Project Code: TRG5880258
(รหัสโครงการ)

Project Title: แบบจำลอง micromechanics สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด X65
(ชื่อโครงการ)

Investigator: นายวิทูร อุทัยแสงสุข มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
(ชื่อนักวิจัย)

E-mail Address: vitoon.uth@kmutt.ac.th

Project Period: 2 ปี
(ระยะเวลาโครงการ)

บทคัดย่อ

เหล็กท่อส่งก๊าซความแข็งแรงสูงถูกนำมาใช้เพิ่มมากขึ้นเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งเชื้อเพลิงเนื่องจากมีความแข็งแรงและความสามารถในการดูดซับพลังงานที่สูงทำให้สามารถออกแบบให้ใช้ท่อที่มีขนาดที่เล็กลงได้ สมบัติทางกลของเหล็กชนิดนี้มีผลมาจากโครงสร้างจุลภาคและลักษณะ anisotropic ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต การไม่พิจารณาปัจจัยเหล่านี้ในการออกแบบระบบท่อส่งก๊าซ สามารถนำไปสู่ความเสียหายของท่อส่งก๊าซก่อนเวลาอันควร ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษา anisotropy ของท่อส่งก๊าซโดยใช้การทดลองร่วมกับการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ multi-scale โดยพิจารณาถึงโครงสร้างจุลภาคที่แตกต่างกันของบริเวณตรงกลางความหนาและบริเวณผิวของท่อด้วย โครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวของท่อประกอบด้วยเฟสเฟอร์ไรท์และเฟสเบนไนท์ ขณะที่โครงสร้างจุลภาคบริเวณตรงกลางของท่อประกอบด้วยเฟสเฟอร์ไรท์ เฟสซีเมนไทท์และเฟส M/A ทำการทดสอบแรงดึงชิ้นงานที่เตรียมจากบริเวณทั้งสองในทิศทางต่างๆ และได้นำแบบจำลอง representative volume element (RVE) แบบสามมิติ มาใช้เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของส่วนประกอบต่างๆในโครงสร้างจุลภาคของเหล็ก พบว่ากราฟความเค้น-ความเครียดของท่อภายใต้การรับแรงในทิศทางต่างๆที่ทำนายด้วยแบบจำลอง RVE นั้นสอดคล้องกับผลจากการทดลอง หลังจากนั้นจึงได้ทำแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ multi-scale สำหรับกรณีการทรุดตัวของท่อส่งก๊าซ โดยใช้แบบจำลองท่อสองรูปแบบ คือ ท่อที่นิยามสมบัติทางกลที่เหมือนและต่างกันให้กับบริเวณผิวและตรงกลางของความหนาของท่อ ศึกษาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดที่บริเวณต่างๆของท่อ นอกจากนี้ยังได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง Gurson-Tvergaard-Needleman (GTN) เพื่ออธิบายกลไกความเสียหายของท่ออีกด้วย

คำหลัก: ท่อส่งก๊าซ เกรด X65; กลศาสตร์จุลภาค; การจำลองหลายระดับ; Anisotropy; แบบจำลอง GTN

Abstract

High strength pipeline steels have been increasingly applied for cost reduction of fuel transportation due to their excellent strength and toughness. The mechanical properties of such steels are influenced by microstructure and anisotropic characteristics, which were formed during the production. Neglecting these factors by designing pipeline system can lead to earlier susceptible pipe failure. In this work, the anisotropies of pipeline steel grade X65 were investigated by experiments and finite element (FE) based multi-scale modeling. Different microstructures at the center and skin of the pipe were considered. Tensile tests of specimens extracted from both regions under varying orientations were performed. The microstructure of pipe skin consisted of ferrite and lower bainite, whereas the central microstructure contained ferrite, cementite and M/A phase. FE simulations of 3D representative volume element (RVE) models were conducted to investigate effects of the existing phases. The anisotropic flow stress curves of the pipe predicted by the RVE approach fairly agreed with the experimental results. Afterwards, multi-scale FE simulations of pipeline subsidence were carried out. Two pipe conditions, namely, the skin and center area defined with the same and different properties were studied. The local stress and strain distributions of deformed pipe in different regions were compared and analyzed. Finally, the ductile fracture mechanism of examined pipeline steel was predicted by the Gurson-Tvergaard-Needleman (GTN) damage model.

Keywords: X65 pipeline steel; Micromechanics; Multi-scale modeling; Anisotropy; Flow stress

Objectives

1. To investigate local microstructure and mechanical properties of high strength pipeline steels grade X65.
2. To generate multi-scale model for pipeline steel based on observed microstructure characteristics.
3. To determine the critical areas of pipeline under application load by means of FE RVE model.
4. To apply the GTN damage model for predicting local failure behavior of pipeline steel.