

硬脆材のポリッシング加工技術に関する研究 (第1報)

— 集晶宝石のポリッシング加工技術の向上 —

佐野 照雄・中山 信・宮川 和博・大柴 勝彦

The Research on Polishing Processing Technique of the Hard brittle Material

— The Improvement in Polishing Processing Technique of Crystal Druse Precious Stone —

Teruo Sano, Shinichi Nakayama, Kazuhiro Miyagawa and Katsuhiko Oshiba

要 約

精密研磨加工機により、微粉ダイヤモンドを用いた遊離砥粒研磨を行った。試料にはラピスラズリとマラカイトを使用し、それらをダイヤモンドディスクにより切断(16×16×厚さ1.5mm)してダイヤモンド砥粒によるグライディング(砥粒径9 μ m)およびラッピング(砥粒径1 μ m)を施して研磨面を平滑化した。研磨材には、砥粒径0.5 μ mの微粉ダイヤモンド、酸化クロムおよび酸化セリウムを用い、ポリシャとして、ナイロンおよびケメット錫盤(溝付き)を使用した。その結果、ラピスラズリは、ケメット錫盤を用いて回転数10rpmで微粉ダイヤモンド(砥粒径0.5 μ m)を用いることにより、表面粗さRa 4nmが達成できた。マラカイトは、ケメット錫盤及びナイロンポリシャの両方で、回転数10rpmでポリッシングすることにより表面粗さRa 5nmが達成できた。

1. 緒 言

宝石素材には、集晶宝石であるひすい、ラピスラズリ、マラカイトなどがある。これらは、微細な結晶が集合した構造をしており、不均質で局所的に機械的性質が異なるモザイク組織を形成している。このため、ポリッシング加工において、ユズ肌や縞状の不均一な表面状態が発生するなどの問題が生じる。特に、異なる組成の結晶が集合したラピスラズリは鏡面研磨が難しい宝石の代表的な存在である。また、集晶宝石類は一般に硬度が低いため、研磨による縁だれが発生し易いなどの問題も存在する。集晶宝石の研磨には、微粉ダイヤモンドが有効であることが報告¹⁾されており、また、形状精度は硬質なポリシャを用いることで向上することが知られている。本研究は、精密ポリッシングの手法を用い、集晶宝石のポリッシングにおける加工メカニズム及び適正加工条件を検討し、高品位な平面を得ることを目的とした。

2. 実験方法

4枚の試料を直径89mm、厚さ16mmの円筒状のアルミ試料板に接着用ワックスで固定し、精密研磨加工機により研磨盤と研磨材を変えてポリッシング実験を行った。

2-1 試 料

試料として、ラピスラズリとマラカイトを使用した。これらの試料をダイヤモンドディスクにより切断(16×16×

厚さ1.5mm)し、ダイヤモンド砥粒によるグライディング(砥粒径9 μ m)およびラッピング(砥粒径1 μ m)を施して研磨面を表面粗さRa15 μ m程度に平滑化した。なお、試験前の試料の表面状態を同一な状態でポリッシングを行うため、ラッピングにダイヤモンド砥粒を使用した。ラピスラズリとマラカイトの一般的な成分および物性を表1および表2に示す。

2-2 実験装置

精密研磨加工機 ムサシノ電子製

MA-200 (コロ式試料保持)

2-3 研磨盤

- ・グライディング マルチメタルグライディングディスク
- ・ラッピング ケメット錫盤(2mmの螺旋溝付き)
- ・ポリッシング ケメット錫盤, ポリッシングディスク
(ナイロンポリシャ使用)

2-4 実験条件

- ・研磨盤の回転速度 10rpm
- ・研磨圧力 20kPa
- ・グライディング ダイヤモンド 砥粒径9 μ m
- ・ラッピング ダイヤモンド 砥粒径1 μ m
- ・ポリッシング ダイヤモンド 砥粒径0.5 μ m
酸化クロム, 酸化セリウム

表1 ラピスラズリ (Lapis-lazuli) の主な物性

和名	瑠璃
化学成分	アウイン $(\text{Na,Ca})_{48}(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{SO}_4)_{12})$ ラズーライト $\text{MgAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ ソーダライト $\text{Na}_2(\text{AlSiO}_4)_6(\text{CO}_3)_2$ ノーゼライト $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ パイライト (黄鉄鉱) FeS_2 カルサイト (方解石) CaCO_3
モース硬度	5~5.5
比重	2.38~2.95
産出形状	塊状

表2 マラカイト (Malachite) の主な物性

和名	孔雀石
化学成分	炭酸銅 $\text{CuCO}_3(\text{OH})_2$
モース硬度	3.5~4.5
比重	3.60~4.05
産出形状	塊状、葡萄状、鐘乳状、小柱状

3. 実験結果と考察

それぞれの試料について研磨盤にケメット錫盤及びナイロンポリシャを使用して各砥粒により研磨した時の表面粗さを比較した。

3-1 ケメット錫盤を用いた場合

図1は、ケメット錫盤を用いてポリシングを行った試料の表面粗さを示す。ラピスラズリにおいては、微粉ダイヤモンドを用いた時、良好な表面粗さであり、鏡面光沢を得ることができた。これに対して、酸化クロムと酸化セリウムの場合は、極端に表面粗さが低下した。マラカイトは、同一素材から平面の切出し方向が90°異なる試料を作製し、それぞれを試料A、Bとし、ポリシングを行った。マラカイトの場合、表面粗さが微粉ダイヤモンド、酸化クロム、酸化セリウムの順に低下している。このうち微粉ダイヤモンドと酸化クロムでは、試料A、Bとも鏡面光沢を得ることができた。また、試料Bは試料Aよりも表面粗さが良好であった。

3-2 ナイロンポリシャを用いた場合

図2は、ナイロンポリシャを用いてポリシングを行った試料の表面粗さを示す。マラカイトの場合、試料Bでは鏡面光沢を得ることができたが、試料Aでは鏡面光沢を得ることができなかった。後者を拡大観察すると、組織が脱落していることが確認できた。また、ケメット錫盤でポリシングした場合と比較すると、うねりがあることが確認できた。図2とは別に十分に使用した(枯らした)ナイロンポリシャで酸化クロムを用いてポリシングしたところ、表面粗さ5nmの鏡面を得ることができた。なお、ラピスラズ

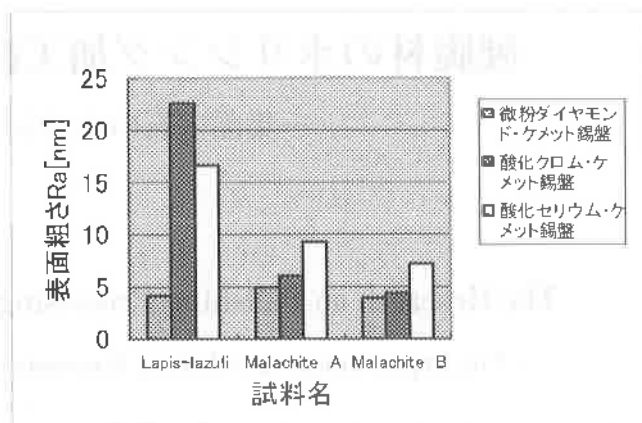


図1 ポリシング結果 (ケメット錫盤)

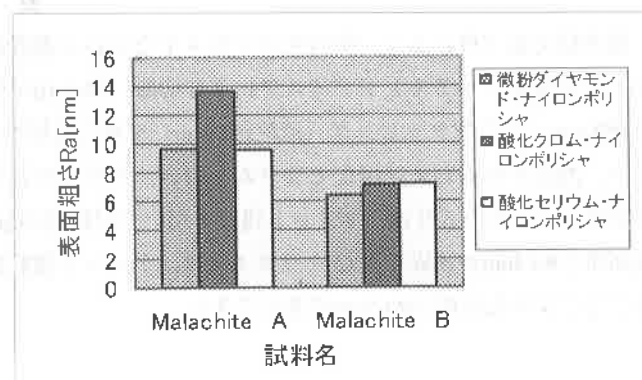


図2 ポリシング結果 (ナイロンポリシャ)

りの場合は、表面形状の変化が大きすぎるため、表面形状測定器による測定が困難であった。

3-3 硬度測定結果

3-1より各試料の表面粗さに差があることが明らかになった。原因を究明するために、ポリシング面のヌープ硬度を測定した。その結果を表3に示す。

ラピスラズリの場合、パイライトが他の組織に比べ硬いため、微粉ダイヤモンド以外の研磨材では研磨が進まない。結果的にパイライトと他の組織とで研磨量に差が生じ、表面に凹凸が発生している。微粉ダイヤモンドによるラピスラズリのポリシング後の表面形状を図3に示す。中央部にパイライトの結晶組織が存在している。これを酸化クロムでポリシングした結果を図4に示す。中央部のパイライトが研磨されずに残り、他の組織との高低差を生じている。なお、酸化セリウムの場合も、同様にパイライトが研磨されずに残る結果となった。

マラカイトの場合、硬度の低い試料Aでは、組織の脱落と考えられる欠陥が増加し、これが表面粗さの低下に大きく影響していると考えられる。これに対して、硬度の高い試料Bでは、組織の脱落と思われる欠陥はほとんど存在していない。マラカイトは単斜晶系で針状結晶の集合体であり、切り出した平面と針状結晶の方向の違いにより硬度及

び劈開性に差がでたと考えられる。

3-4 平面度

ラピスラズリを微粉ダイヤモンド砥粒でケメット錫盤によりポリシングした後の平面度を平面度測定器を用いて測定した結果を図5に示す。図のとおり非常に良好な平面を得ることができた。またマラカイトについても同様な結果を得ることができた。

表3 試料の硬度

試料名	測定箇所	ヌーブ硬さ
ラピスラズリ	パイライ	1594Hk0.050
	ト	661Hk0.050
	組織a	507Hk0.050
マラカイト	試料A	263Hk0.050
	試料B	388Hk0.050

3-5 今後の課題

ラピスラズリに関しては、微粉ダイヤモンドでしか鏡面を得ることができなかった。微粉ダイヤモンドは、コスト的に問題があるので他の高硬度の研磨材によるポリシング方法の検討が必要がある。また、コスト及び研磨材(廃棄物)処理などの点から固定砥粒による鏡面研磨方法についての検討も必要である。

4. 結 言

精密研磨加工機により遊離砥粒研磨を行った結果、ラピスラズリは、微粉ダイヤモンド・ケメット錫盤を用いて表面粗さRa 4nmが達成できた。マラカイトは、ケメット錫盤及びナイロンポリシャのいずれでも微粉ダイヤモンド及び酸化クロムで表面粗さRa 5nmが達成できた。また、両試料とも、平面度測定器による観察の結果、十分な平面度が得られることがわかった。

参考文献

- 1) 山下：山梨県研磨工業指導所研究報告, p22 (1975)

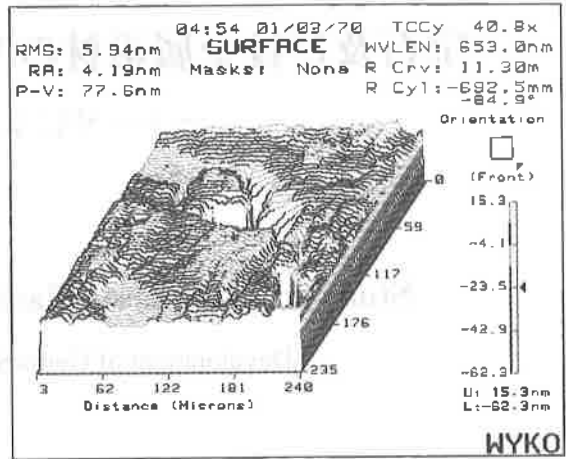


図3 ポリシング後の表面形状 (ラピスラズリ)
微粉ダイヤモンド (0.5 μ m) ・ケメット錫盤
ポリシング時間80分

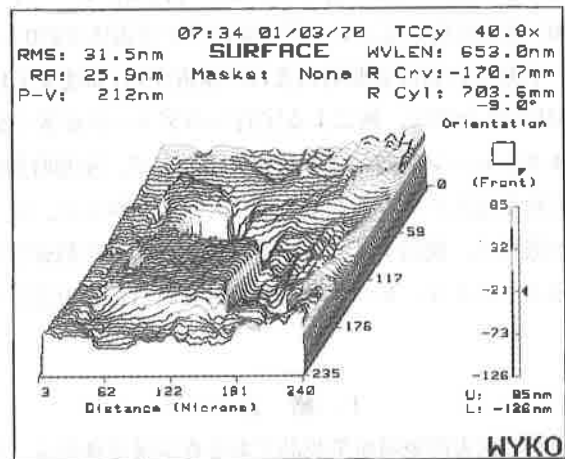


図4 ポリシング後の表面形状 (ラピスラズリ)
酸化クロム・ケメット錫盤
ポリシング時間80分

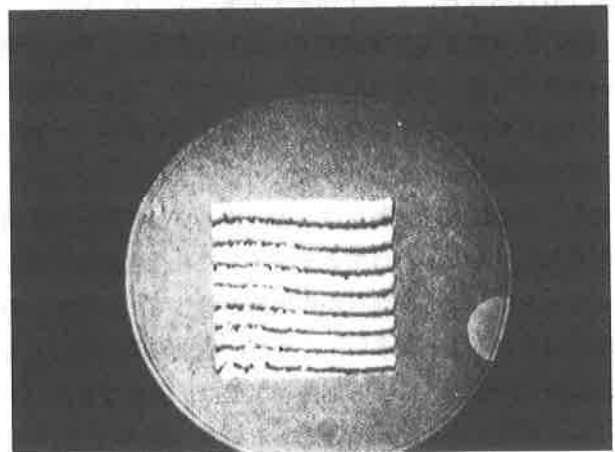


図5 ポリシング後の平面度 (ラピスラズリ)
微粉ダイヤモンド (0.5 μ m) ・ケメット錫盤
ポリシング時間80分