連載企画 (資源問題と表面科学 ⑦)

ガラス用鏡面研磨材

谷 泰 弘

立命館大学理工学部 教授
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1
(2014 年 2 月 24 日受理)

Abrasive Material for Mirror Finishing of Glass

Yasuhiro TANI

Professor, College of Science and Engineering, Ritsumeikan University, 1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu, Shiga 525-8577

(Received February 24, 2014)

1. は じ め に

現在ガラスは、自動車用ガラス、フラットパネル用カバーガラス、磁気ハードディスク基板、建材、光学部品等に多用されている。その表面の変質層除去や表面粗さの向上のために、最終工程においてメカノケミカルの研磨が施されている。研磨の工程では、Fig. 1 に示されるように工作物（磨くもの）を研磨パッド（工具）に押し当て、この間に砥粒（研磨材）を介在させて、工作物と工具の相対運動により研磨が行われる。研磨は図のように歯磨きに例えると理解しやすい。

ガラス質の工作物の研磨においては、その相性から砥粒として酸化セリウムが使用されている。酸化セリウムは工作物表面に軟質の水和膜を形成することで、非常に優れた研磨特性を示す。しかし、酸化セリウムはレアア

Fig. 1. (color online). Glass polishing.

ースの一つで、その生産国には偏りがあり、大きな供給リスクを有している。そのため、2009 年度から NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の希少金属代替材料開発プロジェクト（国家プロジェクト）の対象鉱種に選定された。これに対し、立命館大学に民間企業 3 社（(株)アドマテックス、九重電気(株)、(株)クリスタル光学）を加えたコンソーシアムチームで研究開発を行い、代替砥粒として研磨特性を向上させたジルコニア砥粒¹⁾と、研磨能率を飛躍的に向上させた多孔質エポキシ樹脂研磨パッド²⁾の開発に成功し、セリウムフリーを実現したので、本報にて紹介する。

2. 酸化ジルコニウムで代替

Fig. 2 には研磨に使用されている各種砥粒の硬度と比重を示している。このうちべんがら、酸化クロム、酸化セリウム、酸化ジルコニウムがガラスの鏡面研磨に使用されている砥粒である。前述のように酸化セリウムはガラス表面に水と膜を形成する能力が高く、ガラス研磨に最適な研磨材と言われている。こうした化学的作用と同時に無視できないのが、比重が大きいためである。高比重は分散性を損なうが、研磨パッド上での砥粒の滞留性（動きにくさ）を向上させ、これが高研磨能率につながる。

一方、洗浄性に優れるため軟質ガラスの研磨に使用されている酸化ジルコニウムは水と膜を形成する化学的作用と低比重のため滞留性に劣り、酸化セリウムより研磨特性に劣る。ソーダガラスを研磨すると酸化セリウムの 5~6 割程度、合成石英を研磨すると 2~3 割程度の研磨能率しか得られない。そこで、還元作用を有する pH 調整剤により砥粒の表面電位をほぼ 0 にして弱い凝集を生

Fig. 2. (color online). Hardness and specific gravity of abrasives for finishing.

Fig. 3. (color online). Improvement of polishing performance of zirconium oxide abrasives.

Fig. 4. (color online). Comparison of wettability between urethane pad and an epoxy pad.

じさせることで滞留性を向上させ、また酸化ジルコニウム砥粒を動きにくくする高比重粒子を加えることで滞留性を向上させた。その結果、Fig. 3に示されるようにソーダガラスの研磨で酸化セリウムと同等の研磨特性を得ることに成功した。

3. 砥粒滞留性に優れる多孔質エポキシ樹脂研磨パッドの開発

砥粒の研磨パッド上の滞留性は、研磨パッド表面の砥粒との親和性を見直すことでも向上させることができる。現在、精密研磨に用いられる研磨パッドのほとんどはウレタン樹脂製であるが、我々はエポキシ樹脂を研磨パッドの材質に適用した。一般的にエポキシ樹脂はウレタン樹脂に比べ硬くて脆い性質を示すため、砥粒の保持特性に劣り、研磨パッドの耐摩耗性を低下させる。そこで、樹脂の種類や製造条件を検討することにより、ウレタン樹脂並みの硬度や柔軟性を持つ「多孔質エポキシ樹脂研磨パッド」を世界で初めて開発した (Fig. 4)。

Fig. 5. (color online). Comparison of polishing performance between an urethane pad and an epoxy pad.

この図のように、エポキシ樹脂パッドは従来のウレタン樹脂パッドと比較して、研磨液との親和性を表す接触角が小さく、研磨液の保持能力を表す滑落角が大きい。これらの研磨パッドと種々の砥粒を用いてソーダガラスの研磨を行ったところ、Fig. 5に示すようにすべての砥粒においてエポキシ樹脂研磨パッドを使用した際に研磨特性が向上した。酸化セリウムでは従来の2倍の研磨能率が得られ、代替砥粒としての酸化ジルコニウムでも、従来の「酸化セリウム+ウレタン樹脂パッド」の組み合わせよりも大きく優れる結果となった。このほか、両面研磨での上下面の研磨特性がほぼ同等、仕上げ面粗さの向上が早いなどの特徴が得られている。この表面親和性の高い「多孔質エポキシ樹脂研磨パッド」は2012年4月より九重電気(株)より販売を開始している。

4. おわりに

ガラスの鏡面研磨材である酸化セリウムの使用量を低減させるために、砥粒の滞留性に着目した研究開発を行い、セリウムフリーの研磨を実現できる成果を得た。この一連の研究開発を通して砥粒と研磨パッド表面の親和性が重要であることを痛感した。研磨において表面科学は非常に重要な役割を果たすことは明らかであり、ナノレベルでの挙動解明を含め、今後の当該分野の進展にますます期待する。

最後に本研究開発の機会を与えて頂いた経済産業省およびNEDOの関係各位に深謝する。

文献

- 1) 李 承福, 桐野宙治, 村田順二, 谷 泰弘: 日本機械学会論文集C編, **78**, 791 (2012).
- 2) 村田順二, 谷 泰弘, 広川良一, 野村信幸, 張 宇, 宇野純基: 日本機械学会論文集C編, **77**, 777 (2011).