

# 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・中山 信一・佐野 照雄

## Development of Numerical Control Method to Jewel Manufacturing, and of Diamond Whetstone

Masao UENO, Shin-ichi NAKAYAMA and Teruo SANO

### 要 約

NC高精度研磨加工装置のソフトの改良を図り、ダブルローズカット等各種形状及び平面と曲面からなる複合形状の加工を可能にしたが、さらに、ダイヤモンドと酸化クロムの混合砥粒からなる鏡面仕上げ砥石を試作して、従来の砥石による加工面との性能比較試験を行った結果、16.3nmRaとなり、試作砥石の仕様ならびに加工条件の検討がさらに必要になる。また鑄鉄ボンド砥石を試作して、インプロセスドレッシング研削を試みたところ、現時点では8.03nmRa程度が得られた。

変形状研削機については、ハート形などの変形小物10数種類の加工を行い、加工条件が加工精度に及ぼす影響について検討した。その結果、ハート形状等外形φ6mm、長さ30mmのもので約30分で、形状精度は入力精度とほぼ同等のもので得られた。また、星形のような鋭角の形状については、水晶など宝石の種類によりチップングが多く発生するため、砥石粒度、研削速度等の加工条件の改善が必要である。

### 1. 緒 言

宝石のファセットカット、カットビーズなどの多面体の研磨加工は、フリーハンドまたは簡易な治工具を用いて手作業<sup>1)2)3)</sup>で行なわれている。したがって、高精度加工ができるまで相当な熟練期間を要するために、高品質化などの消費者ニーズに十分な対応ができないのが現状である。

また、遊離砥粒を用いるので、砥粒が飛散して作業環境の面でも問題になっている。

これらの課題を解決する目的で、平成3年度までにNC高精度研磨加工装置を開発<sup>4)5)6)7)</sup>し、この装置の性能向上を図るため、各種の加工制御ソフトの改良と砥石について、成形研磨実験を実施した。その結果、多面体カット形状の多様化が可能となった。

本報は、平面と曲面からなる形状の加工ソフトを構築して、複合形状の研磨加工を可能にし、さらに、加工時間の短縮と仕上げ面の改善を図るため、ダイヤモンド・酸化クロムからなる混合砥石を用い鏡面仕上げを試みた。また、従来ファセットカット用宝石を、凹面形状に輪郭加工する適当な専用機械は無く、一般に平面研磨機を用いて、フリーハンドで加工していた。そこで、高精度化・省力化を図るために、変形ファセットカット製品の前加工用として、変形状研削機を開発研究し、宝石の金具への枠合わせ加工及び変形状装身具石の輪郭加工に、この装置の適用を検討してきたが、今回、装身具用変形小物について、各種形状の

加工を試みた結果について報告する。

### 2. 実験方法

#### 2-1 混合砥石による鏡面加工

水晶におけるダブルローズカット形状の加工を通して、混合砥石の性能試験を実施した。

成形加工は、レジノイドボンド砥石#2000、仕上げ加工には、ダイヤモンド砥粒(#6000)と酸化クロムとの混合砥石を使用した。

また、試作した鑄鉄ボンド砥石(#8000)で、インプロセスドレッシング(ELID)研削を行い(電源30V, 10A)、適正加工条件を模索しながら、NC高精度研磨装置への適応性を検討し、従来の砥石での仕上げ面<sup>7)8)</sup>との比較検討を行った。

また、平面と曲面からなる複合形状加工は、ダブルローズカット加工用ソフト<sup>9)</sup>の一部を改良して、ファセットカットに加工する部分に、砥石上でワークを回転させる部分を加えて複合形状に加工する方式のソフトを用いた。

仕上げ研磨面の粗さ測定には、非接触表面形状測定装置を使用した。

写真1に研磨加工装置、表1に機械仕様、表2に加工工具及び表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 無断变速
	修正リング	φ100mm
	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 φ6
	割出し角度	0～360度
	カット角度	0～90度

表2 加工工具

番号	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	酸化クロム + ダイヤ#6000
4	ダイヤモンド盤	#8000 鋳鉄ボンド

表3 加工条件

加工目的	仕上げ摺り	鏡面研磨
加工条件		
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
ワーク	水晶	水晶

(注) 鋳鉄ボンド砥石の場合の研削液はノリタケ製CEM

### 2-2 変形状研削機による小物加工

変形状研削機の砥石駆動は騒音防止などの改善を図るため、エアモータを電動モータに替えた。さらに、ワークホルダーを小物加工用に改造し使用した。

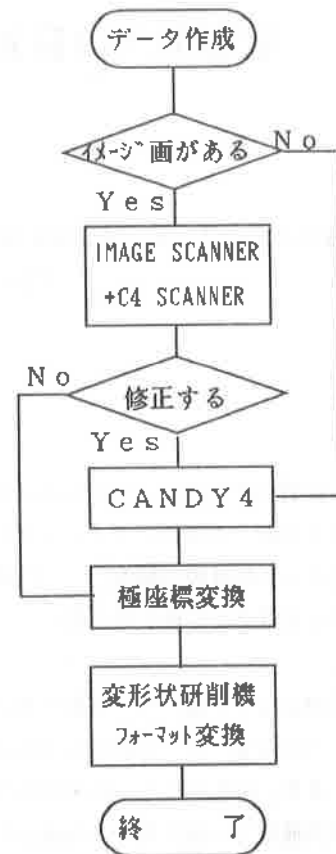


図1 加工データ作成のフローチャート

加工形状については、2D-CADソフトCANDY 4を用いて、イメージスキャナーから取り込む方法を取り、マウスにより図形データを修正した後、極座標に変換し、さらに加工データに変換して加工を行った。変形状研削機の加工データ作成のフローチャートを図1に示す。

研削加工は、360度を数度ずつに割り出し、一定量（0.3mm）の切り込みで、設定寸法まで繰り返し研削する割り出し（例えば6度で60回）一次加工と一定量（0.5mm）だけをならし研削する仕上げ二次加工に分けて行う。

研削液はA重油を使用した。写真2に実験装置、表4に加工条件を示す。



写真2 変形状研削機

表4 加工条件

砥石回転数	2700RPM
砥石径	φ75mm 先端30度
砥石揺動幅	40mm
制御方式	3軸 NC制御
ワークホルダー	φ3~6mm
一次割出し	50~80回
研削液	A重油
一次切込量	0.3mm
二次加工量	0.5mm

3. 実験結果及び考察

3-1 混合砥石による鏡面加工

混合砥石での研磨面粗さは16.3nmRaで、これまで実験した#6000ダイヤモンド砥石での仕上げ研磨面粗さ2.61nmRa<sup>1)</sup>、ヨーロッパ製酸化クロム砥石での仕上げ研磨面粗さ2.49nmRa<sup>2)</sup>に及ばなかった。同一条件で加工を行ったが、砥石仕様ならびに加工条件の改善が必要である。

ELID研削での研磨面粗さは8.03nmRaで、適正加工条件<sup>3)</sup>が得られていないものと考えられる。なお継続して加工条件の改善を図っている。

また平面と曲面から成る複合形状の加工では、ワークを砥石上で回転させることに特に支障がなく加工できることから、ソフト次第で従来に無かった形状の開発が期待できることが分かった。

ワークを写真3、仕上げ面性状を図2、図3に示す。

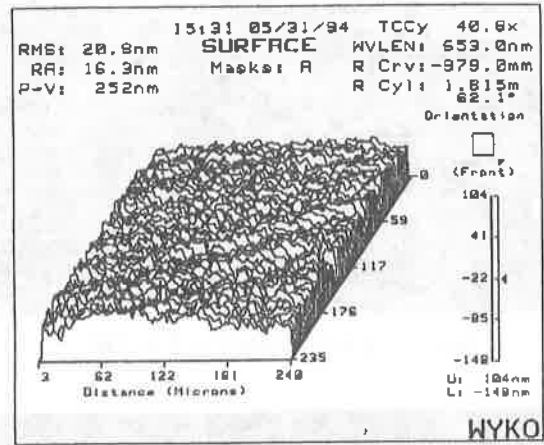


図2 混合砥石での仕上げ面粗さ

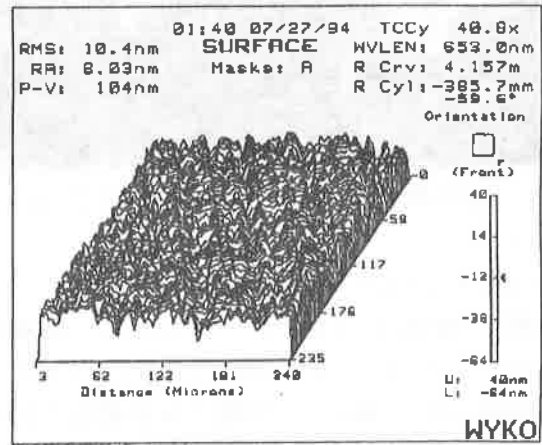


図3 ELID研削での仕上げ面粗さ

3-2 変形状研削機による小物加工

ワークホルダーは構造上保持部が細いために、研削抵抗によって加工物がずれることがあり、ワーク両端の平行度の精度だし及び保持方法など、これを防止するための工夫が必要であるが、比較的簡単な方法として、ワークを直接ホルダーに接着する方法が効果的であった。

曲線だけで構成されている形状は、工具干渉による図形の制約があるものの、入力図形に近い滑らかな輪郭の加工が可能になった。

しかし、星形のような鋭角な形状では宝石の種類によってチップングが生ずるが、特に水晶・ガラスに多く発生した。ワークサイズに比べ加工外形を大きく入力して、稜線を広く残すような加工をすることによってチップングは防止できるが形が限定される。稜線をシャープに加工するには、球面研削盤など過去の経験から砥粒径を#200以上に

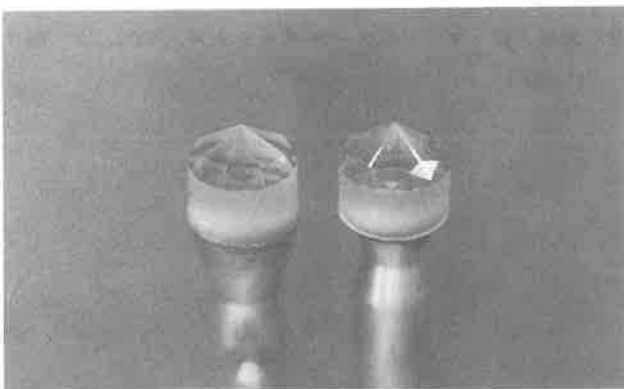


写真3 水晶のダブルローズカット  
変形ダブルローズカット

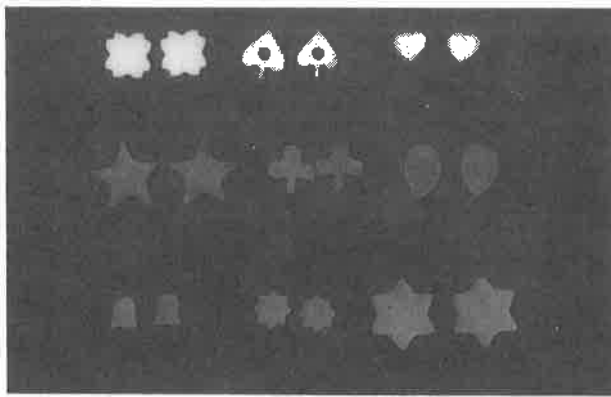


写真4 変形状研削機による加工例

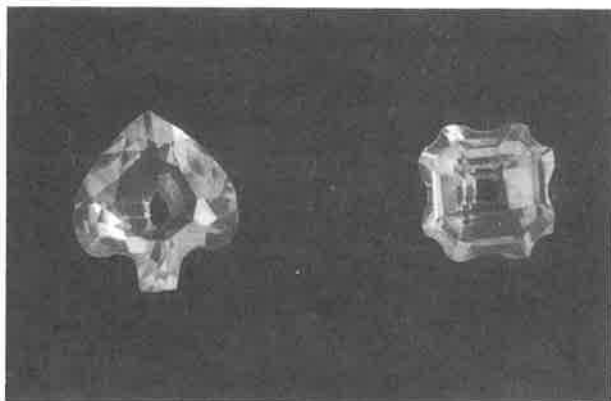


写真5 変形研削後ファセットカット加工をほどこしたもの

する必要があると考えられる。

制御系の分解能はミクロンオーダーであるが、機械の組立精度やワークホルダーの撓み及びイメージスキャナーの分解能が低いこともあり、入力図形とはほぼ同形状であるが、ワークの左右の寸法には0.1~0.2mmの差が生じた。

図形の対象形のものについては、絵型砥石による数回の割り出しで加工が可能であると考えられる。

従来、この種の変形小物を一部の企業では、超音波加工機による切り抜き加工で行っていたが、あまり普及していない。すなわち切り抜き工具に用いる市販の異形パイプは、各種形状に適用するほどの種類が無く、また高精度の板金技術で、切り抜き型が加工できる企業も少ない。さらにワイヤー放電加工機での加工は、一型数万円とコストが高く付くうえに、型の消耗が激しいことから、少ロットものは手加工に頼っている。

今回の変形状研削機では、回転工具を用いるため、超音波加工に比べ、加工できる形状が制約されるが、加工形状ごとの切り抜き工具の必要もない。ダイヤモンド工具を使用していることから、工具摩耗も少なく、加工量の少ないものについては、加工時間の面で特に有利である。

写真4は変形状研削機による加工例であり、写真5は変形研削後ファセットカット加工をほどこしたものである。

#### 4. 結 言

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ってきたが、平面と曲面からなる複合形状の加工が可能となったことから、今後新製品開発が期待できる。

また、変形状研削機により、変形ファセットカットの前加工の合理化および装身具用変形小物加工の合理化が図れる。また、変形状研削機による小物加工は、比較的高度な寸法精度の確保が困難な貴金属空枠への対応が可能となり、枠合わせ加工技術の機械化が容易になる。

さらに、ファセットカットの仕上げ面については、安定した鏡面を得ることと、研磨能率の向上を図るために、鑄鉄ボンド砥石によるインプロセスドレッシング加工が有利と考えられるので、継続して研究して行く。

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、及び加工機メーカーのイマハシ製作所(株)、望月鉄工(株)に心から感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 山下久雄他：山梨県工業技術センター研究報告, No.2 p.16 (1988)
- 2) 今橋孝弘：宝石の加工, 機械振興協会 (1987)
- 3) 近山 晶：宝石学必携, 全国宝石学協会 (1985)
- 4) 上野正雄, 八代浩二他：山梨県工業技術センター研究報告, No.5 p.16 (1991)
- 5) 上野正雄, 中野公一他：山梨県工業技術センター研究報告, No.4 p.16 (1990)
- 6) 上野正雄, 中野公一他：山梨県工業技術センター研究報告, No.3 p.19 (1989)
- 7) 上野正雄, 八代浩二他：山梨県工業技術センター研究報告, No.6 p.15 (1992)
- 8) 上野正雄, 八代浩二：山梨県工業技術センター研究報告, No.7 p.4 (1993)
- 9) 大森 整：マシン&ツールジャーナル, VOL.31 No.7 (1992)