

トランスファマシンの高度オートメーション

Progressive Automation of Transfer Machines

石渡 欽之甫* 宮村 慎司*
Kinnosuke Ishiwatari Shinji Miyamura

内容梗概

高度オートメーションを適用したトランスファマシンの1号機すなわち完全無人トランスファマシンが最近日立製作所川崎工場において完成した。

本稿においては主としてトランスファマシンの高度オートメーションに必要な装置の概要、特に加工品の自動取付取外し装置について述べる。

1. 緒言

昭和29年日立型トランスファマシン1号機が完成しわが国における工作機械のオートメーション化に画期的成果をおさめた。

その後二十数台のトランスファマシンの製作経験ならびに使用実績を基とし、技術研究の結果を総合結集して高度オートメーションに必要なあらゆる装置、機構の調査、解析を行い本年3月に完全無人トランスファマシンの1号機ACM型(オートマチックコントロールマシン)が完成した。ACM機は機械の作業保守管理を極力自動化し、生産性向上ならびに製品精度向上に万全を期した世界最高水準のトランスファマシンである。

トランスファマシンの高度オートメーションとして考えられるものは次のとおりである。

- (1) 作業人員の縮減, さらに進んで無人化
 - (2) 加工精度の向上
 - (3) 加工精度保守性の向上
 - (4) 加工品取付ひずみによる精度低下の防止
 - (5) 加工品取付時の切粉による精度低下の防止
 - (6) 加工寸度の測定の自動化
 - (7) 加工寸度管理の自動化
 - (8) 機械精度維持(機械の摩耗防止その他)の向上
 - (9) 段取時間の低減
 - (10) 機械操作の集中管理装置
 - (11) 保守管理の自動化
 - (12) 加工能力の向上
- の項目を具備することである。

2. 諸装置

高度オートメーションに不可欠な装置はワークの自動取付取外し装置であるが、いわゆる自動化には必ず付帯装置が必要となる。たとえば作業者の省略に伴い、切粉処理ならび

* 日立製作所川崎工場

に清掃や機械各部の給油に至るまですべて自動化せねばならない。また万一機械に故障を生じた際もその原因がすぐに分るような集中管理装置も必要でありバイトの寿命についても加工精度, 仕上面粗さが許容公差内にある間に自動的に工具交換時期を指示する装置が必要である。

第1図はこのようなトランスファマシンの各配置の一例を示す。

2.1 集中潤滑装置

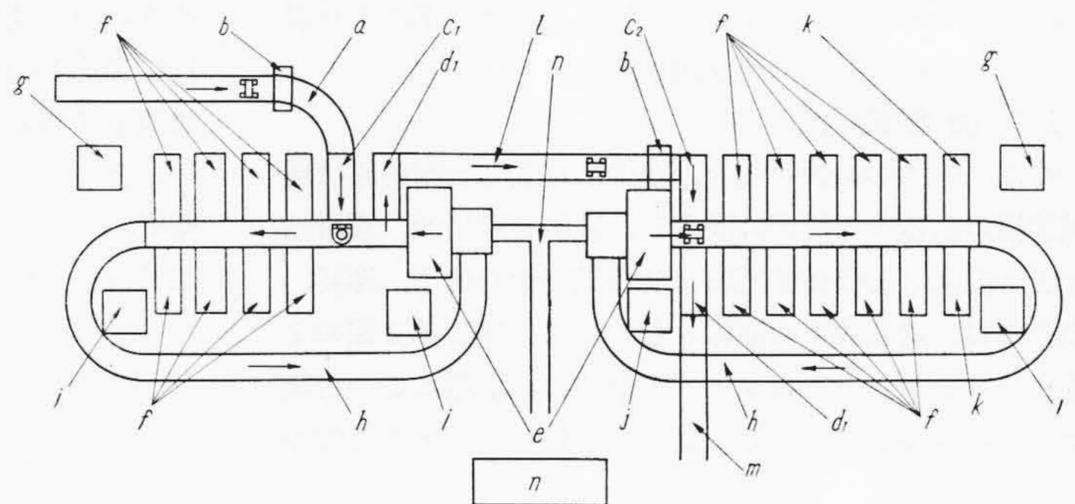
この装置としては切削ヘッドのベアリングおよびギヤへの給油と, 各摺動面への給油と二つの装置が必要である。

(1) 切削ヘッド用

自動的に運転される連続給油ポンプにより潤滑油を汙化して各部へ給油し, ふたたびタンクへ戻し常に清浄な油を強制潤滑してユニットの温度上昇を防止し, 各ユニットの温度を同じくし, 加工精度の均一性と軸受寿命の向上および機械精度の保全を行うものである。

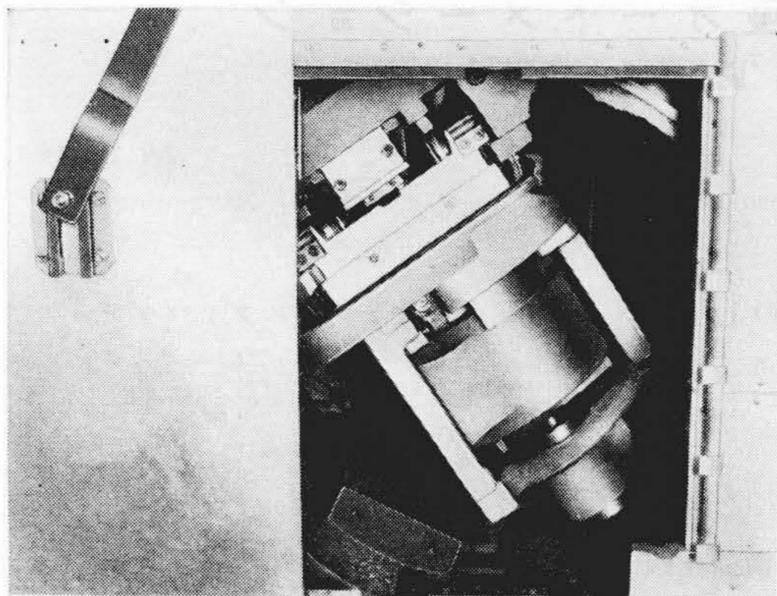
(2) 摺動面用

切削中に給油する場合は摺動面の油膜に変動をきたし加工精度に悪影響を及ぼすので, 間欠注油方式によつて機械の運転中適当な時間ごとに新しい油を自動的に最適



- | | | |
|---|---------------|--------------|
| a ワーク取付移送コンベア | f ワーク加工ステーション | k 検測装置 |
| b ワーク摺択装置 | g 自動間歇潤滑装置 | l 連結コンベア |
| c ₁ および c ₂ 自動取付装置 | h 戻しコンベア | m ワーク取出しコンベア |
| d ₁ および d ₂ 自動取外し装置 | i インデックス用タンク | n 図示パネル |
| e 自動切削屑処理装置 | j 自動関係用タンク | |

第1図 ACM型トランスファマシンの全体配置



第2図 自動切削屑処理装置

量給油し、摺動面の摩耗を防止する。

2.2 自動切削屑処理装置

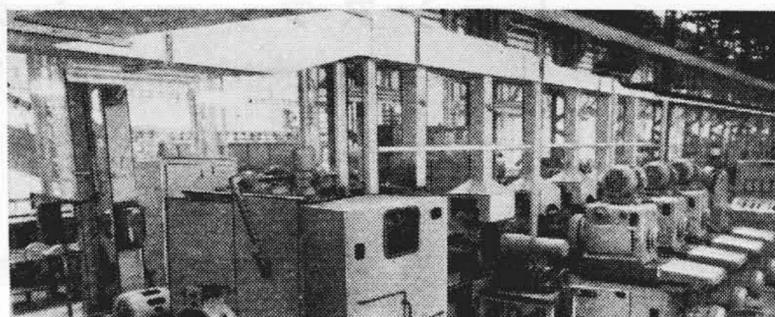
全加工の終わったワークテーブルは取外しステーションに入る前にテーブル上の切粉を完全に排除する必要がある。このための装置は無人機になつた場合不可欠のものである。すなわち従来作業者がワークテーブルの清掃を行つていたのであるが、その代行者としての役を果す。切削屑処理装置は完全密閉型で内側に吸気装置を組込めば粉塵による機械各部への悪影響を防止することができる。その一例として第2図のごときものがあるがこれはワークテーブルが回転ドラム内に入ると自動的に出入口のシャッターが閉じてドラムが回転を始めると同時に（第2図は回転途中で扉を開いた状態である）エアーを吹き付けて切粉を装置の下部へ落すようになっている。この装置の下部にはトランスファマシン全体を貫通するチップコンベヤがあり切粉は常時運び去られる。またチップコンベヤ内は排気ファンにより粉塵も吸引し屋外へ排気する。回転が終るとエアー吹も終り切削サイクルの完了を待っている。インデックスサイクルに入ると同時に扉が開いてワークテーブルはトランスファロッドにより取り外しステーションに運び出される。

2.3 吸塵装置

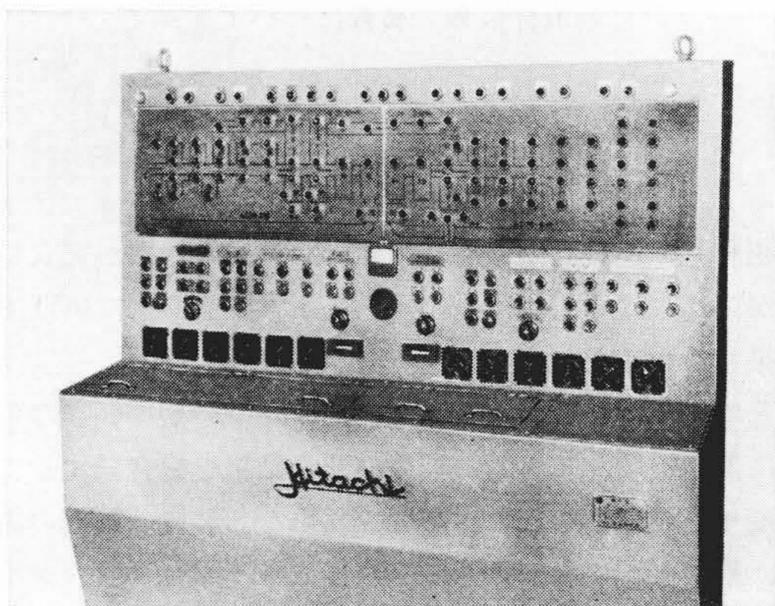
特にワークが鋳鉄の場合、空中に舞上る切削粉塵は機械装置のあらゆる隙間に潜入し、油圧装置用油、潤滑油などへ混入して機械精度および各部寿命の低下、摩耗、動作不良、電気故障の原因となる。本装置は第3図のようにメインダクトからフードを下げ常時切削によつて発生し空中へ飛散する粉塵を吸収して、粉塵による被害を防止している。

2.4 図示パネル

操作盤表面に機械のユニット配置を線図で現わし、各ユニットの動作、そのほか作業管理に必要な項目の色別ランプをこの線図上に配置して一目で運転状態がわかる



第3図 吸塵装置用配管



第4図 図示パネル

ようにしてあるとともに、検測不良、バイト交換時期、そのほか保守管理上必要な事項を集中標示して自動機としての機能を発揮する（第4図）。

2.5 工具寿命管理装置

ツーロメータとも呼び、プリセットされた製品個数を切削した場合工具の交換時期を図示パネル組込のブザーとランプ標示によつて報知し、切味の低下した工具を交換することにより製品精度管理を行う。また、各種のバイトに対するツーロメータのセッティング条件の適切な選択により段取時間の低減にも有効である。

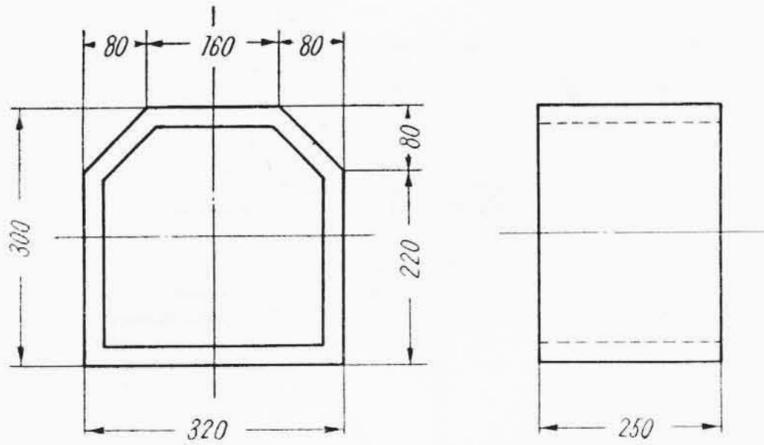
2.6 検測装置ならびにドリルタッパ破損検出装置

本装置の詳細については別に論じてあるが、加工寸法精度の自動検測およびドリル・タッパ破損の自動検出を行つてその結果を検測装置のスケールとシグナルランプで標示するとともに、加工不良、工具破損の場合はブザーを鳴らし不良箇所を図示パネル上のランプで標示し、機械のインデックスを停止し、製品の精度管理ならびに工具破損の検出防止を行う。

3. 自動取付取外し装置

ワークの自動取付取外し装置は従来作業者により行われていた作業を無人で自動的に行う装置である。本装置は次の各装置よりなる。

- (1) ワーク移送装置
- (2) ワーク選択装置
- (3) ワーク取付装置



第5図 ワーク寸法図

第1表 動作対比表

No.	自動各装置名称	作業者作業内容
1	ワーク取付移送装置	ワークをワーク貯蓄場よりワークテーブルまで運搬する作業
2	ワーク選択装置	ワークを運搬する際ワーク貯蓄場よりワークを選択取出す作業
3	ワーク取付装置	ワークをワークテーブルに取付ける作業
4	ワーク芯出し装置	ワークをワークテーブル上で芯出しする作業
5	ワーク締付ゆるめ装置	ワークをワークテーブルに締付ゆるめる作業
6		
7	ワーク取外し装置	加工済のワークをワークテーブルより取出す作業
8	ワーク取出し搬送装置	加工済のワークをワークテーブルより加工済ワーク置場まで運搬する作業

- (4) ワーク芯出装置
- (5) ワーク締付装置
- (6) ワーク (加工品) ゆるめ装置
- (7) ワーク (加工品) 取外し装置
- (8) ワーク (加工品) 搬送装置

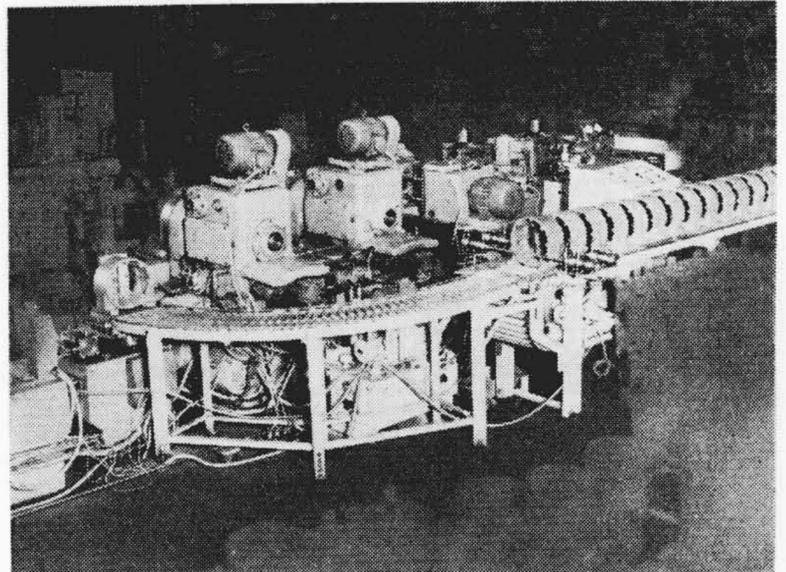
上記の各装置と作業者による作業を対比すれば第1表のようになる。以下各装置の詳細について説明する。

3.1 ワーク移送装置

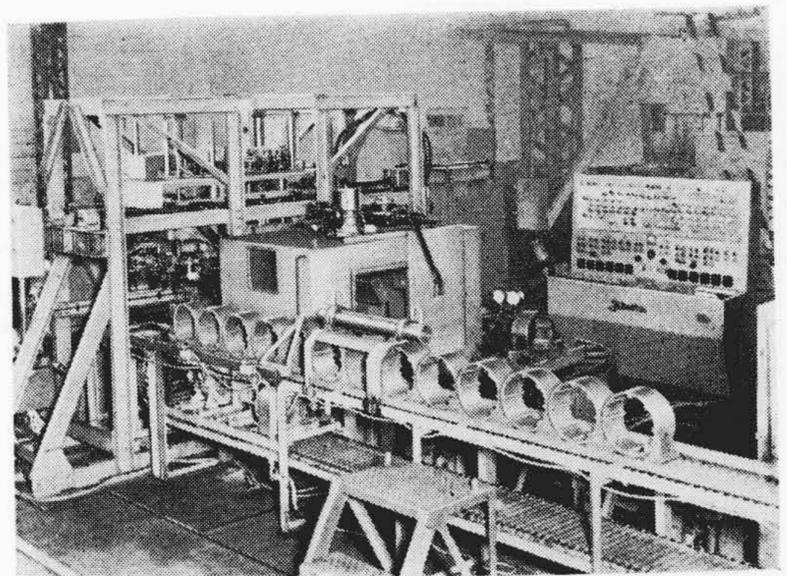
本装置はワークを貯蓄場より取付装置本体へ運搬するのを目的とするが、第5図に見られるような形状寸法のワークに対しては、移送装置中に貯蓄場も含めるのが有利である。本装置の問題点は次のとおりである。

- (1) ワーク形状寸法による移送方法決定
- (2) ワーク貯蓄数
- (3) ワークの移送速さ
 - (i) 運転開始当初のワーク移送速さ
 - (ii) 運転中のワーク移送速さ
- (4) 移送装置運転中の消費動力
- (5) トランスファマシン本機加工時間と移送装置の時間的關係

ワーク移送装置の例を第6図に示す。性能の一例は第



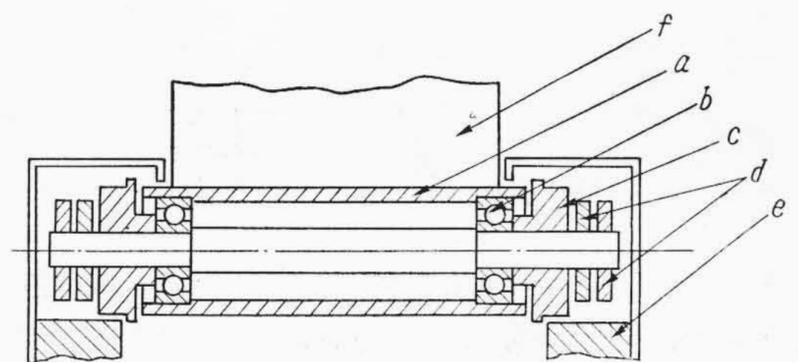
第6図 (a) ワーク移送装置 (その1)



第6図 (b) ワーク移送装置 (その2)

第2表 移送装置性能表

貯蓄個数	3) 個
移送速さ	1.65 cm/s
駆動モータ	1/2 HP
ワーク重量	14 kg

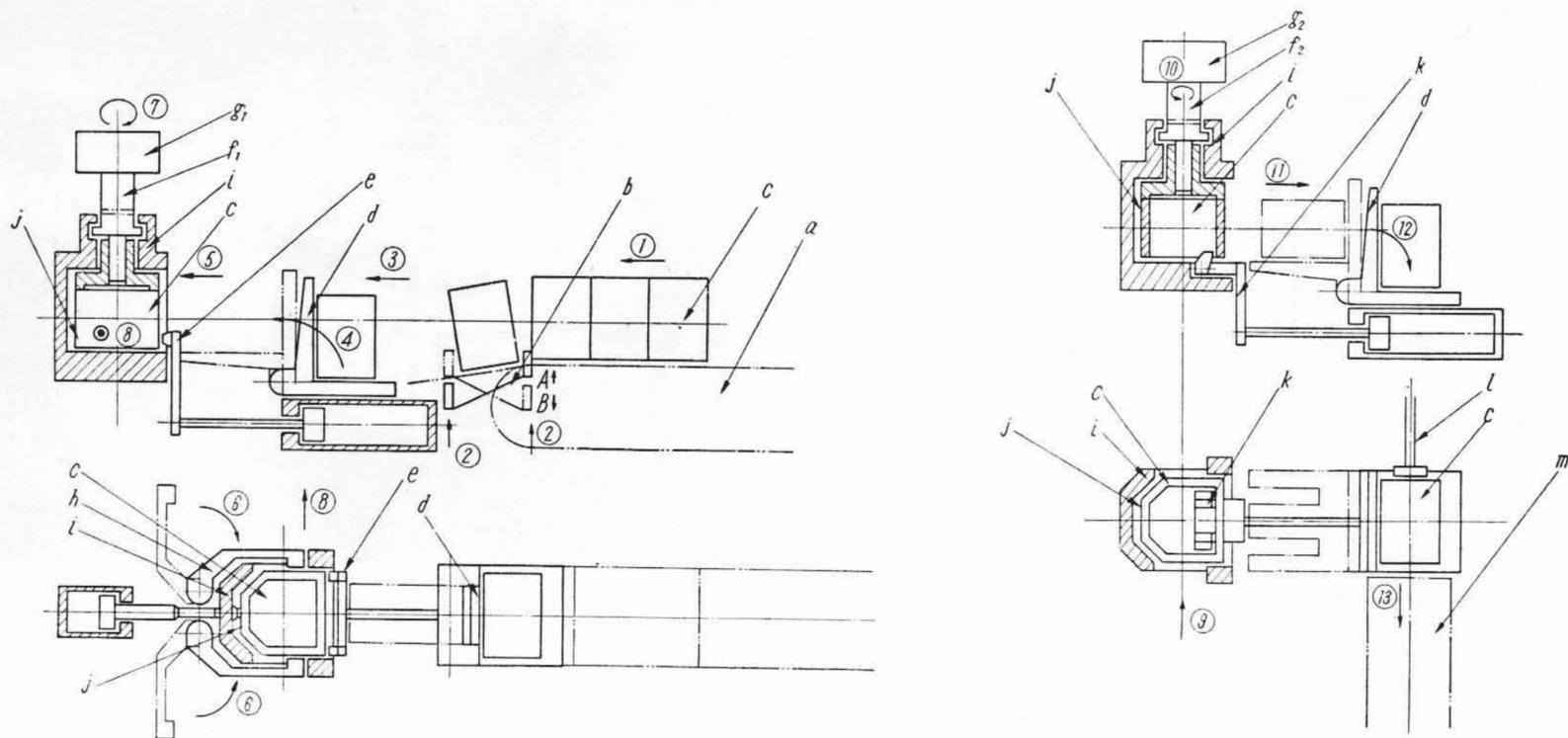


a ローラ b ベアリング c ホイール
d チェーン e レール f ワーク

第7図 移送装置ローラ断面図

2表に示すとおりである。

本例は材料貯蓄場も兼用したコンベヤよりなる。コンベヤの構造は第7図に示すごとく、ローラの自転によつてワークの移送中止の際に、ワークとコンベヤ間に無理なすべりなしに行わせ得るようにしてある。このために



- | | | | |
|------|-----------|----------------|--------------|
| 取付装置 | | 取外し装置 | |
| a | ワーク取付移送装置 | f ₁ | ワーク締付装置ドライバ |
| b | ワーク選択装置 | f ₂ | ワークゆるめ装置ドライバ |
| c | ワーク | g ₁ | ワーク締付装置 |
| d | ワークダンパ | h | ワーク芯出し装置 |
| e | ワークプッシャ | i | ワークテーブル |
| | | j | ワーク取付基準面 |
| | | k | ワークプラー |
| | | l | ワークフィーダ |
| | | m | ワーク取出しコンベヤ |

第8図 取付装置および取外し装置機構図

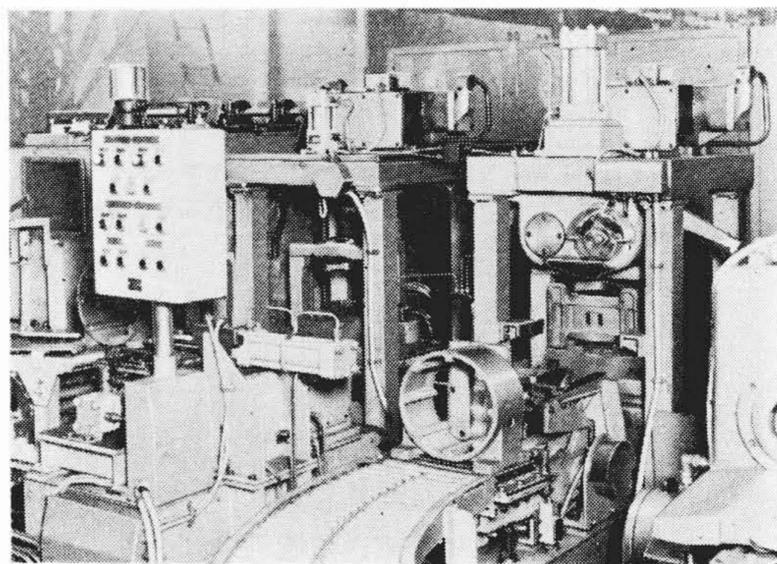
第3表 自動取付取外し装置作動ダイヤグラム (その1)

		1~	1~
ワーク取付移送装置	① ③	ワーク	ワークダンパ入り
ワーク選択装置	②		
ワーク取出し移送装置			⑬
ワークダンパ	④		
ワークプッシャ	⑤		
ワーク芯出し装置	⑥		
ワーク締付装置	⑦		
ワークダンパ			⑫
ワークプラー			⑪
ワークフィーダ			⑬
ワークゆるめ装置			⑩
加工時間			
フィクチャダンパ回転			
インテックス	⑧	および⑨	

ワークの追かけが可能となり、コンベヤ上に一定間隔でワークをのせる必要がなく、かつコンベヤとワークのすべりにより生ずる無効移送消費動力を少なくできる。

一般にワーク移送装置はワーク形状寸法により異なり、中型および大型ワークの場合、たとえば第5図に見られるような立方体形の形状のワークに対しては強制移動方式、円筒形のワークに対しては自重を利用した転走方式が有利である。ワークが特に小型の場合はワーク移送装置とワーク貯蓄場を別け、ワーク移送装置にはパーツフィーダを利用するのが有利である。

加工済ワークのワーク移送装置は移送速さに制限がな



図の左半分はワーク取外しステーション、右半分はワーク取付ステーションを示す。

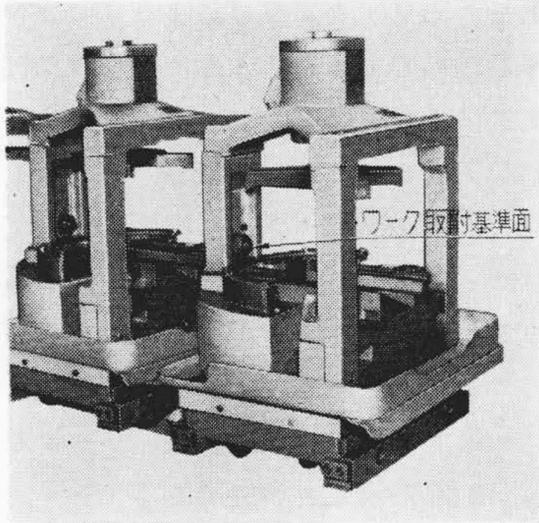
第9図 自動取付取外し装置 (その1)

いたため一定速さで送る構造となるが、加工面に損傷を与えぬためローラの材質を軟鋼とし、上に亜鉛メッキをほどこすなどの注意を要する。

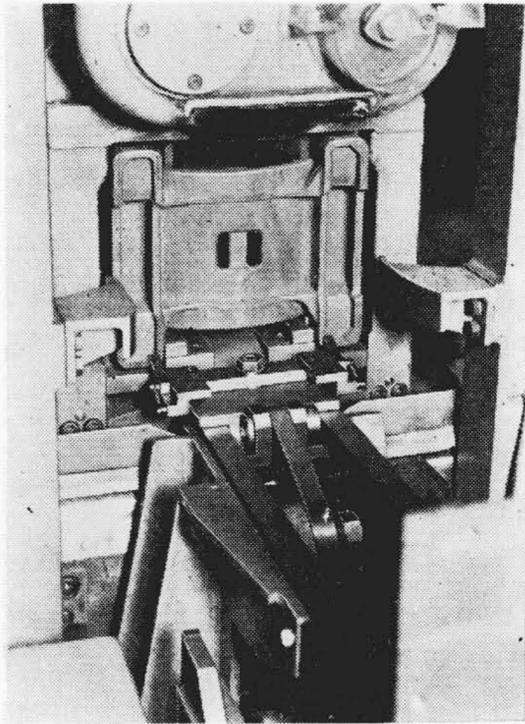
ほかの移送方法として間歇的な移送が考えられるが、連続移送方法に比して移送動力が有効な点および3.2で記すワーク選択装置を要せぬ点すぐれているが、間歇運動機構およびワーク追かけ機構が複雑となる欠点がある。

3.2 ワーク選択装置

本装置は連続に移送されてきたワークを1個ずつ取付装置のつかみ装置へ移送するのを目的とする。また本装置は一般に連続ワーク移送装置と併用され、ワーク移送装置の移送端に設置される。



第10図 ワークテーブル (その1)



第11図 ワークプッシャ

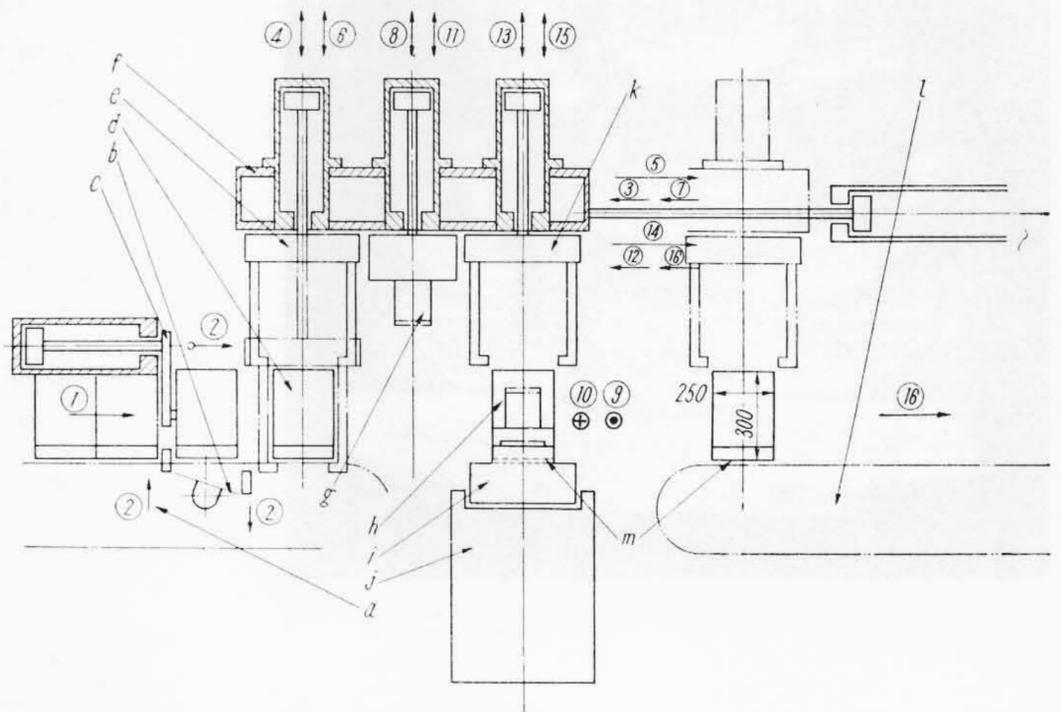
ワーク選択装置の問題点は次のとおりである。

- (1) トランスファマシン本機加工時間との時間的關係
- (2) ワーク形状による選択機構の決定

一般的な上記の解決法として第8図にみられるような構造がとられる。レバーAの位置で連続に移送されてきたワークを遮断し、ワーク選択装置中のワークをワーク取付装置に移送する。レバーBの位置でワークを選択する。以上の動作を繰り返し選択動作を行う。トランスファマシン本機との動作関係は 3.7 例1, 第3表および例2, 第4表に見られるごとくである。ワーク選択装置の速さはワーク移送速度より決定される。またワークの形状によりワーク選択装置の爪曳出の方向が限定される。

3.3 ワーク取付装置

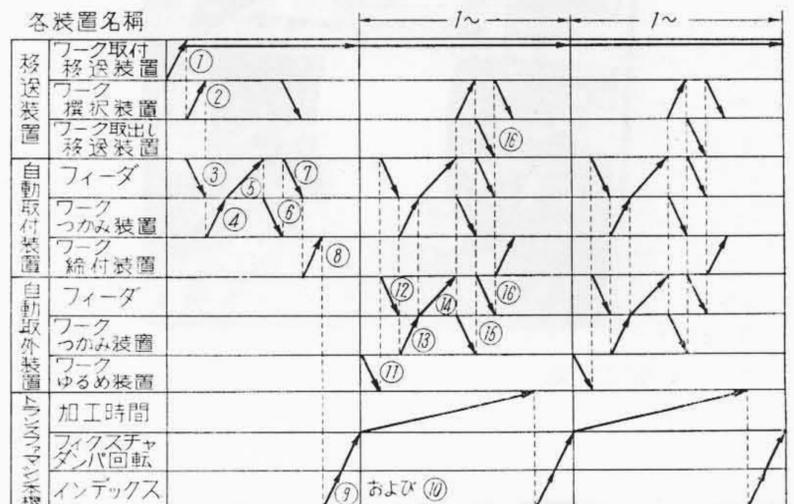
本装置はワーク選択装置よりワークを本装置中のつかみ装置に受取り、さらにワークをトランスファマシンのワークテーブルへ取り付けるのを目的とする。一般にワークテーブルに対してワークの向きをそろえる必要があ



- a ワーク取付移送コンベア
- b ワーク選択装置 (セレクトダ)
- c ワーク選択装置 (フィーダ)
- d ワーク
- e 取付用ワークつかみ装置
- f フィーダ
- g ワーク締付ゆるめ装置
- h ワーク
- i ワークテーブル
- j トランスファマシンラインベッド
- k 取外し用ワークつかみ装置
- l ワーク取出し移送コンベア
- m ワーク取付基準面

第12図 自動取付取外し装置機構図 (その2)

第4表 自動取付取外し装置作動ダイヤグラム (その2)



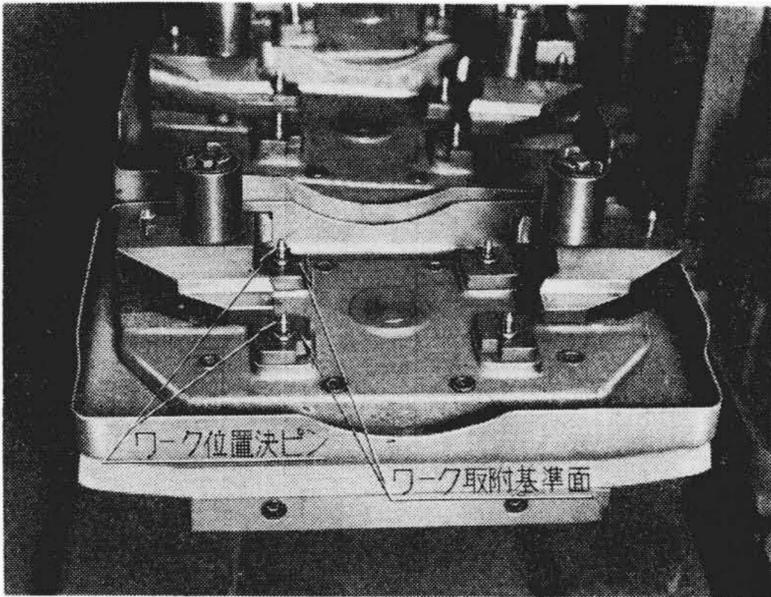
り、位置決め装置を必要とする。ワークが小型の場合は位置決め装置を取付装置に組み込みとしているが、ワークが中型および大型の場合ワーク移動装置上に作業者により、ワークを供給する時、あらかじめワークの位置決めをする方が構造上有利である。

本装置に対する問題点は次のとおりである。

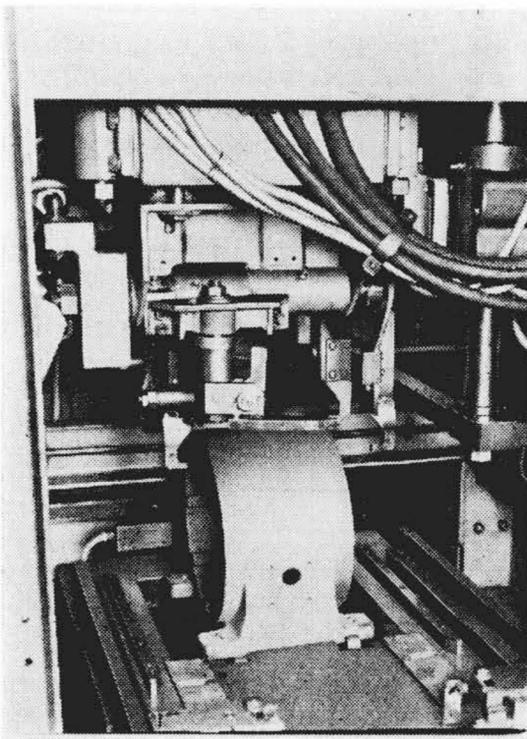
- (1) ワークテーブル、ワーク、ワーク移送装置の關係位置を満足せしめる構造の決定
- (2) ワークの形状寸法による構造の決定
- (3) ワークの変形に対する問題

上記の解決法として二、三例を示す。

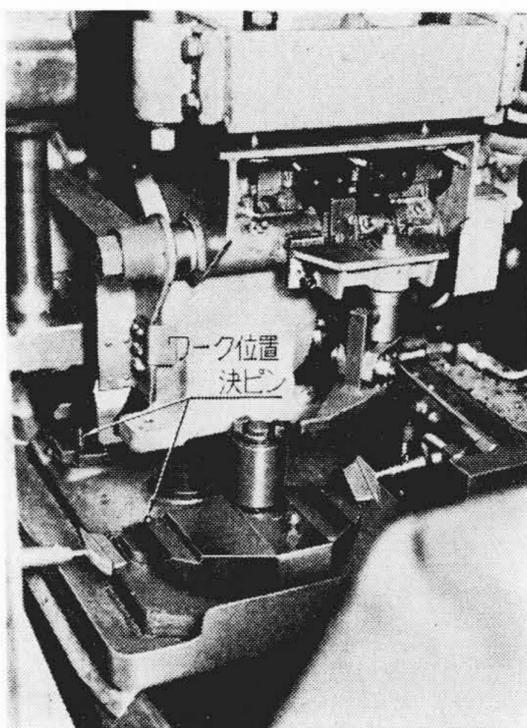
例1 ワーク、ワークテーブル、取付装置、ワーク基準面の關係は第8図 (イ), 第9, 10図に示すとおりである。ワーク移送装置により運搬されてくるワークが図



第13図 ワークテーブル (その2)



第14図 ワークつかみ装置

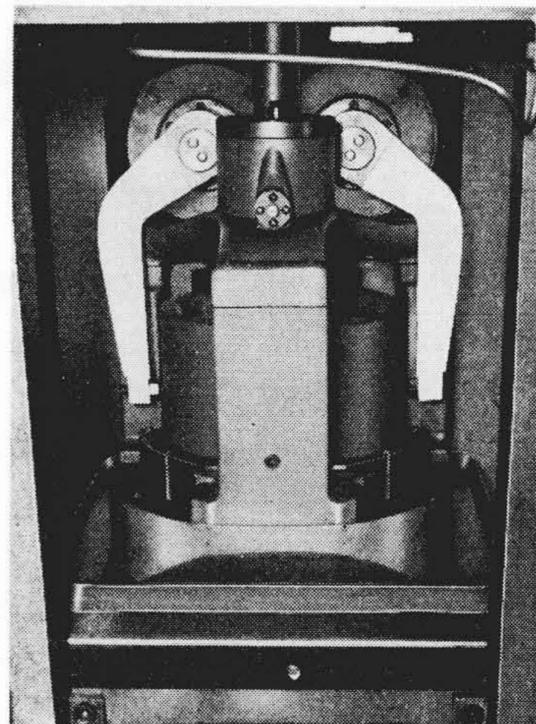
ワークテーブルとワークつかみ装置
第15図 ワークつかみ装置

示のような姿勢であるためワークダンパによりワークテーブルに取り付け容易なる姿勢となるようにワークを回転せしめ、次にワークフッシャによりワークをワークテーブル内に水平移動して取り付ける(第11図参照)。ワークを水平移動したのはワークテーブル基準面に対して直角方向から取り付けることによりワーク寸法の鋳造時1ロットごとに生ずる公差のばらつきを補正し、かつ取り付け機構を簡単にするためである。

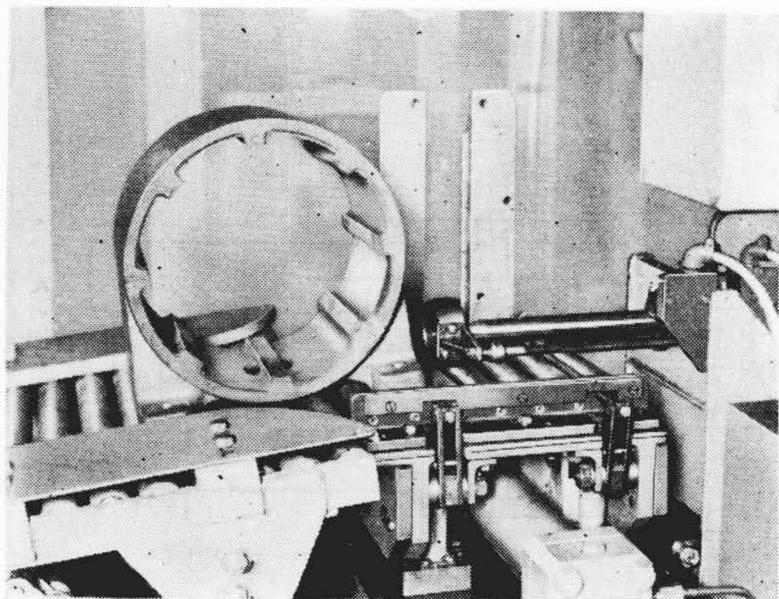
例2 ワーク、ワークテーブル、取付装置、ワーク基準面の関係は第12, 13図に示すとおりである。ワーク基準面が図示のようであるため、ワークつかみ装置によりワークをつかみ懸垂した後(第14図参照)、フィーダによりワークをワーク移送装置上よりワークテーブル上へ移動させ、ワークテーブル上に下降し、ワーク取り付けを完了する。ワークがワークテーブルに対し図示のようにピンにて位置決されるため(第15図参照)、ワークをワークテーブル上で下降する際、ピンとワークの孔と一致せしめるようつかみ装置はワークを水平面内で前後左右および回転に対してある範囲内で自由に移動しうる構造となつている。

例3 ワークが円筒形の場合は別にシャフト用トランスファマシンにて説明する。

一般に本装置はワークテーブルに対するワークの取付基準およびワーク形状により取付方法が決定される。ワーク形状が立方体形であり、取付基準が垂直面内に設置されている場合は、ワークを水平移動してワークテーブルに取り付ける方がワークを懸垂して取り付けるものに比してすぐれ、取付基準面が水平面に設置されている場合は、ワークを懸垂して取り付ける方が水平移動して取り付けるものに比してすぐれている。取り付けのためにワークをつかむ場合ワークの変形を防止するため、つか



第16図 芯出し装置



第19図 ワークフィーダ

により確認する。ゆるめ確認はナットのゆるめによる移動距離を検出し確認する。

トランスファマシンはワークをワークテーブルに取り付けて移動するため、ワークの締付方法は楔作用を利用したネジまたはテーパによる方法に制限されるが、最もよく用いられるのはネジによる締付方法である。締付の機構が楔作用を利用しているために、締めおよびゆるめの際の摩擦係数の差により締付力およびゆるめ力は当然異なる。われわれの経験では回転数200rpm程度で動作部分の慣性力を考慮して締付トルクとゆるめトルクの比を前記のように採っている。締付によるワーク変形の防止および切削力の関係より締付力を調整でき得るようにしてある。

ワークを1箇所締付する場合締付トルクのためワークの芯のすべりが生ずるおそれがある。これに対してはワークとワークテーブル間に案内を設けるか、ナット受けに案内を設けることにより解決しうる。数箇所締付する場合締付ネジを左右ネジとしてワークおよびワークテーブルにかかるトルクが小となるような構造を採っている。

ドライブ駆動の操作源として油圧、空気圧が考えられるが締付力のばらつきを少なくしうる点と、騒音の点より油圧の方が有利である。

3.6 ワーク取出し装置

本装置は加工済のワークをワークテーブルより取出し、移送装置上に供給するのを目的とする。本装置の問題点は下記のとおりである。

(1) ワーク、ワークテーブル、ワーク取出し移送装置の関係位置を満足せしめる構造の決定

(2) ワーク加工面の保護

上記の解決法として二例を記す。

例1 ワーク、ワークテーブル、ワーク取出し装置、ワーク取出し移送装置の関係を第8図(ロ)、第9、10図に示

す。本例は3.3ワーク取付装置(例1)の逆であつて、ワークをワークテーブルよりワークダンパ上に引出し、回転せしめワーク取出し移送装置上に送る(第19図参照)。

例2 ワークテーブル、ワーク、ワーク取出し装置、ワーク取出し移送装置の関係を第12、13図に示す。本例は3.3ワーク取付装置例2の逆であつて、ワークをワークテーブルよりワークつかみ装置にて懸垂し、ワーク取出しコンベア上まで移動後、下降し、ワークをコンベア上に置く。

一般に上記の例に見られるように、ワーク取外し装置はワーク取付装置と逆動作を行わせる方が設計、構造の点からほかの方法にて取外し動作を行わせるより有利である。

3.7 自動取付取外し装置全体について

作業者を代行させることは、前記の各装置を適宜に組合せることによりできる。各装置を全体としてみた場合下記のような問題がある。

- (1) 各装置間の動作関係およびトランスファマシン本機との動作関係およびインターロック
- (2) 稼働率向上
- (3) ワーク基準面の決定
- (4) ワークの動きの決定およびそれに順応する構造の決定
- (5) ワーク形状および寸法による構造の決定

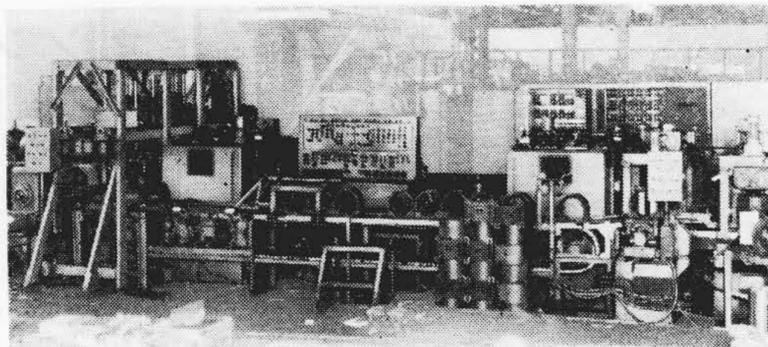
上記の解決法として二例を示す。

例1 各装置、ワーク取付基準面を第8、9、10図に示す。ワークは第8図中の矢印のように移動する。①取付移送コンベヤ上に作業員により供給されたワークを移送する。②移送されてきたワークを選択する。③取付装置内にワークが入る。④ワークダンパ回転し、ワークテーブル取付基準面に対しワークの姿勢を決定する。⑤ワークプッシャにてワークテーブル内に取り付けられる。⑥芯出し装置にて芯出しする。⑦締付装置にてワークテーブルに締付する。⑧ワークを締付したワークテーブルをトランスファマシン本機中にて次々とトランスファし、各加工ステーションにてワークを加工する。⑨加工済ワークをのせているワークテーブルが戻りコンベヤ上を戻り自動切削屑処理装置により清掃され、取外しステーションにインデックスされる。⑩ゆるめ装置によりゆるめる。⑪ワークプラーによりワークテーブルからワークをワークダンパ上に引出す。⑫ワークダンパにて取出しコンベヤに対しワークの転走面を一致させる。⑬にてワークダンパ上より取出しコンベヤ上にワークを押し出す。上記例1の動作順序および各動作の時間的關係を第3表作動ダイヤグラムに示す。

例2 各装置、ワーク取付基準面を第12、13図に示す。ワークは図示矢印のように移動する。①作業員によ

り供給されたワークを取付移送コンベヤ上で移送する。②移送されてきたワークを選択し、取付装置に対して位置決めする。③取付装置はフィーダにより定位置（締付ゆるめ装置がラインベット上にある位置）から移動し、取付用つかみ装置が選択装置により位置決めされたワーク上にくるようにする。④取付用つかみ装置を下降させてワークをつかみ、その状態で上昇する。⑤フィーダにより懸垂されたワークが取付取外しステーションのワークテーブル上にくるまで移動する。⑥取付用つかみ装置を下降せしめ、ワークテーブル上にワークをのせ、取付用つかみ装置のみ上昇する。⑦フィーダにより締付ゆるめ装置をワークテーブル上に移動する。⑧締付ゆるめ装置を下降しワークを締付、上昇する。⑨ワークを締付けたワークテーブルをトランスファマシン本機中にて次々にトランスファし、各加工ステーションでワークを加工する。⑩加工済ワークをのせているワークテーブルが戻りコンベヤ上を戻り、自動切削屑処理装置により清掃され、取付取外しステーションにクランプされる。⑪締付ゆるめ装置下降し、ワークをゆるめ上昇する。⑫フィーダにより取外し用つかみ装置がワークテーブル上にくるまで移動する。⑬取外し用つかみ装置を下降し、ワークをつかみ、上昇する。⑭フィーダにより取外し用つかみ装置を取り出しコンベヤ上まで移動する。⑮取外し用つかみ装置が取り出しコンベヤ上に下降しワークを取り出しコンベヤ上に置き、上昇する。⑯取外し用つかみ装置が上昇後取り出しコンベヤを駆動し、ワークを移送する。上記例2の動作順序および各動作の時間的關係を第4表作動ダイヤグラムに示す。

一般に自動取付取外し装置は上記の例で見られるように各動作間の時間的關係およびインタロックの確実さ、および稼働率の増大が要求される。ワークテーブル取付基準面に対するワークの移動の方式については前記3.3 ワーク取付装置および3.6 ワーク取外し装置に述べたとおりである。ワークの寸法形状に対しては下記のようにした方が有利である。



第20図 自動取付取外し装置

- (1) 大型中型ワークの場合、油圧を操作源とし、シリンダを利用した機構
- (2) 小型ワークの場合、カム機構または主駆動部分のみ油圧、ほかをカム機構

ワーク寸法公差に対しては、たとえば3.5ワーク締付ゆるめ装置にみられるような構造として寸法公差を吸収できるが、公差の小なることが望ましいのはもちろんである。

ワーク取付基準面決定に対して、取り付けひずみの点より十分なる注意を要する。

4. 結 言

以上トランスファマシンの高度オートメーションについて述べたが、今後のトランスファマシンは必然的に以上述べたような方向に進むとともに、この種トランスファマシンの組合せも盛んになり、ワークの形状いかんでは前工程と仕上工程を別のトランスファマシンで行い、しかもその相互間を連結コンベヤで結んで自動的関連作業を行わせ（第20図参照）あるいは数台のトランスファマシンから取り出しコンベヤで検査ならび組立ラインに集中させるなどの使い方も行われるであろう。

終りにACM型トランスファマシンの製作について種々御指導、激励を賜わった日立製作所亀戸工場甲本副部長、青柳課長、山津課長をはじめ関係各位に心から感謝の意を表わす次第である。

Vol. 40

日 立

評 論

No. 9

◎日立屋外用空気遮断器
 ◎大容量空気遮断器の新等価試験
 ◎日本国有鉄道東北線用中央制御無人直流変電所
 ◎ポーターコード型遠方監視制御装置
 ◎巻鉄心形変圧器
 ◎日立空気圧式小型計器
 ◎U23ディーゼルシヨベル
 ◎ドラムブレーキの研究

◎TIE-2型簡易型工業テレビジョン装置について
 ◎高品位アルミニウムを利用した防蝕
 ◎鑄鉄のガス含有量について(第1報)
 ◎熱間工具鋼W-Cr(5-2)系鋼に及ぼすNiの影響
 ◎腐蝕電流の新測定装置
 ◎電極金属内部の電子構造と水素電極反応機構との関連性について

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内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丁目1番地 振替口座東京 20018 番