
工 作 機 械 特 集

日立-VWF-ウェットツェルテーブル形横中ぐりフライス盤	101
時分割多重化方式数値制御工作機.....	108
電解加工法.....	112
最近のトランスファマシン.....	120
油圧駆動工作機械のスティックスリップ.....	125
工作機械の基礎.....	132
日立GHL-500 S 形平面研削盤	140
平面研削加工における問題点.....	145
SCR によるプレーナの制御	150

日立-VWF-ウェッツェルテーブル形横中ぐりフライス盤

HITACHI-VWF-WETZEL Horizontal Boring and Milling Machine

橋 本 三 男* 鈴 木 芳 勇*
Mitsuo Hashimoto Yoshitake Suzuki

内 容 梗 概

横中ぐりフライス盤は各種工作機械の中で、とくに広い使用分野を有し、基幹工作機械として重要な役割を占めている。また構造的に見て、非常に高い製造技術を必要とする機械であり、国産技術の確立が望まれていた。

日立製作所では伝統的技術を持つ西ドイツ VWF 社と技術提携を行なって、いわゆるウェッツェル形の横中ぐりフライス盤を製造し着々と実績をつみ重ねている。

本稿はその構造、性能の要点について述べるものである。

1. 緒 言

工作機械は、同種類の加工対象物に対しても多量生産目的の専用機、適応性の広い汎用機、あるいは両者の中間的機械というように事情に適合したものが使用されている。

最近の工作機械の動向を見ると、自動車、中、小形電気機械など多量生産の大企業は、各種部品加工にほとんど専用工作機を採用している。また造船、圧縮機、送風機、化学機械などの各メーカー、一般中小企業などは、適応性の広い汎用工作機を採用する傾向が強くなり、専用工作機と汎用工作機の中間機は、いわゆるジュニア・マシンとして二次的用途に使用されているといえる。

さて、汎用性を極度に高くするという傾向は、特に横中ぐり盤において強くあらわれており、その一般的名称も単なる横中ぐり盤 (Horizontal boring machine) より順次横中ぐりフライス盤 (Horizontal boring and milling machine) あるいはさらにフライス作業に重点を置いた横フライス中ぐり盤 (Horizontal milling and boring machine) と呼ぶものもあり、中ぐりのほかキリもみ作業、面板による面削り作業、フライス削り作業など総合的作業能率を向上するため作業種類の拡大多重化、段取り時間の減少、切削性能の増大、高精度加工の一般化など各種の方向からその改善がなされている。

日立製作所は、かねてより社内工場設備用として、主軸直径 100 mm の汎用テーブル形横中ぐり盤を製造し大きな効果をあげてきたが、昭和 37 年 1 月、西ドイツフランクフルト市、Vereinigte Werkzeugmaschinen Fabriken 株式会社と技術援助契約を締結し、HITACHI-VWF-WETZEL の名称で最新式テーブル形横中ぐり盤を生産し外販を開始した。

本機は、いわゆるウェッツェル形として半世紀以前よりわが国に紹介され、戦前、戦後を通じて常に第一級の高性能汎用形横中ぐり盤として広く賞用されていた機械である。

以下、本機の構造上の特長、性能などについて述べる。

2. テーブル形横中ぐりフライス盤の基本構造について

テーブル形横中ぐりフライス盤は他の横中ぐり盤 (フロア形、プレーナ形など) に比較して、工作物の取扱いが便利であり、大小さまざまな、作業内容の変化が多い工作物を加工する役目を必然的に負わされている。このため、現在では各種の機械工場で、主力設備機械として重要な役割を果たしている。

テーブル形横中ぐり盤には、多目的用工作機械としての仕様性能

が要求されているが、これに対してつぎのような基本構造が取られている。

- ① 主電動機取付部—{(a) 主 軸 頭 取 付 }
 {(b) ベ ッ ド 取 付 }
- ② 送 り 動 力—{(a) 主電動機と共用 }
 {(b) 専用電動機使用 }
- ③ 主 軸 構 造—{(a) 3 軸式(面板組込) }
 {(b) 2 軸式(面 板 無) }
- ④ テ ー ブ ル—{(a) 回 転 式 }
 {(b) 非 回 転 式 }

日立-VWF-ウェッツェルテーブル形横中ぐりフライス盤は、①(a)—②(a)—③(a)—④(a)形式であり、ヨーロッパ流の典型的な代表機械で、もっとも汎用性に富んでいる。

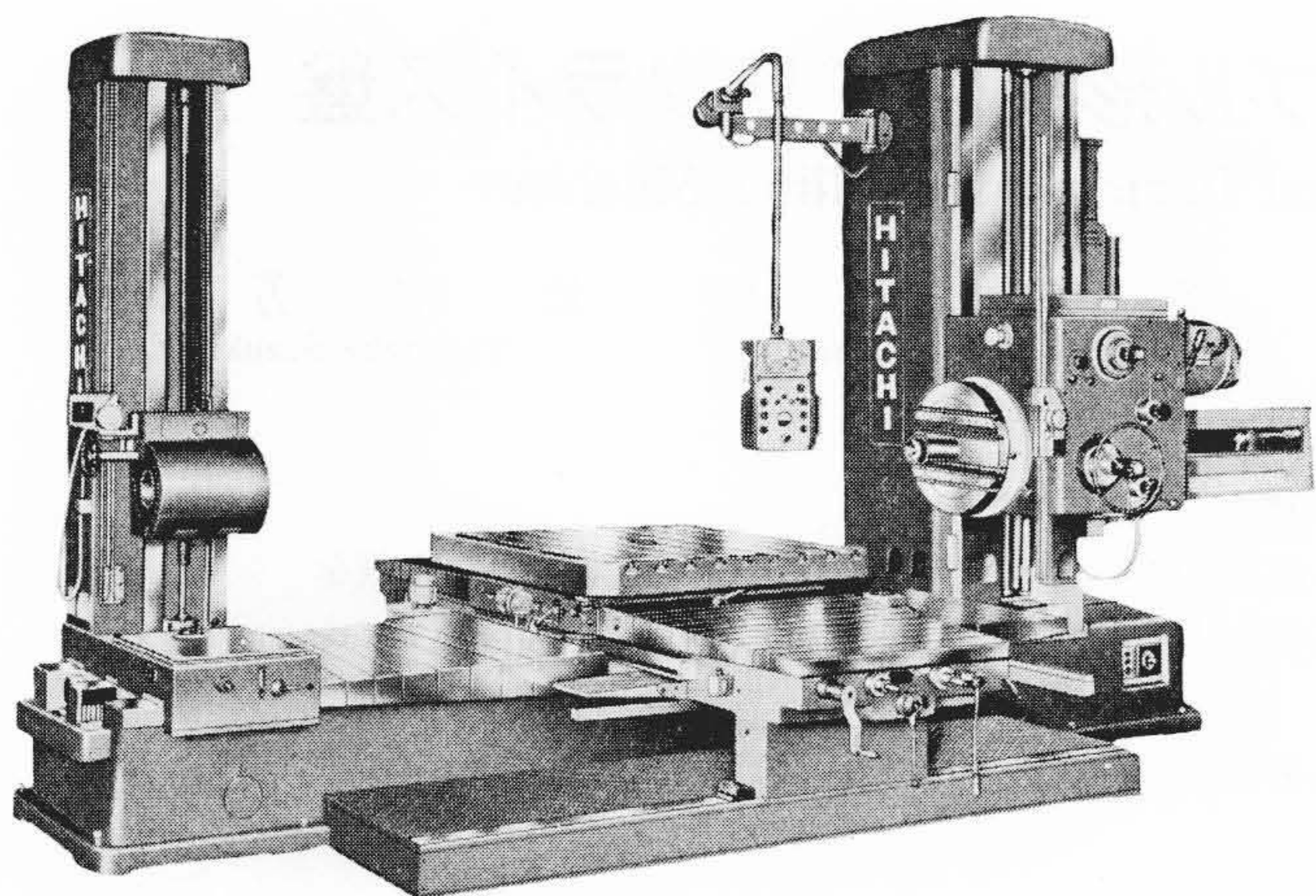
3. 日立-VWF-ウェッツェル テーブル形横中ぐりフライス盤の仕様

現在、日立製作所では主軸直径 80 mm (形式 BF_n 80/140) と 100 mm (形式 BF_n 100/180) の 2 機種を生産している。この機種は機械規模、能力などの点からわが国の国情に最も適合するものである。第 1 図および第 1 表はその外観および仕様を示したものである。

第 1 表 お も な 仕 様

項 目	単 位	BF _n 80	BF _n 100
主 軸 直 径	mm	80	100
中 空 主 軸 直 径	mm	140	180
面 板 直 径	mm	530	600
主 軸 の テ ー バ 穴		M.T. 5 または ISA40	M.T. 6 または ISA45
主 軸 回 転 数	r.p.m	11.2~1,400(23段)	9~1,400(23段)
面 板 回 転 数	r.p.m	11.2~ 400(18段)	9~ 315(18段)
送 り 速 度	mm/rev	0.02~ 12(36段)	0.02~12(36段)
送 り 速 度	mm/min	23~1,120(18段)	26~1,250(18段)
早 送 り 速 度 (各 方 向)	mm/min	3,500	3,800
面板と中ぐり棒支え間の最大距離	mm	2,250	3,150
テーブル上面より主軸中心までの距離	mm	0~1,120	0~1,400
テーブル前後方向の移動距離	mm	1,300	1,750
テーブル左右方向の移動距離	mm	1,100	1,750
主軸のくり出し長さ (2 挙動)	mm	710(+280)	900(+355)
中 ぐ り 最 大 直 径	mm	710	900
正 面 フ ラ イ ス 最 大 直 径	mm	400	500
面 削 り 最 大 直 径	mm	900	1,120
面削りスライドの移動距離	mm	120	150
テーブルの大きさ (左右×前後)	mm	1,000×1,250	1,260×1,400
T ス ロ ッ ト (幅×ピ ッ チ)	mm	20× 100	20× 125
許 容 積 載 重 量	ton	5	8
切 削 可 能 ネ ジ の 種 類		メートルネジ 18 種 ピッチ 0.25~12, インチネジ 18 種 2~96 山/インチ	メートルネジ 18 種 ピッチ 0.25~12, インチネジ 18 種 2~96 山/インチ
主 電 動 機 出 力	kW	11	15
所 要 床 面 積 (長さ×幅×高さ)	mm	約 4,950×3,160×2,830	6,500×3,840×3,320
製 品 重 量	kg	約 11,400	約 18,000

* 日立製作所川崎工場



第1図 日立-VWF-ウェッツェル 横中ぐり
フライス盤の外観(BFn 100)

4. 構造の要点について

本機は構造的に見て、多くの特長を持っているが、その主要点は大要次のとおりである。

4.1 組込式面板を持った軸構造主軸

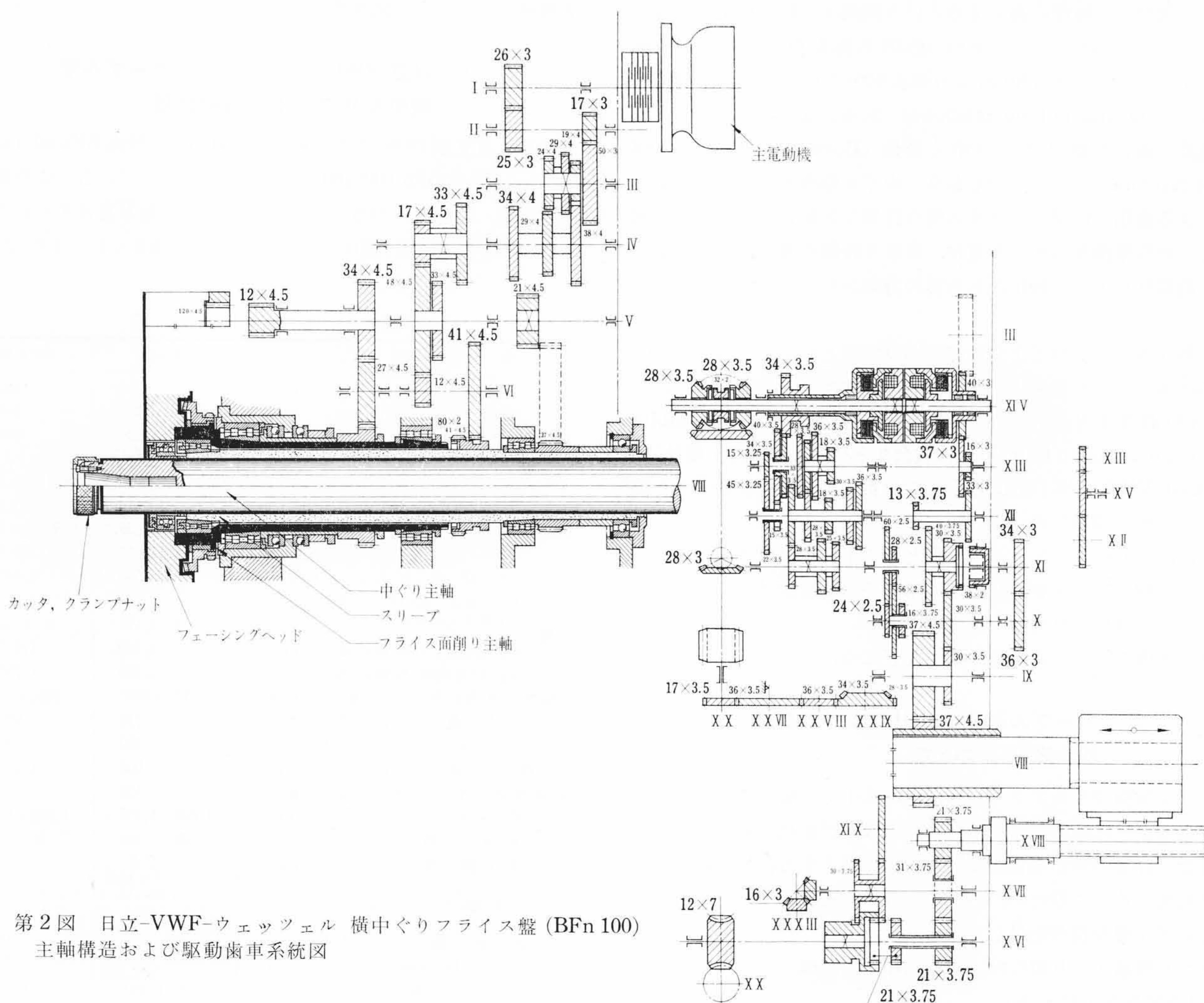
横中ぐり盤の加工能力、工作精度に直接関係するものは主軸システムの設計構造、材質、部品精度、および組立精度である。横中ぐり盤の主軸構造は一般に2軸方式と3軸方式に分類できるが、後者は前者に比較して各種中ぐり作業、フライス作業、面板による面削り作業、外径切削など多種多様の作業を行なうことができ汎用性に

富むものである。また、高速度精密切削、中、低速度重切削などを個々の主軸系統で行なうことが可能であり、主軸受を最適の条件で使用するため、機械の寿命が長く、長期にわたって安定した工作精度が保持される。

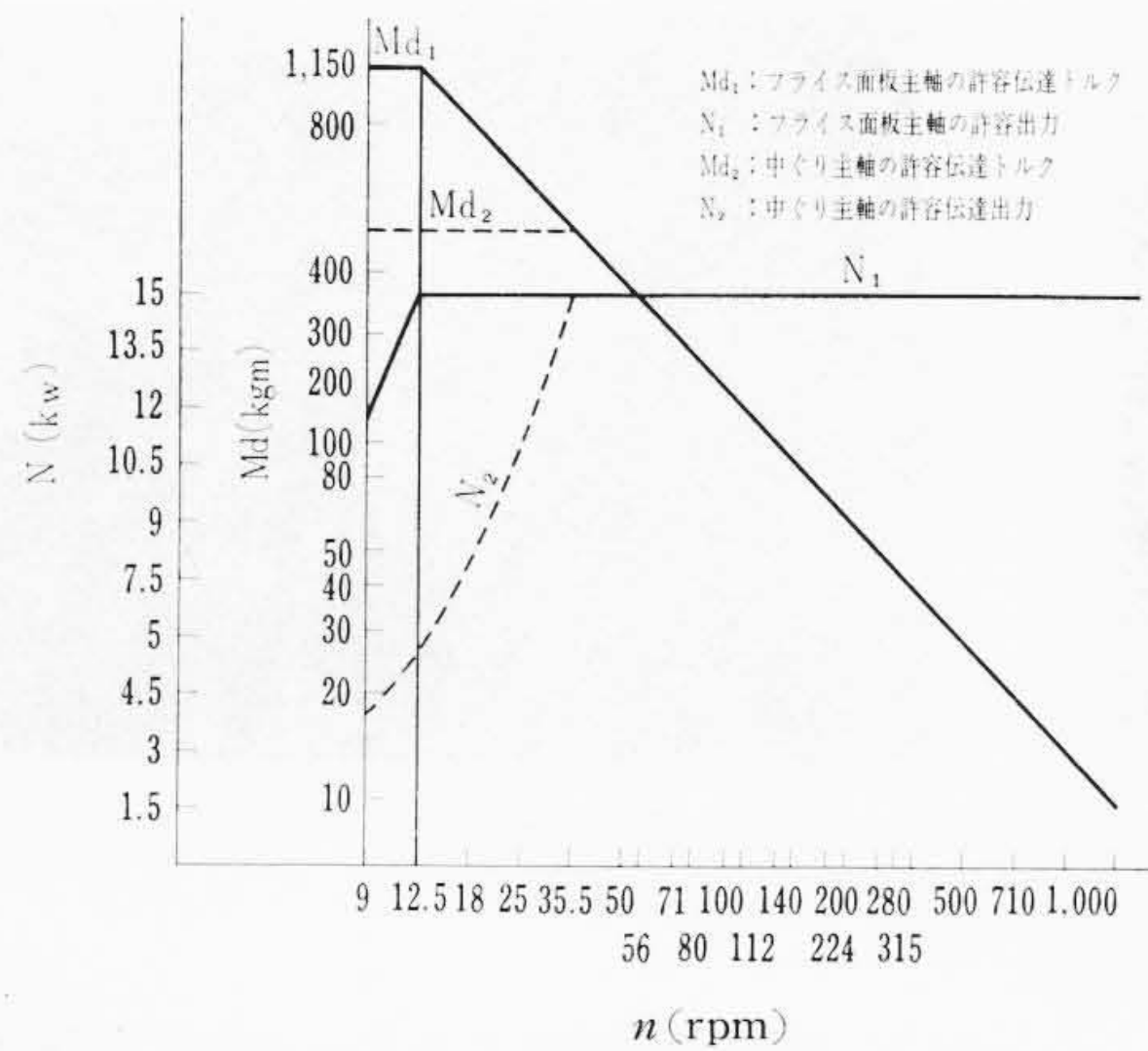
本機は複列円筒ころ軸受と玉軸受を使用した面板組込式3軸構造主軸方式で、低速度回転、大トルク切削をフライス面板主軸にて、また高速度回転、中、小トルクによる精密中ぐり、あるいはフライス切削を中ぐり主軸にて、それぞれ分離して行なわせる設計様式が採られている。第2図は主軸断面および駆動歯車系統図であり、第3図はBFn 100機の主軸出力線図である。

主軸構造で重要な部品は、中ぐり主軸、案内中空軸、フライス面板主軸、および主軸受などである。本機は中ぐり主軸、案内中空軸とともに DIN-17006-18550-34 CrAlNi 7 にもとづいて溶解鍛造した窒化鋼を使用し、ガス窒化処理により表面硬度を Hs 95 程度に高め、最終仕上工程においてラッピング作業により表面あらさを十分小さくし、高い精度と耐摩耗性を与えている。またフライス面板主軸は鍛造高炭素鋼で、高周波焼入そのほかの熱処理を行なった後、超精密研削仕上げされている。

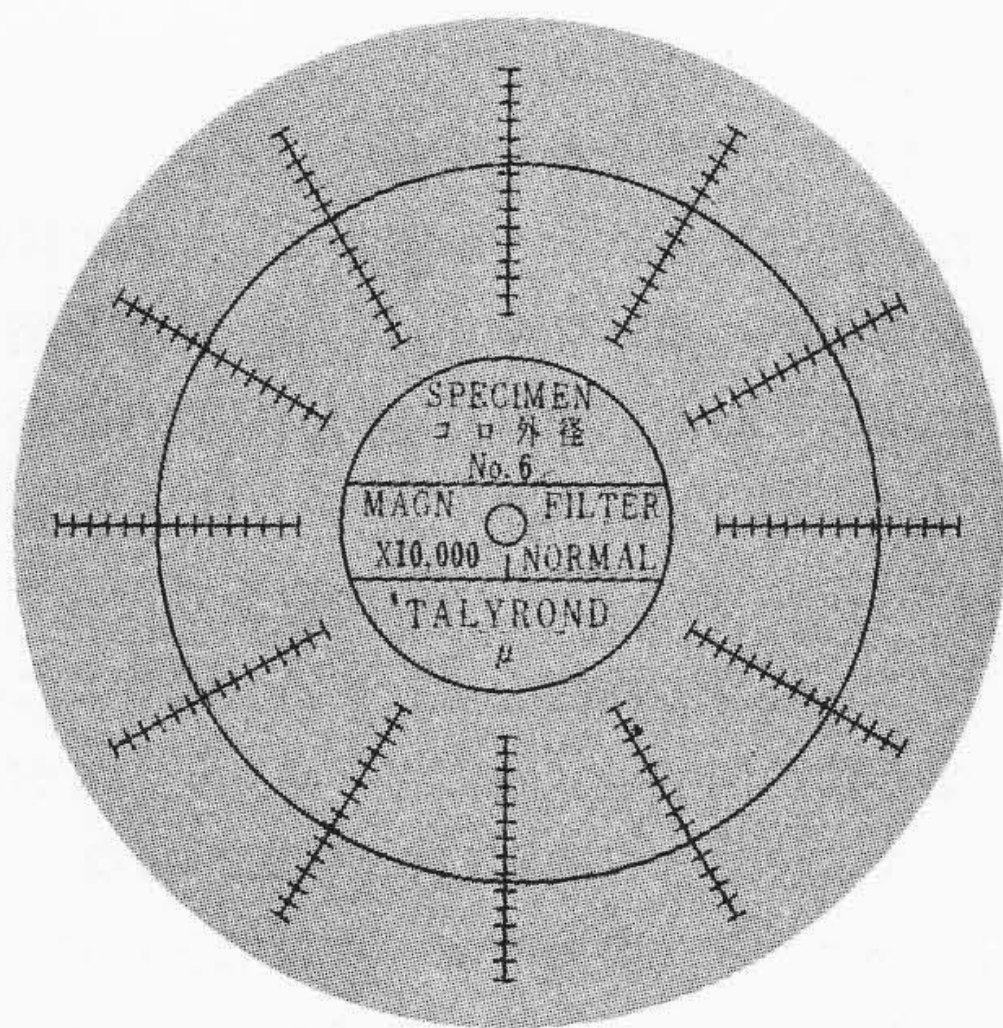
主軸を案内する中空軸、面板を支持するフライス面板主軸などの回転精度は、すべて主軸受の精度に支配されることはいうまでもない。本機はこれらの主軸受として、独自の特殊限定規格により製作されている複列円筒ころ軸受を使用している。この軸受は外輪の潤滑油保持能力の大きい NNU 49 シリーズで、個々のエレメントについて厳密な検査が行なわれている。第4、5図は特殊限定規格により製作された本機の円筒ころ（東洋ベアリング製造株式会社製）の真円度、およびころ面あらさであり、第6、7図はオリジナル機に使



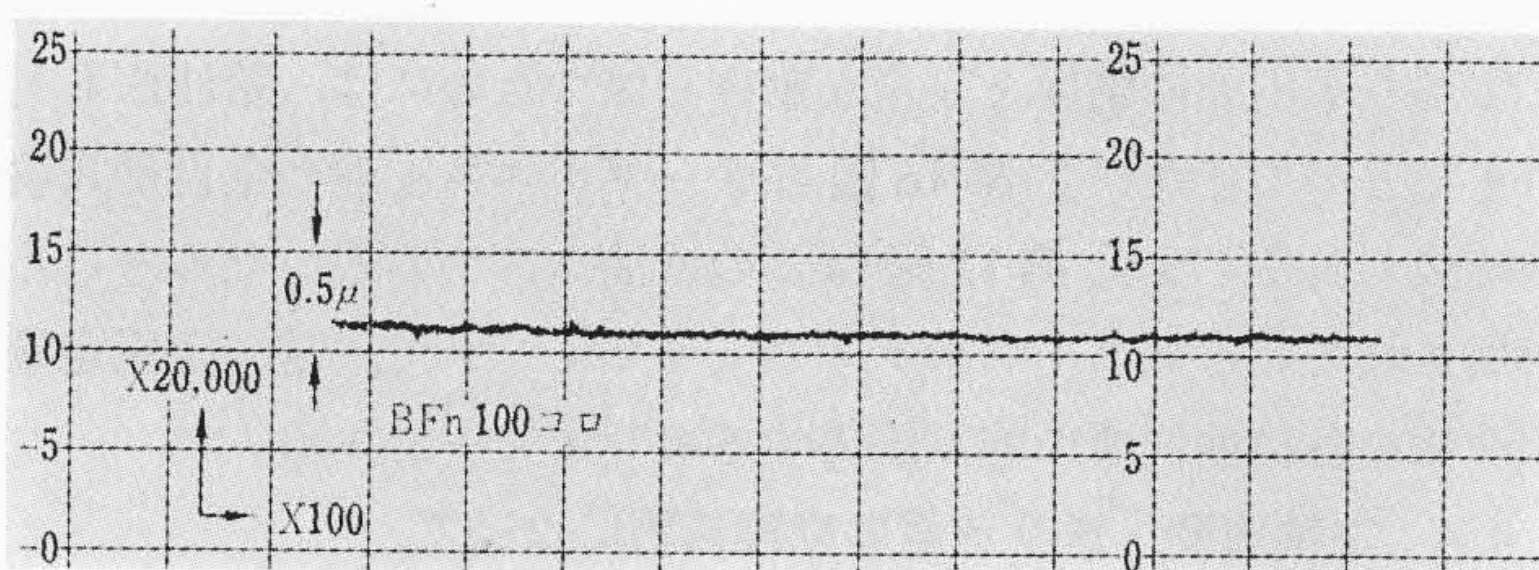
第2図 日立-VWF-ウェッツェル 横中ぐりフライス盤 (BFn 100)
主軸構造および駆動歯車系統図



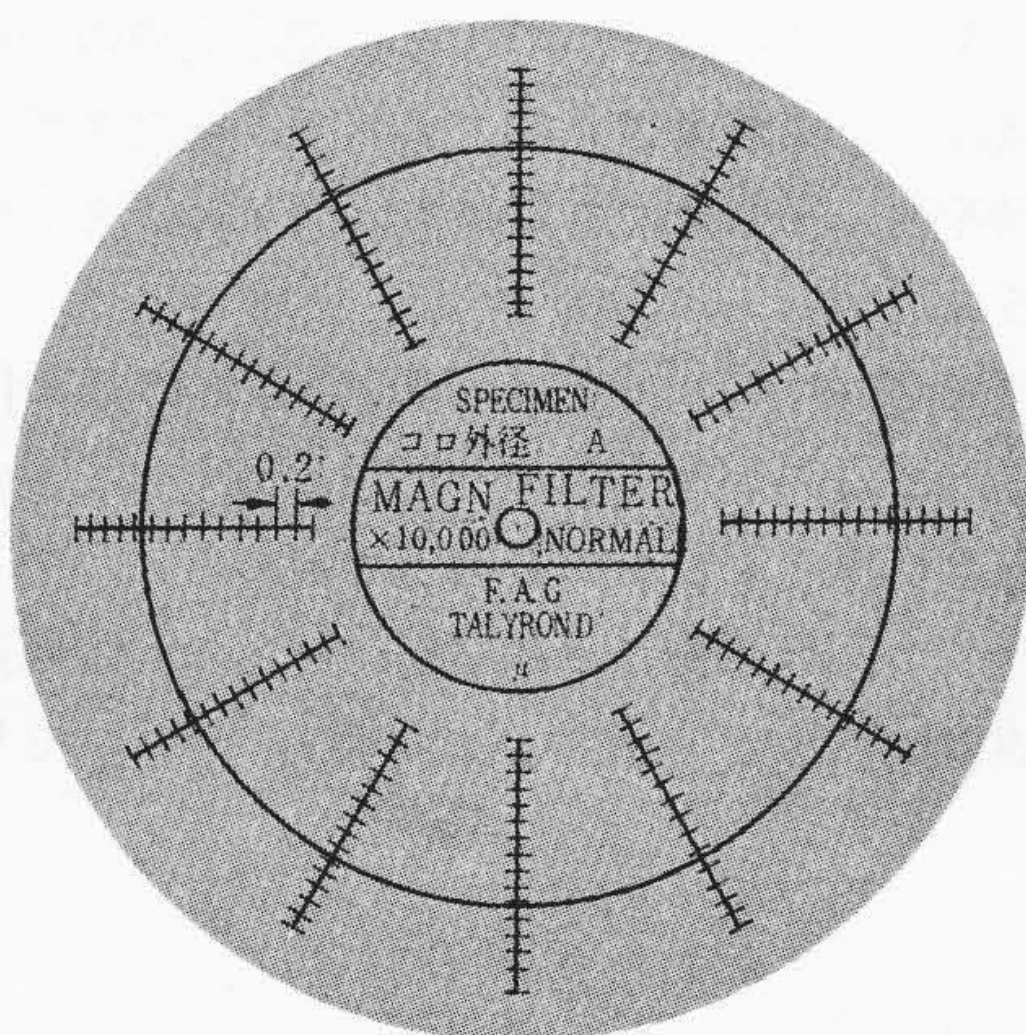
第3図 BFn 100 機の主軸出力線図



第4図 特別規格によって製造されたコロの真円度



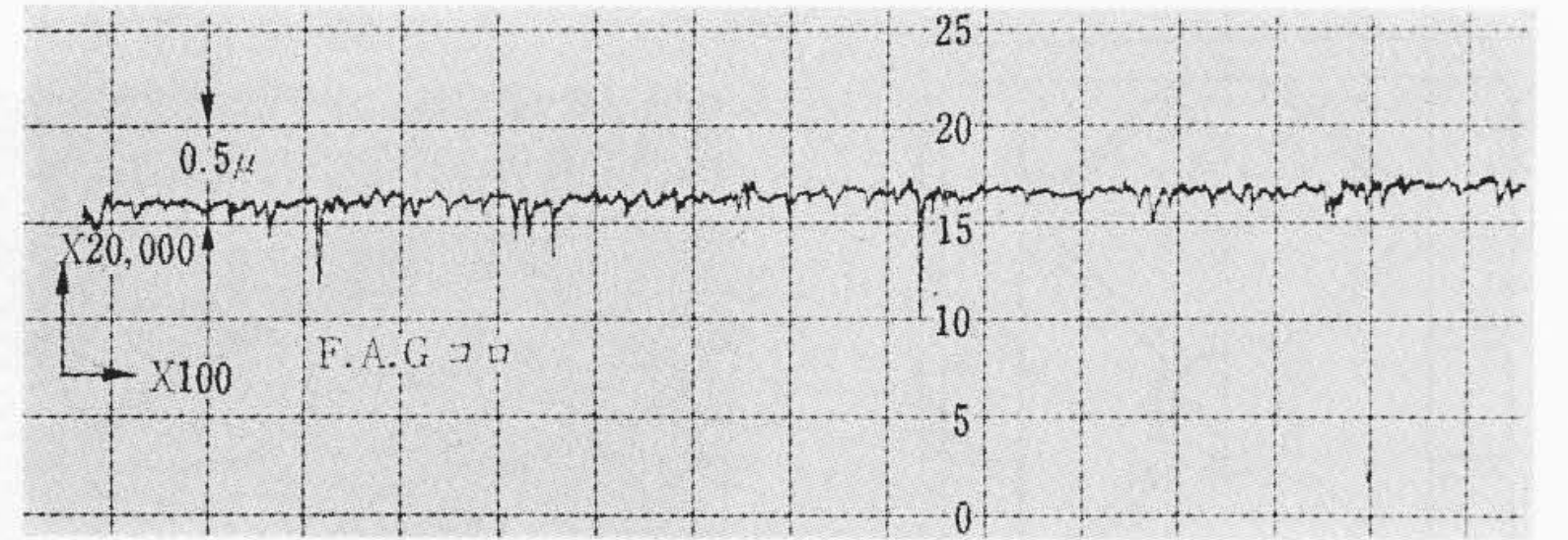
第5図 特別規格によって製造されたコロの面あらし



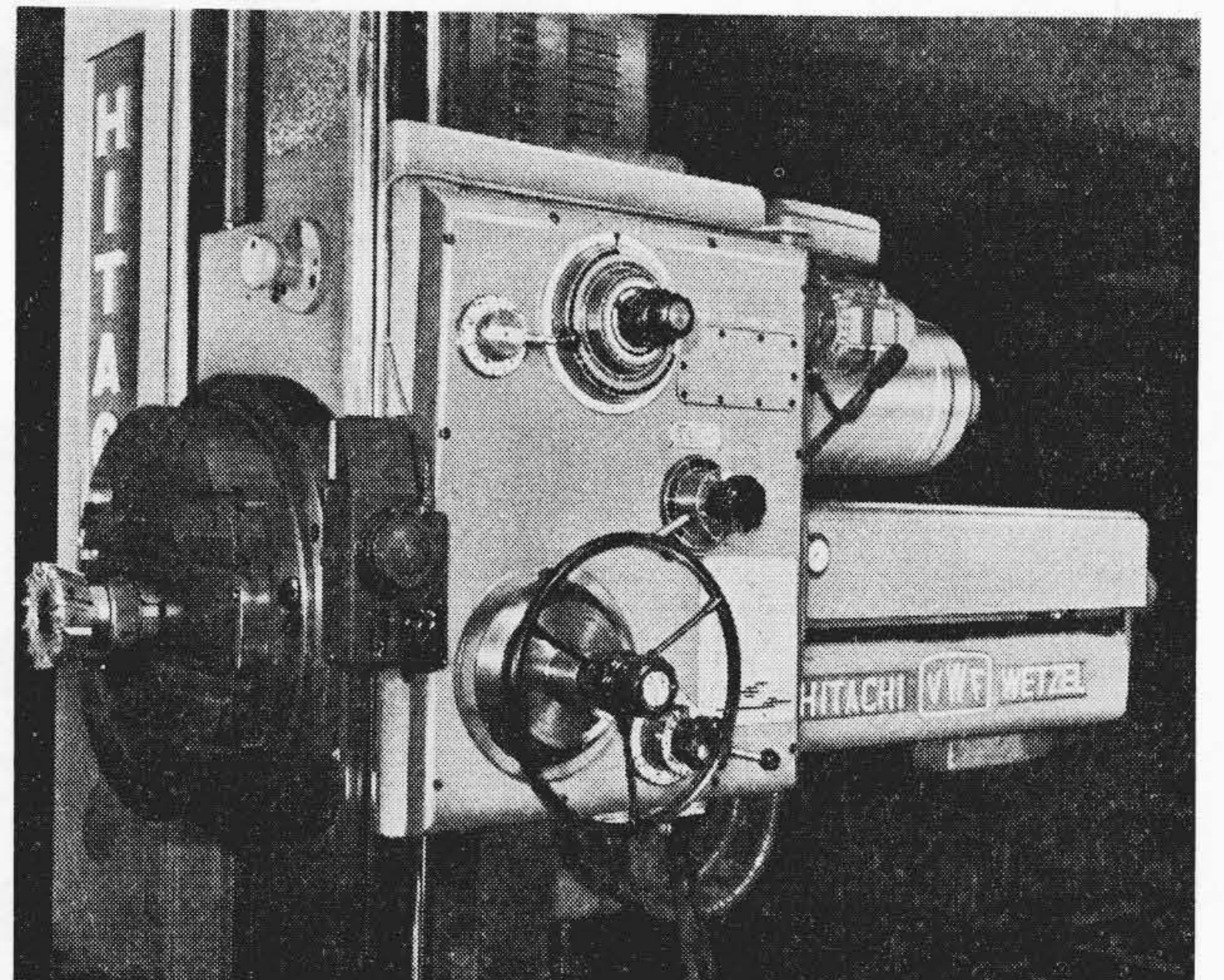
第6図 F.A.G 製コロの真円度

用されている F.A.G (西ドイツ) 社製の円筒ころの真円度およびころ面あらしを示す一例で、この軸受の精度の高さが推察できる。

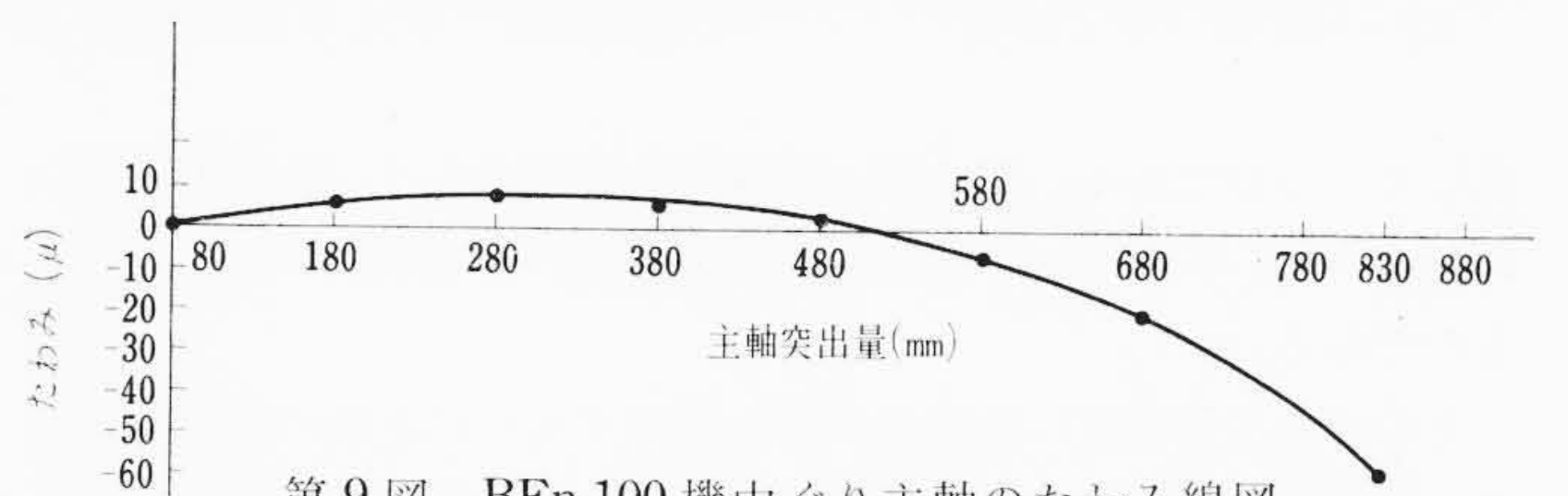
3 軸構造主軸が完全な能力を発揮するためには、以上のようなことを一例として、これに類する各種の部品精度に対する配慮の積み重ねと、高度な組立技術が必要なのであって、本機はまさにこれを実



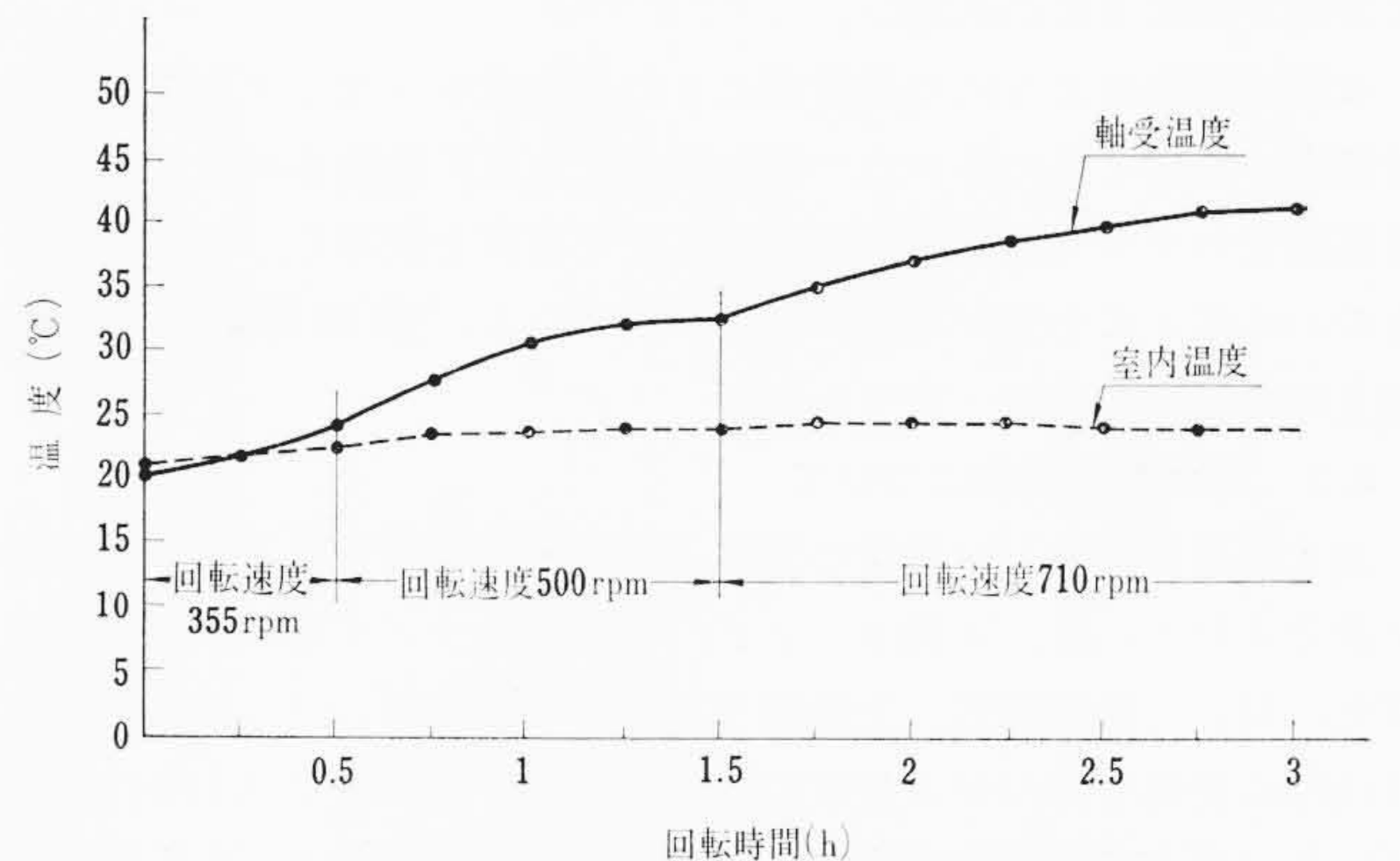
第7図 F.A.G 社製コロの面あらし



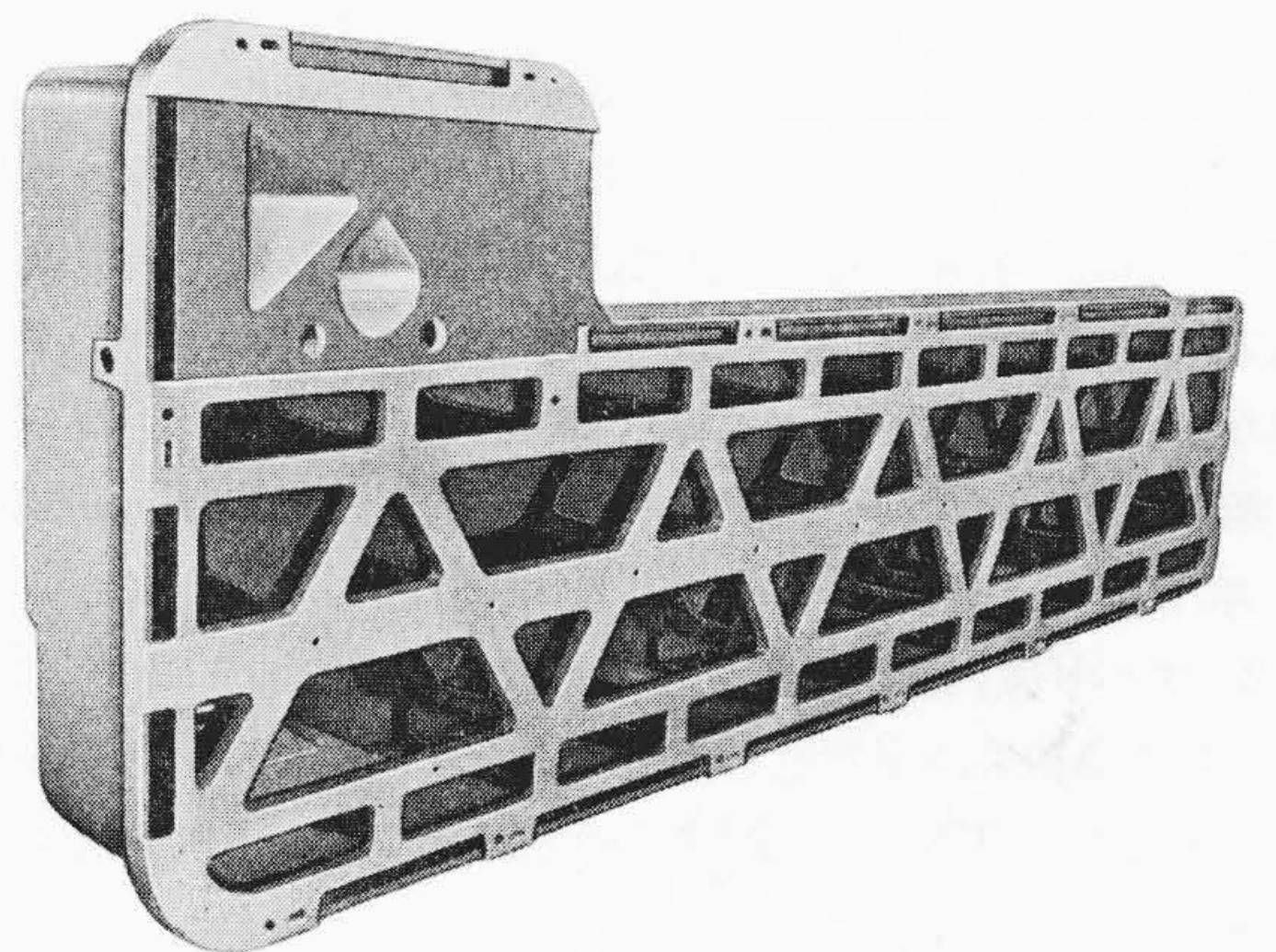
第8図 BFn 100 機の主軸頭



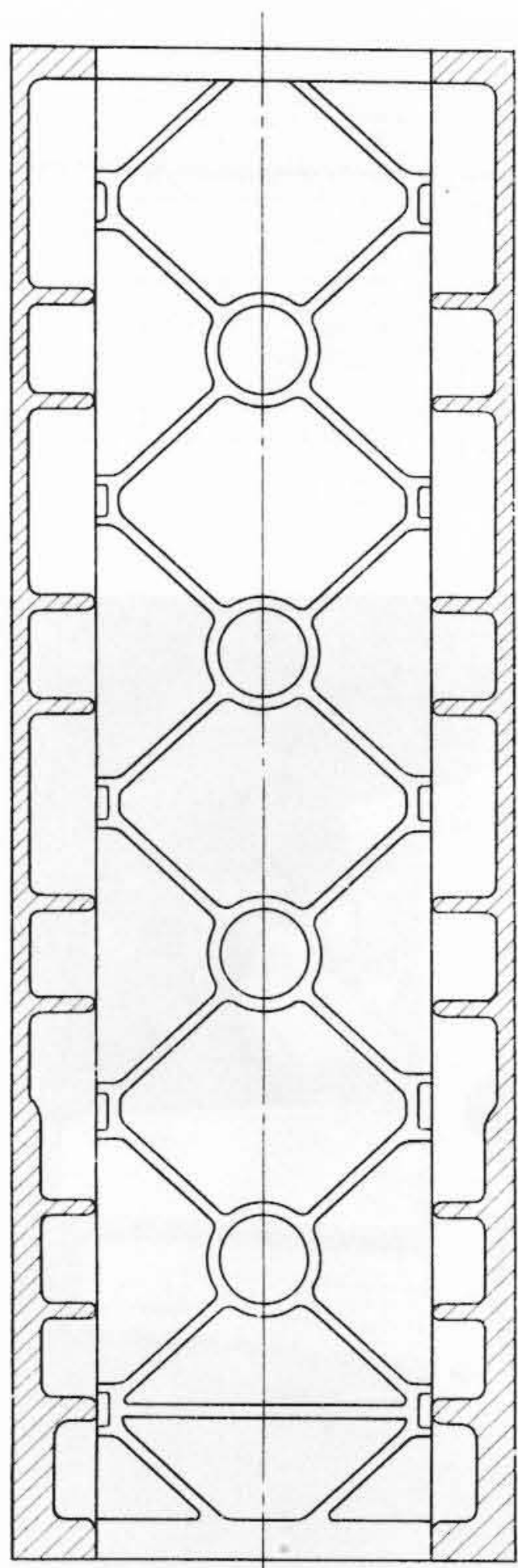
第9図 BFn 100 機中ぐり主軸のたわみ線図



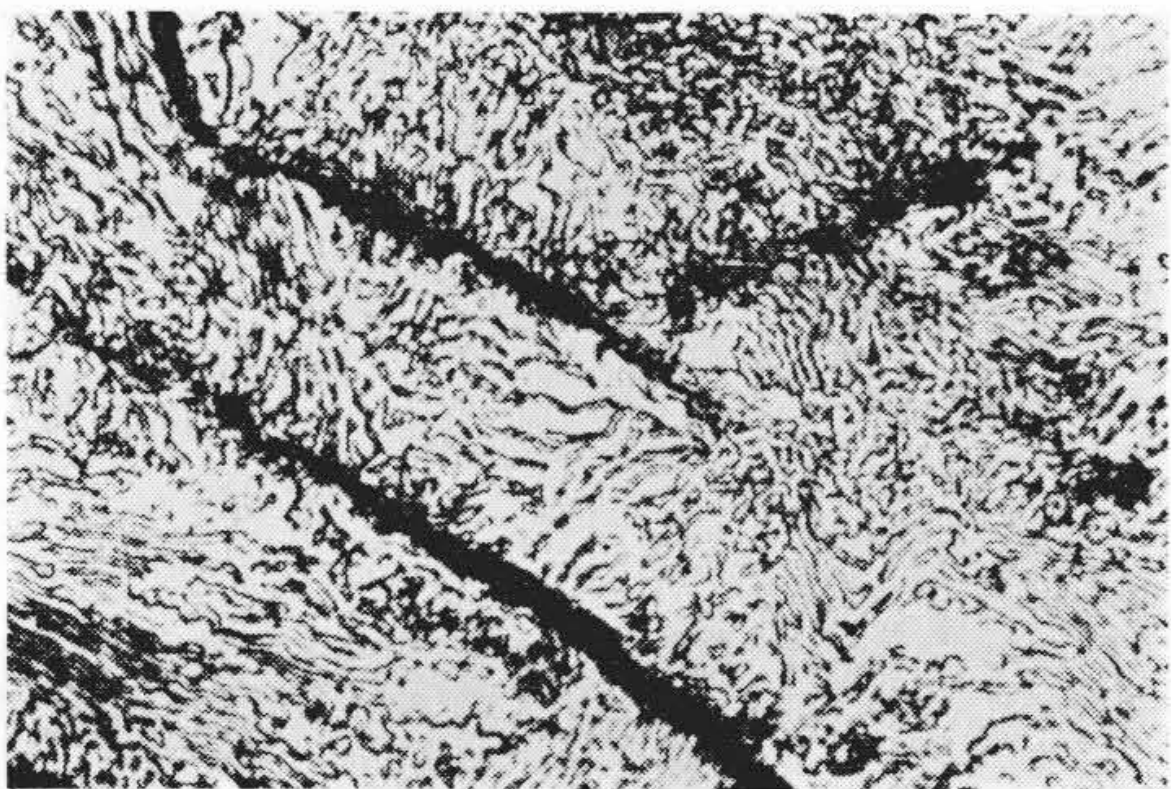
第10図 BFn 100 機主軸システム前部軸受温度上昇の一例



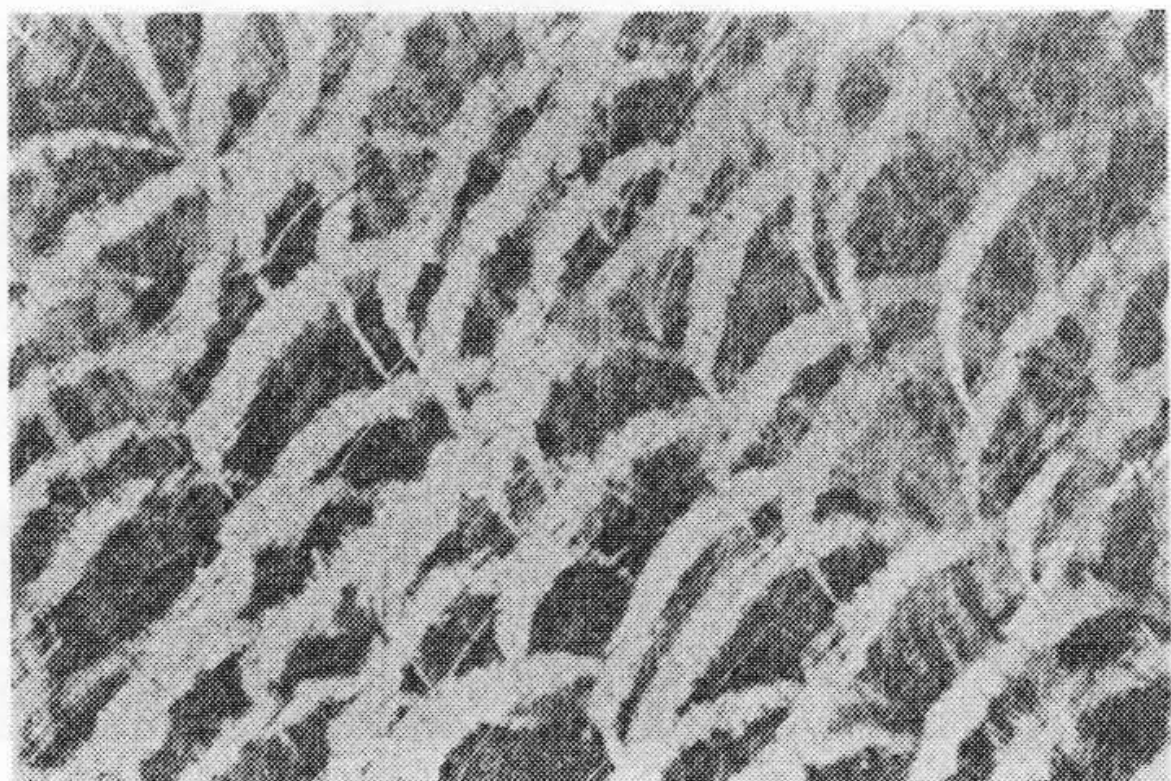
第11図 BFn 100 機ベッドのリップ構造



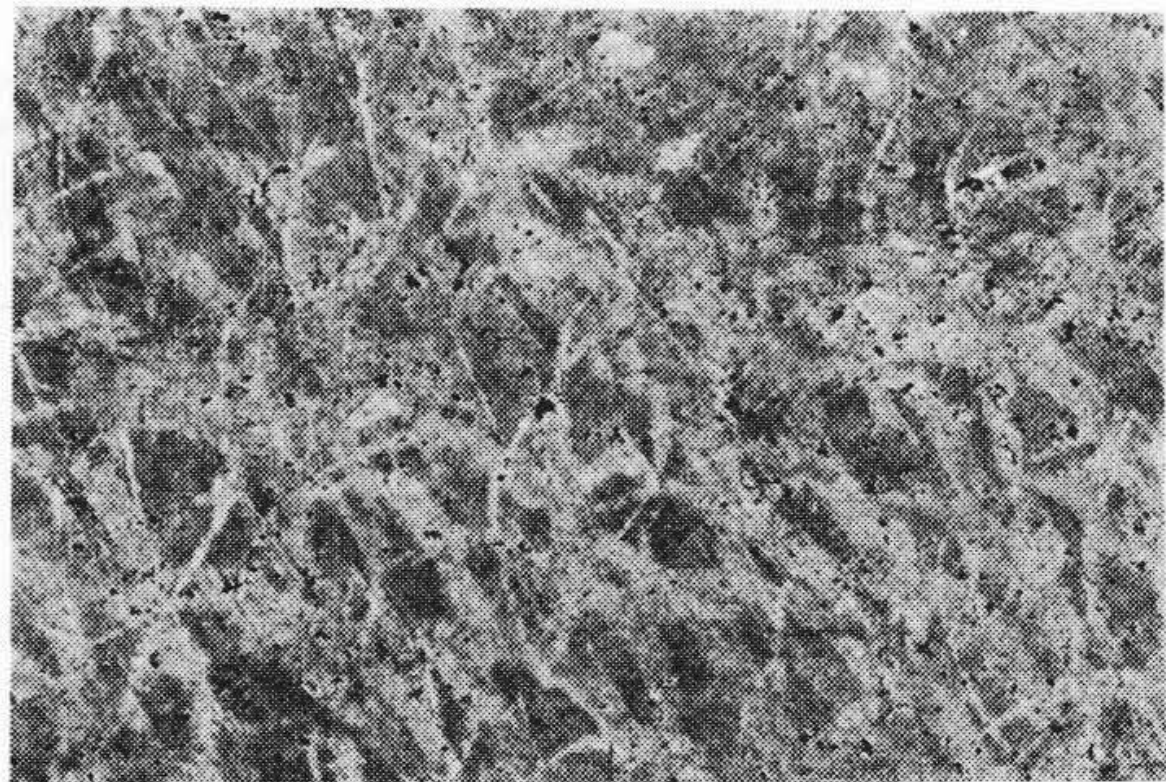
第 12 図
BFn 100 機コラム断面



第 13 図 急冷法による鋳物組織



第 14 図 急冷法によるすべり面拡大写真



第 15 図 一般の鋳込法によるすべり面の拡大写真

- (1) 摩擦挙動がすぐれていること（動摩擦と静摩擦の差ができるだけ少ないこと）。
- (2) 摩耗量が少ないこと。
- (3) 焼付，カジリに対して安定であること。
- (4) 弾性係数が大きいこと。

などが考えられる。本機ではこれらの問題を解決し精密中ぐり，精密フライス切削に必要な精密送りを可能にするために，すべり案内面材質の組合せに考慮を払っている。前節で述べたように大物鋳物のすべり面（いわゆる固定側）を特殊鋳造法によってパーライト組織にして耐摩耗性を持たせると同時にこれらの相手となる移動側すべり面にグラファイトを含有したモールドタイプの合成樹脂板を使用している。

この合成樹脂板は，工作機械のすべり面用として開発されたもので，弾性係数，吸油率，摩擦挙動などがとくに良好である。第 2 表は従来一般に使用されていた積層形合成樹脂板との比較の一例である。

すべり案内面の精度と完全な動作を保つためには，給油法も見のがすことができない。第 16 図はテーブルユニットの全自動式給油系統図である。また第 17 図はこの給油システムのいたるところで使用されているピストン形ディストリビュータで，常に定圧定量の潤滑油を各給油個所に強制圧入するエレメントである。

4.4 主軸速度，送り速度の変換装置について

本機は主軸回転，送り駆動などの変換機構が主軸頭に集中的に内蔵されている。このため各伝導軸の長さは最小限度に切詰められ，大きなトルクを伝達することができる。変速機構の中枢をなすものは特殊電動機によって駆動されるメカニカルシフトである。これと関連して主軸速度，送り速度を定める（プリセレクト可能）変速ダイヤルがある。

中ぐり主軸は 23 段，フライス面板主軸は 18 段の回転速度を持ち，また合計 62 段にも及ぶ各種自動送りがすべてこの変速ダイヤルと第 18 図の切換えレバーの 2 個所で定められ，中ぐり主軸の単独回転，フライス面板主軸の単独回転，両者の同時同速度回転あるいは同時異速度回転など本機の汎用的操作がここで集中的になされる。

第 2 表 無給油におけるスティックスリップの状況

合成樹脂板の種類	スティックスリップの発生する限界面圧力	
	すべり速度 200 mm/min	すべり速度 600 mm/min
従来の合成樹脂積層板 (JIS ko 706-PL 131)	10 kg/cm ²	25 kg/cm ²
本機に使用している モールドタイプ合成樹脂板	>40 kg/cm ²	>40 kg/cm ²

(注) (1) 上記数値は等速往復運動式摩擦試験装置で測定したものである。
(2) 上記合成樹脂板の相手材質は普通鋳鉄で表面をキサゲ加工したもの。

現しているのである。第 8 図は主軸頭の外形であり，第 9 図は BFn 100 機の中ぐり主軸たわみ曲線で，主軸まわりの精度の高さを示すものである。

そのほか工作精度に直接悪影響を及ぼすものに主軸の熱変位がある。高速回転軸を持つ工作機械においては当然回転部の温度上昇による熱変位はまぬがれない。

本機は前述のように主軸受部よりの発熱量を少なくするために軸受精度を極度に高める一方，発生熱量を急速に放散させるため主軸前部軸受ハウジングに熱伝導率の良好な材質を使用し，また主軸箱とのハメアイに十分な考慮がはらわれている。第 10 図は本機の前部主軸受温度上昇の一例である。

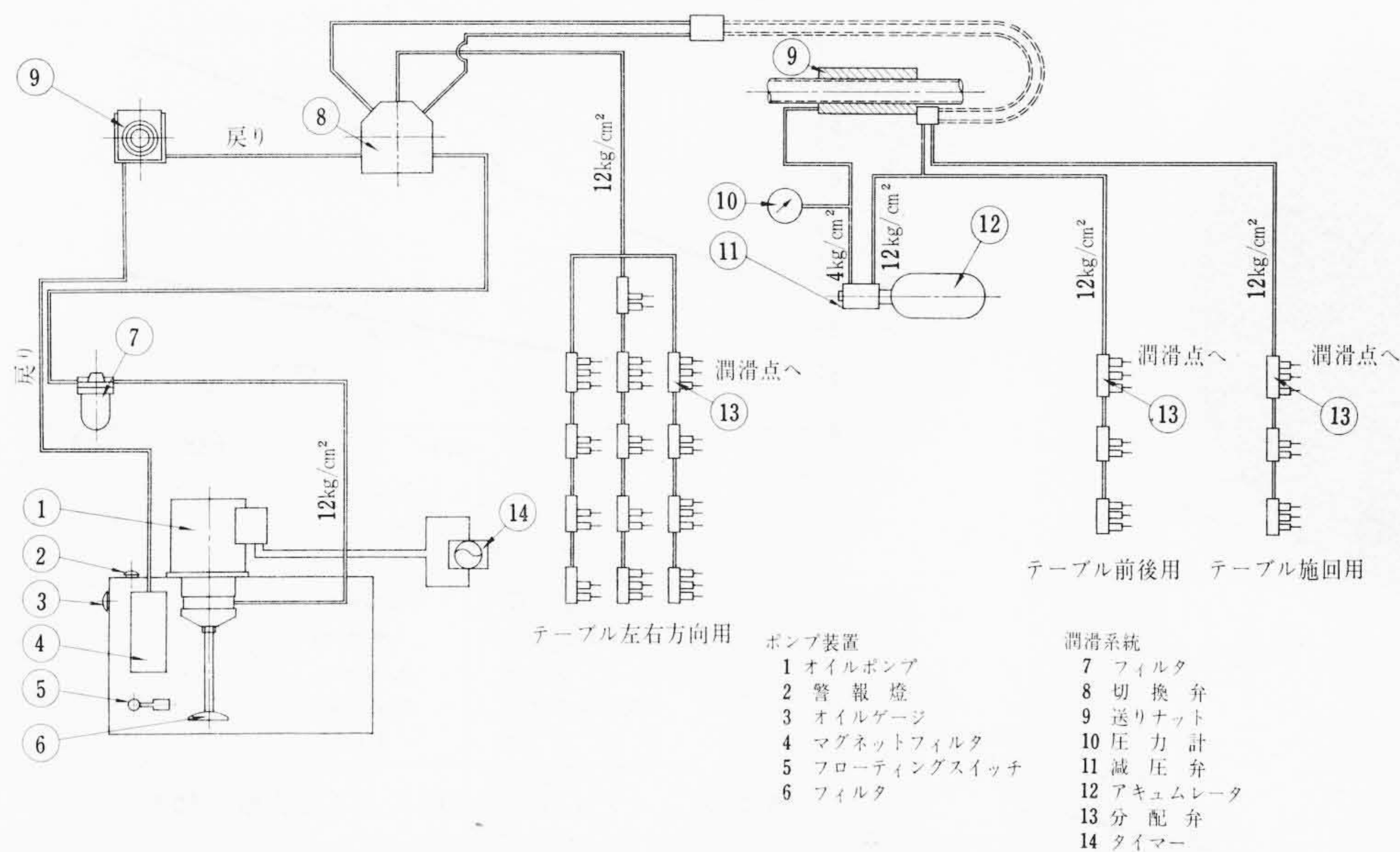
4.2 大物鋳造部品について

基本構造部品は一定重量の素材より最大の剛性を得るような構造に設計されている。本機はベッド，コラム，テーブルなどの基本構造部品に対して箱形構造，千鳥形リブ（第 11 図参照）とし，特にコラムは肉厚に変化を持たせるなどの設計を行なって剛性の向上をはかっている（第 12 図参照）。また本機は静的剛性の増大とともに減衰性の増大，あるいはすべり面の耐摩耗向上という相反する結果を起こしやすい問題を，特殊鋳造法によって解決した。すなわち，コラム，ベッドなどの本体そのものは減衰性の良好な高級ねずみ鋳鉄とし，すべり面のみを鋳込時の急冷操作によって耐摩耗性の大きいパーライト組織に変化させる方法である。この方法は工作機械のように応力そのものはそれほど問題とせず，静的，動的剛性や摩耗，時効変形などを重要視するものについて最も着実な解決法の一つである。第 13, 14 図は急冷処理による鋳物組織と，すべり面の表面であり，第 15 図は一般の鋳込法によるすべり面の拡大写真である。

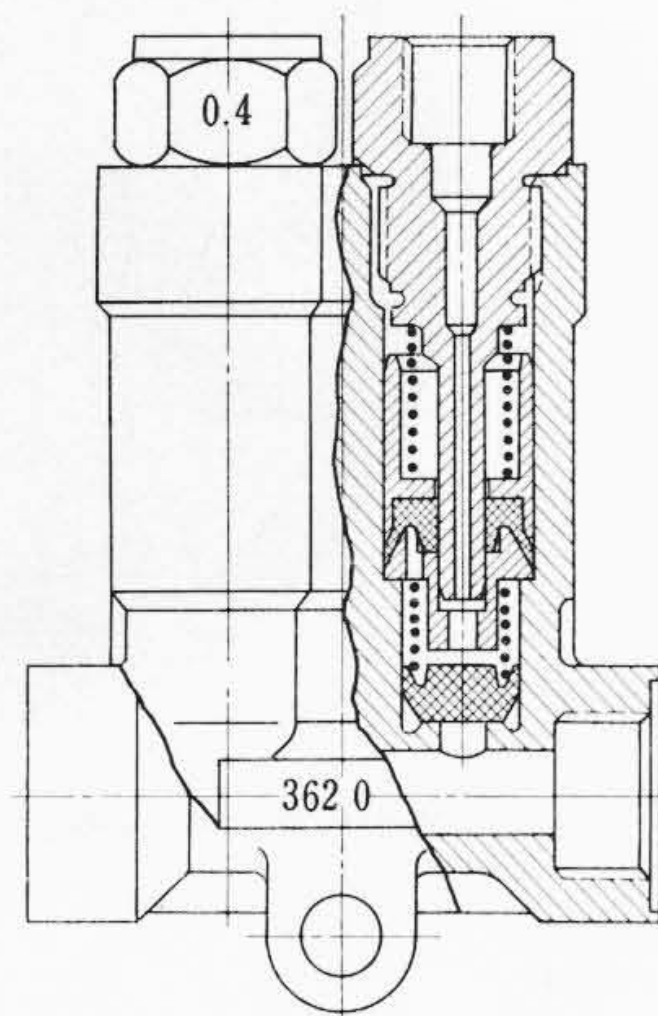
4.3 すべり案内面（移動側）の材質および給油法について

工作物の真直度，平坦度を支配するすべり案内面は，主軸の回転精度が工作物の真円度を支配するのと同様に工作機械の精度の根本をなすものである。

すべり案内面の持たなければならない性質で，特に重要なものは，



第16図 サドルテーブル関係の自動給油回路



第17図

ピストンタイプディストリビュータの構造

第3表 主要部のスケール精度

許容目盛誤差計算式: $\Delta l = \pm \left(10\mu + \frac{L}{100000} \right)$	
L: 測定長さ, mm.	
L, mm.	$\Delta l \mu$
<99	± 10
100	± 11
200	± 12
300	± 13
400	± 14
500	± 15
1,000	± 20

5. 精度について

5.1 静的精度

本機の静的精度は JIS B 6210-1956 あるいは DIN 8620-1942 によって測定記録されている。これは日独両国で生産される本機種が、部品精度、材質などの面で完全に互換性を持っており、製品の品質も両国の規格に合格させることを考慮したためである。第4表はBFn 100機の主要静的精度を JIS 許容値と比較したものである。

5.2 工作精度

JIS B 6239-1962 にしたがって中ぐり主軸による中ぐり、フライ

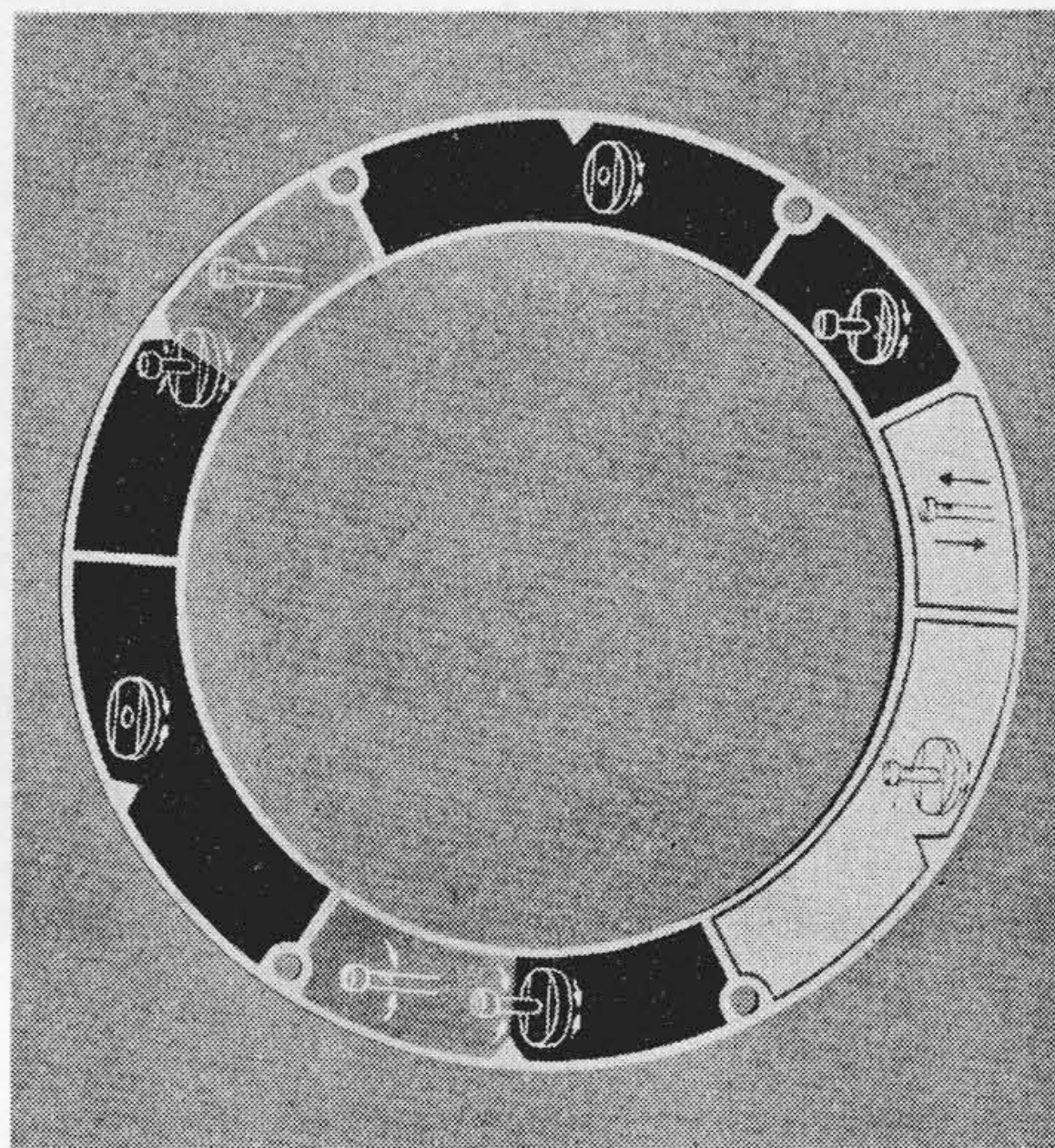
第4表 BFn 100 機 静的精度の実例 (単位 mm)

項 目	JIS 許容値	DIN 許容値	本機の実例
テーブル左右運動と中ぐり主軸の直角度	0.015/1000		0.01/1000
テーブル前後運動と中ぐり主軸中心線の直角度	0.02/500		6.01~0.015/500
テーブル T 溝側面と中ぐり主軸中心線の直角度	0.02/500		0.01~0.015/500
テーブル左右運動と中ぐり主軸中心線との平行度	0.015/300	0.02/500	0.006~0.012/300
テーブル割出し直角度	0.02/300	0.03/1000~2000	0.005~0.006/300
中ぐり主軸の振れ テストバー口元で	0.015	0.020	0.008~0.012
-300 の位置で	0.030	0.025	0.020~0.025

第5表 本機による工作精度の一例

項 目	許 容 値 (JIS B6239)	本 機 の 実 例
主軸片持による中ぐり穴の真円度	0.02	0.003~0.008
面板による中ぐり穴の真円度	0.02	0.005~0.010
主軸によるフライス削りの精度	0.02/300	0.009~0.012/300
面板によるフライス削りの精度	0.02/300	0.008~0.012/300
面板による面削りの精度	0.02/300	0.005~0.015/300

単位: mm 工作物材質 F.C20



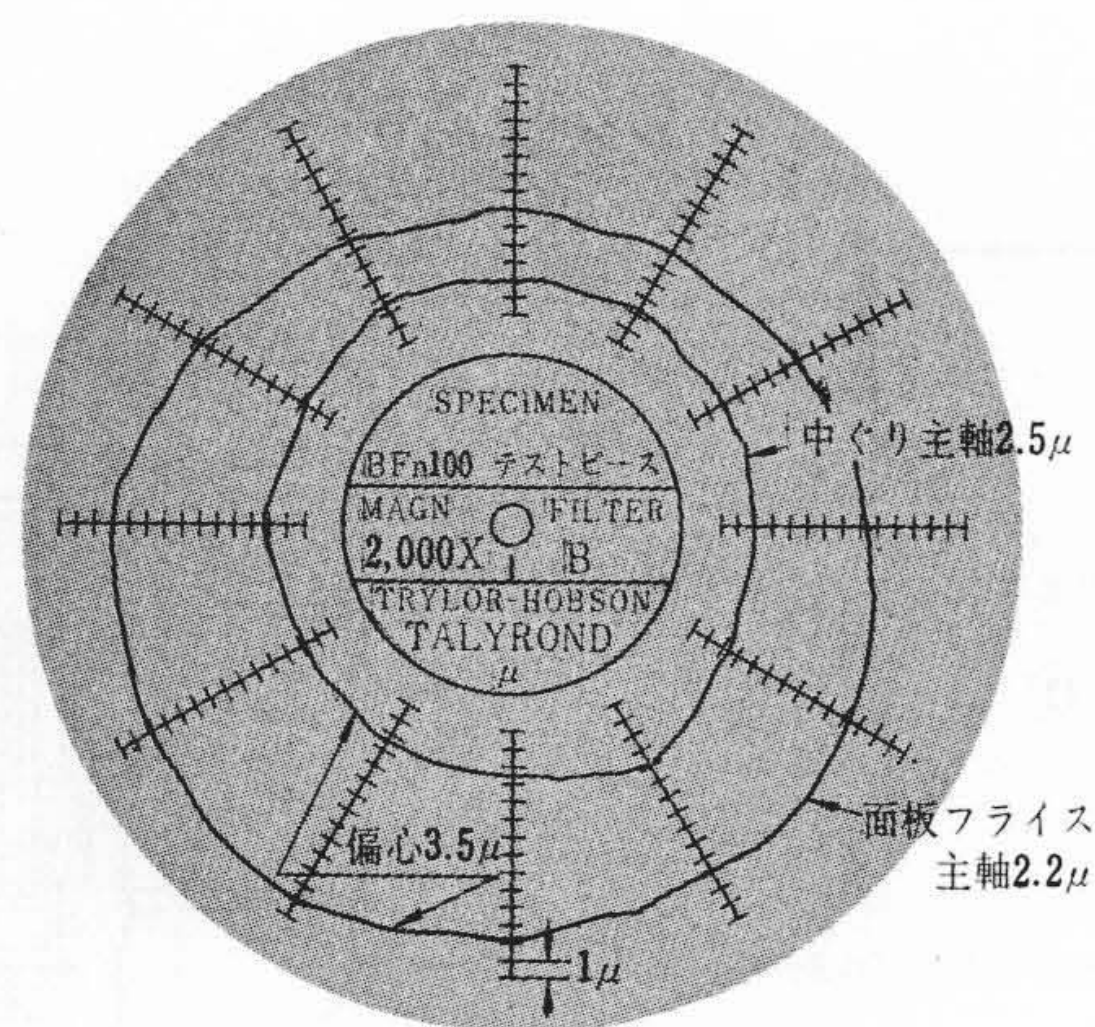
第18図 主軸組合せダイヤル

4.5 電気操作盤について

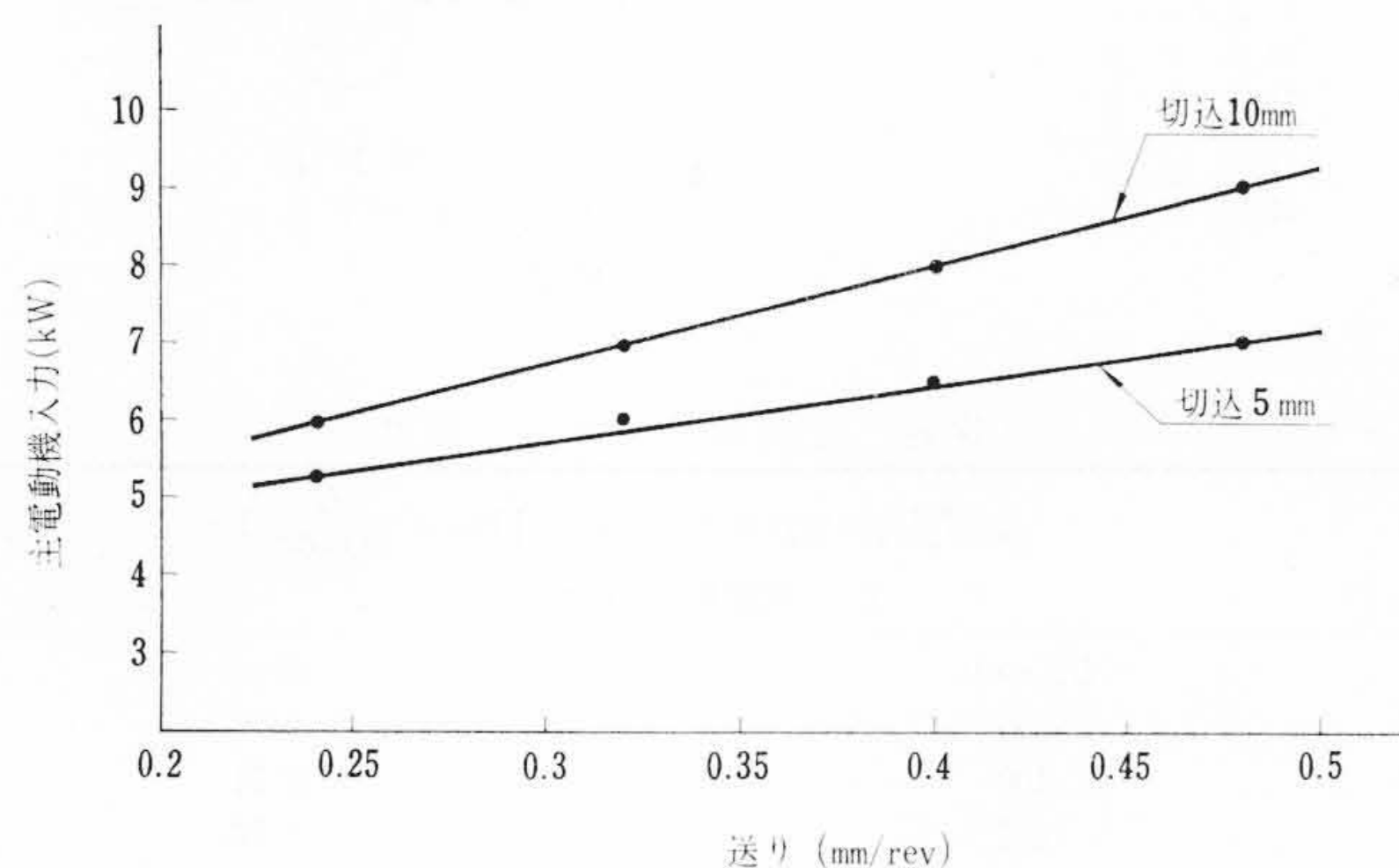
機械の操作個所は主軸頭正面付近とペンダントスイッチボックスに集中的に配分されている。特に機械の運転、停止、変速などの諸操作はペンダントスイッチボックスで加工物に接近した位置で行なえるような設計となっている。主軸の停止時あるいは寸行操作時には、主電動機に電磁式逆制動装置を働かせているのでカッタの細かい回転が可能である。また押ボタン操作による切削送りと早走りの方向は、互いに反対の方向を取るようになっており、早戻し操作に便利となっている。

4.6 測長装置について

加工穴の中心位置の測定、カッタの切込みの測定、あるいは送り量の測定など各部の移動量を読み取るために、種類のマイクロカラー、スケールが取り付けられている。また主要部（主軸頭上下移動、テーブル前後、エンドサポート軸受上下移動の各読取用）には最小読取0.01 mmの光学測長器を取り付けることができる。なお主要スケールの目盛精度は DIN-865 によっており、その精度は第3表のとおりである。

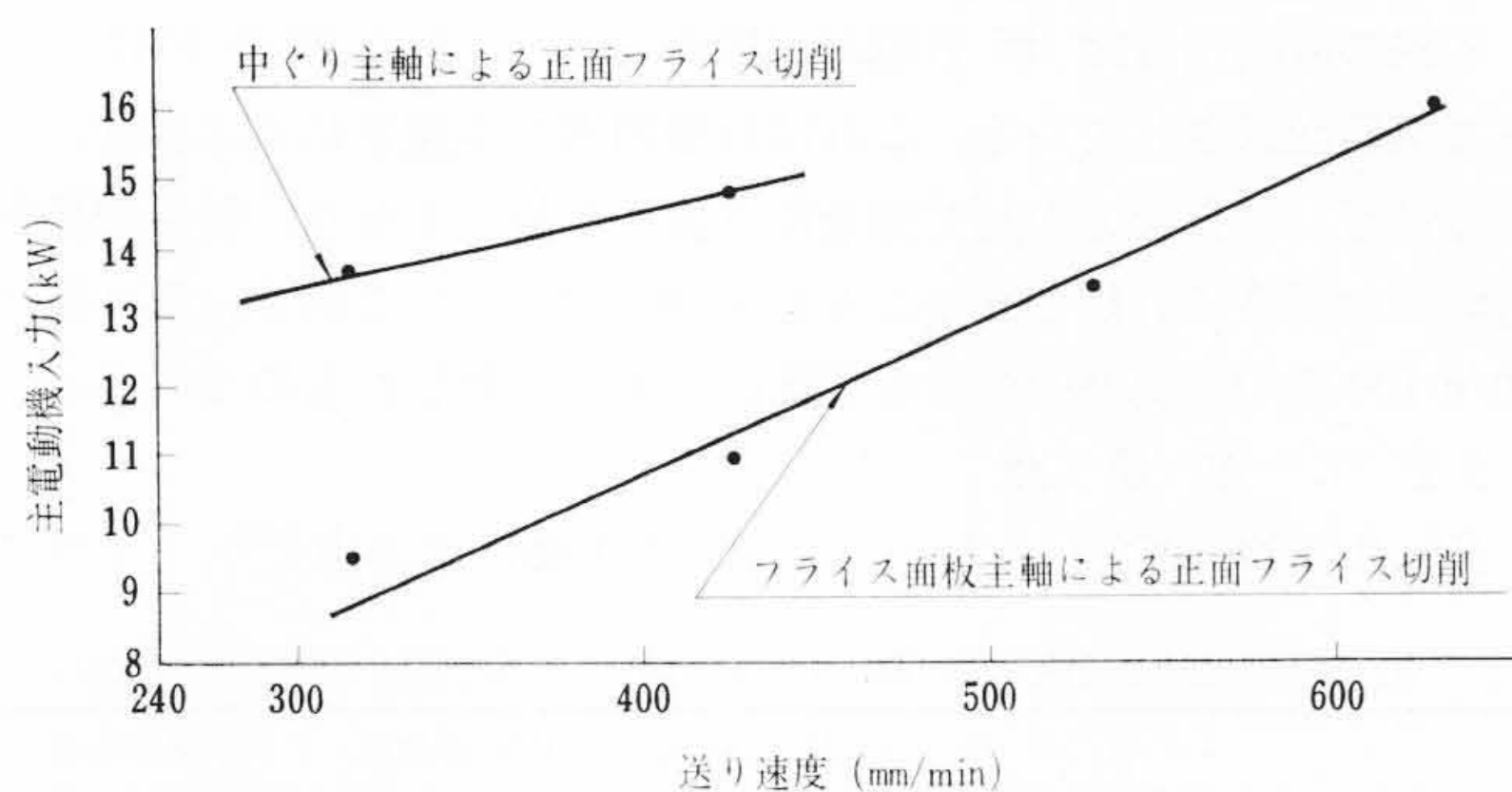


第19図 真円度測定器による工作精度記録



切削条件	
切削直径	220 mm
主軸回転速度	140 rpm
切り込み	5, 10 mm
主軸突出し量	400 mm
被切削材	FC25

第20図 中ぐり主軸による片持中ぐり切削動力

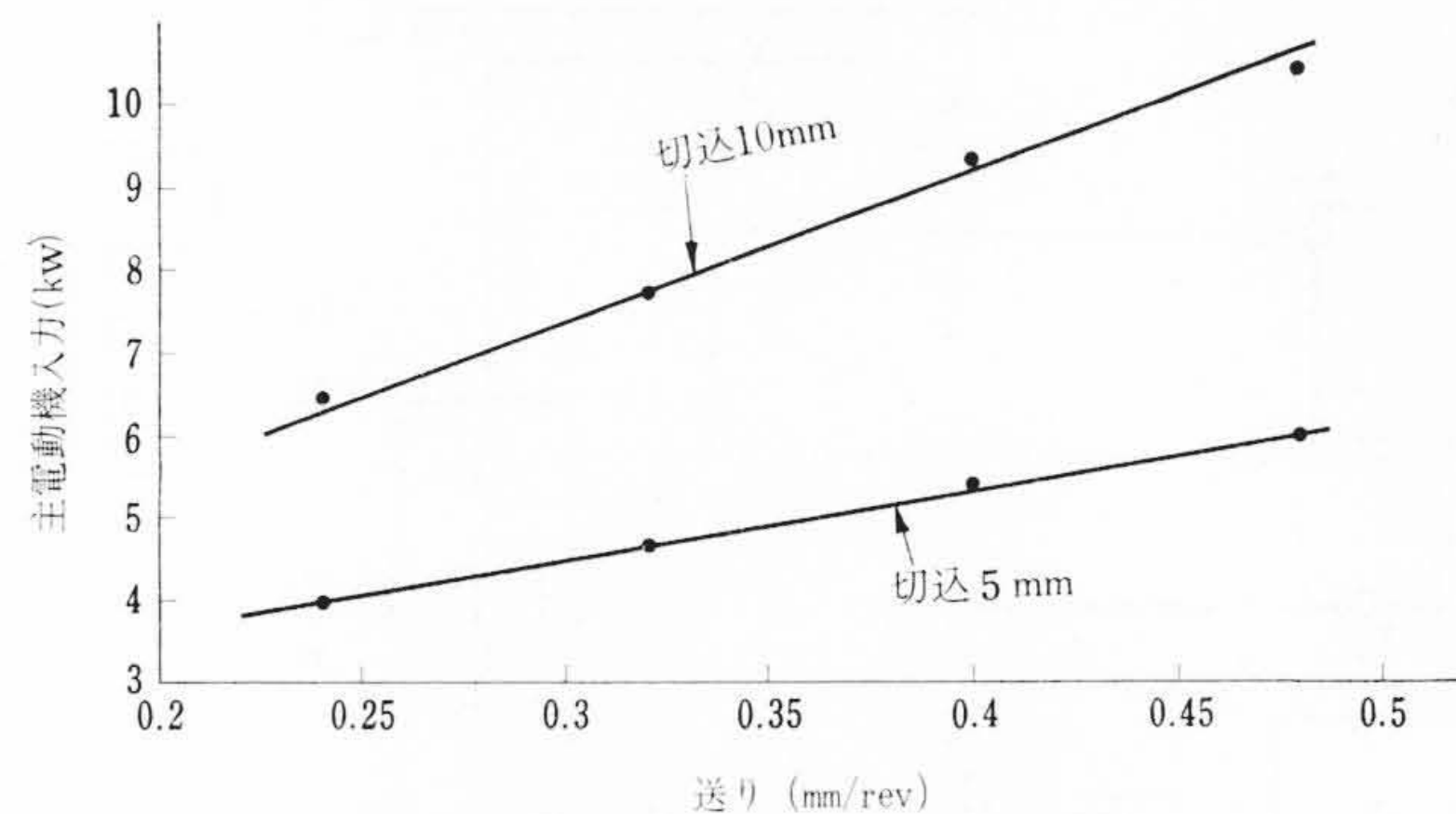


切削条件		
	中ぐり主軸	フライス面板主軸
正面フライス直径	150	350
刃数	12	30
主軸回転速度	200	80
切削幅	120	220
切り込み	5	2.5
被切削材	FC25	FC25

第21図 中ぐり主軸およびフライス面板主軸による正面フライス切削動力

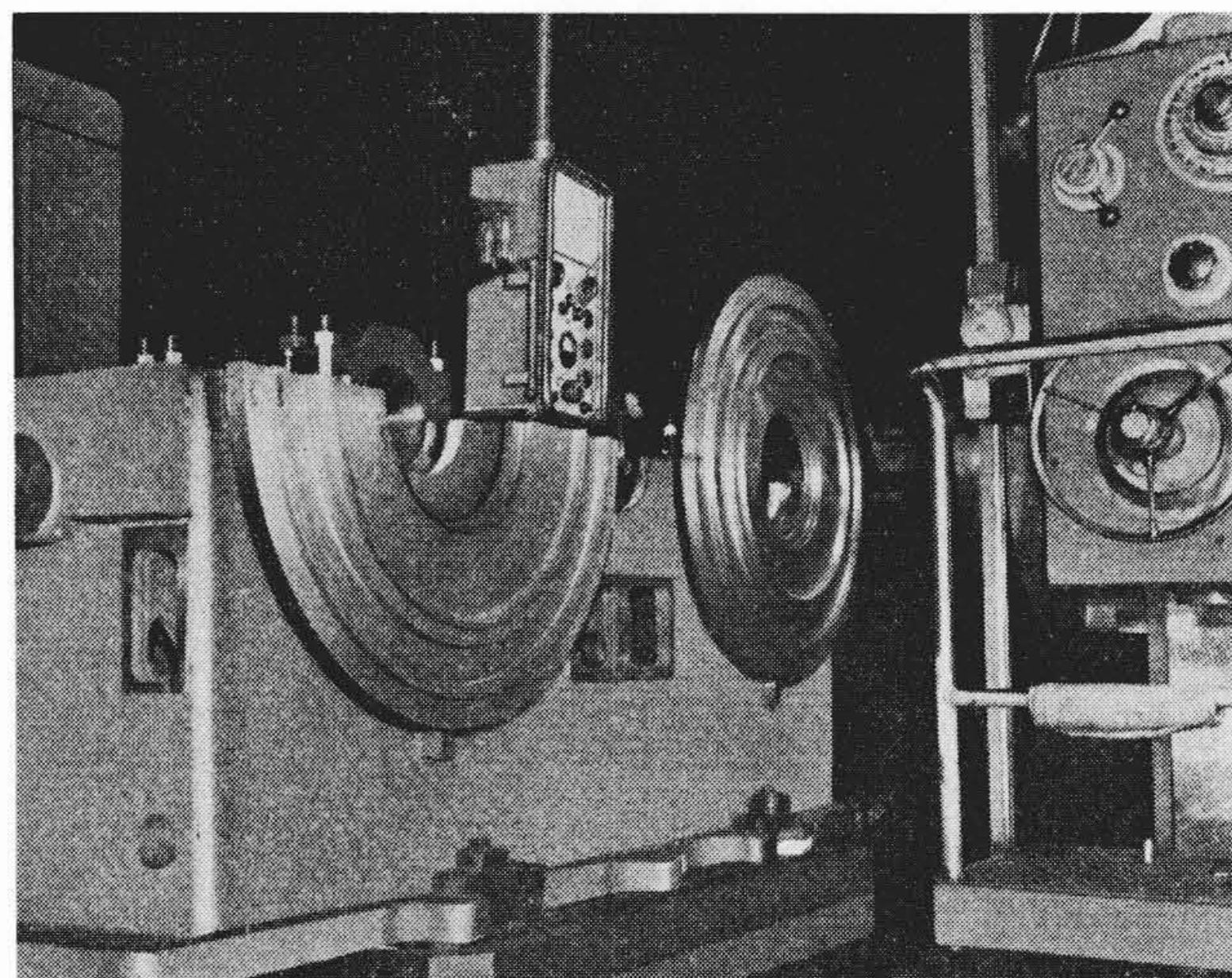
ス削り，フライス面板主軸による中ぐり，フライス削り，面板削りなどの項目について測定記録している。第5表は本機による実例をJIS許容値と比較したものである。なお工作精度に関する規格はDIN規格は未制定である。

第19図は中ぐり主軸による切削穴と，フライス面板主軸による

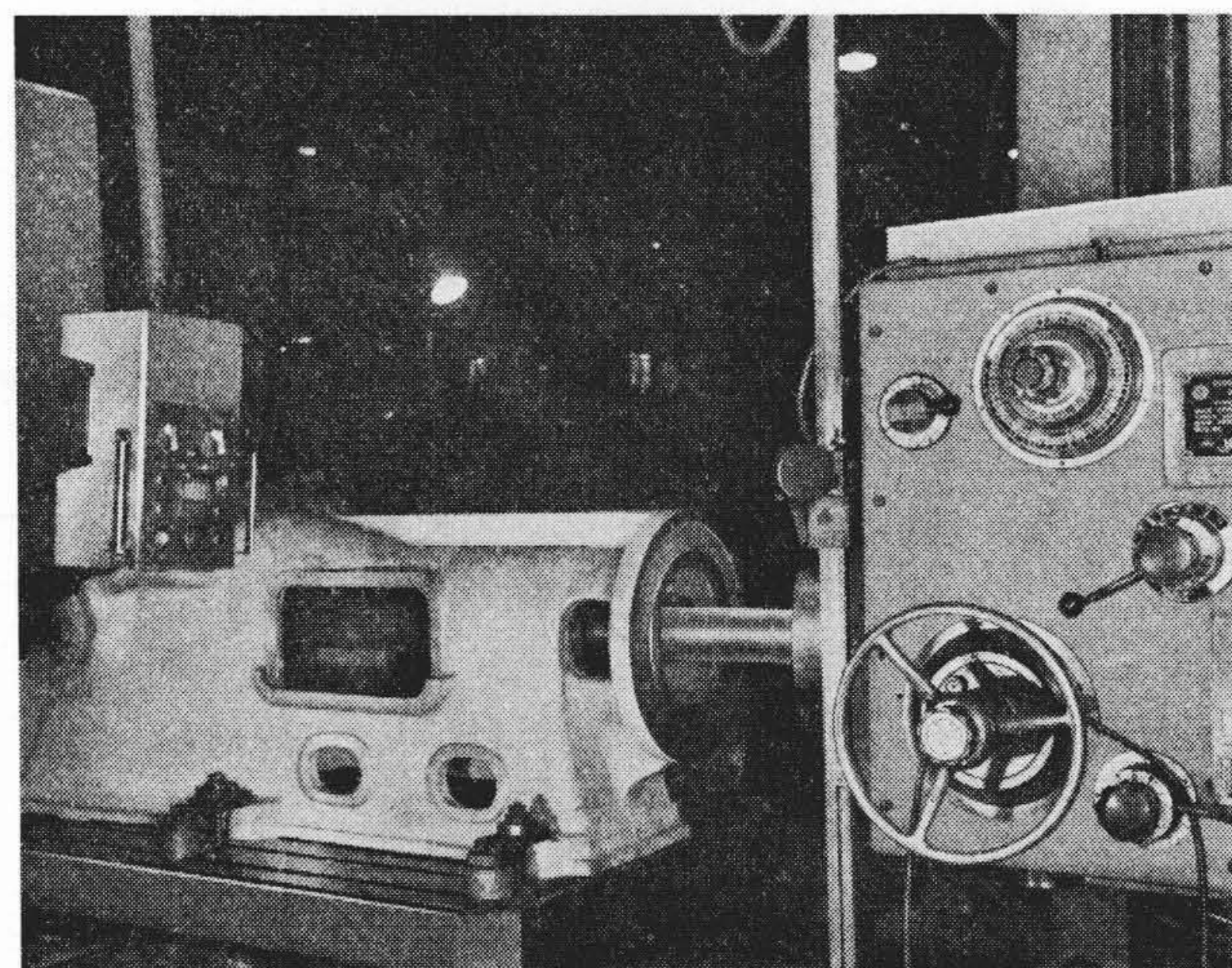


切削条件	
切削直径	250 mm
面板回転速度	80 rpm
切り込み	5, 10 mm
刃物ホルダ寸法	80φ×300 l
被切削材	FC25

第22図 フライス面板主軸による面板削り動力



第23図 特殊減速ギヤケースの加工例

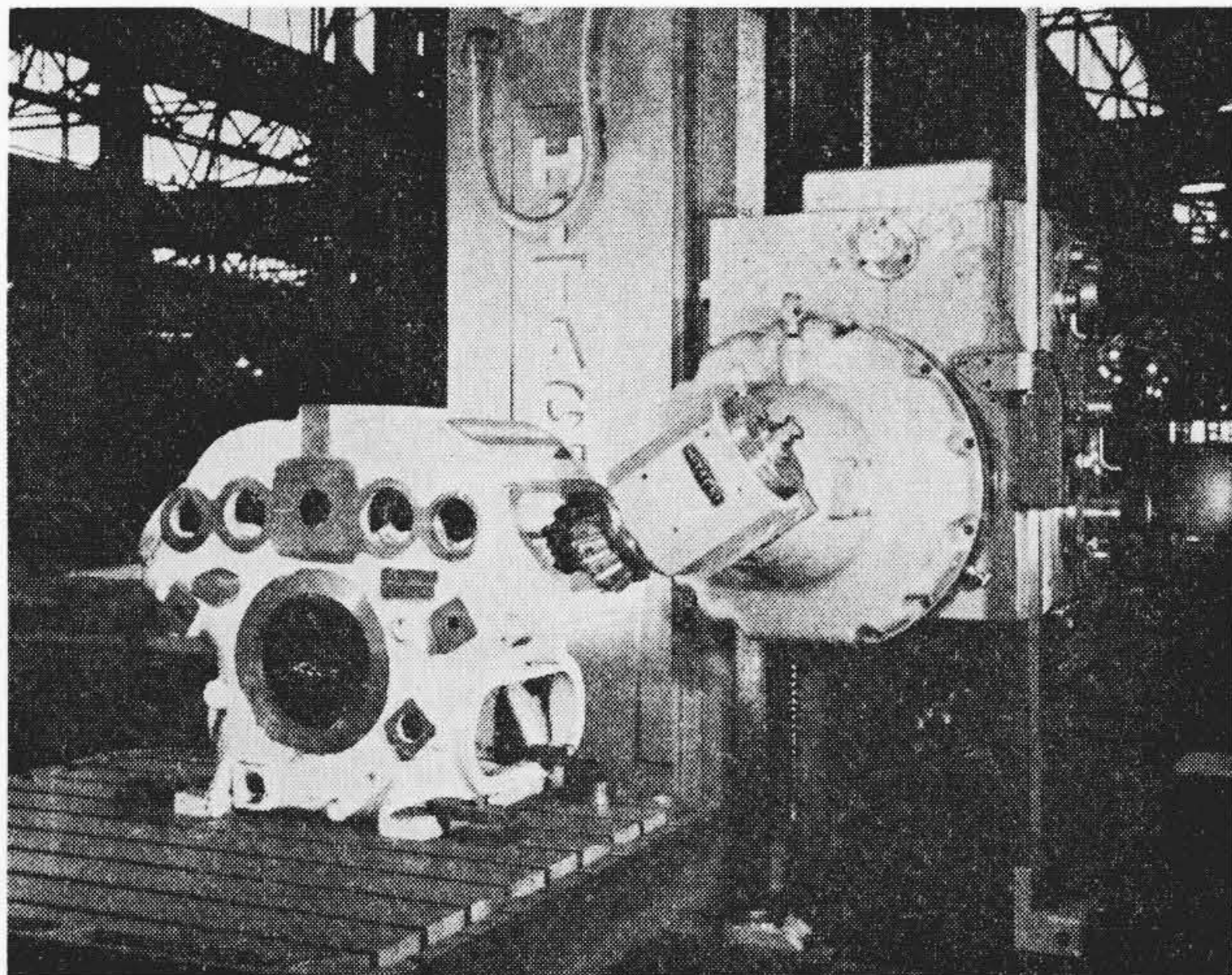


第24図 圧縮機フレームの加工例

穴の真円度，および両穴の偏心を真円度測定器によって測定記録した一例で，真円度 $2.2 \sim 2.5 \mu$ ，偏心 3.5μ と非常にすぐれた値が記録されている。

6. 本機の切削能力および切削実例について

本機は精度検査とともに各種の運転検査を実施するのであるが，そのおもなものは次のとおりである。



第25図 パーチカルミリングアタッチメント
による加工例

中ぐり主軸による—片持中ぐり
—正面フライス切削

フライス面板主軸による—面板切削
—正面フライス切削

第20, 21, 22図は各切削試験項目における動力消費を示すもので、高速送り正面フライス切削において、ほぼ本機の定格出力に到達していることがわかる。

第23, 24図は本機による加工実例で、このようにフランジ部の内外周と端面を面板による中ぐり、サーフェーシング作業などにより切削し、また内部の軸受穴、ガイド穴を中ぐり主軸で加工するのに対して本機は最高の能力を発揮する。第25図はパーチカルミリングアタッチメントによる特殊加工の実施例である。このほか各種のアタッチメント、ツーリング類が着々と整備されている。

7. 結 言

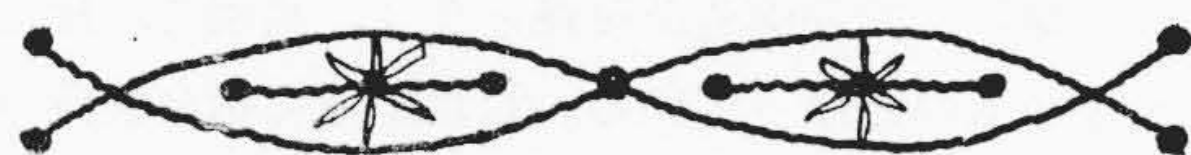
以上、日立-VWF-ウェットツェル、横中ぐりフライス盤の構造、性能などについて説明した。

本機は現在量産中であるが、これの生産を通じて伝統的なドイツ工作機械の製造技術が十分に同化され、今後のわが国工作機械の水準向上に大いに役だつものと確信する。



登録新案 第725658号

新 案 の 紹 介



水 越 正 義・中 尾 彰 一

ガス圧接車におけるレール引寄せ装置

この考案は、鉄道軌条の長尺化を目的とし、敷設されたレール上を移動しながら単位レール間接目を酸素アセチレンガスにより圧接してゆく、ガス圧接車のレール引寄せ装置を提案したものである。

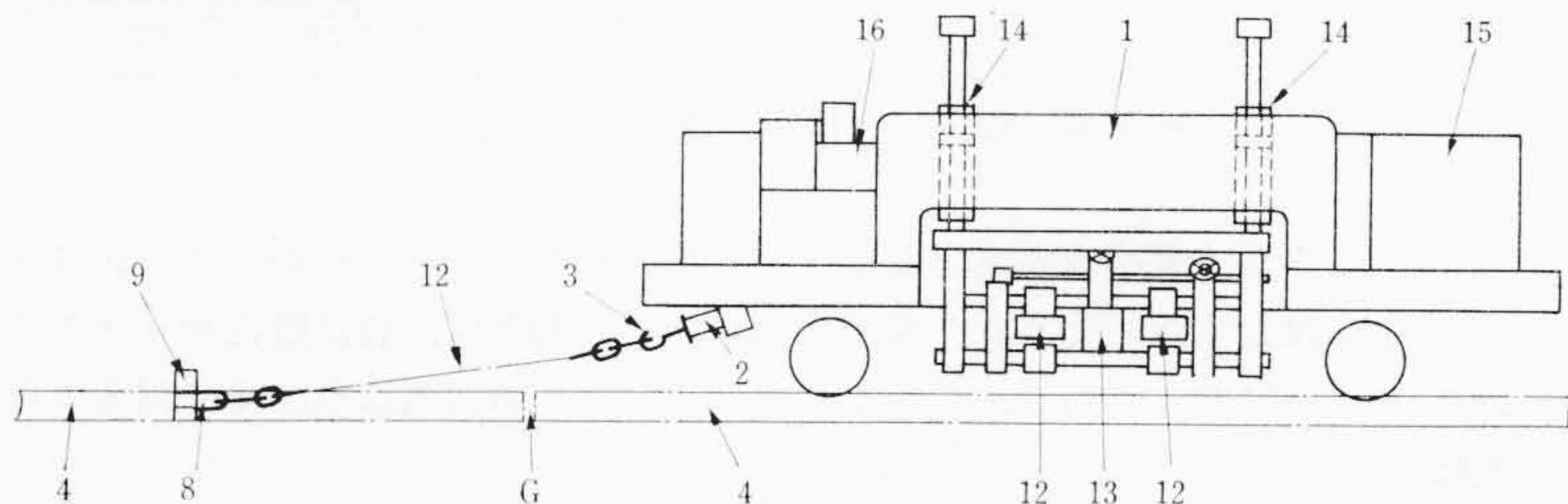
この考案のレール引寄せ装置は、ガス圧接車の台車枠1の下面に取付けたレール引寄せ用油圧シリンダ2と、そのピストンロッドに設けたフック3とよりなる駆動装置、およびレール4を掴(つか)む掴み駒5, 6を備えたレバー7, 8とこれらレバーに枢軸を与える支持金具9とよりなるレール掴み装置と、この掴み装置のレバー7, 8を前記した駆動装置のフック3に連結するチェーン10, 11およ

び12とよりなるものである。

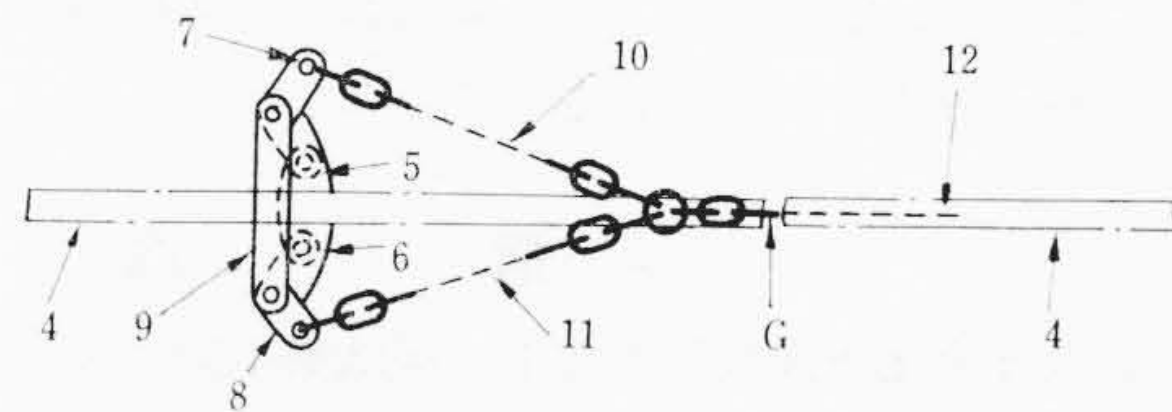
しかして掴み駒5, 6によりレール4を掴み油圧シリンダ2内に圧油を送入しフック3を右方に引けばレール間の間隙Gをつめ両レール端を容易に接触させることができる。

なお、第1図にガス圧接車の側面図を示すが、同図において、12はレール掴み金具、13はガスバーナ、14は油圧シリンダ、15はポンプ、16は油ポンプである。

本考案によると簡単な装置によりレールを引寄せることができ、作業能率を著しく向上し得る。
(山元)



第1図



第2図