Thesis Title	Investigation of Fatigue Crack Initiation in Microstructure of High Strength Steel Automotive Parts
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Jarudate Yuenyong
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Dr. Vitoon Uthaisangsuk Dr. Sutee Olarnrithinun Prof. Dr. Naoto Ohtake
Program	Master of Engineering
Field of Study	Automotive Engineering
Department	Mechanical Engineering
Faculty	Engineering
Academic Year	2019

Abstract

Crack initiation in low cycle fatigue (LCF) condition belongs to one of the crucial issues of several automotive components since it could lead to a severe and sudden failure. In this work, cyclic behaviour and fatigue crack initiation in dual phase (DP) steel grade 590 were characterized by means of experiments and micromechanics FE framework. First, strain-controlled tension-compression tests were performed for obtaining the stress-strain responses of examined steel up to the saturation state. Subsequently, representative volume element (RVE) simulations on the microstructure level under cyclic load were correspondingly carried out, in which material parameters of Chaboche kinematic hardening model were determined for each individual phases. In addition, RVE simulations coupled with damage model based on the accumulated inelastic hysteresis energy were conducted in order to describe crack onset mechanism in the microstructure. The damage parameters were calibrated with experimentally identified strain-life curves for the crack initiation. Effects of pre-straining on crack occurrence of steel under LCF regime were also studied. It was found that micro-cracks basically emerged in ferrite and continuously propagated through the ferritic region and interfaces between ferrite and martensite during the cyclic load. The observed crack development and resulting number of cycle could be well predicted by the introduced modelling approach. Nevertheless, the studied method was applied to the suspension part to investigate crack initiation. Its predicted results could be used as a basic guidance for engineering design.

Keywords: Chaboche Hardening Model/ Crack Initiation/ Dual Phase Steel/ Hysteresis Energy Criterion/ Pre-Straining

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาลักษณะความเสียหายในระดับโครงสร้างจุลภาคเนื่องจากความล้าของการใช้งานเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงในชิ้นส่วนรถยนต์
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายจารุเดช ยืนยง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.วิทูร อุทัยแสงสุข ดร. สุธีร์ โอฬารฤทธินันท์ Prof. Dr. Naoto Ohtake
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมยานยนต์
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

การเกิดรอยร้าวขึ้นสำหรับการใช้งานภายใต้สภาวะความล้าที่รอบต่ำเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญสำหรับการใช้งานชิ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากรอยร้าวสามารถนำไปสู่ความเสียหายของชิ้นส่วนนั้นๆได้ สำหรับงานวิจัยนี้พฤติกรรมของภาระโหลดแบบกลับไปกลับมาและรอยร้าวที่เกิดขึ้นในเหล็กกล้าสองเฟสความแข็งแรงสูงเกรด DP590 ได้ถูกทำการศึกษาผ่านการทดลองและแบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์ การทดสอบแบบดึงกดภายใต้การควบคุมความเครียดได้ถูกนำมาใช้เพื่อพิจารณากราฟความเค้น-ความเครียดของเหล็ก DP590 ณ สภาวะอิ่มตัว นอกจากนั้นแบบจำลอง Representative Volume Element (RVE) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพิจารณา material parameters ของเฟสเฟอร์ไรต์และเฟสมาร์เทนไซต์โดยใช้ Chaboche kinematic hardening model หลังจากนั้นแบบจำลอง RVE พร้อมกับทฤษฎีทำนายความเสียหาย hysteresis energy criterion ถูกเข้ามามีส่วนร่วมในการทำนายการเกิดรอยร้าวในระดับจุลภาค โดย parameters ของทฤษฎีทำนายความเสียหายนี้ถูกคำนวนจากปรับเทียบกับผลการทดลองของกราฟความเครียด-จำนวนรอบที่เกิดรอยร้าวขึ้นในวัสดุ นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของการ pre-strain ภายใต้การรับโหลดแบบกลับไปกลับมาของสภาวะความล้าที่รอบต่ำที่ส่งผลต่อการเกิดรอยราวในวัสดุ จากการศึกษา พบว่า รอยร้าวที่เกิดในระดับจุลภาคภายใต้การรับภาระโหลดแบบกลับไปกลับมาเริ่มเกิดขึ้นในเฟสเฟอร์ไรต์ และแพร่กระจายผ่านบริเวณที่เป็นเฟสเฟอร์ไรต์และระหว่างบริเวณรอยต่อของเฟสเฟอร์ไรต์และมาร์เทนไซต์ นอกจากนั้น พบว่าจำนวนรอบที่เกิดรอยร้าวระหว่างการทดสอบจริงและการทำนายโดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์มีความสอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามกระบวนการทำนายรอยร้าวที่ศึกษาในการวิจัยนี้ถูกประยุกต์ใช้กับ

ชิ้นส่วนยานยนต์ที่อยู่บริเวณช่วงล่างเพื่อทำนายการเกิดรอยร้าว โดยผลการทำนายนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบวิศวกรรม

คำสำคัญ : การเกิดรอยร้าว/ เหล็กกล้าสองเฟสความแข็งแรงสูง/ Chaboche hardening model/ Hysteresis energy criterion/ Pre-strain