

転がりすべり接触下における潤滑剤からの水素発生に及ぼすすべり速度と温度の影響

Effects of Sliding Speed and Temperature on Hydrogen Generation from Lubricant Under Rolling-Sliding Contact

NSK（正）*江波 翔 （正）山田 紘樹 （正）小俣 弘樹

Kakeru Enami*, Hiroki Yamada*, Hiroki Komata*

*NSK Ltd.

1. はじめに

転がり軸受のはく離形態の一つに鋼中に特異な白色組織変化を伴うはく離がある。本はく離は潤滑剤の分解により発生した水素が鋼中に侵入することで生じると考えられている¹⁾。軸受の信頼性向上のためには、はく離に至るまでの過程を理解することが重要であり、軸受使用中にどのように水素が発生しているのかを明らかにすることが必要である。水素の発生に関しては、これまでも様々な研究が行われている。例えば、すべり接触下における水素発生のモニタリングが行われており、すべりにより潤滑剤から水素が発生することが明らかにされている²⁾。本研究では、より実際の軸受の使用状態に近い転がりすべり接触下において、潤滑剤からの水素発生の評価に取り組んだ。密閉したチャンバ内で 2 円筒試験を行い、水素発生量をガスクロマトグラフにより測定した。転がりすべり接触下において、すべり速度及び潤滑剤温度が潤滑剤からの水素発生に及ぼす影響を調べた結果を示す。

2. 実験

2.1 実験装置

本研究で用いた 2 円筒試験機の概略図を Fig. 1 に示す。試験中に発生するガスを貯蔵するため、2 円筒試験は密閉チャンバ内で実施した。それぞれの回転軸はモータにより独立して駆動させることができ、軸に固定された試験片は任意の速度で回転できる。荷重は所定の面圧になるようにエアシリンダを用いて負荷される。一定量の潤滑剤がチャンバ内に封入され、潤滑剤の温度は熱電対とヒータにより制御される。これらの機構により、任意の潤滑条件で転がりすべり接触が実現される。チャンバ内の雰囲気中の水素ガス濃度はガスクロマトグラフを用いて測定される。

2.2 実験条件

実験条件を Table 1 に示す。面圧及び潤滑剤の引込み速度を一定にし、すべり速度及び潤滑剤の温度を変化させた。潤滑剤には VG32 の潤滑油を用いた。試験片には表面粗さ Ra を 0.07 μm に仕上げた SUJ2 製試験片を使用した。チャンバ内の雰囲気は大気（空気）であり、20 h の 2 円筒試験を行った後に水素発生量を測定した。また比較のため、潤滑剤を加熱するだけの実験もあわせて行った。

3. 結果及び考察

転がりすべり接触条件下における水素発生量の測定結果を Fig. 2 に示す。潤滑剤の温度によらず、すべり速度が 0 m/s であっても水素は発生しているが、すべり速度が大きいほど水素発生量は多くなっている。同一すべり速度で比べると潤滑剤の温度が高い方が水素発生量は多い。

次に潤滑剤からの水素発生に対する熱の影響を調べるため、荷重を負荷せず潤滑剤を加熱する実験を行った。潤滑剤を攪拌することでその温度を均一に保つことを目的に、二つの軸は非接触状態で回転させた。Figure 3 に潤滑剤の加

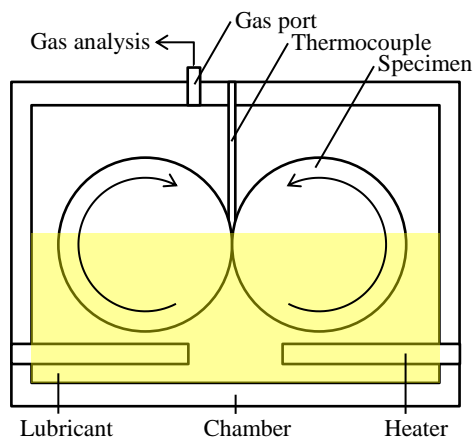


Fig. 1 Schematic illustration of test apparatus

Table 1 Test conditions

Contact pressure, GPa	2.35
Entrainment speed, m/s	1.57
Sliding speed, m/s	0, 0.63, 1.26
Lubricant temperature, °C	70, 90
Film parameter	0.34, 0.22
Environmental gas	Ambient air

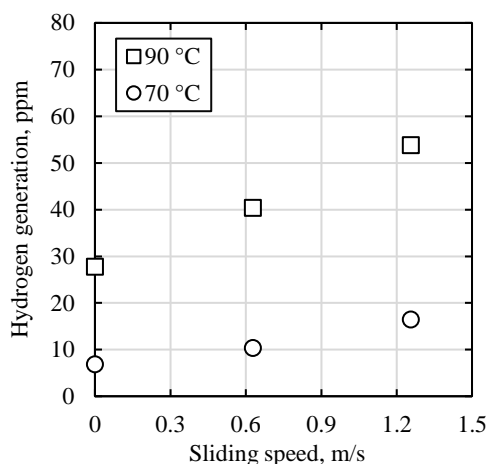


Fig. 2 Hydrogen generation under rolling-sliding contact

熱により発生する水素の測定結果を示す。潤滑剤を加熱することにより、熱の影響で水素が発生していることが分かる。水素発生に対する温度依存性も見られ、温度が高い方が水素発生量は多い。熱の影響で水素が発生するのは、潤滑剤の酸化劣化の開始反応において炭化水素から水素ラジカルが引き抜かれるためと推測される³⁾。

Figure 2 及び Fig. 3 の結果を比較すると、70 °C と 90 °C のどちらの温度の場合でも、純転がり時において発生する水素の量は、潤滑剤の加熱により熱の影響で発生する水素の量とほぼ同等である。つまり、純転がり条件で発生した水素は熱により発生した水素であり、転がり接触面から発生した水素ではないことが示唆される。そこで Fig. 2 の測定結果から、熱の影響で潤滑剤から発生した水素量を差し引くことで、すべりを付与したことにより接触面から発生した水素量を求めた。接触面からの水素発生量を抽出した結果を Fig. 4 に示す。すべり速度に対し水素発生量は線形関係にあり、温度が高い方が傾きが大きいことがわかる。本試験機を用いることで、熱による水素発生と転がりすべり接触による水素発生を切り分けて評価できた。

潤滑剤からの水素発生メカニズムとして、金属新生面を触媒とする潤滑剤の分解による水素発生が知られている²⁾。本研究で得られた結果も金属新生面の観点から説明できる。本実験の膜厚比は潤滑剤の温度が 70 °C では 0.34 であり、90 °C では 0.22 であることから、2 面間は局部的に直接接触している状態である。直接接触している状態ですべりが付与されると接触面が擦れて金属新生面が露出する。試験時間は一定のため、すべり速度が大きいほどすべり距離は長くなり新生面の露出面積は大きくなる。そのため、すべり速度が大きいほど新生面上で潤滑剤が反応する機会が多くなり接触面からの水素発生量が多くなったと推測される。純転がり条件下の水素量と熱により発生した水素量が同等であったことから、接触面からの水素発生にはすべりの付与（新生面の露出）が必須であると推測できる。また、温度が高い方が接触面からの水素発生量が多くなった理由として、温度が高いほど油膜厚さが小さくなり新生面露出面積が大きくなったことや、温度が高いことにより潤滑剤の分解反応が促進されたことが考えられる。

4. 結言

2 円筒試験機を用い転がりすべり接触下における潤滑剤からの水素発生を評価し、以下のことが分かった。潤滑剤を加熱することにより熱の影響で水素は発生する。純転がり時の水素発生量は熱の影響で発生する水素量と同等であり、すべり速度が大きくなると水素発生量は多くなる。また、潤滑剤の温度が高い方が転がりすべり接触による水素発生は多い。

文献

- 1) 宇山：転がり軸受に及ぼす水素の影響，トライボロジスト，60，10 (2015) 658.
- 2) R. Lu, I. Minami, H. Nanao, S. Mori: Investigation of decomposition of hydrocarbon oil on the nascent surface of steel, Tribology Letters, 27, 1 (2007) 25.
- 3) 日本トライボロジー学会：メンテナンストライボロジー，養賢堂 (2006) 117.

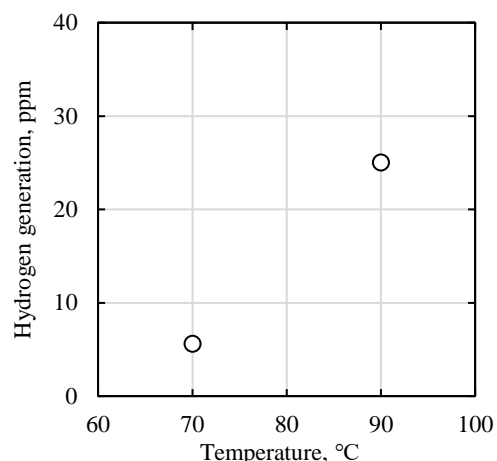


Fig. 3 Hydrogen generation by heating lubricant

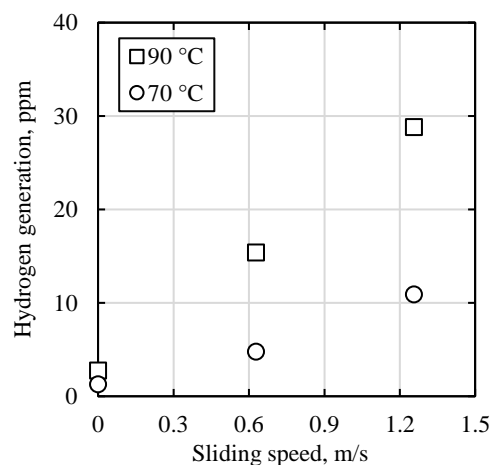


Fig. 4 Hydrogen generation from contact area