

論文内容の要旨

本論文は、潤滑不良条件下で転がり軸受の転動面に発生するピーリング(微小はく離の集合)のメカニズムとその寿命を予測する技術について論じたものである。また、ピーリングの対策技術としての黒染処理の効果についても考察を行っている。

第1章では緒論であり、研究の背景とピーリングに関する従来の研究について概説し、研究の目的を述べている。

第2章では、ピーリングの再現試験を行い、試験中に短い間隔で転動面の観察、表面粗さ測定、X線応力測定を行った結果に基づいてピーリングのき裂発生メカニズムの解明を行っている。また、黒染処理によって表面粗さのなじみが促進されるメカニズムと、それによるピーリングの抑制効果についても調査している。以上の結果、ピーリングの初期き裂が、運転中に相手面の表面粗さの突起が押し込まれることで形成された切欠き状の塑性変形部から発生することを明らかにしている。また、黒染処理品ではなじみ後の表面粗さの凹凸が無処理品と比較して小さくなだらかなるため、突起接触の過酷度が低下し、相手面の塑性変形が軽減されることでピーリングの抑制に繋がると説明している。そして、このなじみの促進が、黒染処理時に母材表面の凹凸が小さくなる現象と転動中に凸部の黒染層が摩耗することの両方の効果によってもたらされることを明らかにしている。

第3章では、第2章の実験で得られた結果と仮説について、試験中の転動面下の表層に作用した応力(表層応力)の推定値に基づいて再検討している。その結果、転動面の塑性変形によるピーリングの初期き裂の発生や、黒染処理品でなじみが促進され、突起接触の過酷度が低下することが表層応力の観点から見ても妥当であることを示している。また、表層応力の推定値を用いてピーリングのき裂進展メカニズムについても考察しており、ピーリングの初期き裂が、転動方向から約45°傾いた方向の最大せん断応力によって進展した可能性が高いことを述べている。なお、表層応力は境界要素法を用いた粗面の接触解析と二次元検出器を用いたX線残留応力測定の結果を組み合わせ推定されており、従来の研究で無視されることの多かったピーリングの発生に及ぼす残留応力の影響を考慮できるようにしている。

第4章では、様々な運転条件下で得られたピーリング寿命と運転中の表層応力の推定値に基づいてピーリングについてのS-N曲線を作成し、これに基づいてピーリング寿命を予測する方法を提案している。その結果、ピーリング寿命と表層応力の関係が一般的な両対数モデルのS-N曲線によって整理できること、ならびに、提案された寿命予測法によって様々な条件下でのピーリング寿命を従来の転がり軸受の寿命推定法と同等以上の精度でできることが示された。上記に加えて、表層応力の推定時に残留応力を考慮することが寿命予測精度に及ぼす影響についても検討されており、残留応力を無視した場合に予測精度が低下することが示された。

第5章は本論文の総括であり、第2~4章の研究成果をまとめている。