

宝鋳石向けダイヤモンド工具作製手法の確立

佐野 照雄・宮川 和博・望月 陽介・河野 道一*

The Establishment of the Diamond Tool Manufacture Technique for the Gem Stone

Teruo SANO, Kazuhiro MIYAGAWA, Yosuke MOCHIZUKI and Michihito KONO*

要 約

山梨県で行われている宝石加工は、従来の遊離砥粒加工から固定砥粒加工への転換が進行している。本研究は、固定砥粒加工への転換を推進する手段として、簡易及び低コストでダイヤモンド工具を製作する方法を確立することを目的とした。ボンダ材の組成比、焼結温度、昇温速度などの条件を変えて焼結実験を行い、最適条件を検討した。還元雰囲気状態で加熱を行うために、カーボン製のケースにプレス成形した圧粉体及び台金をセットし、焼結実験を行った。実験の結果、銅-スズ合金（組成比Cu90Wt%, Sn10Wt%）、焼結温度790℃及び昇温速度25℃/分を最適な焼結条件として、実用的なダイヤモンド工具を試作することができた。

Abstract

The conversion of the conventional segregation abrasive grain processing to fixed abrasive grain processing progresses on the gem stone processing in Yamanashi Prefecture. As a means to promote conversion to a fixed abrasive grain processing, the purpose of this study was to establish the method for simply manufacturing diamond tool in the low cost. For examining the optimum sintering condition, experimental the sintering was carried out by changing conditions such as composition ratio of the bond material, sintering temperature and programming rate. In order to carry out the heating in the reduced atmosphere condition, the press-formed green compact and the base metal were set in the case made of a carbon. As a result, it was possible to produce practical diamond tool experimentally as an optimum sintering condition in respect of copper-tin alloy (Cu:Sn=90:10Wt%), 790℃ of sintering temperature and 25℃/min. of programming rate.

1. 緒 言

宝鋳石の加工には、炭化珪素などの遊離砥粒による加工が行われている。近年、加工の効率化などの理由により、固定砥粒加工方式の導入が進んでいる。しかし、日本国内では、宝飾研磨加工業界の規模が小さく、工具メーカーは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、中国などからの輸入工具が使われている。

このため、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、固定砥粒工具への移行を阻害する要因となっている。

本研究は、平成17年度に実施した焼結工具の研究¹⁾を基礎として研磨加工者が望む形状の研削工具を簡易に作製する方法を確立し、遊離砥粒加工から固定砥粒加工へ

の転換を促進し、県内企業のコスト競争力の強化を目的とした。

2. 実験方法

2-1 作製方法

ダイヤモンド工具の作製方法を検討するにあたり、次の点に留意した。

・結合剤とダイヤモンド砥粒

結合剤として、メタルボンダを採用した。メタルボンダは、金属粉末を焼結して合金化する方法であり、今回の研究では銅-スズ合金を結合剤とした。また、使用する砥粒として、比較的強度の高いブロッキーな合成ダイヤモンドを使用した。

・焼結用電気炉

メタルボンダ砥石を作製する場合、圧縮成形した金属粉末を加熱焼結させるが、ボンダ材やダイヤモ

*1 山梨県水晶美術彫刻協同組合

ンド砥粒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、これらを使用して工具を作製すると設備的なコストが増加するため、今回目標としている簡易的な製造方法としては適当でない。このため、安価な大気中で加熱する電気炉を用いた。

・工具作製の容易さ

宝石加工者がダイヤモンド工具を内製する場合、工具作製の専門家ではないので、複雑な工程が必要な作製方法は普及が困難であるため、簡単な作業手順で行えるように、また、加工設備や原材料の管理に費やす時間的及び金銭的成本を抑えることを留意した。

2-2 焼結実験

メタルボンド砥石で一般的に使用されているボンド材である銅-スズ合金の組成割合に相当する銅粉末及びスズ粉末を混合し、加熱温度及び昇温速度を変えて、焼結実験を行い最適条件を検討した。温度勾配の設定できる電気炉を使用し、スズの組成割合を5~20%とし、加熱条件を790℃及び810℃、昇温速度を5℃/分、15℃/分及び25℃/分とした。なお、表1に焼結試験条件を示した。

表1 焼結試験条件

No	組成(Cu) (%)	組成(Sn) (%)	最終温度 (°C)	昇温速度 (°C/分)	保持時間 (分)
1	95	5	790	5	30
2	95	5	790	15	30
3	95	5	790	25	30
4	95	5	810	5	30
5	95	5	810	15	30
6	95	5	810	25	30
7	90	10	790	5	30
8	90	10	790	15	30
9	90	10	790	25	30
10	90	10	810	5	30
11	90	10	810	15	30
12	90	10	810	25	30
13	85	15	790	5	30
14	85	15	790	15	30
15	85	15	790	25	30
16	85	15	810	5	30
17	85	15	810	15	30
18	85	15	810	25	30
19	80	20	790	5	30
20	80	20	790	15	30
21	80	20	790	25	30
22	80	20	810	5	30
23	80	20	810	15	30
24	80	20	810	25	30

大気雰囲気の汎用電気炉を用いて還元雰囲気での加熱を実現するため、カーボン材により加熱用ケースを作製し、プレス成形した圧粉体をカーボンケースにセットした状態で、銅製の加熱容器にセットし外気を遮断した状

態で加熱を行った。

焼結した圧粉体のビッカース硬度、圧環強度、比重を測定し、最適焼結条件を検討した。

2-3 ダイヤモンド工具の試作

検討した焼結条件から最適な条件を選び、ダイヤモンド工具を試作した。試作の手順は、次の通りである。

手順1) 金属粉末とダイヤモンド砥粒の調整

銅-スズ粉末及びダイヤモンド砥粒を混合攪拌し、均等に分散させる。

手順2) 圧縮成形

簡易的な金型に調整したボンド材を充填し、油圧プレスにより圧縮成形する。写真1は、簡易金型にボンド材を充填した状態である。写真2は、圧縮成形した圧粉体と簡易金型である。

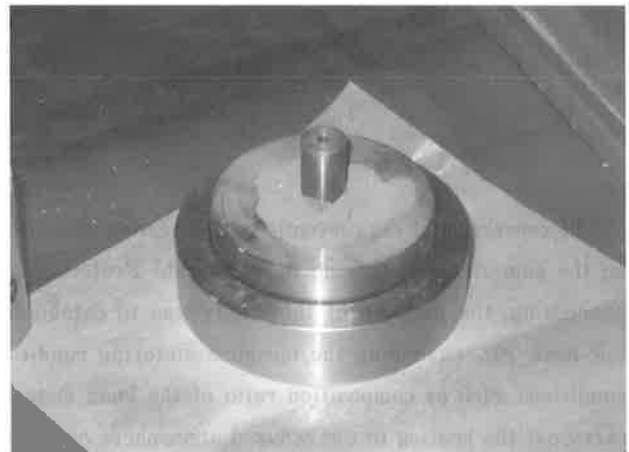


写真1 ボンド材を簡易金型に充填した状態



写真2 圧粉体と簡易金型

手順3) 焼結

写真3は、焼結用のカーボンケースと銅製ケースである。圧粉体と合金を組み合わせて、カーボンケースに格納した状態で、銅製の加熱容器にセットし加熱することで焼結を行う。写真4は、焼結風景で、

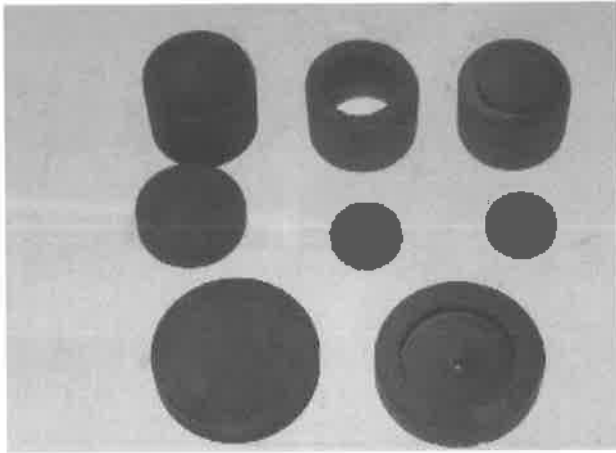


写真3 焼結用ケース

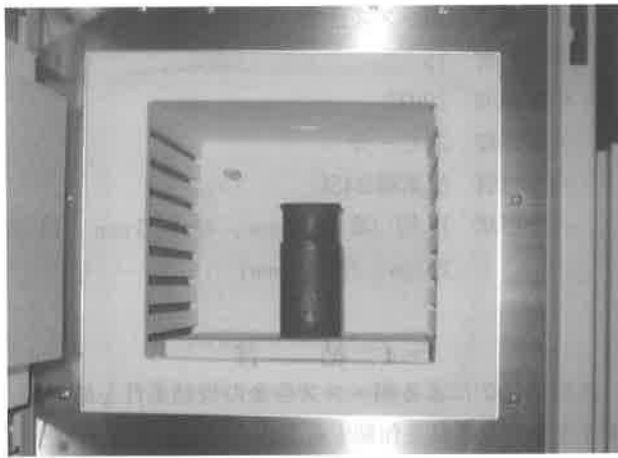


写真4 焼結風景

電気が内に鋼製の加熱容器を設置した状態である。鋼製容器内部は円筒状になっており、圧粉体と台金を格納したカーボンケースを内部に設置し、上方から円筒状の鋼製の蓋でカーボンケースを加圧する構造になっている。

3. 結果と考察

3-1 ビッカース硬度

図1は、ボンド材の組成割合 (Cu) とビッカース硬度の関係について示した。790℃, 810℃ともCuの割合

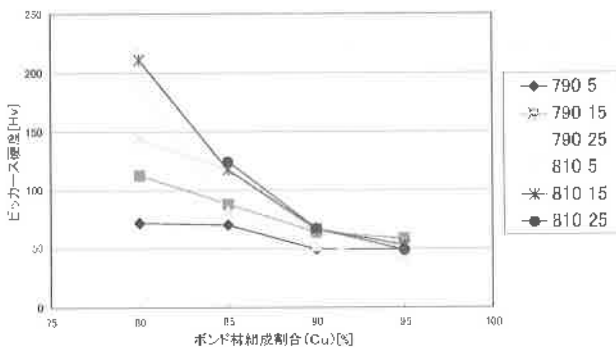


図1 組成割合 (Cu) とビッカース硬度との関係

が大きくなるに従い、50Hv程度になることが確認できた。また、スズ成分が多いほど昇温速度が遅い場合、硬度が大きくなる傾向が見られた。

3-2 圧環強度

図2は、ボンド材の組成割合 (Cu) と圧環強度の関係について示した。リング外径が2.5%変形した際の強度を示す。圧環強度は100N~200N程度あり、台金と組み合わせて使用することを考慮すると実用上十分な強度である。

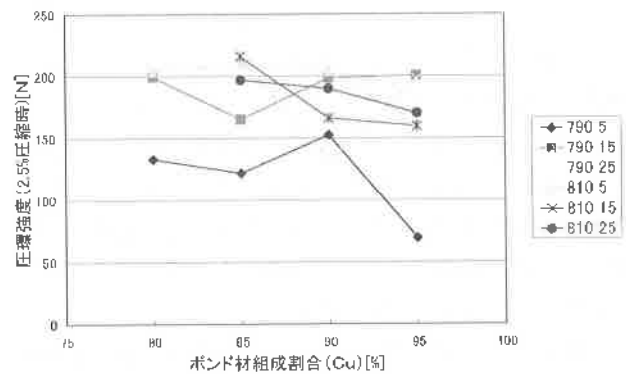


図2 組成割合 (Cu) と圧環強度との関係

3-3 比重

図3は、ボンド材の組成割合 (Cu) と比重の関係について示した。790℃, 810℃ともCuの割合が大きくなるに従い、比重が大きくなる傾向が認められた。

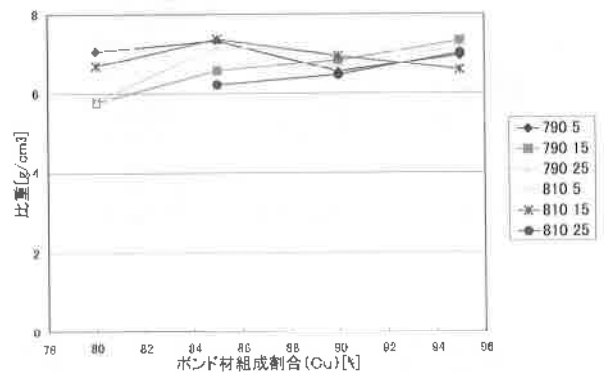


図3 組成割合 (Cu) と比重との関係

3-4 最適な焼結条件

焼結実験の結果から、ダイヤモンド工具に最適な焼結条件を検討した。

スズ成分が多いほど、焼結体のビッカース硬度は高くなるが、ダイヤモンド工具の場合、焼結体にダイヤモンド砥粒を分散させることで砥石の靱性が低下するため、工具が欠けやすくなる。このため、ビッカース硬度が50Hv程度と高すぎず、圧環強度も高い銅-スズ (Cu90Wt%, Sn10Wt%) の合金組成を最適条件として

決定した。また、焼結温度を810℃とすると、焼結体が収縮せず合金を締め付けないため、焼結体と合金を一体化できないため、十分な収縮が発生する790℃を最適な加熱条件とした。銅-スズ合金は、急速に加熱すると798℃で異常膨張することが報告²⁾されており、これに対応する現象と考えられる。また、昇温速度25℃/分でも、十分な強度の焼結体を作製できることが確認できたため、工具の加工時間短縮できる昇温速度25℃/分を最適な焼結条件に決定した。

3-5 ダイヤモンド工具の試作

試作したダイヤモンド工具例を写真5に示す。

円板形状の合金の外周部にダイヤモンド砥粒を分散させた金属圧粉体を焼結させている。写真6は、試作工具の電子顕微鏡写真で、ダイヤモンド砥粒が埋没・分散していることが確認できる。写真7は、試作した工具で実際に水晶を彫刻加工している風景である。使用した結果、十分な研削性能を有していることが確認できた。

○試作ダイヤモンド工具の仕様

使用砥粒 ダイヤモンド（粒度F60-80, F325-400, 1-2 μ m）

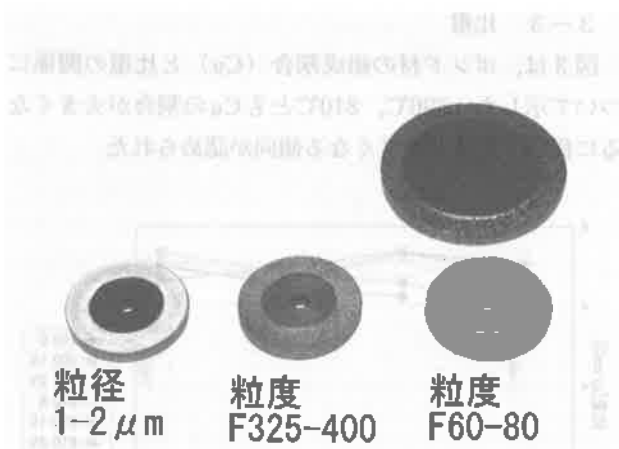


写真5 試作工具例

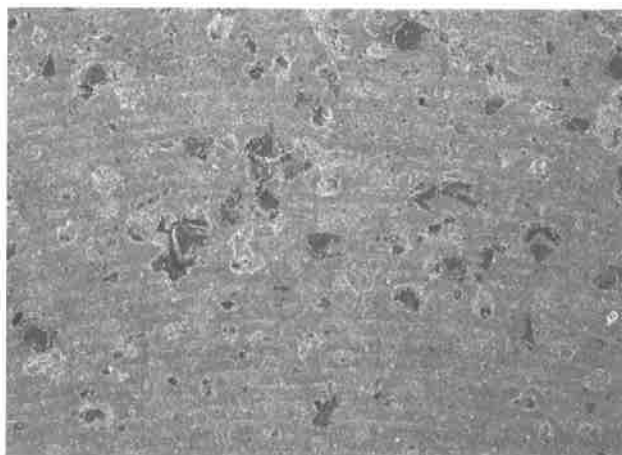


写真6 試作工具表面の電子顕微鏡写真



写真7 試作した工具を試用した彫刻加工風景

ボンド剤 銅-スズ合金 (Cu90Wt%, Sn10Wt%)
集中度 75
焼結温度 790℃
昇温速度 25℃/分
合金材質 炭素鋼S45C
合金形状 円板 (直径12mm, 厚さ3mm, 直径28mm, 厚さ3mm)

4. 結 言

汎用電気炉による銅-スズ合金の焼結条件を確立し、ダイヤモンド工具を作製する手法を確立できた。

試用したところ、実用レベルの研削性能を確認できた。

今後の課題として、大きな砥粒を使用する場合 (F60-80)、金型が消耗しやすいため、金型の消耗を低減する方法の検討が必要である。

また、工具の高精度化を目的として研究を進め、ヤケンなど特殊な形状の工具の試作にも取り組んでいく。

メタルボンド砥石は、研削速度が高く、ダイヤモンド層が厚いことから工具の長寿命化が図れ、企業への普及が期待される。

参考文献

- 1) 佐野照雄：山梨県工業技術センター研究報告 No.20, p.81 (2006)
- 2) 石丸安彦著：粉末冶金の基礎と応用, 技術書院, p.240 (1998)