

氏名	阿野 亮介
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第5227号
学位授与の日付	平成27年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	鋼球の寿命特性に及ぼす熱処理と残留応力の影響に関する研究
論文審査委員	教授 藤井 正浩 教授 岡田 晃 教授 岡安 光博 准教授 木之下 博

## 学位論文内容の要旨

転がり軸受は、軸 (Shaft) とハウジング (Housing) との間に組み込まれて、転がり運動により回転部材 (通常は軸) を保持する重要な機械要素の一つであり、一般に、その構造は軌道輪 (内輪と外輪)、転動体 (玉またはころ) および保持器から構成され、使用されている転動体によって玉軸受ところ軸受に大別される。転がり軸受の中でも玉軸受の特徴は、玉と軌道輪が点で接触することから、摩擦が小さいという機械的性質と、静粛性に優れるという使用中の性能を有する反面、接触面積が小さいために荷重許容量は小さくなる。日本工業規格 JIS-B1511 には、転がり軸受総則として関連する様々な規格が規定されているが、本学位論文はその部品規格 JIS-B1501 玉軸受用鋼球について研究した内容である。

玉軸受 (深溝玉軸受) は前述の特徴を有しており、高速回転で使用される代表的な用途としては工作機械があり、また身近な家電製品としてはエアコンのファンモータに使用され、その鋼球には信頼性と音響特性が要求される。鋼球の音響特性に関しては、高精度 (限りなく真球に近い) であることは無論、製造工程内およびそれ以降の搬送や転がり軸受への組込時における圧痕の発生を抑えることも肝要であり、そのために鋼球の製造工程にはピーニング処理が含まれ、鋼球内部へ残留応力を予め付与し耐圧痕性を上げる必要がある。しかし、鋼球内部への過大な残留応力の形成は、内部起点型の損傷に対し転がり疲労寿命を短くし、信頼性を下げることが懸念されている。鋼球の信頼性と音響特性を両立することは相反する面もあるが、鋼球に対し信頼性を損なわない適度な残留応力の付加、すなわち、最適な残留応力分布形態といったところまで詳細な研究が行なわれていないのが現状である。

深溝玉軸受において回転中にラジアル荷重のみが作用する場合、軸受内には非負荷領域が存在し、その領域において鋼球は自転軸が変化する可能性が高い。そのため、内外輪と鋼球の繰返し応力を受ける体積増加を考えた場合、鋼球の転がり疲労寿命は内外輪と比較して長くなると考えられている。しかし、近年転がり軸受の使用環境はますます多様化・過酷化しており、特に自動車や産業機械用途においては小型化・高出力化に伴い、鋼球はより高負荷な環境下で使用され、鋼球の信頼性向上は重要な課題である。

本研究は転がり軸受のより高い信頼性を追及したもので、これまであまり報告されてこなかった玉軸受に使用される鋼球に着目し、様々な熱処理特性および残留応力分布を有する鋼球を製作し、それらの転がり疲労寿命特性を曾田式変動荷重寿命試験機で比較検討した。その結果から、鋼球の転がり疲労寿命特性に対する最適な熱処理条件の指針を示し、硬さ、圧砕強度、半価幅、残留オーステナイト量、残留炭化物面積率、旧オーステナイト結晶粒径といった様々な諸因子の影響を調査することで立証した。また、鋼球の転がり疲労寿命特性に対する最適な残留応力分布形態についても言及し、さらに、転がり疲労過程における残留応力の経時変化を接線方向と半径方向について詳細に観察し、鋼球のはく離のメカニズムについて考察した。

## 論文審査結果の要旨

本研究は、転がり軸受のより高い信頼性を追及するため、これまであまり報告されてこなかった玉軸受に使用される鋼球に着目し、様々な熱処理特性および残留応力分布を有する鋼球を製作し、それらの転がり疲労寿命特性を比較検討している。その結果から、鋼球の転がり疲労寿命特性に対する最適な熱処理条件の指針を示し、硬さ、圧砕強度、半価幅、残留オーステナイト量、残留炭化物面積率、旧オーステナイト結晶粒径といった様々な諸因子の影響を調査することで立証している。また、鋼球の転がり疲労寿命特性に対する最適な残留応力分布形態についても言及し、さらに、転がり疲労過程における残留応力の経時変化を接線方向と半径方向について詳細に観察することで、鋼球のはく離のメカニズムについて考察している。

主な成果は、転がり軸受の使用環境が今後ますます多様化・過酷化していく状況において、使用される鋼球の信頼性を損なわないための最適な熱処理特性および熱処理条件の指針を示し、また、鋼球の耐圧痕性にとって必要不可欠な接線方向の圧縮残留応力が、一方では信頼性を下げることが様々な初期（転がり疲労前）の残留応力分布形態に対して明らかにした。さらに、鋼球のはく離のメカニズムについて、寿命過程での半径方向の引張残留応力変化から考察し、総合的に鋼球にとって最適な残留応力分布形態を考察した。

本論文で得られたこれらの知見は、鋼球ならびに転がり軸受の高信頼性化のために重要なものであり、工学的のみならず実用的にも非常に有益なものであり、工学の学位に十分値すると認められる。