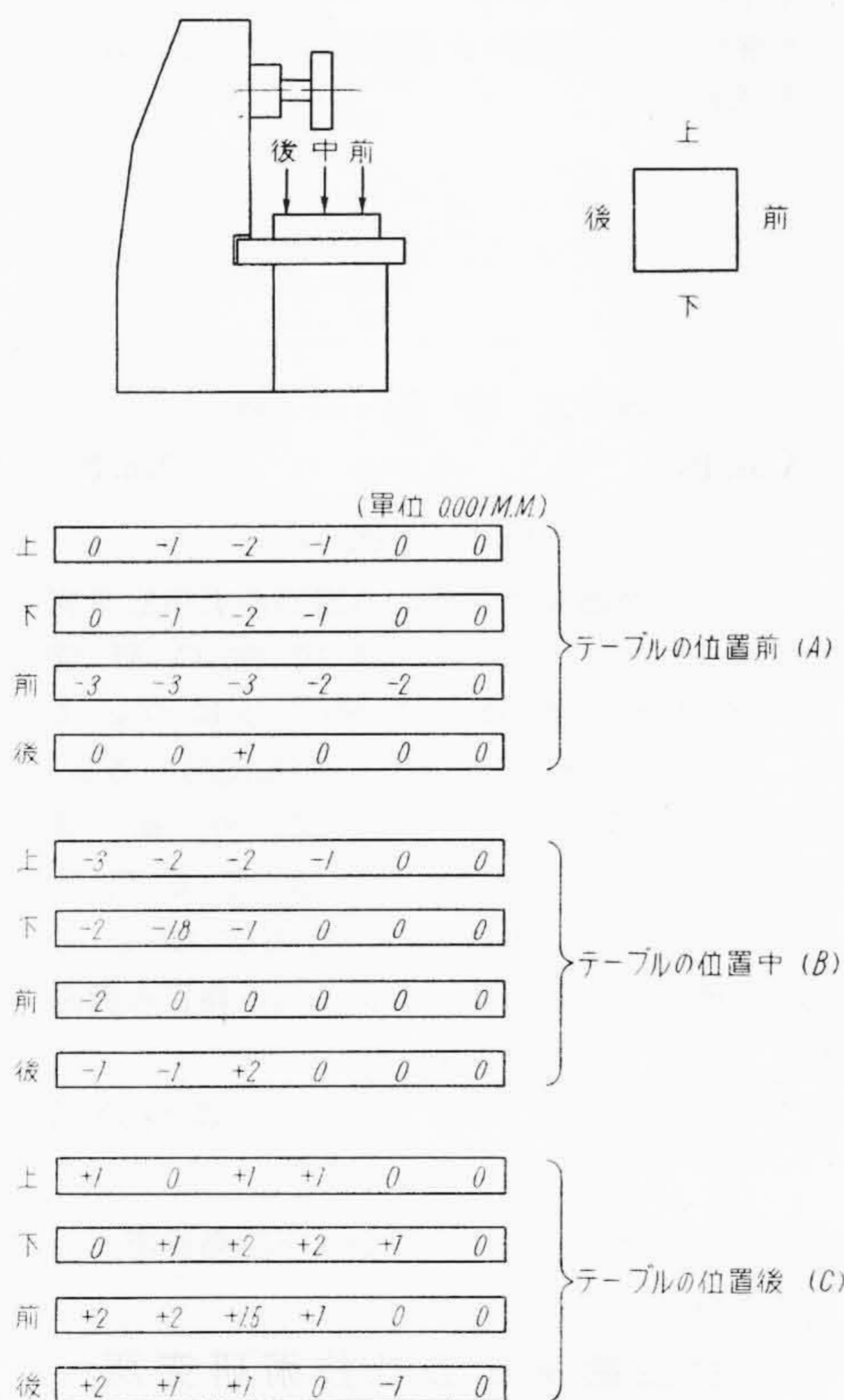
本機は砥石軸はもちろん、そのほか回転部分は精密な動バランスをとり、油ポンプには防振ゴムを使用してお



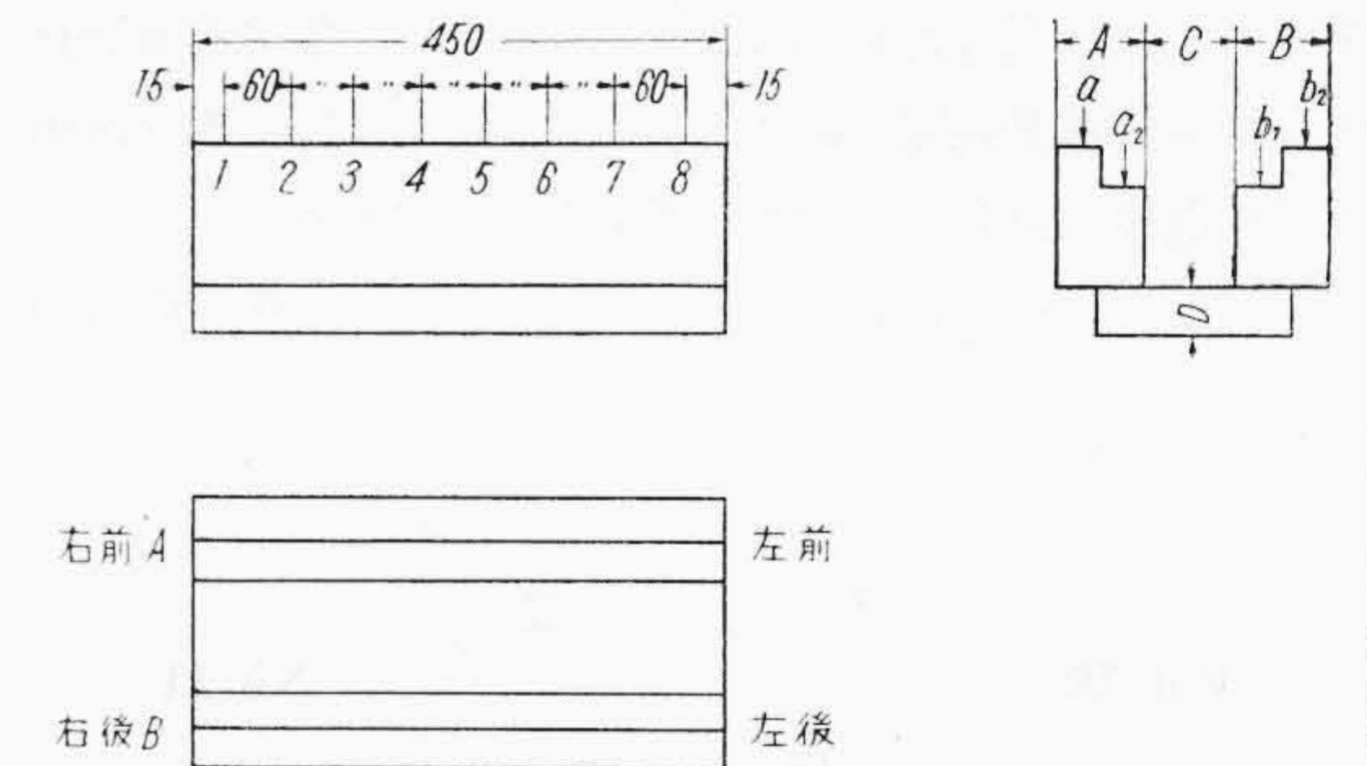
第12図 各部の温度上昇

第2表 加工品精度 (平行度)

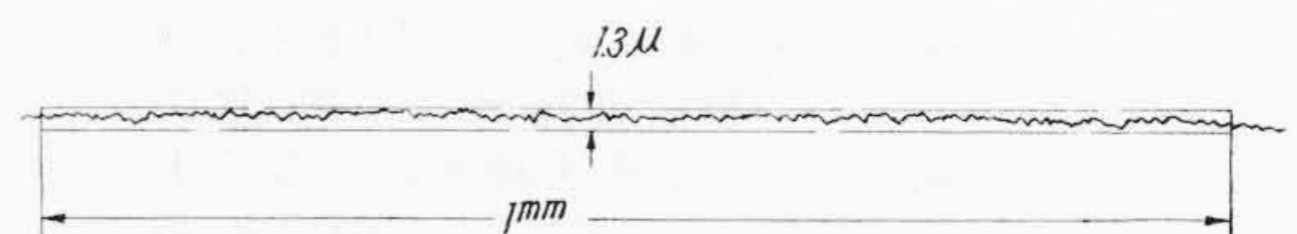
研削上面および側面の平行度



第13図 加工品精度 (平行度)



		(単位 0.001 M.M.)							
測定箇所		1	2	3	4	5	6	7	8
側面の平行度	A部の厚み	0	0	-2	-3	-2	-2	0	0
	B部の厚み	0	0	-1	-2	-3	-2	-1	0
側面の平行度	C部の幅	-1	-2	-2	0	0	+1	-1	0
上面の平行度	a ₁ の平行	0	0	0	-1	-1	-1.5	-1	-2
	a ₂ の平行	0	-1	-2	-2	-2	-1	-1.5	-1
上面の平行度	b ₁ の平行	-2	-1	-0.5	-1	0	+1	+1	0
	b ₂ の平行	-2	-2	-2	0	+1	+1	+1	0
上面の平行度	D部の平行	0	+1	+2	+2	+2.5	+1	0	+1



第14図 仕上面精度

り、強剛なベッドとともに非常に少ない(第1表)。

(C) 精 度

本機の加工品精度を第13図および第2表に示す、また仕上面粗さを第14図に示す。いずれも下記研削条件による場合である。

使用砥石.....	250×50×50 C46J
砥石回転数.....	1,400 rpm
切込.....	0.005
研削材料.....	300×45×30 Fc27
研削速度.....	1,100 m/min
テーブル速度.....	20 m/min

加工品精度は社内規格の平行度、1,000 mm に付 0.01 mm内に入っている。また仕上面粗さは粒度の荒い砥石にもかかわらず 1.3μ の仕上面を得ている。

[V] 仕 様

テーブル作業面積.....	300×600 mm
砥石の大きさ(外径×穴径×幅).....	250×50×50mm
砥石軸中心とテーブル上面の距離(最大).....	600mm
砥石自動切込送り量.....	0.001~0.2mm
砥石微量送り(手動).....	0.001mm
テーブル左右移動距離(最大).....	650mm
テーブル速度(無段階).....	2~25 m/min
サドル前後移動距離(最大).....	345 mm
サドル前後自動送り量(テーブル1往復に付)	0~65 mm

サドル前後微量送り(手動).....	0.01 mm
砥石軸回転数.....	50~ 1,400/2,800 rpm
.....	60~ 1,700/3,400 rpm
砥石駆動用電動機.....	5/4 HP 2/4 P
油ポンプ駆動用電動機.....	2 HP 4 P
砥石上下早送り用電動機.....	1/6 HP 4 P
サドル前後早送り用電動機.....	1/6 HP 4 P
自動定寸装置.....	特別アタッチメントとしてコラムに取り付ける。

[VI] 結 言

以上で本機の構造、特長および精度につき概略を述べたが、一応わが国においてはじめて採用された電子制御方式による自動サイクル平面研削、および各種の新方式はそれぞれその目的を達することができた。

本機は完成後日立製作所川崎工場設備機械として、連日稼動し優秀な性能を発揮している。われわれは引き続いてその耐久性、精度につき常に注視するとともに目下研究中の砥石軸とともに、さらに改善を続けていく考えである。

参 考 文 献

- (1) 大島建吉：量産における研削加工 マシーナリ 第13巻 第9号
- (2) 佐藤健児：削粒および削石による加工 17 誠文堂新光社

日 立 Vol. 19 No. 11

目 次

- ◎音 楽 と 電 気
- ◎日立の家庭電気品による電気料金しらべ
- ◎電 気 の メ モ
- ◎ト ラ ン ジ ス タ 時 代 来 る
- ◎ミ シ ン の 常 識
- ◎明日への道標(田子倉ダムのケーブルクレーン)
- ◎お 歳 暮 の し お り
- ◎プ ラ ス チ ッ ク の 大 理 石
- ◎新 し い 照 明 施 設
- ◎手 賀 沼 の 干 拓
- ◎日 立 だ よ り
- ◎テ レ ビ 放 送 局 一 覧 表

誌代 1冊 ¥60 (〒16)

発行所 日立評論社
 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地
 振替口座 東京 71824 番

取次店 株式会社オーム社書店
 東京都千代田区神田錦町3の1
 振替口座 東京 20018 番

日 立 造 船 技 報

Vol. 18 No. 3

目 次

- ◎セルローズ繊維による、ろ過器の実用的研究
- ◎厚板高張力鋼の溶接性の研究
- ◎ボイラおよび機関の熱応力について
(その1 熱応力の基礎的一考察)
- ◎鏡板耳曲げ作業の研究
- ◎表面あらさと磨耗に関する研究
- ◎リバテイ型船の引伸工事について
- ◎運転時における方位測定機の誤差修正の簡易化について
- ◎工作機械修理による精度管理について

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

日立造船株式会社技術研究所
 大阪市此花区桜島北之町60