

各種投射粒子によるスラリー・エロージョンによる繊維充填樹脂の表面強さ評価

Evaluation of Surface strength of fiber-reinforced resin by slurry-erosion with various projected particles

富山県立大・工（正）*宮島 敏郎

富山県立大・院（学）磯野 冬斗

Toshiro Miyajima*, Fuyuto Isono*

*Toyama Prefectural University

1. はじめに

近年、軽量化等により金属材料から樹脂複合材料への変更が進められ、数多くの射出成形樹脂製品が機械要素部品に使用されている。転がり軸受の保持器の一部も、他の部品とともに射出成形樹脂が多くなっている。これまで著者らは、転がり軸受用の射出成形樹脂保持器の成形、剛性試験、高速回転試験を行ってきた。これらの研究で、射出成形特有の成形条件や充填繊維の配向性の複雑さ、それに伴う表面の強さの違いが、製品の品質に大きく影響していることがわかってきた。そこで、より詳細に表面の強さや充填繊維の配向性を調査するために、マイクロ・スラージェット・エロージョン（MSE）法^{1,2)}や、研究室独自のより大きな投射粒子によるスラリー・エロージョンによる評価法についても研究³⁾している。

本発表では、各種投射粒子によるスラリー・エロージョン（MSE も含む）を用いた試験により、繊維充填樹脂材料の繊維と樹脂のエロージョンの強さの差を利用した繊維配向性の可視化と、繊維と樹脂の複合表面強さ評価結果について述べる。

2. 繊維と樹脂のエロージョン強さの差を利用した繊維配向性の可視化（WA#8000 投射粒子を用いた MSE 試験）

2.1 試験機および試験方法

MSE 試験機には、MSE tester²⁾（パルメソ製：ノズル断面形状 1×1 mm、投射距離 4 mm）を用いた。投射粒子は、不定形アルミナ粒子 WA#8000（平均粒子径 1.2 μm ）を用いて、スラリー濃度が 3 mass% になるようにスラリーを作製した。スラリー流量は 125 mL/min、ノズルエア流量は 12 L/min になるように試験機のパラメータを調整した。

2.2 供試材料

試験片には、PA66 系樹脂にガラス繊維を重量比 25 % 充填されたペレットで射出成形した冠型樹脂保持器（以下、PA66-GF25 と表記）を使用した。PA66-GF25 の外観写真を Fig. 1(a) に示す。各場所による繊維配向状態の違いをみるため、図の①、②、③、④の 4 か所の転動体の玉挿入部の底部を用いた。この位置で、保持器内輪側を観察上部になるようにして Fig. 1(b) の 3 か所の赤枠部に 10 g 投射して、投射痕をレーザー顕微鏡（エビデント製：OLS-5000）で観察した。

2.3 試験結果および考察

エロージョン痕のレーザー顕微鏡によるカラー画像を Fig. 2 に示す。本研究で用いた投射粒子は、平均粒子径 1.2 μm の不定形粒子のため、ガラス繊維の直径よりも小さい。そのため、樹脂が選択的にエロージョンし、ガラス繊維が残るエロージョン痕となる。観察場所毎にみると、①、④において、内輪側、中央部、外輪側ともに、ガラス繊維が様々な方向に配向している。一方、②、③において、中央部では、ガラス繊維が横方向に、内輪側と外輪側では、様々な方向に配向していた。この結果から、①において、樹脂の流れがランダムになるため、内輪側、中央部、外輪側で、繊維の配向性がない状態になったと考えられる。②、③において、樹脂の流れ方向にガラス繊維が配向したと考えられる。しかし、内輪側と外輪側では、射出成形型のキャビティ内を充填する樹脂のフローフロント領域で、ファウンテンフロー現象⁴⁾などによる樹脂流れの乱れで、配向性が見られなかったと考えられる。④においては、樹脂の合流箇所であるため、樹脂の流れが乱れ、内輪側、中央部、外輪側すべてで配向性が見られなかったと考えられる。

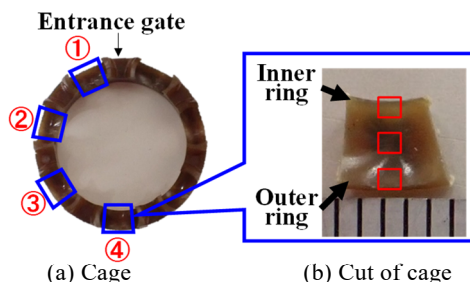


Fig. 1 Photograph of the PA66-GF25 cage (1 scale = 1 mm)

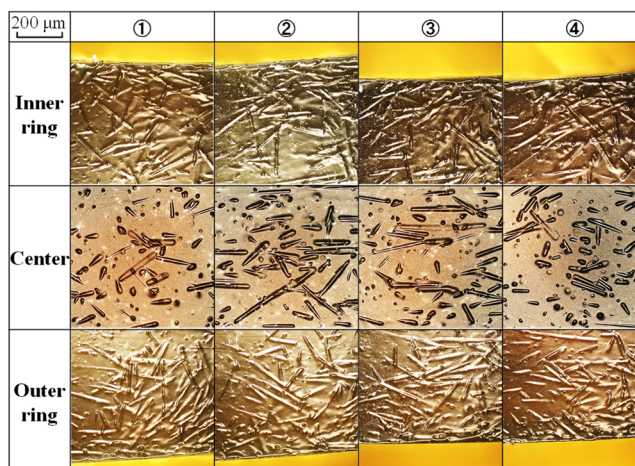


Fig. 2 Laser color images of the eroded surfaces of underside

2.4 まとめ

不定形アルミナ粒子 WA#8000（平均粒子径 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ ）を用いてスラリー・エロージョンさせることで、樹脂とガラス繊維のエロージョンの差からガラス繊維を浮き上がらせることができ、それにより、表層のガラス繊維の配向性を見える化できることがわかった。また、場所によるガラス繊維の配向性も明らかにし、樹脂入り口に近い位置と最も遠い位置においては、配向性が見られないこともわかった。

3. 繊維と樹脂の複合表面強さ（粒子径 $300\text{ }\mu\text{m}$ 球形投射粒子を用いたスラリー・エロージョン試験）

3.1 試験機および試験方法

試験機には、研究室独自仕様の大粒子投射型微粒子エロージョン試験機³⁾（ノズル断面形状 $3\times 3\text{ mm}$ 、投射距離 10 mm ）を使用した。投射粒子には、平均粒子径 $300\text{ }\mu\text{m}$ の球形アルミナ粒子を用いた。スラリー濃度は 3 mass\% 、スラリー流量は 700 mL/min 、ノズルエア流量は 40 L/min になるように試験機のパラメータを調整して試験をした。

3.2 供試材料

試験片には、第2章と同様に Fig. 3(a)に示す射出成形した樹脂保持器を切断して使用した。試験片の一例を Fig. 3(b)に示す。赤枠部において MSE 試験を実施した。試験には2種類の保持器を用いた。①PA66系樹脂ペレットで射出成形した保持器（以下、NT）、②チタン酸カリウム繊維重量比 10% になるように射出成形した保持器（以下、PTF10）である。それぞれの試験片に、スラリー・エロージョン試験を 5 g 投射ごとに 20 g 投射まで行い、投射ごとにレーザー顕微鏡を用いて投射痕を繰り返し測定することで、断面形状を取得した。

3.3 試験結果および考察

各試験片の 5 g 投射ごとにおける、入口ゲートから近い位置と、入口ゲートから遠い位置でのエロージョン痕の断面形状曲線を Fig. 4 に示す。入口ゲートから近い位置の断面形状曲線を材料毎で比較すると、②PTF10 のエロージョン深さは、強化繊維を含まない①NT より大きい。 20 g 投射後のエロージョン深さを比較すると、①NT が一番浅く、耐衝撃性が良好である。また、入口ゲートから遠い位置の断面形状曲線を比較すると、①NT と②PTF10 とともにエロージョンの進行がみられない。つまり、どの試験片も耐衝撃性は良好であることがわかった。これらの結果から、PTF10 は、入口ゲートに最も近い位置の方が繊維の量が多く、遠くなるにつれ繊維の量が減少して NT に近い性質になっていることも示唆された。

3.4 まとめ

粒子径 $300\text{ }\mu\text{m}$ 球形投射粒子を用いてスラリー・エロージョンさせることで、樹脂と繊維の複合的な表面強さ評価ができ、それに伴い、繊維の充填量の差を明らかにできることが示唆された。

4. おわりに

不定形アルミナ粒子 WA#8000（平均粒子径 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ ）を用いてスラリー・エロージョンさせることで、樹脂とガラス繊維のエロージョンの差からガラス繊維を浮き上がらせることができ、それにより、表層のガラス繊維の配向性を見える化できることを明らかにした。また、粒子径 $300\text{ }\mu\text{m}$ 球形投射粒子を用いてスラリー・エロージョンさせることで、樹脂と繊維の複合的な表面強さ評価ができ、それに合わせて、繊維の充填量の差を明らかにできることが示唆された。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 22K03887 の助成を受けたものである。また、本実験にあたり、テー・シー・富山 舟戸保典様に射出成形機をお借りし、樹脂ペレットを提供いただいた。記して謝意を表する。

文献

- 1) 松原, 岩井: トライボ材料の表面特性の評価と可視化, トライボロジスト, 第 62 巻, 第 12 号 (2017) 773~779.
- 2) 例えば, 川野, 宮島ほか: 微粒子を用いた MSE 法による繊維強化樹脂保持器の強さ評価—強化繊維の破碎・脱落の影響—, トライボロジー会議 2022 秋 福井 予稿集 (2022) D6.
- 3) 例えば, 宮崎, 宮島ほか: 大粒子を用いた MSE 法による樹脂保持器の耐衝撃性評価—損傷形態の明確化—, トライボロジー会議 2022 秋 福井 予稿集 (2022) D5.
- 4) 横井: ファウンテンフロー現象の可視化と射出成形品外観不良との相関解析, 成形加工, 29 巻, 第 6 号 (2017) 176-182.

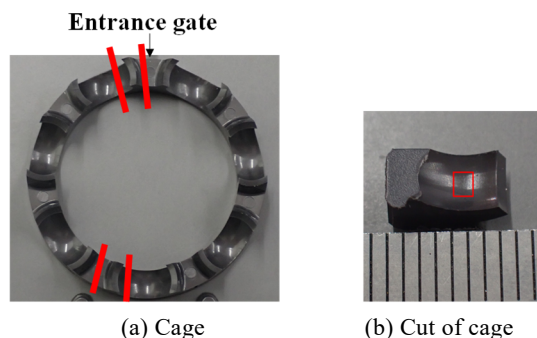


Fig. 3 Photograph of the PTF10 cage (1 scale = 1 mm)

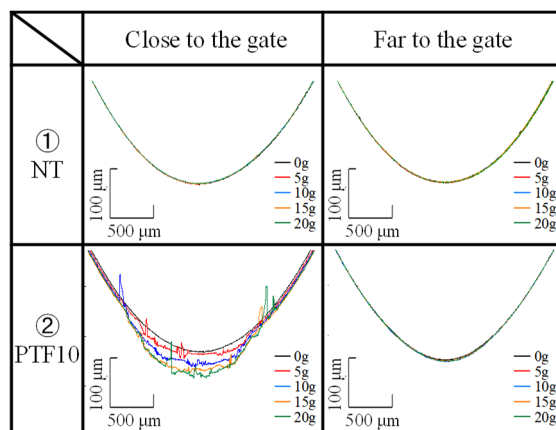


Fig. 4 Cross-section profiles of the specimens