

集晶宝石の高精度な球形研磨

山下 久雄

Preisely Finishing and Polishing to Ball of Mulripl Crystals Gem Stone

Hisao YAMASHITA

1. はじめに

ひすい、ばら輝石、ラピスラズリー、ユナカイトなどの集晶宝石は、鏡面研磨でうねりなどの柚肌性状を呈し、精度の高い研磨面が得られないことが経験的に知られている。この柚肌面は、製品の高品質化にとっては、致命的な障害となっている。

結晶が集まるときに、同じ種類の結晶が集まる場合と、全く異なる数種の結晶が集まる場合があるが、ひすい、ばら輝石は前者に、ラピスラズリー、ユナカイトは後者に属する。筆者は、同種の結晶の集合であるひすいの構造特性と加工性について概観し、高精度な研磨面を目標にした球形研磨手法について検討したので、その結果について報告する。

2. ひすいの構造特性と加工特性

ひすいの加工性に及ぼす影響として、構造因子のうち結晶形態と異方性（へき開）をとり上げ、加工性とのかかわり合いについて概観する。

2-1 ひすいの構造特性

一般にひすいというときに、本ひすいであるジェタイト（硬玉）を指すが、広義にはネフライト



1a ジェタイト

1b ネフライト

写真1 ひすいの顕微鏡図（十字ニコルX50）

（軟玉）を包括して呼ぶ。写真1にひすいの偏光顕微鏡図を示す。結晶形態は、ジェタイトがC軸に伸長した柱状結晶が集合（1a）していることが多く、ネフライトは、C軸に長く伸長したトレモライトもしくはアクチノライトを組成鉱物として、長柱状あるいは繊維状結晶が複雑に絡みあうフェルト組織（1b）を形成する。ジェタイト、ネフライト共に緻密な集合体をなすので、全体としては割れにくく、強靱性を示す。加工の上で、硬い宝石であるかのように思われるのは、この強靱性によるものである。

ひすいは、異方性が極めて強く、機械的な力によって簡単に平滑な面が平行に分離するへき開性を示す。ジェタイトは、C軸に平行なC面で93度に交わる2本のへき開、ネフライトは、C軸に平行な約124度に交わる2本のへき開がある。

2-2 加工特性

研磨加工が結晶の微小破壊で進行するならば、その微小破壊は、結晶形態、異方性（へき開）など機械的性質に関係する。図1にひすいの構造特

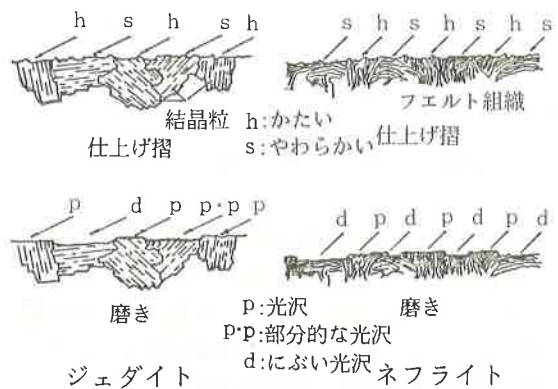


図1 構造特性と加工性の模式図

性と加工性の模式図を示す。ジェダイトのへき開方位、ネフライトの組織方位（長く伸長した結晶のため組織方位が優先する）が機械的性質に関係し、機械的強度の大きい面は加工中に傷、欠け、破断などの発生は少ないが、機械的強度の弱い面は加工損傷が誘起され易い。研磨面はこれらの混成面から形成されるので、同時に加工しても損傷の程度が異り、柚肌性状の原因となる。結晶粒の大きさ、粒子間の結合力の強さの影響は、結晶粒が大きくなると、粒子間の結合力が弱いほど脱粒など損傷が大きく、面性状は悪くなる。

3. 実験装置と実験方法

球形を研磨するには加工物を回転しながら、研磨工具に押しあてればよいので、上下の研磨工具が互いの向きに回転し、試料を保持するキャリアが遊星車となって自転や公転する型式の4ウェイ研磨盤を実験装置に用いた（写真2）。

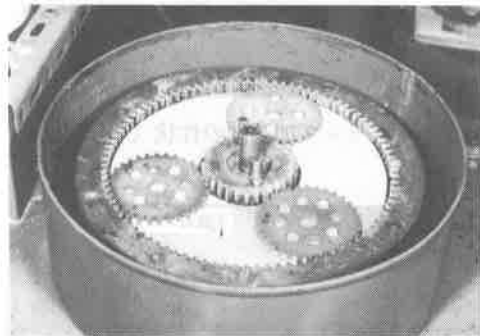


写真2 4ウェイ研磨盤

研磨実験は、ジェダイトについて前記の加工損傷の有効な抑止を目的に検討した。

平滑研磨は、固定研磨材加工として研磨面に柔軟性を作用上の特徴とする研磨布紙を選択した。ダイヤモンド研磨シートは、研磨力が優れ、長時間にわたって使用できる利点であるが、コスト高になる欠点があるので、現在一般に使用されているC系研磨布紙を用いた。

表1 実験条件

工程	研磨工具	研磨材・粒度	研磨液	試料
平滑研磨	研磨布紙	sic, #180, 320, 600, 1000, 1500,	水	ジェダイト 工具回転 上:22rpm 下:110rpm
鏡面研磨	皮革 磨き砥石	Al ₂ O ₃ 0.7μm D) 0/2μm	水 油 水	全荷重 1.2kg キャリア 公転 12rpm 自転 42rpm

鏡面研磨は、柔軟性に富む皮革、軟質金属の錫ポリシヤを準備、アルミナとダイヤモンド研磨材を使用した。

比較実験として平滑研磨はラップ加工で、鏡面研磨は不織布ポリシヤで研磨を行った。写真2に実験装置、表1に実験条件を示す。加工面性状の評価は、電子顕微鏡観察によった。

4 結果と考察

4-1 平滑研磨

球状研磨機で創成された加工物を、5種類のC系研磨布紙を用いて、粒度を順序細かくして最終#1500を使用した。一連の実験によって得られた結果の中から図2に研磨材粒度と累積研削量、表

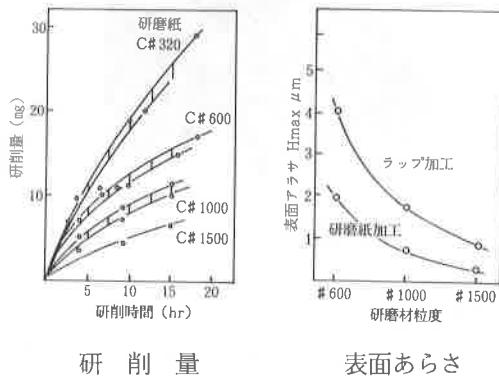


図2 研磨材粒度と研削量・表面あらさの関係

面あらさ、写真3に研磨面の性状、写真4に比較実験のラップ加工面の性状を示す。

ラップ面の性状は、遊離状態の研磨材が、転動したときの押し込みに起因する微小破砕で、表面形態は研磨材粒度が細かくなるにつれて、滑らかな表面になるが、多片状の破面で覆われた梨地状であった。最終#1500ラップの表面あらさは約1μmである。

研磨布紙加工は、ラップ加工と破壊の挙動が異り、総体的には方向性のある研削条痕を特徴として、点在するが条痕上にある微小破砕が観察された。微小破砕は、研磨材粒度を細かくすると小さくなり、#1500研磨布紙は破砕を伴わない引き掻き条痕を主体とする面性状になった。表面あらさは約0.3μmである。脆性材料でも破壊が十分微

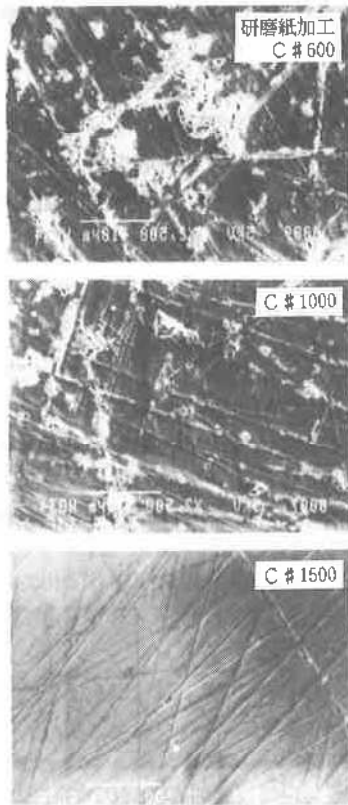


写真3 研磨紙加工面の性状(×2500)

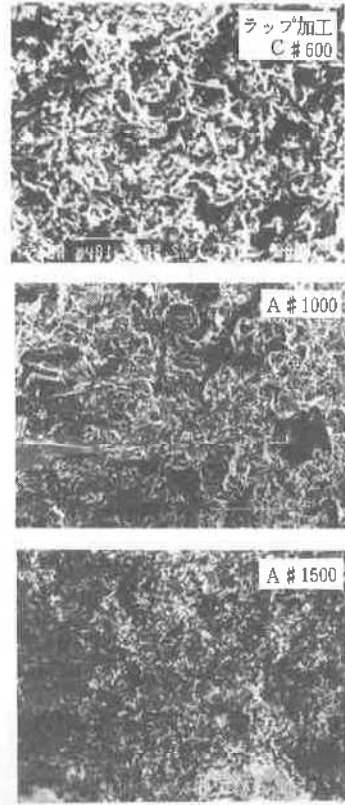


写真4 ラップ加工面の性状(×2500)

小さな範囲に限定されると塑性的破壊が優先することが知られているので、研磨材は研磨布紙の柔軟な基材に抱えられ、粒度が細くなると機械的作用が極力抑えられ、脆性破壊挙動に比べて塑性的破壊挙動の割合が大きくなるものと推察される。

この結果、局所的に加工性の違う集晶宝石の後工程の鏡面研磨を有利に導くには、研磨材を加工物に押しつけるのではなく、引き掻く形で作用させ、研磨材の自由な動きと大きな破壊の発生を抑制する柔軟性の研磨布紙、弾性砥石加工が適している。また、研磨材粒度は柔軟性の工具に抱えられ、塑性変形範囲内で挙動をとることができる細粒が、面性状の向上に結びついている。

4-2 鏡面研磨

C # 1500研磨布紙で加工した試料を鏡面研磨した。写真5に研磨面の性状を示す。不織布ポリシャの研磨面は、結晶形態に照応する抽肌状(5a)を示した。不織布表面の繊維が、研磨材を三次元的に支持し、作用して、研磨面が選択加工を受けるものと仮定できる。



写真5 磨き面の性状(×2500)

一部にうねりは見られるが、引き掻き痕のない研磨面(5b)が、ダイヤモンド微粉は微小なスクラッチで覆われているが平坦な面(5C)が認められた。スクラッチは、ダイヤモンドが硬くて鋭い刃先を形成しているので、皮革に弾性的に支持された状態で作用したものと考えられる。アルミナとダイヤモンドの加工特性は、ダイヤモンドの微小なスクラッチは実用上無視できるので加工効率、面性状とも後者が優れた。皮革ポリシャーは、表面部に織布に見られるような繊維が存在しないので、研磨材の分布がほぼ一定になり、損傷の影響を小さくしたものと示唆される。

比較実験として、平面研磨で優れた結果を得た軟質金属の錫ポリシャー、特殊磨き砥石は、工作物とのなじみが悪いなどから、鏡面にはいたらなかった。

5. おわりに

局所的に機械的強度の違う集晶宝石の高精度を

目ざした球形研磨について、限られた範囲で検討した結果を要約すると、次のように言える。

- 1) 平滑研磨は塑性破壊を優先する柔軟な固定研磨材工具が適する。
- 2) 鏡面研磨は、表面部に繊維状のない柔軟な工具が適する。
- 3) 研磨材粒子の大きさは、細かいものは加工効率が小さいが、高精度な研磨面が得られる。高能率という点ではダイヤモンド微粉が適している。

参考文献

- 紫田順二：ダイヤモンドによる研磨加工、芝浦工業大学(1978)
- 砥粒加工研究会編：超精密加工、工業調査会(1975)
- 窯業協会編：セラミックス、窯業協会 11(1976)
- 小林昭ほか：超精密加工技術実用マニュアル、新技術開発センター(1976)