

# 宝鉱石の加工技術に関する研究

## — 研削工具の簡易製作方法の確立 —

佐野 照雄

### Study on the processing technology of a gem stone

#### -Establishment of the simple manufacture method of a grinding tool-

Teruo Sano

#### 要 約

宝鉱石の加工は、遊離砥粒から固定砥粒加工への移行が進んでいる。本研究は、研磨加工者が必要とする研削工具を簡易に製作する方法を確立し、固定砥粒加工への転換を促進するため、ダイヤモンド研削工具の製作方法を研究した。研究の結果、大気雰囲気炉を用いて銅-錫混合粉末をボンド材としてメタルボンド砥石を試作する方法を確立することができた。また、試作した砥石を用いて研削加工実験を行ったところ良好な結果を得た。

#### 1. 緒 言

宝鉱石の加工には、炭化珪素などの遊離砥粒による加工が行われている。海外では、近年、加工の効率化などの理由により、固定砥粒加工の導入が進んでいる。しかし、日本国内では、市場規模が小さいため、工具メーカーが宝飾向け研削工具の開発に消極的であり、研磨宝飾業向けの工具の開発が進んでおらず、ドイツ、中国からの輸入工具が使われている。

このため、地場企業の現場では必要な工具を迅速に確保することが難しく、遊離砥粒方式で加工を行っている。このことが固定砥粒工具への移行を阻害している。

本研究は、研磨加工業者自身が望む形状の研削工具を簡易に製作する方法を確立し、遊離砥粒加工から固定砥粒加工への転換を促進し、コスト競争力の強化と作業環境の改善を目的とし、大気雰囲気炉によるメタルボンド砥石の作製方法を検討した。

#### 2. 実験方法

##### 2-1 電気炉を用いたメタルボンド砥石の作製

メタルボンド砥石を作製する場合、一般的にはボンド材の酸化を防止するため雰囲気炉や真空炉などが使われている。しかし、設備的なコストが増加するため、簡易的な製造方法としては適当でない。このため、大気雰囲気炉で加熱する汎用電気炉を用いた作製方法を検討した。

##### (1) ボンド材の調整

メタルボンド砥石で最も一般的に使用されているボンド材である銅-錫合金の組成に相当する銅及び錫粉末を混合し、さらにダイヤモンド砥粒を混合した。銅-錫の混合割合は、2元合金状態<sup>1)</sup>から焼結温度が700℃を超えないように設定した。700℃は、ダイヤモンドが大気中

で酸化に耐えることができる上限温度と報告されている温度である。<sup>2)</sup>

##### (2) プレス成形

ボンド材をリング状に成形するため、簡易な成形ジグを作製し、プレス成形を行った。プレス成形したボンド材を写真1に示す。

##### (3) 加熱処理

大気雰囲気炉の汎用電気炉を用いて還元雰囲気中で加熱するため、カーボン材により型を製作し、プレス成形したボンド材及び台金をその型にセットして加熱を行った。写真2は、カーボン型に台金及びプレス成形したボンド材をセットした状態である。カーボンで台金及びボンド材を覆うことで還元雰囲気を実現する。

写真3は、焼結用に鋼材で作成した容器を電気炉に設置した状態である。容器内部は縦の円筒状になっておりカーボン型を内部に設置し、上から円筒状の鋼材の自重

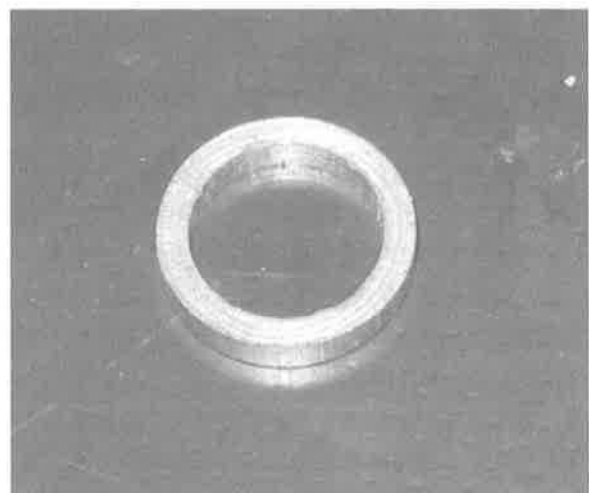


写真1 プレス成形したボンド材（銅-錫）

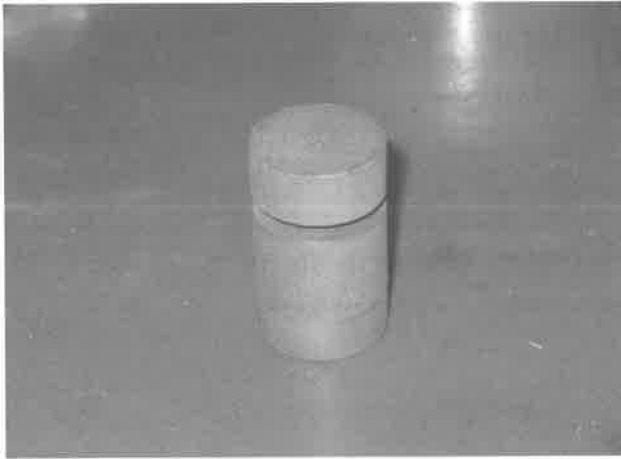


写真2 焼結用カーボン型



写真3 焼結用容器

でカーボン型を加圧する構造になっている。

焼結は、常温から60分で目標温度に到達させ、120分保持した後、自然冷却させた。

### 2-2 研削加工実験

試作したメタルボンド砥石を用い、水晶の研削加工試験を行った。加工条件は、以下のとおりである。

- ・砥石回転速度 1,600rpm
- ・研削油 水溶性研削油
- ・被加工物 水晶 (30mm × 40mm × 30mm)

### 2-3 ダイヤモンドの加熱による変化

ダイヤモンドは、大気雰囲気中で加熱すると700℃付近から酸化するなどの物性の変化が現れることが報告されている。今回の砥石作製方法ではカーボンにより還元雰囲気環境で加熱することによりダイヤモンド砥粒の変質を低減することを目指した。

還元雰囲気での加熱によりダイヤモンドの物性に変化が発生するかを確認するために還元雰囲気中で加熱したダイヤモンドをフーリエ変換型赤外分光光度計 (FT-I

R,PerkinElmerJapan社製SpectrumOne) により測定した。

## 3. 結果

### 3-1 試作した砥石

試作したメタルボンド砥石を写真4に示す。円板形状の台金の外周部にダイヤモンド砥粒を分散させたボンド材を焼結させている。写真5は、砥石表面の拡大写真である。ダイヤモンド砥粒がボンド材に固定されていることが確認できる。

#### ○試作した研削工具

- 使用砥粒 ダイヤモンド (粒度F60/80)
- ボンド材 銅-錫合金 (Cu42Wt%,Sn58Wt%)
- 加熱温度 705℃
- 台金材質 炭素鋼
- 台金形状 円板 (直径16mm,厚さ3mm)



写真4 試作したダイヤモンド砥石

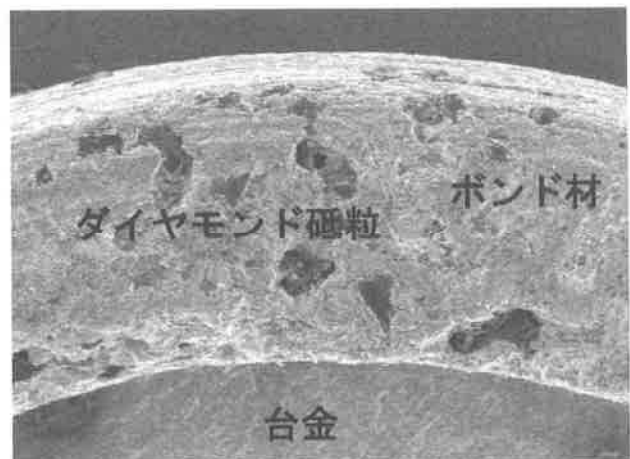


写真5 試作したダイヤモンド砥石の電子顕微鏡写真

### 3-2 研削加工実験

図1は、研削量と砥石の摩耗量の関係を示す。初期的な工具摩耗量は大きいですが、その後は水晶の研削量に比例してわずかな工具摩耗が発生している。

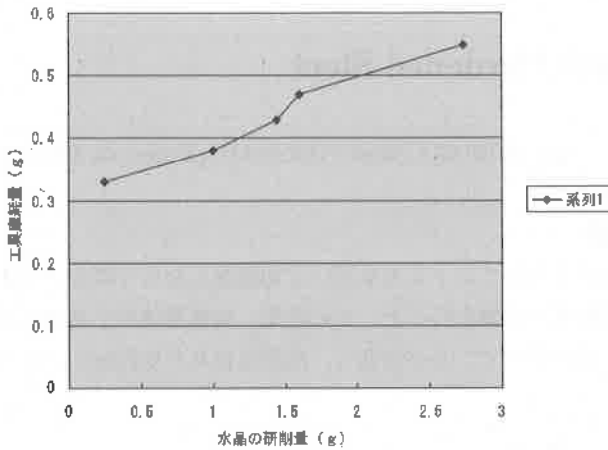


図1 研削量と砥石の摩耗量

### 3-3 ダイヤモンドの加熱による変化

図2は非加熱及び還元雰囲気中で600℃及び800℃加熱した場合のダイヤモンド砥粒の赤外吸収特性である。横軸は波数、縦軸は吸収率を示している。加熱は、ボンド材を混合しないダイヤモンド砥粒のみで行った。

FT-IR測定の結果、今回使用したダイヤモンド砥粒はIb型であることが確認できた。

非加熱、600℃及び800℃加熱の場合と比較して吸収ピーク位置には、ほとんど差異は認められなかった。

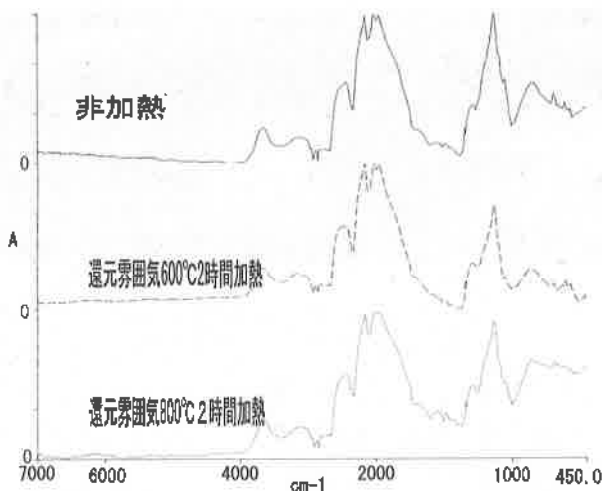


図2 ダイヤモンド砥粒の赤外分光特性

## 4. 考察

### 4-1 還元雰囲気の実現

ボンド材を焼結させるために、還元雰囲気もしくは真空雰囲気中での加熱が必要であるが、汎用電気炉にはその様な機能がないため、何らかの方法で雰囲気を実現さ

せる必要があった。

このため、ボンド材周囲をカーボン材で囲われた空間に設置し加熱する方法を検討したが、酸素の遮断が十分ではなく、また、覆うことに使用したカーボン材の酸化による消耗が激しいなどの問題が発生した。

これを解決するために、カーボン型自体を小さな容器内に設置し、酸素の供給を極力制限したところ、焼結させることに成功した。この際、容器を完全に密閉することも検討したが、工程が増えることを避けるため、容器は完全に密閉することを行わなかった。このため、容器と蓋の間から空気が供給され、カーボン型の上部が酸素と反応したが、カーボン型を構成する他のカーボン型部品は、ほとんど反応せず、繰り返し使用に耐えるものと考えられる。

### 4-2 今後の課題

メタルボンド砥石の基本的な製造方法を確立できたが、粒度、砥粒形状の違いやボンド材の組成等が研削性能に及ぼす影響については、今後各種条件を変えて検討を行っていく必要がある。

## 5. 結言

汎用電気炉を用いた簡易的なメタルボンド砥石の作成を行うことができた。以前研究を行った電着工具<sup>9)</sup>と比較して、製造方法が簡単で耐久性もあることから、研磨加工業者への普及が期待できる。今後、研磨加工業者と連携して実用化に向けた検討を継続していく。

### 参考文献

- 1) 長崎誠三, 平林眞編著: 二元合金状態図集, アグネ技術センター, p.140 (2002)
- 2) ダイヤモンド工業協会編: ダイヤモンド工具マニュアル, 工業調査会, p.42 (1979)
- 3) 佐野照雄他: 山梨県工業技術センター研究報告, Vol.18, p.34 (2004)