

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（第2報）

井上 陽介・中山 信一

Development of a Custom-made Diamond Tool Making Process for Cutting Complex Shaped Gem Stones

Yosuke INOUE and Shinnichi NAKAYAMA

要 約

前年度の研究（1）から1液硬化型エポキシ樹脂にダイヤモンド砥粒を分散させた砥石が、宝石研磨加工業界に必要な条件を満たすものであることが分かった。特に当業界が求めている簡易で迅速に製造できることを目標に、砥石の原型加工から砥粒を分散させた樹脂の硬化に至るまでの製造方法の改善を試みた。その結果、ハードワックスを砥石の雄型に、また内部確認の容易な透明タイプのシリコンゴムを砥石の雌型に利用し、さらに砥粒と樹脂の混合物を少量ずつ硬化させて砥粒を砥石全体に均一に分布させることにより、実用に耐えうる砥石を簡易に短時間で製作できることが分かった。

Abstract

From an experiment conducted last year, it was found that the grinding tool made of mixing diamond powder with epoxy resin has a possibility to be a suitable tool for the lapidary industry. The lapidary industry requires more efficient and quicker process to make the diamond tool. Several new materials and hardening the epoxy resin at 2 stages were tested for improvement. As a result, making the male model with the hard wax, using the transparent silicon rubber for the female model and distributing the diamond powder evenly by hardning the small amount of epoxy resin at a time enable to make the tool in a short period of time that can be used in the practical lapidary process were found through the experiment.

1. 緒 言

現在、県内の宝石研磨業界ではより付加価値の高い製品づくりに、従来から鉄コマを工具として炭化珪素の遊離砥粒を用いて研磨を行っているが、複雑な形状や細かい溝入れなどの研磨には、様々な形状の特殊な鉄コマ工具により加工している。一方、作業工程の簡素化や省力化、作業環境の向上のため、研削力が高いダイヤモンド砥粒を様々な材料に埋め込んだ砥石の使用を検討している。しかし、市販されているダイヤモンド工具は、汎用として製造されていることから、その形状と粒度に限りがあり、しかも、宝石研磨に用いる特殊形状のものは受注生産となり、コストの面で問題がある。

そこで、加工形状に即したダイヤモンド工具を1液硬化型エポキシ樹脂にダイヤモンド砥粒を混合し、それをシリコンゴム型に流し込む安価で容易に製作する方法について検討を進めてきたが、本報では、砥石の製造工程の更なる簡素化と、それらの研削力の向上について検討を行った。

2. 実験装置及び実験方法

2-1 ハードワックスによる原型製作

砥石のモデルには、貴金属製品のキャスト原型に使用されているハードワックスのブロックを、 $\phi 15 \times 0.5 \text{mm}$ の形

状に切り出し、それにハンドリユータにセットするための芯材を取り付けた。芯材には、ロッド材（JIS45C） $\phi 2.3 \times 30 \text{mm}$ を用い、アルコールランプで約110℃に熱してワックスに固定した。また、ロッド材のワックスに接合する部分には、脱落防止のための切り込みを入れた。これをハンドリユータに取り付け、回転させながら粗ヤスリで砥石雄型を成形し、この時の表面の状態及び回転ブレについて観察した。

2-2 1液硬化型エポキシ樹脂

1液硬化型であるエポキシ樹脂A（スリーボンド社製：2251）及びエポキシ樹脂B（スリーボンド社製：2212B）と、ダイヤモンド砥粒を各々ゴム板上でプラスチック製のへらにより混合した後、気泡の発生を防ぐために薄く延ばしながら、シリコンゴム型に流し込んだ。その後、電気炉でエポキシ樹脂Aは120℃に加熱して40分間、エポキシ樹脂Bは150℃に加熱して、1分間それぞれ焼成した。

さらに型から取り出した砥石の砥粒の分布状態を確認するために、縦方向の真中から二つに切断して観察した。

2-3 シリコンゴムによる雌型

加硫硬化タイプのシリコンゴムは、耐熱温度が150℃とエポキシ樹脂の硬化温度とほぼ同一であるために、砥石が型に接着したり変形を生じるので、より耐熱性のあるシリコンゴムの検討を行った。また、常温硬化型シリコンゴムA

(信越化学社製：KE12) 及びシリコンゴムB (信越化学社製：KE1300T) を使用して、 $\phi 15 \times 5\text{mm}$ の砥石の雌型を製作し、シリコンゴムの種類による注入時の脱泡のし易さや、砥石と接する部分の引き裂き強度について検討した。

2-4 砥粒の配合による研削力

砥粒の配合比の違いによる砥石の研削力を比較するため、配合比の異なる4種の砥石 ($\phi 15 \times 5\text{mm}$ /砥粒サイズ320メッシュ) で水晶片 ($20 \times 30 \times 3\text{mm}$) を研削した。配合比は、エポキシ樹脂1に対して、それぞれ0.2, 0.4, 0.6, 及び0.8とした。これらの砥石の摩耗量と加工量の関係について、砥石試験機¹⁾を用いて調べた。

3. 実験結果及び考察

3-1 原型製作方法の評価

ハードワックスを芯材に取り付けて、ハンドリユータにセットし、回転数を変化させながら砥石の原型 (ハードワックス) を成形する時の加工性について検討した。回転数が3,000rpm以上になると、芯材の部分が振動し、さらに摩擦熱の発生によりワックスが溶けてヤスリの目詰まりが起きた。また、それ以下では成形する際に円周方向に対し、均一に加工することが難しく、また、中心のずれから振れが生じたが回転数が3,000rpm付近では、成形が容易になることが分かった。前述の加工後、粗ヤスリさらにスチールウール#00を使用して成形すると、表面が平滑に仕上げられた。このことから、雄型の成形加工時の回転数は3,000rpm付近が最も適していることが分かった。

3-2 1液硬化型エポキシ樹脂の評価

硬化条件の違う樹脂について砥粒の分布状態を検討したところ、エポキシ樹脂Aは、加熱硬化する前に砥粒の沈降が生じることから、下部に多くの砥粒が分布する現象が起き、砥粒の均一な分散性は見られなかった (写真1)。また、エポキシ樹脂Bは、加熱硬化前に砥粒の沈降がほとんどなく、さらに、樹脂を硬化させる際、少量ずつ流し込みながら2度に分けて積層硬化させる方法により、より均一に砥粒を分散させることができた (写真2)。

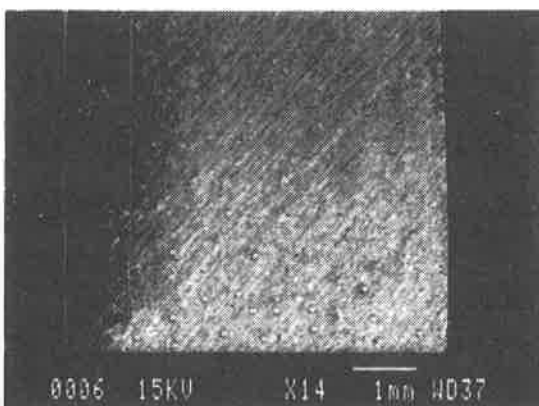


写真1 エポキシ樹脂A (2251) 砥石の断面

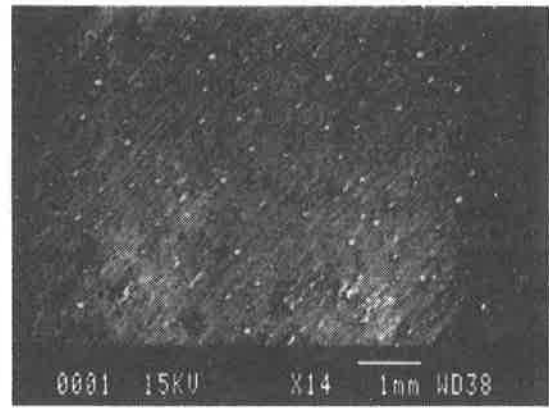


写真2 エポキシ樹脂B (2212B) 砥石の断面

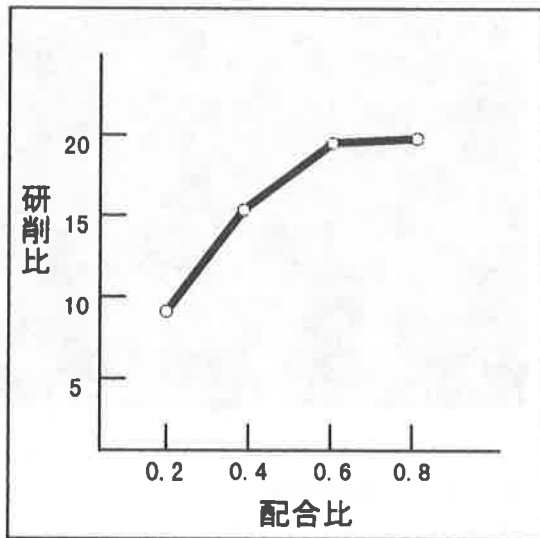
3-3 シリコンゴムの評価

砥石を成形する時のゴム型の材料には、シリコンゴムA及びBの2種 (信越化学社製：KE12及びKE1300T) を使用した。それらは基本的な性質は似ているが外観がそれぞれ白色と透明であり、また、硬化後の引っ張り強度にも違いがある。シリコンゴムAは、粘性が低いので流し込む時の脱泡が容易であるが、硬化後の引っ張り強度が低いために端部分の鋭角なV形砥石などを成形する時に、シリコンゴムが裂けることが起きた。シリコンゴムBは、流し込む時の脱泡時間はかかるが、透明樹脂であることから作業時の内部確認が容易であった。また、引き裂きの強さはシリコンゴムAに比べて強く、繰り返しの砥石成形に対しても裂けに耐え得ることが分かった。

また、これらのシリコンゴムは常温で硬化することから、従来の貴金属製品の型どりに使用する硫化型シリコンゴムでは、使用できないハードワックス原型に対して使用が可能となった。

3-4 砥粒の配合比

エポキシ樹脂Bと砥粒の配合比を変えた砥石で水晶片を研削した結果を図1に示す。図より樹脂1に対し砥粒を0.6の比率で混入したものが優れた研削力を示した。砥粒を0.8とした場合でも研削力は優れているが、樹脂と砥粒の混合物の粘度が高くなり、シリコンゴム型に流し込む際、細部への注入が困難な上に、気泡が入り易くなる傾向が見られた。砥粒の比率を0.4, 0.2とした場合は研削時に樹脂の摩耗が早く、砥石の変形が起こり易くなる。特にV形砥石の先端部は、この傾向が顕著であった。



研削条件：湿式端面研削
 砥石：φ15×t8mm
 被研削物：水晶片 30×20×3mm
 周速：942m/min

図1 配合比別の研削比

4. 結 言

宝石研磨用ダイヤモンド砥石の製造工程及び研削効率の向上を試みた結果、以下の方法で最も簡易に効率良く製造

できることが分かった。

1. ハードワックスによる砥石原型の作成において、ワックスを取り付けた芯材の回転数は、ワックス成形の上から3,000rpm付近が最適である。
2. エポキシ樹脂Aは加熱硬化前の砥粒沈降速度の影響で、砥粒分布が不均一になる。
3. エポキシ樹脂Bは砥粒沈降速度の影響が少なく、均一な分布が得られるが、樹脂を少量ずつ流し込みながら2度に分けて積層硬化させる方法をとると、より均一に砥粒を分布できる。
4. シリコンゴムの利用は、作業時の脱泡作業が困難な欠点があるが、透明であることから作業時の内部確認が容易な利点がある。
5. エポキシ樹脂Bと砥粒の配合比は1：0.6の配合が優れた研削力が得られる。

最後に、本実験にご協力を頂いた詫間宝石彫刻製作所、ジュエリークラフト・フカサワ、スリーボンド(株)に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 井上，上野：山梨県工業技術センター研究報告 No.11 (1997)