

日立強力大形フライス盤

Hitachi Heavy Duty No. 3, 4, and 5 Milling Machines

阿 武 芳 朗* 宮 村 慎 司*
Yoshirō Anno Shinji Miyamura

内 容 梗 概

昭和32年に試作した No. 3 縦フライス盤にさらに改良を重ね、新形の No. 3, 4, 5 MF 形の大形ひざ形フライス盤の系列を完成させた。その設計製作上の問題点と合わせての構造説明、性能の紹介をする。

1. 緒 言

この10年間のフライス作業の発展は目覚ましいものがあり、超硬工具の特質を十分に発揮した高速強力切削による切削能率の向上、高精度切削による加工品精度の向上を主目的として発展してきている。

この要求を満たすため、フライス盤は次の傾向を示している。

- (1) 切削能率を向上させるための送り速度の上昇
- (2) 加工精度を向上させるための各部の剛性の増強
- (3) 操作能率を向上させるための新機構の採用

われわれは、昭和27年以来、この新しいフライス盤の進歩を中形フライス盤に採入れて、すでに No. 2 ML, No. 2 1/2 MF 形フライス盤を完成した。この中形フライス盤製作で得た経験を基に、昭和32年に試作した No. 3 強力形フライス盤を改良しさらに欧米一流の水準を目指した新形強力フライス盤、3 MF, 4 MF, 5 MF 形の系列を完成させた。以下その紹介を行い大方の参考に供する次第である。

2. 強力大形フライス盤設計製作上の問題点

大形ひざ形フライス盤は作業空間、切削動力、送り動力を増大するため、一般に機械は大形となり、各部の重量も大きくなる。また加工品も大形のもののがせられる。

したがって従来の形式を大形化したひざ形強力フライス盤を設計製作する場合、次に述べる事項が問題点として解決されねばならない。

- (1) 切削動力が増大するために生ずる問題

(a) 切削動力が増大し、主軸、テーブルなどに掛かる切削負荷が増大するため、各構成部支点にかかる力が大きくなる。したがって機械を構成している各部品は、応力の集中をさげ、変形せぬよう十分な剛性をもたせる。

(b) 機械を構成している各ユニット間の接続部、たとえばニーとコラムのしゅう動面、オーバームとコラム支持部などは十分な強さと剛性をもたせ、強力

に締付うる構造とする。

(c) 動力伝達部の歯車、軸は精度に影響しない十分な強さと剛性をもたせる。特に主軸は軸受支持点の増加により剛性を増大する。

(d) 断続的なフライス切削により生ずる振動を、主軸にフライホイールをつけ、オーバームに振動防止装置をつけることにより、できるだけ小とし、切削工具にかかる衝撃力を少なくして工具の刃先寿命の延長を計る必要がある。

- (2) 加工品重量および機械各部品の重量が増大するために生ずる問題

(a) 加工品重量と機械可動部分の重量の増大により可動部分の慣性が大きくなるので停止の際、ポジティブな自動ブレーキが必要である。また大きな作業空間の要求から移動距離が大きく、しゅう動部分の重心の移動が精度に及ぼす影響がきわめて大きい。したがってしゅう動受面長さを移動方向にできるだけ大きくとる必要がある。また位置移動後のクランプを確実に行って、切削負荷によりしゅう動面ギャップの変動を最小にとめる必要がある。しゅう動面は長大にとり受圧力を最小におさえて耐摩耗性を増加する。

(b) 1 t 以上の加工品を積載した状態で 3 t をこえるニーの上下、サドルの前後、テーブルの左右の手動操作を軽快な状態に維持するためには、駆動列の機械効率を上昇させ、また重量バランス装置を付加して手動操作の能率を中形フライス盤以上のものにする必要がある。

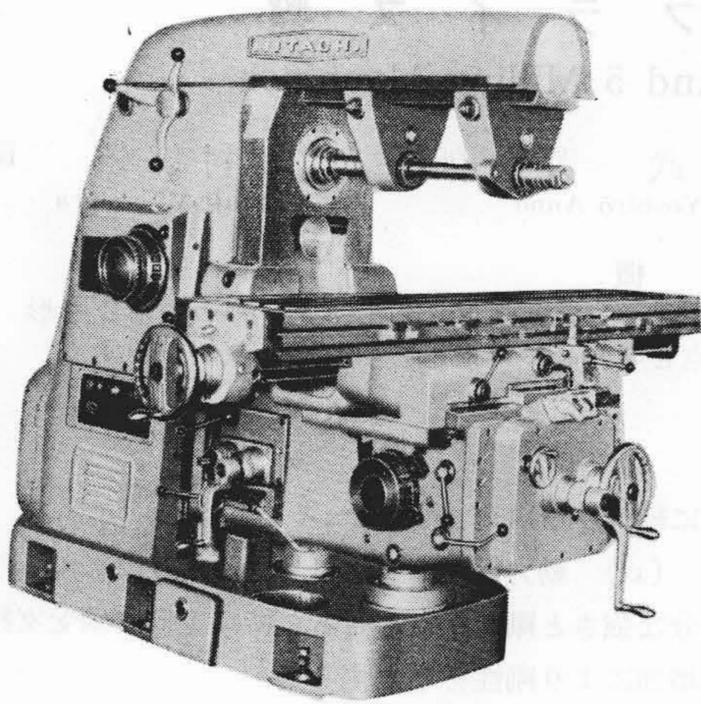
(c) 主軸回転駆動列の慣性増大にかかわらず、小径工具用に中形機同様の高速回転が必要とされる。したがって大径軸受などの超高速回転時のダイナミックバランス、軸受熱発生に特に意を払わなければならない。

- (3) 機械形状の大形化により生ずる問題

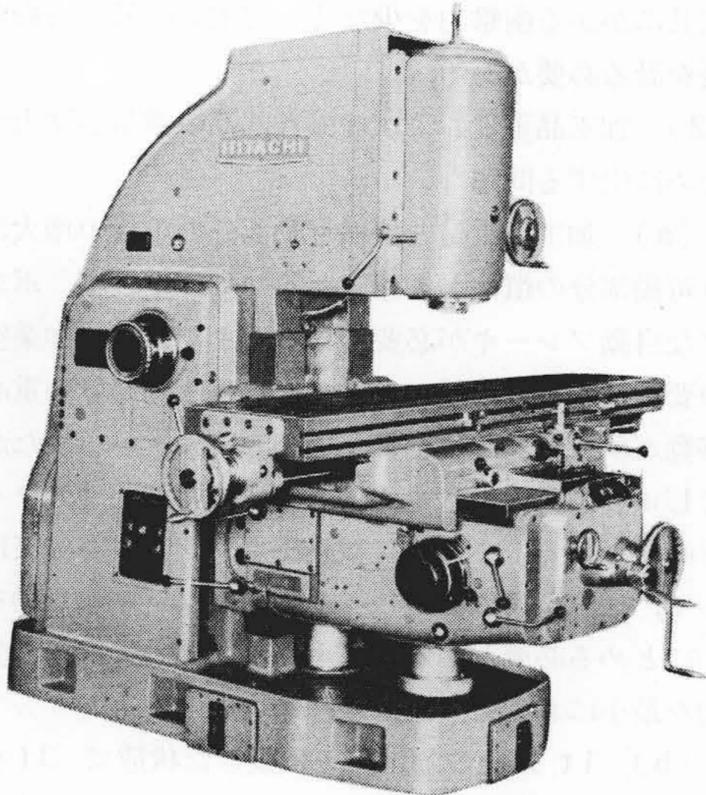
(a) 精度上は(2)(a)と同様

(b) 大形のコラムなどでは熱発生の変位により運転状態で熱変位によって、主軸軸心とテーブル上面の相対精度に影響をきたすことがある。これらを防止す

* 日立製作所川崎工場



第1図 日立強力大形横フライス盤



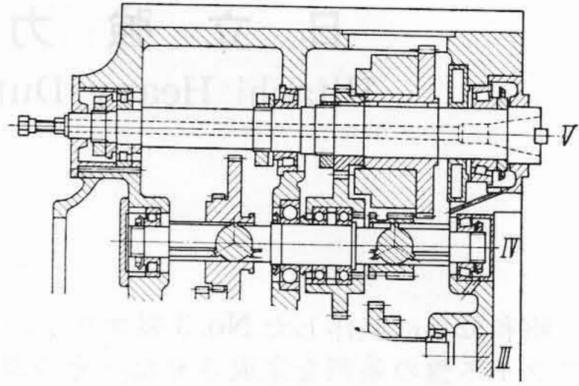
第2図 日立強力大形縦フライス盤

るために、機械各部の発生熱による温度偏差を少なくする配慮が必要となる。

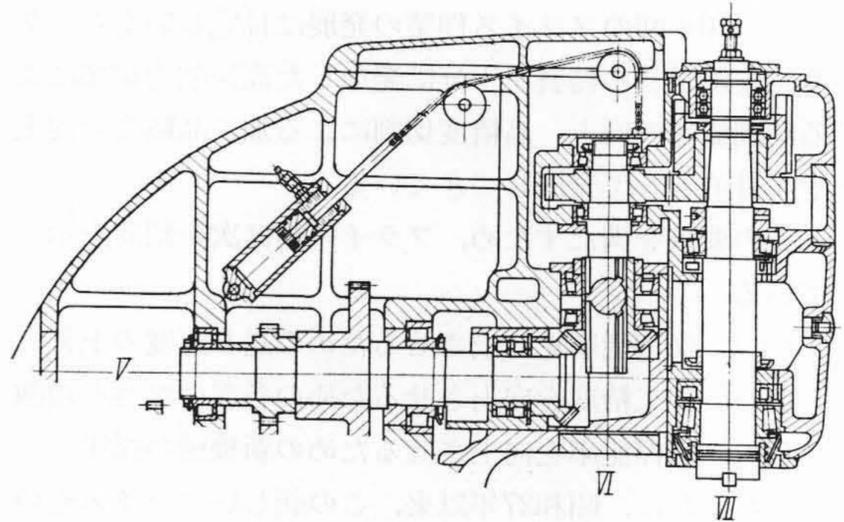
(c) 大形となるために、ひざ形フライス盤の長所である操作性が失われないよう集中操作方式を採用する。

(d) 重量の増加により各運動部にかかる慣性力が大きいため、誤操作によって重大事故を生ずる恐れがある。これを防止するような完全なインタロック方式をとる。たとえば主軸回転と主軸変換装置が同時に働かないようインタロックする。

以上の基礎的な観点にたつて、主軸駆動力22~30kWの超大形のひざ形フライス盤系列の設計製作を行ったが、特にNo.5 MFはわが国で最初に開発された機種であ



第3図 横フライス盤コラム関係断面図



第4図 縦フライス盤コラム関係断面図

り、欧米一流フライス盤中でも数指を屈する系列に伍している。第1図はNo.3,4,5 MF形横フライス盤、第2図はNo.3,4,5 MF形縦フライス盤の姿図である。コラム、ニーはそれぞれ共通でテーブル長さによりNo.3, No.4, No.5 に分類している。以下その構造機能の概要を述べる。

3. 各部の構造と機能

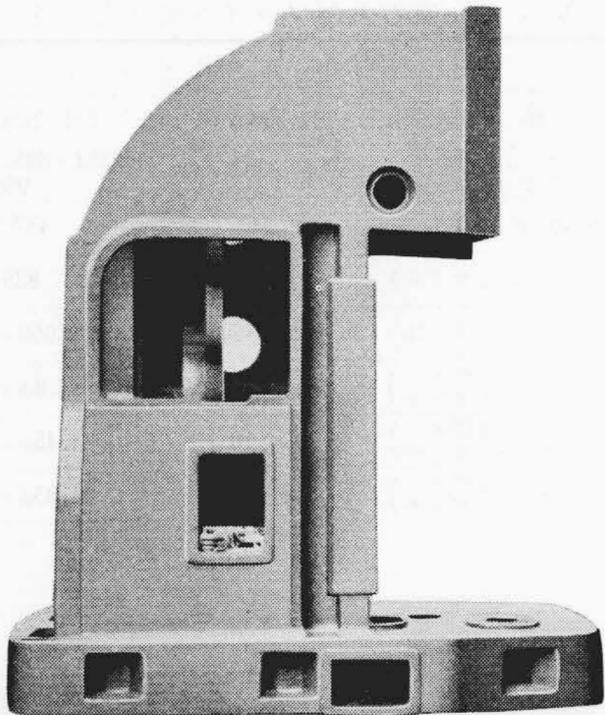
(1) 主軸およびコラム関係

第3,4図は横および縦フライス盤のコラム関係の断面図である。この関係はコラム本体、主軸駆動歯車列、主電動機、主軸速度変換装置、主軸微速装置、オーバーアーム、スピンドルヘッド、油圧ユニットで構成されている。以下これらおのおのについて構造機能を説明する。

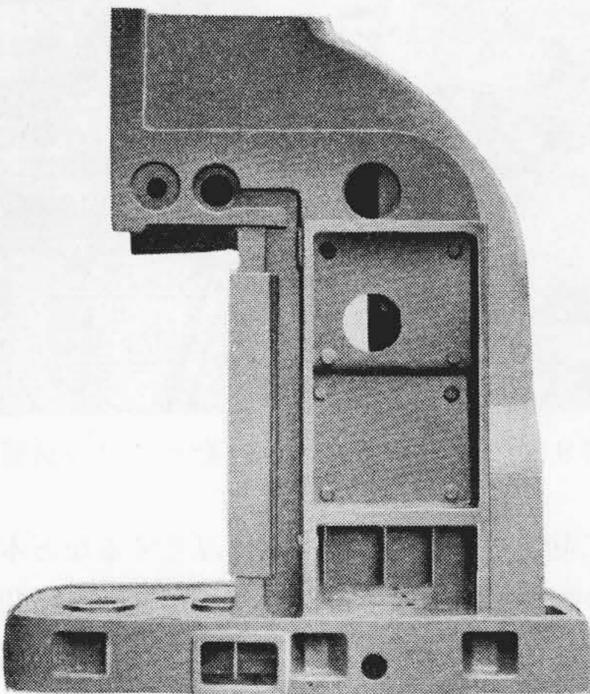
(a) コラム本体、オーバーアーム、スピンドルヘッド

第5図(A)(B)はコラム本体外観を示す。コラム本体は壁を二重壁とし、リブ数を多くしてある。ニーのしゅう動部を角形ナローガイドにするなどの構造を採入れて、重切削に耐えるようにした。また精度に影響する熱変位を防止するため、特殊の構造を採用している。

横フライス盤のオーバーアームは、その内部に防振装



(A)



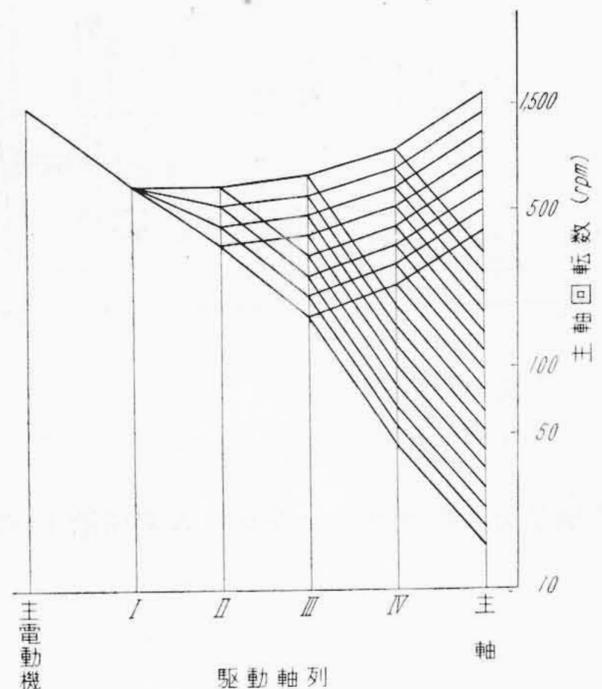
(B)

第5図 縦フライス盤コラム

置を備え、断続切削による振動を防止している。その効果については4.性能のところ記述するように、 $1/3.5 \sim 1/4$ 程度に減少した。このため良好な仕上面が得られるとともに工具の寿命を伸ばすことができた。

(b) 主軸駆動歯車列、主電動機

主軸はコラム底部に取り付けた主電動機よりVベルトおよび精密に研削された歯車を介して16~1,600 rpmの間24段に変速される。第6図は主軸駆動歯車列のゲルマール線図を示す。主軸は径を大きくし3点支持方式を採用しているほか、フライホイールを付加して断続切削時に生ずる振動を防止し工具寿命の延長を計っている。そのほか各軸はバランスングマシンにより動バランスをとり、歯車の精密研削と相まって、主軸駆動歯車列の振動を防止している。主軸の過負荷に



第6図 主軸ゲルマール線図

対しては機機的に駆動歯車列第1軸にコーン形の摩擦クラッチと、電氣的にオーバーロードリレーを設けて二重の安全を期してある。

なお主軸駆動列の各軸受は、自動強制給油方式としてある。

主電動機の発停はコラム側面およびニー前面に設けた押ボタンで行う。主電動機の発停と主軸微速装置とは、誤動作による事故防止のため、いずれかが主軸を駆動中、ほかは起動せぬよう互にインタロックしている。

(c) 主軸速度変換装置

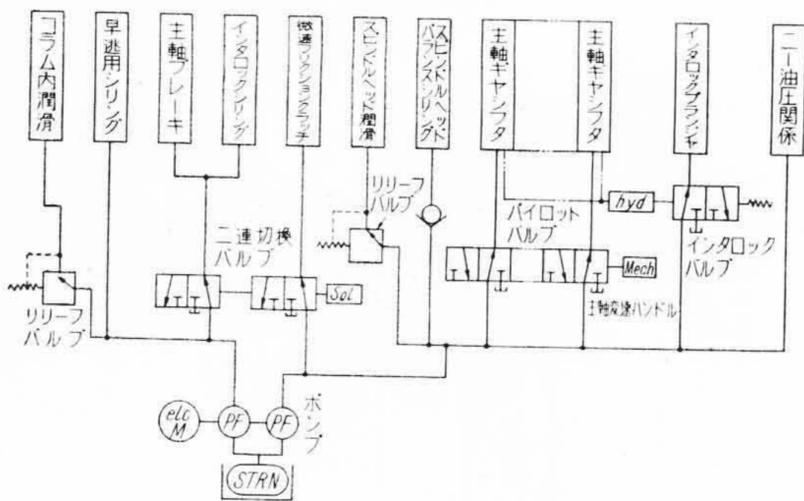
主軸速度変換は油圧式セレクトダイヤル方式を採用している。主軸速度変換は、主軸微速装置が主軸を駆動中、変速ダイヤルを指示回転数に合わせるにより、変速ダイヤルに接続しているパイロットバルブが油圧を切り換え、ギヤシフトをシフトして変換を完了する。なお操作の不確実を防止するために、ギヤシフトのシフトの完了を検出するインタロックバルブを設け、変換完了をランプの点燈で表示する(特許申請中)。第7図はこの関係の油圧回路図を示す。

(d) 主軸微速装置

前述したように、切削動力が大きくなるため、主軸駆動歯車列の慣性能率も大きくなり、したがって主軸速度変換の場合、歯車の損傷を招く恐れがある。これを防止するため、主軸速度変換時に主軸駆動列を低速小動力で駆動する主軸微速装置を主電動機とは別にもうけてある。

(e) そのほかの特別な装置

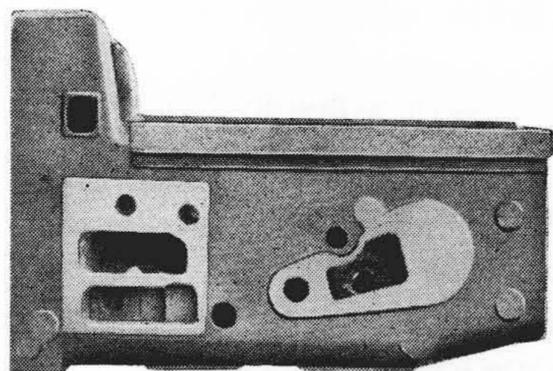
縦フライス盤でフェースカッタによるフライス作業において、切削後の早もどしの際、材料の切削面と工具刃先が接触し、切削面を傷つけ、工具刃先が摩耗する



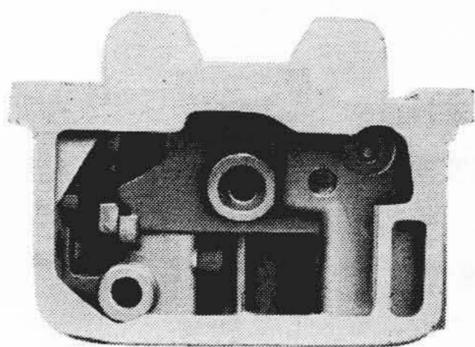
第7図 縦フライス盤コラム関係油圧回路

第1表 強力大形フライス盤主要寸法

	日 立	(アメリカ)シンシナチ
主 軸 径	114.298 mm	104.780 mm
主軸フェース {モジュール} ギヤ {×径×幅}	5M×320φ×47	4.23M×325.958φ×50.8
コラムのガイド幅	540	457.2
ニ-のガイド幅 (サドル)	820	835
テ-ブル (厚×幅)	120×450	118.655×407
テ-ブルスクリュ (径×ピッチ)	52φ×10 p	44.8φ×6 p
バーチカルスクリュ (径×ピッチ)	70φ×10 p	44.45φ×6 p
サドルスクリュ (径×ピッチ)	50φ×10 p	34.85φ×6 p



(A)



(B)

第8図 ニ- 外 観

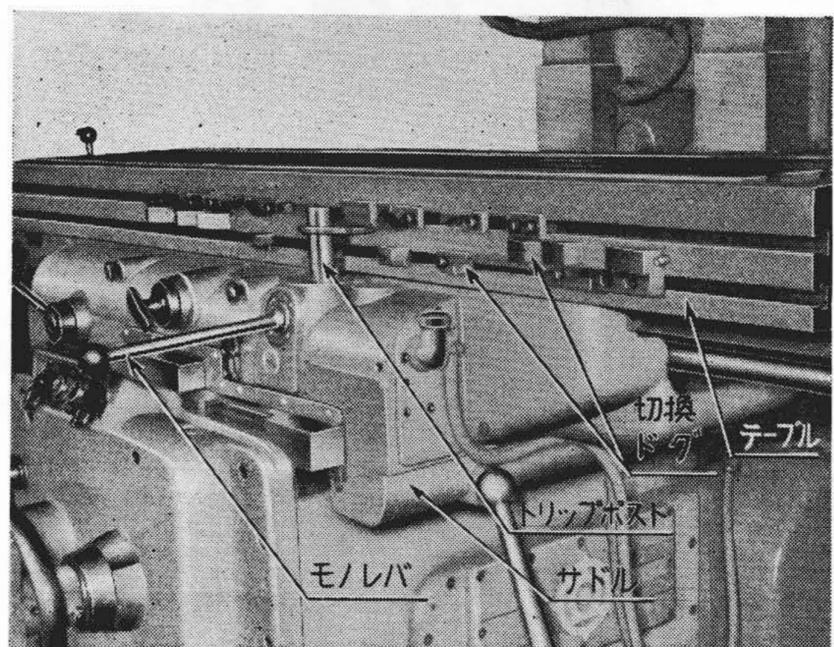
傾向があり、強力切削の場合特にこれがはなはだしい。これを防止するため、テーブル早もどりの際スピンドルヘッドを自動的に上へ逃がすカッターリフ装置をもうけてある。なおスピンドルヘッドのバランスは油圧式バランスを採用してある(特許申請中)。

(2) 送り関係

送り関係は、ニ-本体、送り電動機、送り駆動歯車列、ニ-バランス装置、サドル本体、テーブル本体、送りネジ、自動サイクル装置およびモノレバ、バックラッシュ除却装置で構成されている。

(a) ニ-, サドル, テーブル本体およびニ-バランス装置

第8図(A)(B)はニ-外観を示す。ニ-はコラムと



第9図 モノレバおよび自動サイクル装置

同様二重壁とする、テーブルは厚くするなど本体そのものの剛性を増強するほか、サドルとニ-の間のしゅう動部は角形ナローガイドとし、各しゅう動部しゅう動面は第1表に見るように長大とすることによって強力切削に耐えるようにしてある。特にニ-の上下は重量が大であるため、油圧式バランスシリンダを設け、バーチカルスクリュとの位置を考慮し、ニ-上昇停止時は圧力をかけ、ニ-下降時は自動的に無気圧にして、精度の維持、操作性に特別のくふうを払ってある(特許申請中)。

(b) 送り電動機, 送り駆動歯車列, 送りネジ

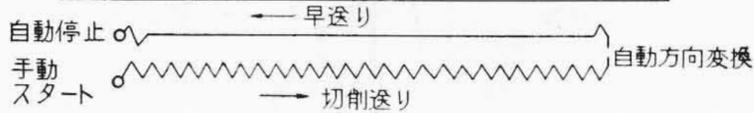
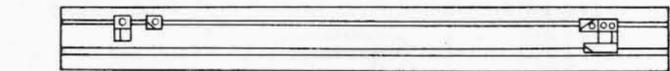
テーブルの左右, 上下, 前後の各送りはニ-右側面にある送り電動機より, PIV, 精密に研削された歯車およびネジを介して, 左右および前後は 20~2,500 mm/min, 上下は 4~500 mm/min の間無段階に変速される。

この結果主軸の24段変速と相まって最良の切削条件の切削が可能となり, 良好な仕上面をえることができた。

なお早送りは左右, 前後で 4,000 mm/min, 上下で

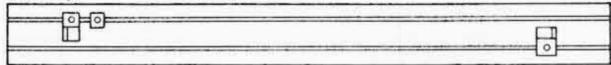
サイクル (a)

切削送り → 自動方向変換 → 右早送り → 短右切削送り
自動停止



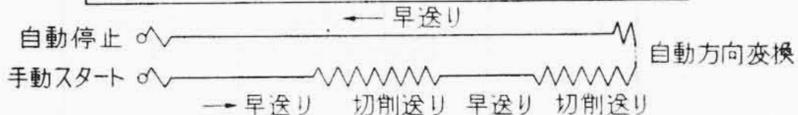
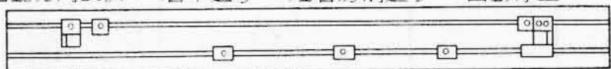
サイクル (b)

早送り → 自動方向変換 → 自動停止
左切削送り → 自動停止



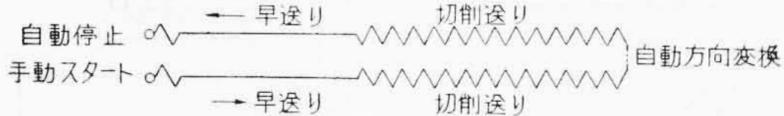
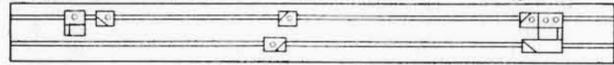
サイクル (c)

短左切削送り → 左早送り → 左切削送り → 左早送り → 左切削送り
→ 自動方向変換 → 右早送り → 短右切削送り → 自動停止



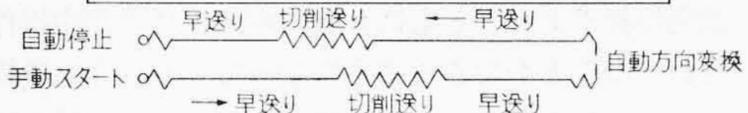
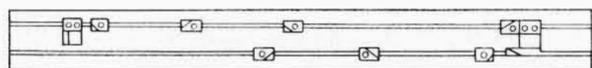
サイクル (d)

短左切削送り → 左早送り → 左切削送り → 自動方向変換
→ 右切削送り → 右早送り → 短右切削送り → 自動停止



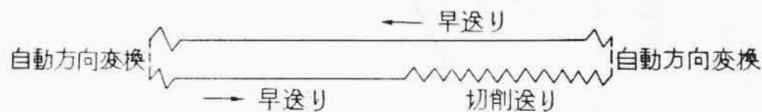
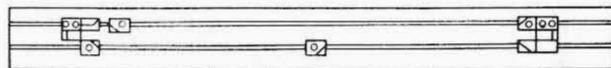
サイクル (e)

短左切削送り → 左早送り → 左切削送り → 左早送り
→ 短左切削送り → 自動方向変換 → 右早送り → 右切削送り → 右早送り
→ 短右切削送り → 自動停止



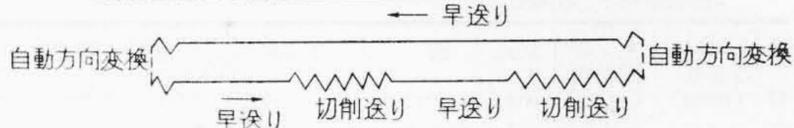
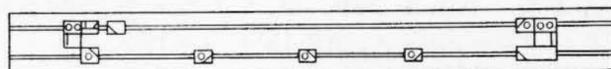
サイクル (f) (連続自動サイクル)

短左切削送り → 左早送り → 左切削送り → 自動方向変換 → 右早送り
→ 短右切削送り → 自動方向変換 → 繰返し連続 → 自動往復



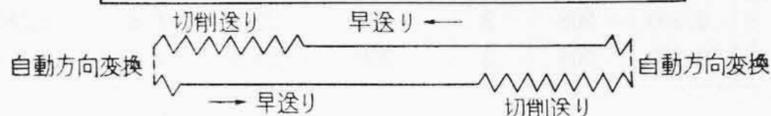
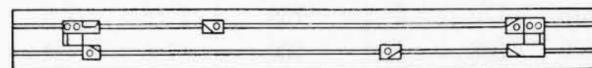
サイクル (g) (連続自動間断サイクル)

短左切削送り → 左早送り → 左切削送り → 左早送り → 左切削送り
→ 自動方向変換 → 右早送り → 短右切削送り → 自動方向変換
→ 繰返し連続自動往復



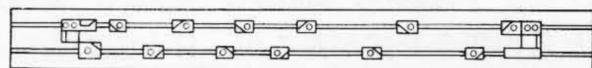
サイクル (h) (連続自動サイクル)

短左切削送り → 早送り → 左切削送り → 自動方向変換 → 右早送り
→ 右切削送り → 自動方向変換 → 繰返し連続自動往復



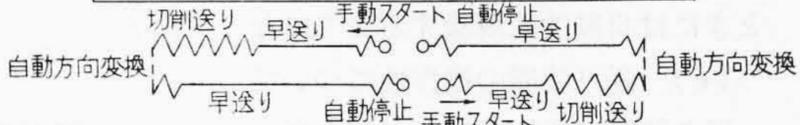
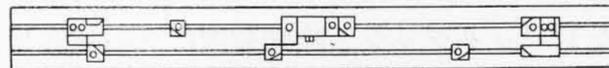
サイクル (i) (連続自動間断サイクル)

短左切削送り → 左早送り → 左切削送り → 左早送り → 短左切削送り
→ 自動方向変換 → 右早送り → 右切削送り → 右早送り → 右切削送り
→ 右早送り → 短右切削送り → 自動方向変換 → 繰返し連続自動往復

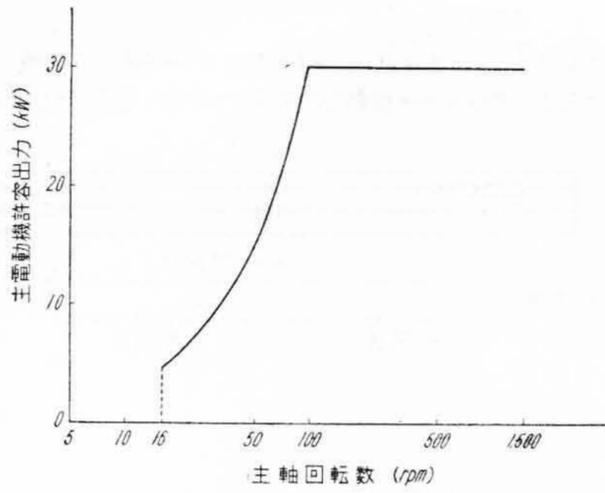


サイクル (j) (再スタート)

短右切削送り → 右早送り → 右切削送り → 自動方向変換 → 左早送り
→ 短左切削送り → 自動停止 (再スタート) 短左切削送り → 左早送り
→ 左切削送り → 自動方向変換 → 右早送り → 短右切削送り → 自動停止



第10図 切削サイクル線図



第11図 主軸回転数と実用最大出力表

第2表 No.3 MF 横フライス盤切削試験
 工具： プレーンカッタ，直径150φ，双数12枚，チップS2，
 被切削材： S55C

条件	1刃当りの送り (mm)	主軸回転数 (rpm)	切込 (mm)	送り (mm/min)	主電動機入力 (kW)	送り電動機入力 (kW)	切削量 (cm ³ /min)
アップカット	0.245	170	3	500	16.8	1.4	2,250
	0.318	170	3	750	20.0	1.4	3,380
	0.465	170	3	950	23.7	1.5	4,280
	0.200	208	3	500	18.5	1.2	2,250
	0.300	208	3	750	23.0	1.5	3,380
	0.380	208	3	950	25.5	1.8	4,280
ダウンカット	0.245	170	3	500	16.0	1.4	2,250
	0.318	170	3	750	20.8	1.4	3,380
	0.200	208	3	500	17.6	1.1	2,250
	0.300	208	3	750	22.4	1.5	3,380
	0.380	208	3	950	25.6	1.6	4,280

800 mm/min である。送りネジは第1表に示すように径を大きくし、焼入研削を行っており、精度は300mmに対して0.02mm以内の精度に製作されている。

(c) 自動サイクル装置およびモノレバ

日立強力大形フライス盤はモノレバおよび自動サイクル装置をもうけて、操作性の向上をはかっている。自動サイクル装置は、油圧式、電気式、機械式、およびこれらの組合せ式があるが、日立強力大形フライス盤は機械、電気式を採用し、操作の確実化と構造の簡単化をはかっている。第9図は自動サイクル装置およびモノレバを示す。第10図(a)から(j)までは本自動サイクル装置が可能なサイクル22種類のうち代表的なサイクルを示す。

(d) バックラッシュ除却装置

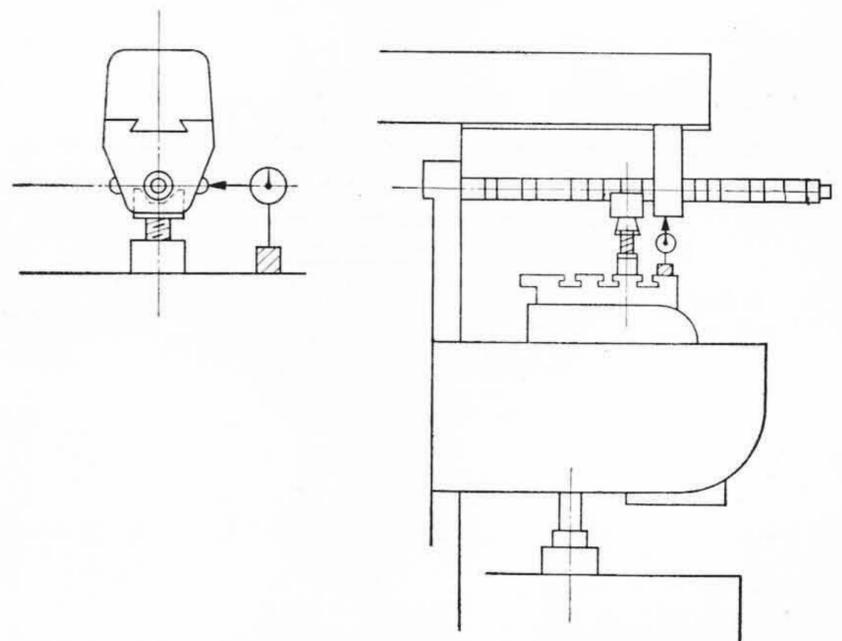
テーブル送りネジには油圧式バックラッシュ除却装置を設けてあり、強力なダウンカットを可能にしている。なおバックラッシュ除却装置はテーブル早送りのときには自動的に解除するようになっている。

(e) 送り装置の操作性について

送り装置の操作ハンドルおよびレバーはニー前面のほかに、左側面にもつけたサイドコントロール方式を

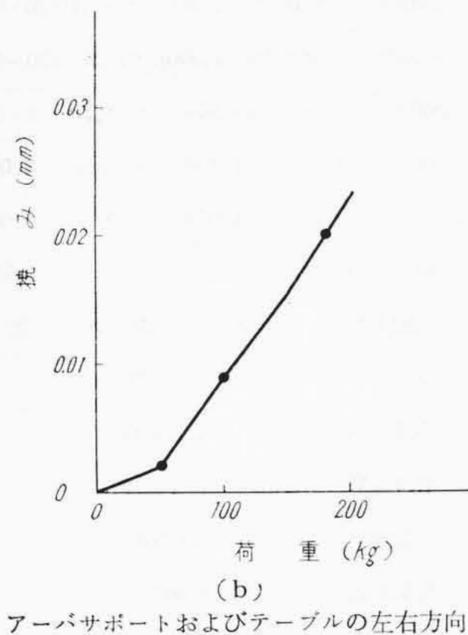
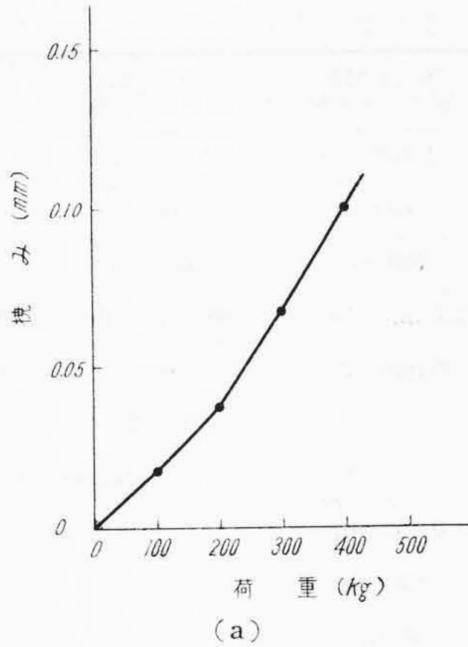
第3表 フライス盤検査表

検査事項	測定方法示図	許容差	測定値
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	300について 0.015
		ヒザの前端は低くはならない。	前端は高い
水平面内で		300について 0.02	300について 0.01
テーブル左右運動とその上面との平行度		テーブルの動き 0.02 1000未満の場合 0.03	0.01
テーブル上面とヒザ運動との直角度		300について 0.02	300について 0.01
		前後方向	
テーブル左右送りネジのピッチ誤差		300について 0.035	300について 0.015



第12図 剛性試験のひずみ測定位置

採用しており、コラム側面の主軸変速ダイヤル、各電動機発停押ボタンとともにコラム左側面での集中操作を行わせることができるようになっている。なお各操作ハンドルおよびレバーは自動送り掛けの際、軸の回転に対して自動的にはずれ振り回しの危険をなくした新



第13図 No.3 MF 横フライス盤剛性試験

機構となっている。

第1表に各部の主要寸法について、シンシナチ社ジュアルパワーダイヤル形フライス盤と日立強力大形フライス盤の比較を示す。

4. 性能

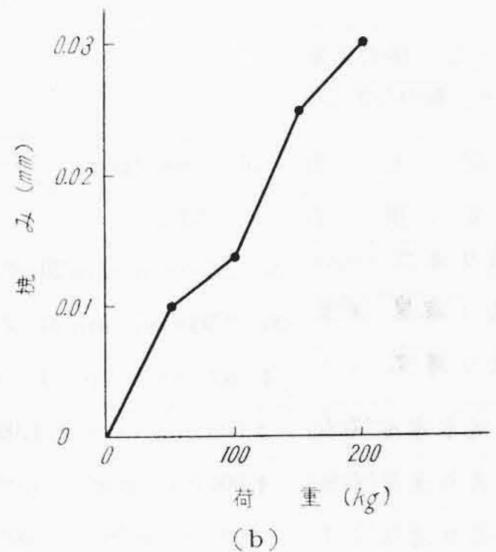
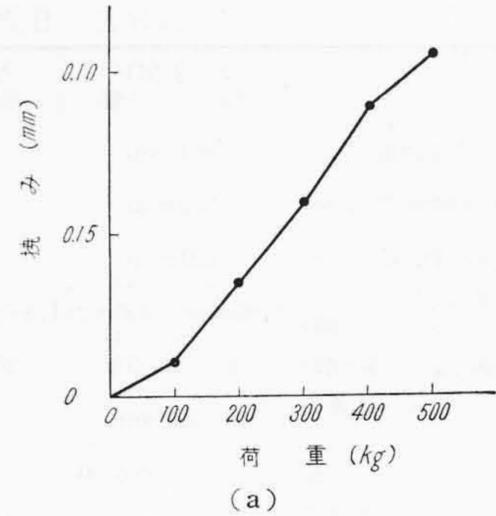
(1) 切削能力

第11図は本機の切削能力線図を示す。主軸回転100rpm以下は一定トルクの切削としてある。

第2表はNo.3 MF 横フライス盤の切削試験結果を示す。

(2) 静的精度

第3表は、ひざ形フライス盤で特に精度上問題とされる主軸と送り各方向の精度について、No.3 MF 横フライス盤の検査表より抜すいたものである。これらの値が示すように JIS の許容値よりいずれも良好で、すぐれた加工品精度をうることができる。



第14図 シンシナチ社ジュアルパワーダイヤル形横フライス盤剛性試験

第4表 No.3 MF 形横フライス盤振動測定表

工具：超硬プレーンカッタ，径130φ
カッタ刃数14枚，チップ TX-3
被切削材：材質 S55C，硬度 Hr(C) 25
切削幅，130 mm

条 件	防振 装置	主 軸 回転数 (rpm)	送 り (mm/ min)	切込 (mm)	主電動 機入力 (kW)	オーバ ーム (μ)		テーブル(μ)			ニール(μ)	
						上下	左右	上下	左右	前後	上下	左右
ア ッ プ カ ッタ	なし	252	300	1.5	12.8	50	50	19	22	20	17	16
	なし	252	300	1.0	14.8	40	35	18	22	19	17	17
	あり	252	300	1.5	12.8	13	14	13	13	12.5	12.5	13
	あり	252	300	1.0	14.8	12.5	13	13	13.5	12.5	12.5	12.5
	あり	170	500	3.0	22.4	18	30	20	25	22	15	20
ダ ウ ン カ ッタ	あり	170	750	3.0	24.8	20	45	22	30	22	15	22
	あり	170	500	3.0	20	17	20	16	16	15	15	15
	あり	170	750	3.0	24.4	20	25	15	17	17	14	14

(3) 剛性

No.3 MF 横フライス盤とシンシナチ社ジュアルパワー No.3 横フライス盤の剛性試験の結果を第13図(a)(b), および第14図(a)(b)に示す。第12図は剛性試験の状態を示す。第13, 14図の(a)はアーバサポートとテーブルとの間の左右方向の剛性, (b)はアーバサポートとテーブルの上下方向の剛性を示している。

(4) 振動

第4表はNo.3 MF 横フライス盤の重切削中の振動

第5表 日立大形強力フライス盤仕様および主要寸法

項目	No.3 MF 横フライス盤	No.3 MF 縦フライス盤	No.4 MF 横フライス盤	No.4 MF 縦フライス盤	No.5 MF 横フライス盤	No.5 MF 縦フライス盤
テーブルの最大移動距離(左右)	860 mm	860 mm	1,100 mm	1,100 mm	1,400 mm	1,400 mm
テーブルの最大移動距離(前後)	360 mm					
テーブルの最大移動距離(上下)	520 mm					
テーブルの作業面寸法 (長さ×幅)	1,860mm×450mm	1,860mm×450mm	2,100mm×450mm	2,100mm×450mm	2,400mm×470mm	2,400mm×470mm
テーブルのT溝寸法 (幅×数)	20 mm×3個					
主軸中心よりテーブル上面までの距離	0~520 mm	—	0~520	—	0~520	—
主軸テーパー孔	ナショナルNo.50	ナショナルNo.50	ナショナルNo.50	ナショナルNo.50	ナショナルNo.50	ナショナルNo.50
主軸端面よりテーブル上面までの距離	—	0~520 mm	—	0~520 mm	—	0~520 mm
主軸頭の上下最大移動距離	—	150 mm	—	150 mm	—	150 mm
コラム前面より主軸中心までの距離	—	500 mm	—	500 mm	—	500 mm
主軸回転数	16~1,600 rpm					
主軸変換数	24段	24段	24段	24段	24段	24段
テーブル送り速度(左右) (無段階)	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min
テーブル送り速度(前後) (無段階)	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min	20~2,500mm/min
テーブル送り速度(上下) (無段階)	4~500 mm/min					
テーブル早送り速度(左右)	4,000 mm/min					
テーブル早送り速度(前後)	4,000 mm/min					
テーブル早送り速度(上下)	800 mm/min					
主電動機	22 kW	22 kW	22 kW	22 kW	22または30kW	22または30kW
送り用電動機	3.7 kW					
油ポンプ用電動機	1.5 kW					
微速用電動機	0.4 kW					
冷却水ポンプ用電動機	125W	125W	125W	125W	125W	125W
製品重量	7,900 kg	8,350 kg	8,100 kg	8,500 kg	8,300 kg	8,700 kg

測定の結果を示す。この表で見るように、オーバアームに防振装置を付加した場合は無い場合に比して、オーバアーム自身は $1/3.5 \sim 1/4$ に減少したのみならずテーブル、ニールの振動にも好影響を及ぼしていることは注目に値する。またダウンカットの場合がアップカットに比して一般に振動が少ない結果を得ている。

5. 仕様

日立強力大形フライス盤の仕様と主要寸法を第5表に

示す。

6. 結 言

前述のように設計製作上考慮した結果、大形強力フライス盤としての使命を果たすことができた。われわれはさらにより能率的な切削加工を行える機械として発展せしめるため一層の努力を続けて行くものである。

訂 正

本誌第41巻第8号および第41巻第9号の本文偶数頁左上、奇数頁右上の通巻頁数がそれぞれ100頁ずつ少なくなっておりましたのでここに訂正いたします。

(編集部)