九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

高炭素クロム軸受鋼の繰返し焼入れと疲労起点介在物に関する基礎的研究

溝部，浩志郎

https://hdl.handle.net/2324/1398358

出版情報：九州大学，2013，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

（別紙様式２）

区　分	甲	氏　名	溝部　浩志郎
論文題名 高炭素クロム軸受鋼の繰返し焼入れと疲労起点介在物に関する基礎的研究			

論文内容の要旨

現在の日本のエネルギー問題は 2011 年に発生した東日本大震災以来年々深刻化しており，省エネルギーのための新たな技術開発は喫緊の課題である．省エネルギーの方法の 1 つとして，機械部品の小型化がある．産業界全体で使用されている機械部品の中で，重量比で大きな割合を占める強度部材が小型化することで，省エネルギー効果が大きくなる．しかし，過酷な条件で使用されることが多い強度部材には高い強度が求められる上に，構成部品全体としては安価である必要がある．現在この価格条件を含めた新たな小型化手法が求められている．

そこで本研究では，繰返し焼入れを用いて高炭素クロム軸受鋼の材料組織を変化させた．この繰返し焼入れは，主に炭素量 0.2-0.5%を含む炭素鋼で発展してきた手法であり，炭素量が 1%程度の高炭素クロム軸受鋼については比較的研究が少ない．本研究では，介在物起点による疲労破壊と繰返し焼入れ組織の関係に関する基礎的な知見を得ることを目的として，製造方法の異なる 2 つの軸受鋼について検討を行った．まず，酸化物系介在物の影響を調べるため，化学的成分を調整した高炭素クロム軸受鋼について研究を行い，材料組織の微細化により疲労寿命が向上することを明らかにした．次に，市販されている高炭素クロム軸受鋼について研究を行った．その結果，同じ材料でも，1 回焼入れでは寸法の大きい Al_2O_3 介在物，3 回焼入れでは寸法の小さい TiN 介在物が支配的な破壊起点介在物となることを発見し，そのメカニズムについて検討した．

第 1 章では鋼の焼入れ技術に関する歴史の変遷をまとめ，次に本研究で研究対象とした高炭素クロム軸受鋼の疲労挙動と繰返し焼入れの特徴を示し，本研究の目的と第 2 章以下の構成を述べた．

第 2 章では破壊起点介在物として Al_2O_3 介在物が支配的となるよう，鋼中の酸素量を増やし，窒素量を低下させた供試材に対して 3 回焼入れを行った．その結果，

１回焼入れを行った供試材と比較して旧オーステナイト粒が微細化した．また，回転曲げ疲労試験を行ったところ，繰返し焼入れにより疲労強度が向上した．さらに，残留オーステナイト量の測定を行ったところ，残留オーステナイト量は繰返し焼入れによって増加した．これは，繰返し焼入れにより，硬さを維持したまま残留オーステナイト量を向上させることができることを示唆している．しかしながら，回転曲げ疲労試験後の試験片では残留オーステナイト量が減少した．

第 3 章では市販の高炭素クロム軸受鋼に対して 3 回焼入れを行った．１回焼入れを行った供試材と比較して旧オーステナイト粒が微細化した．次に，回転曲げ疲労試験を行った結果，通常の焼入れを施した軸受鋼と繰返し焼入れを施した軸受鋼では，破壊起点非金属介在物の種類が異なった．そこで，ビッカース硬さと介在物寸法を加味した修正 *S-N* 線図，ビッカース硬さと Optical Dark Area(ODA)寸法を加味した修正 *S-N* 線図において疲労寿命を整理したところ，疲労寿命が異なる Al_2O_3 介在物と TiN 介在物で整理される 2 つのグループが存在した．また疲労試験後の試験片の残留オーステナイト量測定を行い，第 2 章で述べた疲労による残留オーステナイト量の減少と合わせて考察を行った．その結果，回転曲げ疲労における残留オーステナイト量の減少は，転がり疲労にも匹敵するほど大きいことを明らかにした．

第 4 章では市販の高炭素クロム軸受鋼に対して，焼入れと焼戻しを交互に 3 回繰返した．その結果，3 回焼入れ 1 回焼戻しを施した市販鋼と同程度に旧オーステナイト粒が微細化した．さらに，焼入れと焼入れの間に焼戻しを行うことは，破壊起点介在物の種類には大きな影響を及ぼさないことを明らかにした．

第 5 章では，調整鋼と市販鋼について，電子線後方散乱回折法(EBSD)を用いた観察を行った結果，非金属介在物から十分離れた場所のマルテンサイトブロックの大きさは繰返し焼入れにより微細化することを明らかにした．しかしながら，TiN 介在物周辺の粗大なマルテンサイトブロックの大きさは，微細化しないことがあった．このことから，繰返し焼入れによる破壊起点介在物の変化に対して，介在物周辺のマルテンサイトブロックの大きさの微細化の度合いが重要である可能性を指摘した．

第 6 章では本論文の総括を述べた．