

ナノファイバー／ウェブのトライボロジー評価に関する研究

中央研究所 榎本 祐嗣, 信州大学繊維学部 金 翼水, 渡邊 圭 (大学院)

1. 緒言

エレクトロスピンニング (以下 E.S.) 法によるナノ不織布は透湿防水テキスタイル、クリーン環境用ワイパークロスなど産業応用に期待が大きい。これに伴い、ナノファイバーの強度評価やナノ不織布のトライボロジー評価が必要とされる、本研究は、H21～H23 年度の科学研究費 基盤研究 (B) にもとづくもので、H22 年度は次の実験研究を実施した。

- 1) 試作したナノファイバー強度試験機を改良し、3点負荷試験を実験解析する
- 2) E.S.法によるナノウェブの拭取り摩擦試験
- 3) JIS 規格にもとづくナノファイバー不織布の摩擦帯電試験

2. 実験方法

2.1 試験の概要

H21 年度、(株)レスカと共同して製品化した超極細ファイバー力学試験機に3点負荷のできる治具を取り付け、9.8mN の予負荷を与えたポリエチレンファイバー (ファイバー径: $17.89 \pm 1.15 \mu\text{m}$) の破断強度とヤング率のファイバー径依存性を測定した。またナノウェブの拭き取り摩擦試験のため Fig.1 の試験装置 (新東科学: ポータブル触感計, Type33) を導入し、疎水性ならびに親水性ポリウレタンナノ不織布の摩擦試験を行った。さらに JIS L 1094 5.2 摩擦帯電圧測定法により疎水性 PU ナノ不織布の帯電性試験を行った。



Fig.1 Portable tactile meter (Heidon Type 33, SHINTO Scientific Co. Ltd.)

3. 実験結果および考察

3.1 ポリエチレンファイバーの3点負荷試験^{1,2)}

次式から破断強度とヤング率を求めた。Fig. 2 において、応力 σ は、

$$\sigma = F'/A, \quad F' = F/(2\cos\theta)$$

ヤング率 E は、

$$E = \sigma/\varepsilon, \quad \varepsilon = (L'-L)/L, \quad L' = (L^2 + \delta^2)^{1/2}$$

と表せる。

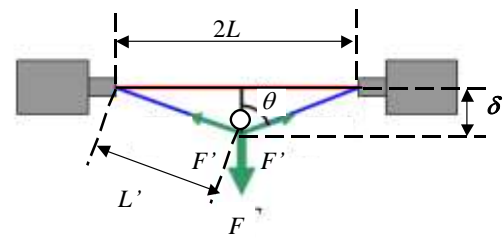


Fig. 2 Parameters for determination of fracture stress and Young's modulus in three-point flexural test.

破断強度 S とヤング率 E のファイバー径 d 依存性を Fig.3 に示す。ファイバー径が細くなるほど、 S 、 E ともに大きくなる。これはファイバー径が細くなれば結晶性の高い芯部の割合が増すことによると考えられる。データに合う実験式として次の式および R^2 値を得た。

$$S = 466d^{-1.973}, \quad R^2 = 0.948$$

$$E = 6193d^{-1.745}, \quad R^2 = 0.765$$

なお、点線は、単軸引張り試験の結果を示す。

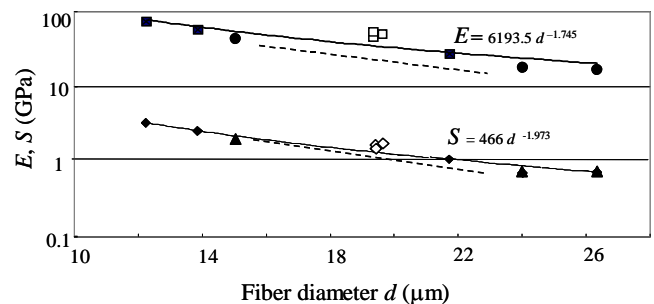


Fig.3 Relationship of E and S as a function of d for polyethylene fiber in tree-point test.

3.2 PU ナノファイバー不織布拭取り摩擦試験

ワイパークロスとして市販品テクノワイパー

CRN500（株式会社テクノス：ポリエステル 60%、ナイロン 40%）ならびに ES 法で作製した疎水性ポリウレタンナノファイバー不織布、および親水性ポリウレタンナノファイバー不織布の 3 種類をガラス板およびシリコンウェハを相手に摩擦試験した。

代表例としてシリコンウェハと相手材としたときの摩擦係数の測定結果を Fig.4 に示す。

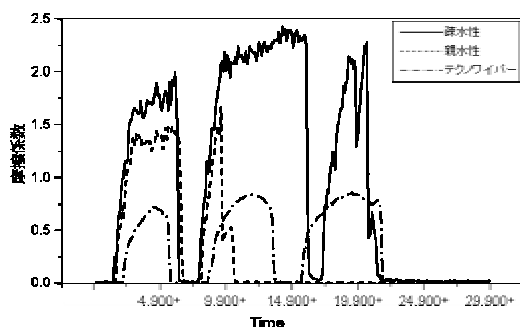


Fig.4 Friction coefficient of PU nanofibers against silicon wafer in room air.

撥水性のポリウレタンファイバーは弾性糸で、シリコンウェハに対して PU ナノ不織布の摩擦係数は試験した不織布のなかで最も高く、荷重とともに増える傾向にある。この高摩擦と荷重依存性は素材自

身のヒステリシスロスに因っていると考えられる。一方、親水性のポリウレタン不織布は、疎水表面ならびに親水表面間の非親和性のため疎水性 PU に比べ 25% 近い摩擦係数の低下がみられた。

3.3 JIS 規格 (JIS L 1094 5.2) 準拠の帯電試験

帯電試験開始直後に PU ナノファイバー不織布は 1300-2000V の値を示したが、不織布の強度不足のため直ちに破損し、規定の時間の試験ができなかった。

4. 結言

3.2 ならびに 3.3 の実験から、PU ナノファイバー不織布の低摩擦化とナノファイバー不織布に適した軽い荷重用の帯電試験法が今後の課題であることが分かった。

「参考文献」

- 1) Y. Enomoto, R. Takayanagi, M. Nagase, Y. Noda, Y. Tamaki, I.S. Kim, Y. Okawara, Y. Kaga, Y. Osawa and T. Takahashi, Development of a versatile tester for ultra-fine fibers, *J. Textile Eng.*, **57**, 15-20 (2010).
- 2) Y. Enomoto & I.S. Kim, Mechanical Properties Evaluation of Nanofiber/webs, *Key Engineering Materials*, **464**, 20-23 (2011).

キーワード：エレクトロスピンニング、ナノファイバー、ナノ不織布、引張り試験

Tribological Study of Electro-spun Nano-fiber/webs

Central Research Institute, Y. ENOMOTO,

Shinshu University, Faculty of Textile Science and Engineering, I.S. KIM & K. WATANABE

In order to evaluate mechanical and tribological properties of ultra-fine fibers/webs, following tests were conducted:

- 1) Three-points flexural tests of polyethylene microfiber using a tensile tester (FITRON[®] NFR-1000; Rhesca Co. Ltd.)
- 2) Tactile tests of polyurethane (PU) nanofiber webs using a potable tactile meter (HEIDON[®] Type 33; SINTO Scientific Co. Ltd). The PU fibers tested were both hydrophobic and hydrophilic.
- 3) Frictional electrification of PU nanofiber webs based on JIS L 1094 5.2

The results were summarized as follows:

- 1) Both the breaking stress S and the Young's modulus E decreased as the fiber diameter increased possibly because of the skin-core structure in which the skin is composed of a deformable shish-kebab structure.
- 2) The friction coefficient of hydrophilic PU web μ is $\mu=1.0-1.3$, which is lower than that of hydrophobic PU ($\mu=1.6-2.0$).
- 3) The PU nanofiber web was electrified at the voltage of +1300-2300V at the initial stage of sliding.