S133013

エポキシ樹脂研磨パッドによる高付加価値研磨技術*

村田順二^{*1}, 谷 泰弘^{*1}, 張 宇^{*1}, 野村信幸^{*2}

Advanced polishing technology using epoxy resin polishing pad

Junji MURATA^{*1}, Yasuhiro TANI^{*1}, Yu ZHANG^{*1}, Nobuyuki NOMURA^{*2},^{*1} Ritsumeikan Univ. Dept. of Mechanical Engineering
1-1-1 Noji-higashi, Kusatsu, Shiga, 525-8577 Japan

In this paper, we described the polishing performance of glass and various materials using the epoxy resin polishing pad that can improve the stagnation of abrasives on the polishing pad. The epoxy resin and epoxy-urethane resin polishing pad showed higher removal rate and lower surface roughness than a conventional urethane resin polishing pad. We also investigated the double-sided polishing characteristics and found that the epoxy resin polishing pad could markedly improve the stagnation of abrasives especially on the upper side lap plate. The epoxy resin polishing pad also achieved higher polishing performance of Si, sapphire and metal workpiece.

Key Words : Polishing, Abrasive Grain, Surface Roughness, Epoxy Resin, Cerium Oxide

1. 緒 言

ガラスの鏡面研磨に多用されている研磨材、酸化セリウムは昨今のレアアース供給不足の影響を受け、国内における価格が高騰している。このような状況のなか、ガラス研磨における酸化セリウム砥粒の使用量を低減することや他の砥粒に代替する取り組みが産学官において進められている。筆者らは、その取り組みとして新規高性能研磨材や研磨工具の開発を行っている。その一つが従来のウレタン樹脂に代わりエポキシ樹脂を採用した多孔質エポキシ樹脂研磨パッドである。多孔質エポキシ樹脂研磨パッドはスラリーとの親和性が高く、砥粒の滞留性が向上することから、従来の多孔質ウレタンパッドと比較して2倍程度の研磨能率が得られることがわかっている⁽¹⁾。また、幾何学的精度などの仕上げ面品質の向上が確認されている。本稿では、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドによるガラスや各種工作物の高付加価値研磨技術について報告する。

2. 多孔質エポキシ樹脂研磨パッドによるガラスの研磨特性

開発したエポキシ樹脂研磨パッドと、市販の多孔質ウレタン樹脂研磨パッド（九重電気，KSP-66A）の機械的物性を表1に示す。プレポリマー樹脂（主剤）と硬化剤の混合比を変更することで同じ気孔率であっても異なる硬度の軟質エポキシ樹脂研磨パッドの製造が可能となっている。また、エポキシ樹脂とウレタン樹脂を混合し、エポキシパッドに可撓性を付与したエポキシウレタン樹脂研磨パッドも開発している。図2に同じ硬度の研磨パッドの研磨特性を比較したものを示す。開発したエポキシおよびエポキシウレタンパッドは従来のウレタンパッドと比較して2倍程度の研磨能率が得られ、仕上げ面粗さも優れることがわかる。研磨時間5分ごとの仕上げ面粗さの推移を評価したものが図3である。ウレタン樹脂研磨パッドと酸化セリウム砥粒を用いた場合では、1nmRa以下の仕上げ面粗さを得るには約15分間要することがわかる。それに対しエポキシ樹脂研磨パッドでは同様の仕上げ面粗さを5分間の研磨時間で達成しており、同じ仕上げ面を得る時間を1/3に短縮できる。これは67%の酸化セリウム使用量の低減に相当する。また酸化ジルコニウム砥粒を使用した場合も同様の傾向を示し、エポキシ

^{*1} 正員、立命館大学 理工学部（〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1）^{*2} 九重電気（株）伊勢原事業所（〒259-1146 神奈川県伊勢原市鈴川 16）
E-mail: murata06@fc.ritsumei.ac.jp

Table1 Properties of the urethane and epoxy polishing pads

Pad	Urethane	Epoxy		Epoxy-urethane
Product name	KSP66A	EPO02	EPO05	NGP03
Density	0.4	0.6	0.6	0.6
Hardness (Type A durometer)	78	97	80	78
Tensile strength (MPa)	3.9	4.9	1.4	1.0
Young's modulus (MPa)	49	225	14	22

Fig. 1 Comparison of polishing performance of soda-lime glass using urethane, epoxy and epoxy-urethane pad

Fig. 2 Surface roughness of soda-lime glass polished using the urethane and epoxy pads as a function of polishing

Fig. 3 Polishing performance of silica glass by the urethane pad and epoxy pads

Fig. 4 Double-sided polishing performance of CeO₂ with urethane pad and ZrO₂ with epoxy pad

樹脂研磨パッドにより仕上げ面粗さの改善速度が向上している。ウレタン樹脂研磨パッドを用いた場合、5分研磨後の粗さは酸化セリウム砥粒よりも酸化ジルコニウム砥粒の方が優れている。これは、酸化セリウム砥粒よりも酸化ジルコニウム砥粒の方がスラリー中における砥粒の分散性が高く、研磨開始直後にパッド上により多くの砥粒が供給されたためであろう。研磨パッド上に十分な砥粒が供給されると、やはり滞留性に優れた酸化セリウムによる仕上げ面粗さが優れる結果となっている。一方、エポキシ樹脂研磨パッドを使用した場合、研磨開始直後から酸化セリウム砥粒により優れた仕上げ面粗さが得られている。これは、エポキシ樹脂研磨パッドは砥粒の滞留性が高く、パッド上に存在する砥粒数が少ない状態でも、高い研磨特性を発揮するためである。

次にソーダガラスよりも硬質であり磨耗度が小さい石英ガラスの研磨特性を評価した。図5に示されるように、ソーダガラスと比較すると石英ガラスは低い研磨能率を示したが、石英ガラスに対しても、エポキシ樹脂研磨パッドによりウレタン樹脂研磨パッドより30%程度高い研磨能率が得られることがわかった。また、仕上げ面粗さにも顕著な改善が見られた。

上記のようなエポキシパッドの高い砥粒の保持性は、両面研磨においてより効果が現れる。図4は酸化セリウ

Fig. 5 Polishing performance by the urethane and epoxy pads as a function of pad hardness

Fig. 6 Polishing performance by the urethane and epoxy pads as a function of pad hardness

ム砥粒とウレタン樹脂研磨パッドおよび酸化ジルコニウム砥粒とエポキシ樹脂研磨パッドの組み合わせによりソーダガラスの両面研磨を行い、工作物上下面における研磨特性を比較したものである。ウレタンパッドと酸化セリウム砥粒の組み合わせでは、工作物上下面における研磨能率の差が大きいことがわかる。上定盤では重力の影響を受け、砥粒の保持性が悪化することから、工作物上面の研磨能率が下面よりも劣る。それに対し、エポキシパッドと代替砥粒の酸化ジルコニウム砥粒を用いた場合、工作物上下面の差異がほとんどないことがわかる。また、またウレタンパッドと酸化セリウム砥粒による研磨加工と比較しても、工作物下面では同程度の研磨能率であり、工作物上面においては2倍程度高い研磨能率が得られた。エポキシパッドは砥粒の保持性に優れるため、本来酸化セリウム砥粒よりも研磨特性に劣る酸化ジルコニウム砥粒の研磨能率を大幅に向上させることができ、両面研磨においても代替砥粒としての可能性が確認された。

3. 多孔質エポキシ樹脂研磨パッドによる各種工作物の研磨特性

エポキシ樹脂研磨パッドの高い砥粒保持性は、酸化セリウム砥粒だけでなく他の砥粒に対しても発揮される。そこで Si, サファイア, SUS304 等の工作物を各種砥粒によって研磨し、ウレタンパッドとエポキシパッドの研磨特性を比較したものが図5である。Si およびサファイアの研磨に用いたコロイダルシリカは砥粒のスラリー中における分散性が高く、砥粒の滞留性が悪いと思われるが、エポキシパッドの採用によりウレタンパッドよりも高い研磨特性が得られている。研磨能率の増加率はガラスほどではないが、図6にも示すように Si では仕上げ面粗さの改善が顕著に現れている。また、アルミナ砥粒を使用した SUS304 の研磨においては、エポキシパッドにより研磨能率が2倍程度に向上し、仕上げ面粗さも優れることが確認された。

4. 結 語

本論文では、多孔質エポキシ樹脂研磨パッドによる高付加価値研磨技術の開発を行い、ガラスや各種工作物の鏡面研磨において、エポキシ樹脂研磨パッドにより従来のウレタン樹脂研磨パッドよりも優れた研磨特性が得られることが確認された。

謝 辞

本研究は、経済産業省/NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）希少金属代替材料開発プロジェクト（平成21年度～24年度）の援助を受けて行われました。ここに深く謝意を表します。

文 献

- (1) 村田順二, 谷 泰弘, 広川良一, 野村信幸, 張 宇, 宇野純基, ガラス研磨用エポキシ樹脂研磨パッドの開発, 日本機械学会論文集 (C編), 77巻 777号(2011), pp. 2153-2160.