

宝石の高精度研磨加工技術の研究 (第5報)

—高精度研磨加工装置の制御技術の確立—

上野正雄・八代浩二・岩間貴司・石原道雄

Study on High Precise Cutting Method of Precious Stone (Part V) —Techniques of Numerical Control in Gem Cutting Machine—

Masao UENO, Koji YATUSIRO,
Takashi IWAMA and Michio ISIHARA

要 約

NC高精度研磨加工装置実用化のため、水晶類のNC加工を通じて研削砥石等の開発技術の適応実験を実施した。その結果、加工条件の改善により遊離砥粒による仕上げ面に近い鏡面が得られた。更に加工時間はクラウン、パビリオン共に約40分程度まで短縮することができた。また、変形状研削機の操作性向上により、任意形状の素形状加工が可能となる見通しを得た。

1. はじめに

現在、宝石のファセットカット、カットビーズなど多面体研磨加工は、簡単な治工用具を用いた手作業が主流である。加工には熟練技術が要求され、そのうえ多くの時間を要するためにブリリアントカット、エメラルドカット等の需要が多い標準的なカットの加工は省力化が望まれている。消費者のニーズは多様化し、各製造業者独自の新しいカット形状の製品開発が要求されている。また、研磨材の飛散等のために作業環境が悪いことも1つの原因となり後継者不足も深刻な問題となってきた。

半貴石の装身具部品の加工は、熟練した作業者が彫刻機を用いて各製品毎に手で行っているために作業能率が低い。また、彫刻機の加工能率が低いので、凹面を有するような研削量の多い製品の加工には多くの時間と労力を費やしているのが現状である。

本研究では、平成2年度までに開発したNC高精度研磨加工装置(以下、実験装置とする)から得たデータを基に、開発組合が製作したNC高精度研磨加工本装置(以下、本装置とする)の実用化を目的に、本装置改良の支援ならびに研削砥石の適応実験を行った。また、任意形状を持った変形状製品の加工技術の確立を目的として、昨年度試作した変形状研削機の改良についてもあわせて

行ったので報告する。

2. 高精度研磨加工装置の制御技術の確立

平成3年度は、本装置を用いてブリリアントカットの加工実験を貴石類(白水晶、紫水晶、黄水晶、アクアマリン等)について行った。加工シーケンスの変更による加工能率の向上を図るとともに、加工面精度の向上を目的に試作した研削砥石の適応実験を行った。また、本装置のコンピュータ通信機能を用いて、エメラルドカットの加工シーケンスの入力を行った。

2-1 開発技術の適応実験及び改善

本装置およびその仕様を写真1、表1に示す。また、完成した本装置による加工例を写真2に示す。試料の原石は平面研削盤で固定面を加工後、熱可塑性接着剤でドップに固定した。まず、ガードルベベル研削機でガードルとメインファセット角度の43度で各面を粗取り加工した後、本装置でパビリオン部の加工を行った。加工後アルコールランプで試料とドップをともに加熱し、簡易反転治具で反転接着した。再度ガードルベベル研削機でテーブル、メインファセット角度の42度で各面を粗取り加工した後クラウン部の加工を本装置で行った。

本装置の完成当初は、加工シーケンス上の問題

からファセターアームと研削液飛散防止カバーとの干渉をさけるための余計な時間が多かった。また、早送り量やスパークアウト時間のデータが不足していたため、8mmφの白水晶の試料をブリリアントカットの製品に加工するのに約60分を要した。その後、ファセターを調整、加工シーケンスを検討し改良を重ねた結果、1試料の加工時間を約40分に短縮することが可能となった。また、加工データ（早送り量、切り込み量、スパークアウト時間等）を細部にわたって検討し設定し直すことで、さらに加工時間の短縮が可能と考えられる。

本装置のRS-232Cケーブルによるコンピュータ通信機能については、エメラルドカットの加工シーケンスを入力して動作の確認を行った。

BASIC言語を用いたプログラムで各軸の制御が容易に行えるので、既存の形状にとらわれない新しいカット形状の製品開発が可能になるものと考えられる。



写真1 高精度研磨加工本装置

表1 高精度研磨加工本装置仕様

本 体	砥石軸	2軸（無段変速）
	修正リング	100mmφ
	2軸の平行度	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
	割り出し角度	0～360度
	カット角度	0～90度



写真2 本装置による加工

2-2 開発砥石の適応実験

表2に実験で使用した研削砥石及び表3に加工条件を示す。砥石の適応実験について昨年度は、加工能率を向上するために成形砥石として#1000、磨き砥石として#8000のダイヤモンド砥粒のレジノイドボンド砥石を用いた。本年度は、仕上げ面精度の向上のため、成形砥石の砥粒粒度を上げて#2000とした。そして、磨き工程をダイヤモンド砥石（#6000、#4000）、および酸化クロム砥石（#5000）を用いて行い、ダイヤモンドの遊離砥粒を用いた仕上げ面と比較した。

各砥石ともに昨年度のものより良い仕上げ面精度を得た。成形砥石の粒度を上げたことで成形時の面精度が向上し、昨年度より粒度の低い砥石を用いた磨き工程でも良い仕上げ面精度が得られたと考えられる。特に#6000のダイヤモンド砥石は加工能率、仕上げ面精度ともに他のものより良い結果を得た。#6000の砥石の仕上げ面について、非接触表面形状測定装置を用いて表面粗さ（Ra）を測定したところ、遊離砥粒による仕上げ面の表面粗さ（Ra=3nm）に近い値を示した（図1）。また今回磨き工程に使用した#6000の砥石は、表面の砥粒が目つぶれを生じやすいために、実験結果にばらつきが生じた。均一の仕上げ面を得るためには砥石の目つぶれに対応してスパークアウト時間を補正する必要があると考えられる。

表2 研削砥石及び加工条件

	昨年度	本年度
成形工程	#1000レジン, ダイヤ	#2000レジン, ダイヤ
磨き工程	#8000レジン, ダイヤ	#4000レジン, ダイヤ #6000レジン, ダイヤ #5000酸化クロム

表3 加工条件

	成形工程	磨き工程
砥石回転数	1500rpm	1000rpm
スパークアウト時間	15sec	20sec
ワーク揺動幅	30mm	30mm
ワーク揺動速度	10m/min	10m/min
研削液	水道水	水道水

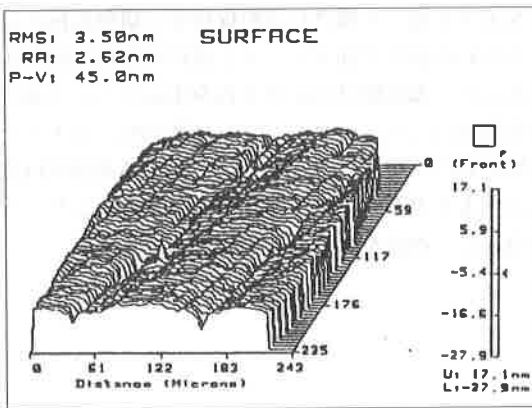


図1 #6000砥石の仕上げ面

3. 変形状製品の加工技術の確立

昨年度開発した変形状研削機では、データの入力方法が困難であることからカット形状が数種類に限定されていた。そこで本年度は、まず初心者でも容易に任意形状の加工データが入力できる方法として本体、コンピュータ、イメージスキャナーの統合化を検討した。次に、統合化した変形状研削機を用いて任意形状の貴石の加工実験を行い、貴金属枠に合わせた形状の宝石をNC加工できる可能性を見出した。

図2に変形状研削機の構成を示す。本年度は、コンピュータの経験が少ない初心者でもイメージした形状の加工データが容易に作成可能な方法を考えた。初心者がコンピュータに対する嫌悪感を抱かないためには、キーボードにできるだけ触れないようにすること、数字入力をできるだけ控えるようにすることが考えられる。以上の2点を考慮した結果、入力方法としてイメージスキャナー、デジタイザーが挙げられた。デジタイザーはデータ入力の精度がイメージスキャナーと比較して良いが、加工形状の輪郭上を数点にわたってクリックしなければならない。また、加工後の試料にツールマークが存在するため、製品にするためには若干の手による修正が不可欠である。そこで精度はデジタイザーに比べ劣るものの、自動的に加工形状を読みとることが可能なイメージスキャナーを使用することとした。

変形状研削機の加工データ作成の流れを図3に示す。イメージスキャナーの制御ソフトには形状データファイルがテキスト形式であるCANDY4スキャナー(楸アスキー)を用いた。汎用2次元CADソフトのCANDY4はデータ形式がCANDY4スキャナーと同一であるため読みとった形状データの編集が可能であり、新規にデータ作成もまた可能である。そこでマウスを用いて形状を作成する場合、あるいは読みとったデータを修正する場合にはCANDY4を用いてデータファイルを作成した。読みとったデータを修正しない場合については形状データを直接データファイルとした。また得られたデータを局座標変換した後、加工データに変換して加工を行った。表4に加工条件を示す。写真3は変形状研削機によるめもの任意形状加工例である。



図2 変形状研削機の構成図

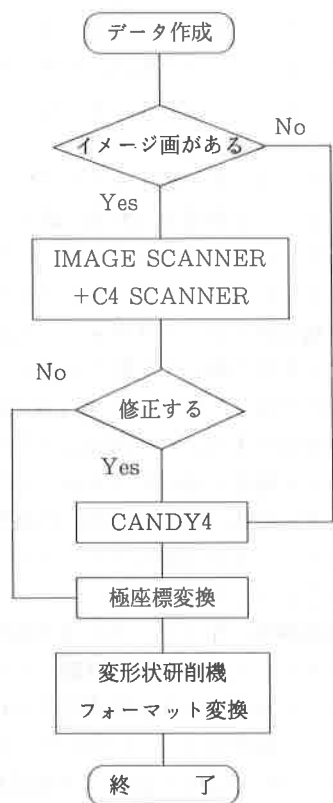


図3 加工データ作成の流れ

表4 変形状研削機加工条件

砥石回転数	9000rpm
砥石直径	75mm
砥石揺動速度	2.4m/min
研削液	水溶性研削液

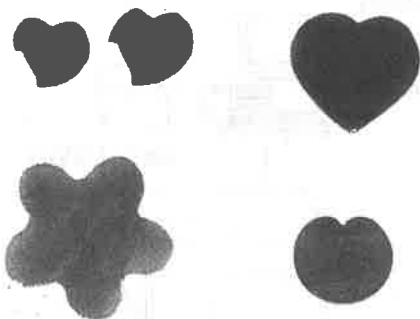


写真3 変形状研削機による加工例

写真4は、イメージスキャナーで読み込んだ貴金属棒形状に基づいて加工を行った例である。貴金属棒をシートワックスに押しつけ周辺を切りとった後イメージスキャナーで形状を読みとった。駆動部の分解能はマイクロオーダーであるが、貴金属棒の形状を直接読み込むことが不可能であること、イメージスキャナーの分解能が低いことから、試料の貴金属金具への棒合わせには加工後に若干修正が必要であった。しかし、変形状製品に対する素形状加工が可能であると考えられる。また、板厚3mm、直径30mmのめのうの試料の加工には約60分を要したが、試料を数枚張り合わせて加工することで加工時間の大幅な短縮が可能となり、貴金属金具への棒合わせ工程の省力化が図れるものと考えられる。

昨年度開発した変形状研削機では、砥石駆動用のエアモーターのトルク不足、ワーク保持部の剛性不足の問題が挙げられていた。前者については研削量、送り速度を大きく取った場合にトルク不足でモーターが停止するため加工能率低下の原因となっていた。後者については研削量、送り速度を大きく取った場合に試料保持部に研削抵抗によるたわみが生じ加工データと試料の形状に相違があった。本年度は以上の2点を中心にハード面の改良を行った。エアモーターは低回転、高トルク型のものに交換した。また、試料保持部は保持具の下方2点から金具で支持するよう改良した。写真5に、改良を施した変形状研削機を示す。



写真4 棒合わせを行った加工例

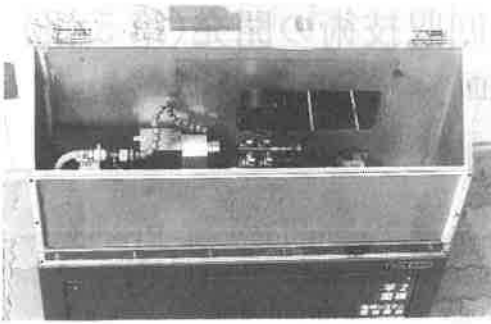


写真5 改良後の変形状研削機

4. おわりに

高精度研磨加工本装置は実験機をもとに本体の剛性、工具軸の平行度、ドップ軸スピンドルの精度等について改善が行われたが、2軸同時加工時には加工面が不均一となる。装置全体を調整し組立精度の向上を図る必要があるものと考えられる。また各種カット形状の加工シーケンスの入力、加工データベースの構築、実験装置用に開発した加工データ作成ソフトの本装置への適応等も考えられる。

変形状研削機については、改良した変形状研削機本体の適応実験、工具補正、加工工具形状の相違によるデータ補正、加工ソフト面での精度向上

等が考えられる。さらに、貴金属棒加工装置のデータを本装置と共用できる方法を検討することにより、貴金属と貴石が一体となった装身具のNC加工が期待できる。

地域システム技術開発事業は本年度で終了するが、宝石加工の自動化、ダイヤモンド砥石の開発については平成4年度も継続して取り組み、技術改善、合理化を図っていく。最後に本研究の遂行にあたり助言頂いた推進委員の方々を始め、装置開発に携われた㈱イマハシ製作所、ワイエス電子工業㈱、また工具開発に御協力頂いた山梨旭ダイヤモンド工業㈱、ダイヤモンド商事㈱、ノリタケカンパニーリミテド㈱、三和研磨材工業㈱の関係各位に深く謝意を表すとともに今後一層の御指導、御協力をお願いする次第である。

文 献

- 1) 上野正雄, 中野公一他: 山梨県工業技術センター研究報告 4 (1990)
- 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 5 (1991)
- 3) 今橋孝弘: 宝石の加工, 機械振興協会 (1987)