

学位論文及び審査結果の要旨

氏名	山田 明德 (ヤマダ ヨシトミ)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工府博甲第626号
学位授与年月日	令和2年9月30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1項
学府・専攻名	工学府・機能発現工学専攻
学位論文題目	窒化鋼の疲労強度に及ぼす表面化合物層のき裂と結晶構造の影響 (Effects of crack and crystal structure of surface compound layer on fatigue strength of nitrided steels)
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 高橋 宏治 横浜国立大学 教授 岡崎 慎司 横浜国立大学 教授 澁谷 忠弘 横浜国立大学 准教授 笠井 尚哉 横浜国立大学 准教授 松澤 幸一

論文及び審査結果の要旨

車両の低燃費化は重要な課題であり、部品の軽量化・高強度化が求められている。窒化処理は、部品の疲労強度や耐摩耗性を向上に加えて、熱処理ひずみが極めて少ないためという利点を持つため、クランクシャフトや歯車などの部品の高強度化に使用されている。しかし、複雑形状の部品に窒化処理を適用し、許容範囲以上の熱処理変形が発生した場合には曲げ矯正が必要となる。曲げ矯正により窒化鋼の化合物層に発生したき裂が疲労強度に及ぼす影響を明らかにできれば、適切な矯正範囲が選択可能となる。

近年、化合物層の結晶構造を制御することが可能となっており、従来のε相からγ'相にすることで、曲げ疲労強度が大きく向上することが報告されている。しかし、自動車部品の多くは曲げだけでなく、ねじりも作用するため、化合物層の結晶構造がねじり疲労強度に及ぼす影響を明らかにする必要がある。そこで本研究では、窒化処理を行った自動車部品の高強度化・信頼性向上を達成するために、以下の(a)および(b)の目的を設定した。

- (a)化合物層に生じたき裂が曲げ疲労強度に及ぼす影響の定量化
- (b)化合物層の結晶構造がねじり疲労強度に及ぼす影響の解明

上記の(a)については、軟窒化処理を行った炭素鋼に、深さが異なるき裂状の半円スリットを導入し、曲げ疲労試験を行った。実験的に無害化可能となる表面欠陥寸法を評価するとともに、応力拡大係数と下限界応力拡大係数範囲の関係より疲労限度上無害化可能な表面欠陥寸法を予測した。実験値と予測結果の比較から、予測方法の妥当性を検証した。その結果、化合物層内に生じた表面き裂は曲げ疲労限度に影響を及ぼさないことが明らかとなった。

上記の(b)については、化合物層の結晶構造がそれぞれ γ' 相主体と ϵ 相主体となる炭素鋼および合金鋼の試験片を用いて、ねじり疲労試験を行った。さらに、表面から深さ方向への硬さと残留応力の分布から、局所ねじり疲労限度を予測する手法を提案した。予測した局所ねじり疲労限度と疲労試験時の負荷応力の分布を比較することにより、疲労破壊機構について検証した。その結果、き裂発生起点が表面近傍となった炭素鋼の場合には、ねじり疲労限度は γ' 相主体の方が ϵ 相主体のものよりも高くなることが明らかとなった。しかし、き裂発生起点が内部となった合金鋼では、ねじり疲労限度に対して化合物層の結晶構造の違いは大きな影響を及ぼさないことが明らかとなった。

以上の内容は、博士（工学）として価値あるものとして判断した。