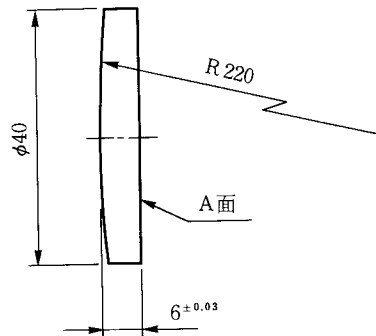


実 技 編

実技課題 曲率半径220mmのレンズ凸面のポリシング

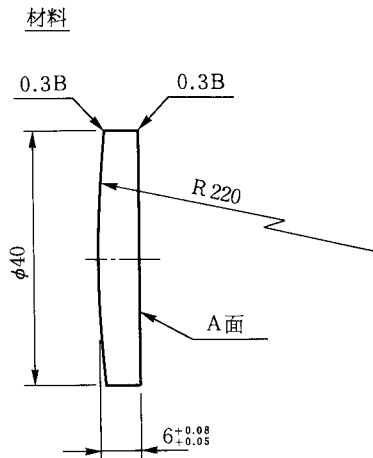


- 曲率半径220mmに研磨仕上げをする
 1. 面精度 ニュートンリング5本以内
 2. アス、くせ 1本以内
 3. 外観30/10 (MIL-0-13830A-1963による)

MIL: MILITARY SPECIFICATION

- 製作個数 7個
- 材質 BK7

図1-1 試験片の形状および研磨精度



- 曲率半径220mmの曲面の状態
 1. 面精度 φ35mmリングのΔh測定で -4 ~ -6 μm
 2. 仕上げ #600砂
- A面は研磨仕上げ完了

図1-2 試験片の前加工の仕上がり精度

レンズのポリシングは、研磨工具と研磨砥粒、研磨液などを使用し、加工面形状精度 $1\mu\text{m}$ 以下、表面粗さ、光学鏡面の $0.01\mu\text{m}$ 程度以下を達成する超精密な加工である。

加工にともなうレンズの保持、研磨前加工、研磨工具の製造、形状精度出し、検査、洗浄など多くの付帯作業、計測評価能力が必要とされる。

ここでは次のことを習得する。

1. 作業準備
2. 準備作業
3. レンズのはりつけ保持
4. 研磨工具（研磨皿）の製作
5. 砂かけ
6. 研磨

1. 作業準備

ポリシングに必要な機器、工具等を準備する。

(1) ポリシングマシン(合型研磨機)(写真1-1)

① 主な仕様

- ・主軸回転数 : 30~100rpm
- ・上軸揺動数 : 50~200c/min
- ・上軸揺動数/主軸回転比 : 1/1、2.6/1、4.5/1
- ・荷重 : おもり方式
- ・おもり : 0.5、1.0、1.5、2.0kg

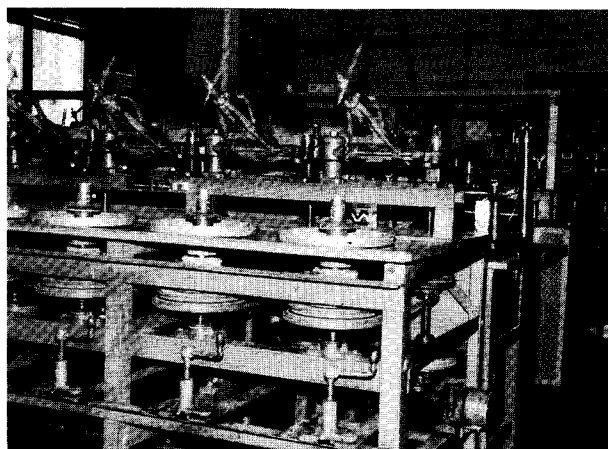


写真1-1 ポリシングマシン(合型研磨機)

(2) 測定装置

① ニュートンゲージ(写真1-2)

- ・曲率半径(R) 220mm 凸凹 ϕ 80mm 凹 ϕ 40mm

② 簡易球面計

- ・0.001mm目盛付ダイヤルゲージ
- ・測定リング : ϕ 70mm、 ϕ 35mm

③ 肉厚測定装置

- ・0.01mm目盛付ダイヤルゲージ
- ・スタンド
- ・ブロックゲージ : 厚6mm

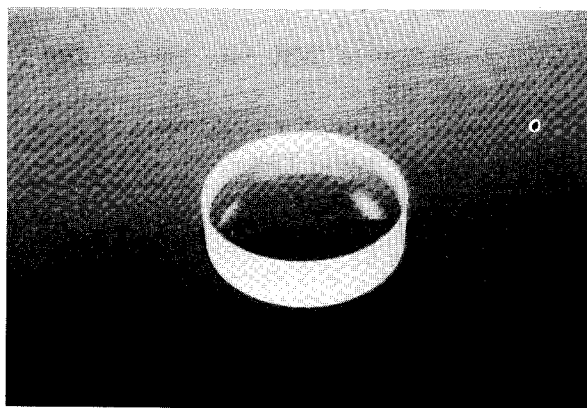


写真1-2 ニュートンゲージ

(3) 工具、治具

① 研磨工具

- ・ピッチ皿 : 曲率半径(R) 222~223mm
凹 ϕ 125~140mm
- ・砂かけ皿 : 曲率半径(R) 220mm
凹凸1組 ϕ 125~150mm
 ϕ 70mmリングで $\Delta h = +3 \sim 4$
 μm に仕上げられたもの
- ・押し皿 : 曲率半径(R) 220mm凸
 $\Delta h = -2 \pm 0.5 \mu\text{m}$ (ϕ 70mmリ
ング) #800砂にて仕上げられた
もの
- ・ピッチ : 針入度 6~11または11~15の



写真1-3 砂かけ、ピッチ皿

ストレートアスファルト
注) 針入度 (JIS K 2207-1980)

② はりつけ治具

- ・はりつけ皿 : 曲率半径 (R) 206~211mm
凸、 ϕ 130~140mm
- ・台やに治具 (やに型) 写真1-4)
- ・はりつけやに
- ・すいつけ皿 : 曲率半径 (R) 220mm
凹 ϕ 125~150mm

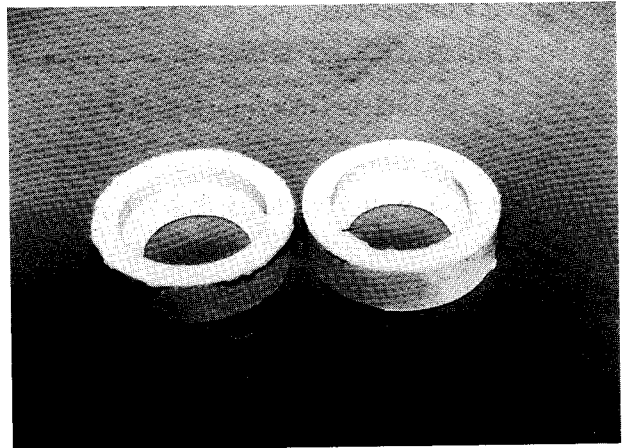


写真1-4 やに型

(4) 砥粒

- ・研磨用砥粒 : 酸化セリウム (CeO_2)
- ・砂かけ用砥粒 : A砥粒またはE砥粒
#1000、#1200

(5) その他

- ・溶剤 : エーテル+アルコール
ピッチ洗浄用(ユシロクリナーなど)
- ・さく酸、ブラシ、はけ、砥粒容器(写真1-5)
- ・工具 : バット、レンズ鋼、ナイフ、カミソリの刃、スパナ、ハンマー
- ・拭き紙、ふきん、雑布、ウェス
- ・保護膜

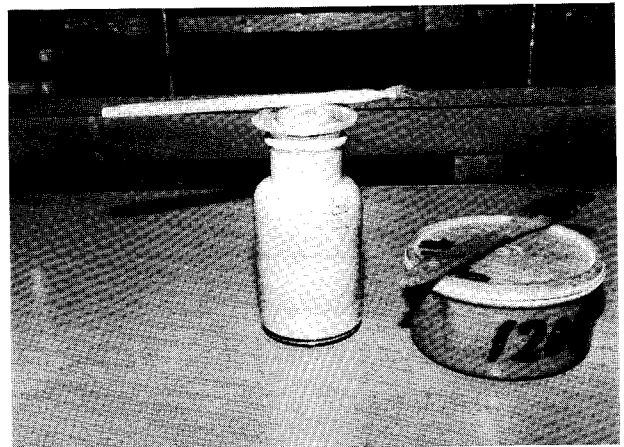


写真1-5 砥粒容器

2. 準備作業

(1) 材料の確認

- ① 中心肉厚の測定 6 ± 0.08
 ± 0.05 mm
- ② 曲率半径の測定 $\Delta h = -4 \sim -6 \mu\text{m}$
(測定リング内径 ϕ 35mm使用)
- ③ 外観、表面粗さ、面取り。
きず、ピリがないこと。

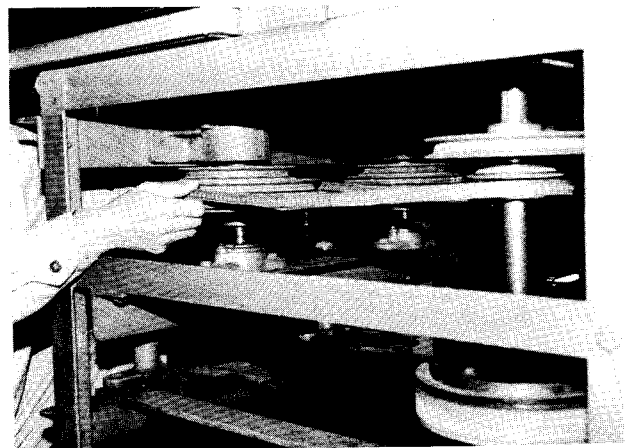


写真1-6 研磨機のセッティング

(2) 研磨機の運転準備 (写真1-6)

- ① 主軸回転数設定
 - ・プーリー位置中段にベルトをかける
(30~40rpm)

② 上軸揺動数設定

- ・摩擦板の最上部に摩擦転子をセッティングし、揺動数90~100c/minを確認する。

③ おもり

- ・0.5、1.0、1.5、2.0kgを用意する。

(3) 工具の確認

① 砂かけ皿の精度

- ・ニュートンゲージに簡易球面計をあて、ダイヤルゲージの零点を合わせる。
- ・セットされた球面計により砂かけ皿の Δh 測定・確認を行う（写真1-7）。

$$\Delta h = +3 \sim +4 \mu\text{m}$$

② 押し皿の精度

- ・セットされた球面計により押し皿の Δh 測定を行う。 $\Delta h = -2 \pm 0.5 \mu\text{m}$

(4) 砥粒の準備

① 砂かけ用砥粒（写真1-8）

- ・砂ケースに所定の砂を入れ、水を供給する（比率1：1にて加工時に供給）。

② 研磨剤

- ・研磨用容器に酸化セリウムを入れ、水を供給し、濃度の調整を行う。

③ はけ

- ・使用するはけを洗う

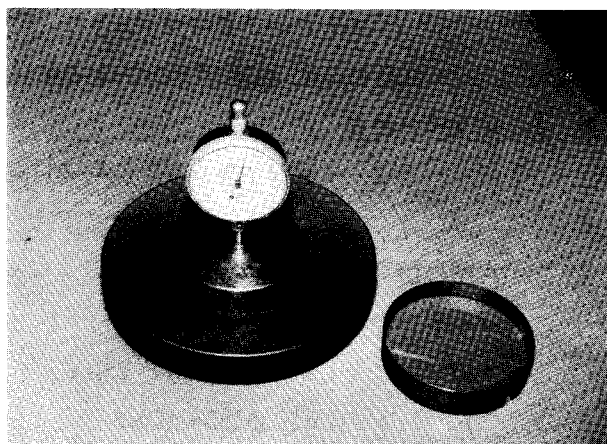


写真1-7 ダイヤルゲージによる Δh 測定

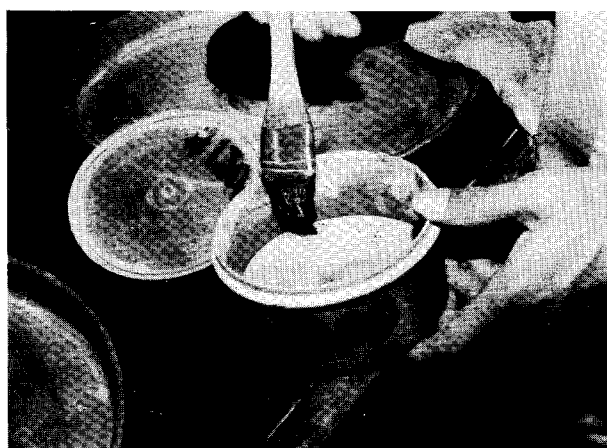


写真1-8 砥粒の準備

3. レンズのはりつけ保持

(1) レンズへの保護膜塗布

- ・レンズ加工面の反対面の保護と研磨面を見やすくするために、保護膜を塗る。

① レンズは作業台上の軟かいものの上に置く。

② はけに保護膜をつけ、はけについている余分な液を切ってから、一度塗りでむらなく塗る（写真1-9）。

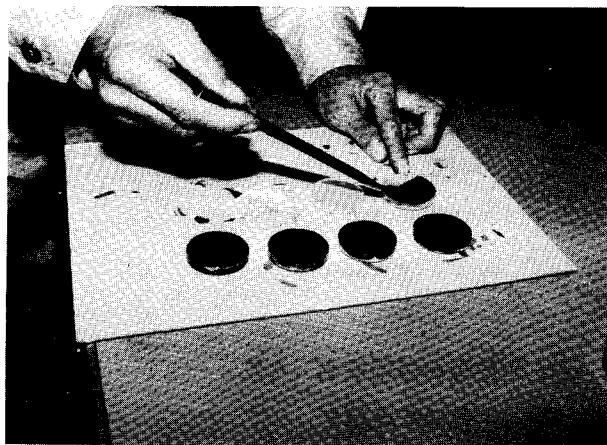


写真1-9 保護膜塗り

(2) 台やに製作

- ① 硬質ゴム板の上に紙を敷き、その上にレンズを並べる。
- ② やに型枠をレンズに押し込み、レンズと枠を同時におさえる。
- ③ 加熱溶解し泡が消えた状態のやにを型枠に枠の高さまで流し込む (図1-3)。
- ④ 徐冷し、カミソリにて硬化を確認する。
- ⑤ 型枠よりレンズを取り出す (写真1-10)。

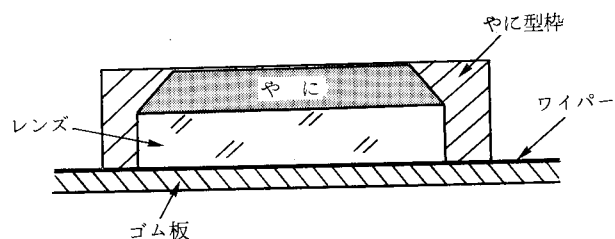


図1-3 台やにつけ

(3) すいつけ

- ・ 7個のレンズの加工面高さとはりつけ位置を正確にするために、すいつけを行う。

- ① すいつけ皿にマーキングを行う。
中心部φ42mm、外周より10mm内側
- ② すいつけ皿を平らに、作業台上に置く。
- ③ レンズ面を薄く濡らす。
- ④ レンズ間隔 2~3mmで、マーキングを中心にレンズをすいつける (写真1-11)。

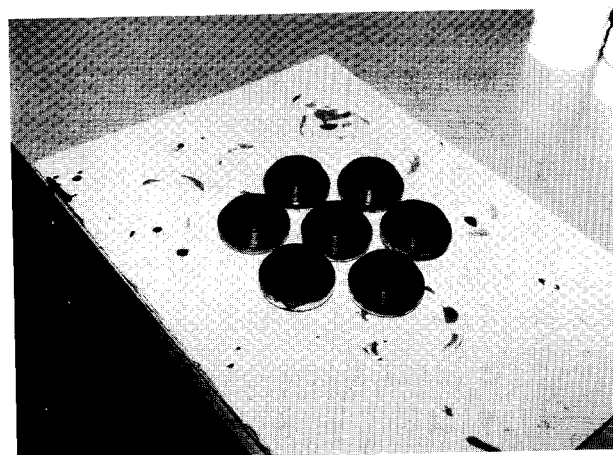


写真1-10 台やに付レンズ

(4) はりつけ

- ① はりつけ皿をガスコンロなどで平均に加熱する (220~230°C程度目安)。
- ② レンズ吸いつけ皿をはりつけ皿に押しつけ、台やにをはりつけ皿Rに整形する。同時に台やにの高さをそろえる。
- ③ はりつけ皿にとけだしたやにを拭き取る。
- ④ 皿を平均にひやし(水中で)、温度を下げる (約100°C目安)。
- ⑤ 皿同志を片肉のないように位置決めし、やにのはみ出し量が1mm程度まで溶着させる。
- ⑥ 水中に入れ、上皿中心におもりをのせる (約2kg程度を目安)。
- ⑦ はりつけ皿とすいつけ皿を逆に浮かすように動かしてはがす (写真1-12)。

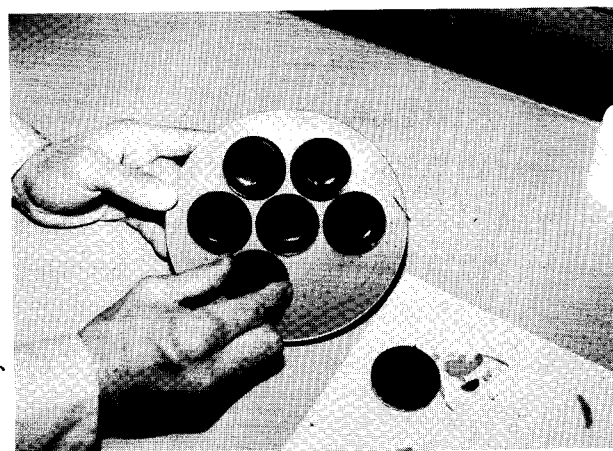


写真1-11 すいつけたレンズ

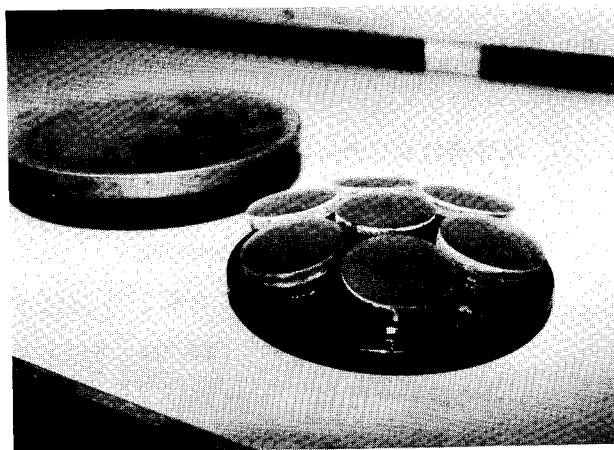


写真1-12 はりつけ保持されたレンズ

4. 研磨工具（研磨皿）の製作

(1) 研磨皿の製作

- ① ピッチを加熱溶解し泡が消えるまで温度を下げる。
- ② ピッチ皿をガスコンロなどで表面を平均に加熱する（約60°C目安）。
- ③ 水平に置いたピッチ皿の中心にピッチを流し込む。
- ④ 放置する（ピッチが少し変形する程度）。
- ⑤ ピッチ皿に皿柄を取り付ける（写真1-13）。
- ⑥ ピッチ皿を押し皿に軽く押しつける。
- ⑦ ピッチ表面を全面平均に軽く加熱する。
- ⑧ 押し皿にピッチの偏肉を調整しながらピッチを押し伸ばす（写真1-14）。
⑦～⑧を、ピッチがピッチ皿より2mm程度はみ出すまで繰り返す。
- ⑨ ナイフを加熱する。
- ⑩ ピッチをナイフで内側に斜めに切り取る（図1-4）。
- ⑪ ピッチ表面を軽く加熱する（ピッチの径は、レンズ貼付径と同径程度）。
- ⑫ 押し皿に軽く押し回転し、全面あたるまで合わせる。
- ⑬ 水に入れ冷却後、はずす（写真1-15）。

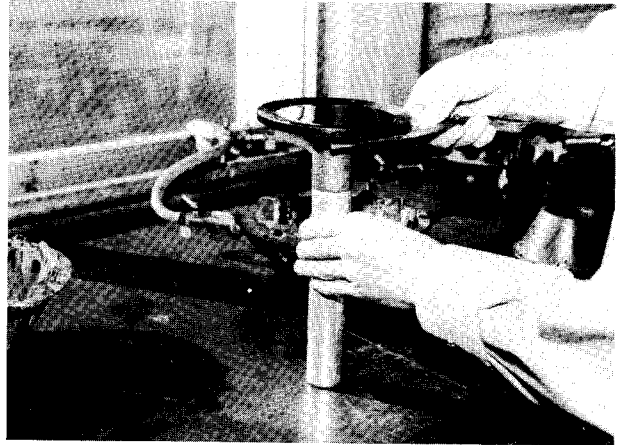


写真1-13 皿柄をつけた研磨皿

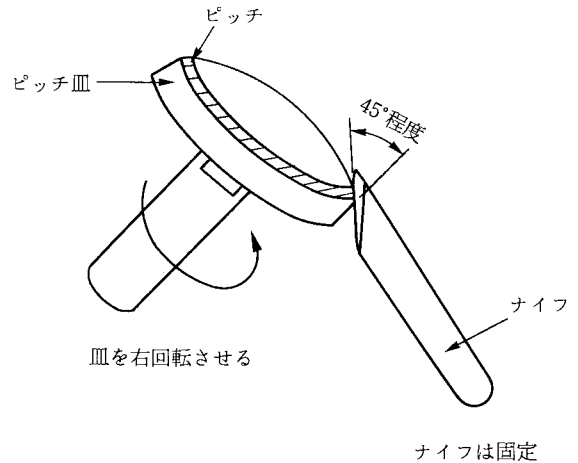


図1-4 ピッチの切り取り

5. 砂かけ

(1) 研磨機のセッティング

砂かけも研磨機を使用して行う。

- ① かんざし位置、揺動幅のセット
 - ・上軸アームを水平にしてかんざしの長さが50mm以内になるように下軸のねじやといの高さ調整を行う。
 - ・かんざしの前後位置を上皿ねじ径の1/2まで前になるように、アームのホルダー位置

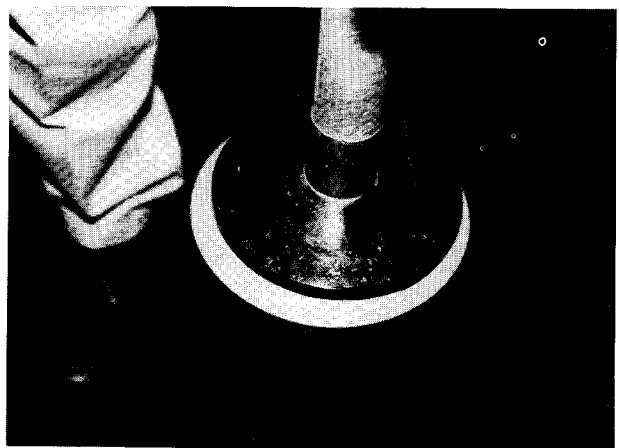


写真1-14 ピッチの成形

調整を行う（図1-5、写真1-16）。

- ・ 主軸回転軸に対し左右対称の揺動位置で、レンズが砂かけ皿より約20mmはみだように、クランク位置のセットを行う（図1-6、写真1-17）。

- ② 上軸安全装置の高さのセットを行う（写真1-18）。

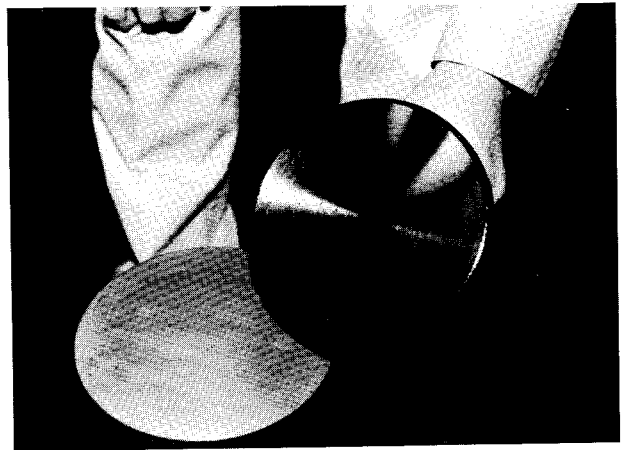


写真1-15 成形した研磨皿

(2) 砂かけ皿の取付け

- ① 砂かけ皿を湯洗し、拭く（30°C程度を目安）。
- ② 皿を研磨機主軸に取り付ける。

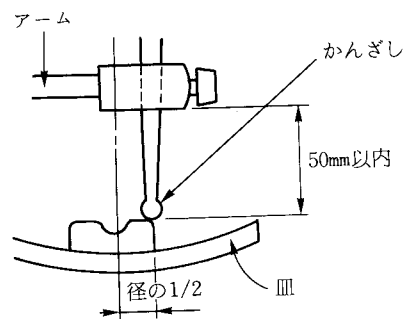


図1-5 かんざし位置のセット

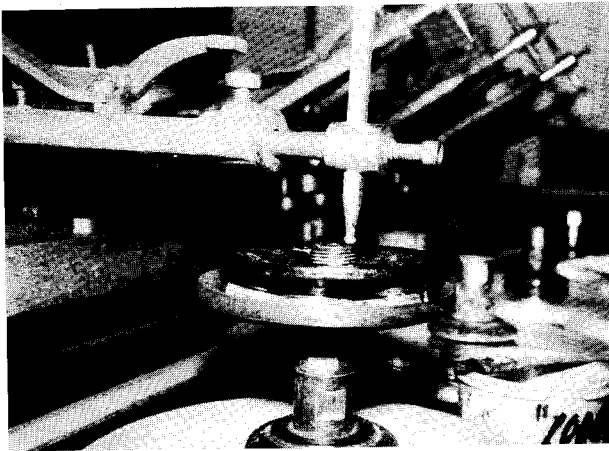


写真1-16 かんざし位置のセット

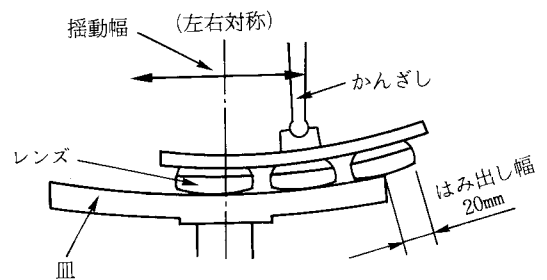


図1-6 揺動幅のセット

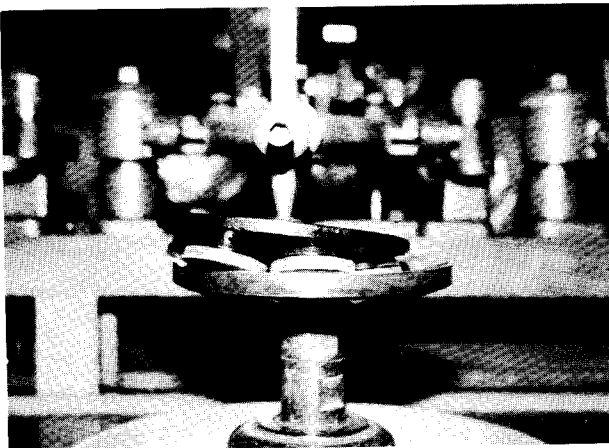


写真1-17 揺動幅のセット

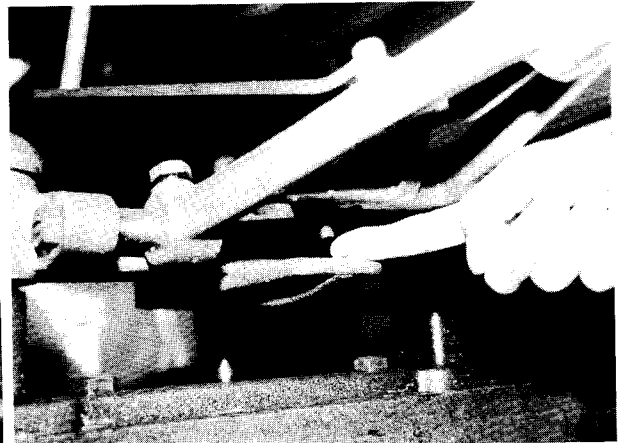


写真1-18 安全装置の高さセット

(3) 砂かけ

① はりつけ保持したレンズと皿を湯洗し、拭く。

② 砂かけ〔I〕を行なう。

・使用砥粒 #1000。

砥粒と水の混合比率 1 : 1 にて使用。

・砂かけ荷重 3 kg おもり付加。

・はけで砥粒を皿上につけ、レンズをのせて加工を行う。

・30秒加工後、レンズを研磨機より取りはずし、はりつけたレンズの外周が加工されていることを確認する(図1-7)。

・以後、砥粒の供給を適宜行ない、15分加工する(加工除去量0.04mm程度)。

・レンズ皿と砂かけ皿をとりはずし、湯洗し、拭く(湯30℃程度)。

・外観観察できずのないことを確認する。

③ 砂かけ〔II〕を行う(要領は、砂かけ〔I〕と同じ)。

・使用砥粒 #1200

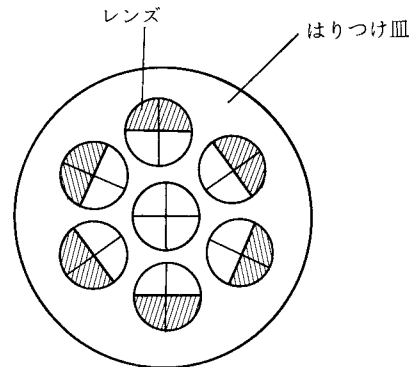
砥粒と水の混合比率 1 : 1 にて使用。

・荷重 3 kg おもり付加。

・加工を進め、供給した砥粒が破碎された状態で加工を終了する。約10分(写真1-19)

・レンズと皿をとりはずし、湯洗し、拭く。

・外観観察できずなどの検査を行う(外観不良の場合、再度砂かけを行う)。



外周部が加工されていることを確認する。

図1-7 初期あたりの確認

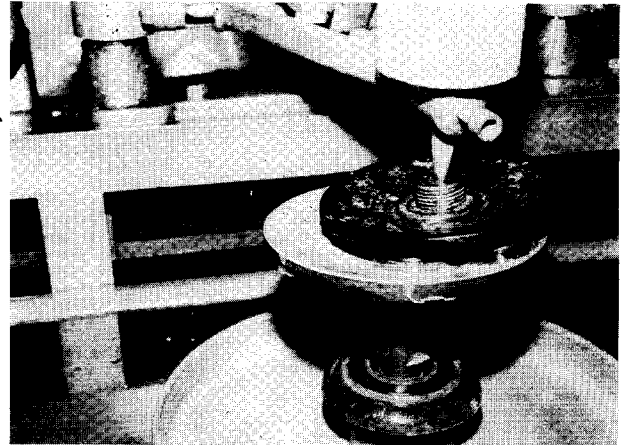


写真1-19 砂かけ状態

6. 研磨

(1) 研磨機のセッティング

① かんざし位置、揺動幅のセット

・下軸のねじやといの高さ調整。

・かんざしホルダー位置調整

(以上は5-(1)-①と同じである)。

・研磨皿のレンズよりのはみ出し量設定用クランク位置セット(はみ出し量10~20mm)。

② 安全装置の確認を行う。

(2) レンズ皿の取付け

① レンズ皿を研磨機主軸に取り付ける (写真 1-20)。

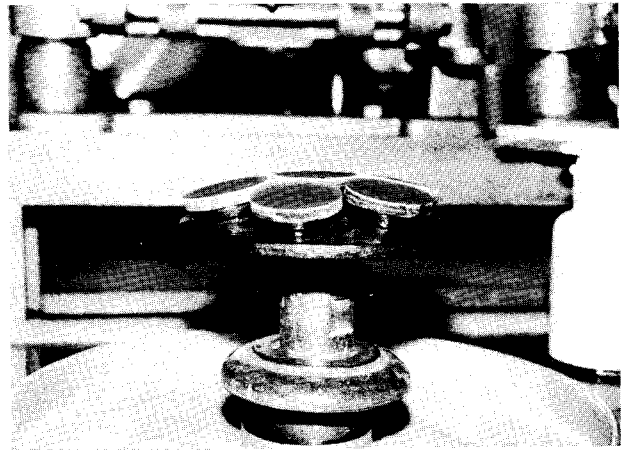


写真 1-20 レンズ皿の取付け

(3) 研磨皿削り、合わせ

① 研磨皿を削り、溝をつける。

削り工具を手で使用。

削りパターンは図 1-8 のようにする。

10mm 間隔、60° ずらし。

② 洗う (削った時は常に)。

③ 皿を温め、合せ皿を使用し皿合わせを行う。

④ 研磨皿に微量のさく酸と薄い濃度の研磨液をつけ、研磨を行う (写真 1-21)。

研磨荷重 2kg おもり付加。

⑤ 1分加工後、ニュートンゲージを使用し、あたり具合を確認する。

・球面精度の検査 (ニュートン検査)

レンズをふきんで拭く。きれいに拭いたニュートンゲージをレンズにあてる (写真 1-22)。

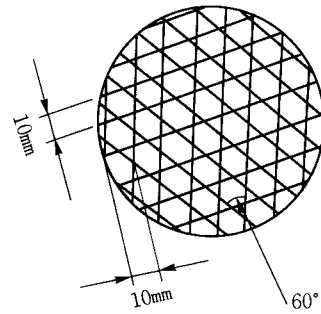


図 1-8 皿削り



写真 1-21 研磨皿に研磨液をつける

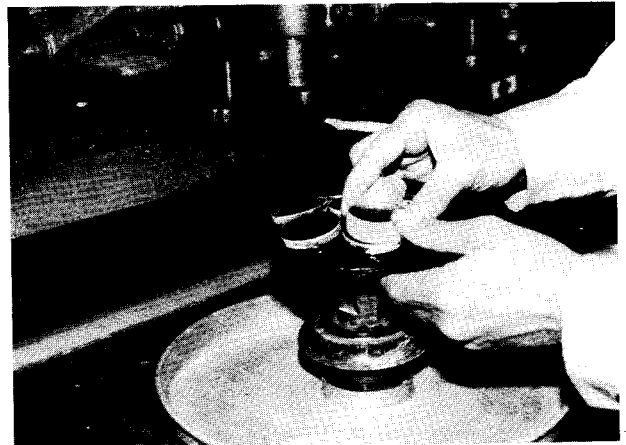


写真 1-22 ニュートンゲージによる球面精度の検査

(4) 研磨

① 研磨を開始する (写真1-23)。

研磨液の供給は、適宜、一筆分の量をはけで研磨皿に塗布する。

② 球面精度の検査を行う (目安30分後)。

③ ②の結果により、球面精度出しのための条件を設定する。

- ・面が高い場合 ; レンズ皿と研磨皿を上下逆にする。
- ・面が低い場合 ; 研磨皿を削る (中心に向かって間隔を小さくする)。

④ 研磨を行ない、再度、検査を行う。

・修正は、面の状態により行う。修正のポイントは、面精度の発生原因と逆の方法で研磨を行うことである。

原因の目安を表1-1に示す。

⑤ おもりを徐々に軽くする (目安として0.5~1 kg)。

⑥ 外観検査を行う (写真1-24)。

・評価項目 ; きず、砂目 (砂かけ時の粗さ、クラックの残り)

⑦ 仕上げ研磨を行う。揺動数70~80c/min。

・研磨液濃度 ; 薄くする (容器のうわ水を使用)。

・研磨液を補給しないで、面・外観検査後10分以内を目安とする。

⑧ レンズを湯洗 (30~35°C 目安) し、すばやく拭き上げる。

⑨ 外観検査を行う。

・評価項目 ; きず、砂目、ヤケ

⑩ 保護膜を塗る。

⑪ 冷凍機を使用し、レンズをはりつけやかにからはがす (写真1-25)。

⑫ 拭き上げる。

- ・レンズを溶剤入りバットに入れる。
- ・拭き紙で溶剤を拭き取る。

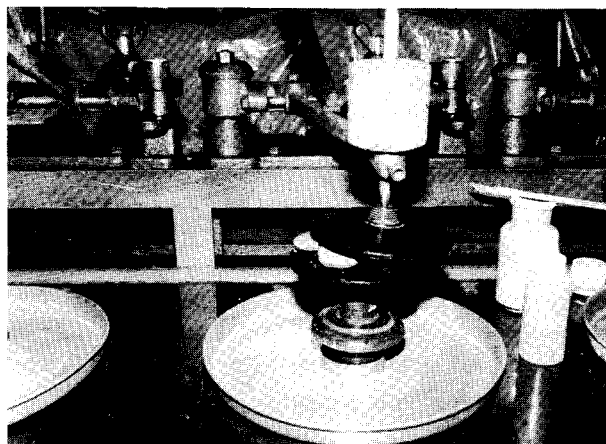


写真1-23 研磨状態

表1-1 面のアス・クセの原因 (目安)

面の状態	主な原因	対策
高い (ニュートンが+)	—	上下皿を逆にする
低い (ニュートンが-すぎ)	—	研磨皿の削り跡の状態により異なる。 ・削り ・かんざし位置を手前に
横アス (全体は中高縁上り)	1. レンズを逆にした事 2. 揺動幅が小さい 3. 研磨皿中心のへらしすぎ 4. なじみが悪い	逆の方法を行う
縦アス (全体は中落縁だれ)	1. 研磨皿中心のピッチがつぶれすぎ 2. 揺動幅が大きい	逆の方法を行う
縁上り	・横アスと同じ	—
縁だれ	・縦アスと同じ	—



写真1-24 外観検査

- ・拭き上げ用溶剤で仕上げ拭きを行う（写真1-26）。

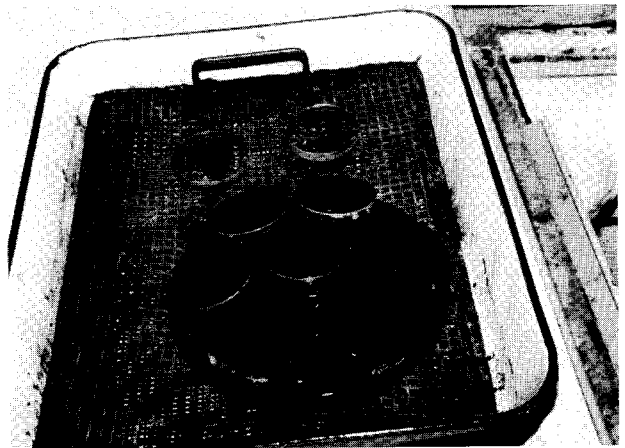


写真1-25 冷凍機によりはがしたレンズ

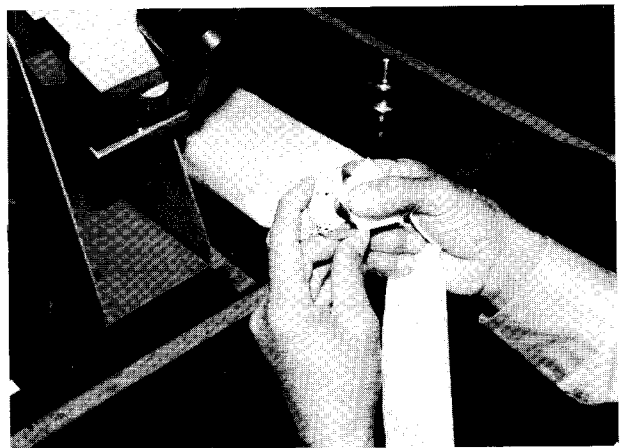


写真1-26 仕上げ拭き

次の評価項目に基づいてレンズ凸面のポリシングの確認をする。

No.	評 価 項 目	A	B	備考
1.	材料、工具の形状測定が正しくできる。			A：作業が できる
2.	レンズのはりつけが正しくできる。			
3.	ピッチ研磨工具の製作が正しくできる。			B：作業が できない
4.	研磨機を正しく扱うことができる。			
5.	砂かけ作業が正しくできる。			
6.	適正な研磨皿製作、研磨条件の設定ができる。			
7.	レンズの球面精度、外観の検査が正しくできる。			