

日立精密平面研削盤用自動定寸装置

Automatic Sizing Device for HITACHI Precision Surface Grinder

松 倉 寿 一* 菊 池 隆*

Toshikazu Matsukura

Takashi Kikuchi

内 容 梗 概

平面研削盤用自動定寸装置は高精度を得ることがむずかしいので今まですぐれたものがなかった。このたび日立製作所が、日立精密平面研削盤用として開発した自動定寸装置は高感度の差動変圧器方式を採用したもので、これにより平面研削盤の特異性を克服して、高精度の実現に成功するとともに優秀な操作性をもたせることができた。

本文には平面研削盤の特性と本装置の機構、仕様、および研削を行なった場合の総合精度について述べる。

1. 結 言

多数の部品をすべて高精度に研削加工したい場合に、いつまでも人間の勘や熟練に頼っているのは作業能率を高めることができない。このような場合に研削盤自身で加工中の部品の寸法を検測して、目標とする寸法(定寸)に達したときに研削停止信号を発する装置を取り付けて生産性の向上と加工精度を高めることが古くから考えられている。このような装置を一般に自動定寸装置と称している。シャフトなどの研削を行なう円筒研削盤では、容易に自動定寸装置を取り付け得ることから各種の自動定寸装置があり、メータをつけて研削中の部品寸法を表示したり、定寸に達する適当な前でと石の切込量を少なくするための信号を発するなどの補助動作を行なうことができるようになったものもある。また精度はミクロン台であることが必要とされている。

しかるに平面研削盤用としての自動定寸装置は、平面研削中の部品寸法を高精度に検測することがむずかしいので、国内外を通じてわずかに数社が自動定寸装置を付属させているにすぎないが、それらも高精度を期待できる実用的なものではなく、平面研削盤用自動定寸装置は円筒研削盤用のそれと比較して数歩おくらしている観があった。このおくれをとりもどして平面研削作業の自動化を図り、加工部品の均一性・生産性の向上を図るために、このたび新形日立精密平面研削盤用自動定寸装置を開発した。この装置は、従来の経験をもとに平面研削盤用自動定寸装置の特異性を十分検討した結果、高精度の差動変圧器を使用し、制御装置には長寿命・小形の半導体回路を採用して完成したもので、精度・操作性ともすぐれた画期的な装置である。

以下に本装置について述べる。

2. 自動定寸装置の検測方式

自動定寸装置は取り付ける研削盤によって円筒研削盤用、平面研削盤用などに分けられるが、それらに使用されてきた検測機構は大体次の4種に限定される。

- (1) 電気接点方式
- (2) 差動変圧器方式
- (3) 空気マイクロ方式
- (4) その他(光電方式など)

以上のうち(4)は実用性の少ない特殊構造のものが多く、(3)は応答がおそく、また高速空気が飛散させる研削液が有害であるとの理由で実施例は少ない。したがって、自動定寸装置のほとんどは(1)または(2)の方式をとっている。

空気マイクロ方式では加工部品に無接触にて検測が可能であるが、その他の方式のものはすべて寸法を検測するための接触子を有している。さらに、自動定寸装置としては、てこなどの変位拡大機構を有しているものと、そうでないものに分けることもできるが、機構が複雑になればそれだけ高精度の維持に細心の注意を払う必要を生じてくるので、機械的拡大機構をとるか、電氣的増幅機構を採用するか、その目的に応じて方式を選択する必要がある。

3. 平面研削盤用自動定寸装置の特異性

平面研削盤用自動定寸装置は円筒研削盤用のそれに比べて加工部品寸法の高精度検測を安定に行なうことがむずかしい。これは

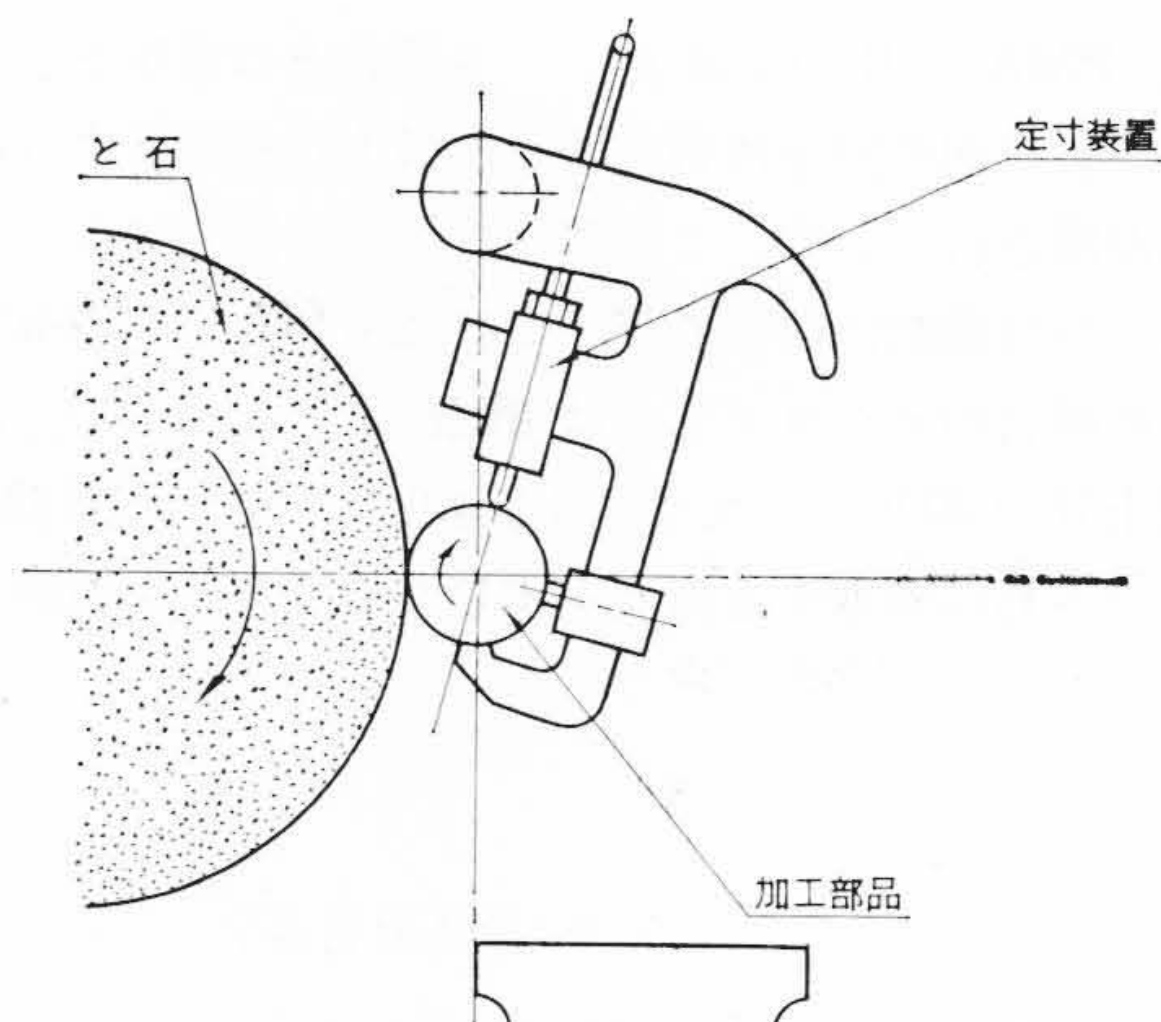
- (1) 平面研削盤においては加工部品の寸法を直接検測できない。
- (2) 平面研削盤は研削時の振動・衝撃が大きい。
- (3) 接触子が加工部品に断続的に接触する。
- (4) 加工部品の取付にマグネットチャックを使用するので研削粉の影響を受けて測定誤差を生じやすい。

からである。

以下にこれらについて簡単に説明する。

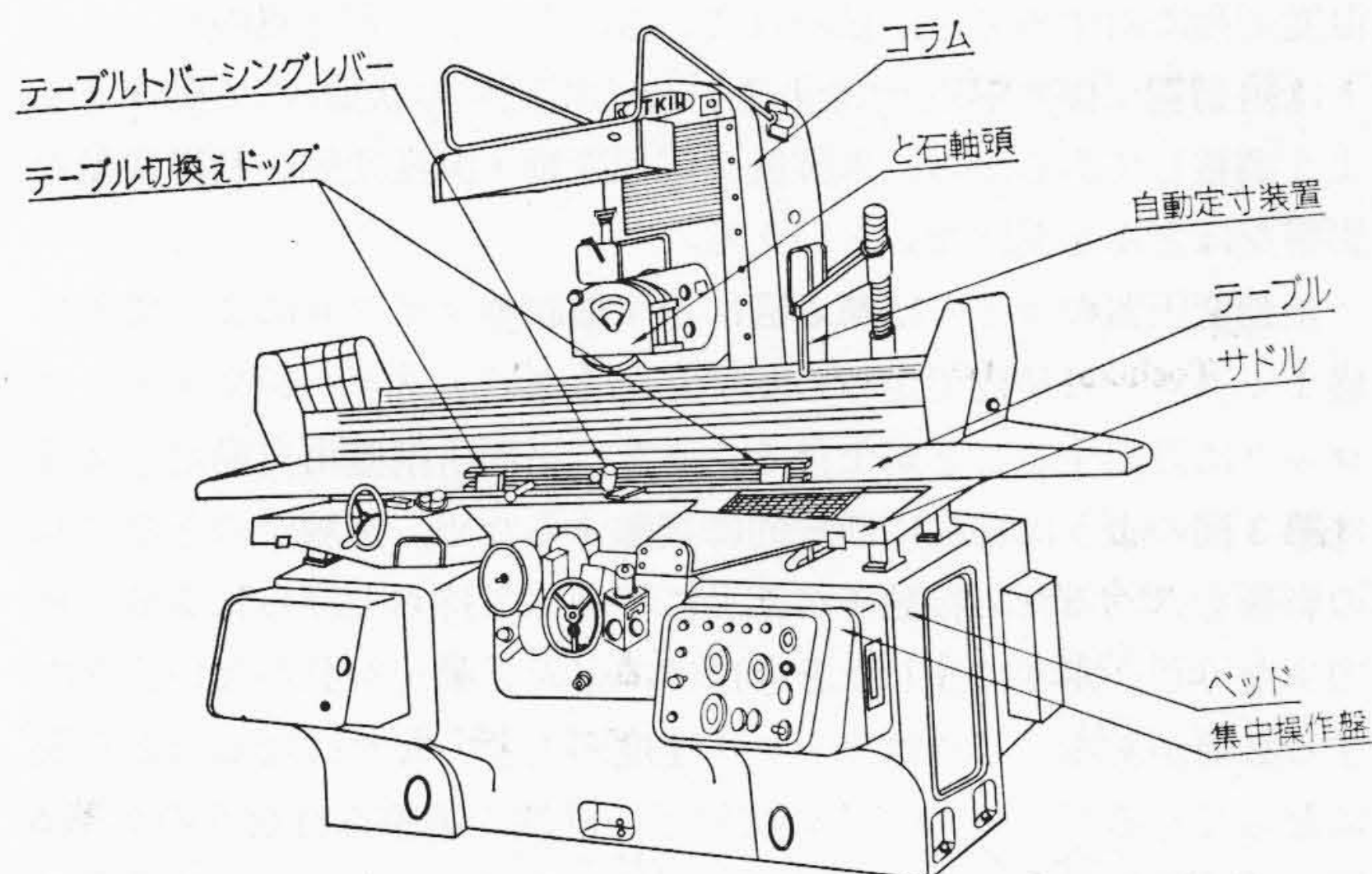
3.1 加工部品の寸法を直接検測できない。

円筒研削盤においては一般に第1図に示すように自動定寸装置が直接加工部品をはさんで直径を直接検測することができる。しかるに平面研削盤においては第2図、第3図に示すように研削盤のテーブルにマグネットチャックを取り付け、それに加工部品を吸着させて研削を行なう。このため加工部品の寸法を直接はさんで測定することができずマグネットチャックおよびテーブルを介して行なわねばならない。このテーブルが研削動作に伴って左右に毎分最高30m

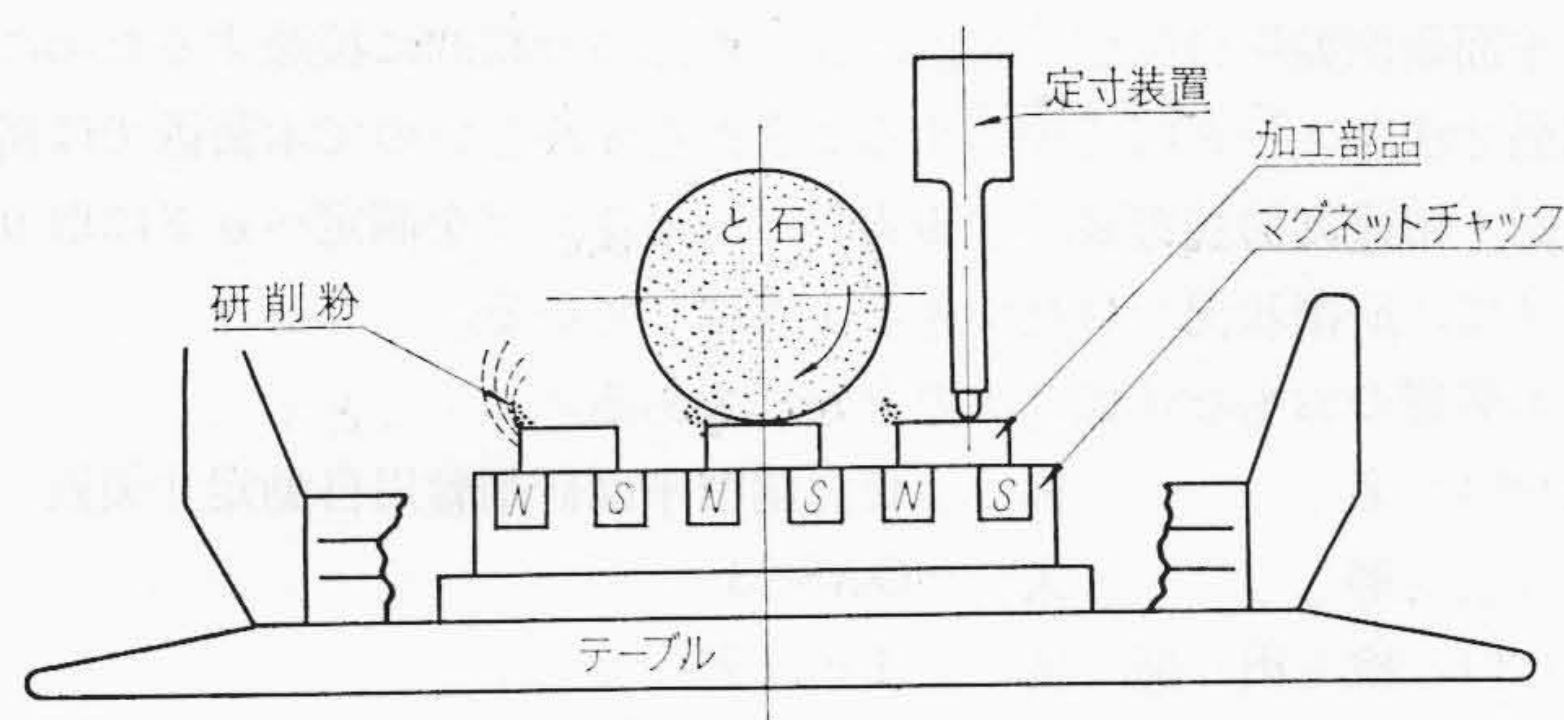


第1図 円筒研削盤用自動定寸装置

* 日立製作所川崎工場



第2図 日立精密平面研削盤



第3図 研削検測機構

程度の速さで往復している時に検測を行なう必要があるから、高精度に加工品寸法を測定することがむずかしい。

なお、第2図は日立精密平面研削盤 GHL-300 S-9 を示す。

3.2 平面研削盤は動作時の振動・衝撃が大きい

円筒研削盤においては加工部品は第1図に示すような回転運動を与えられるだけでと石軸頭が前後左右に動いて連続的に研削を行なうものであるから、加工部品および自動定寸装置に加えられる振動・衝撃が小さく、高精度の検測が比較的容易に行なえる。

しかるに前項に述べたように平面研削盤のテーブルは最高 30 m 程度で往復運動し、テーブルを乗せているサドルはテーブルの左右進端で前後に間欠送りがかけられるので、これらの運動の切換点において加工品に衝撃が加えられる。

また、第3図に示すように一般に平面研削盤では同時に多数個の部品を取り付けて同時研削を行なうが、このような場合には断続研削のため振動・衝撃が発生して測定誤差が生じやすい。

3.3 自動定寸装置の接触子が加工部品に断続的に接触する

第3図に示したように同一部品を多数個同時に研削する場合には、自動定寸装置の接触子は寸法を検測する加工部品に断続的に接触する。一方、第1図に示した円筒研削盤用自動定寸装置の接触子は常時加工部品に接触して連続測定を行なうことができる。このため平面研削盤用自動定寸装置は振動に強く、その上応答の早いことが要求される。

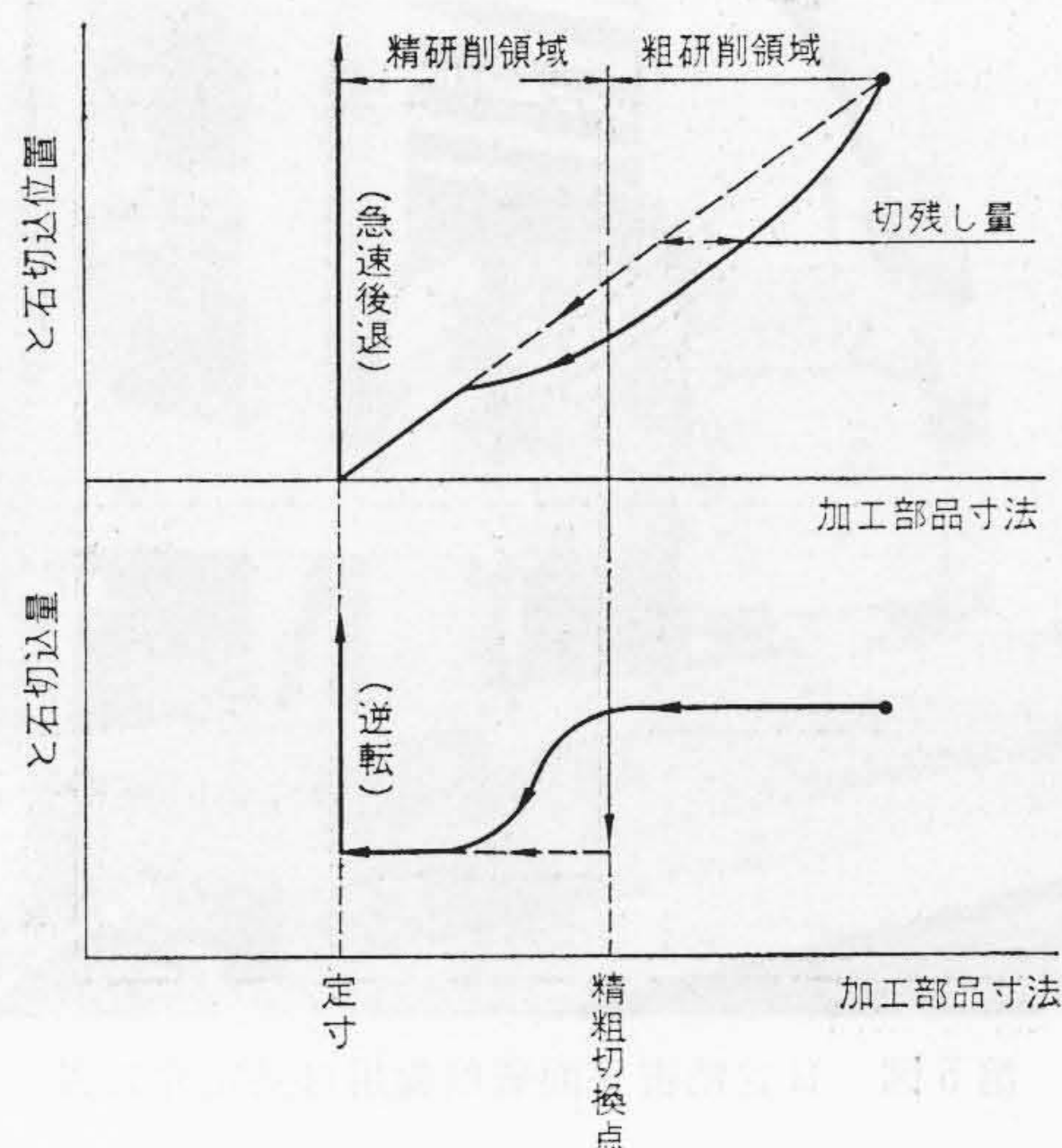
3.4 マグネットチャックに吸着される研削粉の影響を受けやすい

平面研削盤のマグネット・チャックは大きな電磁石であり、これに部品を取り付けて研削を行なうと第3図に示すように漏えい磁束の大きな部品端に研削粉が吸着される。定寸装置の接触子がこの研削粉の中を通過するので測定誤差を生じやすい。

4. 日立精密平面研削盤用自動定寸装置

4.1 平面研削盤用自動定寸装置に要求される条件

自動定寸装置としての必要条件は加工部品寸法が定寸に達したこ



第4図 加工部品寸法とと石切込

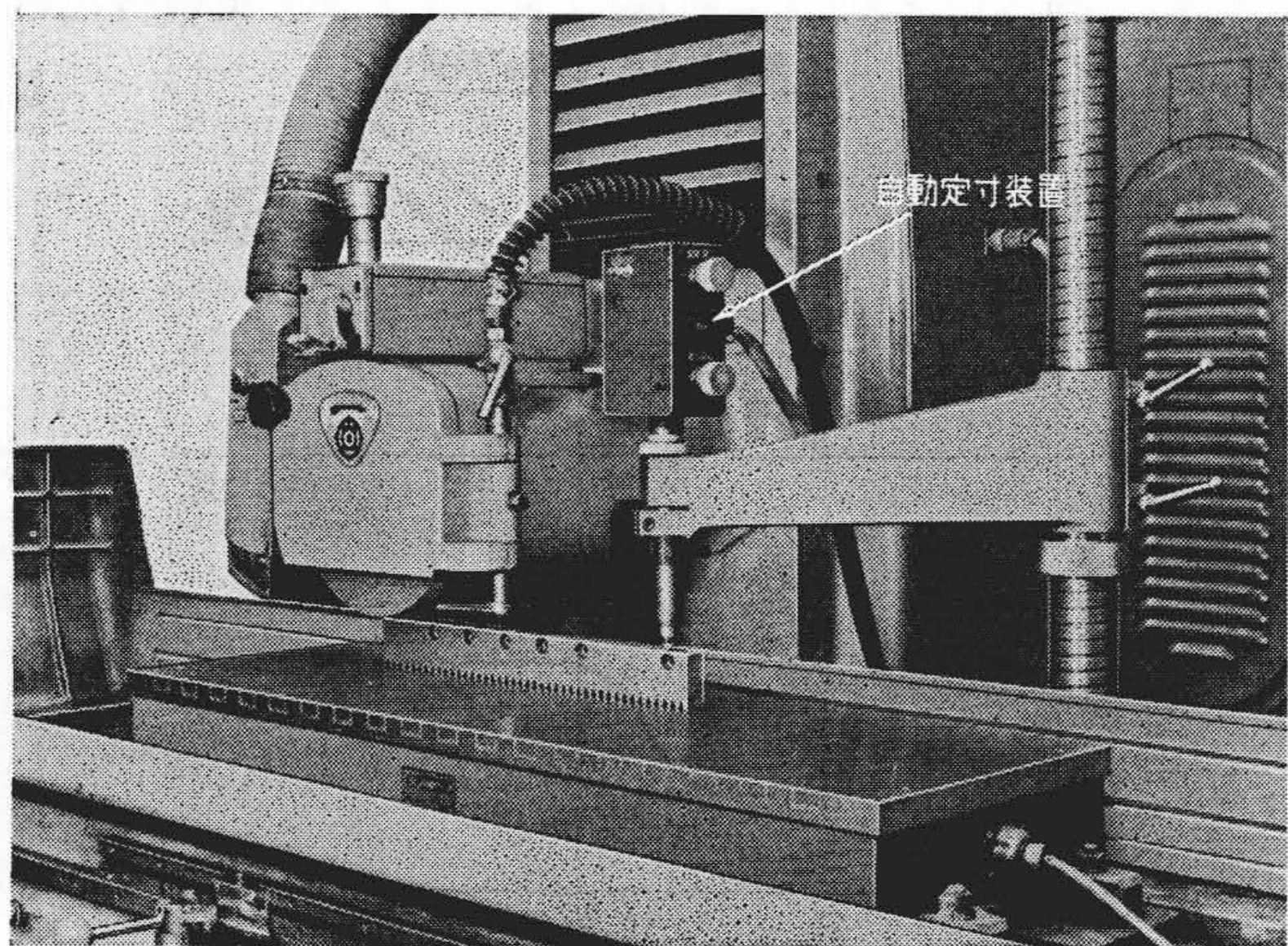
破線は理想的な場合を示し実線は実際の経過を示す。

とを検測して研削を停止させることであるが、研削盤においてはと石の真下にて研削中の部品寸法を検測してと石の切込量を制御することができないので、と石の切込みによって研削された後の寸法を検測して研削動作を制御しなければならない。したがって高精度かつ高能率の自動定寸研削を行なうには、定寸の適当な前でと石の切込量を少なくして小量ずつ研削することが必要となる。また、と石は正確にバランスをとって使用するため、定寸に達した時に研削動作を停止させてもと石は慣性によってしばらく回っており、後述するとおりと石軸にたわみがあるため、研削を停止させると同時にと石を研削面から急速に後退させないと、研削中に累積したと石軸のたわみが回復して余分に切り込んで高精度が得られなくなる。したがって部品寸法が定寸に達したならばと石は加工部品から逃がさなければならない。

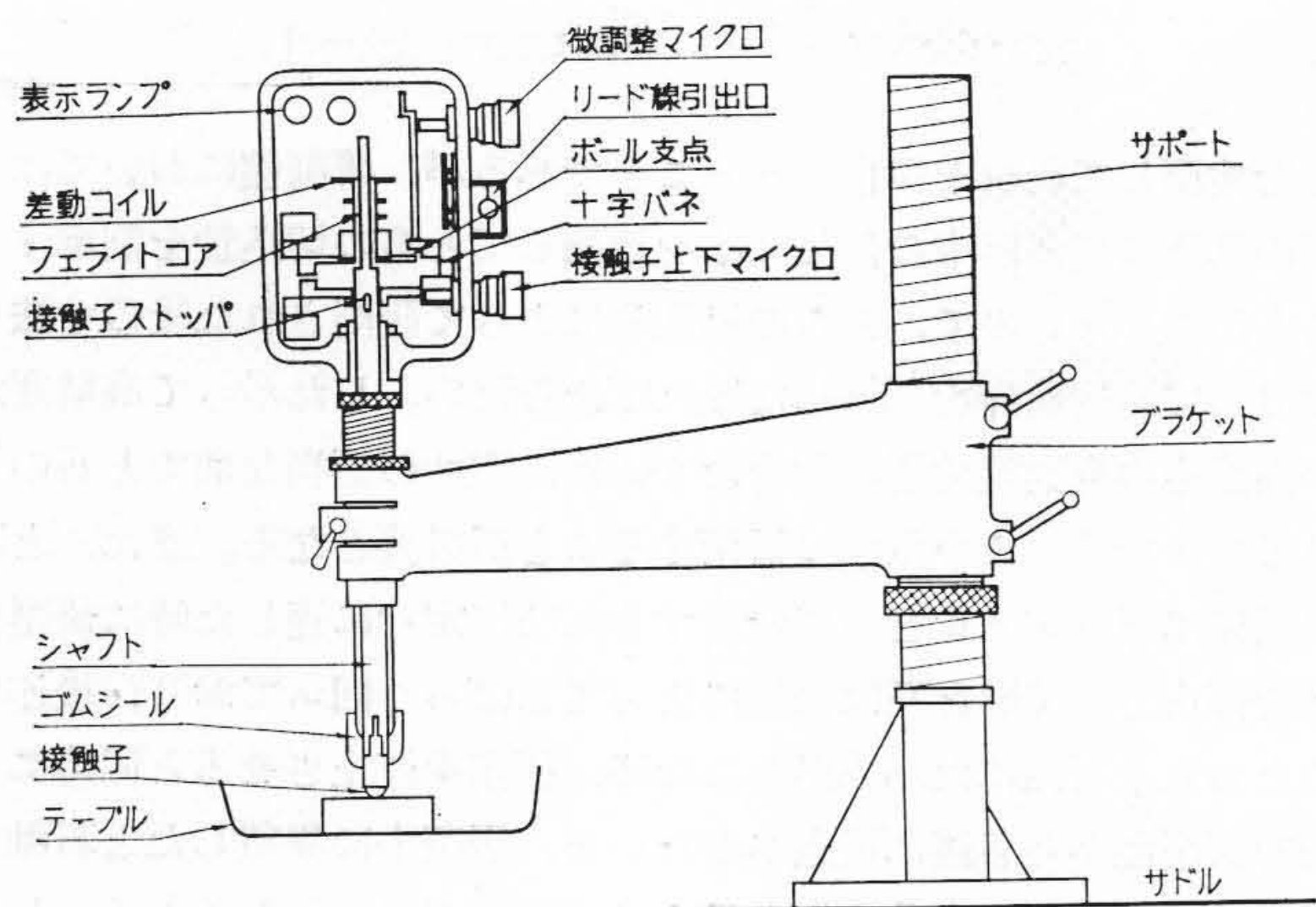
これらの関係を第4図に示すが、と石切込量の大きな範囲を粗研削領域といい、研削はこの領域から始められる。研削が進んで部品寸法が定寸の適当な前(精粗切換点)になった時にと石切込量を小さくし精研削領域にはいる。粗研削領域においてはと石切込量が大きいため、と石に作用する研削力も大きく、この力がと石軸にたわみを生ずる。このためと石軸の切込量と実際の研削量とが一致しない、いわゆる切残しを生ずるが、このと石軸のたわみはと石切込量の少ない精研削領域にはいって研削力が小さくなると次第に回復するためにと石の切込位置および研削量は第4図に実線で示す経過をたどる。この切残し量は研削条件(加工品硬度・粗研削条件・と石条件・その他)によって大幅に変化するために自動定寸装置としては精研削領域を研削条件によってある程度自由に調整できることが望ましい。従来の平面研削盤用自動定寸装置には精粗切換がなく、始めから終わりまで同じ切込量で研削するものもあり、また、と石面の修正(と石の目づまりや粗研削・精研削などの研削条件の変更に応じてと石を整形すること)によって精研削範囲が大幅に変わってしまうものもあって、切残し量やと石面の修正を考慮すると高精度・高能率の定寸研削のむずかしいのもあった。

以上の点から平面研削用自動定寸装置としては、

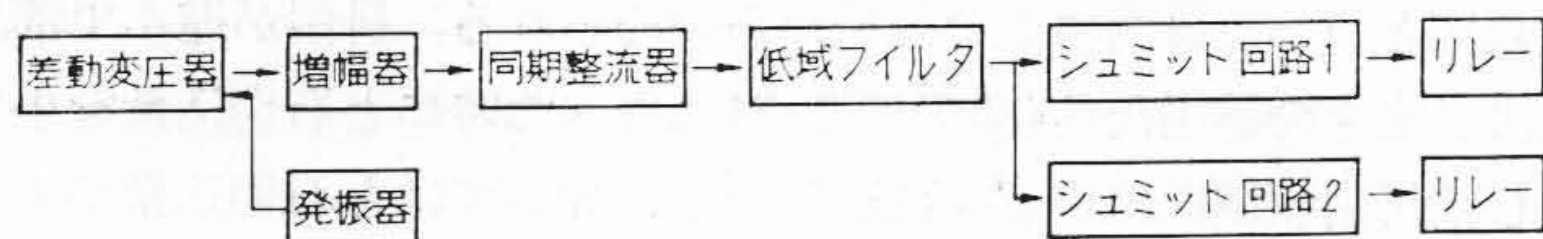
- (1) 振動・衝撃の影響を受けにくい高精度の検測器を使用すること。
- (2) 精研削・粗研削の切換を自動的に行ない、かつ精研削領域を研削条件に応じて調整できること。
- (3) 部品寸法が定寸に達したときにはスパークアウトを行わずに研削を停止し、かつと石を逃がすこと。



第 5 図 日立精密平面研削盤用自動定寸装置



第 6 図 日立精密平面研削盤用自動定寸装置



第 7 図 ブ ロ ッ ク 線 図

以上が高精度実現のための必要条件である。このほか、実際の使用にあたっては操作性のよいこと、長寿命で信頼性の高いことが要求されるのはもちろんであるが、高精度の定寸研削を行なうには振動・衝撃の少ない優秀な平面研削盤に取り付けて慎重に操作する必要があることを忘れてはならない。

4.2 日立精密平面研削盤用自動定寸装置

日立精密平面研削盤用自動定寸装置は高感度の差動変圧器と長寿命、小形軽量の半導体制御装置によって前項の諸条件を満足するように設計された自動定寸装置である。

第 5 図は研削中の本装置であり、第 6 図、第 7 図には本装置の測定ヘッドの構造と制御装置のブロック線図を示す。測定ヘッドの下端には直径 10 φ の超硬球をろう付けした触圧 200 g の接触子があって、研削中測定ヘッドの下を通過する部品寸法に応じて差動変圧器のフェライトコアを上下して寸法を検測する。差動変圧器には 4 kc の交流が印加されていて、検測結果に応じた差動変圧器の出力電圧を制御回路にて増幅・同期整流して定寸および精粗切換の二つの信号をシュミット回路およびリレーにて得ている。これらの制御回路はすべて定電圧電源から電力を供給し、ブロックごとにすべて

温度変動に対する考慮が払われている。その上、定寸点のシュミットは差動変圧器の零点(すなわち、出力電圧零の状態)にて動作するよう調整してあるから、本装置は電源変動・温度変動・利得変動の影響をほとんど受けないといえる。

差動変圧器のコイルは第 6 図に示す微調整マイクロによって 1 目盛 1 ミクロンの精度で定寸の基準となるブロックゲージやモデルブロックに設定することができる。また、平面研削盤用自動定寸装置は第 3 図のように部品に断続的に接触するため、接触子のとびはねの影響をさけるため接触子が部品に接触して持ち上げられる量を極力少なくし、定寸に達したときにはほとんど動くか動かない状態にする必要がある。これはテーブル速度が大きくなればなるほど必要になってくるが、そのために接触子下降端の調整を行なうのが第 6 図に示す接触子上下マイクロであって、1 目盛 5 ミクロンの精度で調整できる。

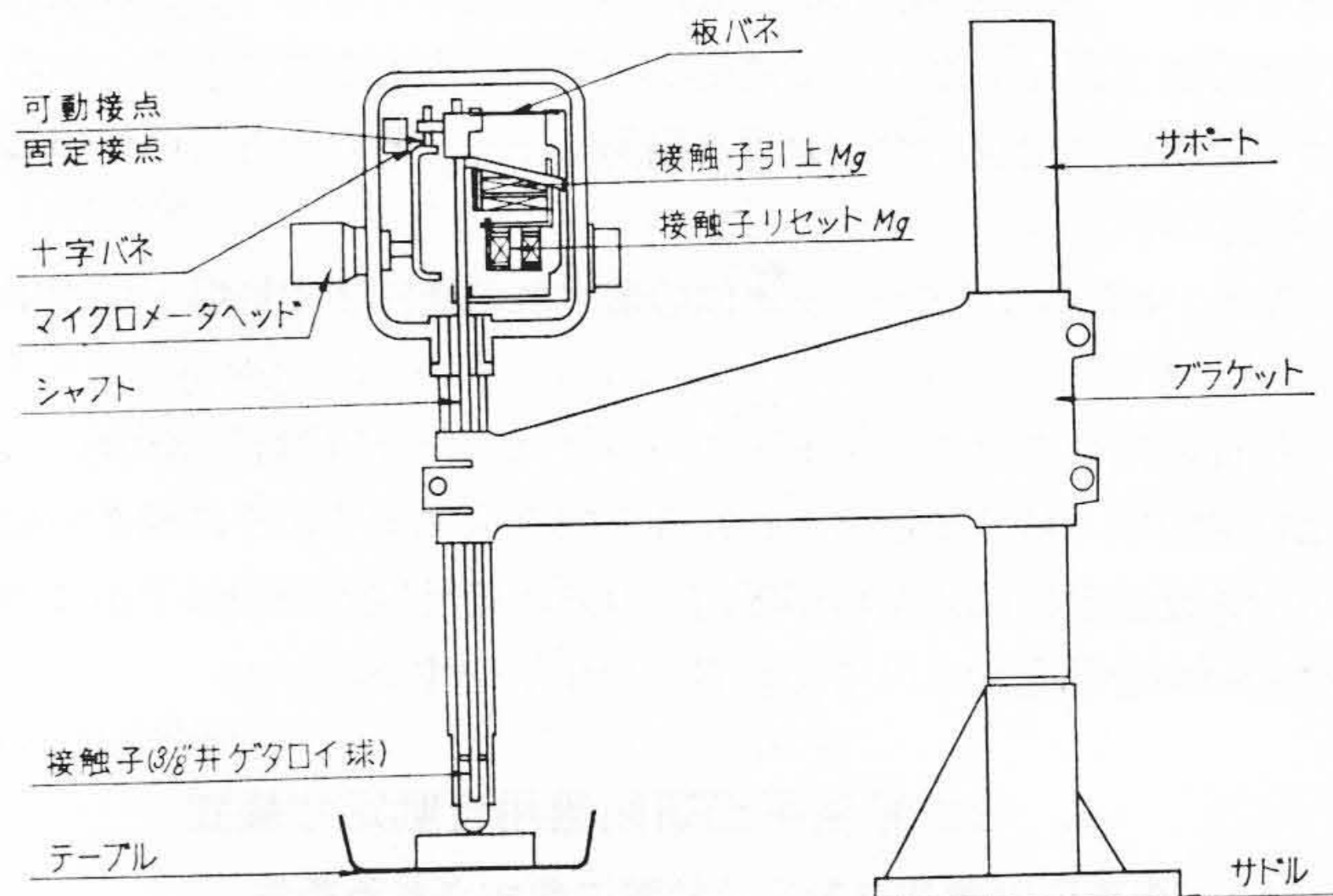
平面研削盤用自動定寸装置は加工部品に断続的に接触するために部品寸法をメータにて標示することがむずかしいので本装置では精研削・粗研削領域を表示する赤青二つのランプを測定ヘッドに取り付けて、研削状況を目視できるようにしている。

本装置のおもな仕様は次のとおりである。

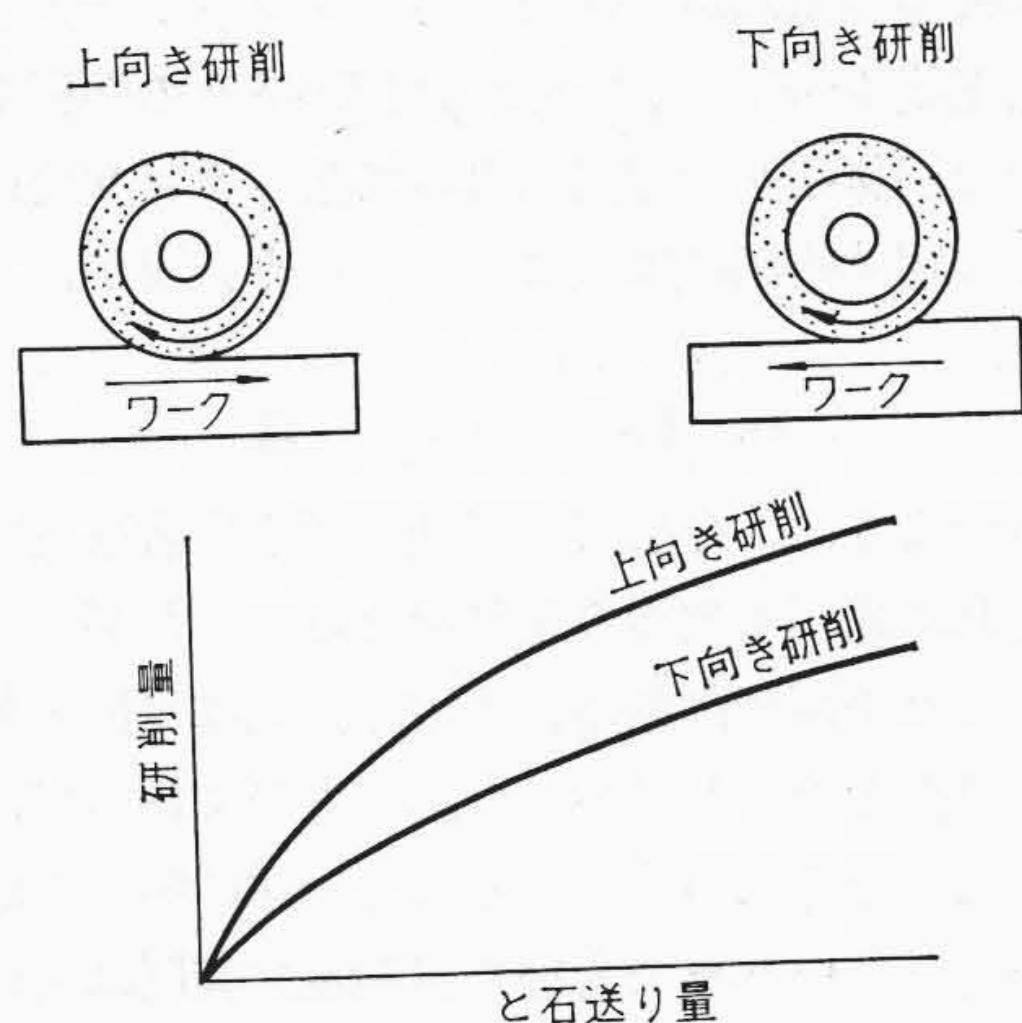
- | | |
|-----------------|------------------------------|
| (1) 名 称 | 日立精密平面研削盤用自動定寸装置 |
| 形 式 | GAS-3 |
| (2) 検 出 感 度 | 1 μ 以下 |
| 検 出 精 度 | ±3.5 μ/5 Hr・±5℃ |
| (3) 使用温度範囲 | +40℃～-10℃ |
| (4) と 石 切 込 量 | 粗研削 1～20 μ 11 段可変
精研削 1 μ |
| (5) 精 粗 切 換 点 | 定寸+10・15・20 μ 3 段可変 |
| (6) 表 示 | 粗研削領域 青ランプ点灯
精研削領域 赤ランプ点灯 |
| (7) 研削終了後のと石の逃げ | 約 0.3 mm |

4.3 本装置の特長

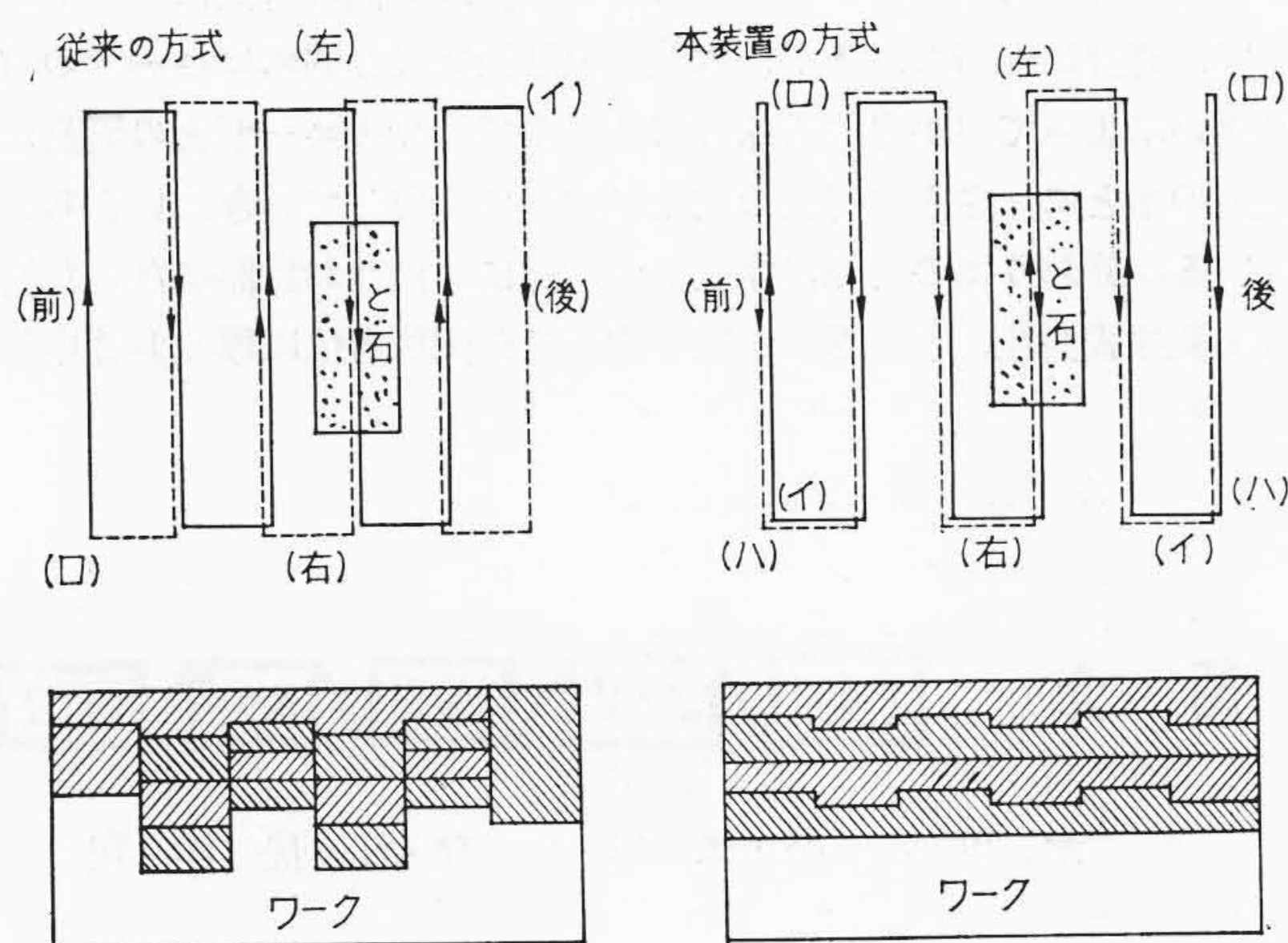
(1) 従来の平面研削盤用自動定寸装置の検測方式はほとんど全部が電気接点を使用していた。日立製作所においてははじめ第 8 図に示すような電気接点方式を検討したが、これは固定接点が接触子の下降端を規制しており、加工部品によって接点が開くかどうかによって定寸の検測をするものである。この方式は接点間の放電の影響によって実際に接点がわずかに開いてもなお通電しており、通電の切れる点が、ミクロン台の精度では不安定であって良好な定寸研削精度が得られなかった。また、第 8 図の方式にて接点間電圧を下げて放電の不安定性を改善して感度を向上させると、こんどは研削盤のわずかな衝撃によって接点が開閉して精度の不安定を生ずることが



第 8 図 電気接点方式平面研削盤用自動定寸装置



第9図 上向き研削と下向き研削



第10図 サドル送り方式の比較

わかった。それで新形の本装置では高感度の差動変圧器を使用し、テーブル速度などの研削条件に応じて接触子の下降端を最適位置に調整できるようにして研削盤の衝撃の影響を除去した。したがって本装置では、最高テーブル速度でも定寸に達したときには接触子の跳躍がほとんどなく、安定した定寸の検出ができる。

また、研削盤の動作時の各部の振動は大体 70 c/s 前後のものであって、この振動が検測に与える影響を防ぐために同期整流器の次に低域フィルタを入れて測定精度の安定化を図っている。

(2) 平面研削盤において自動定寸装置を必要とする場合には、テーブル全面にわたっての平坦度も強く要求されることが多い。ところが、研削機構上第9図に示す上向き研削と下向き研削ではと石に同じ切込を与えても実際の研削量に差が生じ、下向き研削の方が切残し量が大きくなる。したがって従来の平面研削盤のサーフェス研削（テーブルおよびサドルを両方駆動してテーブル全面の研削を行なう方式）における第10図左に示すようなテーブル・サドルの総合運動では、左右方向の同一線上の部品はいつも同一方向の研削を受けるので、下に示すように研削量の差が累積して良好な平坦面が得られない。このため、従来の平面研削盤ではサドル送り量をと石幅の半分以上に押えて平坦面を維持しなければならなかった。

本装置を取り付けた日立精密平面研削盤のテーブル・サドルの総合運動は第10図右に示すように往復に必ず反対方向の研削を行なうことを特長としている。したがって、切残し量の差が累積せず、サドル送り量をと石幅一杯にしても良好な平坦面が得られるので精度の向上と研削能率の向上を図ることができる。

(3) 本装置を取り付ける日立精密平面研削盤は、日立製作所独特

の可変吐出量ポンプによった衝撃の少ないテーブル駆動方式があり、テーブルおよびサドルは両方とも精密なボールガイドを使用しているので摩擦抵抗が小さく、発熱による熱膨張が小さい。加工部品の寸法をテーブルを介して行なわねばならない平面研削盤においては、このようにすぐれた平面研削盤とあいまって初めて自動定寸装置の高精度を実現し得るものである。

本装置は日立精密平面研削盤専用の自動定寸装置で、その制御回路は平面研削盤における日立製作所独特の電子管制御と有機的に結合して軽快な操作性を示している。

(4) 研削作業によっては研削代が非常に大きい場合がある。このような場合には始めと石の目を荒くしておいて粗研削の能率を上げ、定寸に近くなった時にと石面を仕上研削用に修正して仕上げる必要がある。本装置はこのようなときに最初精粗切換点を 20μ に設定して粗研削を行なうが、青ランプが消灯した時にと石面の修正を行ない同時に精粗切換点を 10μ に変更して定寸研削を行なうといった融通性に富んだ使い方ができる。このように定寸直前でと石面の修正を行なうと粗研削時に累積したと石軸のたわみが一挙に清算されるので、好条件のもとで能率よく高精度の定寸研削を行なうことができる。

5. 本装置の総合研削精度

前章で述べたように、本装置の検出感度は 1μ 以下であり、時間変動・温度変動を考慮した検出精度も $\pm 3.5\mu/5h \cdot \pm 5^\circ\text{C}$ 以下である。しかし、本装置を実際の平面研削盤に取り付けて定寸研削を行なった場合にはテーブル・サドルの移動に伴うミクロン台の変動が検測精度に影響を及ぼすので、加工精度としては上記の精度より悪くなる。後述するように、本装置を日立精密平面研削盤に取り付けて研削を行なった場合には、モデル・ブロックと加工部品の寸法差は大体 $\pm 6\mu \sim \pm 9\mu$ 程度となる。

テーブルサドルの移動に伴う変動の影響を含む総合精度を検討するために、本装置では次のような試験方法をとった。

モデルブロックと研削試験片はテーブルのほぼ同じ位置に取り付けることを前提とし、1回の設定で n 個の試験片を1個ずつ研削することを m 回反復する。このようにして m 個のモデルブロックによって得られた $m \cdot n$ 個の試験片データをもとにして

- (1) ワーク間寸法差 $W_{ij} = \bar{X}_i - X_{ij}$
 - (2) 設定差 $S_j = a_j - \bar{X}_j$
 - (3) 総合精度 $T_{ij} = a_j - X_{ij} W_{ij} + S_j$
- ただし a モデルブロック寸法
 x 試験片寸法
 $i = 1 \sim n$ 試験片番号
 $j = 1 \sim m$ モデルブロック番号
 $\bar{X}_j = \sum_i X_{ij} / n$ 試験片寸法平均値

を定義した。(1)～(3)式の関係を第11図に図示する。

本装置の試験には $n = 5$, $m = 30$ として、 W_{ij} と S_j の値を求めた。 W_{ij} の平均値は定義によって零になるが、 S_j の平均値および W_{ij} と S_j の標準偏差の下限値については信頼区間 98% にて統計的な推定を行ない、 T_i の定義によって分散の加法性を適用して総合精度の標準偏差 σ_T を求め、次式によって本装置の総合精度 T を規定した。

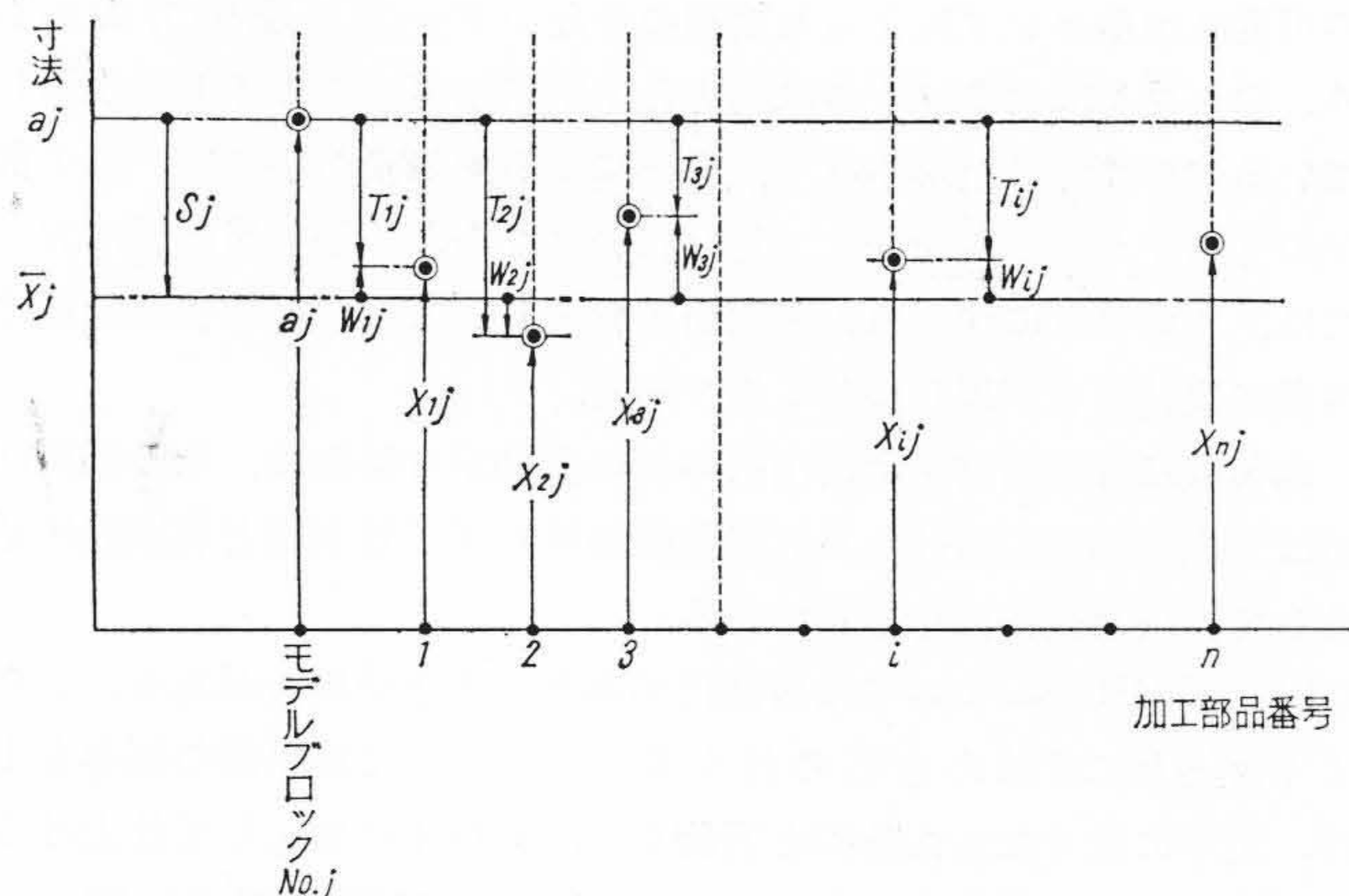
$$T = \begin{cases} \bar{S}_{\max} + 2\sigma_T \\ \bar{S}_{\min} - 2\sigma_T \end{cases}$$

ただし $\bar{S}_{\max}$: S_j の平均値の最大推定値

$\bar{S}_{\min}$: S_j の平均値の最小推定値

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_W^2 + \sigma_S^2}$$

σ_W : W_{ij} の標準偏差



第11図 研 削 精 度 の 定 義

σ_s : S_j の標準偏差

4 台の自動定寸装置と 7 台の日立精密平面研削盤を使用して上記の試験を反覆実施した結果、日立精密平面研削盤 GHL-300 S-6 (テーブル作業面積 300×600) では $\bar{S}=0\sim-1.5\mu$ であって $T=+4.5-6\mu$, GHL-300 S-9 (テーブル作業面積 300×900) では $\bar{S}=1\sim-2\mu$ であって $T=+8-9\mu$ 以下の精度が得られることが確認された。

なお、平面研削盤において使用するマグネットチャックは、電磁石のものは通電後 4～5 時間にわたって 5～8 μ の熱膨張を示し、永久磁石のものは磁気回路の開閉によって数ミクロンのひずみを生ずるから高精度の定寸研削には特に注意を払う必要がある。

6. 結 言

緒言に述べたように、今までの平面研削盤用自動定寸装置は円筒研削盤用のそれに比べて数歩の遅れをとっていたが、このたび日立製作所で開発した平面研削盤用自動定寸装置は平面研削盤用自動定寸装置の必要条件を検討して設計されたものであって、精度的にも操作上にも今までの遅れを取りもどして一挙に実用の域に高めたものであるといえる。いうまでもなく自動定寸装置は研削盤本体に取り付けられてその特性を発揮するものであるが、この点本装置は常に研削盤と一体の検討を反覆して完成されたものであり、その特性を十分に発揮できるように作られている。本装置の特長についてはすでに特許出願済であるが、本装置の性能は最終的にはユーザーの取り扱いによって生かされるものであるので、今後ユーザーとの緊密な連絡のもとに、さらに特性の向上について検討して行きたいと考えている。終わりにのぞみ、本装置の開発にあたりお世話になった東洋工業株式会社、小田課長、山下主任ほか関係各位に厚くお礼申し上げる。



特 許 の 紹 介



特 許 第 299129 号 (特公昭 36-6730)

北 川 公・米 田 登・江 尻 洋 司

矩 形 磁 気 履 歴 曲 線 を 有 す る 磁 性 体

この発明は電子計算機の磁気記憶装置、磁気増幅器などの磁心材料として好適な矩形磁気履歴曲線を有する酸化物磁性体で、Mn, Co および Fe の酸化物を混合焼結した $\{(\text{MnO})_a(\text{MgO})_b(\text{Fe}_2\text{O}_3)_c(\text{CoO})_x\}$ (ここで $0.3\leq a\leq 0.9$, $0.3\leq b\leq 0.9$, $0.5\leq c\leq 1.1$, $0\leq x\leq$

0.04) なる式を満足するスピネル構造を有する混合結晶からなるものである。

この磁性体は $B_r/B_s\geq 0.85$, $(R_s)_{\max}\geq 0.76$ および $H_c<1.5$ の磁気特性を満足する。(岩田)

Vol. 23

日 立 造 船 技 報

No. 4

- ・軸系質量がねじり振動特性に及ぼす影響
- ・船用プロペラ青銅铸件について(Ⅱ)承前
——船用プロペラアルミニウム青銅について——
- ・通風トランク分岐合流部のエネルギー損失
——分流および合流の場合——
- ・クロムメッキの前処理と密着性
- ・通風システムによる船室の騒音

- ・排気管系が排気変動温度および排気エネルギーに及ぼす影響
- ・放射線殺菌の食品貯蔵への応用に関する研究 (第2報)
——殺菌用照射装置について——
- ・鋼板構造プレス本体の溶接開先
- ・定期貨物船“山利丸”の自動化装置について

………本誌に関する照会は下記に願います………

日 立 造 船 株 式 会 社 技 術 研 究 所

大阪市此花区桜島北之町60