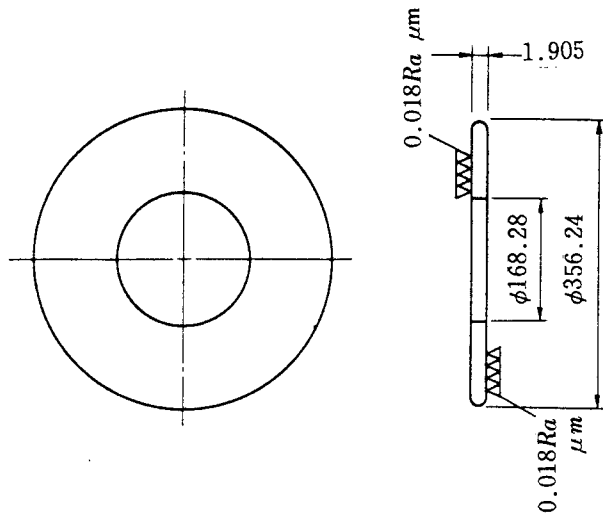


# 実 技 編

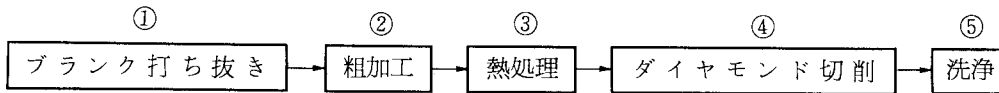
## 実技課題 1. 磁気ディスクの超精密切削加工



材 料：A5056 (Al合金)  
素材寸法： $\phi 168.28 \times \phi 356.24$   
 $t = 1.945$   
(粗加工し、熱処理したもの)

図 1-1 ディスク基板の要求仕様

磁気ディスクの製造は、素材の円盤ブランク打ち抜きから洗浄まで一般には、以下の工程を経て行われる。



ここでは、単結晶ダイヤモンドバイトによるディスクの超精密切削加工（工程④）を通して次のことを習得する。

1. 作業準備
2. 運転準備
3. 運転前の点検
4. チャック面のセルフ加工
5. ワークの取付け
6. 工具の取付け
7. 試験切削によるバイト取付け角度の微調整
8. 自動サイクルによる切削

## 1. 作業準備

### (1) 工作機械

・超精密旋盤 (DPL-400)

(資料1. 参照)

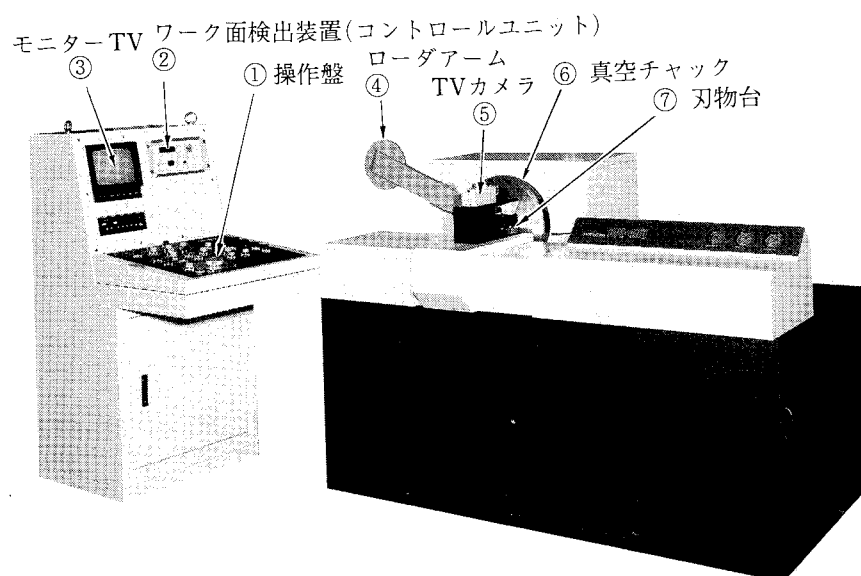


写真1-1 機械の外観と主要部の名称

### (2) 工具

① 単結晶ダイヤモンドバイト (図8参照)

② 標準工具一式

(六角レンチ、スパナ、ドライバー等)

### (3) 測定器

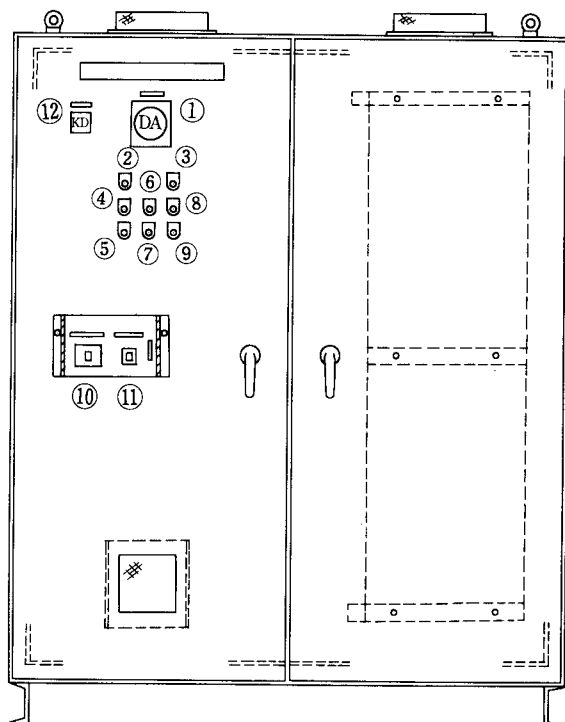
・ダイヤルゲージ

## 2. 運転準備

(1) 次の手順で制御盤を操作する。

① 主回路電源「入」スイッチ⑩を「ON」にする。

② 周辺機器電源「入」スイッチ⑪を「ON」にする。



- ① 主軸電流計
- ② 電源「入」表示灯
- ③ 異常表示ランプ
- ④ 電源「入」押ボタンスイッチ
- ⑤ 電源「切」押ボタンスイッチ
- ⑥ コンプレッサ「入」押ボタンスイッチ
- ⑦ コンプレッサ「切」押ボタンスイッチ
- ⑧ 真空ポンプ「入」押ボタンスイッチ
- ⑨ 真空ポンプ「切」押ボタンスイッチ
- ⑩ 主回路電源「入」スイッチ
- ⑪ 周辺機器電源「入」スイッチ
- ⑫ 積算稼動計

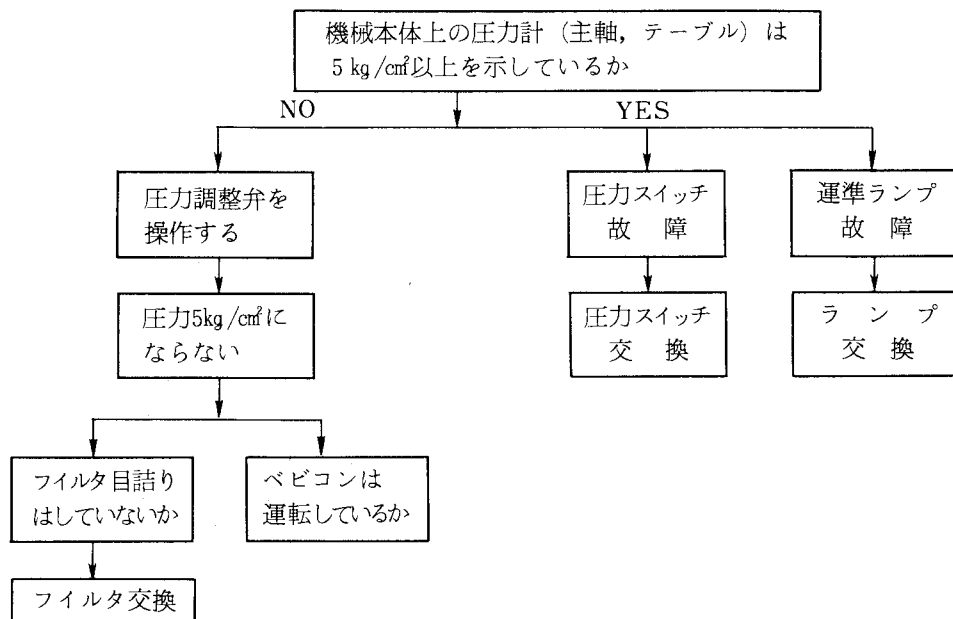
図 1-2 制御盤

- ③ 電源「入」押ボタンスイッチ④を「ON」にする。
- ④ コンプレッサ「入」押ボタンスイッチ⑥を「ON」にする。
- ⑤ 真空ポンプ「入」押ボタンスイッチ⑧を「ON」にする。

以上の操作によってエア源が接続され、主軸およびテーブルガイド用軸受の圧力が  $5 \text{ kg/cm}^2$  となる。また、真空ポンプが回転しエアユニット内の真空チャンバ内圧力が  $300 \text{ mmHg}$  以下になると **運準備** ランプが点灯する。これによって運転準備は完了する。

- (2) この操作によって **運準備** ランプが点灯しない場合は、次の手順で点検する。

- ① エア圧をチェックする。



② 真空圧をチェックする。

- a) 真空ポンプが運転し、かつ真空ポンプに取り付けられた圧力計は300mmHg以下を示しているか
- b) エアユニット内真空用圧力スイッチは故障していないか

### 3. 運転前の点検

(1) 空気供給系統の点検

- ① Clean and dry unitの運転を確認する。
- ② 配管中のジョイント類については時々ねじの緩みや破損がないか点検する。

(2) 主軸およびテーブル空気軸受の点検

加工作業に入る前に主軸は手回し、テーブルは手動操作にて異常（運動がなめらかでない、異音および異常振動がある）がないことを確認する。特に長期間（1 week以上）空気を供給せずに停止した場合は必ずこれを実施する。

(3) ベルトのすべり点検

主軸とモータープーリ間のすべりをチェックする。主軸回転数2000rpm時、8 sec立上りが設定値である。10sec以上たっても主軸本体の回転が2000rpmにならない場合は、ベルトの調整、交換が必要となる（ベルトの張り具合は、主軸プーリ端にて3 $\mu$ m変位を推奨する）。

#### 4. チャック面のセルフ加工

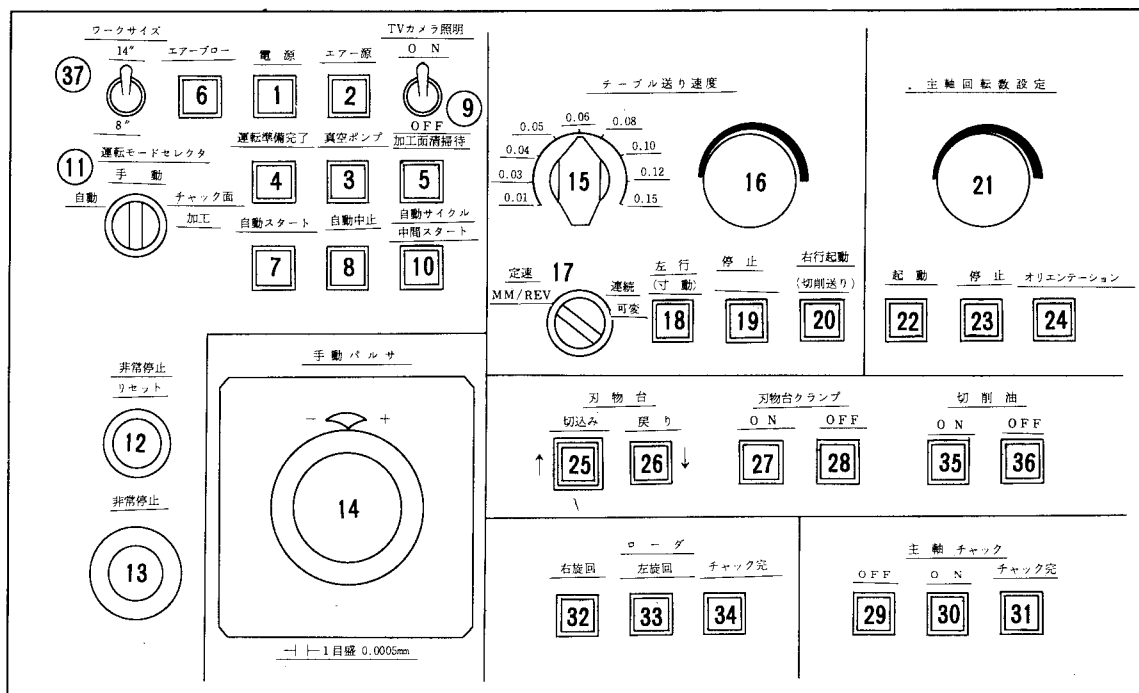


図1-3 操作盤

##### (1) 工具の取付け

- ① 刃物台「切込み」ボタン②⑤を押して刃物台を計測点へ移動する。
- ② ダイヤモンドバイトを工具ホルダ上に乗せ、ホルダ上をスライドさせてチャック面に軽く接触させる。
- ③ その状態でバイトの大まかな角度合せをして、固定する。
- ④ バイトは取付け後、手動パルス④を操作して少し戻しておく。

##### (2) 運転モードを「チャック面加工」にする。

(3) ワークサイズノブを14"側にする。

(4) 切削条件を設定する。

主軸回転数 : 2000rpm

送り : 0.03mm/rev

##### (5) 切削

- ① 主軸「起動」ボタン②②を押す。
- ② 手動パルス④を操作して、切込みを入れる。  
切込み量は0.01~0.03mmとし、1回の切込

##### チャック面のセルフ加工

ディスクの加工では、加工対象物が薄い円盤であるため固定には真空チャックを用いる。したがってこの取付チャック面にミクロンオーダの凹凸やキズがあると、ディスクを固定した時ディスクの変形や面の損傷をきたすことになる。そのため、その管理には十分な注意が必要であり、また通常は部品単体で製作したチャックを機械に取付け、本機上でディスク加工の前に、ディスクを加工するのと同じ方法でいわゆるセルフ加工を行う。

みで仕上げる。

- ③ 刃物台クランプ⑳「ON」にする。
  - ④ 切削油㉑「ON」にする。
  - ⑤ テーブル右行起動ボタン㉒を押し、切削する。
- (6) 切削完了後の操作
- ① 切削油「OFF」にする。
  - ② 刃物台クランプ「OFF」にする。
  - ③ 刃物台戻りボタン㉓を押し、原点へ復帰させる。
  - ④ 主軸を停止させ、バイトをはずす。

## 5. ワークの取付け

- (1) 運転モードを 手動 にする。
- (2) ローダアームにワークを取り付ける。
  - ① ローダアーム中央のボスにワークの内径を案内にしてはめる。
  - ② フットスイッチを踏んで真空「ON」にする。
    - ・正確に保持した場合、ローダチャック完のランプ㉔が点灯する。
- (3) ローダ右旋回ボタン㉕を押し。
- (4) 主軸チャック「ON」ボタン㉖を押し。
- (5) フットスイッチをもう一度踏んで真空「OFF」にする。
  - ・この時、ローダチャック完のランプが消えて、主軸チャック完のランプ㉗が点灯する。
- (6) ローダ左旋回ボタン㉘を押し。

## 6. 工具の取付け

- (1) 刃物台を原点に戻す。
  - ① 刃物台戻りボタン㉓を押し、リミットスイッチによって自動的に停止する位置まで刃物台を戻す (図1-4)。

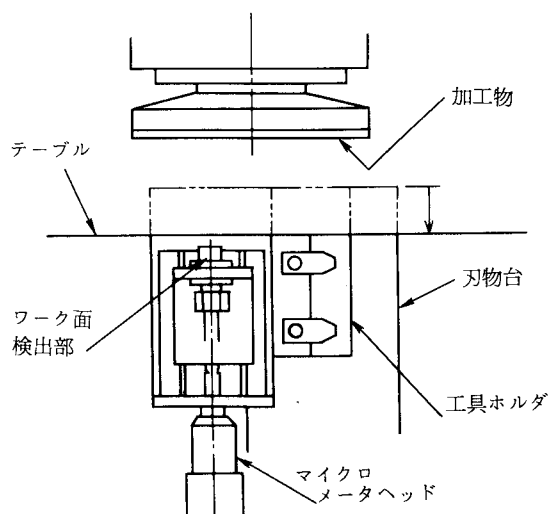


図1-4 刃物台などの位置関係

- (2) 検出装置コントロールユニット(資料4参照)のディスプレイセクタ (DISPLAY SEL) ③をMMにセットする (図1-5)。

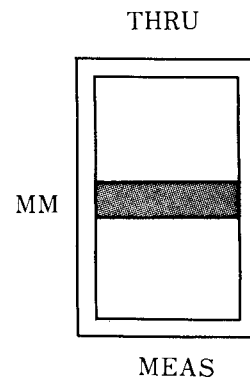


図1-5 検出装置コントロールユニットのディスプレイセクタ

- (3) 刃物台を計測点へ移動する。  
 ① 刃物台切込みボタン②⑤を押し、リミットスイッチによって自動的に停止する位置まで刃物台を移動する。この時、工具ホルダ先端と加工物の距離は約10mmである (図1-6)。

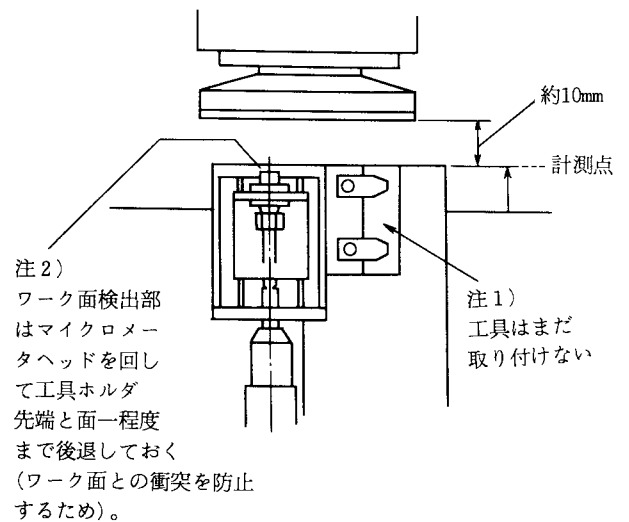


図1-6 計測点

- (4) ワーク検出部を測定可能範囲にセットする (検出部とワーク面の位置関係の決定)。

- ① ワーク面検出器のマイクロヘッドを回転させ検出部を加工物に接近させる。このときコントロールユニットのデジタル表示値を見ながら接近させ、表示値が $0.800 \pm 0.050$ の範囲に入ったならば停止する。これ以後はマイクロメータヘッドによる検出部の移動は行わない。

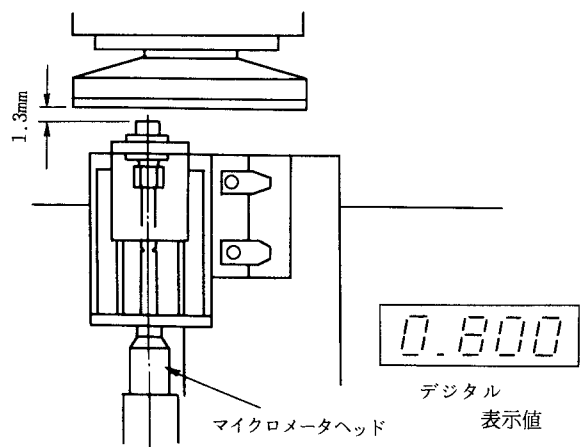


図1-7 検出部とワーク面の位置関係



(5) 計測制御量を設定する。

- ① 手動パルス⑭を操作して刃物台を加工物に接近させる。このときコントロールユニットのデジタル表示値を見ながら接近させ表示値が $0.300 \pm 0.050$ の範囲に入ったならば停止する。この移動量約 $0.500\text{mm}$ が後に自動サイクルで加工するときの位置決め制御量になる。

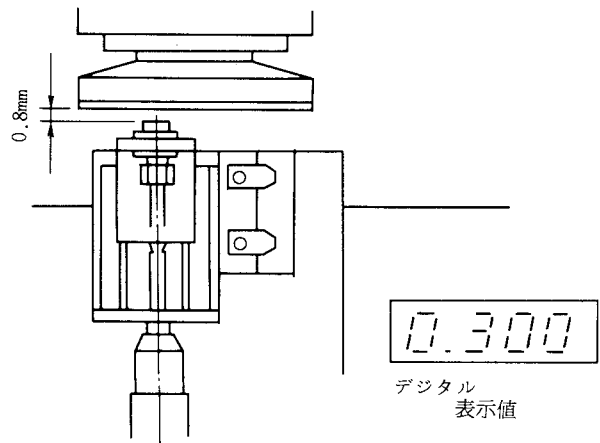


図1-8 計測制御量の設定

(6) ダイヤモンドバイトを取り付ける。

- ① ダイヤモンドバイトを工具ホルダ上に乗せ、ホルダ上をスライドさせて加工物表面に軽く接触させる。
- ② この状態でバイトの大まかな角度合せをした後、固定する。

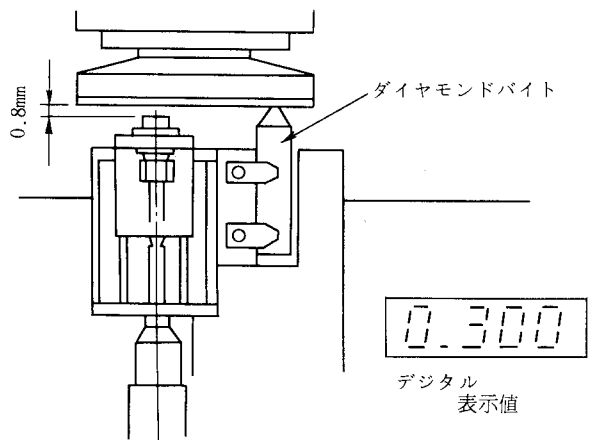
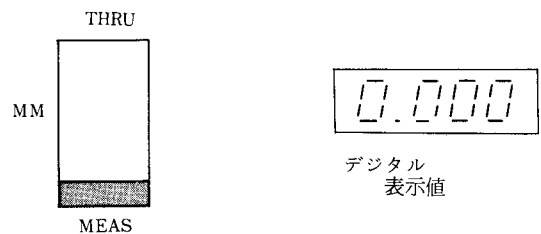


図1-9 ダイヤモンドバイトの取付け



(7) 刃物台の零点セットをする。

・手順(6)を終った状態でバイトの先端と加工物表面の距離は零になっているので、この位置を刃物台の零点とするために次の操作を行う。

- ① 検出装置コントロールユニットのディスプレイセクタ (DISPLAY SEL) ③をMEASにセットする。
- ② ZERO RESETボタン⑤を押す。

図1-10 コントロールユニットのディスプレイセクタ

注1

自動サイクルにおける位置決め制御量はすべてデジタル表示器に表われている内容が対象となる。したがって、自動サイクル運転中に誤ってDISPLAY SELをMMにすると、このときの表示値(微小変位計とワーク表面の距離)が制御量となるので、DISPLAY SELはMEASから移動しないこと。

- ・ ボタンを押すとデジタル表示値は零となる。  
以後はデジタル表示値が工具刃先端と加工物表面の距離を示すことになるので、微小変位計検出部と加工物表面の位置関係は一切無視してかまわない。

## 7. 試験切削によるバイト取付け角度の微調整

(1) 次の手順で試験切削をする。

① 切削条件を設定する。

主軸回転数 : 2000rpm

送り : 0.03mm/rev

② 主軸「起動」ボタン⑳を押す。

③ 手動パルサを操作して切込みを入れる。

切込み量は0.01～0.03mmとし、加工物の内周側で切込む。

④ 刃物台クランプ㉑「ON」にする。

⑤ 切削油㉒「ON」にする。

⑥ テーブル右行起動ボタン㉓を押す、切削する。

(2) 切削完了後の操作

① 切削油「OFF」にする。

② 刃物台クランプ「OFF」にする。

③ 主軸を停止する。

(3) バイトの傾きを調べる。

① モニターTVの画面上にバイトの刃先が図1-11のようにうつし出されるように刃物台を移動させる。

② 手動パルサを操作してHの量(図1-12)を測定し、調整量を決める。

・ 図1-12は+の傾き量を示している。

・ バイトの適正な傾き量は0～+30'～1'である。したがって、この範囲におさまっていない場合は調整が必要である。

(4) バイトの取付け角度の微調整をする。

・ 微少な角度調整は、工具ホルダに付いている角度微調整機構を用いて次の手順で行う。

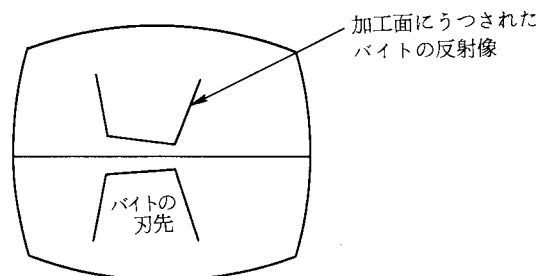


図1-11 モニター画面上のバイトの刃先とその反射像

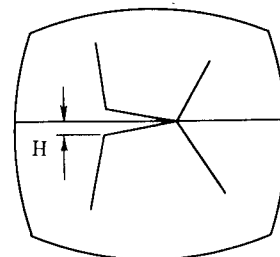


図1-12 傾き量の測定

- ① 工具ホルダ固定ボルトをゆるめる。
- ② ダイヤルゲージを見ながら角度調整ボルトを回す。
  - ・ダイヤルゲージの読み0.01mmに対し刃先角度は18秒変る。
- ③ 調整後、工具ホルダ固定ボルトを締る。
- (5) 刃物台の零点再セットをする。

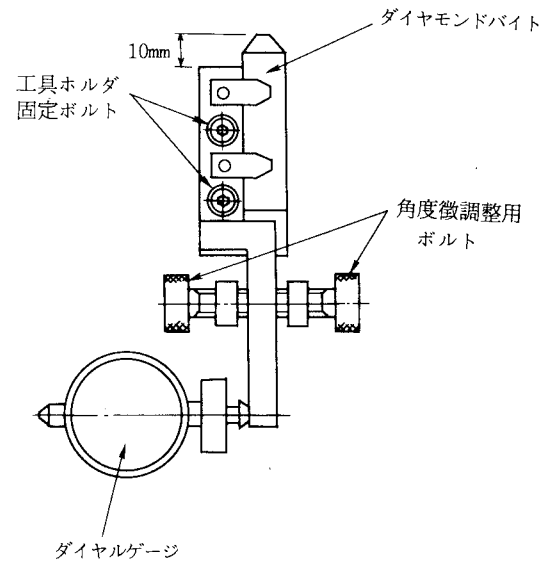


図1-13 角度微調整機構

- ① 工具の角度調整機構は支点と円弧運動を応用しているので、角度を変えると加工物表面と工具の刃先端の距離もミクロンオーダーで変る。したがって、最終角度調整を終えた時点(工具刃先端と加工物表面の距離は零)でZERO RESTボタンを押してデジタル表示値と刃先端の位置関係を一致させる。

## 8. 自動サイクルによる切削

- (1) 自動加工のスタート条件を設定する (資料5参照)。
  - ① テーブル左行ボタンを押してテーブルを原点に戻す。
  - ② 刃物台戻りボタンを押して刃物台を原点に戻す。
  - ③ ロード左旋回ボタンを押してロードを原点に戻す。
- (2) 切削条件を設定する。

主軸回転数 : 2000rpm

送り : 0.03mm/rev

切込み量 : 0.015~0.02mm (1回の切込みで仕上げる)

・手動パルサで切込みを入れ、その数値をコントロールユニットのデジタル設定器⑥にセットする。

- (3) 運動モードを 自動 にする。
- (4) ワークをロードアームに取り付ける。
- (5) 自動スタートボタンを押して切削する。

以後は、図1-14に示すフローチャートの手順で自動加工される。

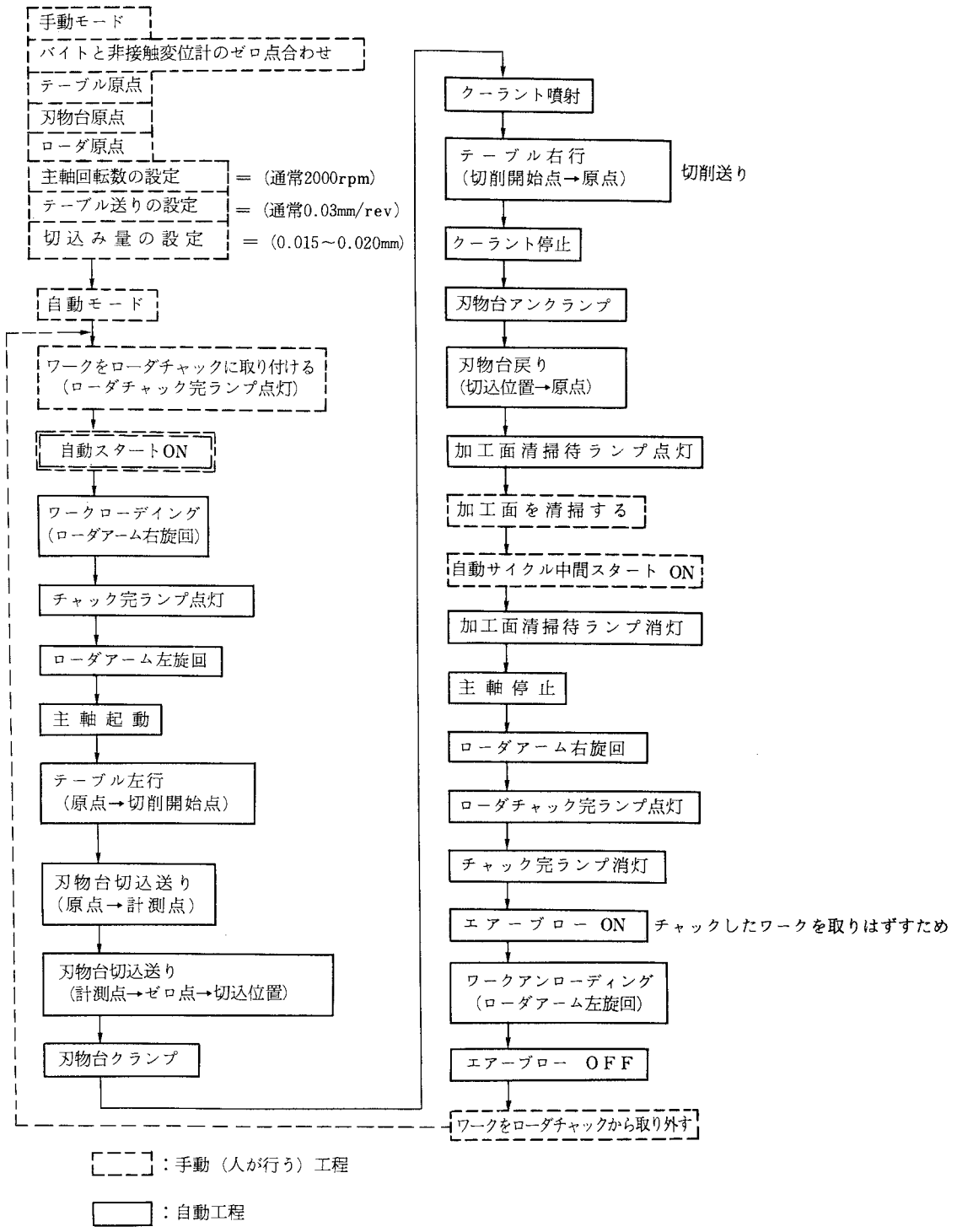


図1-14 自動サイクルフローチャート

次の評価項目にもとづいて、磁気ディスクの超精密切削加工の確認をする。

No.	評 価 項 目	A	B	備 考
1	運転準備が正しくできる。			A：作業が できる
2	運転前の点検が正しくできる。			
3	チャック面のセルフ加工が正しくできる。			B：作業が できない
4	ワークの取付けが正しくできる。			
5	工具の取付けが正しくできる。			
6	試験切削によるバイト取付け角度の微調整が正しくできる。			
7	自動サイクルによる切削が正しくできる。			

## 実技課題 2 . 単結晶ダイヤモンドバイトの研磨

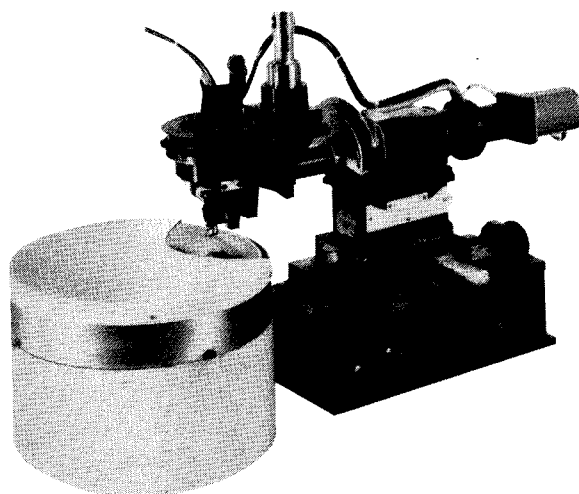


写真 2-1 高精度ダイヤモンド工具研磨機

銅、アルミニウム等の非鉄金属材料の鏡面切削には、単結晶ダイヤモンドバイトを用いるのが一般的である。ダイヤモンドの特性をいかし、良好な表面精度を得るためには、研磨作業が非常に重要ポイントとなる。

ここでは、単結晶ダイヤモンドバイトの研磨作業を通して次のことを習得する。

1. 作業準備
2. 準備作業
3. 研磨作業
4. バイト切刃状態の観察

## 1. 作業準備

### (1) 工作機械

- ・高精度ダイヤモンド工具研磨機  
〔日立生産技術研究所・日立精工(株)〕

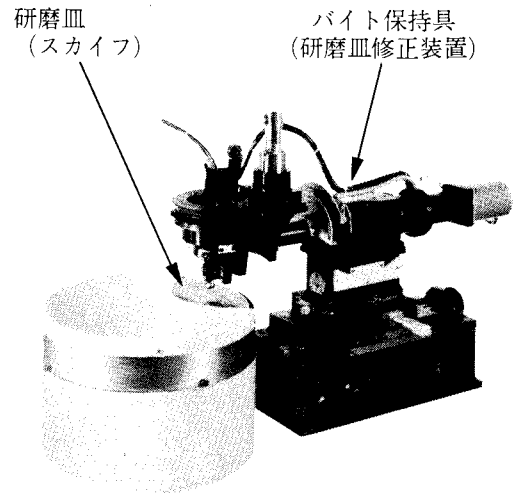


写真2-2 高精度ダイヤモンド工具研磨機の構成

### (2) 研磨工具

- ① 研磨皿（スカイフ）
  - ・高級鋳鉄製： $\phi 300 \sim \phi 330 \text{mm}$
- ② ダイヤモンド砥粒
  - ・砥粒径： $0.5 \sim 3 \mu\text{m}$
- ③ ダイヤモンドバイト保持具（タング）

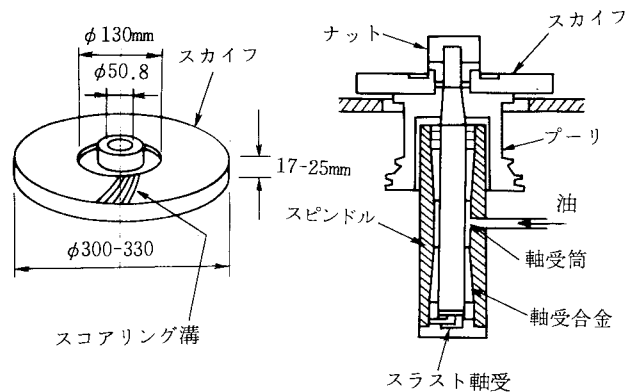


図2-1 スカイフとスピンドル

### (3) 測定器

- ① ダイヤルゲージ
- ② 微分干渉顕微鏡（ノルススキー型）
- ③ 走査型電子顕微鏡（SEM）

## 2. 準備作業

- (1) 研磨皿（スカイフ）が軸心に対して振れがなく、回転中に振動がないことを確認する。
- (2) ダイヤルゲージを用いて、スカイフ端面の振れを測定する。
  - ・振れは $5 \mu\text{m}$ 以内であること。
  - ・振れが $5 \mu\text{m}$ 以上ある場合には専用の修正装置を用いて修正する。
- (3) SiC、GC#60~90のスティック砥石、あるいは砥粒を用いて、ダイヤモンド砥粒の保持を目的

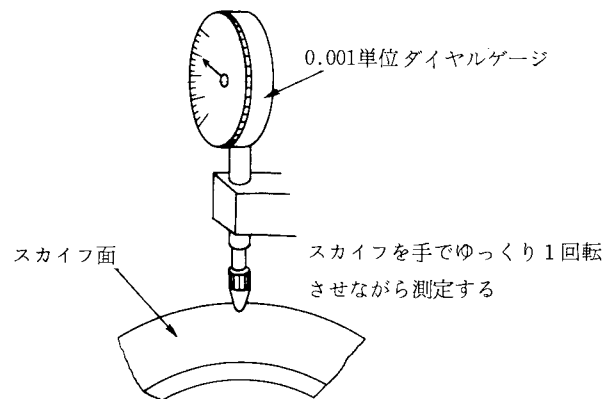


図2-2 スカイフの端面振れ測定方法

とした浅い小さい溝（スコアリング溝：図2-1）を形成する。

- (4) スカيف面上にダイヤモンド砥粒を塗りつけ、  
 铸铁製ローラ等でスコアリング溝に押し付ける。
  - ・ダイヤモンド砥粒径：0.5～3 $\mu$ m
  - ・スカイフ面を傷つけないよう注意する。
- (5) ダイヤモンドバイトを保持具（タンク）に確実に取り付ける（図2-3）。

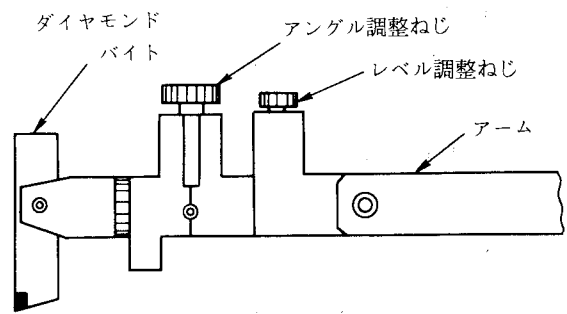


図2-3 保持具（タンク）

### 3. 研磨作業

#### (1) バイト姿勢調整

- ① 保持具をスタンドロッドに取付け、レベル調整ねじで、バイトの研磨面が研磨皿に接触するように調整する（研磨皿は停止しておくこと）。
- ② 研磨面の結晶方位を推定し、研磨方向が研磨容易方向となるように、研磨皿の回転方向、保持具の位置を調整する。
  - ・結晶方位の推定が不可能な場合は、研磨面を顕微鏡で観察し、既存の研磨条痕に沿った方向を研磨容易方向と判断する。
  - ・研磨容易方向のうち、切刃に対して逆らう方向に研磨方向を選定する。逆の研磨方向は、切刃にチッピングを生じさせるため避けなければならない（図2-5）。
- ③ 保持具のアングル調整ねじを回して、研磨面が均一に研磨皿にあたるよう調整する。この時、研磨皿を低速で回転させ、研磨面にマジックインクをつけておくと良い。

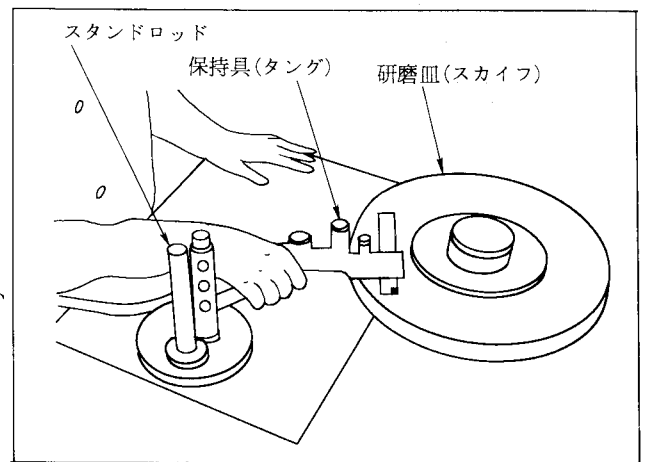


図2-4 研磨作業

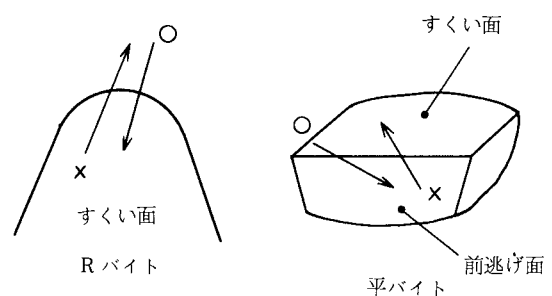


図2-5 刃付け研磨の方向

#### (2) 研磨荷重

保持具を研磨皿と垂直方向に押し付ける。

- ・粗研磨 : 5～20N (砥粒 $\phi$  3 $\mu$ m)
- ・仕上げ研磨 (刃付研磨)  
 : 1～5N (砥粒 $<$   $\phi$  1 $\mu$ m)



(3) 研磨量

0.1ct (0.02g)/2 hrs程度である。

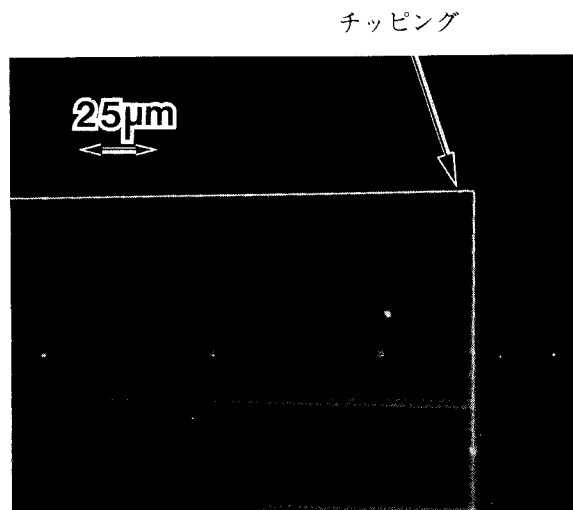
4. バイト切刃状態の観察

(1) 観察する面が、顕微鏡の光軸にほぼ直交するように、バイト姿勢を調整して、顕微鏡の試料台にセットする（この時、バイト先端をレンズにあてないように注意する）。

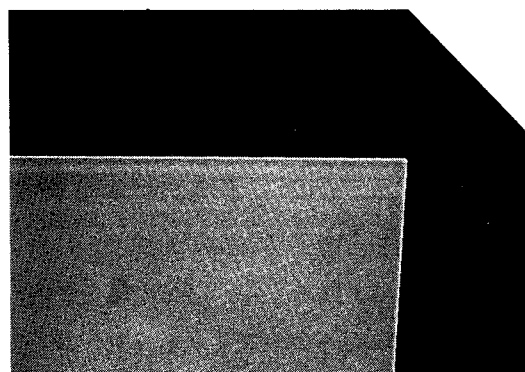
(2) ×100にて研磨面全体を観察する。

(3) ×400にて切刃を観察する。

微分干渉調整つまみにより、切刃が白く光るように調整し、切刃に微小なチップングがないことを確認する（写真2-3）。



チップングあり



チップングなし

写真2-3 切刃の微分干渉顕微鏡写真

次の評価項目にもとづいて、単結晶ダイヤモンドバイトの研磨作業の確認をする。

No.	評 価 項 目	A	B	備 考
1	準備作業が正しくできる。			A：作業が できる
2	研磨作業が正しくできる。			
3	バイト切刃状態の観察が正しくできる。			B：作業が できない