28p-B5-6

四重極型 EMS 法による超高精度レオロジー計測

Accurate Measurement of Rheology with Quadrupole EMS (QEMS) System

東京大学生産技術研究所　○松浦 有祐, 平野 太一, 酒井 啓司

Inst. Indust. Sci., Univ. of Tokyo　○Yusuke MATSUURA, Taichi HIRANO, Keiji SAKAI

E-mail: y-matsu@iis.u-tokyo.ac.jp

我々は最近の研究で電磁的な相互作用によって金属球に非接触にトルクを加え, 液体の粘度を測定するシステム (EMS システム) を開発した [1]. 金属球に回転磁場が加わると, 誘導起電力により球に電流が流れ, 磁場とのローレンツ相互作用によってトルクが加わり, トルクと球の回転速度から試料の粘度が決定できる. このシステムは, 試験管の底との接触部分のみで摩擦が発生するため, 低粘性液体の粘度を精度良く測れる. また, サンプルが少量ですむこと, 接液部がディスポーザブルであることなどから医療の分野への期待も高まっている.

今回発表するのは回転磁場を電磁石を用いて生成する四重極型 EMS 法 (QEMS) である (Fig.1). QEMS は一定トルクだけでなく, ステップトルクや振動トルクを印加することができ, さまざまなレオロジー測定への応用が期待される. また, 電流が流れていない時は磁場が発生しないため取り扱いが用意である.

電磁石による変動磁場を用いることで, 非常に高速な回転磁場を実現することができる. EMS 法で球に印加されるトルクは磁場の回転速度に比例するため, 永久磁石タイプの 10 倍以上の印加トルクを実現できる. この性質を利用し, 微小球を用いた低粘度の測定を行った. 低粘性 ($< 10\mathrm{mPa \cdot s}$) の測定では通常, 慣性の影響のために測定精度が低下する. 慣性の影響はレイノルズ数 Re により表され, EMS 法では球の半径の 2 乗に比例する. そのため, 微小球を用いることで粘度の測定精度が劇的に向上する. しかしながら微小球では駆動トルクが非常に低下するため QEMS が威力を発揮する. 1,2,5,10cSt シリコーンオイルをサンプルとし, QEMS により球の回転速度を測定した (Fig.2). トルクと球の回転速度の比 k は粘度 η に比例する結果となり, 低粘性でも高精度に測定が可能な手法であると主張する.

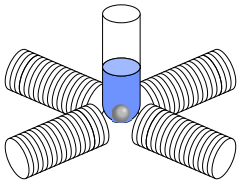

Fig. 1: Schematic drawing of quadrupole EMS (QEMS).

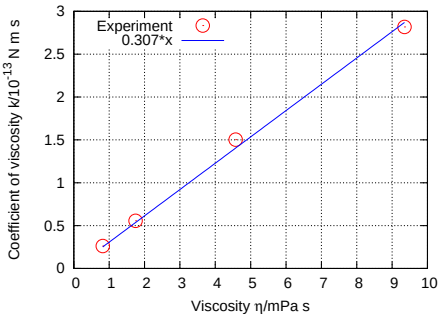

Fig. 2: Relation between viscosity and the ratio of viscous torque to rotational speed.

さらに, 摩擦の影響を低減するため, 超音波を加振する手法を EMS 法に応用した. 超音波による摩擦の低減は, 以前から研究され, 実験やシミュレーションで確かめられている [2]. サンプルと球を入れた試験管に超音波を加振した場合, 球が回転したときの底との摩擦トルクが低減する結果を得た. 発表ではこの詳細について述べる.

[1] K. Sakai, T. Hirano, and M. Hosoda, *Appl. Phys. Express* **3** (2010) 016602.
[2] W. Littmann, H. Storck, J. Wallaschek, *Arch. Appl. Mech.* **71** (2001) 549-554

© 2013 年　応用物理学会