

宝鉱石の旋削加工技術に関する研究

佐野 照雄・宮川 和博

The research on turning technology of the Gem stone

Teruo SANO and Kazuhiro MIYAGAWA

要 約

ダイヤモンドバイトを用いた宝石材の加工方法について、旋削加工技術の導入の可能性を検討した。焼結ダイヤモンドバイトを用いた旋削加工実験の結果、水晶、めのうとも手摺りによる粗摺り程度まで旋削加工が可能であることを確認できた。特に、水晶は脆性が良く、切込量を増大させても加工が可能であり、十分実用的であることが確認できた。また、旋削加工を行うことで、従来の回転工具による研削加工では難しかった内径のテーパ加工が可能となった。

Abstract

It was made that it examined the processing method of the semi precious stone material using diamond bit and examines the possibility of the introduction of the turning technology to the Gemstone processing to be a purpose. As a result of experimental using the sintered diamond byte the turning, it was able to be confirmed that the turning was possible on rock crystal and agate by as rough processing by the manual operation. Especially, the processing was possible, even if the frangibility is good for the rock crystal, and even if the cutting depth increases, and it was able to be confirmed to be enough practical. And, in the grinding, taper machining of difficult inner diameter became possible by the turning using the conventional rotating tool.

1. 緒 言

山梨県は、古くから水晶原石の産地として知られ、本県の水晶彫刻・宝石研磨加工技術は、江戸時代末期に京都の玉造り職人が、神官に丸玉の加工方法を教えたことが起源と言われている。その後、技術の発達に伴い、水晶だけではなく、めのうなど半貴石を中心に加工が行われてきた。

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きたが、近年、加工の効率化などの理由により、ダイヤモンド砥粒を工具に固定させて加工する固定砥粒加工方式の導入が進んできている。また、熟練技能者の減少が予測され、技能を補間するための加工技術の導入がますます必要な状況となってきている。

一方、セラミックスや光学ガラスなどの超精密旋削加工には、ダイヤモンドを焼結もしくは単粒を工具先端に接合したバイトが使用されているが、水晶彫刻・宝石研磨加工産業において宝鉱石への使用はほとんどなされてこなかった。

本研究は、ダイヤモンドバイトを用いた宝石材の加工方法について、宝鉱石加工への旋削加工技術の導入の可能性を検討することを目的とした。

2. 実験方法

2-1 実験装置

写真1は、旋削加工実験に使用した卓上旋盤である。仕様は、次の通りである。

- ・卓上旋盤 寿貿易製 L-943V-INV 旋盤
- ・主軸速度 0～1920rpm
- ・その他 切削油給油装置付き

水晶などの単結晶材料は、局所加熱により簡単に亀裂

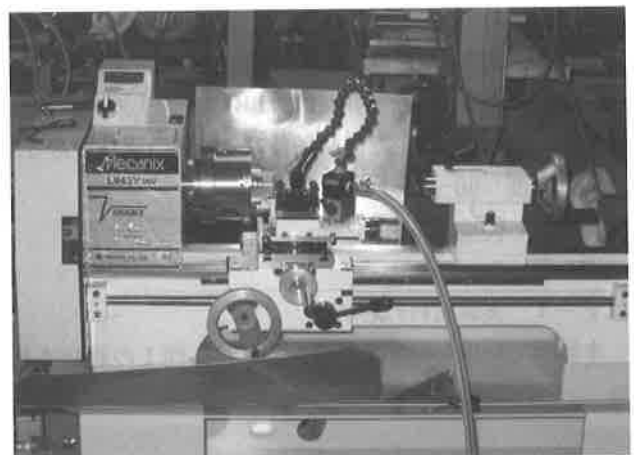


写真1 実験装置の外観写真

が生じるので、加工箇所の温度上昇を極力抑える必要がある。また、工具に使用されているのダイヤモンドも酸化雰囲気中の高温加熱により、酸化劣化することが知られている¹⁾。

このため、本研究では卓上旋盤に切削油の連続供給装置を付加し、加工時の工具・被削材の冷却性及び潤滑性を向上させて実験を行った。

2-2 被削材

本研究の被削材は、県内で加工されている主要な宝石材である水晶とめのうを使用した。宝石を硬度の視点から、貴石と半貴石に分けて呼ぶ慣習があり、水晶及びめのうは半貴石に分類される。水晶とめのうの特徴は、表1のとおりである。天然水晶のKoop硬度は、通常750Hk程度であるが、今回使用した水晶は、より過酷な条件で実験するため、天然水晶と比較して硬度が高い合成水晶である。(写真2参照)

表1 被削材の特徴

鉱物名	組成・構造	Koop硬度 Hk	備考
水晶 (合成)	SiO ₂ 単結晶	966	Xカット
		887	Yカット
		1010	Zカット
めのう	SiO ₂ 潜晶質	759	

(Koop硬度は、実測値)



写真2 被削材

2-3 旋削加工条件

旋削加工実験には、旭ダイヤモンド工業製焼結ダイヤモンドバイトを用い、切削油にはJOMOクリスタルカット300を使用した。主な試験条件は、以下の通りである。

- ・旋削速度 60～180m/min
- ・切込量 0.025mm～0.2mm
- ・送り量 6mm/min

2-4 実験試料の形状

本研究で使用した実験試料の形状は、図1の通りである。

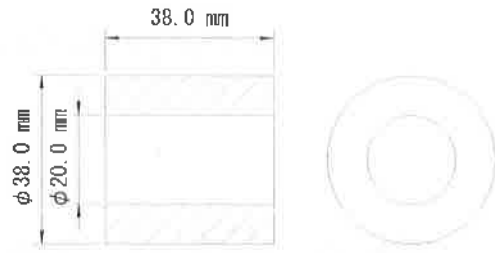


図1 実験試料の形状

3. 結果と考察

3-1 旋削加工実験

図2に切込量と加工面の表面粗さの関係を示す。めのうは潜晶質のため、水晶よりも破碎しにくく、切込量及び旋削速度を増加しても表面粗さは水晶よりも低い数値となっている。また、水晶の場合、切込量を1～2mm程度にしても、焼結ダイヤモンドバイトの刃先に欠損が発生させずに加工することが可能であったが、めのうの場合、切込量が0.3mmを越えるとバイト刃先に欠損が発生した。この結果、適切なバイトの切込量を設定することにより、バイトを破損せずに水晶、めのうとも旋削加工が可能なが確認できた。しかし、加工性において大きな違いが生じた。

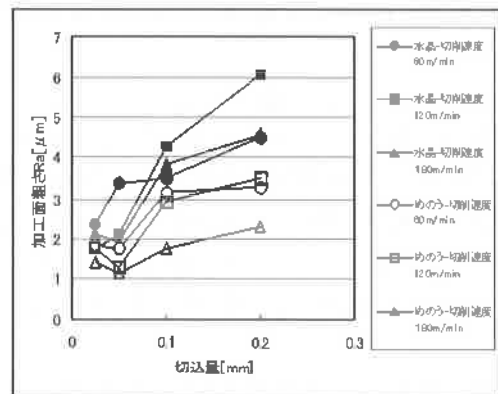


図2 切込量と表面粗さの関係

今回の旋削加工の場合、加工が脆性破壊モードで進行しているため、水晶のような単結晶では切込量に応じて亀裂が発生し破碎されると考えられる²⁾。これに対して、めのうのような潜晶質結晶の場合は、破碎が微小結晶単位で発生し、亀裂が深く進展せず、バイト刃先の切削抵抗が大きくなることで、バイト刃先が欠損すると思われる。

このことから、水晶のような単結晶系の半貴石に関しては、劈開性に注意すれば、十分旋削加工することができると考えられる。また、めのうと同様に潜晶質であるひすいなどについては、適切な切込量を設定することで加工が可能であると考えられる。

3-2 旋削加工例

写真3は、水晶の旋削加工風景である。あらかじめ、穴明け用回転工具で加工した穴にバイトを挿入し、中ぐり加工を行った。写真4は、中ぐり加工例(カットモデル)である。内部にテーパ加工が施してあり、回転工具を使用した研削加工では、加工が難しい事例である。又、円周部の面取り作業も容易に行うことができた。

3-3 平面研磨加工実験

焼結ダイヤモンドバイトによる旋削加工と伝統的な平面研磨盤を用いた手摺り加工の表面性状について比較を行った。

図3は、研磨材の粒度の違いによる研磨面の表面粗さを示す。横軸に砥粒の粒度、縦軸に表面粗さRa[μm]を表している。手摺り加工は、約400rpmで回転する鋳鉄製平面研磨盤上に炭化珪素

砥粒を水に分散させた状態で供給しながら、研磨を行った。研磨圧力は、約0.014~0.017MPaである。

半貴石の手摺り研磨加工の場合、粗摺り、中摺り、仕上げ摺り及び磨きの工程がある。粗摺り、中摺りには、炭化珪素が用いられ、仕上げ摺りには炭化珪素のほかに、酸化アルミニウムが使われることが多い。



写真3 旋削加工実験風景

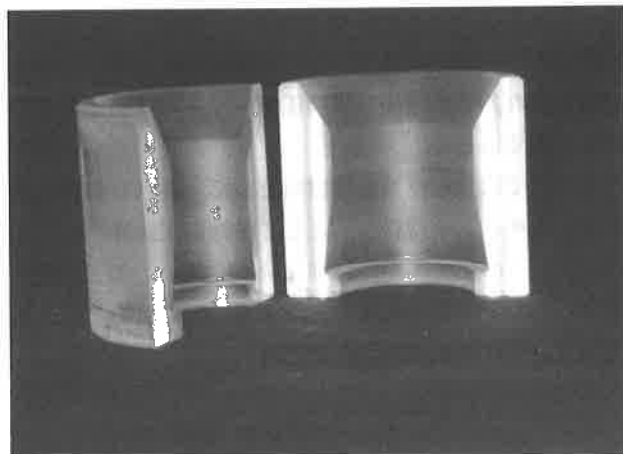


写真4 中ぐり加工例

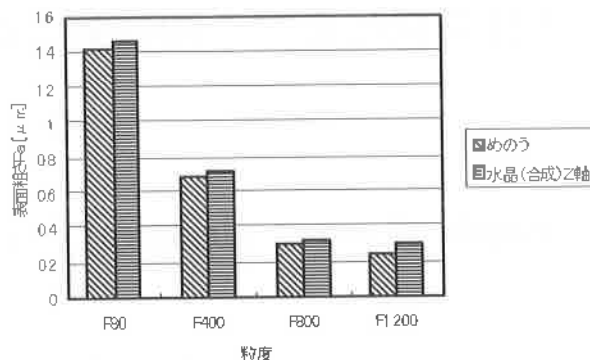


図3 手摺り加工に於ける砥粒粒度と表面粗さの関係

焼結ダイヤモンドバイトを用いた旋削加工による表面粗さは、手摺り加工によるものと比較するとF80程度であり、これは粗摺り程度の粗さである。

水晶彫刻・研磨加工は、通常鏡面仕上げを行うので、旋削加工においても表面粗さRa0.2~0.3[μm]程度に仕上げることが望ましく、今後の検討課題である。

4. 結 言

山梨県の宝石研磨・彫刻産業において、主要な宝石素材である水晶とめのうの旋削加工技術の適用について、検討を行った。焼結ダイヤモンドバイトによる旋削加工実験の結果、水晶及びめのうとも手摺りによる粗摺り程度まで旋削可能であることを確認できた。特に、水晶に関しては加工性もよく実用性のある加工方法であることが確認できた。また、円筒内径のテーパ加工など従来の回転工具では難かしい加工も可能となった。

参考文献

- 1) 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.43 (1979)
- 2) 精機学会硬脆材料の精密加工に関する調査研究・分科会編：ファインセラミックス，p.74 (1984)