

日立 2MA 新 形 フ ラ イ ス 盤

Hitachi No. 2MA New Milling Machine

加 藤 淳* 鈴 木 康 夫*
Jun Katô Yasuo Suzuki

要 旨

日立 2M, 3M 形フライス盤はすでに納入台数約 3,000 の実績に達しているが、近年の工作機械の傾向として、自動運転機能装備の要求が強く、汎用フライス盤も例外ではなくなってきた。このため上記の汎用シリーズのままでは今後顧客の要望に 100% 応じられないおそれがでてきた。
この問題を打開するためここに新形機を開発した。本機は自動運転機能を備えた機種で、数値制御フライス盤としても転用できる高能率の汎用ひざ形 2 番フライス盤である。

1. 緒 言

数値制御工作機械の実用稼働台数の増加に見られるように、最近の工作機械は国内、国外を問わず自動操作の傾向に進みつつある。
このような自動操作は必然的に機構の複雑化をもたらし、価格の上昇となって現われてくる。フライス盤は作業範囲の広汎性と高い生産性のため、大企業から中小企業まで広い需要層を持っているので、これからの汎用フライス盤としては安い価格で、しかも自動操作機能を持っている機種が市場競争を有利に展開できることは想像にかたくない。
新形フライス盤を開発するにあたり、今までの日立フライス盤の製作技術を基盤とし、これに最新の設計をとり入れて可能な限り上述の性格をこれに与えることを考えた。

本機の設計基本構想は次のとおりである。

(1) 自動運転機能の装備

ひざ形フライス盤はこれまでに、数々の改良が加えられてその操作性は非常に発達して来ている。しかし 1 個の駆動モータにより、歯車、軸およびクラッチの組合せで、 x, y, z 軸の送り速度、方向切換をしようというニイ回りの根本構造は、3 軸自動運転機能を持たせるためには適した構造ではない。

この根本構造を変えないで自動運転機能を持たせるためには、クラッチを電磁クラッチに置き換える以外になく、きわめて複雑な構造となる。一方数値制御化の場合を考えると現状では各社とも、ニイ回りを一式数値制御用のものと交換するという、きわめて非生産的な方法を採用している。したがって 3 軸自動運転機能を持った標準機で、これを大幅に変えないで簡単に NC 化できるようなひざ形フライス盤としては、3 軸独立駆動方式を採用するのが、機能面、生産面でも最良と考えられる。この考え方のもとに本機では 3 軸独立駆動方式とした。

(2) 造りやすい機械とする。

現在のひざ形フライス盤の部品点数は約 4,000 点ある。これをいかに少なくして生産性を向上し同時に保守を容易にするかが焦点になる。これら部品の中には、機械全体の必要機能に対して過大の機能を持っている面もあり、これらを分析し、特にコラム回りはできるだけ機能を簡素化するか、あるいはこれを省略して部品点数の合理化を図る必要がある。

2. 仕 様

図 1, 2 に 2MA 形立フライス盤、横フライス盤の外観を示す。

* 日立精工株式会社

表 1 は本機の仕様を示したものであるが、次の考えによって決定された。

(1) テーブル移動距離

立形のテーブル上下移動距離は現場作業の実状からすると、できる限り大きいほうが有利であるので 450 mm とした（従来は 350 mm）。

表 1 日立 2MA 形フライス盤の仕様

項	目	単 位	横フライス盤	立フライス盤
テーブル	最大移動距離(左右)	mm	710	
	最大移動距離(前後)	mm	300	
	最大移動距離(上下)	mm	450	
	テーブル寸法(長さ×幅)	mm×mm	1,350×310	
	送り変換数		無 段	
	送り速度(左右)	mm/min	30～1,120	
	送り速度(前後)	mm/min	30～1,120	
	送り速度(上下)	mm/min	8～ 300	
	早送り速度(左右)	mm/min	1,900	
	早送り速度(前後)	mm/min	1,900	
早送り速度(上下)	mm/min	600		
主 軸	主 軸 端 の 寸 法		ナショナルターボ No. 50	
	主 軸 変 換 数		12	
	主 軸 回 転 数* (標準)	rpm	50 Hz 50～1,500 60 Hz 60～1,800	
電 動 機	主 電 動 機	kW	5.5	
	送り用電動機 { 左 右 前 後 上 下	W	200	
		W	200	
		W	370	
		W	75	
冷却水ポンプ用電動機		W	75	
製 品 重 量		kg	2,800	2,600

* 特殊品として低速形 50 Hz 25~790 rpm (60 Hz 30~950) がある。

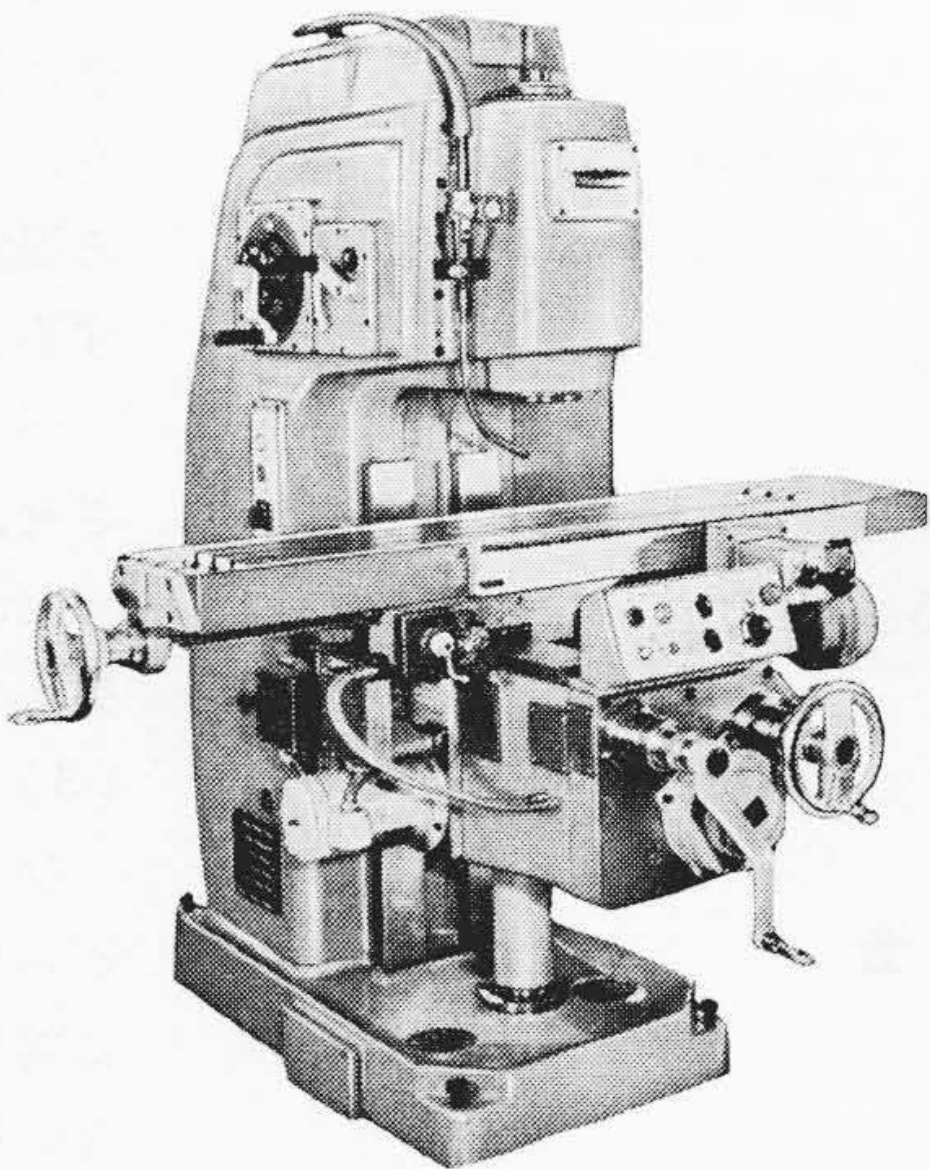


図 1 2MA 形立フライス盤

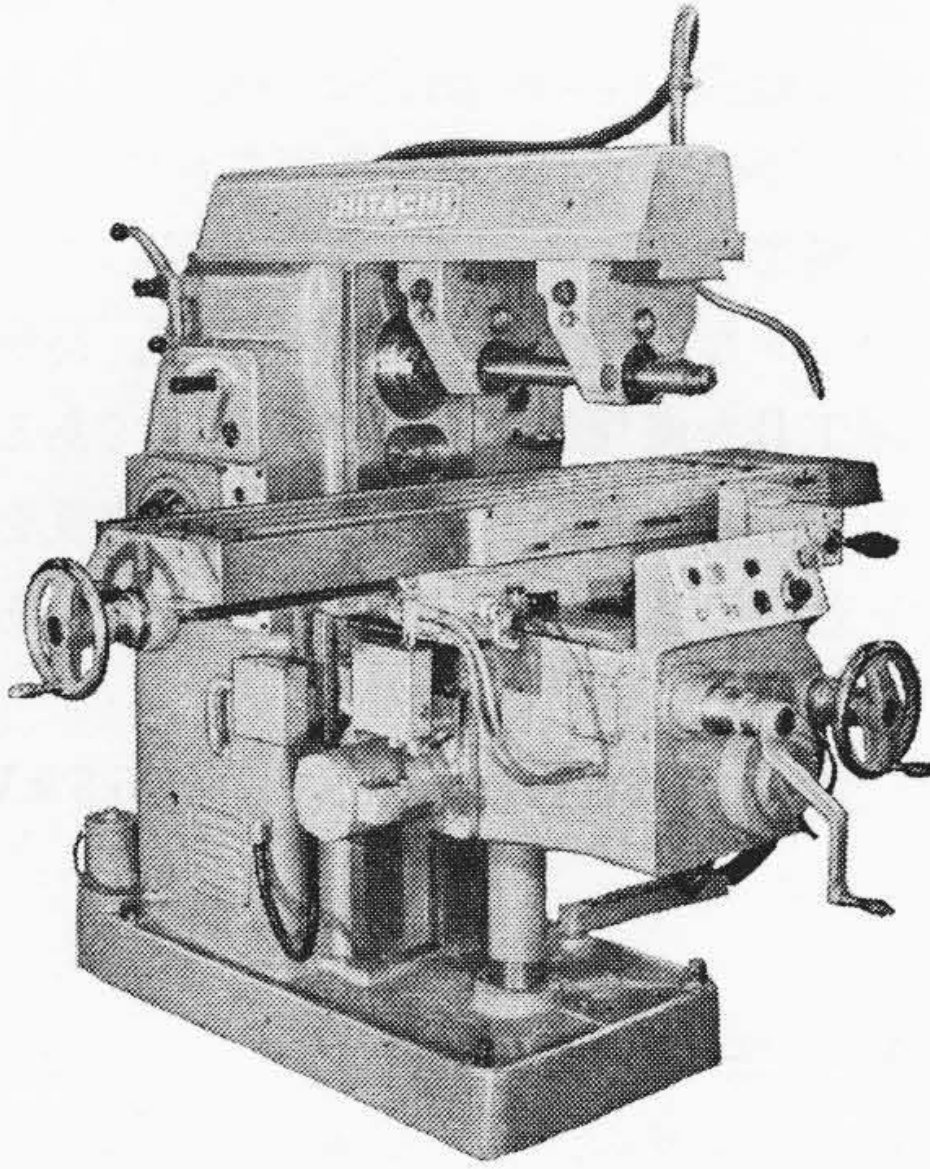


図 2 2MA 形横フライス盤

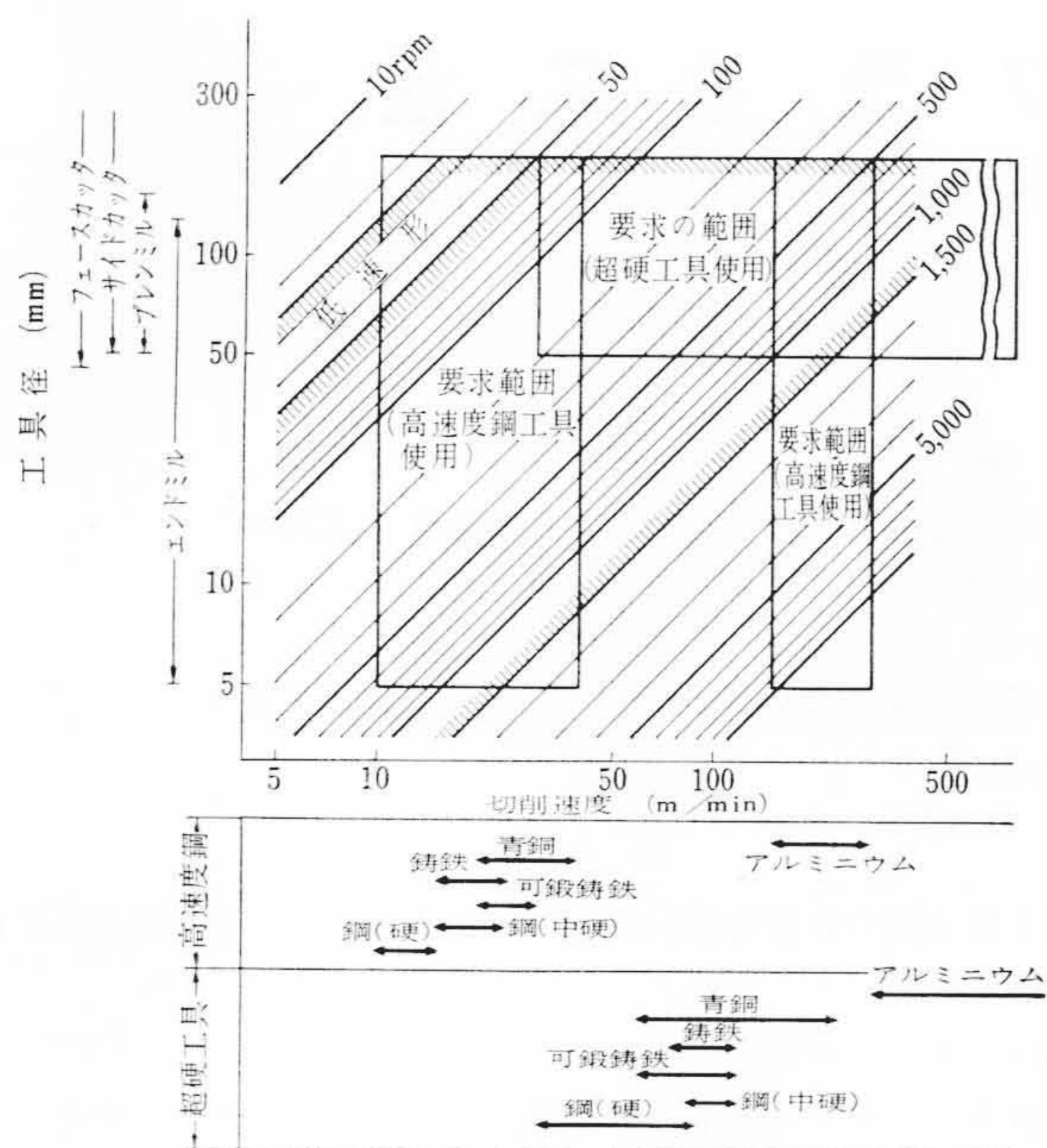


図3 主軸速度——切削速度——工具径関係線図

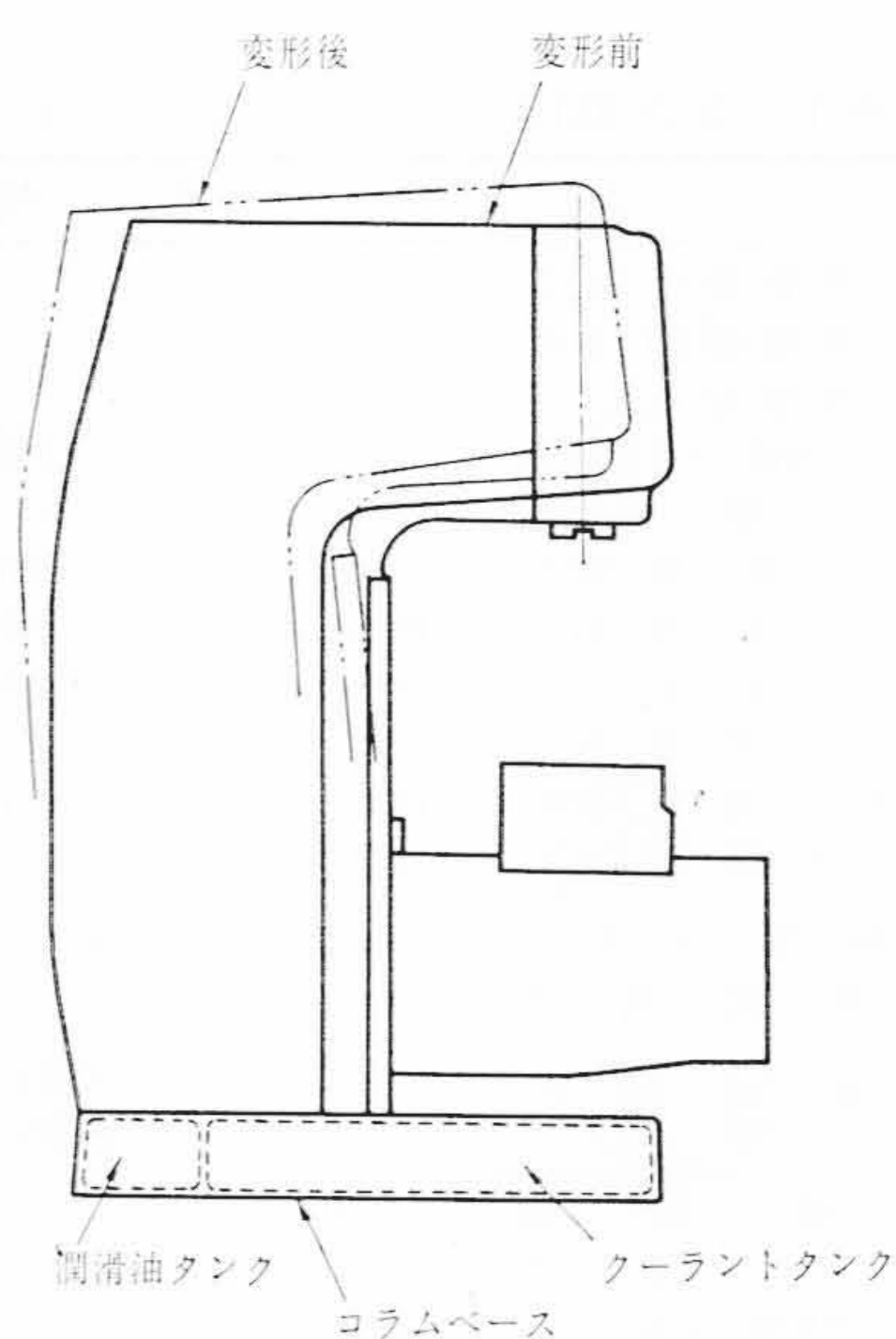


図6 コラム熱変形と2MAの潤滑タンク

(2) 主軸および送り速度

速度に関する因子として、工具の種類、材質、径、加工品材質がある。ひざ形汎用フライス盤では、工具の種類、加工品材質は広範囲のものの組合せが要求される。しかし工具径は2番では10~150mmの範囲が常用されている。工具の材質については切削能力の大きい超硬工具が普及しているが小径エンドミル、総形カッタなどは工具製作上の問題、再研削の問題からいまだ高速度鋼工具を使用しているのが現状である。

以上を考慮して主軸および送り速度を決定した。図3は本機でカバーし得る主軸速度域を示したものである。

(3) 主 軸 動 力

本機の主軸動力は2Mと同様5.5kWである。

3. 構 造

3.1 主 軸 系

(1) コラム、ニイしゅう動部に角ガイド採用

従来2番以下の小形フライス盤では、図4のようなダブルテール、

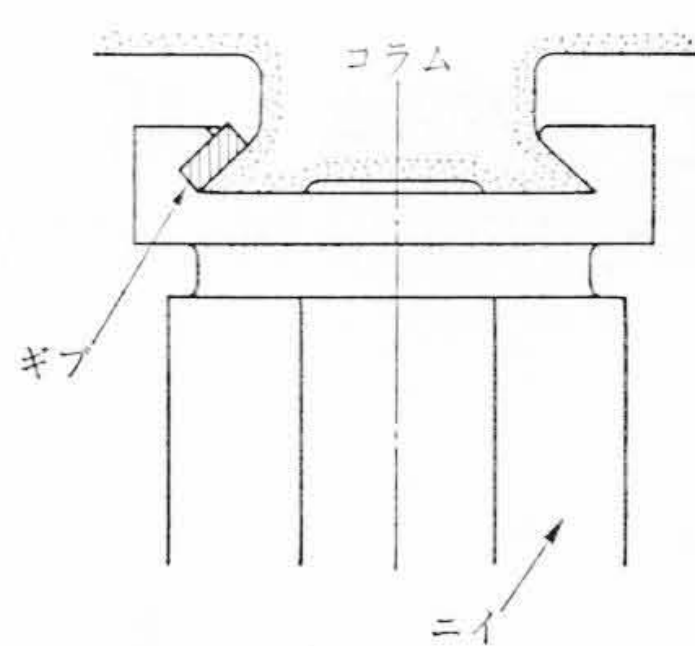


図4 ダブルテールガイド

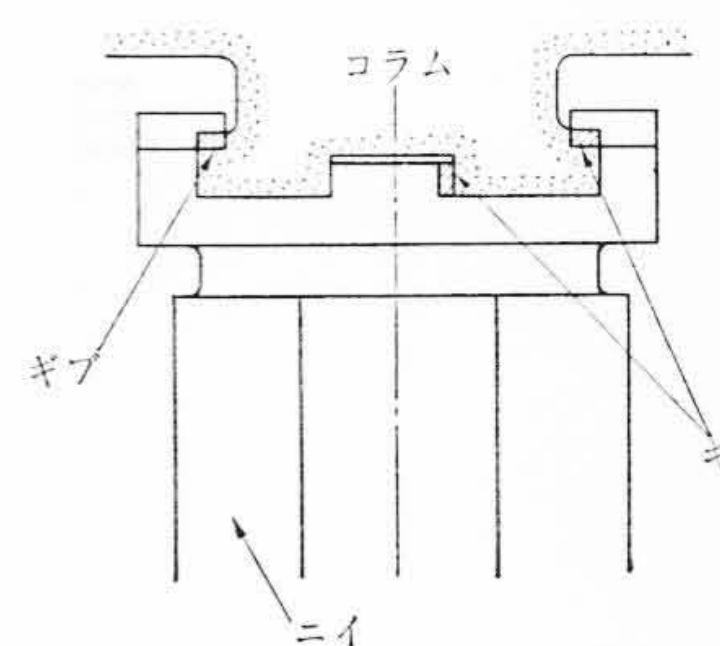


図5 角ガイド

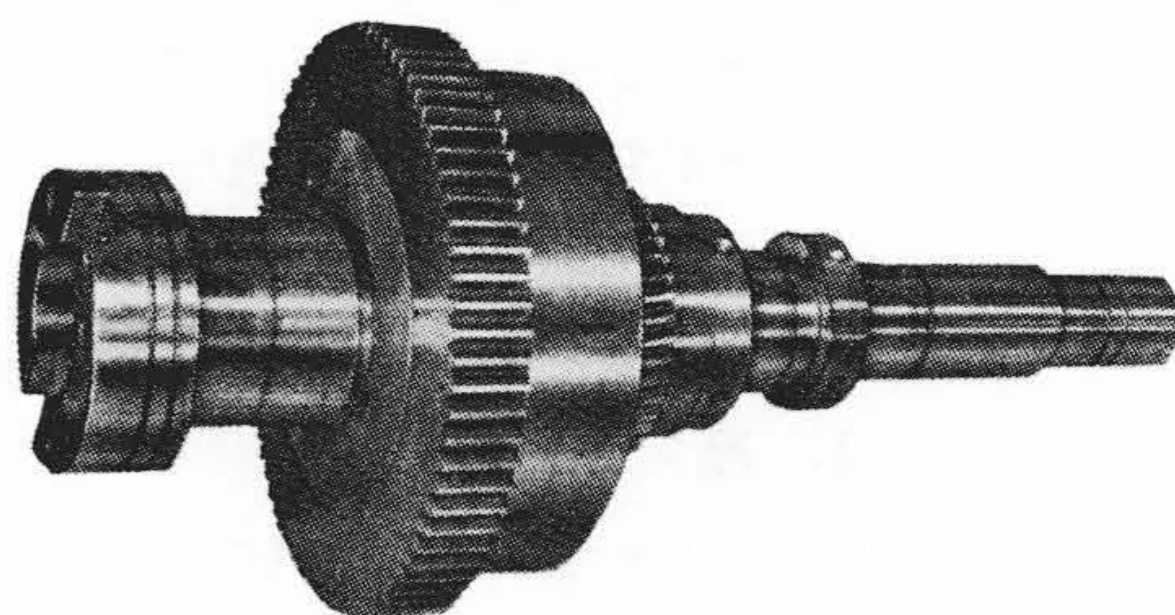


図7 2MA形フライス盤の主軸構造

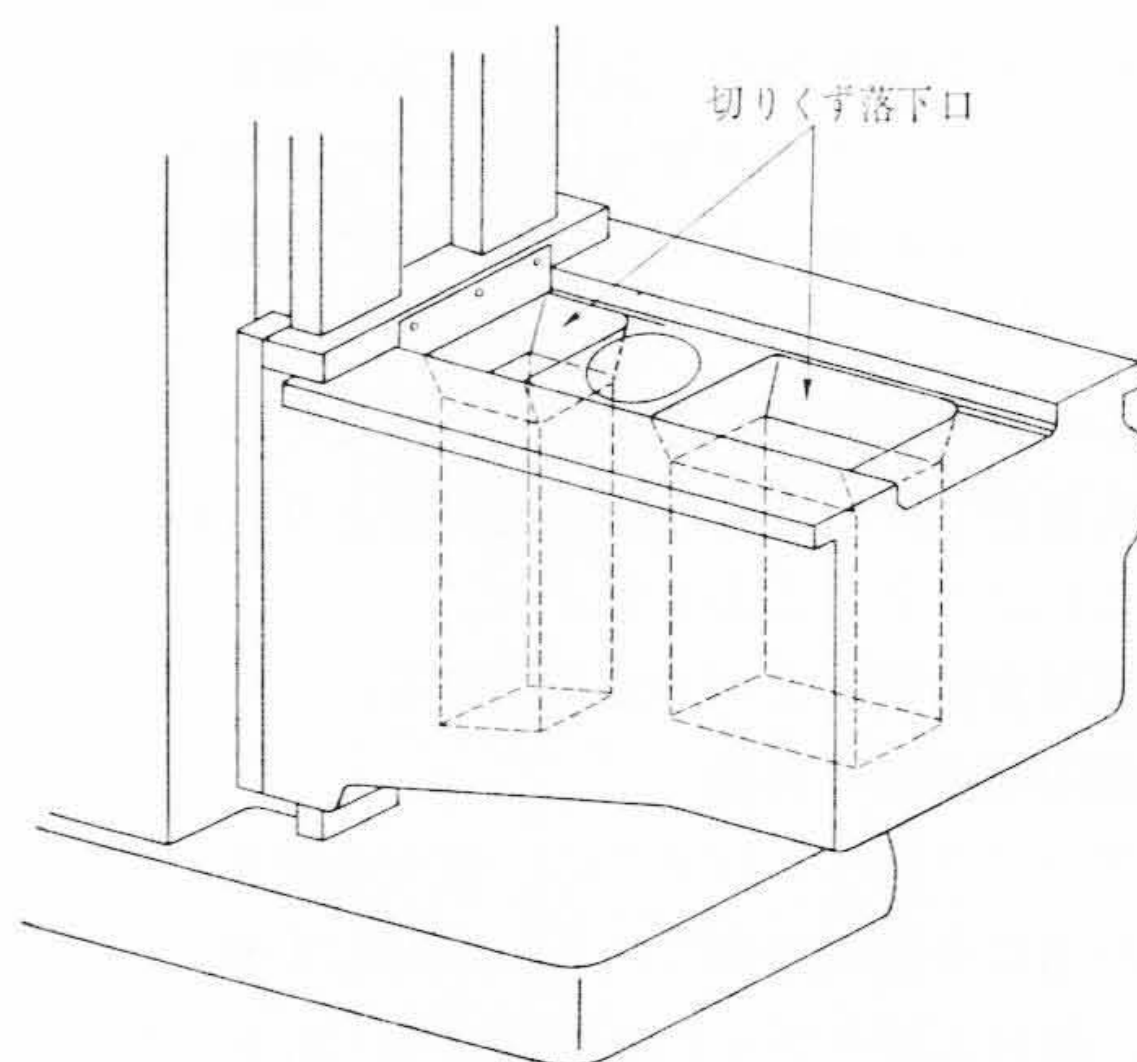


図8 2MA形フライス盤ニイ構造

大形フライス盤では図5のような角ガイドが一般に採用されてきた。構造上ダブルテールが左右と前後方向の合成荷重を1本のギブで受けるのに対して、角形ガイドは3本のギブで、荷重を分担して受けるので、ニイとコラムの結合剛性が高く、しかも高精度にニイをしゅう動させることができる。

(2) 潤滑油タンクをベース内に設置

コラム内のギヤとベアリングは強制潤滑されているが、特筆すべき点は潤滑油タンクをクーラントタンクに隣接してベース内後部に設置したことである。コラム内の熱源は主軸およびギヤトレン、ニイ接触部であり、コラム後面に比べて前面がより加熱される温度分布となるため、コラム本体は図6のようにそる傾向を生ずる。

ベース内後部潤滑タンクの発生熱により、コラム後面を熱膨張させ、そり現象を少なくするようにした。

なお潤滑タンクがクーラントタンクに隣接しているので放熱効果も大きく作用している。

(3) コラムの剛性

ひざ形フライス盤はコラムを基準として構成されている。したがってコラムの剛性が最も要求される。本機のコラムは切削抵抗に対してじゅうぶんな曲げ剛性、ねじり剛性を持つように窓の少ない箱形断面形状とし、壁面には45度交さ角のリブを全面に配置して壁面の剛性強化を図っている。

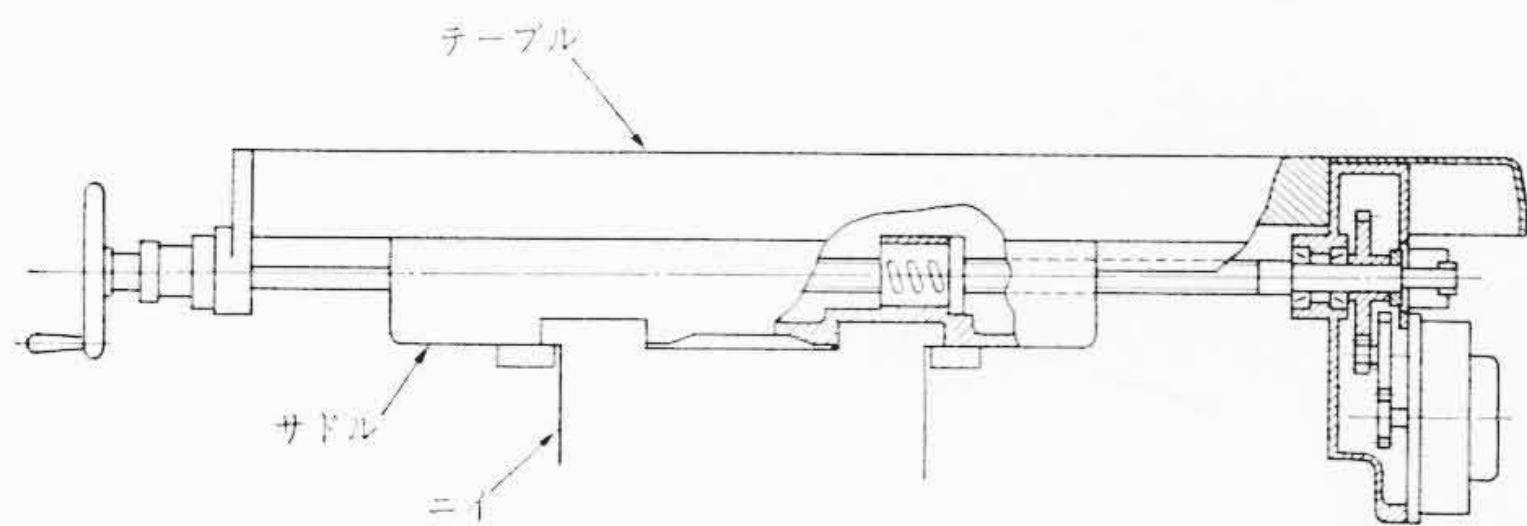


図9 2MA形フライス盤のテーブル送り機構

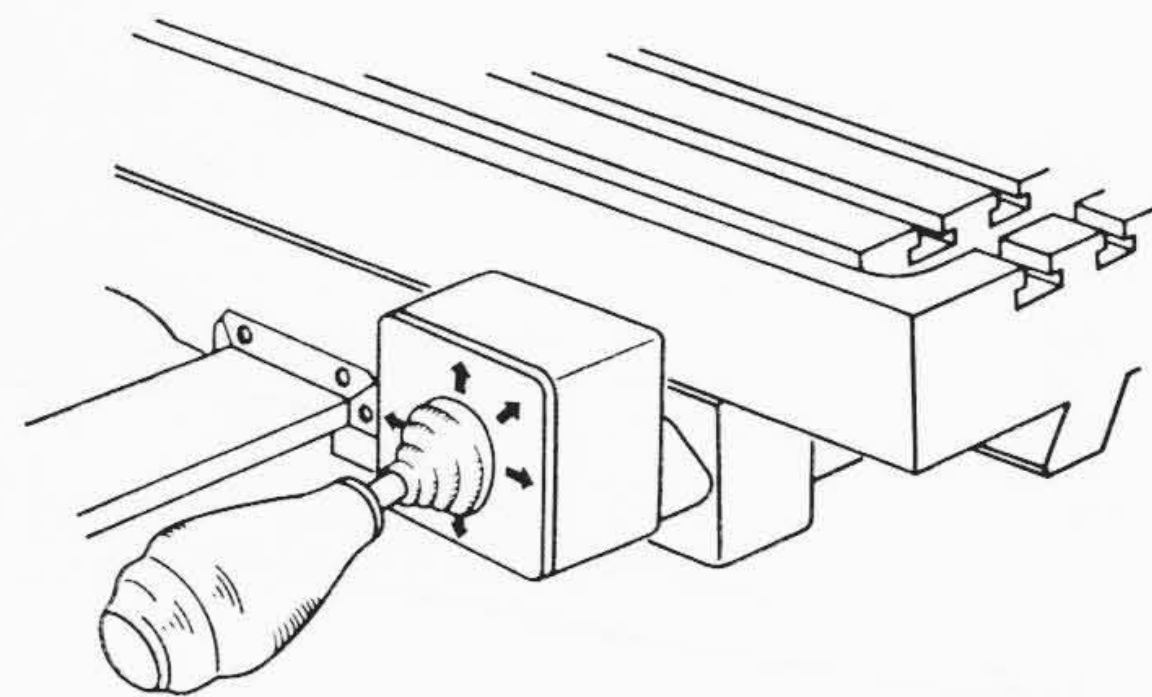


図10 2MA形フライス盤のテーブルモノレバスイッチ

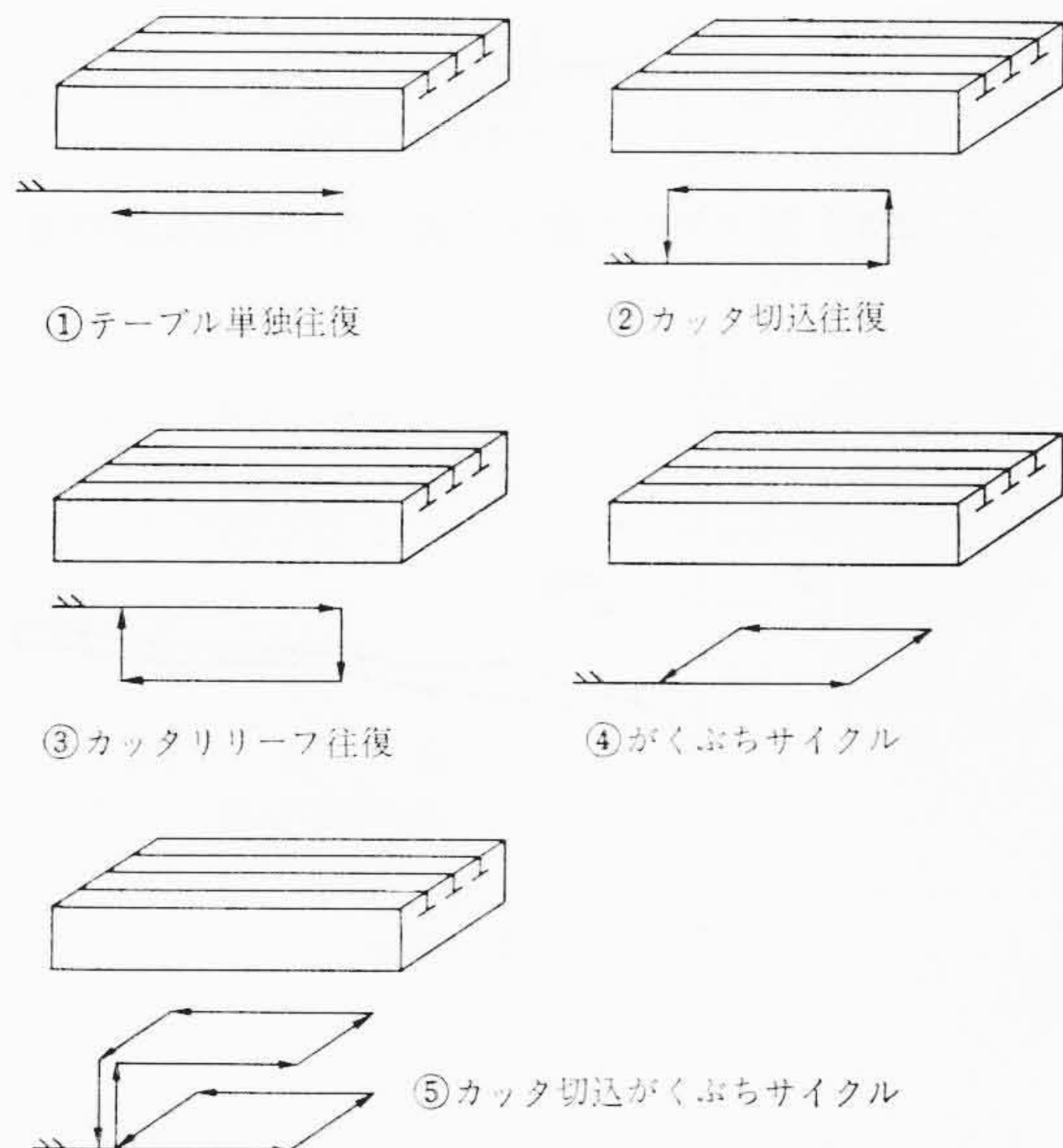
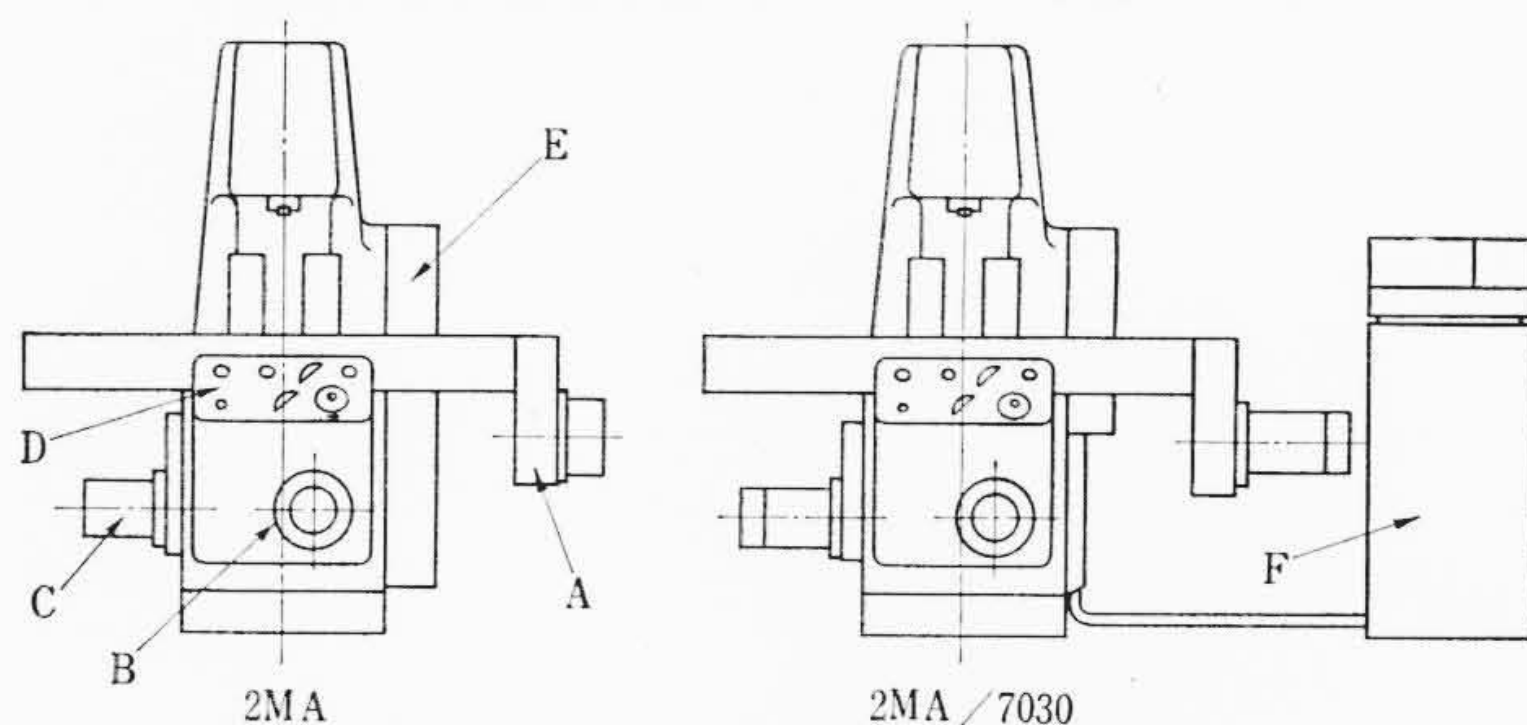


図11 2MA形フライス盤の三次元オートサイクル



No.	符号	内 容	備 考
1	A	モータと歯車2個交換	X 軸用
2	B	モータと歯車2個交換	Y 軸用
3	C	モータ交換	Z 軸用
4	D	操作盤交換	キャノンプラグ配線
5	E	制御盤交換	キャノンプラグ配線
6	F	NC 装置設置	(HIDAAM 7030)

図12 2MA形フライス盤のNC化改造内容

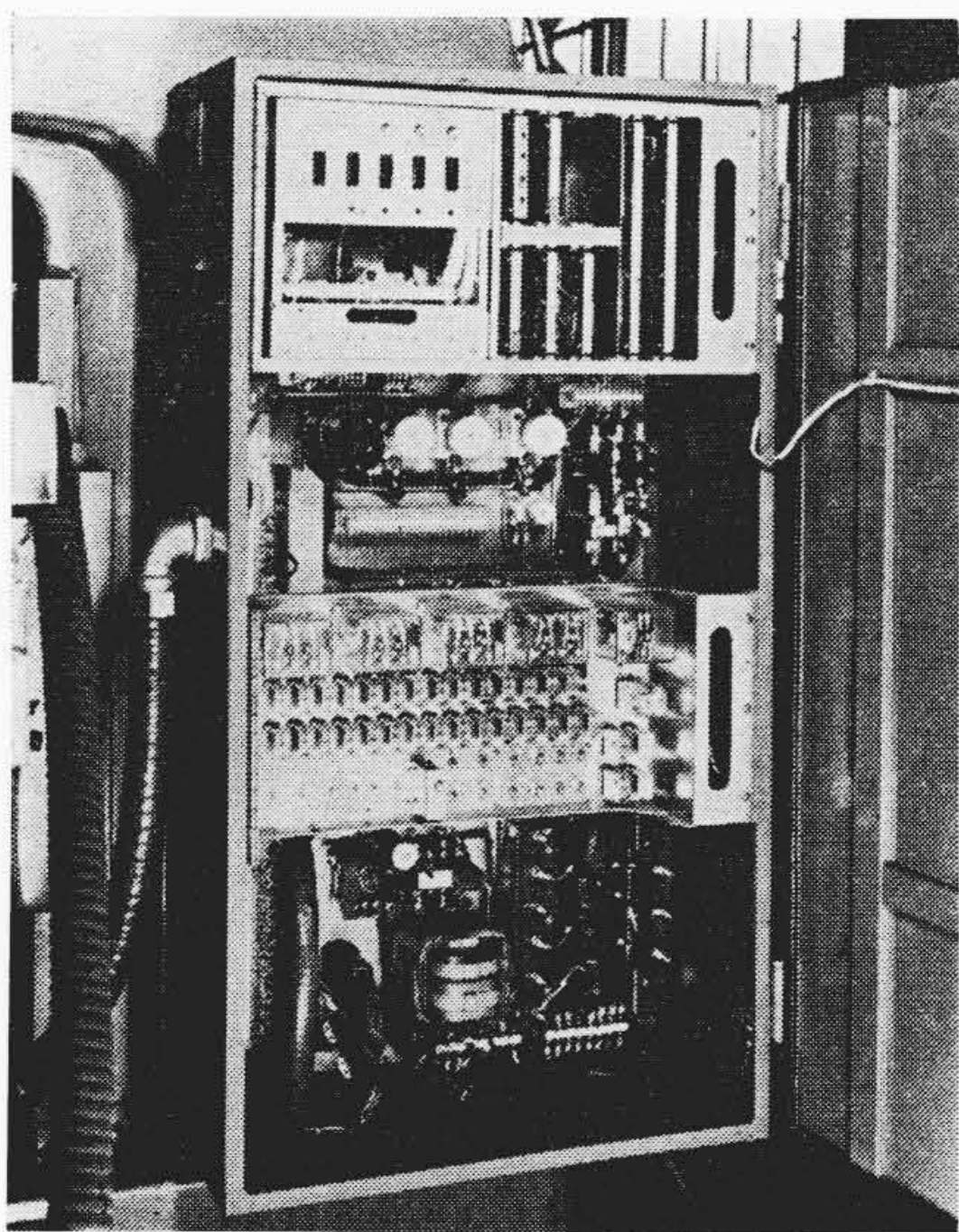


図13 2MA形フライス盤の制御盤

(4) 主 軸 構 造

図7に示すように本機の主軸構造を3点支持式とし、駆動歯車をできるだけカッタ側にして、曲げ剛性、ねじり剛性の向上を図っている。

またフライス切削時特有の断続切削力に対処するため大径のフライホイールを取り付け、仕上面精度の向上と工具寿命の延長を図っている。

(5) コラム、ベースの分離

コラムの専用機加工を容易化するためおよび鋳造の容易化のため本機はコラムとベースが分離している。なお結合強度および耐振性を向上するために、従来のボルト結合のほか当たり面積増大

表2 精 的 精 度 検 査 (横 形)

番号	検 査 事 項	許 容 差	測 定 値
1	テーブル上面の真直度	左右方向	テーブルの動き 710 で 0.06/m
		前後方向	テーブルの動き 710 で 0.06/m
2	主 軸 の 振 れ	0.01	0.004
3	主 軸 端 面 の 振 れ	0.02	0.003
4	主 軸 穴 の 振 れ	テストバー口元で	0.01
		300 の位置で	0.02
5	テーブル上面と主軸中心線と平行度	300 について	0.02
		テーブルの前端は低くはない	テーブルの前端は高い
6	テーブル前後運動と主軸中心線との平行度	300 について	0.02
		ひざの前端は低くはない	ひざの前端は高い
7	テーブル左右運動とその上面との平行度	300 について	0.02
		テーブルの動き 710 で	0.03
8	テーブル上面とひざ運動との直角度	300 について	0.02
		300 について	0.02
9	テーブル中央Tみぞ側面と主軸中心線との直角度	振り回し直径 300 について	0.02
		0.02	0.01
10	テーブル左右運動とテーブル中央みぞ側面との平行度	テーブルの動き 710 で	0.03
11	オーバアームと主軸中心線との平行度	300 について	0.02
		300 について	0.02

の処理を行なっている。

この結果きわめてすぐれた切削能力を発揮することができた。

3.2 送 り 系

(1) ニ イ 本 体

ニイ本体は図8に示すように完全な箱形構として、曲げ、ねじり剛性を高めるとともに、中央部に切りくず落下用の穴を設けて、

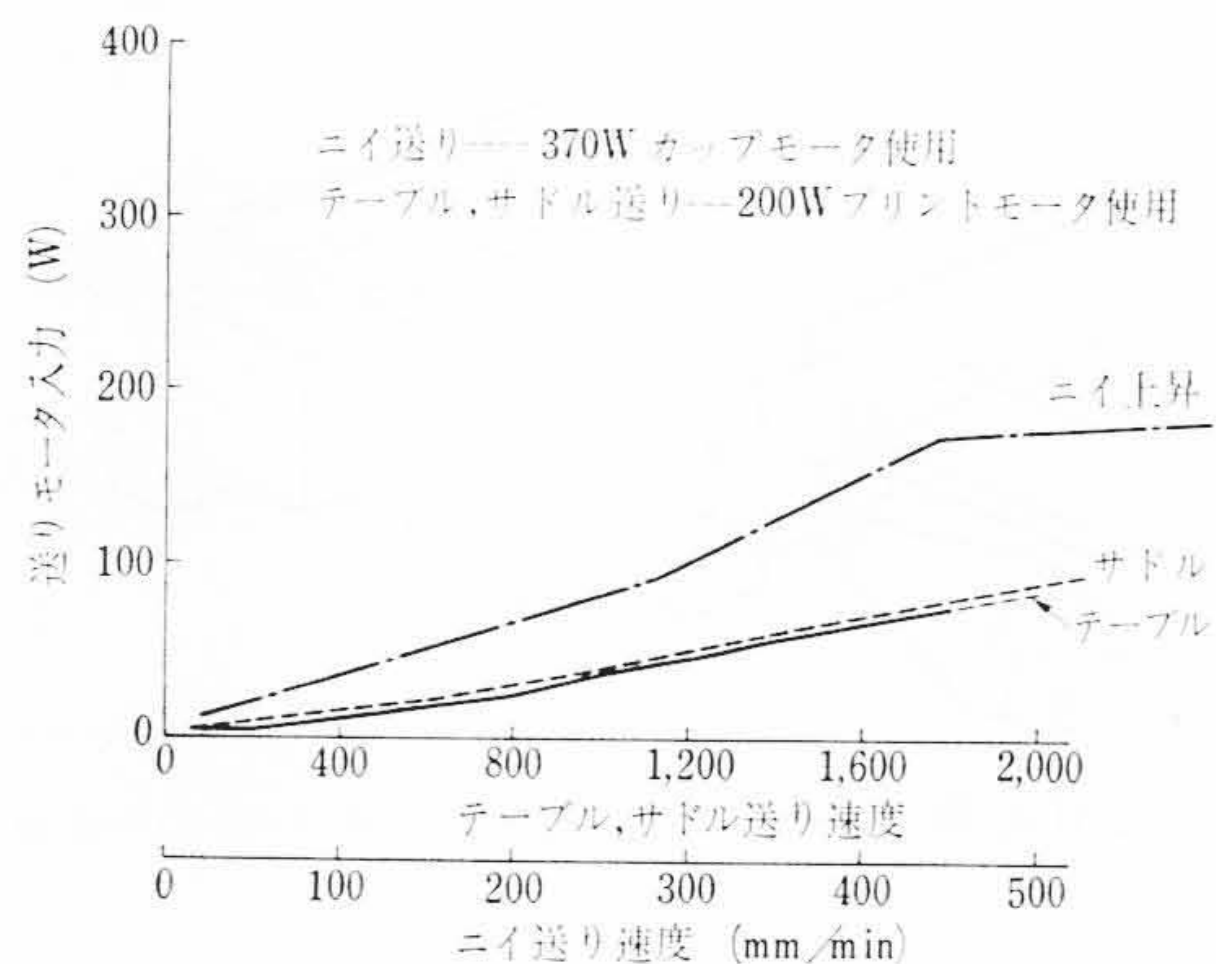


図14 2MA 形フライス盤の無負荷送り動力

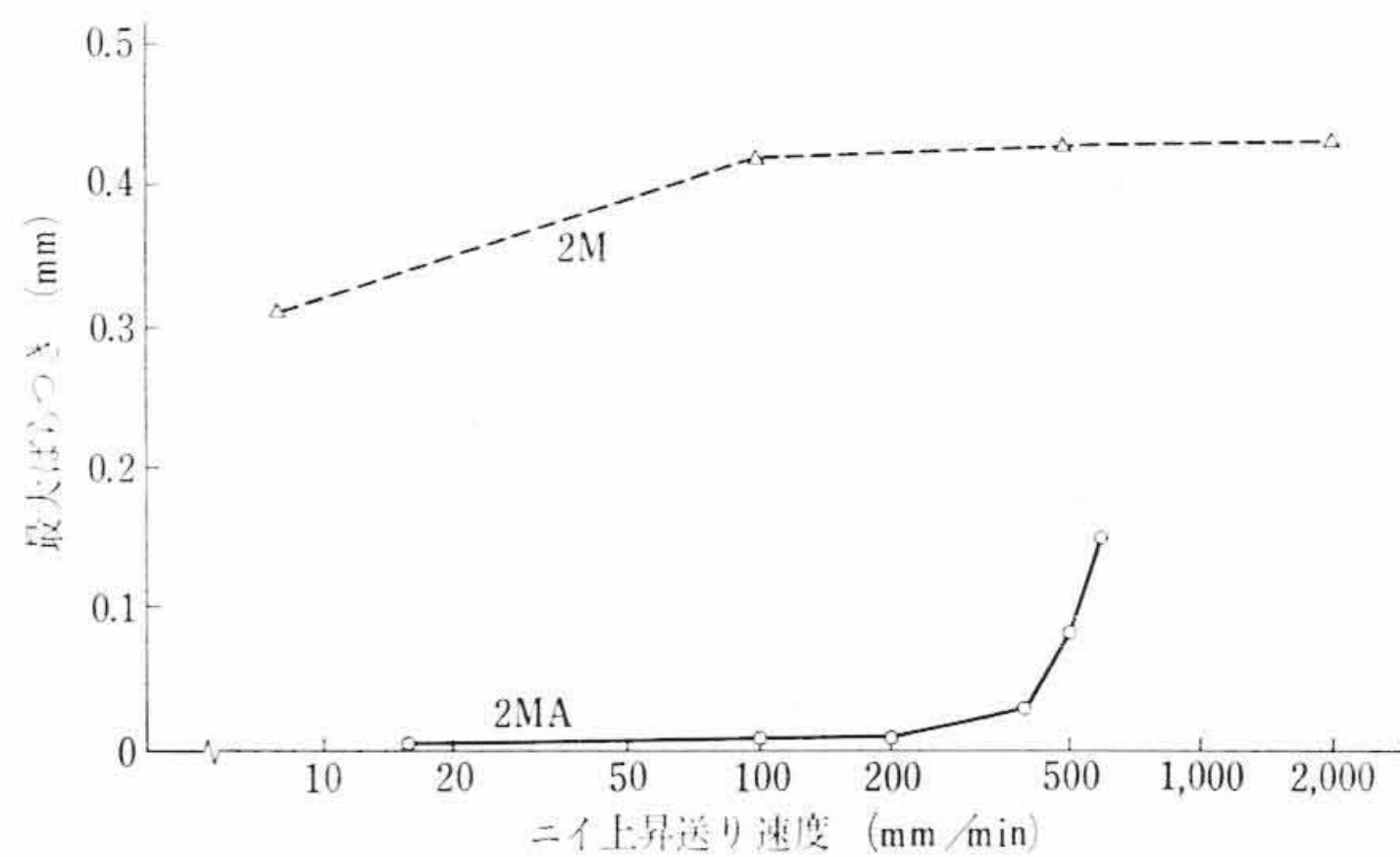


図15 2MA 形フライス盤ニイ送り時の停止位置精度

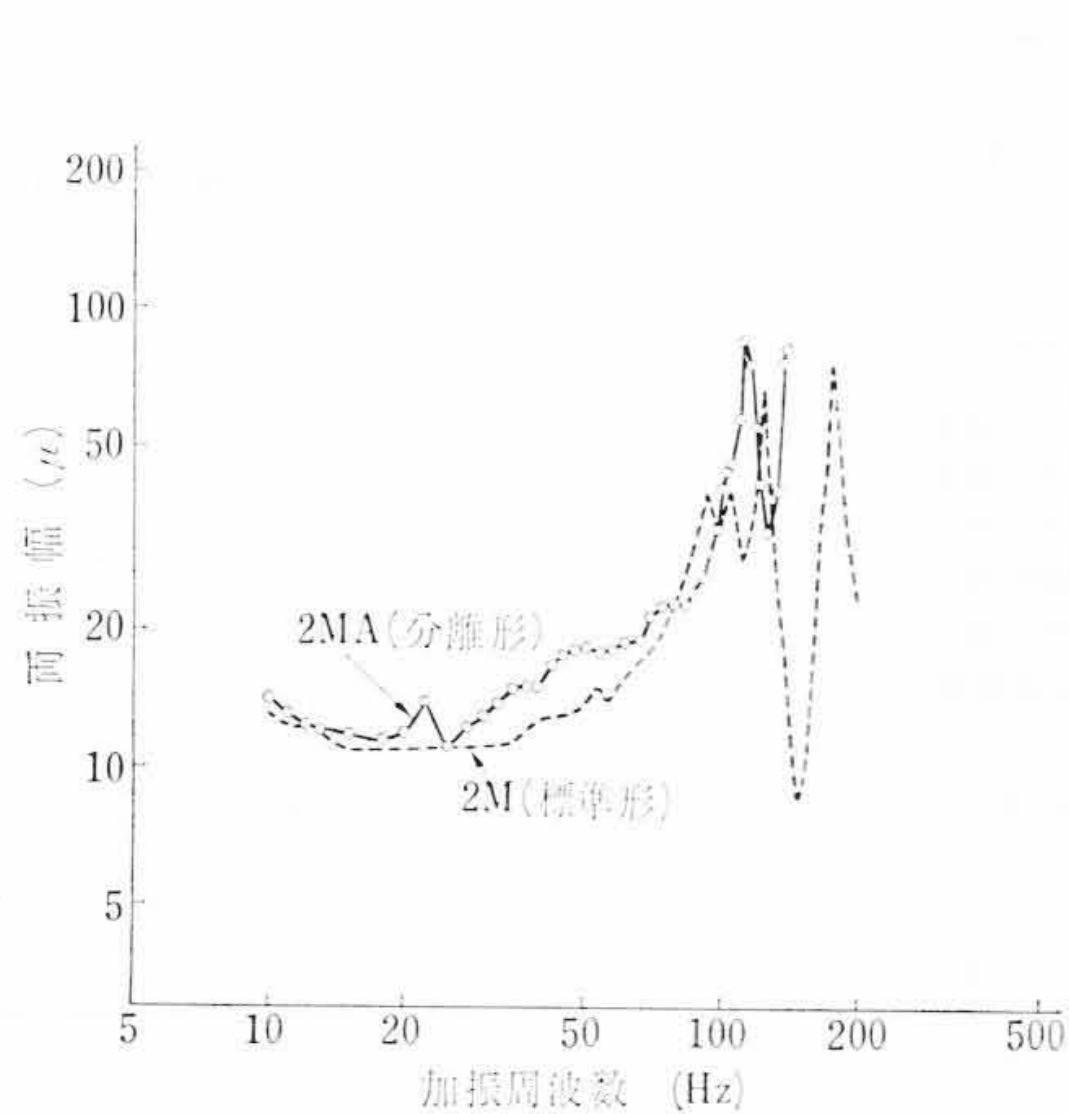
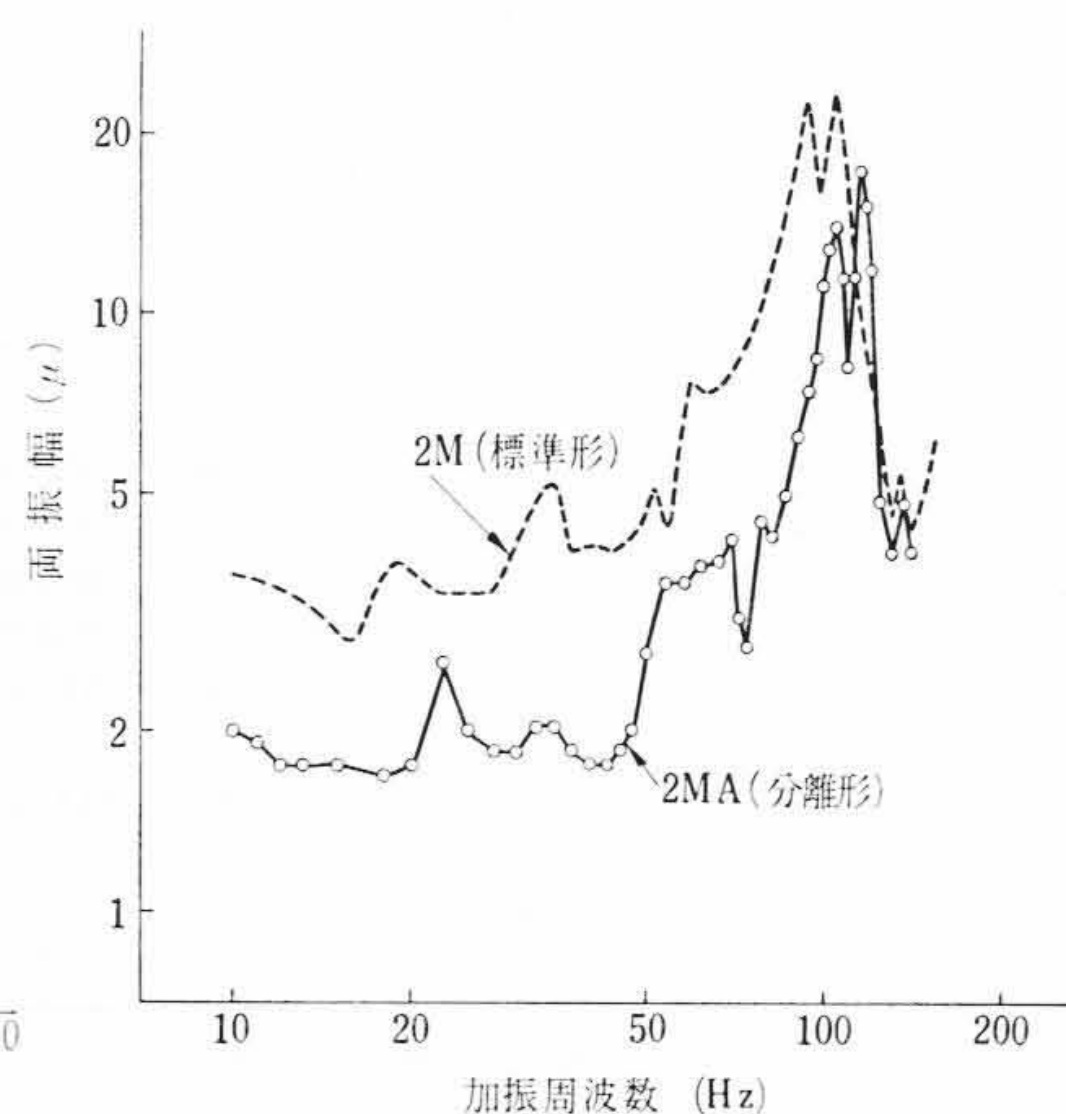
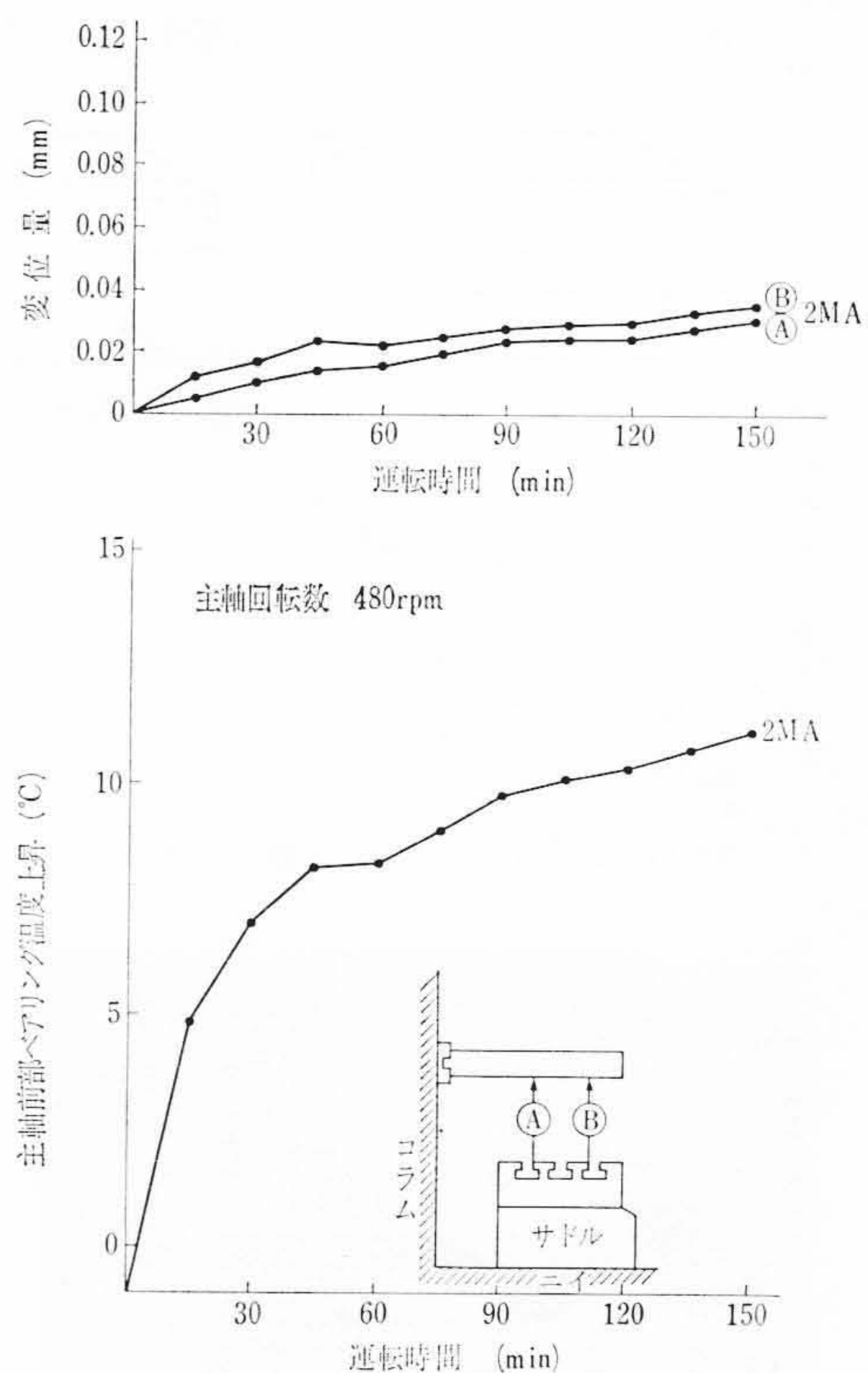
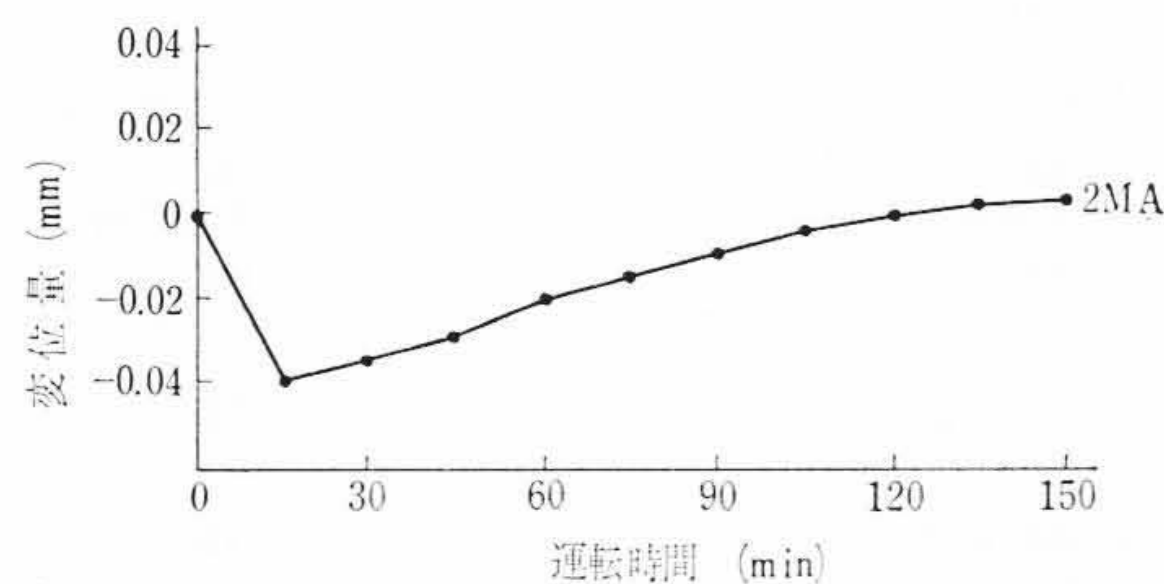
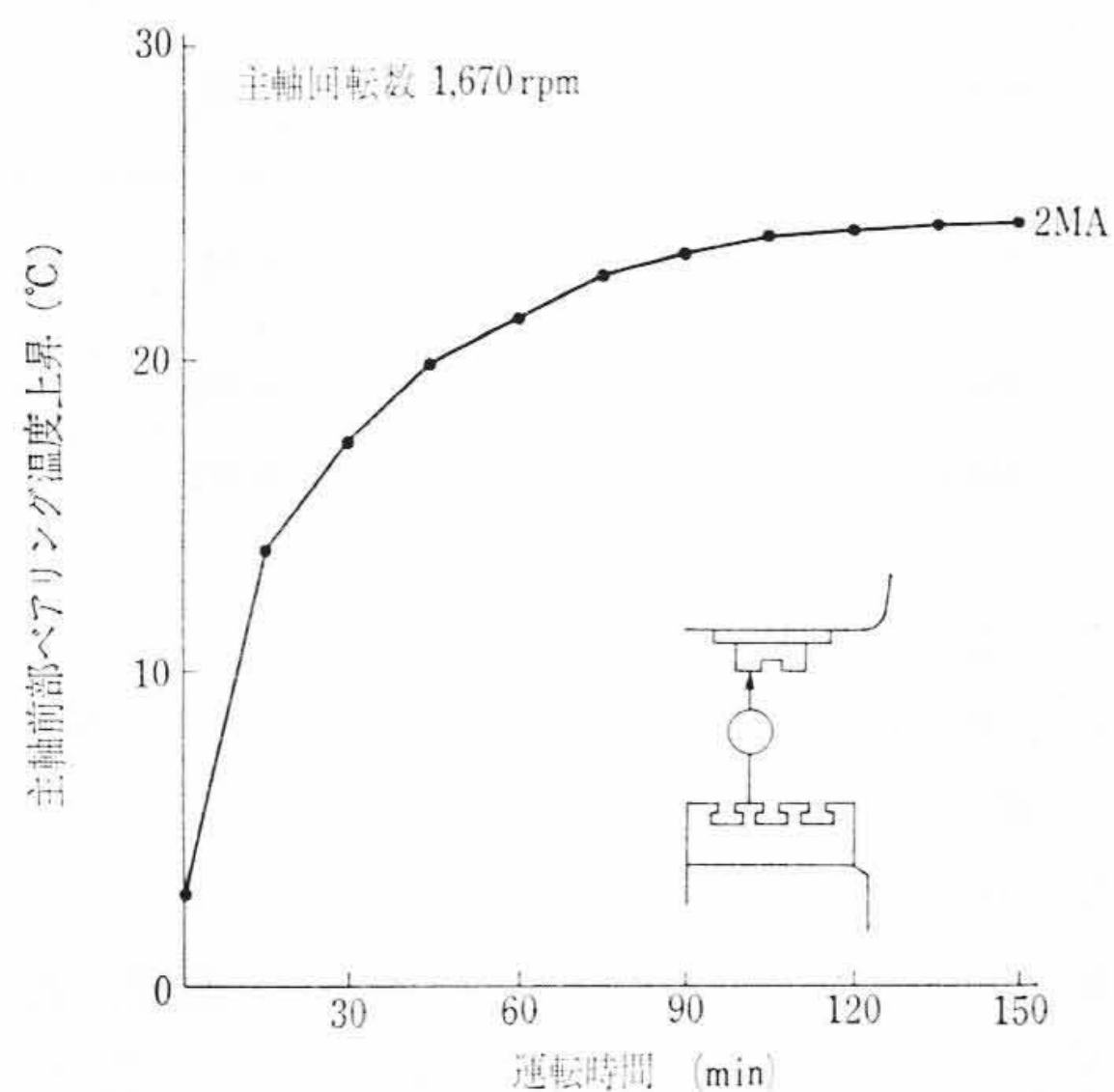
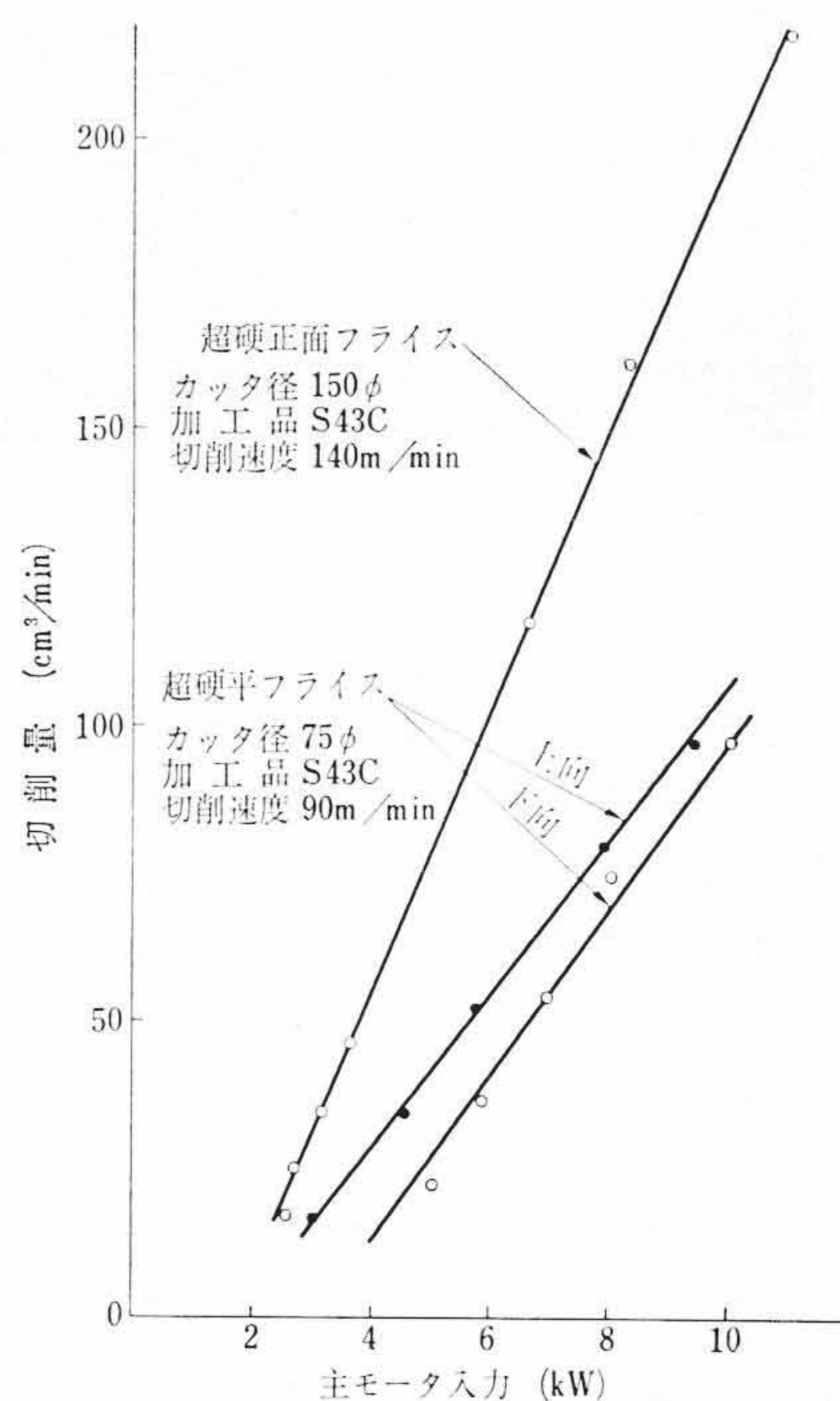
図16 オーバーム垂直特性
(テーブルとオーバーム間に
垂直方向に加振)図17 テーブル垂直特性
(テーブルとオーバーム間に
垂直方向に加振)

図18 2MA 形横フライス盤の主軸温度上昇と熱変位

図19 2MA 形立フライス盤の
主軸温度上昇と熱変位図20 2MA 形横フライス盤
の切削能力

切りくず処理の容易化としゅう動面損傷の危険を少なくした。

(2) 三軸独立駆動構造

三軸の駆動は直流モータ，ボールスクリウにより独立駆動する方式である。図 9 はテーブル左右方向駆動ユニットを示したものである。送り速度は直流モータの無段変速によって得られ，停止の場合は電磁ブレーキによって位置変動を防止する構造になっている。

(3) モノレバーコントロール

送りの押ボタン操作は方向性を持たないため作業者の感覚にマッチしない欠点がある。本機は図 10 に示すような多方向スイッチを用いて，3 次元切削送り，早送りをすべてこの 1 本のレバーで行なうようにして，従来の操作と同様，動きに方向性があり，敏速確実な操作ができる。

(4) 三次元オートサイクル

本機の最大のねらいは，操作の自動化であるが，このためテーブル，サドル，ニイの動きをドックとマイクロスイッチによって自動的にコントロールするようにしたことである。すなわち，フライス盤で通常よく行なわれる切削作業をピックアップし，図 11 に示す 5 種類の自動サイクルを常備した。

自動サイクルは，セレクトスイッチで撰択し，各サイクルの位置ぎめはドックを移動して設定する。

(5) 直線切削位置ぎめNC機への改造

本機は HIDAM 7030 を付けて直線切削位置ぎめ数値制御フライス盤とすることができる。この場合の改造内容は図 12 に示すとおりである。

3.3 電気制御装置

本機の各軸送りはサイリスタを用いて制御されている。

図 13 は本機の制御盤を示したものである。また自動運転制御部には特に IC を採用して信頼性の向上と小形化を図っている。

4. 試作試験の結果

4.1 精 度

(1) 精 度

表 2 は JIS のフライス盤検査規格に従い測定した結果を示したものであるが，各項目とも許容値内にある。

(2) 送 り 動 力

図 14 は本機の無負荷時の送り動力を示したものである。

(3) テーブル位置ぎめ精度

図 15 はドッグによりテーブルをくり返し位置ぎめした場合の精度の一例である。従来の機械の位置ぎめ精度と比較すると，数段精度は向上している。

4.2 剛 性 (動 剛 性)

図 16, 17 は動剛性の一例で，垂直方向に加振したオーバームおよびテーブルの振動特性を，従来機と比較して示したものである。

表 3 2MA 形フライス盤の手動ハンドル操作力

	テーブル送り	サドル送り	ニ イ 送 り	
			上 昇	下 降
2MA	2.5 kg	5 kg	4 kg	3 kg
2 M	4 kg	6 kg	12 kg	5 kg

表 4 2MA 形フライス盤による工作標準

検 査 事 項	工 具	加 工 品					平たん度 実測値 mm	許 容 値 mm
		材 質	加 工 面 積 幅mm×長mm	主軸速度 rpm	送 り mm/ min	切込み mm		
立フライス盤 平面削りの手 面 精 度	150φ 超硬正面 フライス	S43C	90×300	260	90	0.5	0.007	0.020
立フライス平 面削りの段差 精 度	150φ 超硬正面 フライス	S43C	90×300	260	90	0.5	0.008	
横フライス平 面削りの平面 精 度	75φ超 硬平フラ イス	S43C	90×300	350	80	0.5	0.020	0.020
横フライス盤 垂直面削りの 平 面 精 度	150φ超 硬正面フ ライス	S43C	90×300	260	200	0.5	0.014	0.020

2M と比較して，角形ガイドの採用などによる剛性増加により，テーブル垂直方向振幅は約 1/2 になっている。

4.3 熱 変 位

図 18, 19 は横形および立形の主軸の温度上昇および主軸とテーブル間の熱変位傾向を示したもので，両者とも在来機に比べて変位は少ない。

4.4 機能(テーブル操作力)

表 3 はテーブル操作ハンドルの操作力を在来機と比較して示したものである。

在来機に比較して，特にニイ上昇の操作力は 1/3 となり，きわめて軽快な操作が可能となった。

4.5 切 削 能 力

図 20 は横形の場合の超硬正面フライス切削，超硬平フライス切削における切削能力を示したものである。

4.6 工 作 精 度

表 4 は JIS 規格に基づく工作精度測定結果で，いずれも許容値を満足している。

5. 結 言

以上，2MA 形フライス盤の開発のねらい，構造および試験結果についてその概要を紹介した。

試験結果は本機の計画目標を満足すべきものであった。引き続いて数値制御装置 (HIDAM 7030) と結合し，実用試験を続行中である。この結果についてはあらためて発表する予定である。