

2021年 2月 16日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学専攻  
学位審査委員会  
委員長

佐藤 海二



## 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	岡田 一晃		学籍番号	第 169102 号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学専攻	
博士学位 論文名	浸炭と二次加熱・焼入れによる複合熱処理した肌焼鋼の機械的性質 ( Mechanical Properties of Case Hardening Steels Subjected to Combined Heat Treatment with Excess Carburizing and Subsequent Heating and Quenching )			
論文審査の 期間	2021年 1月 14日 ~ 2021年 2月 16日			
公開審査会 の日	2021年 2月 16日	最終試験の 実施日	2021年 2月 16日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	三浦 博己			
委員	伊崎 昌伸		戸高 義一	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

近年、自動車の電動化が進んでおり、オートマチックトランスミッション（AT）部品である歯車や軸受は衝撃特性や曲げ疲労特性、転動疲労・摩擦特性の力学特性向上が求められている。そのため、浸炭処理は共析組成から過共析組成へと炭素濃度を高めた高濃度浸炭に移行している。本論文は、高濃度真空浸炭と二次加熱・焼入れ（高周波焼入れ、雰囲気炉焼入れ）の複合熱処理により、それぞれが互いに影響し合う組織因子を制御した肌焼鋼について、衝撃特性、曲げ疲労特性、摩擦特性を同時に向上し得る熱処理条件と組織の設計指針を提案することを目的に行なったものであり、全8章から構成されている。

第1章は、AT部品である歯車や軸受の材料・熱処理技術の動向・課題および本研究で実施する複合熱処理の優位性について記述し、本研究の背景と目的を述べている。第2章は、本研究で使用する基本的な実験手法について説明している。第3章、第4章は、複合熱処理した肌焼鋼について計装化シャルピー衝撃試験を実施し、衝撃特性や脆性亀裂発生と伝播挙動について述べている。第3章では高周波焼入れを、第4章では雰囲気炉焼入れを行なった肌焼鋼について調査し、二次加熱・焼入れ条件と組織（炭素の固溶、残留 $\gamma$ （オーステナイト）、未固溶 $\theta$ （セメントライト）など）の影響について検討している。第5章、第6章は、複合熱処理した肌焼鋼の曲げ疲労特性について述べている。第5章では高周波焼入れを、第6章では雰囲気炉焼入れを行なった肌焼鋼について調査し、二次加熱・焼入れ条件と組織の影響について、高応力低サイクル疲労破壊を示す亀裂発生過程と低応力高サイクル疲労破壊を示す亀裂伝播過程の観点から検討している。第7章は、高濃度浸炭、塑性変形プロセス、高周波焼入れによる複合加工熱処理した肌焼鋼の摩擦特性について、油潤滑下での微細組織が摩擦特性に及ぼす影響について検討している。第8章は、本研究で得られた成果をまとめるとともに、衝撃特性、曲げ疲労特性、摩擦特性を同時に向上し得る熱処理条件と組織の設計指針を提案している。

## 審査結果の要旨

自動車のAT部品（歯車や軸受など）の軽量化のために、高濃度浸炭の適用が進んでいる。しかしながら、先行研究において転動疲労特性や摩擦特性の向上は報告されているものの、導入が進む電気自動車の歯車や軸受に要求される衝撃特性や曲げ疲労特性の両立が課題であった。その課題解決のために、これまで残留 $\gamma$ や $\theta$ の組織因子に着目した研究はあったが、残留 $\gamma$ や $\theta$ の量のみに着目しており、相互作用のあるその他の組織因子への影響にまで着目した研究は少なく、本質的な課題解決に至っていなかった。

学位申請者 岡田君は、それぞれが互いに影響し合う組織因子を、高濃度真空浸炭と二次加熱・焼入れ（高周波焼入れ、雰囲気炉焼入れ）の複合熱処理により制御できることを示した。真空浸炭により粒界酸化の無い過共析炭素濃度の表層を形成でき、また、二次加熱温度や保持時間、焼入れ冷却速度の制御により異なる炭素の固溶、拡散状態や微細組織（残留 $\gamma$ 、未固溶 $\theta$ など）を精緻に設計できることを明らかにした。これらの複合熱処理の特長を活かして、それぞれの組織因子が衝撃特性と曲げ疲労特性に及ぼす個々の影響と関連し合っ生じる影響を系統的に明らかにした。また、塑性変形プロセスを取入れた複合加工熱処理により、微細組織化することで油潤滑下での摩擦特性を向上できることを明らかにした。これらの成果に基づいて、衝撃特性、曲げ疲労特性、摩擦特性を同時に向上できる熱処理条件と組織の設計指針を提案した。

本研究にて提案した熱処理条件と組織の設計指針により、従来材と比べて、衝撃特性と曲げ疲労特性はそれぞれ20%向上し、また、摩擦係数は21%の低減に成功した。

以上の成果は、関連分野における学術的・工学的貢献とともに、産業応用上の高い貢献性を有するものであり、博士（工学）の学位論文として相応しいものと判定した。

（各要旨は1ページ以上可）