

中性子小角散乱法を用いた軸受鋼の使用後におけるマイクロ組織変化の解明

日本精工株式会社 小林 大輔

1. Introduction

軸受は、機械や設備の信頼性や効率を向上させ、エネルギーロスを削減させる重要な部品であり、自動車や精密機械など、社会で幅広く使われている。軸受はさまざまな環境で使用されるが、使用中に応力を受けると、軸受鋼中のマイクロ組織に変化が生じる。さらに使用を続けると、いずれ軸受は破損する（寿命を迎える）ことになるが、同じ工程を経て同じ品質であるにもかかわらず、軸受の寿命は大きくばらついてしまう。このため、顕微鏡による観察では捉えられない、ナノサイズの炭化物や炭素の偏析等が生じ、軸受の寿命を決定する要因になっていることが考えられる。しかしながら、これまでに軸受鋼の材料組織が使用前後にどのように変化するかはナノレベルで明らかとなっていない。中性子小角散乱法（SANS）を用いると、中性子の高い透過能を活かして試料内部のバルク平均の情報が得られ、その変化を定量的に比較できる。また、マルテンサイト相が強磁性であるのに対して炭化物は非磁性、もしくは磁化の小さなナノ領域となるため、磁気散乱成分によりナノ構造の散乱を増強して観測できる。本課題では、上述の SANS の特性を活かし、軸受鋼におけるマイクロ組織の変化を捉え、軸受の寿命を決定する要因を明らかにすることを目的とする。

2. Experiment

本課題で測定する試料は、軸受鋼（JIS SUJ2、高炭素クロム軸受鋼（1%C-1.5%Cr））であり、負荷圏の存在する寿命試験後の軸受外輪から切り出した試験片を比較する。最も負荷が加わる位置となる負荷圏を 0° としたとき、その 180° 反対側は負荷の加わらない非負荷圏となる。 $0^\circ \sim 180^\circ$ の間で負荷の加わり方が異なる位置が得られるため、 0° （負荷圏）、 45° 、 90° 、 180° （非負荷圏）位置から計 4 個の試験片を切り出し比較する。昨年実施した測定（2018AM0019）では、試験片寸法を $15\text{mm} \times 15\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ にて作製し、各位置にて有意差が認められたが、その差は微小であり、詳細な解析は困難であったが、寿命試験により変化する材料組織は、軸受外輪の表面から深さ 0.5mm 程度であるため、残りの 1.0mm の領域はバックグラウンドとなっていた。前回よりも明確な有意差を得るため、同条件に実施した試験後の軸受外輪を 3 つ用意し、表面から $15\text{mm} \times 15\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ にて切り出し、3 層重ね、厚みを 1.5mm とし測定することでバックグラウンドを低減させることを考えた。これらの試料の測定結果を比較することで、寿命試験により生じるマイクロ組織の変化を明らかにする。

本実験は、BL20 iMATERIA の小角散乱バンクを利用して中性子小角散乱（SANS）測定を実施する。試料は強磁性体であるため、磁区の散乱を除去するため、磁石付き試料ホルダーを用いて試料に 0.5T 程度の磁場を印加し、測定を行った。測定時間は 1 時間とした。

負荷の異なる試料の散乱プロファイルを比較し、その変化を系統的に捉えることにより、寿命試験によって生じるマイクロ組織の変化を明らかにする。

3. Results

測定結果を以下の図に示す。図 1 は、負荷圏における磁場と垂直方向の散乱プロファイル（白抜き）、平行方向の散乱プロファイル（塗りつぶし）である。前回実施した 2018AM0019 と同様、垂直方向の散乱強度が平行方向よりも高いことから、磁気散乱が生じていると考えられる。母相は強磁性体であるため、この磁気散乱は、試料中に非磁性もしくは母相よりも小さな磁化を持つナノ構造が形成されていることを示唆する結果である。一方で、負荷の加わり方が異なる品質の散乱プロファイルを確認すると、

負荷の大きさと散乱強度の明瞭な関係を得ることができなかった。

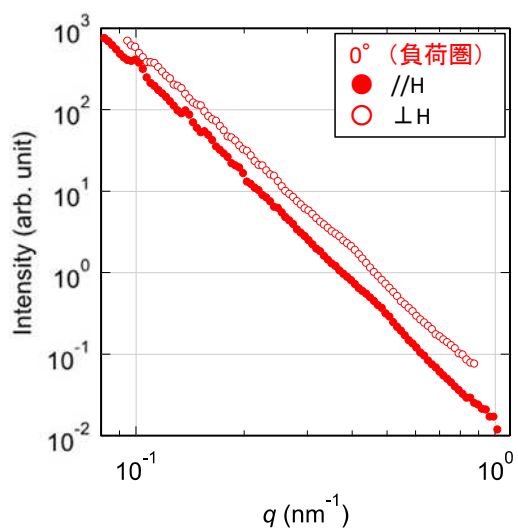


図 1 負荷圏における散乱プロファイル

4. Conclusion

前回の測定結果から、軸受鋼のマイクロ組織の測定が可能であるとの知見が得られていた。しかしながら、今回の測定は良好であったものの、結果は予想と反していて、理解ができていない。今後、同一組織で応力が異なるサンプルを測定する、残留 γ の形態や配向状態を観察するなど、多方面から測定、観察を実施し、考察を進めたい。