

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名 久保田 剛^{くぼた つよし}

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 博乙第446号

学位授与年月日 令和元年9月13日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学
学位規則第5条第2項

学府・専攻名 理工学府 機械・材料・海洋系工学専攻

学位論文題目 モーターサイクル用コネクティングロッド高性能化のための材料と成形および熱処理法の開発 (Research and development of materials, forming and heat treatment for high-performance connecting rods of motorcycles)

論文審査委員 主査 横浜国立大学 梅澤 修 教授
横浜国立大学 廣澤 涉一 教授
横浜国立大学 中尾 航 教授
横浜国立大学 高橋 宏治 教授
横浜国立大学 長谷川 誠 准教授

論文及び審査結果の要旨

本論文は、モーターサイクル用コネクティングロッドに対する要求機能に着目し、それらを従来にない水準まで向上させるための加工、成形手法および熱処理手法について一連の研究成果をまとめたものである。論文は全7章で構成される。

第1章では、モーターサイクル用コネクティングロッドの要求機能とそれを向上させるための手法について従来の知見をまとめ、本研究の目的を述べた。

第2章では、モーターサイクル用として一般的な肌焼鋼浸炭焼入れコネクティングロッドに対して、摺動部の摩擦によるエネルギー損失(以下摩擦ロスと呼ぶ)低減と小型化を目的とした大端破断割り工法(以下FS工法と呼ぶ)を成立させるための基礎研究を行った。実部品で吸収エネルギーの脆性遷移を示し、実工法に反映させるために温度と仮想歪速度に対する脆性遷移線を示した。また、脆性破断面の発生起点を非線形シミュレーションにより解析し、実工程との相関を示した。

第3章では、軽量化を目的としたチタン合金の適用に対し、同材料の課題である縦弾性係

数の不足を補うことを目的として、チタン合金での FS 工法の適用を検討した。基礎物性として疲労強度および縦弾性係数を示した上で、FS 工法を成立させるための脆性遷移線と、熱間鍛造を行うための高温高速変形時の機械特性や組織変態後の疲労強度の変化を示し、従来材である肌焼鋼浸炭焼入れ材と比較した。さらにチタン合金のもうひとつの課題である摩擦磨耗特性について、基礎評価および実体評価を行うことで、アーカイオンプレーティング法による CrN 被膜で実部品の機能を成立できることを示した。

第 4 章では、肌焼鋼浸炭焼入れに比べて高疲労強度化が可能となる窒素ポテンシャルを制御したガス窒化について、強度発現メカニズムとともに破損時の挙動について研究した。疲労破断面の解析および亀裂観察により、 ϵ 相が主体である化合物層では ΔK_{th} が疲れ限度を決めるのに対し、 γ 相を主体とする化合物層では初期亀裂の発生が疲れ限度を決めることを考察した。窒化の化合物層の疲労強度は肌焼き鋼浸炭焼入れ材よりも微小亀裂の影響を受けやすく、特に γ 相を主体とする化合物層では、微小亀裂の発生が直ちに最終破断に至ると考えられる。

第 5 章では、ニードルベアリングを用いて摩擦ロス低減を実現する際に課題となる耐フレーキング面圧の向上を目的として、真空高濃度浸炭窒化の適用を検討した。結晶粒界での炭化物の粗大化は高濃度浸炭工程で炭素濃度がオーステナイトの炭素固容量を超えることが原因であり、平均結晶粒径の微細化がリファイニング工程の処理温度 1153 K にて可能であることを示した。さらに浸炭窒化プロセスで窒素濃度を高くするには、アンモニア注入の停止期間を設定することの効果が高いことを示した。これらの処理により、真空高濃度浸炭窒化の転動疲労寿命は、従来のガス浸炭に対して約 6 倍、ガス高濃度浸炭窒化に比べて約 1.7 倍を得ることに成功した。

第 6 章では、フレーキング現象が発生しない最大のヘルツ応力を求め、できるだけ小型の設計を可能とするための手順を提案した。累積破損確率 50% の寿命 (L50) における S-N カーブを示し、市場を想定した低破損確率での寿命を予測する手法を提案した。

第 7 章では、各章で得られた成果を総括して述べた。

2019 年 7 月 30 日(火) 9:30 より機械工学材料棟 421 室において、久保田剛氏の学位論文発表会を実施した。引き続き 10:40 より同 421 室において審査委員全員出席のもとに審査会を開催した。提出された学位論文の内容、学位論文を構成する査読付き投稿論文、学位論文発表会での発表ならびに質疑応答についての審査を行った。本論文はコネクティングロッドの要求機能に沿った新たな加工方法および熱処理手法を明らかとし、学術的価値は高い。そして、本論文の内容は、輸送機器用エンジンで用いられるコネクティングロッドへの工学的実用性に貢献するところが大きく、博士(工学)の学位論文として十分な価値がある。したがって、提出論文は学術的に十分価値のある内容を有しており合格と判定した。なお、著作権保護への配慮は十分であることを確認した。次に、学位論文に関連する分野の科目について博士(工学)の学位を得るにふさわしい学力を有するかについて審査し、合格と判定した。外国語については、国際会議発表の経験があることから十分な学力を有すると判定し

た。以上により、審査委員全員一致して最終試験は合格であると判定した。