

# 実 技 編

## 実技課題(1) きさげのやり方

きさげの目的は機械加工の加工精度を補ってより高精度な形状を作ることと、スクレーパで表面を削り取って行くことで面粗さを向上させること、動圧のすべり案内の油だまりとしての、凹凸を作ることである。

最近、工作機械の高精度化に伴ない加工される部品の形状精度、面粗さ等が向上し、人手で行うきさげ作業の能率の悪さ、技能者の減少から工作機械、測定器等を製作する上で不可欠の技術であるにもかかわらず衰退の一途をたどってきた。能率の悪い作業として機械化を進め、排除しようとしている技能、技術が衰退するのは当然である。

しかし、大がかりな機械設備を必要とせず、スクレーパや油砥石といったわずかな道具と技能によって最近のNC工作機械にも到達できない精度、形状、面粗さを容易に作り出してしまいうきさげ作業を加味することによって特色のある製品を作り出せることからきさげ作業が再認識されつつある。

ここでは、その基本となるきさげのやり方について測定用の定盤の製作を例として習得する。

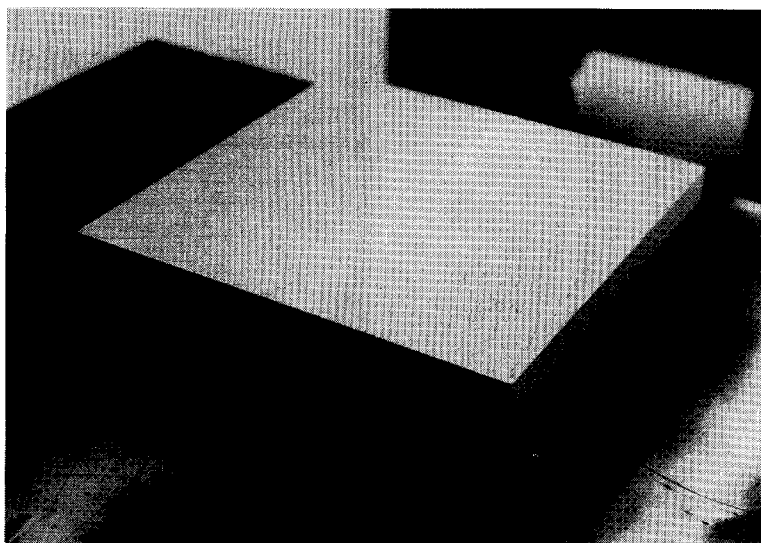


図1-1 鑄鉄制定盤

## 1. 作業準備

### (1) 鑄鉄製定盤

### (2) 器 工 具

- ① スクレーパ (ろう付式スクレーパ) 参考資料 1
- ② 砥石 油砥石 (WA800)  
アルカンサス砥石
- ③ 光明丹：光明丹をスピンドル油でペースト状にねる。
- ④ ブルーペースト
- ⑤ スクレーパ研削盤 (小型超硬研削盤) 参考資料 1
- ⑥ 工作物 (鑄鉄製定盤図 1-2)
- ⑦ 基準定盤 (三面すり合せ定盤を使用する)
- ⑧ 電気マイクロメータ
- ⑨ ブロックゲージ
- ⑩ 作業台
- ⑪ ウェス
- ⑫ 有機溶剤
- ⑬ 防錆剤

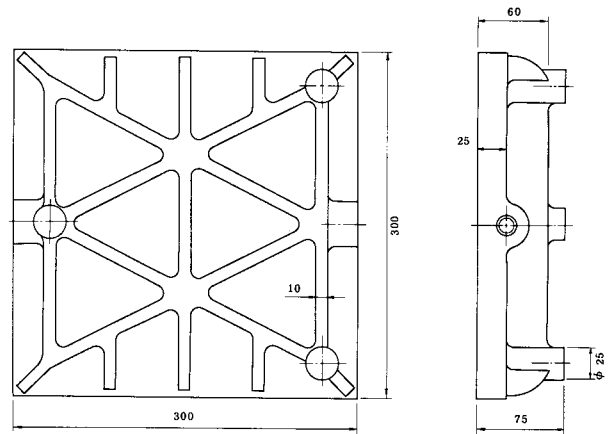


図 1-2 鑄鉄製定盤

材質FC-25

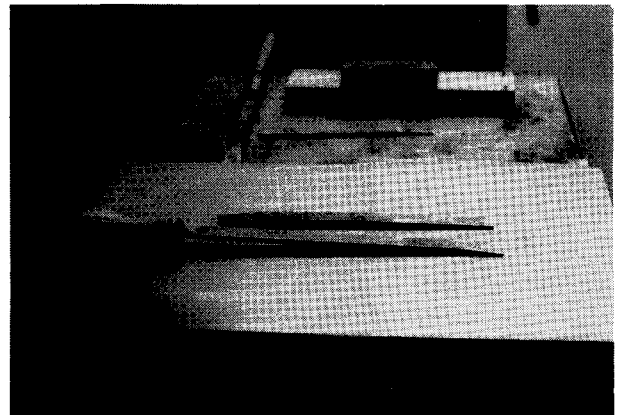


図 1-3 スクレーパ

上が高速度鋼の平きさげ  
下が超硬ろう付きさげ

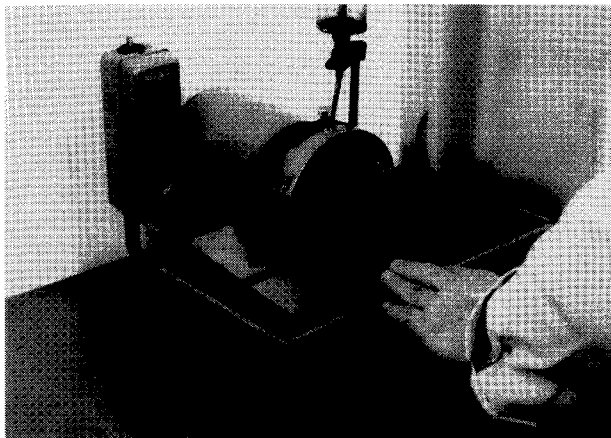


図 1-4 スクレーパ研削盤による超硬きさげの研削

## 2. 研削砥石の取替えなどの業務に係る特別教育

研削砥石の取替え時の試運転の業務にたずさわる者は、特別教育を受けなければならない。(安全衛生特別規定)

## 3. きさげ作業

- ① 機械加工された面を平滑にするため全面にきさげをかける(黒皮むき)

すり合わせる基準定盤に傷を付けないよう機械加工された面を浅い角度で図1-6に示すようにきさげの方向がクロスするようにきさげをかける。

きさげをかけた後はスクレーパによるばりを取るため油砥石(WA800)を全面にかける。

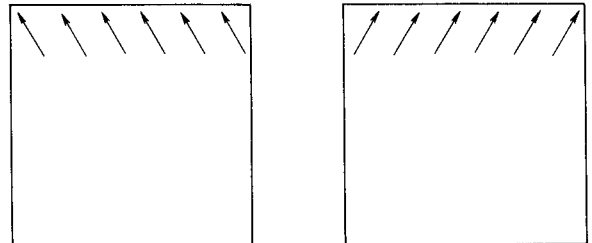
- ② 光明丹を塗る

平面度のでていないはじめの状態では当りをはっきりとさせるため光明丹を厚めに塗る。光明丹は基準定盤とすり合わせる時のかじり防止の潤滑剤の役目もはたす。

- ③ 基準定盤とすり合わせる

基準定盤には当りをはっきりさせるためブルーペストをうすく塗り、この上に铸铁製定盤をのせ、150mm程度の移動量で3~5回往復させる。

あまり大きく移動させてはならない。



(a) 1回目のきさげ

(b) 2回目のきさげ

図1-5 きさげの方向

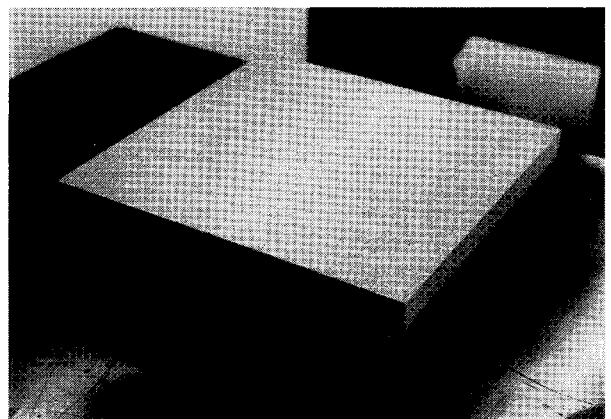


図1-6 黒皮むきされた面

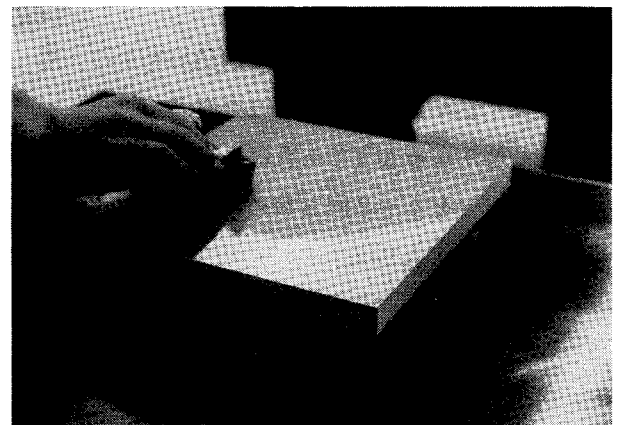


図1-7 光明丹を塗る

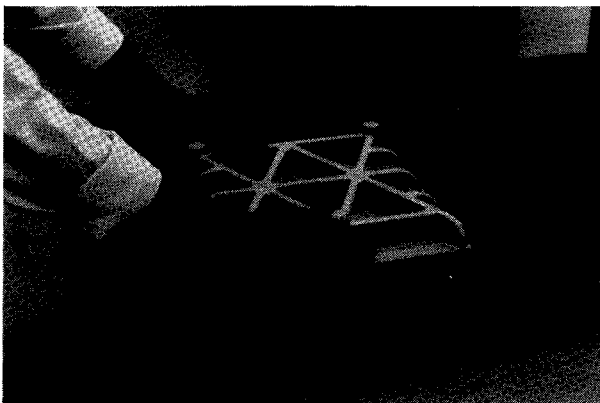


図1-8 基準定盤とすり合わせる

④ 当りを見る

図1-10に示す黒く当りの付いたところが高い所であり、色の濃淡によって淡い所は1回濃い所は2~3回スクレーパで取る。

このような状態での1回の削り量は2~3 $\mu\text{m}$ 程度である。

この状態でのきさげ作業は図1-10に示すように黒当りの付いている所をこさぎ取るようにスクレーパを動かす。

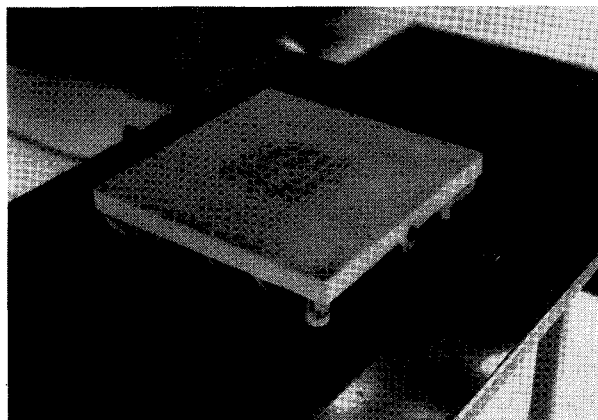
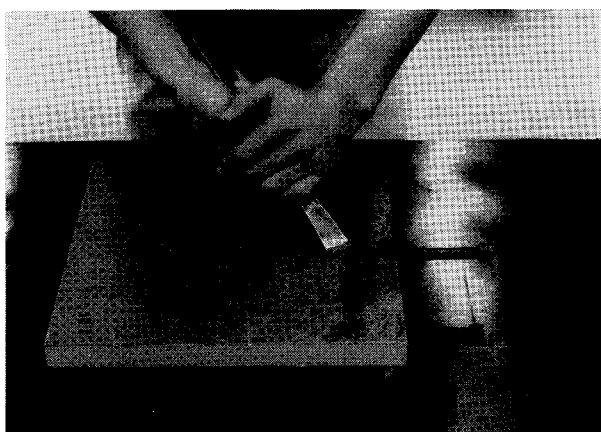
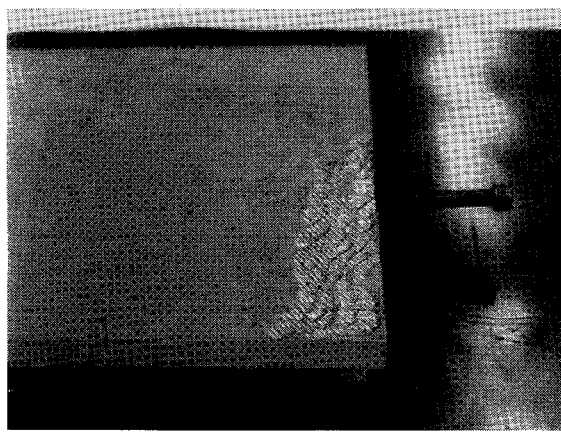


図1-9 当りの状態(1回目)



(a)



(b)

7~8回復

図1-10 黒当りの所を取る

⑤ 全体のねじれを見る

全面を取り終ったところで油砥石をかけ、基準定盤を基準に4角のねじれを見る。

ねじれが有るようであれば、今後の当り取りでその部分を1~2回おおめに取る。

⑥ ②~⑤の作業を繰り返す

黒当りの部分が全面に均一に分散するようになり、当り率が多くなるにしたがって定盤に塗る光明丹、基準定盤に塗るブルーペーストは薄くする。

全面に小さな当りが付き、坪当りをふやすためのきさげを行う。

⑦ 坪当りを多くする

図1-14に示したように基準定盤に対してす

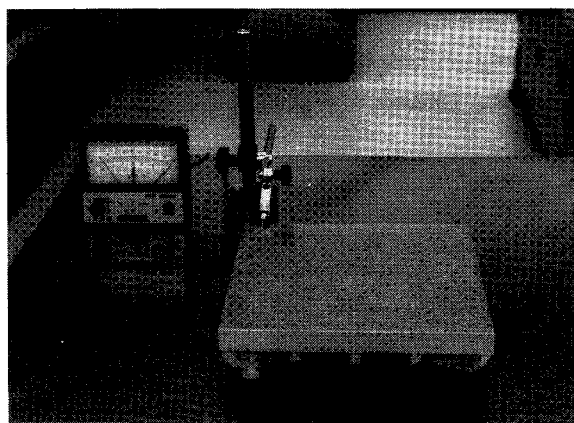


図1-11 ねじれを測定する

り合せした結果、全面に当りが付いた。

測定用定盤としては小さな当りが全面に均一に分散していることが大切であり、当り取りを繰返す。

この状態での当り取りはスクレーパを手先で小さく動かし、黒当りの部分を三ヶ月形に浅く削り取る。

当りを小さくすることは定盤上で測定物等を動かす時、すべりやすく、ごみの咬み込の影響を少なくする。

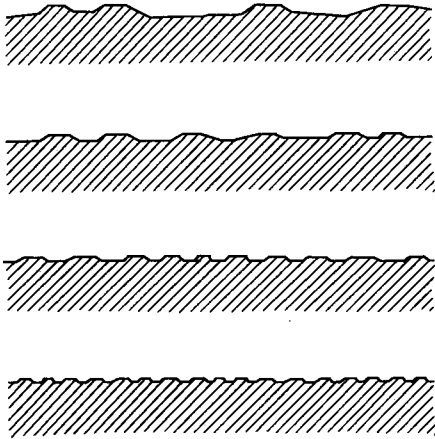


図1-14 きさげ面の当りは一様に高い丘の連続であり、きさげ始めの時は、丘と丘の間隔は広い。繰返しきさげを行うことによって丘と丘の間隔は次第に狭くなり、当りは細くなる。

引用：超精密機械の基礎 国際工機株式会社

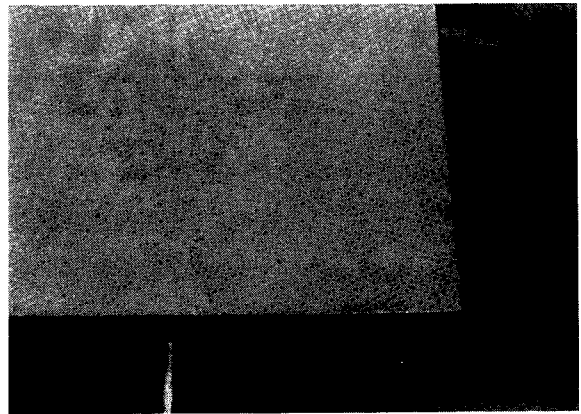


図1-12 全面に当りが分散してきた20回目

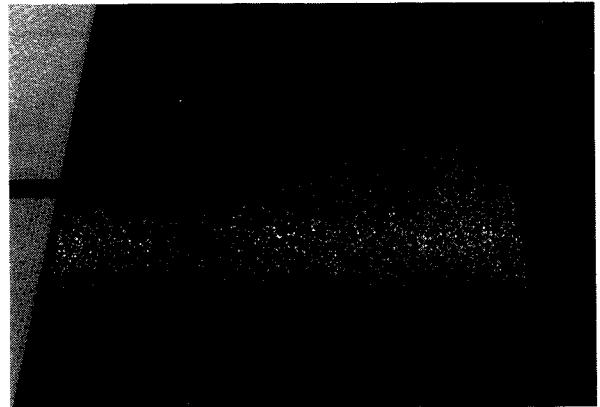


図1-13 30回目

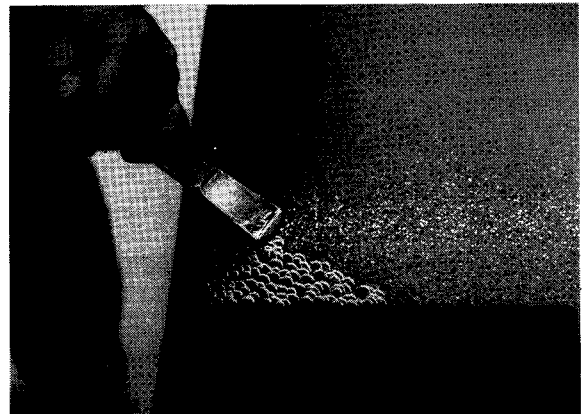


図1-15 坪当りを多くするための三ヶ月形のきさげ

## 4. 精度測定

### ① 平面度の測定

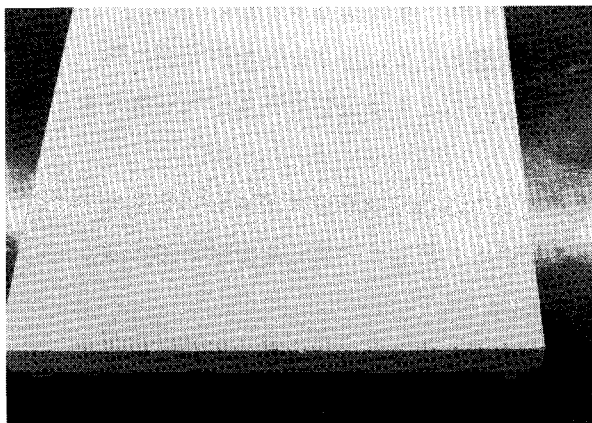
図1-16に示したように全面にわたって小さな当りが均一に分散していることが確認された後、図1-17に示すように基準定盤を基準にして電気マイクロメータで平面度を測定する。

きさげした面には図1-18に示すような凹凸があり、定盤に電気マイクロメータの測定子を直接当てるのではなく、ブロックゲージを中間に入れて測定する。

### ② 坪当りの測定

25mm□のマスクを作ってこの中にある当りの数をかぞえる。

これを中央部、周辺部と数カ所で行う。



40回目

図1-16 仕上がった精密定盤



図1-17 平面度の測定

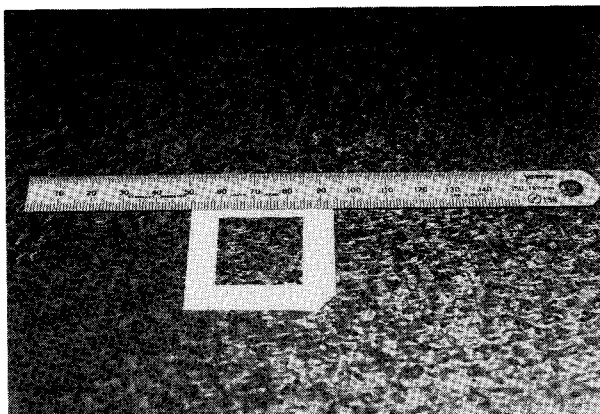


図1-18 坪当り

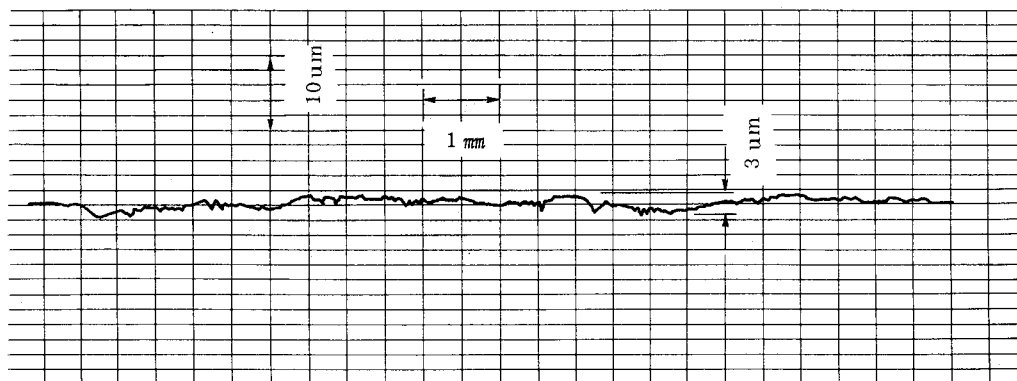


図1-19 きさげ面の凹凸

## 5. 定盤の手入れと保守

### ① 砥石をかける

定盤を使用する時は上面の傷やかえりを取除くためアルカンサス砥石を全面にかける。

このような高精度定盤には油砥石等を使用してはならない。

### ② 有機溶剤でふく

定盤を使用する時には有機溶剤でごみ、よごれをきれいにふき取る。

### ③ 防錆剤を塗る

使用後は同様に有機溶剤でよごれをふき取り、うすい防錆剤を全面に塗付する。

凝固するような防錆剤を使用してはならない。

人が手でさわっただけでも放置すると錆が発生する。

### ④ 平面度、当りの確認

使用頻度にもよるが6ヶ月に1度は基準定盤で平面度、当りを確認する。

摩耗して当りが大きくなると当り率は高くなるが、すべりが悪くなる。



図1-20 砥石をかける

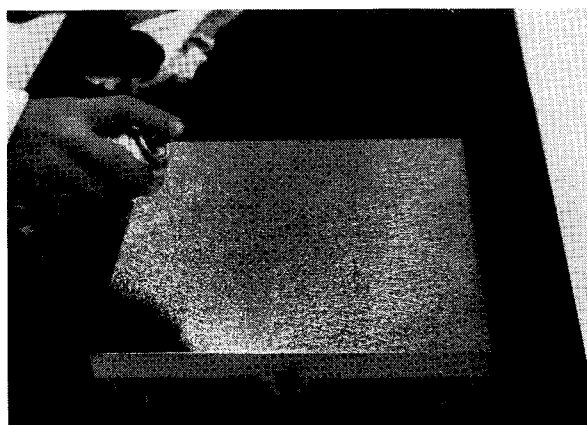


図1-21 防錆剤を塗る



## 実技課題(2) 正しい平面のつくり方 三面すり合せ

平面の基準としてはオプチカルフラット、定盤があり、前者は光の干渉を利用した測定器で透過形の光学部品や鏡面を有した小形部品の平面度の測定に使用され、一般の機械部品の測定（定盤を基準平面として平行度、平面度、直角度、真直度の計測）には定盤が使用されることが多い。

測定用の定盤にも計測しようとする精度によって使い分けが必要であり、JISの精密定盤（B7513）でも0級、1級、2級の3段階に分類されている。

定盤には測定だけでなく図2-1に示すようにすり合せ定盤、ラップ定盤としての用途もある。ここでは精密定盤のうち金属定盤について特徴、用途、精度測定、三面すり合せによる製作方法について習得する。

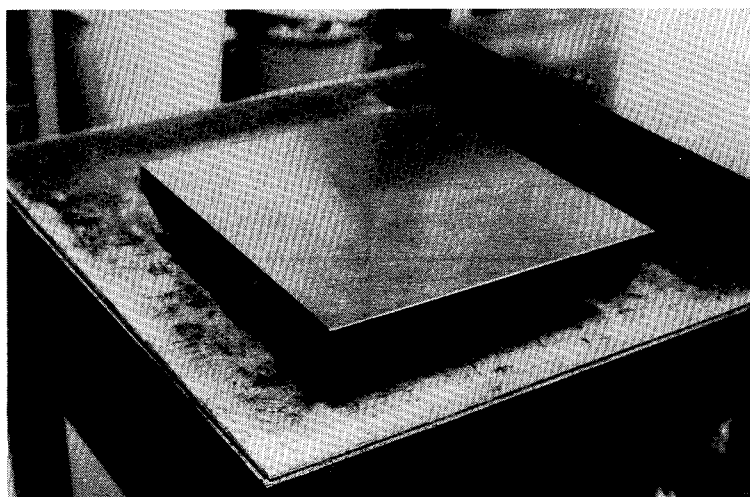


図2-1 すり合せ定盤

## 1. 定盤の精度

精密定盤の精度はJIS (B7513) で表 2-1 に示すように規定されている。

定盤は平面の基準として使用されるものであり、平面度が確認されていれば図 2-2 に示すように、定盤を基準に電気マイクロメータ、ダイヤルインジケータを使用して平面度、平行度、直角度、真直度ををを知ることができる。

このため基準となる定盤の精度は被測定物に要求されている精度の1/5~1/10であることが理想である。

最近の高精度な機械部品の精度としては0.1~1 $\mu$ mの定量化が必要であり、少なくともJIS 0級の1/5~1/10の精度の定盤が必要となる。

多少、精度の悪い定盤を使用しても測定回数を増すことや定盤上で測定位置を変えることによって被測定物の真の姿に近づくことが可能であるが測定時間がかかることによって温度変化(体温、気温による変化)の影響を受けやすくなる。

高精度の測定になればなるほど信頼のできる測定器で短時間に測定することが重要である。

表 2-1 定盤の使用面の平面度の許容値JIS (B7513)

による

使用面の大きさ (mm)	使用面の平面度の許容値( $\mu$ m)			対角線の長さ(参考) (mm)
	0級	1級	2級	
250×250	2	4	8	354
400×250	3	5	10	472
400×400	3	6	12	566
630×400	4	8	16	746
630×630	5	9	18	891
1,000×630	6	12	24	1,182
1,000×1,000	8	15	30	1,414
1,600×1,000	10	19	38	1,887
2,000×1,000	12	23	46	2,236
2,500×1,600	15	30	60	2,968

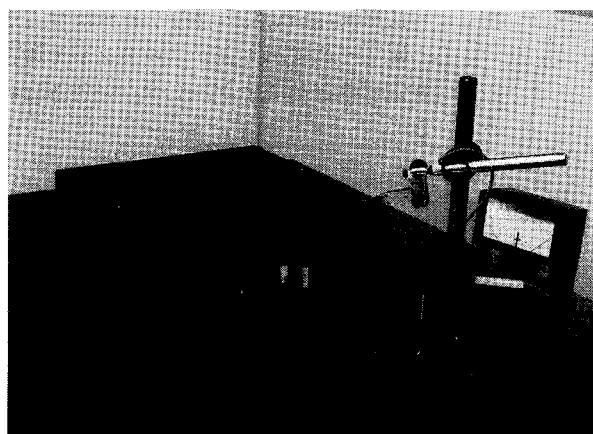


図 2-2 定盤を基準にした平面度の測定 電気マイクロメータ使用

## 2. 金属定盤の特徴

精密定盤の材質として鋳鉄、斑れい岩、最近ではセラミック製のものが市販されるようになったが鋳鉄製定盤はきさげ仕上げされ、斑れい岩、セラミック製定盤はラップ仕上げされている。

いずれの材質にしても経年変化が少ないこと、耐摩耗性が高いこと、熱変形が少ないこと、剛性が高いこと、使いやすいこと等が選定の条件となる。

使用されている実績の多い鋳鉄製と斑れい岩製の定盤を比較すると表 2-2 のようになる。

精密定盤として最も重要なことは、精度が維持できることと、現状の精度を把握していることである。しかし、いずれの材質の定盤も使用すれば摩耗や傷によって精度は劣化する。このため精度修正ができれば精度が劣化するびに廃棄するかラフな精度の用途に使用するしかない。

このため石定盤よりきさげで精度修正ができる鋳鉄製定盤の方が経済的であり、現状の精度の把握、修正を行うためには三面すり合せされた定盤または原器としての定盤を維持していることが重要である。

また、金属定盤について重要なことは平面度がでていることは勿論であるが単位面積の中に当りが幾

表 2-2 鑄鉄製と斑れい岩製の定盤の性能の比較

項 目	鑄 鉄	斑 れ い 岩
安 定 性 (経年変化)	◎素材の製作方法、加工方法によって長期間にわたって高精度が維持できる。	◎地質学的にみても経年変化は少ないと思われる。
精 度	◎すり合せの技能があれば修正することにより高精度を維持できる。三枚摺合せの手法により、目的に応じた精度に製作できる。	○精度、精度修正のいずれもメーカーに依存せざるを得ない。
剛 性	◎リブによる補強が可能である。	◎単位重量当りの強さは鑄鉄に比べて小さい。
湿 度	○手入れをおこたればさびが発生する。	◎さびは生じないが膨潤の可能性はある。
温 度	◎被測定物との熱膨張係数が等しく熱伝導が良いため短時間に同一温度になりうる。	◎むくであるため熱容量が大きく熱膨張係数も小さいため温度変化の影響を受けにくい。 被測定物と熱膨張係数に差があるのは欠点となる。
使いやすさ	○きずがつきやすく打痕、きずは盛り上る。 使用後は防錆処置をしなければならない。 図 2-2 に示すようにスタンドを斑れい岩で製作することにより、すべりの悪さは解決できる。	◎インジケータスタンド（鋼製）の移動に対してすべりがよい。
価 格	○高価である。	◎比較的安価

つあるか（坪当り）であり、この当りが均一に分散していることである。

金属定盤は使用するにしたがって表面が摩耗し当りが大きくなり（当り率が高くなる）、すべりが悪くなる。このため精度劣化がなくても当りを細分化するためのきさげによる修正も必要である。

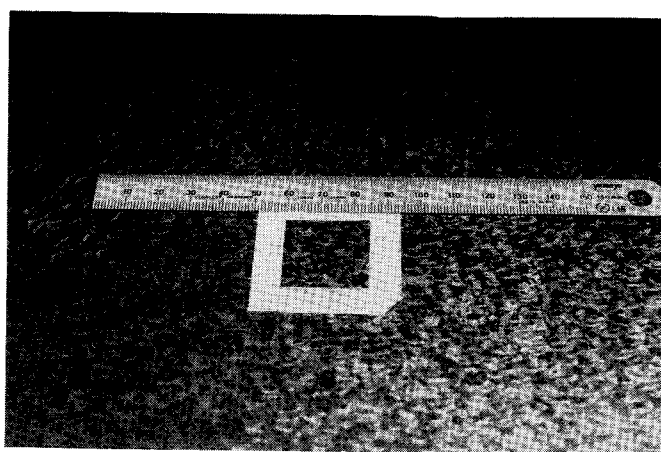


図 2-3 すり合せされた定盤の坪当り

### 3. 金属定盤の形状

金属定盤の形状としては図2-4に示すように裏面が舟型形状のものを多くみかけるが精密定盤としては図2-5に示す箱型構造が剛性も高く、上下対称であるところから熱的にも安定している。

この定盤は図2-6に示すように上面と下面の肉厚が30mm、側面の肉厚が25mm、内部リブの肉厚が20mmとなっており、重量は700kgfあり、中央部に荷重を加えた時の剛性も2000N/ $\mu$ mとなっている。(JIS B7513では200N/ $\mu$ m以上となっている)。

このような定盤は製作、修正する過程で吊り上げたり、裏がえしにすることが頻繁に行なわれるため専用の金具、吊り具が必要である。この金具は図2-7に示すように定盤にボルトで締付けられており、締付けによる精度への影響をさけるため取付けたままにしておく。

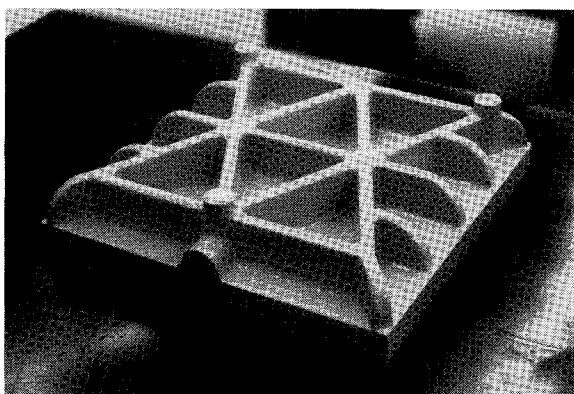


図2-4 舟型定盤

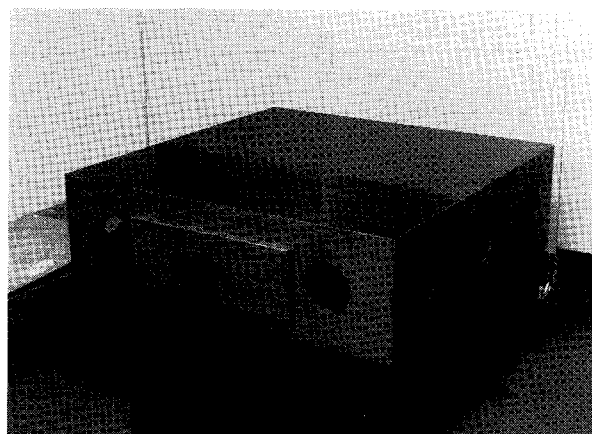


図2-5 箱型構造の定盤

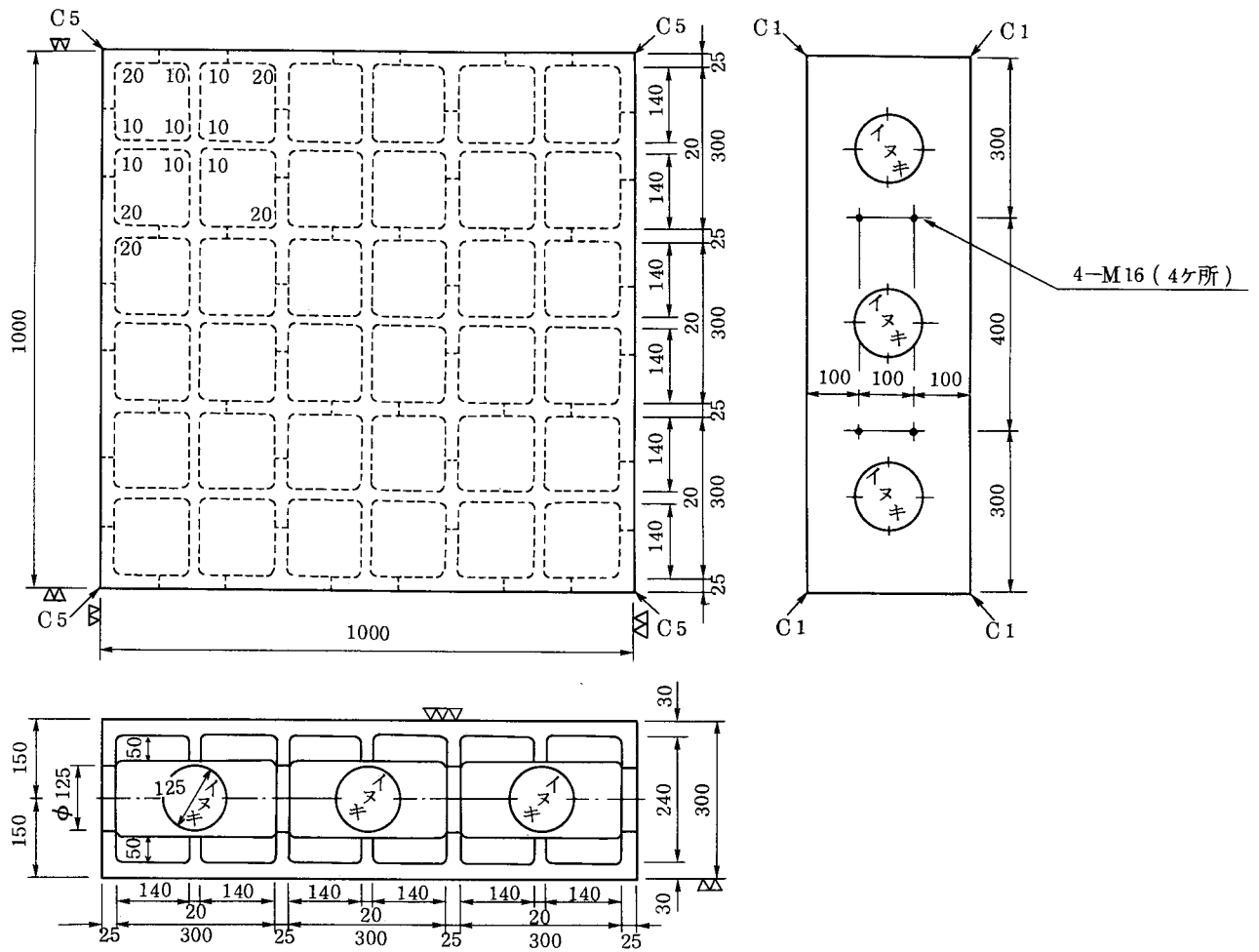


図 2 - 6 箱型定盤の構造

定盤は据付けた時の安定性を得るためJISでも 3 個所の足を有することを規定されているが、被測定物の重量によるたわみと、自重によるたわみを少なくするため支点を 3 点以上として、荷重分布を等しく、応力を発生させないため支持点は自由に回転できる構造とし、最終的に 3 点支持とする。

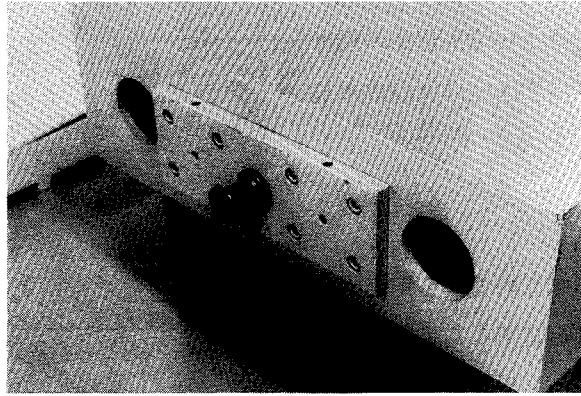


図 2-7 定盤の吊り用金具

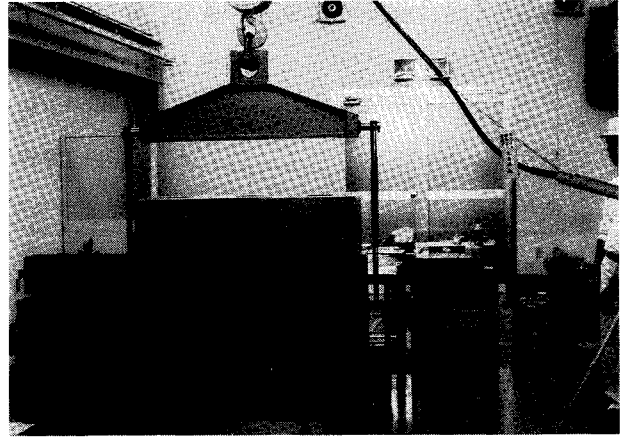
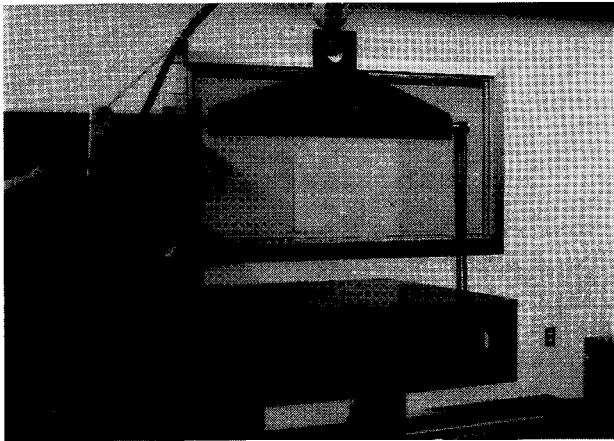


図 2-8 定盤の吊り治具の使用状態

#### 4. 金属定盤の用途

先に述べたすり合せ、ラップ用定盤は別にして精密定盤としての使い方についてまとめてみる。

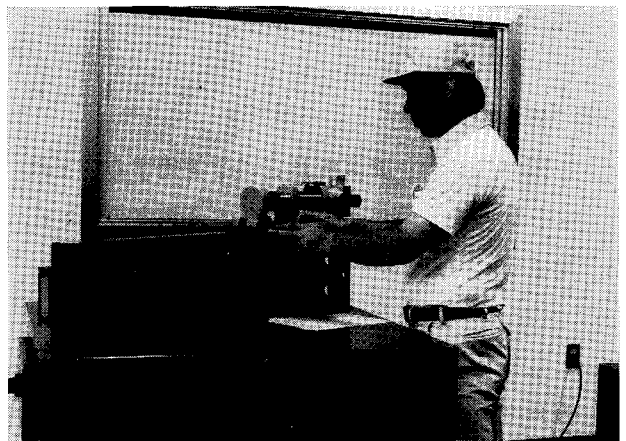


図 2-9 支持台としての精密定盤の用途

### (1) 支持台としての用途

自重によるたわみを避けたい機械部品の据付け、測定には図2-9に示すように支持台として使用する。

### (2) 平面度の測定

精密定盤と微調整が可能な載物台を用い図2-2に示したように定盤を基準として電気マイクロメータ、ダイヤルゲージで平面度を測定する。オプティカルフラットによる平面度の測定と異なり、電気マイクロメータ等による測定は点あるいは線の範囲での測定であり、被測定物の平面に特異点がないことが前提となる。

この他、図2-10に示すように定盤や直定規をすり合せで製作、修正するための当りづけに使用する。

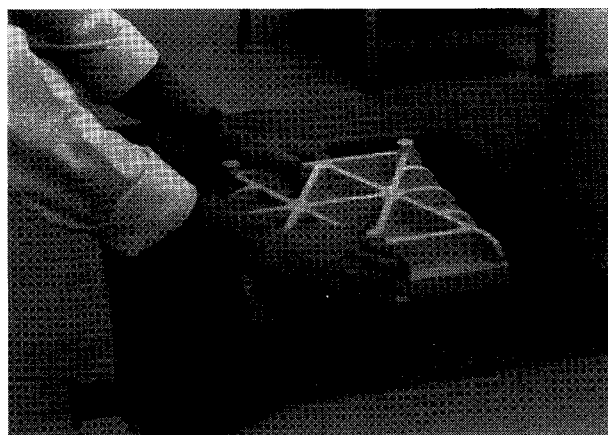


図2-10 基準平面として当りづけに使用

### (3) 平行度の測定

定盤上にべた置きされた被測定物の平行度を定盤を基準として電気マイクロメータ、ダイヤルゲージで測定する。厚みの絶対値が必要な場合は定盤上に置いたブロックゲージ（定盤、ブロックゲージ、被測定物が同一温度になっていること）との比較測定を行う。

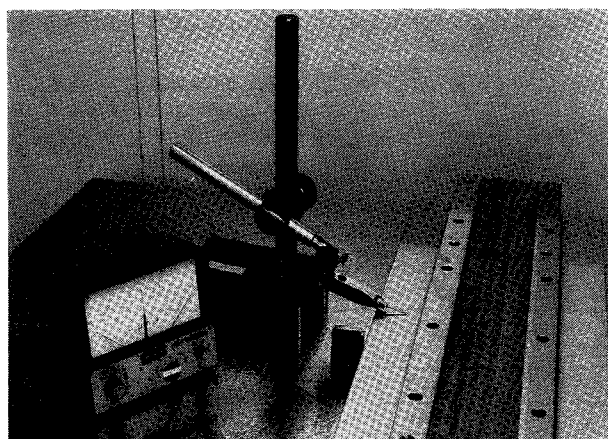


図2-11 定盤を用いた平行度と寸法の測定  
(ブロックゲージとの比較測定)

### (4) 直角度の測定

円筒スコヤ、真直度測定器を併用することにより底面あるいは上面に対する直角度の測定ができる。

また、図2-12に示すような手順で精密定盤と電気マイクロメータを用いてスコヤの製作や直角度の確認を容易に行うことができる。

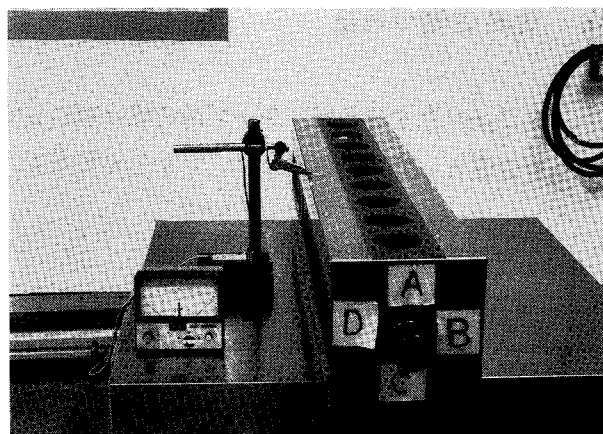


図2-12(a) 定盤基準にA、C面の平行度を確認する

## 5. 定盤の精度測定

定盤の精度測定法として下記に示す方法があり、

定盤の大きさ、精度によって、使い分ける必要がある。

(1) オートコリメータまたは水準器による方法

オートコリメータまたは水準器を用いた平面度の測定は対角線法、井げた法あるいは両方を組合せた測定線に沿って垂直面内真直度によって測定される。

これらの測定は水準器、反射鏡を測定線に沿って移動させて行うため、これらの大きさから小型定盤の測定には不適である。

水準器、オートコリメータを用いた測定に要する時間（1000<sup>□</sup>の定盤で3時間以上を要した）から測定精度には限界がある。

水準器、オートコリメータによる測定は測定線上での測定値であり、平面としての評価ではない。このためすり合せ、ラップなどの製作方法によって特異点のないことが確認されていなければならない。

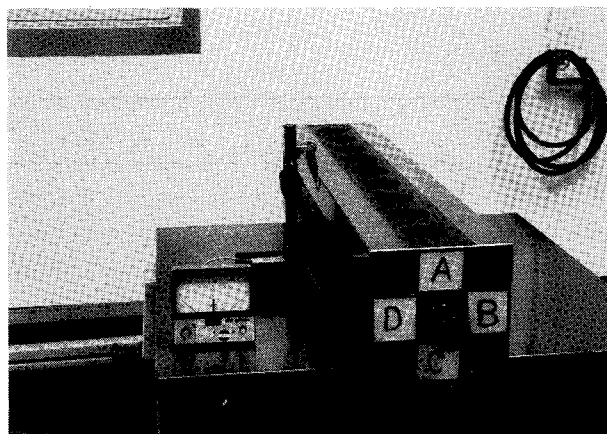


図2-12(b) 電気マイクロメータの目盛を“0”に合せる

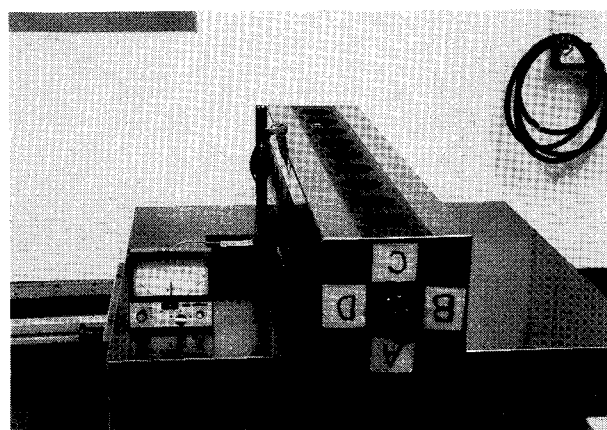
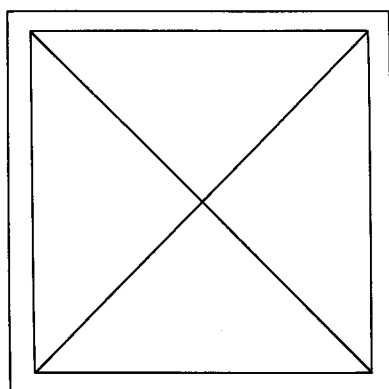
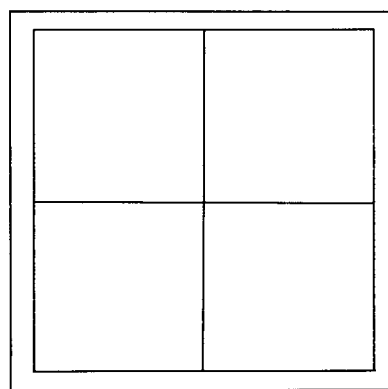


図2-12(c) スコヤを長手方向に180°回転させ電気マイクロメータの目盛を読む。読みの1/2がA、C面と対するD面の直角からのずれとなる。



対角線法



井げた法

図2-13 平面度測定の測定線ととり方

(2) 基準平面と比較する方法

精度が確認されている平面（定盤）を規準に当りて確認する方法がある。

この方法は図2-10に示したように基準定盤にブルーペーストを、被測定定盤に光明丹を薄く塗りお互いをすり合わせる。すり合せの時のお互いの移動量は150mm以下とする。このようにして生じた黒当りが小さく、均一に分散していることで基準定盤と同等の平面度が得られたものとする。このように当りによる確認方法は平面度を数値で表すことができない。



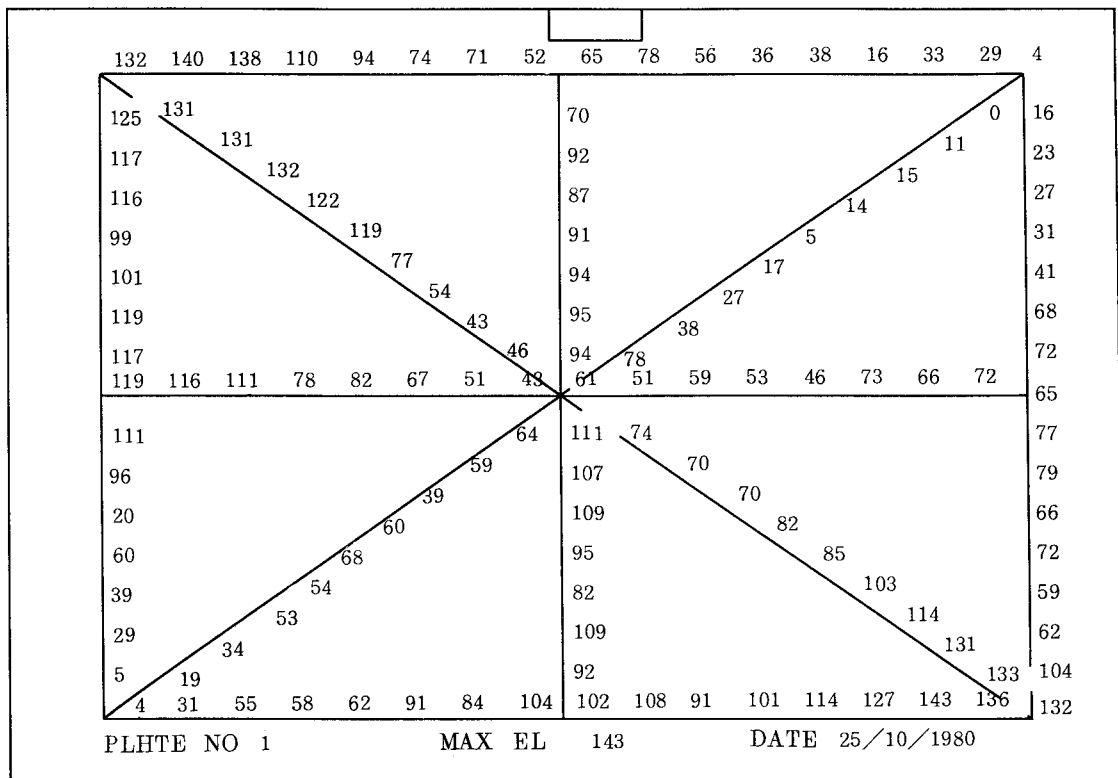
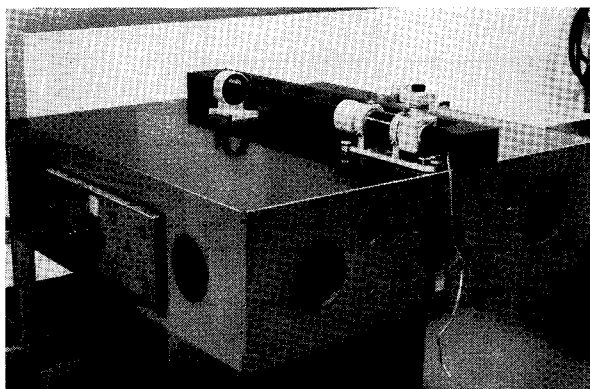
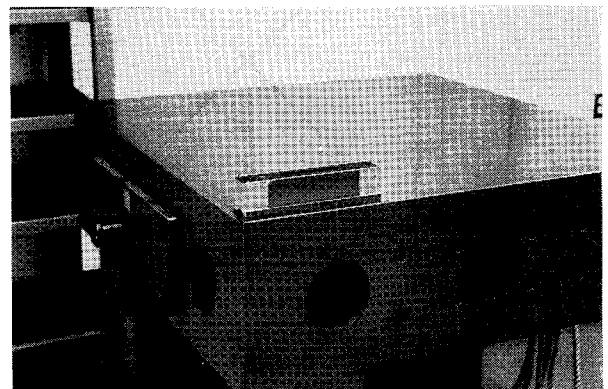


図 2-14 定盤の平面度 (中央部分での測定値のバラツキが測定誤差)

この方法では上のにせる被測定定盤の大きさ、剛性によっては大きなねじれや曲りは自重のたわみに含まれてしまうため、ねじれや曲りの有無を図 2-16 に示す方法で確認しなければならない。

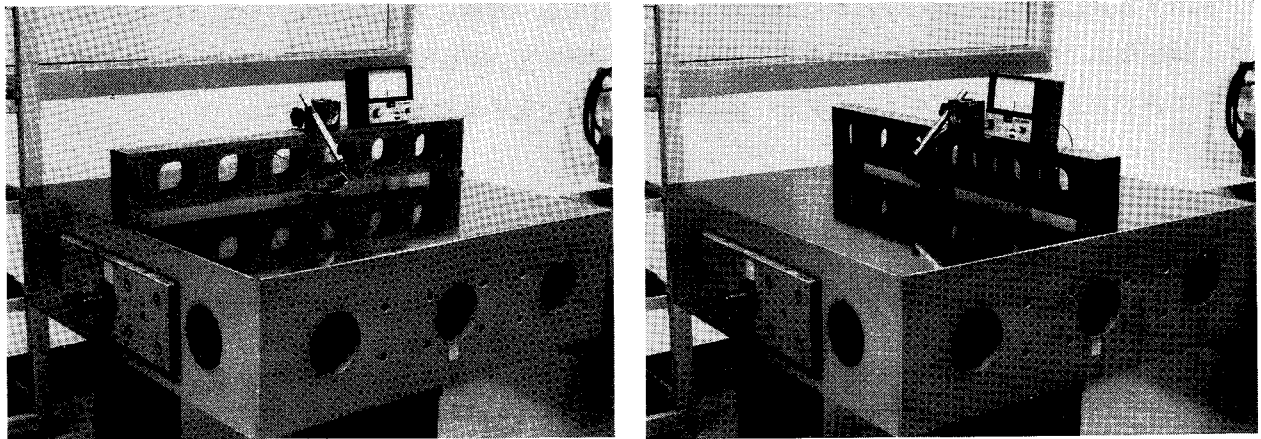


(a) オートコリメータに用いる方法



(b) 水準器を用いる方法

図 2-15 定盤の平面度の測定



(a)

(b)

図 2—16 ねじれと曲りの測定

(a)に示すように両端で支持された直定規の中央に電気マイクロメータを当て目盛を“0”にセットする。次いで(b)に示すように直定規を90°回転させ電気マイクロメータの目盛を読みとる。この読みの差が当りでは現わすことができなかつた定盤の曲り、ねじれとなる。  
対角線方向についても同様な測定を行う。

## 6. 鑄鉄製三面すり合せ定盤の製作

定盤の使用方法については4項で述べたが、いかなる材質の定盤であっても使用すればべた当りになる、あるいは精度が低下する。

いつも高精度の定盤を維持して行くには、鑄鉄で三面すり合せの定盤を制作することであり、精度が低下すればマスタ定盤を基準にきさげで修正することができる。

三面すり合せはオートコリメータやダイヤルゲージ等の検査工具の存在しなかつた時代に同一形状(正方形あるいは円形がよい)の定盤を三個以上準備し、これらをお互に当り付けをして、どの定盤と当り付けをしても均一な当りが得られるようになるまで当り付け、きさげ作業を繰返す。このように、平均化によって高精度な平面を製作する方法は、ウィットフォースによって考案されたといわれる。

ウィットフォースから100年以上を経た現在でも比較的大形の定盤の製作方法、精度把握の方法として三面すり合せ以上のものはない。

平面の原器となる三面すり合せ定盤として図2—5に示す定盤を製作したが、製作の手順について述べる。平面を創成する古典的な方法は3枚の定盤A、B、Cをぴったり合わせることによって得られる。この方法は定盤の最初の精度とは何ら関係がない。AはBに合うようにきさげ仕上げされる。(中央左図) CはAに合うようにきさげ仕上げされる(中央右図)この時点ではAとBがAとCが一致したにすぎない。このためBとCが比較された時誤差が現われる。(下図)

前述したように高い剛性と熱的な安定性を得るために図2—6に示した構造とした。材料の鑄鉄には組織が緻密で硬度も高く(HB195)、引張強さ(28kgf/mm<sup>2</sup>)も大きいミーハナイト鑄鉄を使用し、鑄造による残留応力を発生させないよう砂型を大きくとり、注湯後砂型の中で常温になるまで

除冷する自己焼鈍法を取ったほかは熱処理による応力除去（焼鈍）、枯しは行なわなかった。

機械加工は加工による残留応力を発生させないよう無加工、中仕上げ、仕上げの三段階に分けてプレーナのみで加工し、リードタイムも含め、鋳造から機械加工完了まで4ヶ月をかけた。

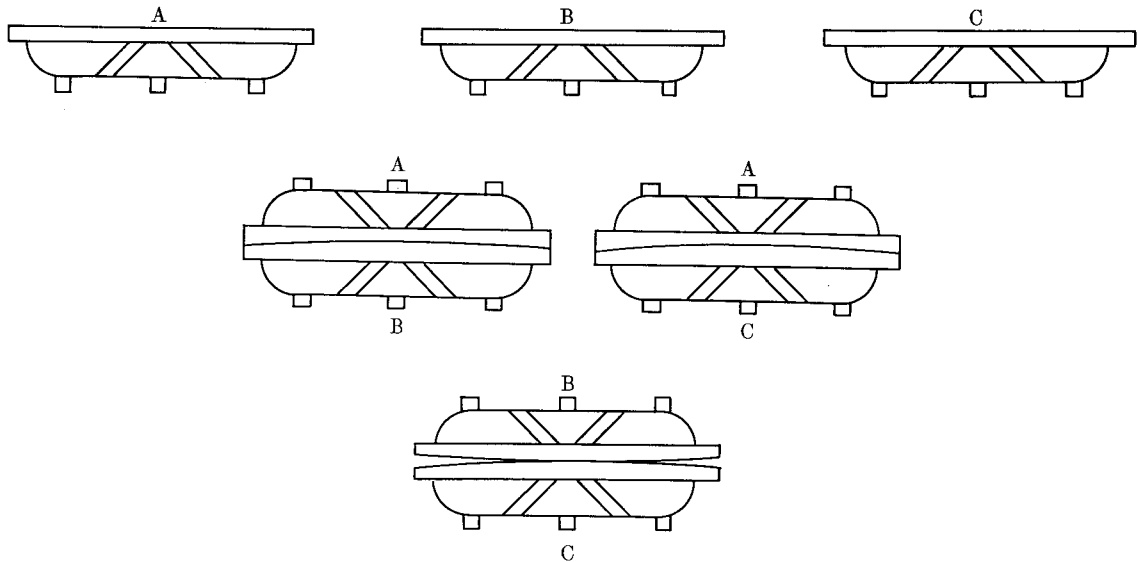


図2-17 三面すり合せの原理(I)

低速切削(40m/min)、シングルポイントツール切削のプレーナを加工機械に選んだ以外に、プレーナの荒加工においても切削抵抗の少ない剣バイトのみを使用し、1回の切込み量を5mm以下、送り量を1mm以下と規制した。

荒加工では中仕上げの削り代1mmを全面に残して加工する。

中仕上げでは1mmの削り代を荒加工と同様、剣バイトで切削速度40m/min、送り量1mm以下で全面を加工する。

仕上げ切削は超硬のヘールバイトで切込み量0.04mm、切削速度10m/minで行う。コーナ部の面取りはこの工法で行う。

外部塗装、内部塗装、吊り用金具の装着後、恒温室(20~23±1℃の室温の制御は必要)できさげ作業に入る。

目標精度 平面度1μm/全面、坪当り40

実技課題(1)で述べたきさげのやり方の順序に従ってすり合せを繰り返す。

図2-17、図2-18による平均化、図2-14(a)、(b)に示した測定方法による自重によるたわみや曲りの影響の除去を繰り返す。

4ヶ月を経て完成したが精密定盤のすり合せには、きさげの技能、スクレーパの研削方法、光明丹の塗り方と当りの付け方、きさげによって生じたばりを取るための砥石(アルカンサス砥石)の選択と砥石のかけ方、測定技術が優れてるだけでなく、長期間にわたる忍耐力と集中力が必要である。

3個製作した定盤の内、2個は検査用、当り付け用と目的に合せて使用するが1個は基準の定盤として使用せずに保存する。使用する2個の定盤は基準定盤と定期的に当りを確認し、現状の精度の把握と精度修正の時期を想定する。

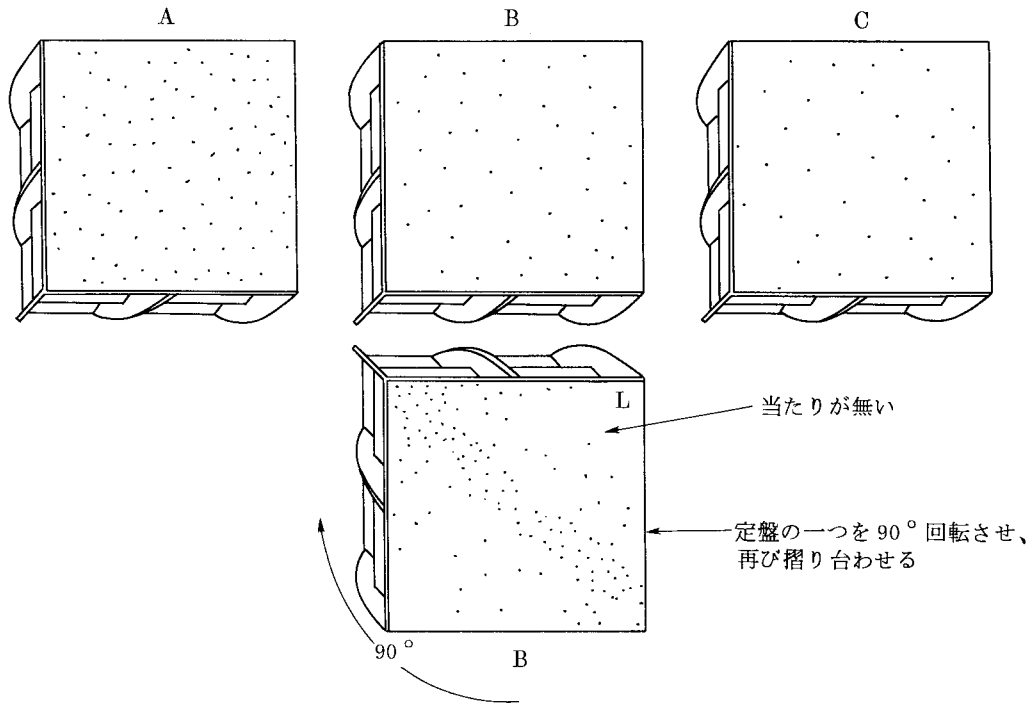


図 2-18 三面すり合せの原理(2)

定盤A、BおよびCは向かい合った対角線上に高い点Hと低い点Lを持って振れている。上図に示すように夫々を高い点Hと低い点Lを合わせるようにすれば当りは均一に現われる。しかし、下図に示すようにBを90°回転させお互に高い点同志を合せると当りの模様は変化する。

引用超精密機械の基礎

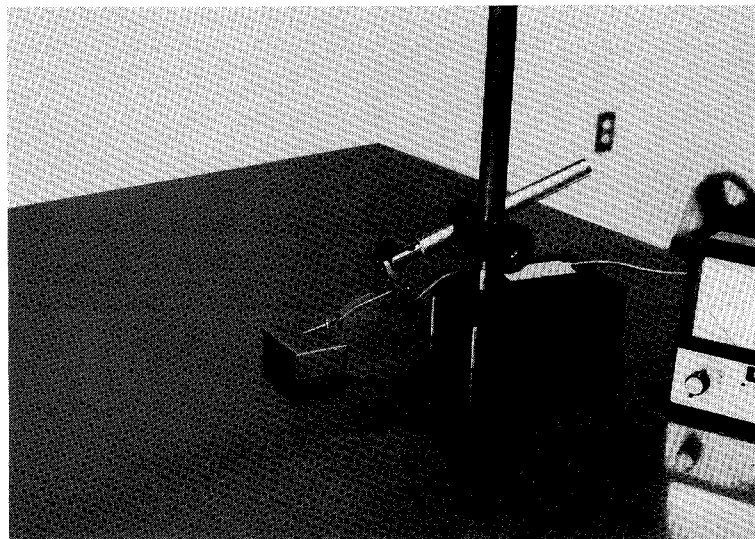


図 2-19 きさげ面の凹凸を平均化するために使用するラップ仕上げされたブロック

原器として高精度の定盤を有することによって高精度、信頼性のある測定を容易に行うことができる。しかし、安心してこの定盤を使用するためには現状の精度を正確に把握し、精度劣化があれば直ちに修正しなければならない。

高精度の定盤を維持するということは評価ができるということと修正ができるということにほかならない。

三面すり合せした金属定盤を持つことはこれらを具体化する唯一の方法である。

## 引用文献

超精密加工技術実用マニュアル 新技術開発センタ

超精密機械の基礎 国際工機株式会社

### 実技課題(3) 三角柱プリズムのラッピング

プリズムのラッピングは、あらずり機を使用し、すり合わせによる加工で、所要のプリズム角度、平面度を達成する加工方法である。

加工に伴うプリズムの保持、角度・平面度・面取幅加工での指先、腕の動作、角度などの計測方法の知識と技能が必要とされる。

ここでは次のことを習得する

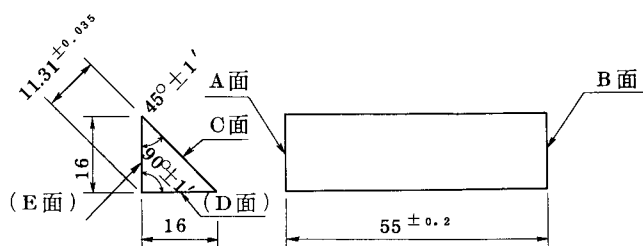


図 3-1 試験片の形状及びラッピング精度

- ・角 度
  1. C面⊥A面、B面； $90^\circ \pm 3'$
  2. ピラミッド誤差 $\pm 3'$
- ・平面度
  1. プリズム面(C、D、E面)  $\Delta h = -2 \sim -5 \mu\text{m}$  ( $\phi 50\text{mm}$ リング)
  2. 両側面(A、B面)  $\Delta h = 5 \mu\text{m}$ 以内 (  $\phi 10\text{mm}$ リング又はストレートエッジ )
- ・面 度
  1. 両側面の各稜を幅0.3mm程度
  2. 他の稜は面取りしないこと
- ・外 観 #600仕上げ面
- ・製 作 個 数 2個
- ・材 質 BK7

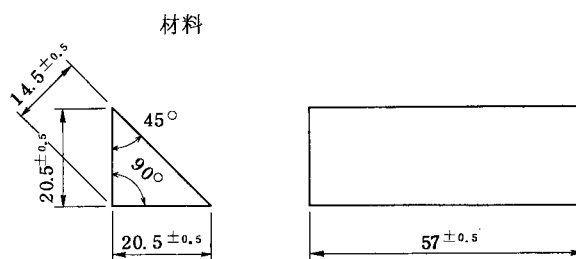


図 3-2 試験片の前加工精度

## 1. ラッピングに必要な機器、工具準備

### (1) ラッピングマシン (あらずり機)

軸回転数 0、400~600rpm

(図3-3)

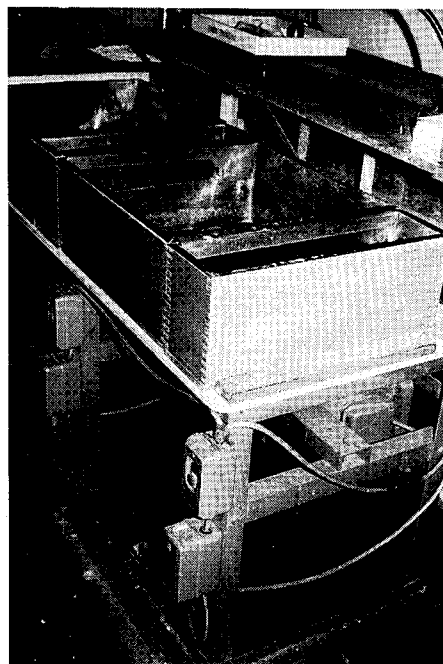


図3-3 ラッピングマシン (あらずり機)

### (2) 測定装置

#### ① ニュートンゲージ

・平面  $\phi 100\text{mm}$

#### ② 角度ゲージ (マスタープリズム)

・角度  $90^\circ \pm 10''$ 以内

$45^\circ \pm 10''$ 以内 (図3-4)

#### ③ 簡易球面計

・0.001mm目盛付ダイヤルゲージ

・測定リング;  $\phi 10$ 、 $\phi 50$ 、 $\phi 90\text{mm}$  (外径)

#### ④ 肉厚測定装置

・0.01mmマイクロメータ

0~25mm、50~75mm

#### ⑤ 汎用プリズム角度測定装置 (図3-5)

#### ⑥ その他

・ノギス: 0~150mm

・ストレートエッジ:  $\phi 250\text{mm}$

・ユニバーサル角度定規 (スコヤ) (図3-6)

・アイゲージ (目盛付ルーペ) 7×0.1mm目盛

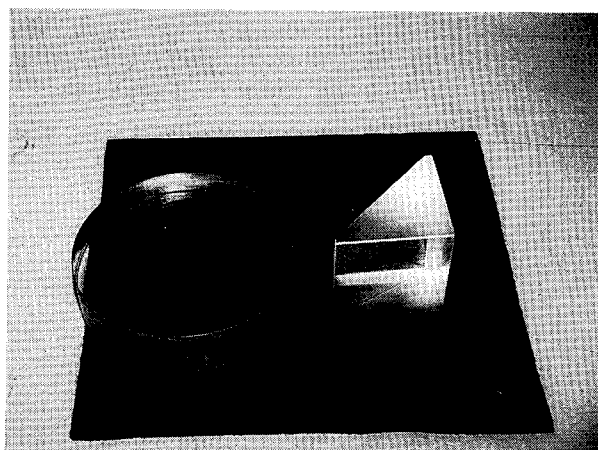


図3-4 ニュートンゲージ (平面) とマスタープリズム



図3-5 汎用プリズム角度測定装置

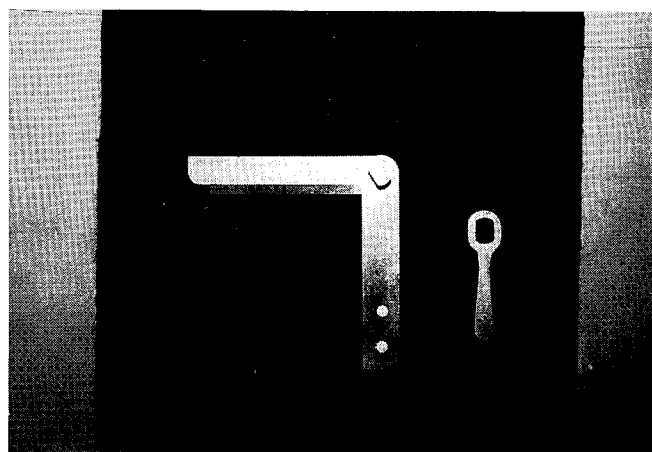


図3-6 ユニバーサル角度定規

(3) 工具、治具

① ラップ

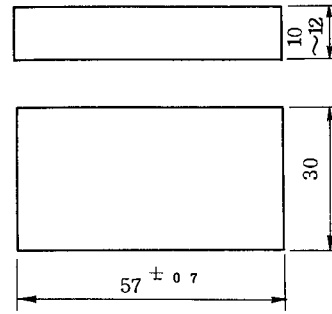
・あらずり皿：平面  $\phi 250\text{mm}$

② はりつけ治具

・プリズムやとい (図3-7)

L57、H30、W10~12mm

・接着剤 : みつろう



個数 1個  
材質 BK7

(4) 砥粒

C砥粒 #180 #240

E又はA砥粒 #400 #600 #800

(5) その他

・溶剤 ; ガソリン

・砥粒容器 (図3-8)

・工具 : 砥石片、サンドペーパー、皿すり合わせ用ガラス、平面 $\phi 100 \times t15$

・拭き紙、雑布、ウェス

・電気スタンド、鉛筆 (6H程度)

・ガスコンロ、鉄板、新聞紙 (四ツ切程度) 軍手

図3-7 プリズムやとい

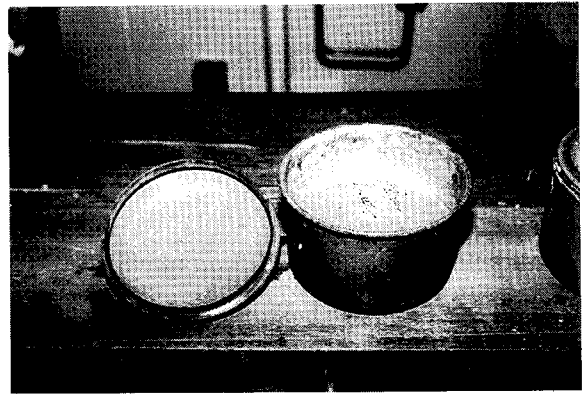


図3-8 砥粒容器

## 2. 作業準備

(1) 材料の確認

① 外形寸法の測定 長さ、幅、厚さ

(2) 工具の確認

① ラップ (あらずり皿) の精度

・ニュートンゲージに $\phi 90\text{mm}$ のリングを取り付けた簡易球面計をあて、ダイヤルゲージの零点を合わせる。(図3-9)

・セットした球面計によりあらずり皿の $\Delta h$ 測定・確認を行う。

$\Delta h$  +10~12 $\mu\text{m}$

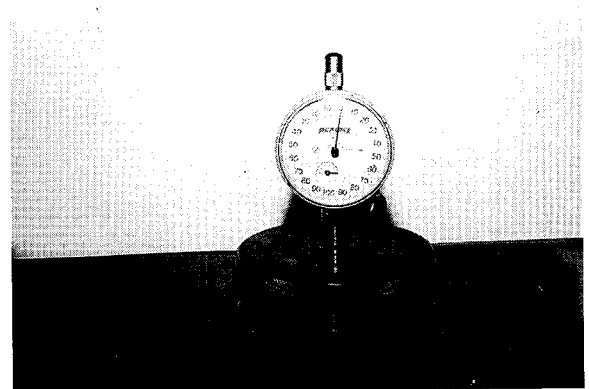


図3-9 ダイヤルゲージによる $\Delta h$ 零点セット



### (3) あらずり機の運転準備

- ① 回転数の設定  
500rpm程度
- ② 皿回転ふれ、振動ぐあいのチェック  
あらずり皿を軸に取り付け、回転面ふれ、振動ぐあいを確認する。
- ③ 温水の準備 (図3-10)  
水槽に、使用する皿、プリズムの乾燥を早め、表面観察を見やすくする為に温水を入れる。(30~40℃目安)  
(注、以後、液が汚れた場合、又は2時間程度ごとに温水を交換する)

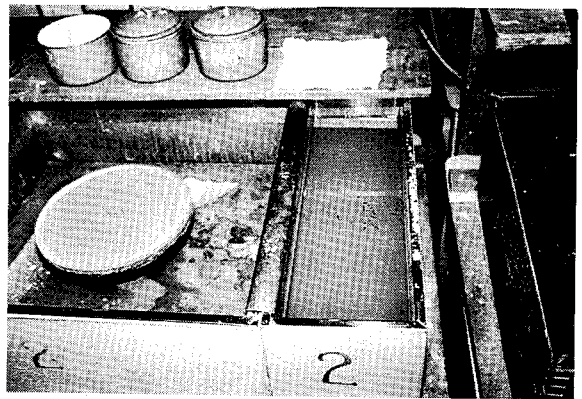


図3-10 温水を入れた水槽

### (4) 測定装置の準備

ユニヴァーサル角度定規をマスタープリズムに合わせる。(図3-11)

### (5) 砥粒の準備

- ・容器に所定の砂を入れ、水を供給する。  
(1:1の比率が目安)
- ・砂の入った容器は作業台上に粒度順に並べる。  
(写真3-12)

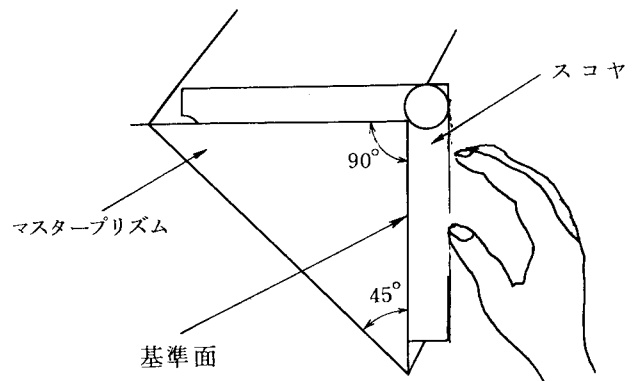


図3-11 スコヤの角度合わせ

## 3. プリズムのはりつけ保持

### (1) すり合わせ

- ・プリズムやといとのはりつけ面を作る。
- ① #400の砂を使用し、D又はE面のピリの小さい方の面を最小の取り代で、する。
- ② かた肉にならないようにすり合わせる。  
 $\Delta h = 2 \sim 5 \mu m$  ( $\phi 55mm$ リング使用)
- ・すり合わせた面をE面とする。



図3-12 作業台上に並べた砂容器

### (2) はりつけ

- ① 軍手を両手にはめる。
- ② 弱火にしたガス台上の鉄板に新聞紙を敷く。

(加熱温度 90~100°C 目安)

- ③ プリズムのすり合わせた面 (E面) と、プリズムやといのはりつけ面をのせる。(3~4分位) (写真3-13)
- ④ E面に接着剤のみつろうを均一に薄く塗る。
- ⑤ 新聞紙上で、やといを中央にして、プリズムのE面を左右より平行にはりつける。
- ⑥ ガスを止めて、自然冷却を行う。(図3-14)
- ⑦ 加工面に流れだした接着剤は溶剤で拭き取る。

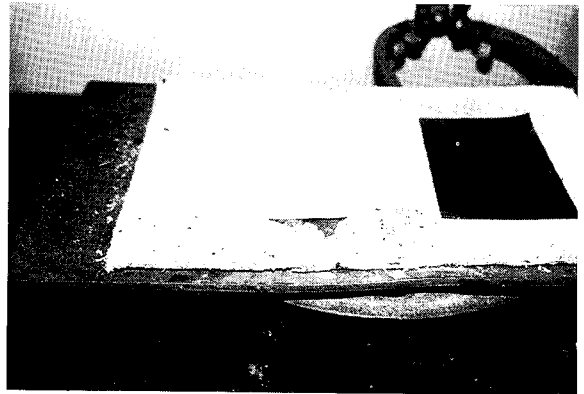


図3-13 加熱中のプリズムとやとい

#### 4. 手ずり-1

##### (1) 共通項目

手ずりの時の共通項目を列記する。

- ・砂は手で、容器より皿上に供給する。
- ・使用砂の砥粒サイズ (#) を変更する場合、粗の砂 (#No.の小さい数字) は、水槽内の温水で洗い流す。
- ・プリズムは、親、中、人さし指で保持し、加工面に近い所 (下の方) を持つ。

(写真3-15)

- ・皿の中央に静かに水平に置く。(図3-16)
- ・より多く除去したい側を、回転皿の外周側に合わせる。
- ・平面度を出す時は、皿の回転を停止して、する。

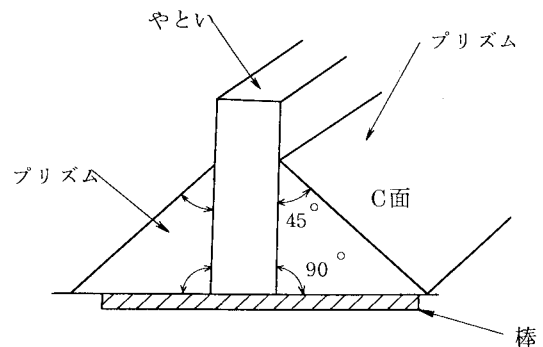


図3-14 はりつけたプリズム



写真3-15 手ずり時のプリズムの持ち方

##### (2) 側面加工

- ① A面加工を行う。
  - ・使用砥粒 #180 #400 #600
- ② 精度
  - ・平面度  $\Delta h$   $-2 \sim -5 \mu\text{m}$  ( $\phi 10\text{mm}$ リング)
  - ・寸法精度  $56.0 \pm 0.2\text{mm}$
- ③ 加工

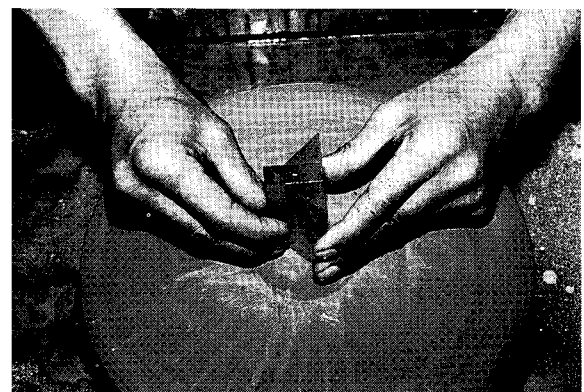


図3-16 手ずり時のプリズムの皿上への置き方

- ・使用砥粒と外形寸法・取り代の目安を表1-1に表す。
- ・すり方としてプリズムの軌跡を図3-17に表す。
- ・加工完了後、鉛筆により加工面にマーキングを行う。(二度すり防止の為)

注 他の面との相対角度をできるだけ、変化させないですること。

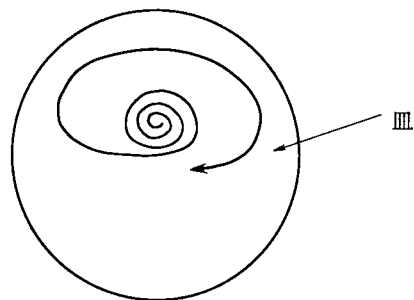


図3-17 すり軌跡

④ B面加工

- ・A面加工と同じ要領で行う。(表1-2)
- ・A面B面の平行度を0.01mmの精度に仕上げる。特に、かた肉にならないように注意する。
- ・ノギスで外形指示寸法にマーキングを行い、マークを目安に除去していく。
- ・はじめはノギス、寸法に近づいたらマイクロメータで測定する。

表1-1 外形寸法と取り代の目安 (A面)

砥粒サイズ	外形寸法 mm	取り代 mm
#180	56.4±0.2	—
#400	56.1±0.2	0.3
#600	56.0±0.2	0.1

表1-2 外形寸法と取り代の目安 (B面)

砥粒サイズ	外形寸法 mm	取り代 mm
#180	55.4±0.2	(0.6)
#400	55.1±0.2	0.3
#600	55.0±0.2	0.1

(3) D面加工 (図3-18)

- ① 使用砥粒 #180、#400、#600を測面加工と同じ要領で使用し、#600仕上げまで行う。
- ② 精度
  - ・平面度  $\Delta h$  - 2 ~ - 5  $\mu\text{m}$  ( $\phi 50\text{mm}$ リング)
  - ・ピラミッド角度  $90^\circ \pm 3'$ ・ピラミッド角度測定は、A、B両側面よりユニヴァーサル

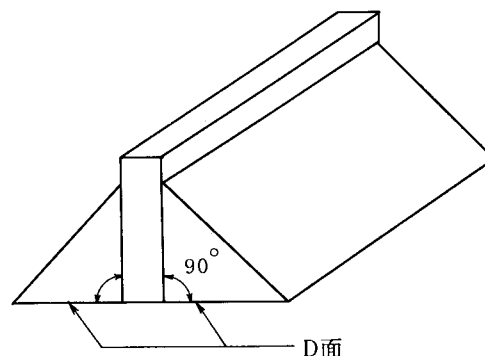


図3-18 D面加工

角度定規（スコヤ）で測定する。A、B両面共に等しい隙間に加工する。（図3-19）

（スコヤの使い方、合わせ方は後記6項で説明。）

③ 加工

加工完了後、加工面にマーキングを行なう。

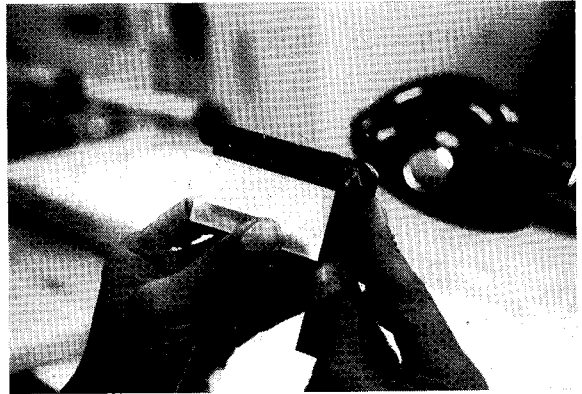


写真3-19 ピラミッド角度測定

## 5. プリズムのはがし

前記 3項プリズムのはりつけ保持と要領は同じである。

- ① 鉄板上の新聞紙上（加熱温度90~100℃目安）にプリズムを置く。（図3-20）
- ② はがした後、自然冷却を行う。（図3-21）
- ③ 冷却後、接着剤の付着部分を溶剤で拭き上げる。

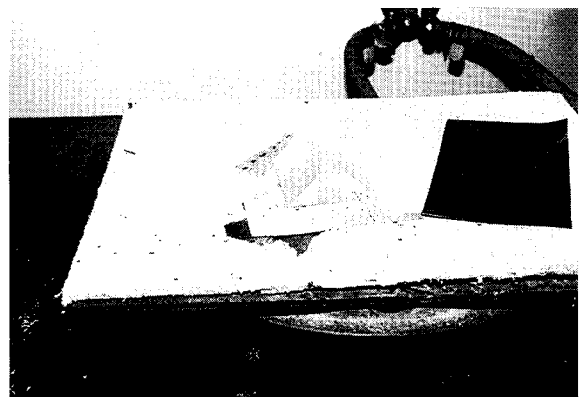


写真3-20 はがし加熱中のプリズム

## 6. スコヤの使い方、合わせ方

図3-22は、マスタープリズムのスコヤの合わせ方を示すものである。以下にその手順を示す。

- ① スコヤを肩の力を抜いて軽く持つ。
- ② 指先の力をぬいて、プリズム基準面によく密着させると共に、直角にあてる。
- ③ 静かに上から下におろす。
- ④ ②~③を3~4回行い、あて直す。
- ⑤ 側面より隙間のないことを確認する。  
見方は下記の通りとする。（図3-22）
  - ・目の位置の高さ。
  - ・目から25mm程度離して見る。
  - ・かた目で見ると。
  - ・電気スタンドを使用する。
- ⑥ ねじを締める。
- ⑦ 再度確認する。

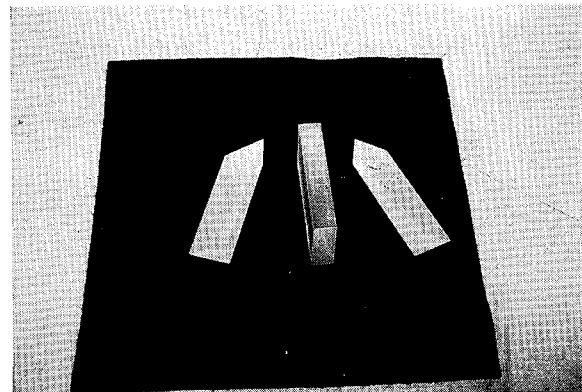


写真3-21 はがしたプリズム



図3-22 スコヤの見方

## 7. 手ずり—2、面取り

### (1) E面加工

- ① E面は90°の直角加工であり、かつプリズム単体で加工する。
  - ・使用砥粒 D面加工と同じ。
- ② 精度
  - ・平面度  $\Delta h$   $-2 \sim -5 \mu\text{m}$  ( $\phi 50\text{mm}$ リング)
  - ・直角度  $90^\circ \pm 1'$
  - ・ピラミッド角度  $90^\circ \pm 3'$
- ③ 加工
  - ・マスタープリズムとスコヤを使用し、90°の角度の確認を行う。
  - ・前記D面加工の要領で、直角度、ピラミッド角度を測定しながら、加工を行う。(図3-23)
- ④ 測定
  - ・汎用プリズム角度測定装置を使用し、90°の角度の再確認を行う。(図3-24)



図3-23 E面加工

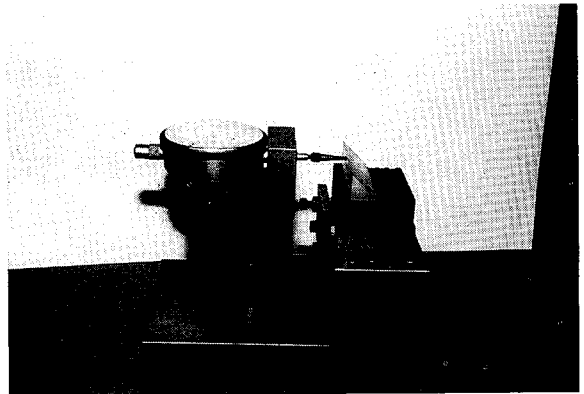


図3-24 汎用プリズム角度測定装置による直角度測定

### (2) 面取り—1

- ① A、B面とD、E面との稜線の面取りを行う。(図3-25) 使用砥粒 #800
- ② 精度
  - ・面取り幅 B0.3mm
- ③ 加工
  - ・面取り幅を一定にする為、皿回転を停止する。
  - ・#800砥粒を皿上に薄く供給する。
  - ・皿に対し、プリズムを45°傾けて、稜線にピリを入れないように、力をぬいて軽く押しあてる。(図3-26)
  - ・プリズムを3、4回程度移動させる。
  - ・面取り幅 B0.3mmを目視にて測定確認する。

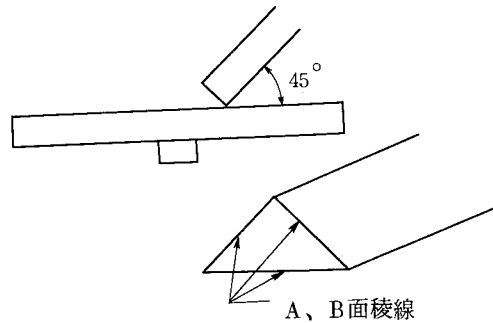


図3-25 面取り部

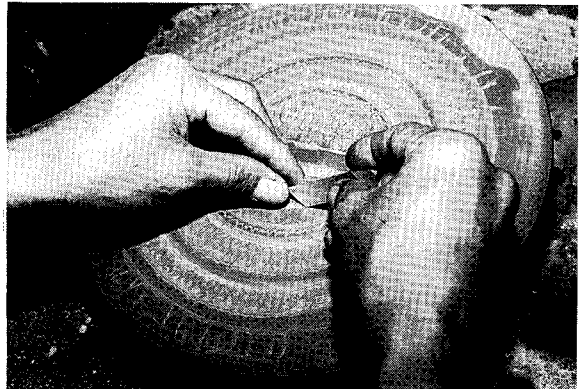


図3-26 面取加工

(3) C面加工

① C面はD、E面に対し45°加工でありDEの頂角に対するピラミッド平行出しが必要である。(図3-27)

・使用砥粒 #180、#240、#400、#600

② 精度

・平面度  $\Delta h$   $-2 \sim -5 \mu\text{m}$  ( $\phi 50\text{mm}$ リング)

・角度  $45^\circ \pm 1'$

・高さ  $11.31 \pm 0.035\text{mm}$

・ピラミッド平行 0.03mm以内

③ 加工

・使用砥粒と外径寸法、取り代の目安を表1-3に表す。

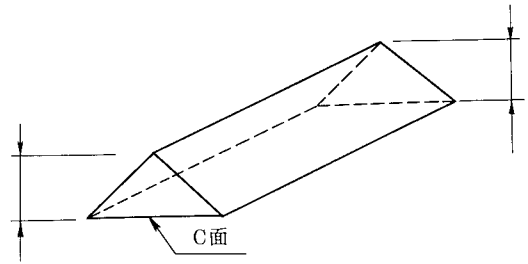


図3-27 ピラミッド平行

表1-3 外形寸法と取り代の目安 (C面加工)

砥粒サイズ	外形寸法 mm	取り代 mm
#180、#240	11.7 ~ 11.8	—
#400	$11.41 \pm 0.035$	0.3
#600	$11.31 \pm 0.035$	0.1

- ・各面にノギスで0.5mm程度大きい寸法のケビキを行う。
- ・ケビキ線を目安に、する。
- ・45°角は、項目6と同様にスコヤを45°にセットし、D、E面より等しい隙間に加工する。(写真3-28)
- ・ピラミッド平行は、マイクロメータを使用し、図3-29に表すように測定する。

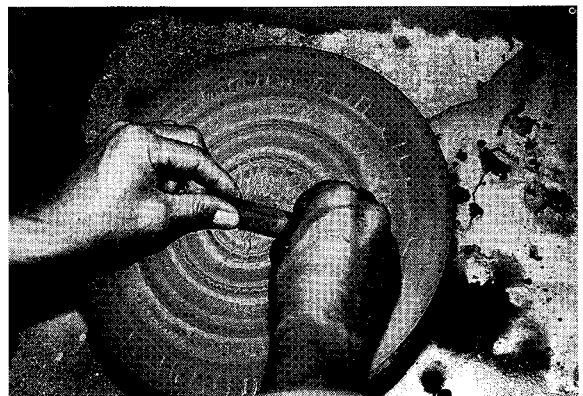


図3-28 C面加工 (45°加工)

(4) 面取り—2

① C面とA、B面との稜線の面取りを行う。

(図3—30) 使用砥粒 #800

② 精度

・面取り幅 B0.3mm

③ 加工

・項目7 (2)と同じ要領で行う。

・加工完了後、溶剤で拭き上げる。

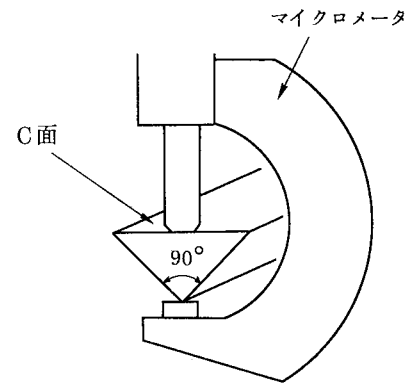


図3—29 ピラミッド平行の測定

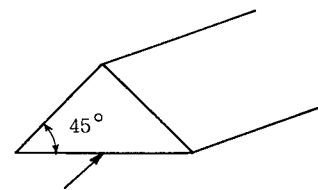


図3—30 面取り部

次の評価項目に基づいて、三角柱プリズムのラッピングの確認をする。

No.	評価項目	A	B	C
1.	材料、工具の形状測定が正しくできる。			
2.	プリズムのはりつけ、はがしが正しくできる。			
3.	あらずり機を正しく扱うことができる。			
4.	手ずり作業が正しくできる。			
5.	面取り作業が正しくできる。			
6.	プリズムの角度測定、平行度測定が正しくできる。			



## 実技課題(4) ブロックゲージのリンクング

### はじめに

ブロック・ゲージの大きな特徴として、2つのゲージを奇麗に拭いて接触させ、廻しながら滑らせていくと、離れなくなる現象が生まれる。この現象をリンクングという。ブロック・ゲージが、長さの基準として広く利用されている理由には、個々のブロック・ゲージが高精度に出来ているためと、同時に、リンクングによって互いに結合し合い、任意の長さに作り出せるところにある。

JIS B7506によるブロック・ゲージ材料は、高炭素高クローム鋼、クロームカーバイト、タングステンカーバイトなどがある。現在ブロック・ゲージとして、ジルコニヤなどのセラミックス製ブロック・ゲージが商品化されるようになっている。

ここでは、広く活用されているブロック・ゲージのリンクングの方法の実際について述べる。

## 1. リンキング現象

リンキングが、どのような原因によって行われるかは種々の説がある、代表的なものとして次の二つがある。

- 1) 吸着力は、真空中でも発生することが17年Tyndall氏の実験により確認されている。よく磨いた二つの面が、非常に接近するとき、分子引力が生まれリンキングが発生するという。
- 2) リンキングは、互いの接触面に液体が微量存在していることが必要である。表面張力の大きい水を使用したとき、リンキングの力が増すことから、液体の表面張力がリンキングの原因であるという説。

以上のような説があるが、実験の結果、次のようなことが分かっている。

- 1) 完全に、拭き清められた面同志では、リンキング現象を示さない。
- 2) 表面の磨き状態によって、リンキングの強さが違う。
- 3) 真空中においても、リンキング現象が見られる。
- 4) リンキングの強さは、時間の経過と共に増す傾向にある。

## 2. リンキングの方法と手順

- 1) リンキングさせようとする、ブロック・ゲージ表面の油膜を、ベンジン、エーテル、アルコール等でよく拭きとる。
- 2) ケージ面に、錆、突起、キズが無いか肉眼で観察し、その恐れがあれば、オプチカルフラット(光線定盤)でさらによく観察する。



図 4-1

- 3) ブロック・ゲージ面のキズを取るには、アルカンサス砥石(ブロック・ゲージ用)を用い、両方をエーテル等で完全に洗浄し、ハケでチリを払い、静かに重ね、長手方向に動かす。この方法です

法が減少することはない。ただ、アルカンサス砥石は目の細かい均一のものを用い、三面すり合わせで面出しをしたものを使うことが望ましい。

- 4) オプチカルフラットでゲージ表面を観察し、干渉縞が確認できたら、キズは抹消されたと考えて良い。
- 5) キズの無いことを確認したら、両ゲージ面のチリを払い、不揮発性油（パラフィン油、ワセリン油、潤滑油）を微量塗る。

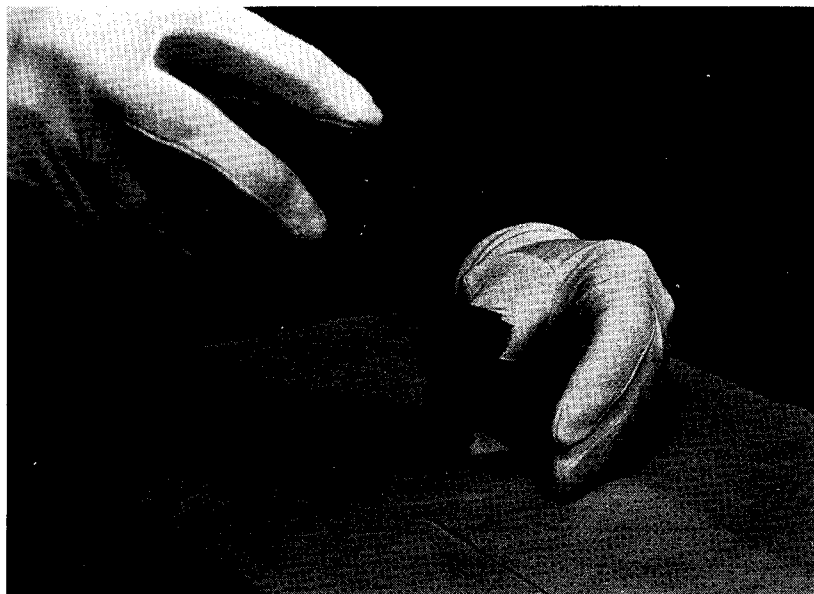


図 4-2

- 6) 清潔な布で軽く拭いて、少量の油膜を残し、専用ハケでチリを払ってから、測定面を直交させて重ねる。静かに滑らせると吸い着く感じが出る。そこで、回転させながら測定面を合わせる。

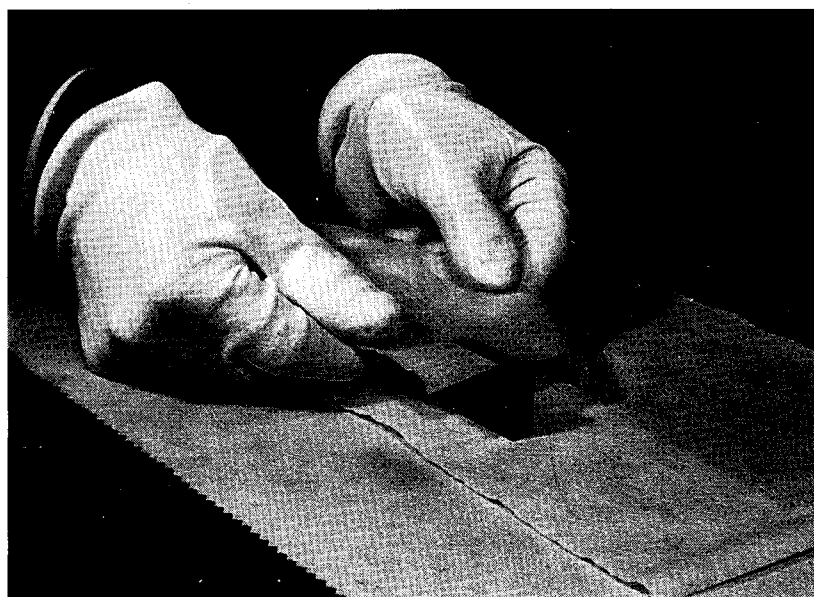


図 4-3

7) リンキングを外す場合、厚いブロック・ゲージのときは、回転を与えて滑らせ、直交近くで引き離すようにする。薄いブロック・ゲージでは、測定面に沿って長手方向に滑らせて離すようにするとよい。



図 4-4



図 4-5

- (注) i リンキングした状態で、長く放置することは、大気力が増し離しにくくなるとともに、ゲージ面に錆を生じる危険がある。
- ii 呼び寸法の小さなブロック・ゲージは、曲がりやすく密着させても局部的に浮いていることがある。この状態は、オプチカルフラットを用いた、干渉縞の観察によって判断がつく。
- iii 使用後は、入念に清浄し、白ワセリン等で錆止めを行って格納する。

### 3. ブロック・ゲージ寸法の組み立て方

ブロック・ゲージは、密着によって、目的の寸法にゲージを継ぎ足しながらつくる時、呼び寸法のブロック・ゲージを決める順番がある。それは、末尾の桁から該当する呼び寸法を決めればよく、個数はできるだけ少ない方が、時間的にも、精度的にも有利である。

(例) ブロック・ゲージ組み合わせセットにより、71、978mmの寸法を作るには、次のブロック・ゲージを使用すればよい。

1,008	1,008	1,008	1,008
1,07	1,07	1,47	1,47
1,9	1,9	9,5	19,5
8,	18,	60,	50,
60,	50,	71,978	71,978
71,978	71,978		

#### 4. ブロック・ゲージ付属品と応用

ブロック・ゲージは、長さの基準として、又、精密検査用として使用する外に、直接工作用としても利用できる。各種付属品が考案されているのでその例を紹介する。

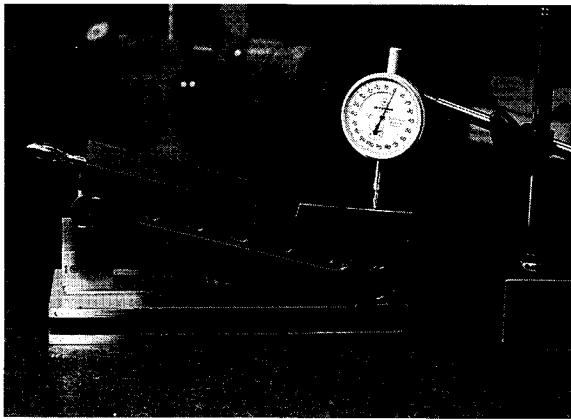


図 4-6

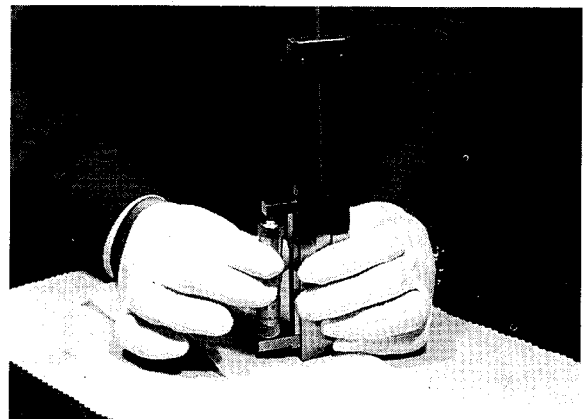


図 4-7