

漆に六方晶窒化ホウ素を添加した摺動材料の摩擦・摩耗特性に関する研究

Tribological Performance of Natural Resin Urushi containing Hexagonal boron nitride

東理大・工（学）*永田 泰之 関西大・理工（正）川田 将平 東理大・工（正）宮武 正明

東理大・工（正）佐々木 信也 東理大・工（正）吉本 成香

Yasuyuki Nagata*, Shouhei Kawada**, Masaaki Miyatake*, Shinya Sasaki*, Shigeka Yoshimoto*

* Tokyo University of Science, ** Kansai University

1. 諸言

樹脂すべり軸受は、機械の回転部や往復運動部を無給油で支持できるため、自動車部品や生体機械部品等に広く用いられている。この樹脂すべり軸受は、ベース材料として熱可塑性樹脂や熱硬化性樹脂を用い、それに固体潤滑剤を混合して製作しているが、特に食品加工機械用の樹脂すべり軸受には、低摩擦特性や耐摩耗特性に加えて、稼働中に人の健康を害しうる物質が溶出ししないことや、装置洗浄時の洗浄剤に対する耐薬品性が求められる。現在その役割を担うものとしてはポリテトラフルオロエチレン (polytetrafluoroethylene, PTFE)、ポリアミド樹脂、ポリアセタール樹脂などがあるが、PTFE は耐摩耗性に劣り、ポリアミド樹脂は耐薬品性に劣る。また、ポリアセタール樹脂は、製造過程で含まれるホルムアルデヒドが溶出する可能性があり、いずれの摺動材も、要求を完全に満たしていない。そこで、先行研究^{[1][2]}では樹脂材の中でも硬度が高く、耐薬品性に優れる材料として、天然樹脂である漆に着目し、漆に固体潤滑材である TFE やグラファイトを添加した摺動材を提案し、その摺動特性の評価を行った。本研究では、漆にグラファイトと同じ層状構造を持ち、耐薬品性、耐熱性に優れる六方晶窒化ホウ素(h-BN)を固体潤滑剤として添加した際の摩擦・摩耗特性を、ドライ潤滑および水潤滑の2つの条件において評価した。

2. 摺動試験片の概要および実験方法

2.1 摺動試験片および相手軸

図1に示す試験片は、直径15mmの黄銅製基材表面に、生漆と固体潤滑剤であるh-BNを混合したものを塗布し、硬化させたものである。試験片は高温乾燥炉（約150℃）に15時間設置し、加熱重合により硬化させた。これらの硬化処理は金属に対する漆の固着性を向上させるためであり、加熱温度や時間等は文献^[3]を参考とした。生漆は国産の生漆（ウルシオール約76%、水分約24%）を使用した。試験片においては、漆に固体潤滑剤としてh-BNをそれぞれ50wt%、30wt%、20wt%、15wt%、10wt%配合して塗布したものの合計5種類を用意した。図2に、摺動試験で用いる相手材を示す。相手材にはSUS420J2を真空焼入れしたもの（HRC50程度）を使用した。

2.2 実験方法

摺動試験には、図3に示すリングオンプレート摩擦試験機を用いた。試験片を空気静圧軸受により支持されたエアシリンダに取り付け、相手材を取り付けたホルダは自在継ぎ手を介してDCモータに接続した。エアシリンダへの空気圧を調整することにより、試験片に任意の荷重を負荷し、相手軸回転時に、試験片に加わる摩擦力をトルクアームとロードセルにより測定した。試験条件を表1に示す。摺動試験後の試験片の摩耗量は、キーエンス社製レーザー顕微鏡VK-X150によって測定した。



Fig.1 Test specimen

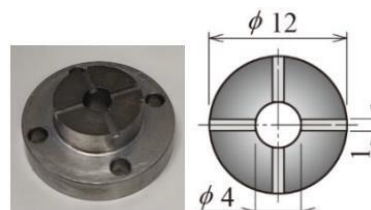


Fig.2 Mating material

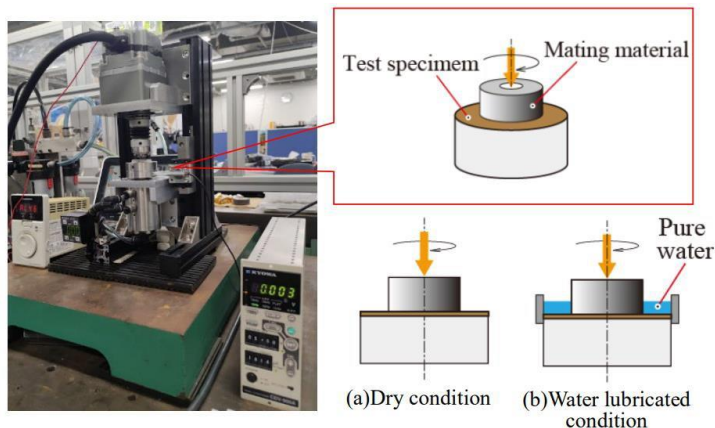


Fig.3 Ring-on-plate friction testing machine

Table 1 Test conditions applied during experiments

Load : w , N	50	
Contact area : A , mm ²	100	
Contact pressure : $p = w/A$, MPa	0.5	
Sliding speed, m/s	0.025	
Mating material	SUS420J2	
Lubrication condition	Dry	Water
Total sliding distance, m	125	
Total sliding distance, hrs.	1.39	

3. 実験結果

3.1 摩擦係数測定結果

図4にh-BNの配合比率を変化させた場合の摺動試験による平均摩擦係数の結果を示す。摺動試験は各サンプルにおいて3回行った。漆のみを塗布した場合の摩擦係数はドライ条件では0.7程度、水潤滑条件では0.4程度であるが、h-BNを添加することでドライ潤滑において45%程度、水潤滑においては20%程度の摩擦軽減効果が見られた。ドライ潤滑において50wt%を除き、ある一定の配合比率を超えるとh-BNの配合割合に依らず、摩擦係数が約0.4になり、水潤滑においては、h-BNの配合割合の増加にともない、摩擦係数が低下することが確認できた。

3.2 摩耗量測定結果

図5に摩耗量の測定結果を示す。漆のみを塗布した場合の摩耗量はドライ条件では0.9 μm 、水潤滑条件では1.1 μm 程度であったが、h-BNを配合した場合は、ドライ、水潤滑の両条件において、h-BNの配合比率の増加にともない摩耗量は増加した。h-BNの配合比率が低い場合は、水潤滑とドライ潤滑の間に大きな差は見られないが、h-BNの割合の増加にともない、水潤滑条件のほうが、摩耗量が大きくなるという結果になった。また、50wt%のドライ潤滑条件の実験結果は、漆のバインダーとしての限界を超えたためか、他の値と大きく異なる結果となったと考えられる。今回、漆に固体潤滑剤としてh-BNを添加して評価を行ったが、先行研究^{[1][2]}と摩擦係数や摩耗量を比較すると、PTFEやグラファイトを固体潤滑剤として漆に添加した場合と比較して、h-BNを固体潤滑剤とした場合は、摩擦係数、摩耗量ともに高い値となった。一般的に、h-BNは耐熱性が高く、高温環境下において、摺動特性に優れると言われるが、常温環境下での実験では、摺動特性においてPTFEやグラファイトを固体潤滑剤として添加した場合に劣る結果となった。

4. 結言

本研究では、漆にh-BNを固体潤滑剤として添加した摺動材の摩擦、摩耗特性を、リングオンプレート摩擦試験機により評価した結果、以下の知見を得た。

- (1) ドライ潤滑での漆の摩擦係数は0.7程度であるが、h-BNの添加によって低摩擦を実現し、固体潤滑剤の配合量の増加にともない摩擦係数が減少した。また、水潤滑条件に比べ、ドライ潤滑条件のほうが摩擦係数減少に対するh-BN配合比率の影響が大きかった。
- (2) 漆にh-BNを添加した際の摩耗量は、h-BNの配合割合の増加にともない大きくなった。また配合割合が多い場合、水潤滑条件のほうが摩耗量が大きくなる。
- (3) 漆に添加する固体潤滑剤を、PTFE、グラファイトとした場合より、h-BNを添加した場合は、高い摩擦係数、摩耗量となった。

文献

- 1) K.Jotaki, M.Miyatake, T.Stolarski, S.Sasaki, S.Yoshimoto: Tribological performance of natural resin urushi containing PTFE: Tribology International, Vol.113, pp291-296(2017) A. B. Collin, C. Reynold & D. E. Fake: In Situ Studies of Wear Process, ASME J. Tribology, 120, 3 (1995) 513.
- 2) S.Sasaki, M.Miyatake, S.Kawada: Tribological Performance of Natural Resin Urushi containing Graphite under Dry Condition and Water Lubricated Condition, (2021)
- 3) Kinoshita T. Ueno H., Nakasato T., Miyata S., "A study on the traditional heating technique of urushi coating" (1998)

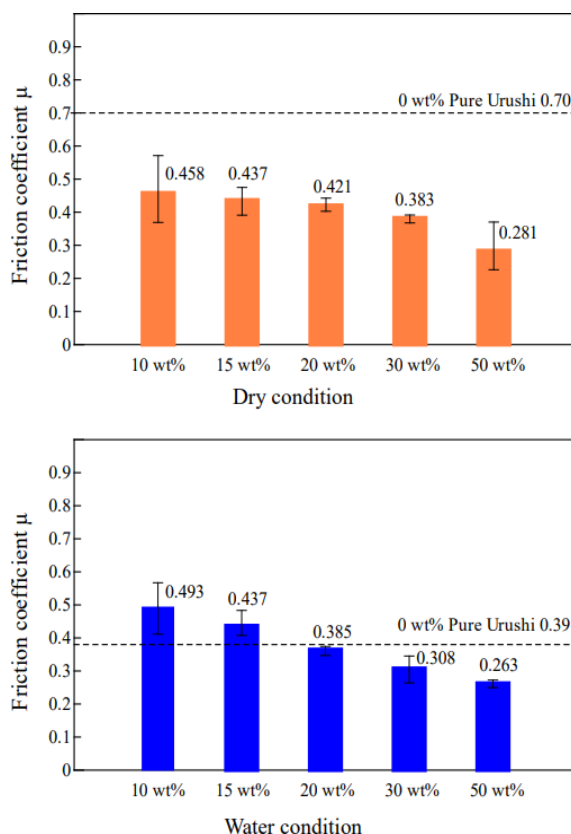


Fig.4 The average value of friction coefficients

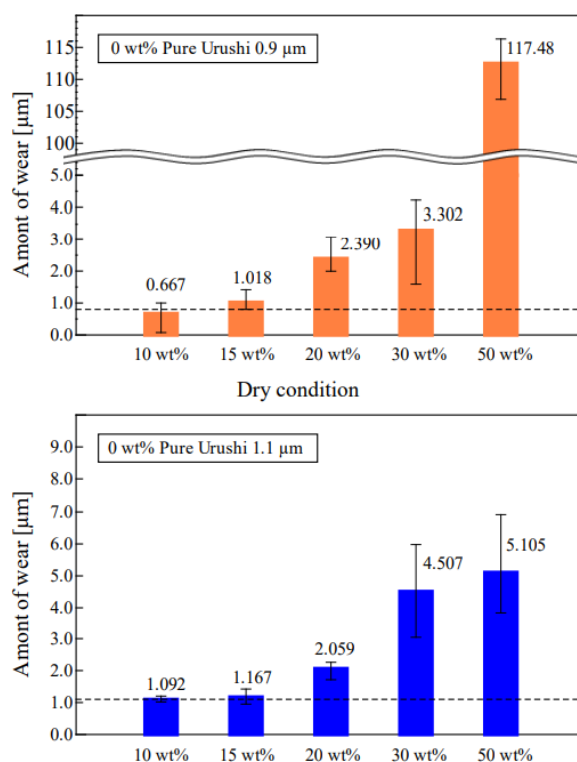


Fig.5 Amount of wear