

# 宝石加工用複雑形状ダイヤモンド工具の簡易な製造技術の開発

井上陽介・上野正雄

## Development of a Diamond Tool Making Techniques to Polish Complex Shaped Gem Stones

Yosuke INOUE and Masao UENO

### 要 約

近年、宝石研磨加工業界では、複雑形状の製品を加工する上で、研磨工程の効率を高めることが求められている。そこで、砥石の形状や駆動方式及び使用状況などについて調査した結果、マンドレールの直径2.3mmの軸に取り付けて使用する直径約20mm、幅6～7mmの砥石の開発が必要であることが分かった。砥石の成形には、宝飾業界で使用しているシリコンゴムを型材に用い、この型に砥粒と樹脂を混合したものを流し込んで砥石を形成する方法を試みた。結合材となる樹脂は、型材の耐熱温度が150℃であることから、この温度範囲内で使用可能な市販のエポキシ系樹脂の中から選定した。これらの樹脂に炭化珪素及びダイヤモンド砥粒を混入して砥石を試作し、それらの評価は、水晶片を研削することにより行った。その結果、1液硬化型エポキシ樹脂とダイヤモンド砥粒からなる砥石が研削性に優れ、しかも十分使用に耐え得るものであることが分かった。

### Summary

Recently, increasing efficiency in the grinding process is becoming a very important element in the lapidary industry. A survey for the tools needed in the industry was conducted. As a result, the lapidary industry needs a diamond tool with 20mm in diameter and 6 to 7mm in width which can be attached to a steel mandrel with 2.3mm diameter.

It was found that a silicon rubber mold used in the jewelry industry could be used in the forming process of the tools. Forming a tool by pouring a mixture of grinding powder and resins into the mold are investigated. Numbers of epoxy resins sold on the market are experimented with considering that the rubber mold withstand heat upto 150°C. After making tools by mixing silicon carbide powder and diamond powder under several conditions, the finished tools were tested by grinding a piece of quartz. As a result, a tool made with the diamond powder and a single liquid curing epoxy resin was the most efficient tool and has a possibility in practical use.

### 1. 緒 言

現在、県内の宝石研磨加工では、研磨機の内転軸に金属または木製のコマと呼ばれる工具を取り付け、それに遊離砥粒を注ぎながら作業を行っている。この方法は、一台の研磨機により荒摺り加工から仕上げ加工までの全行程を行うことから工程の進行にともなって砥粒の粒度をより細かいものへと変えて研磨する。したがって、工程の移行時に前工程の粗い砥粒が次工程に混入することがあり、これが原因で研磨面に引き傷などを発生させる。また、加工時には、被研磨部分が砥粒で覆われるために研磨面細部を観察しながらの作業が難しく、専ら作業者の熟練と感に頼っているのが実状である。さらに、作業中に砥粒の飛散があり、作業環境を悪化させる原因となっている。

これらの問題を解決するには、固定砥粒の砥石或いはダイヤモンド工具を使用することが必要である。しかし、こ

れら市販の工具は、形状に限られるために必要とするものは特別注文となり、その納期とコストが問題になっている。そこで、加工形状に即した研磨工具を安価で容易に製作することを目的として、エポキシ系樹脂に各種の砥粒を混合したものをシリコンゴム型に流し込む方法により種々の砥石を試作し、これらの性能を評価した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 砥石の成形方法

簡易に砥石を成形するにあたり、貴金属装身具加工に用いられているシリコンゴム型にワックスを注入して原形を製作するロストワックス法に着目し、これと同様な方法で行った。

砥石の形状モデルは、真鍮及びアルミニウムの丸棒を旋盤加工により成形した。このモデルをシリコンゴム（ヨシ

ダ製：A-2) で型取りし、その型に砥粒と樹脂をガラス板上でアルミ製のへらで混合して、気泡が発生しないように少量ずつ流し込んだ。また、樹脂計量による誤差が生じる恐れがあり、硬化反応への影響を考慮して一回につき5g以上として正確さを期した。砥粒の結合剤である常温硬化型のエポキシ系及びポリエステル系樹脂は、室内に静置して硬化させ、また加熱硬化型のエポキシ系樹脂は、電気炉を用いて120～150℃で40～60分間の条件で硬化させた。

## 2-2 試験装置及び試験方法

研削試験は、卓上ボール盤に研削用治具を取り付け、潤滑剤に水を用いて行った。試作砥石の評価は、試験機のX軸テーブルに水晶片(20×30×3mm)を固定し、一定の送り量(5mm/min)に対する研削前と研削後の砥石及び水晶片の重量の変化を求めてそれらの研削比 $1$ )により行った。

ここで：研削比＝砥石の摩耗量／加工量

試作した砥石試験機と研削加工部を図1、2に示す。

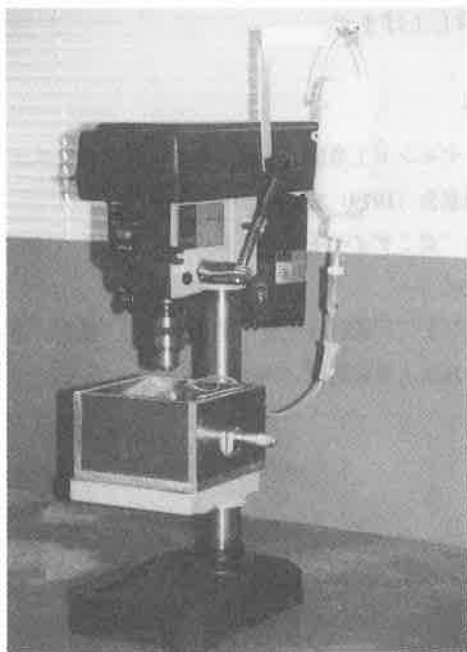


図1 砥石試験機

## 3. 実験結果及び考察

### 3-1 結合剤の評価

各樹脂における結合剤への適性を調べるため、2液混合型エポキシ樹脂、1液硬化型エポキシ樹脂及びポリエステル樹脂のそれぞれ数種類について予備評価試験を行った。試作砥石は、各樹脂と炭化珪素#60(信濃電気製煉製)を重量比1対1で混合し、シリコンゴム型で成形した。それらの砥石をハンドグラインダーに取り付け、水をかけながら水晶片の端面を研削した。また、実際の使用条件に近づけるため被研磨部分を微動させ、砥石の衝撃に対する変化

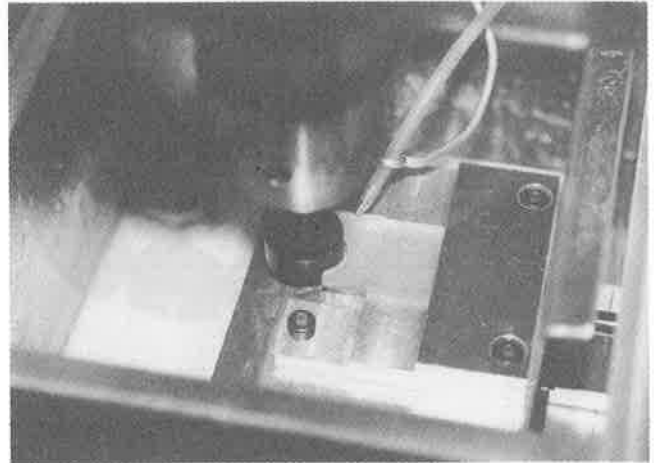


図2 研削加工部

も観察した。

この結果、硬化温度120℃の2液混合型エポキシ樹脂では、型材のシリコンゴムが加温により変形、変質を起こした。硬化後の樹脂の硬さはショアーDスケール $90$ と高い値を示し、脆く研削時の衝撃により割れが入った。一方、粘度が100000cP(25℃)のパテ状の樹脂はシリコンゴム型に注入する際、気泡の混入を防ぐことが困難であった。また、1液硬化型及び2液混合型エポキシ樹脂の中でも粘度が13000cP(25℃)以下の液状のものは、硬化前に砥粒の沈降がおきて、硬化後の砥粒の分布が不均一な状態を示したので、25000cPから30000cPの粘度の樹脂が、良好な結果を示した。

### 3-2 砥石の試作・評価

3-1の結果から、結合剤は2液混合型エポキシ樹脂の常温タイプ(チバ・ガイギー社製：アラルダイト12時間硬化型)及び弾性タイプ(セメダイン社製：EP-001)、ポリエステル樹脂(昭和高分子社製：RIGOLAC)、1液硬化型エポキシ樹脂120℃硬化タイプ(スリーボンド社製：2251)の4種類、砥粒は炭化珪素#60とダイヤモンド#120(東京ダイヤモンド工具製作所製)の2種類を使用した。炭化珪素砥石では樹脂と砥粒の混合割合を重量比で1対1とし、ダイヤモンド砥石では樹脂とダイヤモンド砥粒のそれを重量比で1対0.9とした。砥石は直径20mm厚さ8mmのものを成形し、実験装置に取り付けた。これを毎分約2000回転で水晶片(20×30×3mm)の端面を研削した。

各砥石の試験結果から算出した研削比を表1に示す。一般に、砥石は、砥粒の切れ刃がなくなった頃に脱落して新しい切れ刃が出るものが研削効率が高いとされている。表から明らかに炭化珪素砥粒混入砥石は、ダイヤモンド砥粒混入砥石に比べて切れ刃の摩耗が早いことが認められる。また、常温硬化タイプの樹脂を結合剤とした砥石は、耐熱温度が低いために摩擦熱で溶けるが、砥粒の脱落はなく、

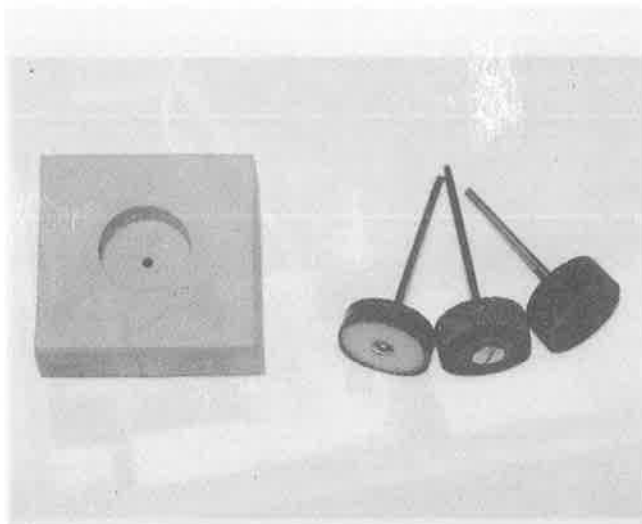


図3 シリコンゴム型と試作砥石

砥石の目詰まりが見られた。1液硬化型エポキシ樹脂を結合剤とした砥石は、結合剤の耐熱温度、硬度ともに常温タイプより高いために摩擦熱で溶けることがなく、研削効率が高くなったと考えられる。

このように、1液性エポキシ樹脂の砥石は、研削効率が良好であったが、常温硬化による樹脂結合剤の砥石は、耐熱性に限りがあり、この点を改善するには各種金属粉末<sup>3)</sup>を充填剤に用いることが考えられる。

表1 砥石の評価試験 (被削材 水晶)

砥石	砥粒	樹脂結合剤	研削比
1	sic#60	1液性エポキシ配合樹脂 (120℃硬化型)	0.4
2	sic#60	2液混合型エポキシ樹脂 (常温硬化型)	1
3	sic#60	2液混合型エポキシ樹脂 (弾性型)	1
4	sic#60	ポリエステル系樹脂	0.60
5	sic#120	1液性エポキシ配合樹脂 (120℃硬化型)	0.33
6	sic#120	2液混合型エポキシ樹脂 (常温硬化型)	0.40

#### 4. 結言

種々の樹脂に炭化珪素及びダイヤモンド砥粒を混入して宝石研磨用の砥石を試作し、研削試験を行った結果、次のことが分かった。

- 1) 120℃以下で硬化するエポキシ系樹脂をシリコンゴムの型に流し込み硬化させることで、比較的簡単に砥石の成形が可能となり、また、シリコンゴムは、複雑な形状砥石でも離型が容易なことから型材として有効であることが分かった。
- 2) 1液性硬化型樹脂とダイヤモンド砥粒からなる砥石は、粒度(#120)が細かいにも関わらず、水晶片に対する研削効率が高く、良好であった。

今後、めものやセラミックス等水晶に比べて靱性のある材質においては、研削比及び砥石強度などがさらに必要とされることから、これらをより高めるための実験を引き続き行っていきたい。

なお、本実験にご協力頂いたジュエリークラフト・フカサワ、樹脂メーカーのスリーボンド<sup>(株)</sup>の各位に心から感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) ダイヤモンド工業協会：ダイヤモンド工具マニュアル，工業調査会 (1979) 327
- 2) 篠原 玄：ダイヤモンド工具，工業調査会 (1966) 132-133
- 3) ダイヤモンド砥石研究会：ダイヤモンド砥石の選び方・使い方，日刊工業新聞社 (1988) 51