

軸受の白色組織はく離寿命に及ぼす水素量と面圧の影響

Effects of Hydrogen Content and Contact Pressure on White Structure Flaking of Bearings

NSK（正）*生田 裕樹 NSK（正）名取 理嗣 NSK（正）小俣 弘樹 NSK（正）山田 紘樹

Hiroki Shoda*, Masahide Natori*, Hiroki Komata*, Hiroki Yamada*

*NSK Ltd.

1. 緒言

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（以下、白色組織はく離）がある。白色組織はく離については、これまでも影響因子や対策技術に関する研究が多く行われている。提唱されている破損メカニズムの一つとして、潤滑剤の分解により発生した水素が鋼中に侵入し、繰返しせん断応力によって組織変化が生じ、早期はく離にいたると考えられている¹⁻³⁾。このように、白色組織はく離において水素量や面圧は重要な影響因子と考えられる。そこで本報では、あらかじめ水素チャージした試験片を用いることで、白色組織はく離寿命に及ぼす水素量と面圧の影響度を定量的に評価した。

2. 実験方法

2.1 水素チャージ

試験片には高炭素クロム軸受鋼 JIS-SUJ2 で作製したスラスト軸受 51305 を用いた。試験片を 50 °C のチオシアン酸アンモニウム (NH₄SCN) 水溶液中に 48 h 浸漬することによって水素をチャージした。なお、NH₄SCN 濃度を 2mass%, 5mass%, 10 mass%, 20mass% と変えることで、水素量を変化させた。水素チャージ後、すぐに水素量を測定した結果、NH₄SCN 濃度 2 mass% で 0.2 ppm、5 mass% で 0.5 ppm、10 mass% で 1.2 ppm、20 mass% で 2.0 ppm の水素がチャージされていることを確認した。

2.2 転動疲労寿命試験

本研究で用いたスラスト型転動疲労寿命試験機の概略図を Fig. 1 に、試験条件を Table 1 に示す。水素チャージ後、すぐに試験片をスラスト型転動疲労寿命試験機に組み込んで試験を開始した。転動体は直径 9.525 mm の鋼球 JIS-SUJ2、保持器はプラスチック製保持器を用いた。

3. 結果及び考察

各試験条件において全てはく離まで試験を実施した。また、はく離後の断面組織観察を行った結果、全ての条件で白色組織が生成しており、水素量と白色組織の生成量に明確な違いはなかった。一例として、面圧 2.4 GPa で試験した試験片のはく離後の断面組織を Fig. 2 に示す。水素量が 0.2 ppm であっても多数の白色組織が生成しており、水素量が 2.0 ppm と同程度の生成量であった。

次に、水素量と各試験条件における L_{10} 寿命との関係を Fig. 3 に示す。面圧 2.2 GPa、及び 2.4 GPa とともに、水素量が増加すると白色組織はく離寿命は低下する。また、面圧が 0.2 GPa 増加すると寿命は 1/2 程度に低下し、水素量が 2 倍になると寿命は 1/2 程度に低下することが分かる。

これらの結果から、水素量は白色組織はく離寿命に対して重要な影響因子であるが、一方で、はく離後の白色組織の生成量に明確な差はなかった。つまり、水素量は白色組織の生成速度を加速するが、水素量の多少に関わらず、同程度の量の白色組織が生成してからはく離にいたることが推察される。

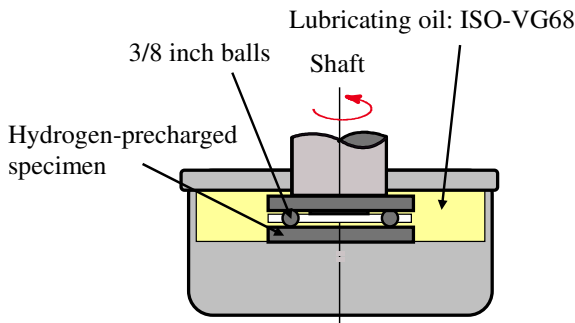


Fig. 1 Schematic of test apparatus

Table 1 Test conditions

Bearing type	51305
Lubricating oil	ISO-VG68
Race	JIS-SUJ2
Ball	JIS-SUJ2
Contact pressure, GPa	2.2, 2.4
Rotation speed, min ⁻¹	1000, 2000

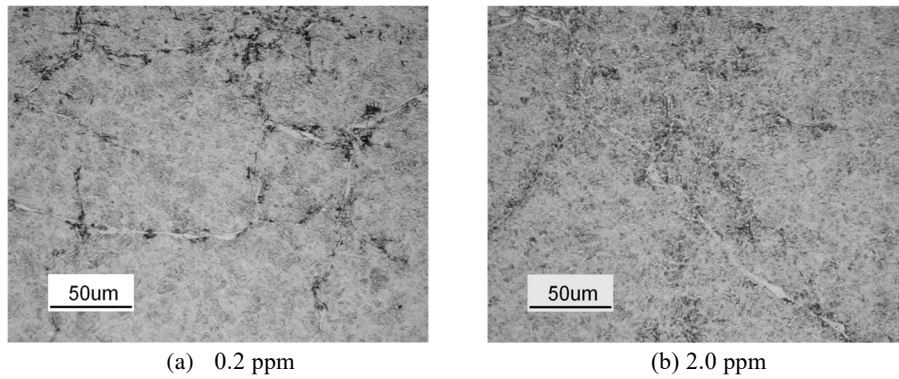


Fig. 2 Cross sectional observation of sample tested at a contact pressure of 2.4GPa

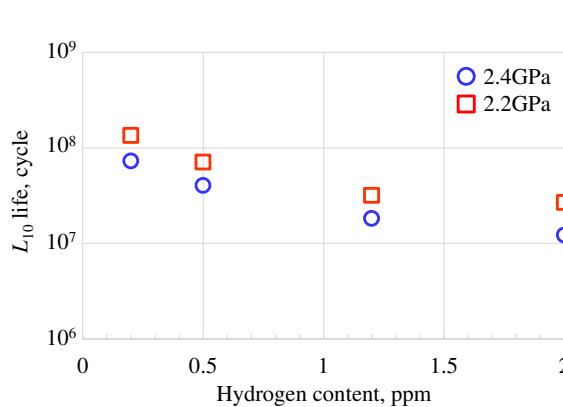


Fig. 3 The relationship between hydrogen content and L_{10} life

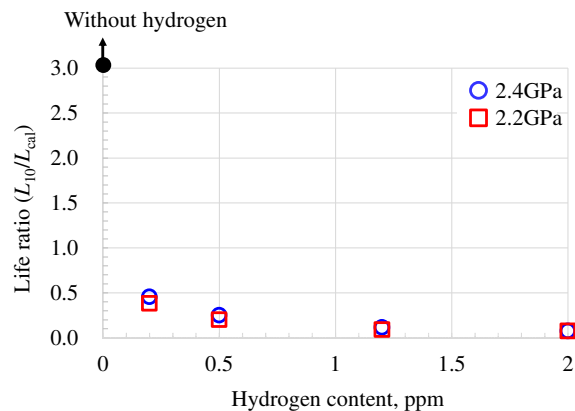


Fig. 4 The relationship between hydrogen content and life ratio

Lundberg-Palmgren (以下、L-P 理論) 理論⁴⁾に基づく軸受寿命の考え方では、荷重が大きいほど寿命が低下するが、本研究における水素チャージ試験片においても荷重(面圧)が高い方が短寿命になる結果が得られた。ここで、白色組織はく離寿命に対して、面圧による寿命低下と水素による寿命低下それぞれの影響度を明確にする必要がある。そこで、各面圧条件における L-P 理論に基づく信頼度 90%の基本定格寿命(L_{cal} 寿命)を算出し、 L_{10} 寿命を L_{cal} 寿命で除した値(以下、寿命比)で整理した。結果を Fig. 4 に示す。なお、水素未チャージ試験片についても転動疲労寿命試験を実施しており、 L_{cal} の 3 倍まで試験継続してもはく離しないことを確認している。今回の面圧条件においては、面圧が異なっても水素量が同じであれば寿命比は同程度になることが分かる。以上の結果から、水素量と面圧が分かれば、白色組織はく離寿命を予測できる可能性があり、白色組織はく離に対する事前のリスク評価技術につながる知見が得られたと考えている。

4. 結言

白色組織はく離寿命に及ぼす水素量と面圧の影響について評価した。水素量の増加、及び面圧の増加にともない、白色組織はく離寿命は低下した。寿命比で整理すると、今回の面圧条件においては、水素量の影響は面圧に関係なく整理できることが分かった。つまり、水素量と面圧が分かれば、白色組織はく離寿命を予測できる可能性がある。今後は、低面圧や高面圧条件での白色組織はく離寿命について検証を進める。

文献

- 1) 江波・山田・小俣：転がりすべり接触下における潤滑剤からの水素発生，トライボロジスト，68，12 (2023) 868.
- 2) 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.
- 3) H. Uyama, H. Yamada, H. Hidaka & N. Mitamura: The Effects of Hydrogen on Microstructural Change and Surface Originated Flaking in Rolling Contact Fatigue, Tribology Online, 6, 2 (2011) 123.
- 4) G. Lundberg, A. Palmgren: Dynamic Capacity of Rolling Bearings, Acta Polytechnica Scandinavica, Mechanical Engineering Series, 1, 3 (1947) 5.