

宝石加工の自動化及びダイヤモンド砥石の改良

上野正雄・八代浩二

Improvement of Numerical Control Method to Jewel Manufacturing and Diamond Whetstone

Masao UENO and Koji YATSUSHIRO

要 約

NC高精度研磨加工装置を実用化するため、水晶類及びサファイアなど高硬度石のNC加工を通じて研削砥石など開発技術の適応実験を行った。またRS-232Cケーブルによるコンピュータ通信機能によるラウンドブリリアントカット、ジルコンカット、ダブルローズカットの円形状3種類、エメラルドカット、ダブルスターカット、フレンチスターキャリブレカットの矩形状3種類の加工データの入力ソフトを開発し、動作確認してこれら形状の自動化の見通しを得た。

1. はじめに

現在、宝石のファセットカット、カットビーズなどの多面体研磨加工は、フリーハンド加工あるいは、簡易な治工用具を用いての手作業で行なわれている⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。そのため一人前になるには相当な熟練期間を要する上に高精度加工が困難である。したがって、高品質化などの消費者ニーズに応えにくい。

また遊離砥粒を用いるために作業環境も悪く、後継者不足も問題になっている。平成3年度までに地域システム事業の一環として宝石研磨加工の自動化、省力化及び高品質化を目的としたNC高精度研磨加工装置を開発した⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

平成4年度は、この装置を実用化するため水晶類、サファイア類の加工実験を通して制御技術の改善及び砥石の適応性について検討した。

更にRS-232Cケーブルからのコンピュータ通信機能による多面体カット形状の加工ソフト⁽¹⁾の多様化を図りNC加工実験及び動作実験をしてソフトの改良を図った。

これらの実験結果について報告する。

2. 実験方法

2-1 水晶類のエメラルドカット加工

平成3年度に開発したコンピュータ通信機能によるNC高精度研磨加工装置(写真1)加工ソフトによりエメラルドカット⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾の加工実験を実

施した。

仕上げについてはヨーロッパ製鏡面仕上げ砥石を入手したので、ダイヤモンド砥石での仕上げ面と比較実験を行った⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

表1に実験装置の機械仕様、表2に実験に使用した加工工具及び表3に加工条件を示す。

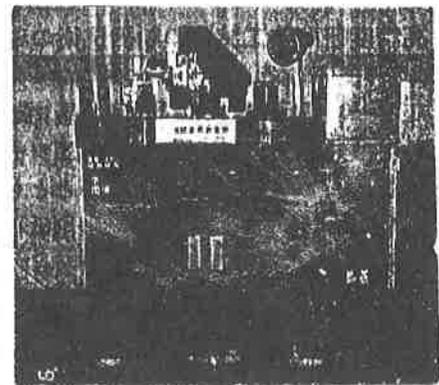


写真1 NC高精度研磨加工装置

表1 実験装置仕様(高精度研磨加工装置)

本 体	砥 石 軸	2軸 無段変速
	修正リング	100mmφ
	2軸平行度	0
ファセター	制 御 方 式	5軸 NC制御
	加 工 軸	2軸コレットチャック6φ
	割出し角度	0~360度
	カ ッ ト 角 度	0~90度

仕上げ面検査については、非接触表面形状測定装置(写真2)を用いて、研磨面の粗さを測定する方法をとった。

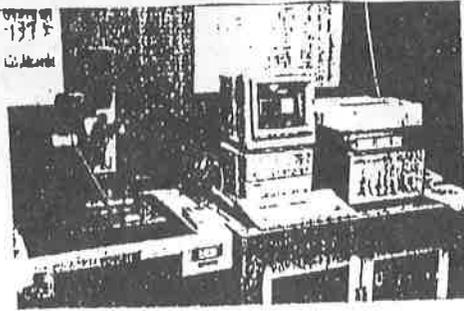


写真2 非接触表面形状測定装置

表2 加工工具

	種類	条件	
1	ダイヤモンド盤	#180	メタルボンド
2	ダイヤモンド盤	#2000	レジンボンド
3	ダイヤモンド盤	#6000	レジンボンド
4	砥石	酸化クロム 2 μm	ヨーロッパ製

表3 加工条件

	仕上げ摺り	鏡面研磨
砥石回転数	2000rpm	1000rpm
切込み量	0.1mm/min	0.06mm/min
ワーク揺動幅	40mm	40mm
ワーク揺動速度	1.5m/min	1.5m/min
研削液	水道水	水道水
被削材	水晶	水晶

2-2 高硬度石のラウンドブリリアントカット
平成3年度までに水晶類の加工では、表面粗さ Ra = 3 nm とほぼ目的の鏡面が得られた¹⁾²⁾。

平成4年度は高硬度石(サファイア)のラウンドブリリアントカット⁵⁾⁶⁾を試みた。加工条件を表4に示す。

まずパビリオン加工から、ドップ付けした原石をガードルベベル研削機で41度テーパに素形状加工し、#600のダイヤモンド砥石で成形して、銅盤にダイヤモンド砥粒 5/12 μm を塗布した研磨皿で仕上げ摺り、錫盤にダイヤモンド砥粒 0/2

μm を塗布した研磨皿で鏡面磨きを実施した⁵⁾⁶⁾。

次に簡易型反転接着装置で張り替え、パビリオン同様、ガードルベベル研削機で38度テーパに素形状加工し、クラウン部を加工した。

表4 高硬度石(サファイア)加工条件

	成形加工	仕上げ摺り	鏡面研磨
工具ダイヤモンド #及びμm	D砥石 600	D砥粒 5/12	D砥粒 0/2
回転数 rpm	2000	1500	1000
切込速度 mm/min	0.1	0.1	0.06
揺動幅 mm	40	40	40
揺動速度 m/min	1.5	1.5	1.5
研削液	水道水	オリーブ油	

2-3 各種多面体カットの制御技術の確立

水晶のエメラルドカットの加工実験により、コンピュータ通信機能による加工ソフトが正常に作動することが分かったので、このソフトを改造発展することによって加工シーケンスの多様化を図った。

3. 実験結果及び考察

3-1 水晶類のエメラルドカット加工

前報の水晶の仕上げ方法、#6000ダイヤモンド砥石で鏡面研磨(Ra=2.62)¹⁾する方法に比べ、ヨーロッパ製酸化クロム鏡面仕上げ砥石で仕上げた研磨面(Ra=2.49)が僅かに勝っている。

加工時間については、ラウンドブリリアントカットに比べ、素形状の荒加工の工程が複雑で20分程度を必要とする。この工程を雑に仕上げると、後の取りしろが多くなり、全体としての加工時間が増すことになる。今回の実験では、NC加工に50分要したが、加工時間の短縮はソフト改善で可能である。

写真3に加工物を、仕上げ面性状を図1に示す。

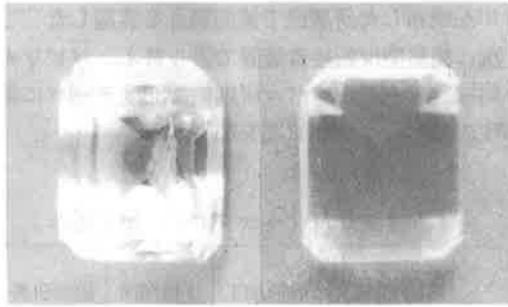


写真3 水晶のエメラルドカット

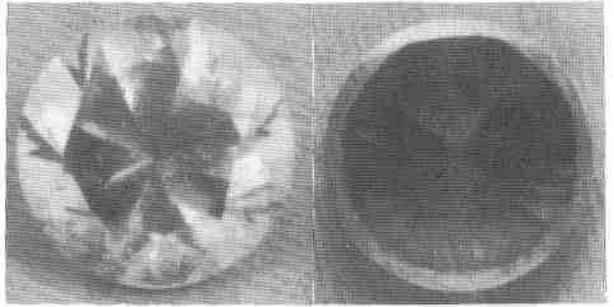


写真4 サファイア加工例

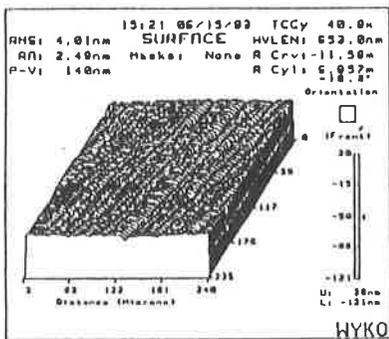


図1 酸化クロム砥石での仕上げ面粗さ

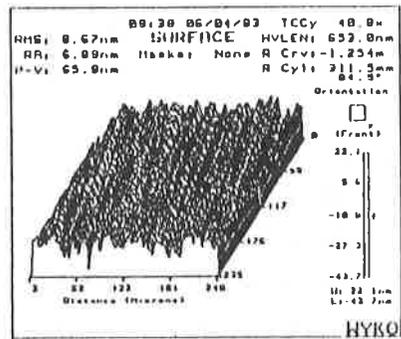


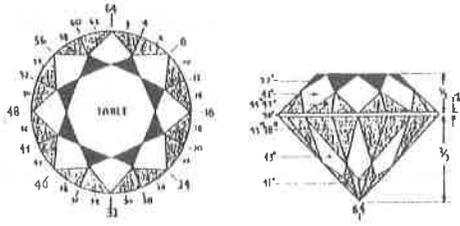
図2 サファイアの仕上げ面粗さ

3-2 高硬度石のラウンドブリリアントカット
 高硬度石（サファイア）の多面体成形は水晶のように#2000ダイヤモンド砥石では不可能なため、#600ダイヤモンド砥石で成形した。仕上げ摺りについても、ダイヤモンド砥石（#2000）では能率が悪く鏡面仕上げするための面が得られなかった。これらに比べ、オリーブ油といたダイヤモンドパウダー5/12 μ mを銅皿に塗布して行ったものは、経験的に次工程に移れる程度に仕上げ面が改善された。鏡面仕上げにおいても同様に、ダイヤモンド砥石（#6000）に比べ、ダイヤモンドパウダー0/2 μ mを銅皿に塗布して研磨したものが、能率的で表面粗さも優れていた。しかし、目視では、ほとんど差はないが、非接触表面粗さ計上では市販品の仕上げ面粗さRa=2.85nmに比べRa=6.89nmと4.04nmの差がある結果となった。仕上げ加工の条件については更に改善する必要がある。写真4に加工物を、図2に仕上げ面粗さについて示した。

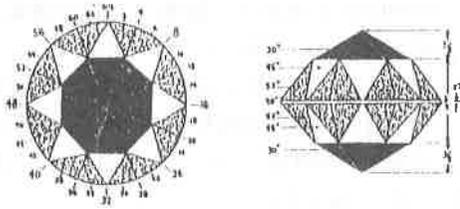
3-3 各種多面体カットの制御技術の確立
 ラウンドブリリアントカット、ジルコンカット、ダブルローズカットの円形状3種類、エメラルドカット、ダブルスターカット、フレンチスターキャリブレカットの矩形状3種類計6種類⁵⁾⁶⁾の加工シーケンスを入力して動作確認を行った。

NC高精度研磨加工装置附属のコントローラ方式の加工シーケンスから、RS-232Cケーブルによるコンピュータ通信機能での加工シーケンスに替えたことにより、各軸の制御が自由に行えるようになった。このため、新しい形状の製品開発が可能と思われるが、新商品の設計・ソフト開発は今後の課題で、現段階では既存の上記6種類の形状にとどまっている。

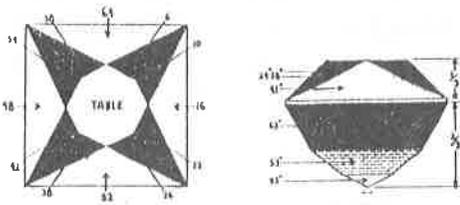
図3にソフト開発したカット形状⁷⁾を示す。



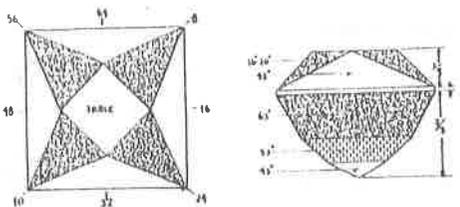
(a) ジルコンカット⁷⁾



(b) ダブルローズカット⁷⁾



(c) ダブルスターカット⁷⁾



(d) フレンチスターキャリブレカット⁷⁾

図3 ソフト開発したカット形状例

4. おわりに

宝石加工の自動化のために、NC高精度研磨加工装置での自動加工シーケンスの多様化を図り、6種類の形状について自動化の見通しを得た。

更に曲面と平面を合わせ持つような形状の入力ソフトの開発を図っていく計画である。

水晶の仕上げ面精度 ($R_a=2.49\text{nm}$) は目標値に近いが、一工程での加工時間 (40分~60分) は実状にそぐわない。加工時間の半減が必要であり、工夫次第で可能と思われる。

またダイヤモンド砥石などの工具の改良については、今回仕上げ面の良かったヨーロッパ製砥石は外径が小さく本装置に適合しないため、使い易い形状にして、仕上げ面の改良ならびに時間の短縮を図ってきたい。

またダイヤモンド砥石メーカーと協議してこれに匹敵する能力を持つように、気孔を多く含み、目づまりの少ない砥石を依頼中である。

なお本実験にご協力頂いた砥石メーカーの旭ダイヤモンド工業(株)、(株)ノリタケカンパニーリミテド及び加工機メーカーのイマハシ製作所(株)に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 上野正雄, 八代浩二他 山梨県工業技術センター研究報告 (1991)
- 2) 上野正雄, 中野公一他 山梨県工業技術センター研究報告 (1990)
- 3) 上野正雄, 中野公一他 山梨県工業技術センター研究報告 (1989)
- 4) 山下久雄他 山梨県工業技術センター研究報告 (1988)
- 5) 今橋孝弘 宝石の加工 機械振興協会 (1987)
- 6) 近山 晶 宝石学必携 全国宝石学協会 (1985)
- 7) The Book of Gem Cuts Vol. 1
M.D.R MANUFACTURING (1949)