

トランスファマシンの加工品精度検測装置

Inspection Machines Used in Transfer Machines

松 倉 寿 一* 真 田 郁 男*

Juichi Matsukura

Ikuo Sanada

内 容 梗 概

検測装置をトランスファマシンに組込み、動作を関連づけてトランスファマシンによる加工品の精度保持、フルプルーフな操作を可能にしようとするラインがつぎつぎと製作されている。

この方式により従来のトランスファラインは一段と高度に自動化され完全自動運転も可能となってくる。

ここではトランスファマシンに組込まれる加工品精度検査装置としていかなる方式のものがどのように使用されているか、また実際の製作使用に当たっていかなる点に留意すべきであるかなどの基礎事項について、われわれの製作例を中心に概略を紹介する。

1. 緒 言

トランスファマシンの普及につれてその機能も一段と進歩し、フルプルーフで、かつより高精度のものが要求されるようになってきている。検測装置にライン中に組込むこともその一例であり、欧米において最近多くの例を見受けられ、わが国においても今後漸次増加してゆきつつある。われわれはすでに数台の検測装置を組込んだトランスファマシンを製作したが、以下その例を中心にして検測装置の概略を紹介する。

2. 目 的

トランスファマシンのライン中に検測装置を組込む目的は、高度の加工品精度を確実に安定維持し、また不慮の事故によるラインの故障を排除するためである。組込みに当たってはラインの稼働の安全容易を期するため、検測結果は当然ラインの他の動作とインタロックされ、測定結果の表示を行うとともに、不良品が出た場合には警報を発してラインの運転を中断するとか、または不良品表示のスタンピングを行ってラインの外へ選別するとかの動作を行う必要がある。

そもそもトランスファマシンは単能化された各種ユニットで構成され、同一加工を反覆していること、また加工工程は精度および能率などの点から最も合理的に分割されていることなどから、従来の加工方式をトランスファ方式に置き換えた場合、加工品精度が向上しかつ安定するのが一般である。また加工寸法精度はガウス分布にほぼ従い工具の摩耗そのほかにより分布は漸次偏位してゆく。したがって加工寸法精度の維持は抜き取り検査を行うこと、および工具摩耗を統計的に管理し使用可能個数を決めて、予定個数の使用を終了すればツーロメータ(計数計)によりその時期の到来を知り工具を交換する

といった方法によれば公差の広い場合は十分達成することもできる。しかしながら最近ではさらに一段と高度の加工寸法精度が要求されること、また抜き取り検査では不良品を発見した場合すでに相当量の製品が加工済みとなつている恐れがあること、加工品の材質によつては精度のばらつきの大いものがあること、さらに加工品によつては選択篩合を必要とするなどのことから全数検査の要求が強くなり、検測装置の組込みを要求されることが多くなつてきた。そして測定結果により単に警報を発したり、機械を停止するのみならず、加工ステーションにおける工具の位置制御を行うことも試みられている。

さらにまた加工品の耐圧(吸気・排気穴などの)試験あるいはライン中へ組立作業の導入により組立部品の篩合強度、締付力のテストにも検測装置は盛んに使用されている。

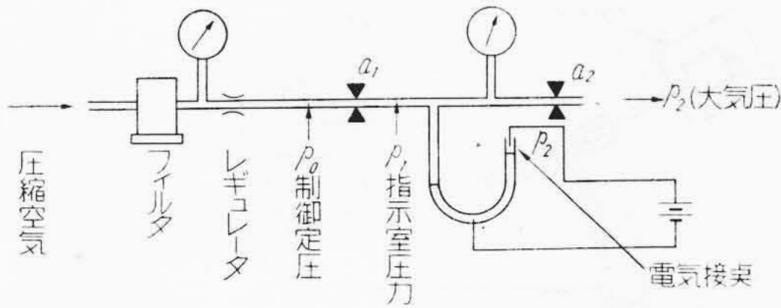
したがって測定対象としては第1に加工品の寸法であり、これには内径、外径、長さ(幅)、穴の深さ、楕円、偏心、テーパ、直角度の測定があげられる。第2は圧力で篩合強度、締付力のチェックに測定される。第3は面粗さ、硬度でそのほかに加工品精度の保持のために温度制御や加工品クランプ位置の測定管理なども行われている。そのほか必要項目はすべて測定対象となり得る。

3. 測 定 方 式

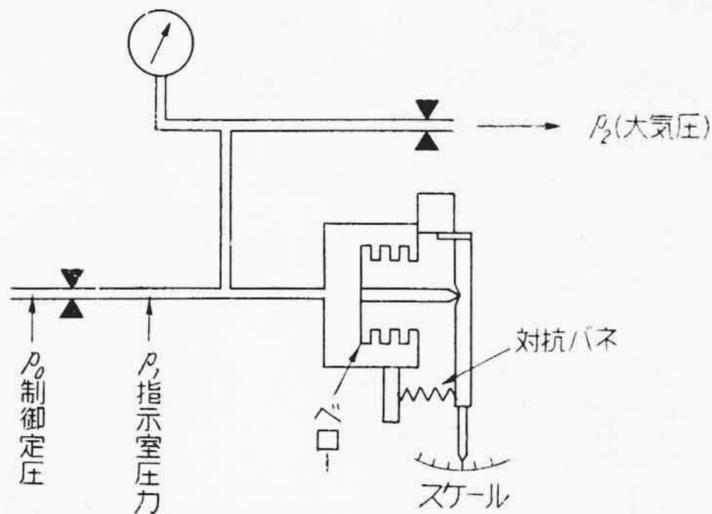
3.1 寸法測定

トランスファマシンに組込まれた検測装置の動作はすべてほかのユニットの動作とインタロックされている。したがって測定結果はすべて出力信号として取り出すことが必要である。たとえば表示はタップ下穴深さ検測の場合のように OK, NG(浅すぎ)の二種類の場合と内、外径測定時などのように OK, +over, -overの三種類を必要とすることがある。後者の場合は必要に応じて実際寸法を読み取りうることを要求される。また測定値に

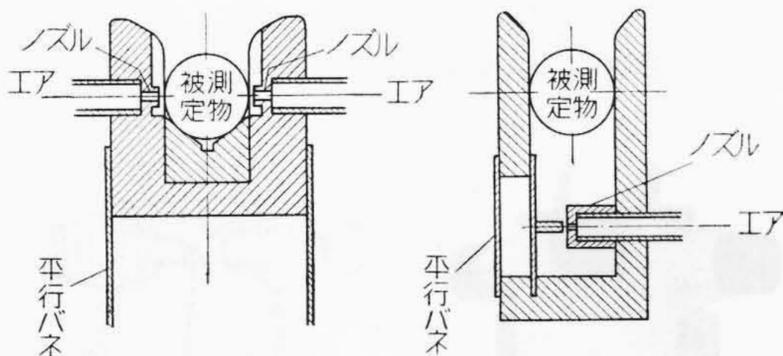
* 日立製作所川崎工場



第1図 エアマイクロメータ原理図



第2図 ダイアル指示型エアマイクロメータ原理図



第3図 直接測定方式(左)と間接測定方式(右)

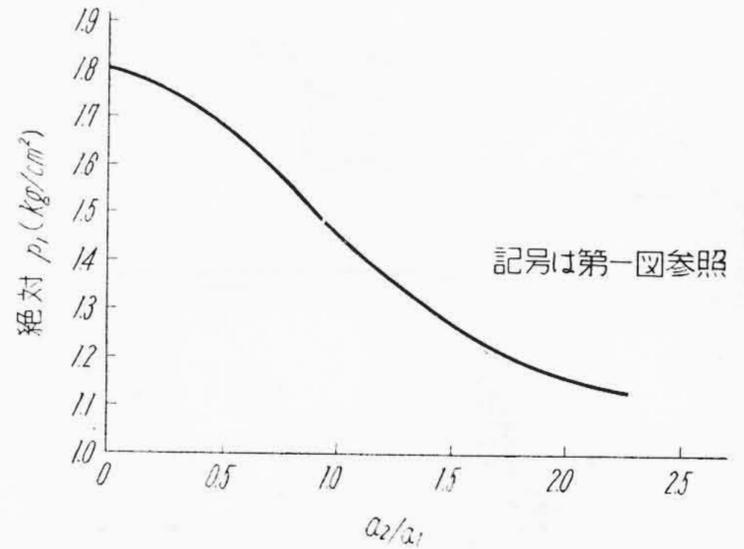
より双物の修正を行う場分にはOK, +over, -overのほか、+注意 (OKであるが-側に双物補正を要す)、-注意 (OKであるが+側に双物補正を要す)の計五種類の出力信号を必要とすることがある。これらの機能を満足させる測定装置は各種あるが大別すると次の方式があげられる。

- (1) エアマイクロメータ方式
- (2) 電気マイクロメータ方式
- (3) 電気接点方式

3.1.1 エアマイクロメータ方式

エアマイクロメータは周知のように常に一定圧力に調整されているエアを、オリフィスを介して一端を指示室に、一端を測定子に送り、被測定物の寸法変化に応じ測定子ノズルから大気中に放出されるエアの量が変化することから指示室の背圧力が変化し、その変化によつて寸法を読み取る装置で、一般的な構成を示すと第1図のようになっている。

寸法読み取りは第1図のように水銀マンメータを使



第4図 制御定圧 1.82 kg/cm² 絶対の場合のエアマイクロメータ特性曲線 (1)

用し、水銀柱の高さによつて行うものと、ペローを使用し指針を回転させて行うものがある (第2図)。

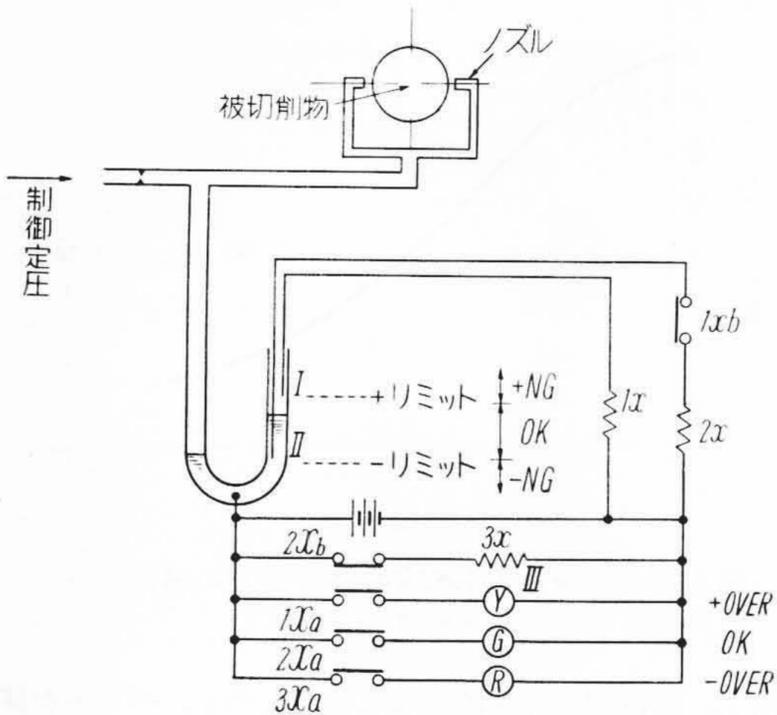
測定には加工品に直接測定子からのエアを吹きつけて行う直接式と、平行バネで支持された接触子を加工品に接触させその動きを測定子で測る間接式とがある (第3図)。直接測定方式は機構が比較的簡単でありまた測定エアで不純物を除去し、たとえば油類が被測定物に付着していても真の値を測定することができるが、面粗さによつて寸法指示が異なってくる欠陥が考えられる。このような場合には間接測定方式を使用する。

制御定圧はわれわれの場合 0.2~0.3 kg/cm² (ゲージ圧力) を使用し、いわゆる中圧エアマイクロメータの範囲に属している。測定物に切削剤その他油などが付着していてもこの程度の圧力で十分真の値を測定することができるが、特に粘度の高い油類が付着している場合、あるいは高感度のものを使用したい場合には制御定圧を 2 kg/cm² に上げたエアマイクロを使用している。

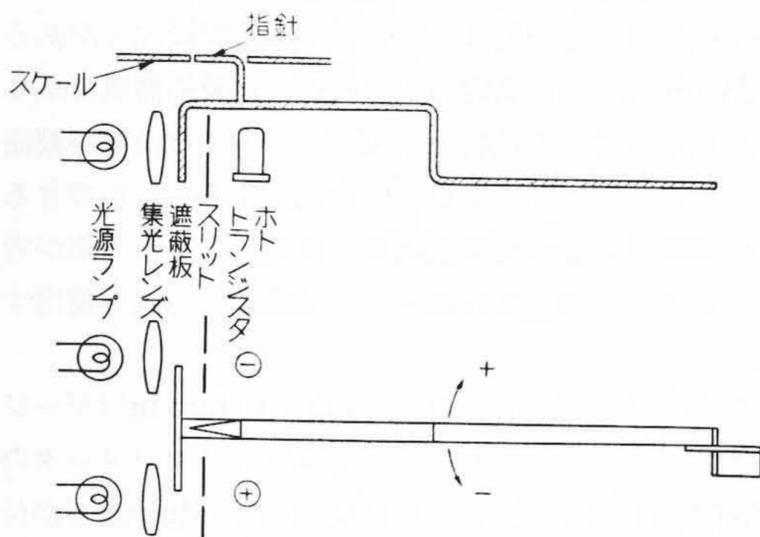
エアマイクロメータの特性曲線は制御定圧、オリフィス径、ノズル径、流量係数などにより異なるが、一例を第4図に示す⁽¹⁾。曲線は弯曲点を有しこの点で倍率 ($a_2/a_1 = a$ とした時 $\left| \frac{dp_1}{da} \right|$) は最大となり、その前後に近似直線部を有する。制御定圧 p_0 が決まれば最大倍率点に対応する a_2/a_1 の値は決定する。測定は最大倍率点を中心とする近似直線部を使用することが必要であり、要求精度に対し測定範囲の広い場合には、⊕リミットおよび⊖リミット付近にそれぞれ最大倍率点を有するよう測定子とマンメータ2本を準備することが必要となる。

このようにして得られた測定結果を電氣的出力に変換するには各種の方式が考えられる。

まず水銀マンメータ方式では電極を挿入し水銀自体を接点として利用する。この場合水銀の汚損を極力さ



第5図 エアマイクロ水銀マンオメータ方式における測定表示

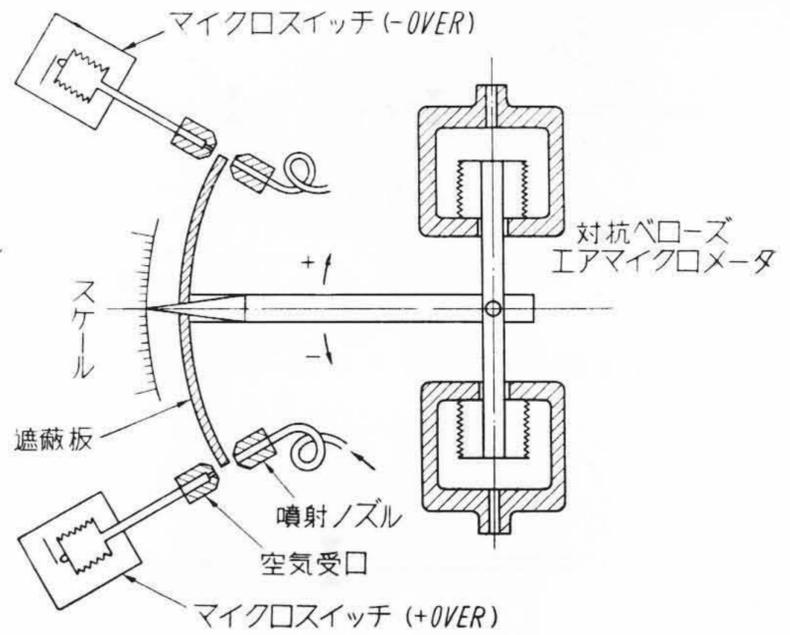


第6図 エアマイクロメータにおけるトランジスタの使用例

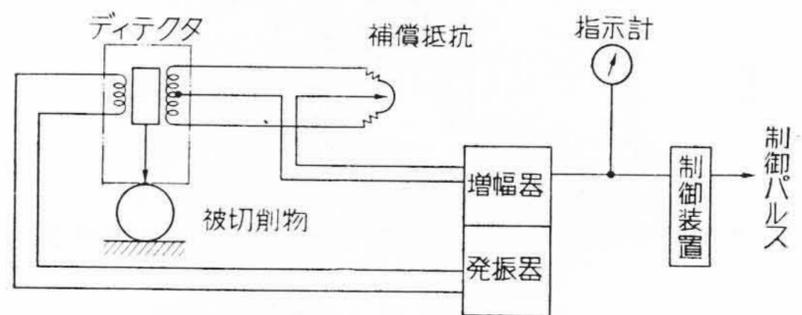
けるため電源には低圧直流を使用し通過電流を少なくしている。水銀マンオメータでOK, +over, -overの三出力をうるには、リレーを使用し第5図のような方法で取り出す。

ペローを使用したダイヤル指示型エアマイクロメータにおいて、われわれはホットトランジスタを使用した。すなわちペローの偏移は拡大されて指針を駆動するが、これと同一の動きをする遮蔽板を設け光源ランプよりの光線を制御する(第6図)。ホットトランジスタは+over, -overに対しそれぞれ1個を置き直接電話器リレーを駆動する。+over, -over, OKのランプ表示に対する原理は第5図と同様の考え方で回路を構成すればよい。

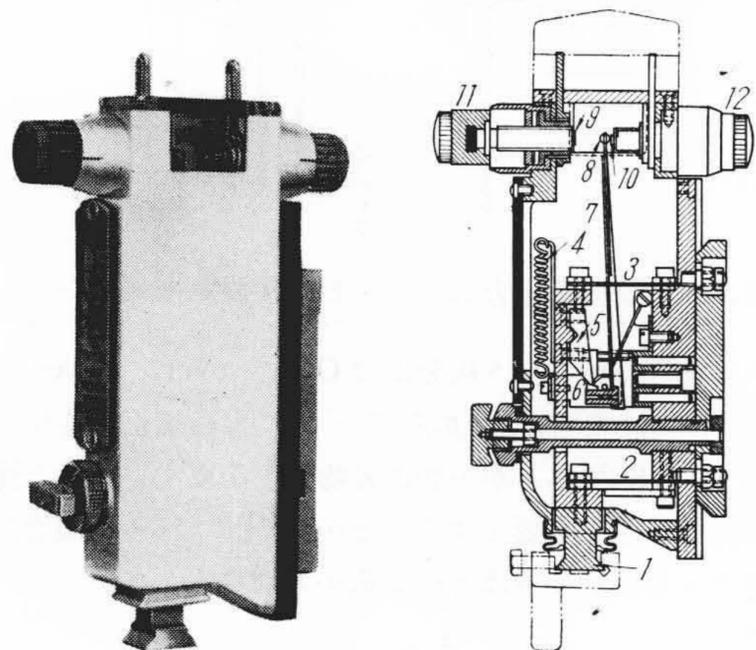
以上の場合はいずれもDC電源を使用しているが、ペローを使用した型式ではエアスイッチも多く用いられている。原理は第7図に示すもので、直接マイクロスイッチを駆動できるため補助リレーやDC電源を必



第7図 エアマイクロメータにおけるエアスイッチの使用例



第8図 電気マイクロメータ原理図



第9図 Sigma Electric Signal Gauge 機構図

要とせず構造を簡単にすることができる。

3.1.2 電気マイクロメータ方式

この方式は最近用いられ始めたが高倍率でかつ測定範囲を広く取ることができ、またパルス点も比較的簡便に多く取り出すことができる。

われわれが使用した電気マイクロメータはリアクタンス型で測定子の偏位によりコイル中の可動コアが移動し出力電圧に変化を生ずる。これを増幅してミリアンメータを駆動し測定箇所の寸法を読みとるとともに、必要寸法に対応して放電管をおき所要シグナルを

第1表 エアマイクロメータと電気マイクロメータの比較

No.	要 目	エアマイクロメータ	電気マイクロメータ
1	読 取 り	水銀マノメータまたはダイヤル	ダイヤル (ミリアンメータ)
2	測定機精度	(イ) スーパーレギュレータ使用時 1μ (ロ) 普通レギュレータ使用時 $2\sim 3\mu$	きわめて良好 33μ レンジで少なくとも 0.4μ のパルス点精度がある
3	測定レンジ	狭い。max. 0.15 mm min. 5μ	広い。max. 3 mm min. 0.1μ
4	測 定 法	無接触測定ができる	接触測定しかできぬ
5	測定時間	安定かつパルス発生まで (安定後パルスを出す) (イ) 低圧～中圧約 4 秒 (ロ) 高圧 約 3 秒	0.5 秒以内 (リレーの作動時間を含む)
6	操 作 法	ややむずかしい	簡単 (零点などはボリューム一つで調整できる)
7	倍 率	原則として行う。 (マスタ 2 個を要す)	倍率調整は原則的に行わぬ
8	測定レンジ 切 換	ステップレスであるから そのつど調整	切換スイッチ一つでできる
9	穴 測 定	min 3ϕ まで測れる (正確に)	穴径に限界がある
10	多元測定	多元測定は比較的困難 (測定箇所ごとに水銀マノメータ, ペローなどを要す)	1 台の電気マイクロで ディテクタ個数を増して行える
11	パフレス点	有限, 最大 10 点程度	連続的に取り得る
12	連続出力	ステップのみ。 (連続はきわめてむずかしい)	連続出力であるからフィードバック (完全な) 自動制御が行える
13	電 気 接 点	水銀マノメータ, エアスイッチそのほか	放電管
14	遠隔指示	10m に対し 1 秒おくれる かつ, 不正確性が増してくる	制限なし
15	測 定 部	小 型	やや大型
16	動 力 源	200VAC (or 100AC) + 空気源 (3 kg/cm^2) + レギュレータ + クリーナ (ドレーン抜きが必要) (これらはパネル外に置くことを要す)	200VAC (or 100VAC) (電圧変動率 $\pm 10\%$ 以内)
17	価 額	やや廉価	やや高価

取り出す。指示計および放電精度は $\pm 0.5\mu$ である。

第 8 図はその原理を示す。

3.1.3 電気接点方式

第 9 図にイギリス Alfred, Herbert 社の Sigma Electric Signal Gauge の機構図を示す。

被測定物により適当な測定子をとりつけようになつているアンビル (1) は平行バネ (2) (3) によりフレームに懸架され, バネ (4) で軽い触圧を与えられている。アンビルの偏位はナイフエッジ (5) ピポット (6) およびアーム (7) で拡大され接点 (8) を移動させる。相対する接点 (9) (10) は被測定物の公差により, ノブ (11) (12) によつて適宜調節され接点 (8) と接触することにより +over, -over などの電気出力をとりだすことができる。Sigma 社で

は 1μ 目盛 0.2 mm 範囲から 5μ 目盛 1 mm 範囲のものまで 3 種類を製作しているが本装置では測定値を読みとることはできない。

測定精度の比較的低い場合にはマイクロスイッチを用いて検測装置を構成する。たとえばタップ下穴深さあるいは幅測定の場合など, 測定子を直接あるいは機械的拡大機構を介してマイクロスイッチを作動させる。

3.2 エアマイクロメータと電気マイクロメータとの比較

われわれは従来エアマイクロメータ, 電気マイクロメータおよびマイクロスイッチを使用して検測装置を構成してきた。そのうち測定精度の高い箇所については前の 2 種類の方式を使用しているが得失を比較すると第 1 表のようになる。

3.3 そ の 他

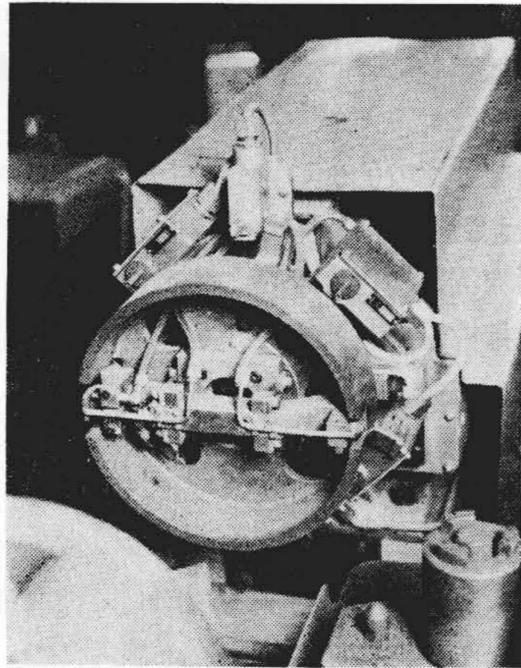
最近のトランスファマシンではプレスによる圧入, ナットランナによる締付なども盛んに行われているが, これらのチェックには油圧回路中に圧力スイッチを組込んで行う。また硬度測定には光電管を使用し管中を落下したダイヤモンドチップがはね上つて光束をさえぎるか否かによつて判定する方法も用いられている。

4. 検 測 動 作

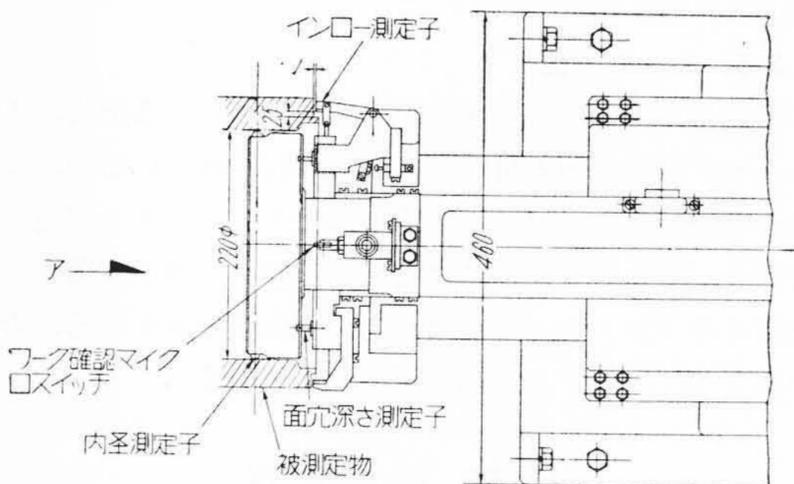
トランスファマシンに組込まれた検測装置は本体と関連して動作することが必要である。その動作は自動運転と単独運転とに大別される。

自動運転では起動指令により測定子は前進し被測定物をはさみこむ。エアマイクロメータ, 電気マイクロメータにおいては被測定物がない場合不良の表示が出るので, 測定はまず被測定物のあることを確認して開始する。エアマイクロでは測定子が測定位置に達してから系が安定するまでに多少の時間を要するので, タイマーを入れすべて条件の整つた時に実際測定を開始する。その結果 OK であれば後退位置へ戻つて異常なく検測動作を終了したシグナルを発する。不良の場合は警報を発し不良箇所を点灯表示するとともに, 進行中の機械サイクルが終了した時に自動運転を中断する。この時実際寸法をよみとりたい場合が多いので, 通常測定子は前進位置で停止させたままにしておく。

自動選別では不良品が出た場合, それを記憶し不良品シュートの所定ゲートを開いて被測定物を分離するとともに, 相次いで数個の不良品が発生した場合ラインの自動運転を停止させるのが普通である。自動運転では測定結果はホールドし各種動作のインタロックに使用するが単独運転の場合にはホールドせず任意の瞬間における状態を表示する。単独運転は各部の機能調整マスタチェッ

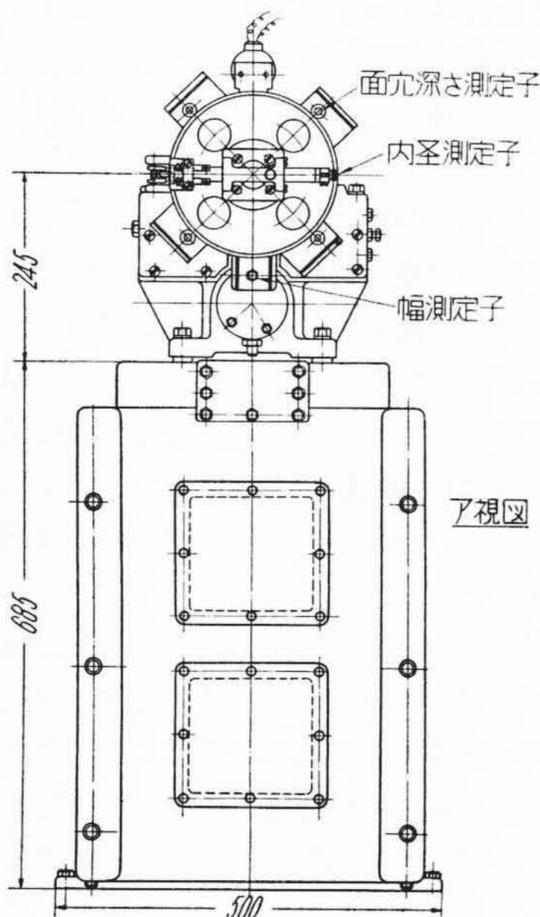


第10図 内径および穴測定用検測ヘッド外観図

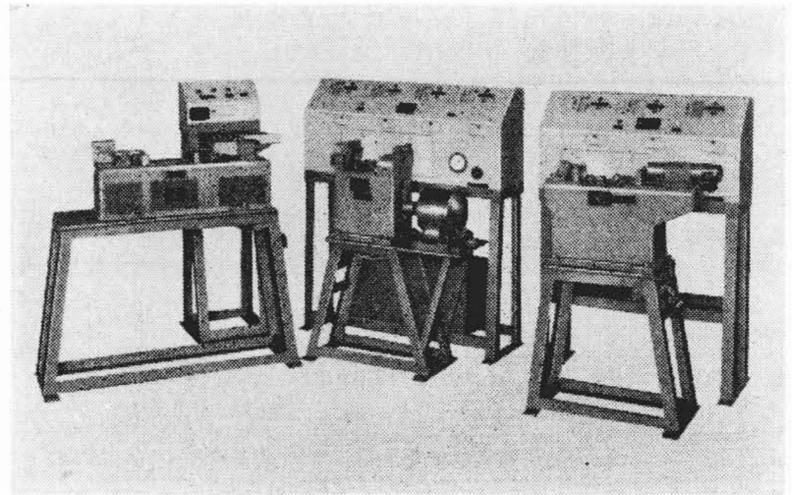


測定箇所	方式	個数
インロー外径	エアマイクロ(間接式)	1
内径	エアマイクロ(間接式)	1
面穴深さ	マイクロスイッチ	4
インロー幅	マイクロスイッチ	1

第11図(a) 内径および穴測定用検測ヘッド平面図



第11図(b) 内径および穴測定用検測ヘッド正面図



第12図 シャフト外径およびセンタ穴検測装置

クなどに使用され、回路が単独になつていれば押ボタンによつて検測戻りなどの動作を自由に行うことができる。

エアマイクロメータ、電気マイクロメータなどによる測定はすべて比較測定であるため、検測動作を行う前にはマスタにより基準寸法をチェックする必要がある。

エアマイクロメータでは、+リミットおよび-リミットの2本のマスタにより倍率および零点調整を行い、測定開始前に原則として一日一回行う。電気マイクロメータでは倍率はほとんど変化しないためマスタは1本ですむ場合が多く、マスタチェックも数日に1回の程度でよい。

回路にはまた必要に応じて運転と休止の切換えスイッチを設けむだ運転を排除する。

5. 構造

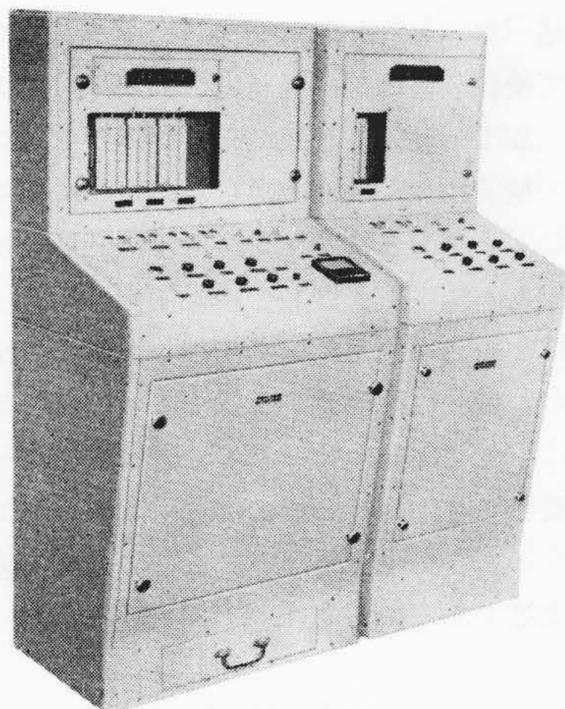
検測装置は大別すると検測ヘッド、制御回路および表示パネルから構成されている。

5.1 検測ヘッド

検測ヘッドは一般に測定子とこれを被測定物にさし込む送り機構からなつていて、測定方式により構造は異なる。第10, 11図はエアマイクロメータおよび電気接点方式を使用した検測装置の一例であり、内径および外径測定用エアマイクロメータ測定子各1個と幅およびタツプ下穴検測用のプラグ5個を有している。

測定ヘッドはローラガイドを有する走り面上をエアシリンダによつて前後進し、前後端位置はそれぞれマイクロスイッチで確認されている。また別個に被測定物の有無を知るためのマイクロスイッチを備えている。

エアマイクロメータは間接測定方式で、測定子は上記シリンダにより被測定物に挿入された後バネの力で径方向に移動し、一定触圧で被測定物をはさみこむ。測定子の動きはプランジェットに与えられ、ノズル面開きを変化して水銀マンオメータを偏位させる。測定は塵埃などの影響をさけるため一般に水平方向で行い、一時に多くの



第13図 検測結果の表示および制御機構を取
めたユニットパネル外観図

箇所を測定する場合測定子はバネで懸架されて検測ヘッド自身の偏心などによる影響を防ぐ。また不慮の事故の際測定子が無理に押込まれて破損することのないよう保護板を取り付けヘッドの前進をはばみ、測定子保護板の中へ引込める。

幅およびタップ下穴深さの測定にはマイクロスイッチを使用し、挿入されたプラグの動きを直接に確認している。プラグには中央を貫通する穴が設けられ測定時エアを噴出して塵埃などを除去している。

第12図はシャフトに対する検測ヘッドで、右および中央はそれぞれ外径3箇所および4箇所の同時測定を行うため3個または4個のエアマイクロ測定子を有し、左側のヘッドはシャフト材料両側のセンタ穴深さをマイクロスイッチによつて測定する。これらはいずれも被測定物が変わった場合、容易に測定子を交換できるようになっている。

5.2 制御回路表示パネル

第13図は上記測定ヘッドに対する制御回路および表示パネル一式を備えたキャビネット外観写真である。内部は防塵処置がされていてリレーおよび整流器などを収納し塵埃によつて事故を発生しやすい電話器リレー類はさらに完全密閉箱に収納されている。

外部には測定結果を表示するランプ類測定値読取用の水銀マンオメータを正面に配置し、また単独操作に必要な押ボタン類を傾斜面に取り付けている。これら器具は操作に最も便利のように配置を考慮せねばならない。すなわち押ボタン類は使用頻度の高いものを検測ヘッド側に配置し、かつヘッドを左にみて右手で押ボタン類を操作できることが望ましい。マンオメータあるいはダイヤルの読みは下から上へ、あるいは左から右へいくに従い+

なるのが原則で、ランプ類はOKを緑、外径測定における+over(追加工可能)を黄、-over(完全不良品)を赤で表示している。これらの器具は同類のものを集めてほかの集まりと適宜間隔を広げあるいは色別に区別する。キャビネットの大きさはトランスファマシンの性格上極力コンパクトであることを要するが、作業者の目視操作を考慮して最も適した形状大きさを決定する。ダイヤル表示の場合スケールは淡黄色の地肌で黒色の目盛および文字が見やすくまた指針も文字と同色がよい。視差を避けるためにスケールと指針の間隔はできるだけせまく、できうれば第6図の例のように同一面上にとることが望ましい。指針の形状はできるだけ単純にし、目盛および文字の間隔はせまくならぬようまた指針の移動により蔽いかくされることのないよう注意する。

5.3 製作上の注意事項

トランスファマシンに検測装置を組込むに当つては、従来の測定室の環境と異なり加工ラインの中に置くことを十分考慮することが重要である。すなわち防塵防水(油)耐震などに注意しそれらに対する完全な保護装置を具備すること、そして従来の検測装置の考えを離れライン中のユニットと比較しうる強度剛性度を持たせることが必要である。たとえば測定ヘッドは十分強度をもたせ熱処理、潤滑に考慮するとともに、前後の加工ステーションからの切粉、塵埃、切削剤などにより事故を起さぬようカバーを設ける。電気品は特に塵埃、湿気に対し弱いいため十分な対策を必要とする。またトランスファマシンの検測装置は完全に無人運転であるため、誤つて未加工部品が流れてきた場合などでも測定子を破損せず不良検出を行いうるよう保護装置の取付けが肝要である。

反面トランスファマシンでは所要面積の制限を受けており、できるだけコンパクトに設計せねばならないが、事故を少なくするためにも使用器具の個数はできるだけ少なくし保守管理点検を容易にする。またラインによつては加工品の種類の多いこともある。この場合段取り換えを迅速に行い、かつ高精度を維持するには加工品の種類に応じ専用の測定子を作成し、一式全体を交換する方がよい。

検測装置の精度は通常測定物の公差の $1/10$ をとつている。すなわち公差が $2/100$ mm幅の場合の検測装置の精度は $2\mu(\pm 1\mu)$ とし測定方式を決定する。エアマイクロメータの場合精度 $\pm 1\mu$ 以上の場合には水柱2mのスーパーレギュレータをおき、制御定圧の変化を 5mmAq の範囲内におさえてその精度を保証している。

6. 検測装置によるバイトの位置補正

検測装置は構成により各種のシグナルを取り出すことのできるから、不良品の出る前に測定結果を前段の加工

ステーションにもどし双物の位置を調整することができる。われわれの場合は前に述べたように OK, +over, -over+注意, -注意の五種類の信号をとり出し+注意および-注意の場合には電磁バルブを作動してそれぞれ0.005 mm ずつ双物を前進または後退させている。+overあるいは-overの場合の取り扱いについては通常の検測装置と同様である。

Jones & Lamson 社の場合には-注意が連続して二回発生した場合→ステップ双物を後退させ、-over一回の時は被測定物を選別分離して同時に双物一ステップ後退させ、続けて二回-overとなれば機械を停止し不良表示を行つている。+例もほぼ同様であるが+注意による双物前進が十回繰り返されると円形チップをインデックスして新しい切刃を出し、また+overの時は一回のシグナルでチップをインデックスするように回路を構成している⁽²⁾。

7. 結 言

以上トランスファマシンの組込まれた検測装置について

て概要を述べた。われわれが製作したトランスファマシンの検測装置は加工品精度管理に十分効力を発揮している。加工と運搬とを集約化したトランスファマシンの検測動作が関連づけられ、さらに組立作業が行われるなどトランスファマシンの漸次発展を続け、やがて自動無人工場へも発展してゆく傾向にある。今後とも検測装置を組込んだラインは増加し進歩してゆくと考えられるが、精度維持、コスト低下などの点で改良されるべき点は少なくない。特にこの分野は関連メーカーとの協力が必要であり、われわれの場合も関係のかたがたの協力に負うところが少なくない、ここに記して感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 石原：エヤーマイクロメータ 日本規格協会
- (2) David N. Smith: Role of Statistical Computation in Machine-Tool Feedback Gaging: Control Engineering: Vol. 4. No. 9 p. 190.



新 案 の 紹 介



実用新案第464469号

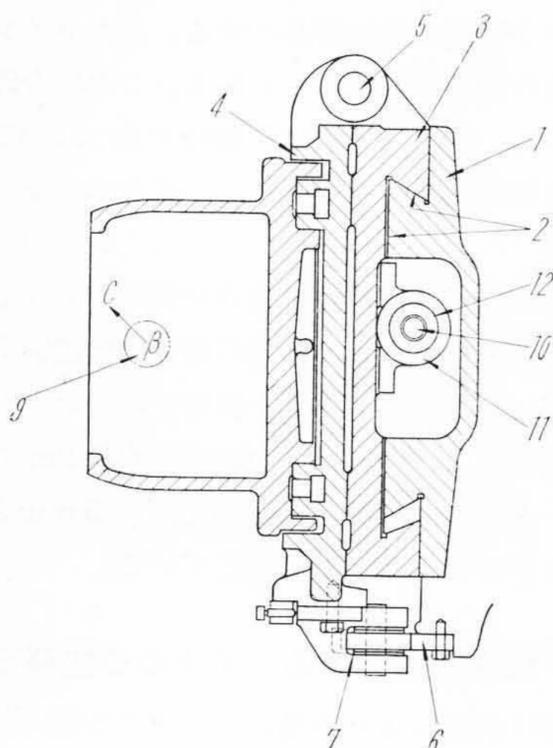
松本源次郎・嘉瀬博

歯車形削盤におけるクラウニング装置

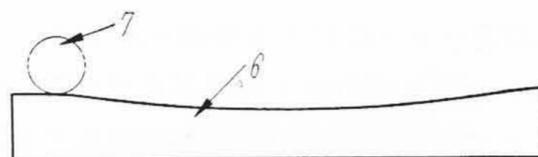
この実用新案は、歯形を任意の曲面をした母型にならつてクラウニング加工することのできるものである。

第1図に示すように、送りネジ棒(10)を正逆方向に回転させると、上記送りネジ棒(10)に螺合するネジ管(12)およびネジ管(12)を固定する軸受(11)を介して往復台(3)および双物台(4)が本体(1)の摺動面(2)を往復動する。双物台(4)が往復動すると、これに伴つて双物台

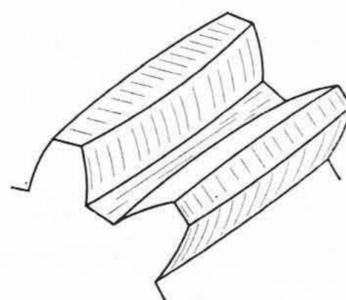
(4)の下部に取り付けられた転子(7)が母型(6)の曲面上(第2図参照)を転動するので、双物台(4)は、摺動しながらピン(5)を中心として浮上る作用をする。したがつて双物軸(9)は、別機構(図示せず)により回転しながらかつ軸方向に運転しつつ中心(B)より(C)方向に運動を行い、第3図に示すように歯形を形削するように双物を運動させることができる。



第1図



第2図



第3図