

宝石の高精度研磨加工技術の研究 (第2報)

研削砥石の開発

上野正雄・岩間貴司・中野公一

Study on High Precise Cutting Method of Precious Stone (Part 2)

Development of Polishing Wheel

Masao UENO, Takashi IWAMA and Kimikazu NAKANO

要 約

研削砥石(鏡面仕上げ砥石)を試作して、加工能率、仕上げ面粗さ、砥石摩耗、砥石修正等について検討した。①#8000ダイヤモンド砥石で遊離砥粒に匹敵する鏡面を得たが加工能率の点で問題を残した。②砥石の目づまり、摩耗については砥石作業面を樹脂に移して観察する方法を検討した結果、加工能率の減少と対応していることが確認されたため、この変位点を砥石修正時期とした。③仕上げ面の測定については遊離砥粒の仕上げ面を基準片として表面粗さ計で比較検討した結果 $0.008\mu\text{m}$ (Ra)程度の仕上げ面が得られた。

1. はじめに

現在、宝石のファセットカット、カットビーズなど多面体研磨加工は、簡易な治工具を用いての手作業で行なわれているが、相当な熟練技術と多くの加工時間を要するうえに、高品質化などの消費者ニーズに応えにくい。また作業環境も悪いため後継者不足も問題になっている。そこで、自動化、省力化及び高品質化のための宝石研磨加工技術を確立する各種手法及び加工技術を開発する。

昭和63年度は、高精度研磨加工装置に必要な、

- ① 研削砥石の開発(鏡面仕上げ砥石)
- ② 砥石作業面測定手法の確立
- ③ 仕上げ面測定手法の確立

の三つのテーマについて取り組み、各種の基礎実験を実施した。

①については、高能率かつ高精度を保てる砥石開発を目標に、各種鏡面仕上げ砥石及び試作ダイヤモンド砥石の性能比較実験を実施した。

②については、時間の経過に伴う砥石の日詰まり、摩耗状態をレプリカ法により観察し、砥石の修正時期を模索した。

③については、仕上げ面検査機、表面粗さ計等を用いて、ダイヤモンド遊離砥粒+錫皿で研磨した面を基準面として、これを目標に砥石仕上げ面を比較観察した。

これらの実験結果について報告する。

※なお、本研究は地域システム技術開発事業“宝石貴金属製品の製造高度化システム”の要素技術研究開発の一環で実施したものである。

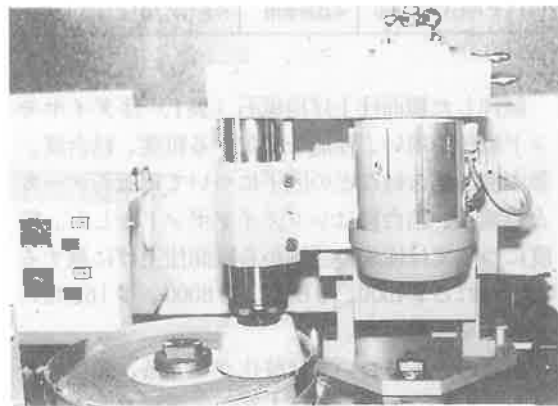


写真1 実験装置

2、実験方法

2-1 研削砥石の開発

- ・鏡面仕上げ砥石の開発
- ・砥石作業条件の検討

高精度研磨加工装置に必要な、能率よく高精度の仕上げを目的としたダイヤモンド砥石を開発すべく各種ダイヤモンド砥石を試作して研磨実験を行った。実験装置は、写真1に示すとおりダイヤモンドブロッキング装置のヘッド部を改造して被加工物に荷重がかけられるようにした。被削材は実試料のファセット面とは若干異なるが水晶丸棒8mmφを用いた。加工物を試作砥石作業面に面接触させ、定圧揺動する研磨方法を取り、開発予定の加工装置で予想される作業条件で実施した。また軟質石の鏡面仕上げ用として市販されている砥石についても適応実験を実施して、試作砥石での結果と比較検討した。

表1 鏡面仕上げ用砥石

番号	砥粒	用途	メーカー	備考
1	酸化アルミニウム系	石材研磨用	S社(オムトバ)	市販
2	酸化クロム系	石材研磨用	S社(オムト)	市販
3	酸化アルミニウム系	ガラス研磨用	西独(オムト)	市販
4	酸化セリウム系	ガラス研磨用	西独(オムト)	市販
5	酸化セリウム系	ガラス研磨用	T社(セントラ)	市販
6	ダイヤモンド SD4000	水晶研磨用	A社(レジノイド)	試作
7	ダイヤモンド SD6000	水晶研磨用	A社(レジノイド)	試作
8	ダイヤモンド SD8000	水晶研磨用	A社(レジノイド)	試作
9	ダイヤモンド SD16000	水晶研磨用	N社(レジノイド)	試作
10	ダイヤモンド SD16000	水晶研磨用	N社(レジノイド)	試作
11	ダイヤモンド SD16000	水晶研磨用	N社(レジノイド)	試作

試作した鏡面仕上げ用砥石(表1)はダイヤモンド砥粒を用い、性能を決定する粒度、結合度、集中度、結合材などの因子については砥石メーカーと協議し、結合材はレジノイドボンドとした。粒度については従来の経験から鏡面仕上げに適すると思われる#4000、#6000、#8000、#16000の大きさを選定した。

市販の砥石については酸化クロム系、酸化アルミニウム系、酸化セリウム系の5種類である。

実験条件を表2に示す。

表2 鏡面仕上げ条件

試料原石(水晶) mm φ		8.0
砥石回転数 rpm		680
研磨時間 min		30
研磨荷重 g/cm ²		1000~2000
研磨液(水道水) cc/min		30

2-2 砥石作業面測定手法の確立

- ・砥石作業面性状の測定法
- ・砥石作業面寿命の判定法
- ・砥石作業面の修正法

砥石作業面は加工時間の経過とともに目つぶれ、目づまり、摩耗変形が生ずる。目つぶれ、目づまりは加工能率の低下をきたし摩耗変形は仕上げ面に悪影響を及ぼすので、作業面の変化を把握し適切な砥石修正を行うことが能率的な加工をするうえで得策である。

砥石作業面をレプリカ法により樹脂に移して変化の状態を観察する方法を検討した。

また一定時間研磨して定盤修正による目たて、更に変形した場合は修正リングもしくは砥石修正装置(写真2)による修正を行う方法を検討した。

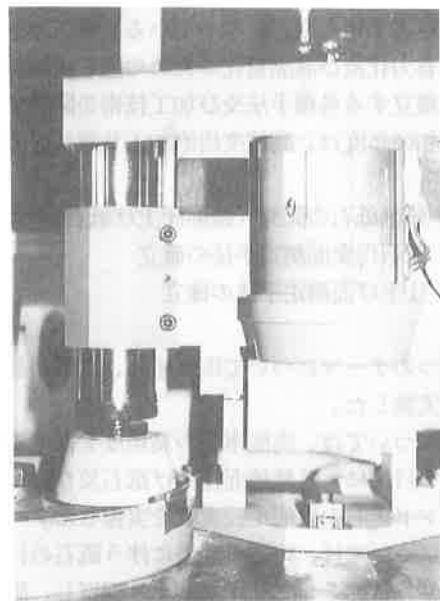


写真2 砥石修正装置

2-3 仕上げ面の測定手法の検討

- ・仕上げ面性状の測定法
- ・仕上げ面性状の評価基準

経験によって仕上げ面の良し悪しはある程度判断できるので、現場では目視による判断が行われている。しかし、この場合は個人差があり製品にバラツキが生じ易いので、この判定基準を得るために、研磨面の性状を測定する方法を検討し、仕上げ面検査装置、表面粗さ試験機および拡大検査などにより研磨面を測定した。

3 実験結果及び考察

3-1 研削砥石の開発

- ・鏡面仕上げ砥石の開発

各種の砥石について性能試験を行った。その結果の一部について図-1、2に示す。

図-1に示すように研磨量は、ダイヤモンド等の粒度の影響を受けていることがわかる。また図-2に示すように加工荷重については、ある加工速度に対して極値が存在することが予想できる。

加工速度については予備実験において、本実験装置では低速なほど研削比が高かったが加工荷重を上げて行くと回転数が低下するため図に示す値をとった。

比較的仕上げ面の良い砥石について時間と研磨量の関係を調べたところ図-3のような結果を示した。研磨量は加工時間に比例して増加するが、一定時間を経過すると目つぶれ、目づまりし、能率が極度に低下する傾向が見られた。

また加工能率と仕上がり面の良さは必ずしも一致しなかった。

砥石の仕上げ面が遊離砥粒（ダイヤモンド微粉0~1/2+錫皿）研磨の仕上げ面に近づくことを目標としてダイヤモンド砥石を試作したが、予想どおりダイヤモンド砥粒を使用した砥石が概してよい磨き面となった。酸化セリウム、酸化アルミニウム、酸化クロムを使用した砥石は能率が良いが、仕上がり面がわずかに劣った。

今回試作した砥石実験により、鏡面仕上げ砥石としての実用化の可能性が見いだされた訳であるが、鏡面仕上げ用ダイヤモンド砥石の加工能率は極度に低いので、結合度等の改善について更に検討し、能率の向上を図る必要がある。

また、ダイヤモンド砥粒以外の鏡面仕上げ砥石

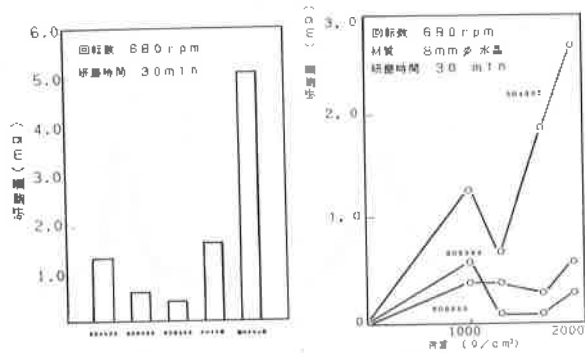


図-1 砥石別研磨量 図-2 荷重と研磨量

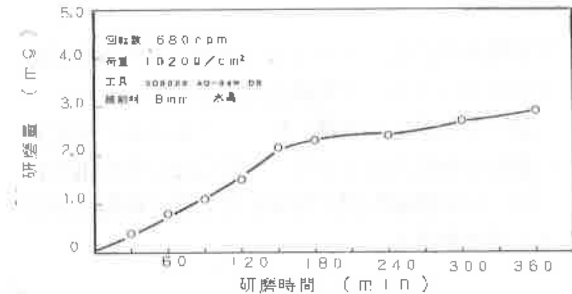


図-3 研磨時間と研磨量の関係

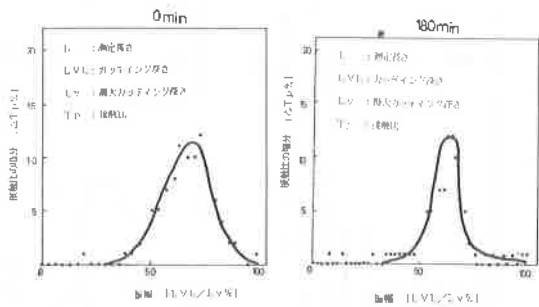
についても、仕上げ面の改善策を検討することにより、双方とも高精度研磨加工装置に使用できる見通しがついた。

3-2 砥石作業面測定手法の確立

比較的仕上げ面の良かった#8000ダイヤモンド砥石について、時間の経過に伴う研磨量の推移と砥石表面の粗さを観察したところ、研磨量が一定に増加している間はあまり差が見られないが、研磨量が極度に減少するようになると砥石表面の状態が表面粗さの差として観察された。(図4)この結果、研磨量の低下と目つぶれ、目づまりが対応していることが確認できたので、研磨量の減少時期を砥石寿命とした。

従って、現場的には研磨量の変化時期(本試料では3時間後)に砥石修正を行うことが能率的な加工法であると考えられる。

また、ダイヤモンド砥石の試験ごとの目たてについては定盤+GC#800砥粒修正、変形砥石の修正は砥石修正装置で荒修正してWA#600スティック砥石でフリーハンド修正、修正リングGC#800



研磨前 3時間研磨後

図-4 砥石の表面状態

で好結果を得た。ダイヤモンド砥石以外の修正はダイヤモンドカップ型砥石で実施した。

試作した砥石が各種一枚ずつであるため安定した砥石が作れるようになった時点で、その砥石についての実験量を更に増加して、修正時期を決定する必要がある。

3-3 仕上げ面の測定手法の確立

現在一般的に宝石の高精度研磨に用いられている錫皿+ダイヤモンド砥粒による遊離砥粒研磨の水晶仕上げ面を標準片 (Ra=0.003 μm 検査機 Rank Taylor Hobson) として、実験した砥石での研磨面とを表面粗さ計及び拡大検査による目視等で比較判断した。ダイヤモンド砥石 #8000のものが最も標準片に近く、#6000、#4000のダイヤモンド砥石はやや劣る。

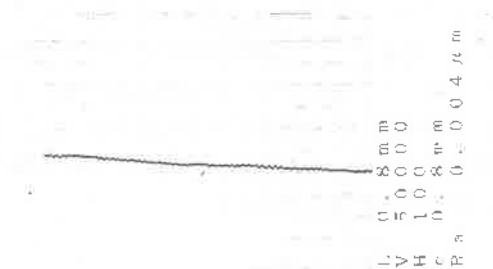
表-3 仕上げ面粗さ

砥石	SD4000	SD6000	SD8000
表面粗さ(Ra)	0.040	0.010	0.008
	SD16000 コンセントレーション50	SD16000 コンセントレーション75	SD16000 銅粉入り
	0.050	0.030	0.010
酸化アルミナ系	酸化セリウム系	酸化クロム系	標準片
0.016	0.020	0.038	0.004

(株)小坂研究所製、表面形状測定機SE3F)

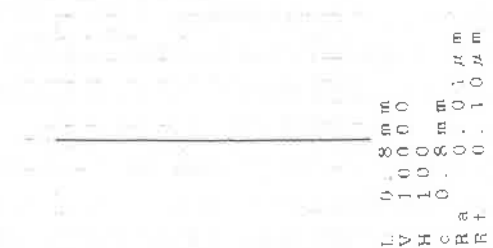
(表-3)のようにダイヤモンド砥石以外では、酸化アルミニウム系、酸化セリウム系、酸化クロム系の順で悪くなることがわかった。現場での仕

上げ面の測定手法としては表面粗さ計にもとづくものをサンプルとし、評価の基準とする。目視によってこれと対比し、砥石修正装置等へのフィードバックをかけることが適当である。

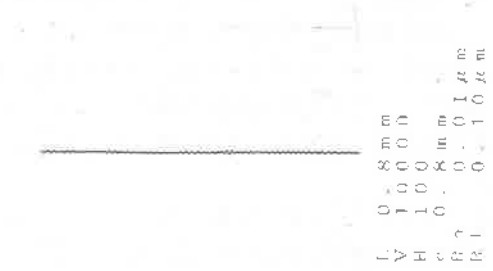


遊離砥粒錫皿研磨による研磨面表面粗さ

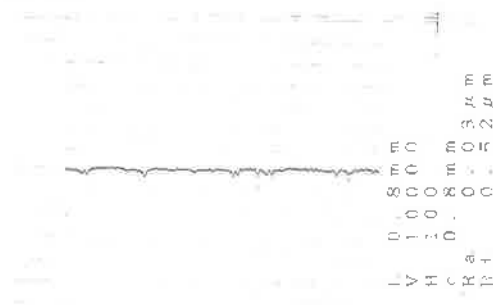
SD8000



SD6000



SD4000



4. おわりに

今回の実験結果からダイヤモンド砥石以外の鏡面仕上げ砥石では、能率は速いが仕上がり面がやや劣り、ダイヤモンド砥石では仕上がり面は申し分無いが能率に問題が残る。

今後実験結果を基に両者の砥石メーカーに協力を仰ぎ、実用化に向けて技術の改善を図ってきたい。

尚本実験にご協力戴いた砥石メーカー三和研磨工業(株)、旭ダイヤモンド工業(株)、(株)ノリタケカンパニー、(株)イマハシ製作所様に心から感謝申し上げます。

参考文献

- ①大森整、他：鋳鉄ファイバボンド砥石による硬脆材料の鏡面研削加工 精密工学会前刷(1988)
- ②木村杜作、他：超精密研削盤による高脆性材料の超精密加工 機械技術 (1988)
- ③小林昭、他：超精密加工技術開発マニュアル、新技術開発センター (1985)
- ④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)