

宝石の高精度研磨加工技術の研究（第1報）

研削砥石の開発

山下 久雄・上野 正雄・岩間 貴司

Study on High Precise Cutting Method of Precious Stone (Part 1) Development of Grinding Wheel

Hisao YAMASHITA, Masao UENO and Takashi IWAMA

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技術を開発する。

昭和62年度は、高精度研磨加工装置に必要な、“①研削砥石の開発”及び材料となる宝石の、“②石取り加工手法の確立”の二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、石取りの前工程として、宝石の内部欠陥を検査することが重要な課題となるため代表的な非破壊検査法である超音波探傷法とX線検査法によって、不透明石の内部欠陥検出の可能性を検討した。これらの実験成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。

2. 実験方法

2-1 研削砥石の開発

高精度研磨加工装置に必要な、能率よく高精度な加工を目的とした研削砥石を試作し研削実験を行った。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

のファセット面を考慮して水晶丸棒5mmφを用いた。加工物を試作砥石作業面に面接触させ、定圧揺動する研削方法を取り、開発予定の加工装置で予想される作業条件で実施した。



写真1 研削装置

表1 試作ダイヤモンド砥石

	結合剤	粒度	集中度	径
1	メタルボンド	600	50	250D)×75W
2	(M)	800	50	〃
3	ビトリファイドボンド	600	70	〃
4	(V)	800	70	〃
5	レジンボンド	600	70	〃
6	(R)	800	70	〃

試作した研削砥石(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、結合材の要因から、結合材はメタルボンド(M)、ビトリファイドボンド(V)、レジンボンド(R)の3種類、粒度は#600、#800の2種類づつ6種である。粒度については従来の経験からスムーシングに適すると思われる大きさを選定した。実験条件を表2に示す。

表2 研削条件

被削材	水晶 5mmφ×40mm
研削スピード (rpm)	765, 1275, 1785, 2295, 2800
研削荷重 (g/cm ²)	770, 1280, 1790, 2300
研削液	水道水 0.5ℓ/min

2-2 石取り加工手法の確立

・原石の内部検査

めのう原石は、その成因、産状から中心部に空洞と水晶質(顕晶質)を持つものが多く、加工材料としては欠陥である。これらの欠陥の非破壊検出を試みた。

(1) 超音波探傷法

超音波探傷器で予備実験を行った。欠陥のないめのう、水晶に人工的に穴を明け欠陥をつくり反射エコーを観察した。また欠陥をもつ各種不透明原石の反射エコーと人工欠陥の反射エコーとの比較検討を行った。

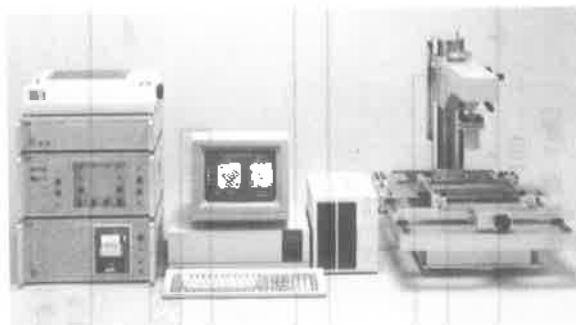


写真2 超音波材料試験機

本実験として水晶質の分布状態を超音波探傷法(超音波材料試験機UMI-600型島田理化学工業㈱写真2)の透過方式で行った。図1のように40mm厚めのうの一定面積(130×70mm)をX方向に24

点、Y方向に12点、計288カ所に分け、その点に超音波をあて超音波の透過時間、相対減率量を測定した。これをもとに演算により音速、ヤング率を求めた。更に原石を測定箇所で切断し、実験値と比較した。送受波器は10MHzのものを使用した。

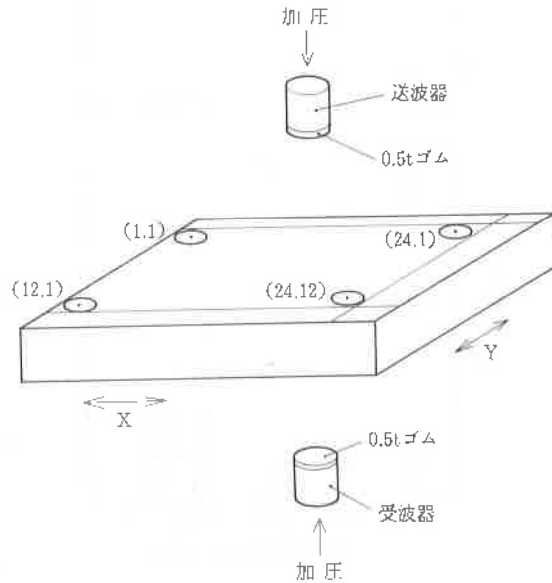


図1 超音波材料試験方法

(2) X線検査法

各種原石に産業用X線CTスキャナー(東芝TOSCANER-3200)を用い、X線を照射して内部状態を観察した。

表3 X線照射条件

X線管電圧	120 kV
X線管電流	300 mA
X線パルス幅	2 m sec
撮影領域	150 mmφ
スライス幅	2 mm

3. 実験結果及び考察

3-1 研削砥石の開発

試作したダイヤモンド研削砥石について、研削速度、研削荷重を変化させて加工能率、加工精度について検討した。

一連の結果の中から図2、3、4に研削速度、荷重、研削量、図5に研削量と研削面あらさの関係を示した。実験の範囲内では研削量は研削荷重に比例して増加を示すが、研削速度は限界があり、

速い速度では減少した。そして結合剤の種類によって最適速度は異なった。研削量の上限值は、M砥石が765m/min付近、V砥石が1,785m/min付近、R砥石が1,275m/min付近であった。これ

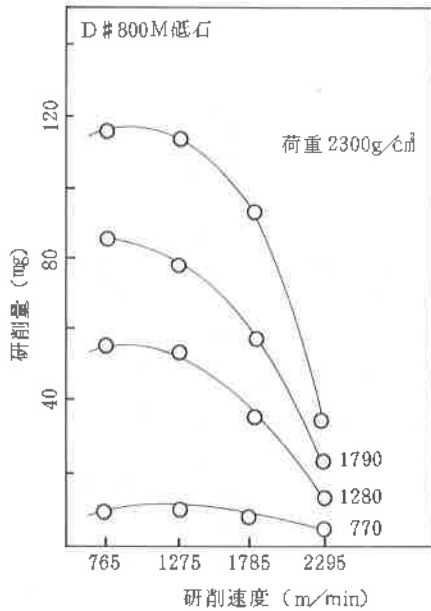


図2 研削速度、荷重と研削量 (M砥石)

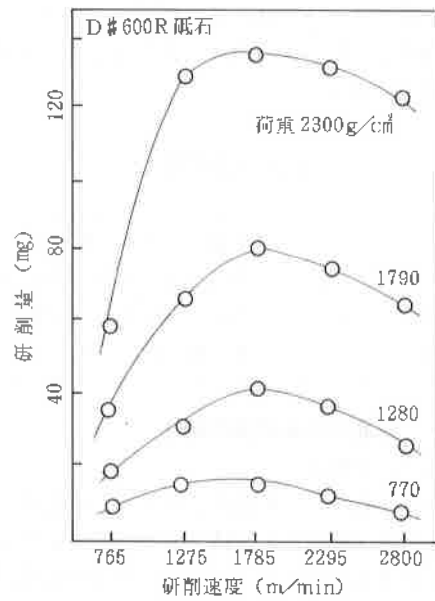


図4 研削速度、荷重と研削量 (R砥石)

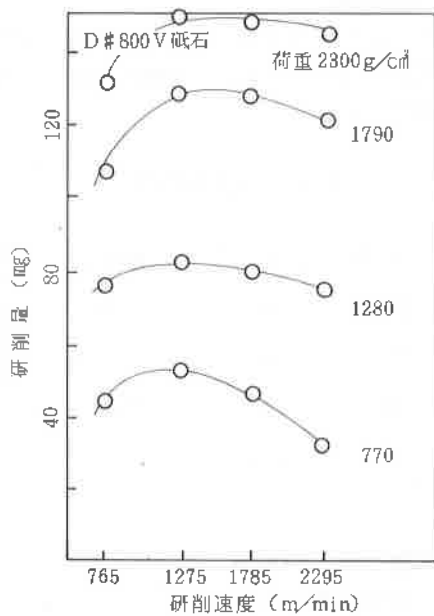


図3 研削速度、荷重と研削量 (V砥石)

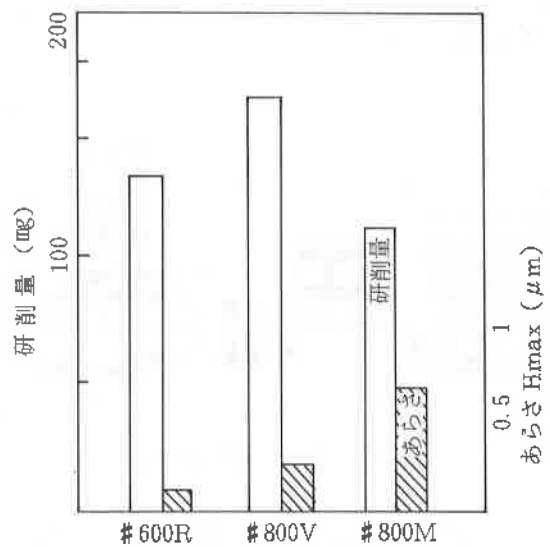


図5 研削量と研削面あらさ

は結合剤材質の（硬さ）相違によるものと思われる。一般に研削速度が速い場合は、ダイヤモンドが硬く作用して切れ味が低下してくる。結合剤の種類による性能比較は粒度、集中度と共に同一ではないので正確な比較値とはならないが、R砥石は弾性砥石として優れた切れ味と良好な仕上げ面が得られ、M砥石は仕上げ面が劣り、V砥石は中間的な特性を示した。各砥石ともに上限値は0.3～0.45mm/minの加工深さが可能であり、通常のファセット形状では、直接素形状からのカットが可能であることが判明した。研削砥石の加工装置への適用評価は、今年度行う砥石寿命の評価を加えて、検討する予定である。成果の一部は、手摺り工程に取り入れるべく実験を行ったところ、加工能率（研磨剤加工の160%程度）、加工精度（仕上げ摺り程度）また、作業環境の点で勝れていることが確認された。現在実用上での工具寿命について継続実験中である。

3-2 超音波探傷法

材料試験装置（超音波透過法）により収集した288点の透過時間、相対減衰量に基づき、これらの点の音速、ヤング率を演算し、図6のような大

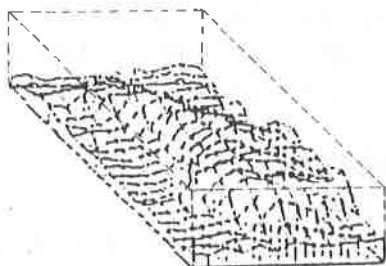


図6 超音波探傷法によるめこの原石の水晶質欠陥

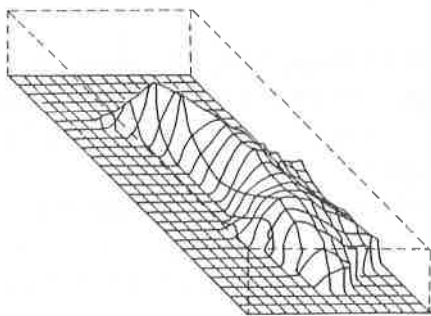


図7 引割切断後の水晶質欠陥

まかな形状、大きさが推定された。引割切断により切断した水晶質部分を実測した結果、計算値と実測値との間に若干バラツキが見られるが図7のような実測値に近い傾向であった。バラツキは測定誤差によるものと思われる。さらに各素材について実験を重ねることにより水晶質の正確な厚みが推定可能である。

(2) X線検査法（X線CTスキャナー法）

各種原石にX線を照射して観察した結果、水晶質を含むめこの判別は不可能であった。また0.1mm以下のヘアラックの判別も困難であった。モスアゲートのような異なった不純物元素を含む原石は模様として判別がされた。空洞を持つ、めこの内部状態が図8のように顕著に判別できた。

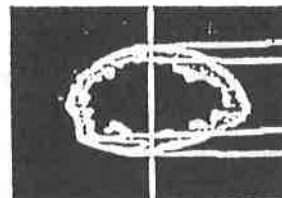


図8 X線CT法によるめこの原石の空洞部欠陥

石取り加工手法の確立については、昭和64年度継続して研究を行うので、詳細についてはその結果を待って記述する予定である。

4. おわりに

①研削砥石の開発、②石取り加工手法の確立の両テーマとも63年度、64年度継続して研究を行うので途中経過であるが、開発した研削砥石については、従来の研磨加工に比べ能率、仕上げ面等の点で優れているので、関係業界に普及しながら砥石寿命を検討し、さらに改善を図って行きたい。石取り加工手法の確立（原石の内部検査）については、更に実験を積み重ね実際の作業に応用して行きたい。

参考文献

- ①小林昭、他：超精密加工技術マニュアル、新技術開発センター（1985）
- ②東江真一：超音波材料試験機による非破壊検査、ダイヤモンド工業協会、研削砥石工業会（1984）