

平成22年 3月31日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760094
 研究課題名（和文） 硬質多孔性炭素粒子を配合した低摩擦・耐摩耗樹脂系複合材料の開発
 研究課題名（英文） Development of low friction and high wear resistant polymer composites filled with hard porous carbon particulate
 研究代表者
 山口 健（YAMAGUCHI TAKESHI）
 東北大学・大学院工学研究科・助教
 研究者番号：50332515

研究成果の概要（和文）：本研究では、硬質多孔性炭素材料 RB セラミックス粒子を充填した熱可塑性樹脂を開発し、その大気中無潤滑下、油潤滑下における摩擦・摩耗特性を明らかにした。その結果、ベース樹脂によらず RB セラミックス粒子の最大充填率は 50wt%以上であった。本研究でも用いたいずれのベース樹脂（PA66, PA11, PBT, POM, PP）においても、RB セラミックス粒子を充填することで、大気中無潤滑下、油潤滑下ともに摩擦係数、比摩耗量を低減できることが判った。特に比摩耗量においては、ベース樹脂に比べ、大気中無潤滑下において 67～98%、油潤滑下において 68～99%低減でき、飛躍的な耐摩耗性の向上が得られた。

研究成果の概要（英文）：In this study, new polymer composites filled with RB ceramics particulate (polymer/RB ceramics composites) was developed, and their friction and wear properties were experimentally investigated. The weight fraction of RB ceramics particulate was greater than 50 wt% for each resin. The polymer/RB ceramics composites showed lower friction and lower wear than neat resins (PA66, PA11, PBT, POM, PP) under dry and oil lubricated conditions. Particularly, a remarkable reduction of specific wear rate was obtained for the newly developed composites as compared with the neat resins under dry condition (67-98% reduction) or oil lubricated condition (68-99% reduction).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：RB セラミックス, 多孔質, 炭素材料, 複合材料, 熱可塑性樹脂, トライボロジー, 摩擦, 摩耗

1. 研究開始当初の背景

従来、熱可塑性樹脂や熱硬化性樹脂が摺動材料として用いられる場合、それら単独で用いられることは少なく、摩擦係数の低減や耐摩耗性の向上などの目的に応じて、固体潤滑剤や硬質繊維が充填されて使用されることが多い。しかしながら、樹脂材料に対して、低摩擦・優れた耐摩耗性を同時に付与することが可能な充填剤は存在しないのが現状である。

申請者らは、米ぬかを原料とする硬質多孔性炭素材料 RB セラミックスを開発している。RB セラミックスは、高硬度、大気中無潤滑下において低摩擦・優れた耐摩耗性を示すなど、トライボマテリアルとして優れた特徴を示す新しい炭素材料である。近年では粉末状の RB セラミックスの開発が可能となっている。RB セラミックス粒子は多孔質であることから、かさ密度が樹脂材料と同等の低い値を示すことから、樹脂との比重差が小さいため、成形時の流動性がよく、従来の充填剤よりも多量に樹脂に充填できる可能性がある。以上のことから、この硬質多孔性かつ低摩擦を特徴とする RB セラミックス粒子を新たな充填剤として用いることにより、樹脂材料にトライボマテリアルとしての優れた機能を付与することが可能となると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、硬質多孔性炭素粒子を熱可塑性に充填することにより、低摩擦と優れた耐摩耗性を両立した新しい樹脂系トライボマテリアルを開発することである。この目的を実現するために本研究では以下の2点を行う。

- (1) 熱可塑性樹脂に硬質多孔性の RB セラミックス粒子を充填した新しい複合材料の開発
- (2) RB セラミックス粒子を充填した熱可塑性樹脂の大気中無潤滑下、油潤滑下における摩擦・摩耗特性の解明

3. 研究の方法

(1) 試験片の作製

図1に試験片作製の概略図を示す。本研究では、ポリアミド66 (PA66)、ポリアミド11 (PA11)、ポリアセタール (POM)、ポリブチレンテレフタレート (PBT)、ポリプロピレン (PP) の各熱可塑性樹脂に、平均粒径 $150\mu\text{m}$ の RB セラミックス粒子を、射出成形可能な最大量を充填し、ディスク形状 (直径 50mm 、厚さ 3mm) の複合材料を作製した。その結果、各樹脂に対する RB セラミックス粒子の充填率は、POM では $50\text{wt}\%$ 、PA11、PBT では $60\text{wt}\%$ 、PA66、PP では $70\text{wt}\%$ であった。このことから、RB セラミ

ックス粒子をいずれの樹脂材料に対しても $50\text{wt}\%$ 以上充填することができることが判った。また、比較材料として、樹脂単体および PA66 にガラス繊維 (短繊維) を $23\text{wt}\%$ 充填したものについても同サイズのディスク形状に成形し、試験片とした。

(2) 摩擦・摩耗試験の方法

摩擦試験は、直動往復型摩擦試験装置、ならびに回転型摩擦試験装置を用いて行われた。相手材料として曲率半径 1mm の高炭素クロム軸受鋼 (SUJ2) 球が用いられた。直動往復型摩擦試験装置では、すべり速度 0.001m/s 、 0.005m/s 、 0.01m/s の3水準、回転型摩擦試験装置では、すべり速度 0.1m/s 、 0.5m/s 、 1.0m/s の3水準とした。垂直荷重は 0.49N 、摩擦繰返し数は 1000 回とした。

摩耗試験は、直動往復型摩擦試験装置を用いて、垂直荷重 0.49N 、すべり速度 0.01m/s 、摩擦繰返し数 2×10^5 回で行われた。

いずれの試験も、大気中無潤滑下、油潤滑下で行われた。潤滑油には、ジエステル油を用い、接触面に適宜滴下した。

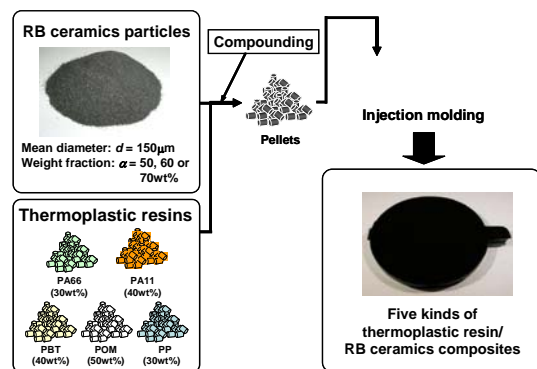


図1 試験片の製造方法の概略図

4. 研究成果

図2に大気中無潤滑下における各材料の摩擦係数を示す。この摩擦係数は、摩擦繰返し数 1000 回時の値である。同図より、いずれの熱可塑性樹脂においても RB セラミックス粒子を充填することにより、摩擦係数が減少することが判る。RB セラミックス粒子を充填した熱可塑性樹脂の摩擦係数は、熱可塑性樹脂単体に比べ、 14% ~ 48% 低い値を示す。

図3に大気中無潤滑下における、PA66、ガラス繊維充填 PA66、RB セラミックス粒子充填 PA66 の摩擦係数とすべり速度の関係を示す。同図より、PA66、ガラス繊維充填 PA66 では、摩擦係数がすべり速度の増加に伴い、減少する傾向を示すのに対して、RB セラミックス粒子充填 PA66 では、摩擦係数のすべり速度に対する変化が極めて小さく、摩擦振動の原因となるスティックスリップが生じにくいといえる。

図4に、各材料の大気中無潤滑下における比摩耗量を示す。同図より、RBセラミックス粒子充填熱可塑性樹脂は、ベース樹脂によらず、熱可塑性樹脂単体に比べ、極めて低い比摩耗量を示すことが判る。RBセラミックス粒子充填による比摩耗量の低減率は、67~98%であり、飛躍的な耐摩耗性の向上が得られることが判った。また、図4から判るように、ガラス繊維充填PA66は、PA66とほぼ同

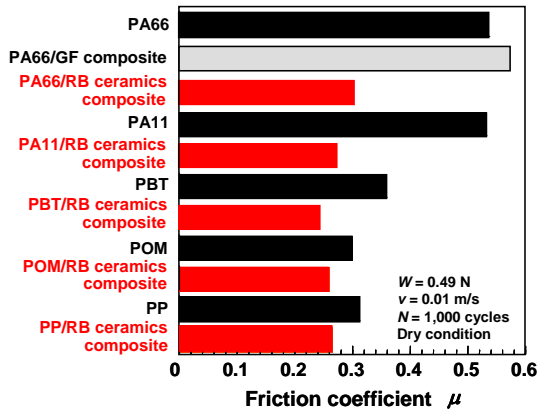


図2 大気中無潤滑下における摩擦係数

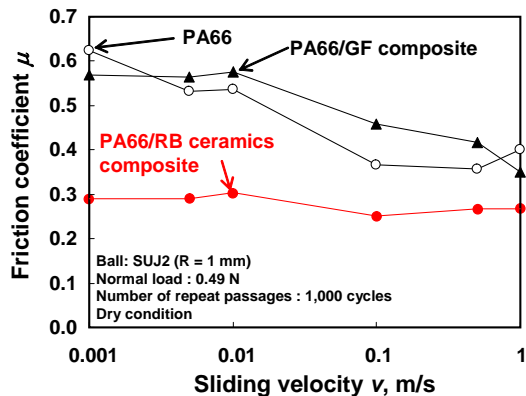


図3 大気中無潤滑下における摩擦係数とすべり速度の関係

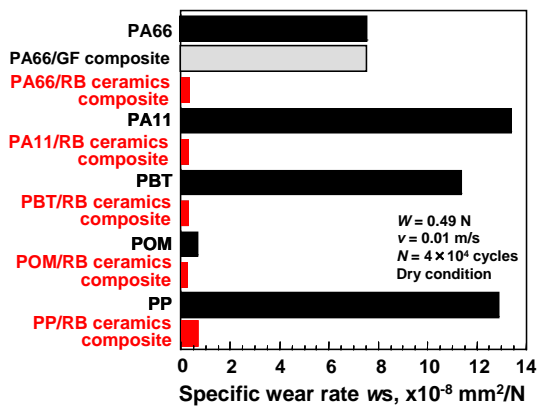


図4 大気中無潤滑下における比摩耗量

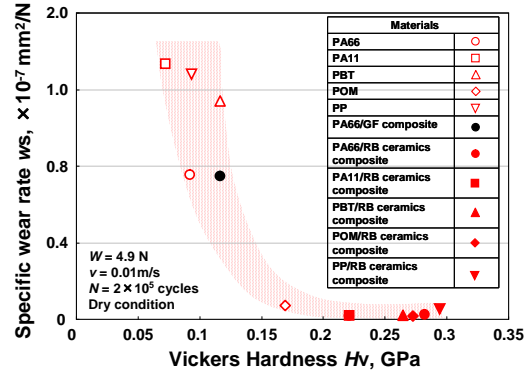


図5 各材料のビッカース硬さと大気中無潤滑下における比摩耗量の関係

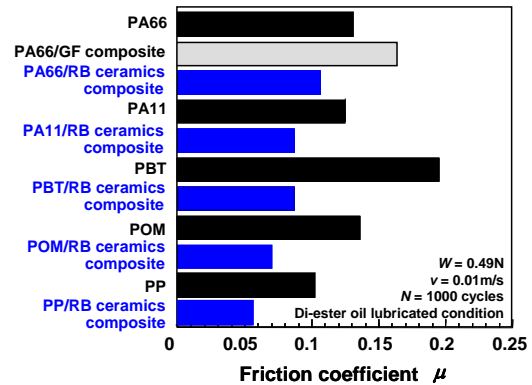


図6 油潤滑下における摩擦係数

等の比摩耗量を示し、ガラス繊維充填では耐摩耗性の向上は見られなかった。このRBセラミックス粒子充填による耐摩耗性の飛躍的な向上は、図5に示すように、RBセラミックス粒子充填熱可塑性樹脂では、RBセラミックス粒子を50wt%以上充填できることから、ガラス繊維を充填する場合よりも硬さが増加し、それによって大規模な塑性流動が抑制されたためと考えられる。

図6に、各材料の油潤滑下における摩擦係数を示す。この摩擦係数は、摩擦繰返し数1000回時の値である。同図より、いずれの熱可塑性樹脂においてもRBセラミックス粒子を充填することにより、摩擦係数が減少することが判る。RBセラミックス粒子を充填した熱可塑性樹脂の摩擦係数は、熱可塑性樹脂単体に比べ19%~55%低い値を示す。

図7に、油潤滑下における、PA66,ガラス繊維充填PA66, RBセラミックス粒子充填PA66の摩擦係数とすべり速度の関係を示す。同図より、PA66,ガラス繊維充填PA66では、摩擦係数がすべり速度の増加に伴い減少する傾向を示すことから、すべり速度の増加に伴い、境界潤滑下から混合潤滑に潤滑形態が変化しているといえる。一方、RBセラミックス粒子充填PA66では、摩擦係数のすべり速度

に対する変化が小さく、境界潤滑が維持されていると考えられる。このことから、RB セラミックス粒子を充填することで、油潤滑下においてもスティックスリップを抑制できるといえる。

図8に、油潤滑下における各材料の比摩耗量を示す。同図より、RB セラミックス粒子充填熱可塑性樹脂は、ベース樹脂によらず、熱可塑性樹脂単体に比べ、極めて低い比摩耗量を示すことが判る。RB セラミックス粒子充填による比摩耗量の低減率は、68~99%であり、飛躍的な耐摩耗性の向上が得られることが判った。

図9に、本研究で得られた各材料の摩擦係数と摩擦の関係性をまとめて示す。同図より、大気中無潤滑下、油潤滑下いずれにおいても、RB セラミックス粒子を充填することで、熱可塑性樹脂の摩擦係数、比摩耗量は減少することが判る。特にRB セラミックス粒子を充填することで、ガラス繊維では得られない、飛躍的な耐摩耗性の向上が得られる。

以上のことから、RB セラミックス粒子は、熱可塑性樹脂に低摩擦・飛躍的な耐摩耗性の向上を同時に付与することができるといえ、新しい充填剤としての利用が期待できる。

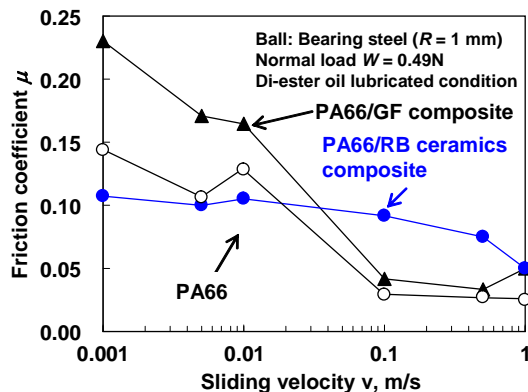


図7 油無潤滑下における摩擦係数とすべり速度の関係

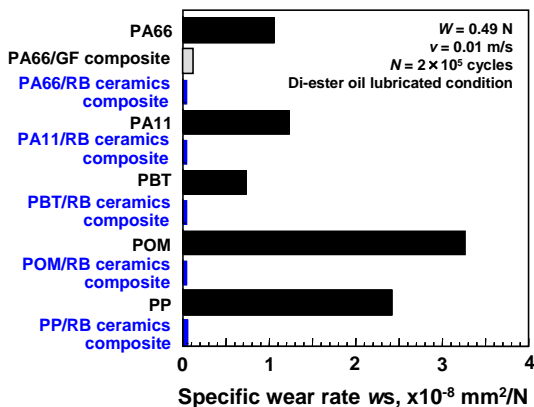


図8 油潤滑下における比摩耗量

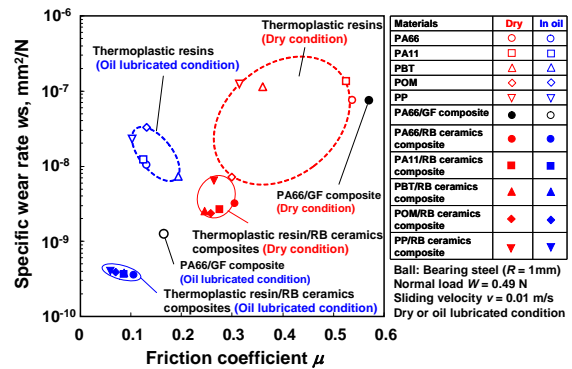


図9 熱可塑性樹脂、RBセラミックス粒子充填熱可塑性樹脂の摩擦係数と比摩耗量の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1. Motoharu Akiyama, Takeshi Yamaguchi, Kunihiro Matsumoto and Kazuo Hokkirigawa, Polymer composites filled with RB ceramics particles as low friction and high wear resistant filler, Tribology online, 査読有, 5 (1), 2010年, 19-26
2. 山口健, 堀切川一男, RB セラミックス粉体を用いた低摩擦および高摩擦複合材料の開発と応用, 粉体技術, 査読無, 1-12巻, 2009年, 80-85
3. Motoharu Akiyama, Kunihiro Matsumoto, Takeshi Yamaguchi and Kazuo Hokkirigawa, Tribological properties of newly developed resin/RB ceramics composites, Proceedings of the world tribology congress IV, 査読無, 2009年, 171-171

[学会発表] (計5件)

1. Motoharu Akiyama, Kunihiro Matsumoto, Takeshi Yamaguchi and Kazuo Hokkirigawa, Tribological properties of newly developed resin/RB ceramics composites, J-141, World tribology congress 2009, Kyoto, Japan, September 6-11, 2009.
2. Takeshi Yamaguchi, Development and applications of hard porous carbon materials RB ceramics through industry-academia-government collaboration in Japan, nanotec2009.it, 2009年4月3日, イタリア, ローマ (招待講演)
3. 山口健, Development of hard porous carbon materials RB ceramics and their practical applications, イタリアナノテク

企業ミッション，2009年2月23日，東北大学（依頼講演）

4. 山口健，RBセラミックス及びその複合材料の開発と応用，（社）日本ゴム協会第78回トライボロジー研究部会，2008年9月22日，東京（依頼講演）
5. 山口健，清水優子，堀切川一男，ポリベンゾイミダゾール樹脂の大気中無潤滑下における摩擦・摩耗特性，日本トライボロジー学会トライボロジー会議名古屋2008-9，2008年9月17日 名古屋

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口 健 (YAMAGUCHI TAKESHI)
東北大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：50332515

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：