

การปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาการลดความเข้มข้นของความเค้นสำหรับหัวจับเครื่อง ทดสอบแรงดึงโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Parameter Variation to Study Stress Concentration Relief for Gripping Head of Tensile Test Machine by Finite Element Analysis

ฐานิส ทวีวัฒนาพันธ์, ณัฐนันท์ คงทน และ พิชราภรณ์ บุญยานิชกุล*

ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน
ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

*phacharaporn.b@ku.ac.th, 027970999 ต่อ 1717, 025798570

บทคัดย่อ

การทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบพื้นฐานที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งที่ใช้ทดสอบเพื่อหาสมบัติทางกลของวัสดุต่าง ๆ ซึ่งโดยปกติการทดสอบแรงดึงจะใช้ทดสอบชิ้นทดสอบที่มีขนาดตามที่มาตรฐานในการทดสอบกำหนดไว้ โดยงานวิจัยนี้เริ่มจากศึกษาความเสียหายเนื่องจากการใช้งานที่ไม่สมมาตรของหัวจับของเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (universal testing machine) ของเครื่อง Testometric รุ่น M500-50CT ของภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ จากนั้นจึงเริ่มออกแบบหัวจับใหม่โดยทำแบบจำลองชิ้นส่วนต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นหัวจับด้วยโปรแกรม CATIA และทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยทำการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ที่ทำให้บรรเทาความเข้มข้นของความเค้นในระหว่างการใช้งาน ได้แก่ การปรับรัศมีของรอยเชื่อมวงแหวน (fillet) การลบมุม (chamfer) และการปรับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ พบว่าการออกแบบหัวจับโดยการลบมุมที่ 45 องศา รัศมีความโค้งที่ 2.5 mm และการใช้วัสดุที่มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวของหัวจับและแผ่นจับชิ้นทดสอบที่ 0.30 ทำให้ค่าความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นที่สกรูและบริเวณปลายด้านบนของหัวจับมีค่าลดลงมากกว่า 85% โดยวิเคราะห์ภายใต้ภาระกรรมที่กระทำกับหัวจับมีค่าเดียวกันที่ 40 กิโลนิวตัน ซึ่งเป็นค่าแรงประมาณ 80% ของภาระกรรมสูงสุดของเครื่องทดสอบ

คำหลัก: การทดสอบแรงดึง เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ หัวจับของเครื่องทดสอบ

Abstract

Tensile testing is one of the most important tests of all fundamental testing used to identify mechanical properties of materials. Basically, tensile test will use a standardize sample cross section to be tested following the procedures indicated in standard test method. This paper begins from identifying the failure occurred to the gripping head. This failure comes from the unsymmetrical use of gripping head of Testometric Universal Testing Machine model M500-50CT belonged to the Department of Aerospace Engineering. Then, failure parts were redesigns by use of CATIA software to vary parameters in order to relief its stress concentration. The variable parameters are fillet, chamfer, and friction coefficient. These parameters were varied and studied with SolidWorks software. The results show the stress concentration

can be reduced 85% by using 45° of chamfer, 2.5 of filler radius, and 0.3 of friction coefficient with 40 kN which is 80% of the maximum force of the machine.

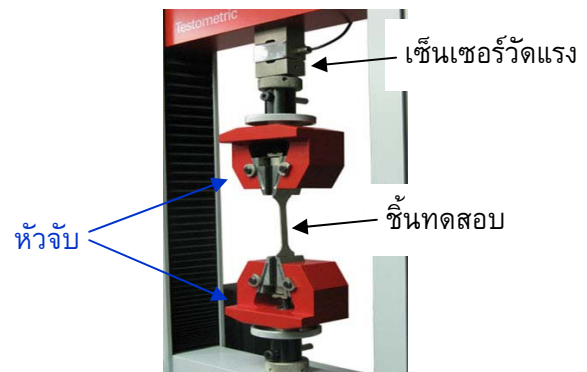
Keywords: Tensile testing, Universal testing machine, Gripping head.

1. บทนำ

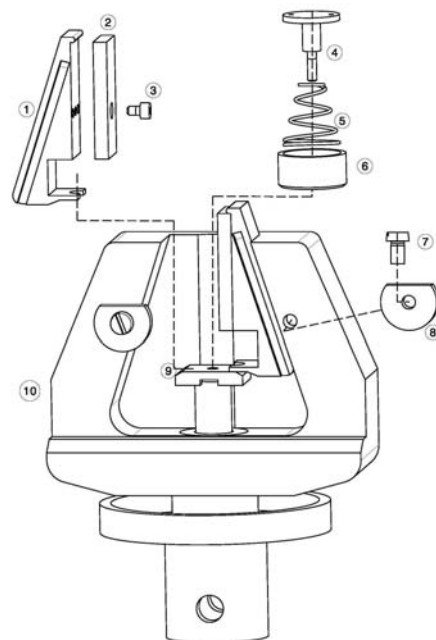
สมบัติเชิงกลของวัสดุเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุแต่ละประเภทที่สนองตอบต่อแรงภายนอกต่างๆ ที่มากระทำต่อวัสดุนั้นๆ ซึ่งมีความสำคัญอันดับต้นๆ ของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เนื่องจากการใช้งานวัสดุในโครงสร้าง อาทิเช่น เครื่องจักรกล ยานพาหนะ อาคาร เป็นต้น มีความต้องการข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการทดสอบวัสดุ เพื่อให้สามารถทำนายประสิทธิภาพในการรับแรงได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้ หรือตามมาตรฐานในการใช้งานเพราะความเสียหายทางโครงสร้างมีผลกระทบต่อชีวิตและความปลอดภัยของผู้ใช้ การทดสอบเพื่อหาสมบัติทางกลนั้นมีหลายประเภท ได้แก่ การทดสอบแรงดึง การทดสอบแรงกด การทดสอบหาความแข็งของวัสดุ การทดสอบการกระแทก เป็นต้น [1-4] โดยระหว่างการทดสอบทั้งหมดที่กล่าวถึงนี้ในการทดสอบเบื้องต้นต่างๆ ไปใช้การทดสอบแรงดึงเพื่อหาสมบัติทางกล นั่นคือ มอดูลัสความยืดหยุ่น สัดส่วนปัวซองส์ ความเค้นคราก ความเค้นสูงสุด และค่าที่เกี่ยวข้องกับการเสียรูปในช่วงพลาสติกของวัสดุ ในระหว่างการทดสอบที่เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบแรงดึงขึ้นทดสอบที่มีขนาดตามมาตรฐานที่ถูกติดตั้งระหว่างหัวจับ (gripping head) ของเครื่องทดสอบเอนกประสงค์จะได้รับแรงดึงจนขาดออกจากกัน (รูปที่ 1) การบันทึกค่าแรงและระยะยืดจะถูกนำไปคำนวณหาความเค้นและความเครียดเพื่อหาสมบัติทางกลดังที่ได้กล่าวถึงข้างต้น

การประกอบเข้าด้วยกันของชิ้นส่วนต่างๆ ของหัวจับขึ้นทดสอบทั้งหมด 10 ชิ้นแสดงให้เห็นในรูปที่ 2 จะเห็นว่าการประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ชิ้นส่วนหมายเลข 2 ประกบกับชิ้นทดสอบในระหว่างการออกแรงดึงที่ส่งผ่านจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างชิ้นทดสอบและชิ้นส่วนหมายเลข 2 จากนั้นชิ้นส่วน

หมายเลข 1 จะรับแรงต่อเพื่อส่งผ่านไปสู่อินสแตนท์ หมายเลข 10 ที่เชื่อมต่อโดยตรงกับเซ็นเซอร์วัดแรง (load cell) ทำให้การถ่ายทอดแรงจากความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานเข้าสู่เครื่องมือวัดเป็นไปอย่างถูกต้องสำหรับชิ้นส่วนอื่นๆ โดยรวมมีการใช้งานเพื่อช่วยให้ชิ้นส่วนหมายเลข 1 ได้รับการวางในตำแหน่งที่สามารถส่งผ่านแรงได้อย่างเต็มที่

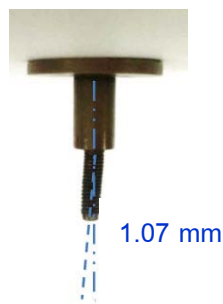


รูปที่ 1 การติดตั้งชิ้นทดสอบแรงดึงระหว่างหัวจับ [5]



รูปที่ 2 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของหัวจับเครื่องทดสอบเอนกประสงค์เข้าด้วยกัน

ทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะเห็นว่าชิ้นส่วนที่มีความสำคัญของเครื่องทดสอบแรงดึง คือ หัวจับที่ได้รับการออกแบบให้ถ่ายทอดแรงจากความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานเข้าสู่เซ็นเซอร์วัดแรง (load cell) ที่เชื่อมต่อกับชิ้นส่วนหมายเลข 10 โดยตรงซึ่งในที่นี้เป็นจุดเริ่มต้นของความเสียหายของหัวจับดังแสดงในรูปที่ 3 ภาพซ้ายมือโดยจะเห็นได้ว่าส่วนหัวหรือส่วนปลายของชิ้นส่วนหมายเลข 1 เกิดความเสียหายจากแรงเฉือน โดยความเสียหายนี้เกิดขึ้นจากที่ชิ้นส่วนหมายเลข 2 เกิดการเคลื่อนที่มาพักในส่วนปลายนี้ หลังจากสกรูตัวเล็ก (ชิ้นส่วนหมายเลข 3 ในรูปที่ 2) ที่ยึดทั้ง 2 ชิ้นเข้าด้วยกันนั้นได้รับความเสียหายจากการกระทำของความเค้นเฉือนสูงสุด สำหรับรูปที่ 3 ขวา พบว่า ชิ้นส่วนหมายเลข 4 เกิดการคดประมาณ 1 มิลลิเมตร ทั้งๆ ที่ชิ้นส่วนนี้ไม่ควรจะมีส่วนในการรับแรง จะเห็นได้ว่า มีความเป็นไปได้ที่เกิดการใช้งานโดยมีการเคลื่อนตัวของชิ้นส่วนหมายเลข 2 ที่ไม่พร้อมกันทั้ง 2 ด้านส่งผลให้เกิดการทำงานที่ไม่สมมาตรจนกระทั่งก่อให้เกิดการคดของชิ้นส่วนในภาพขวาซึ่งส่งผลสู่ชิ้นส่วนหมายเลข 1 ที่ส่วนปลายไม่สามารถต้านทานแรงเฉือนที่กระทำต่อชิ้นงานได้



รูปที่ 3 ความเสียหายของชิ้นส่วนหมายเลข (ซ้าย) 1 ส่วนปลายและ (ขวา) 4 เกิดการคดตามแนวยาว

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากบทนำความเสียหายของหัวจับเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนที่ 1 เป็นหลัก สำหรับชิ้นส่วนที่ 4 เป็นความเสียหายที่เกิดจากการใช้งานที่บีบชิ้นงานได้ไม่สมมาตรทำให้เกิดการเคลื่อนตัวไม่พร้อมกันซึ่ง

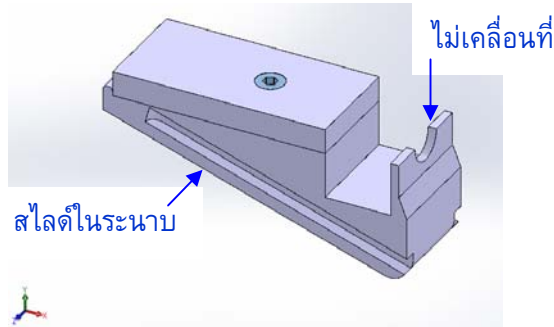
สามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งชิ้นงานให้สมมาตรงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการการปรับปรุงความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อใช้งานอย่างถูกต้องโดยมุ่งเน้นไปสู่การปรับปรุงรูปแบบและขนาดของชิ้นส่วนหมายเลข 1 ที่ส่วนปลายเมื่อรับการถ่ายทอดแรงดึงทำให้เกิดความเข้มข้นของความเค้นสูง และเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปในการดัดแปลงชิ้นส่วนทางกลต่างๆ เพื่อลดความเข้มข้นของความเค้น สามารถทำได้โดยการปรับรัศมีของรอยเชื่อมวงแหวน (fillet) และการลบมุม (chamfer) ของส่วนปลายของชิ้นส่วนหมายเลข 1 อีกตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ การปรับสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนหมายเลข 1 และ 2 ซึ่งคาดว่าจะมีผลให้การเคลื่อนตัวของชิ้นส่วนที่หนีบชิ้นงานเป็นไปได้อย่างขึ้นและสามารถส่งผลให้ความเค้นเฉือนส่วนปลายมีค่าลดลง

แบบจำลองของชิ้นส่วนหมายเลข 1 ได้สร้างขึ้นโดยโปรแกรม CATIA และได้รับการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ [6] ด้วยโปรแกรม SolidWorks ภายใต้เงื่อนไขของความเค้นในช่วงยืดหยุ่นเนื่องจากการใช้งานจริงไม่อนุญาตให้มีการเสียรูปอย่างถาวร แต่เนื่องจากไม่ทราบชนิดและประเภทของเหล็กที่ใช้สร้างกับหัวจับแบบเดิม จึงเลือกเหล็กประเภท AISI 1020 ซึ่งมีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น 200 กิกะปาสคาล และสัดส่วนปัวซองส์ 0.3 และความเค้นครากเป็น 710 เมกะปาสคาล โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

2.1 การสร้างแบบจำลองของหัวจับแบบเดิม

ในขั้นตอนนี้แบบจำลองสามมิติของชิ้นส่วนหมายเลข 1 2 และ 3 ได้รับการขึ้นรูป และวิเคราะห์โดยมีการกำหนดการจับยึดที่ผิวด้านในของชิ้นส่วนหมายเลข 1 ดังรูปที่ 4 และพื้นผิวของด้านเอียงสามารถเคลื่อนที่ได้ในระนาบเอียงตามที่เกิดขึ้นจริงเนื่องจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนที่ 1 ได้รับการควบคุมโดยชิ้นส่วนที่ 10 นอกจากนั้นชิ้นส่วนทั้ง 3 ชิ้นมีการกำหนดประเภทของการสัมผัสกันโดยสมมติให้ไม่มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ส่วนสกรูได้สมมติให้เชื่อมต่อกับชิ้นส่วนอื่นโดยสมบูรณ์ สำหรับการกำหนด

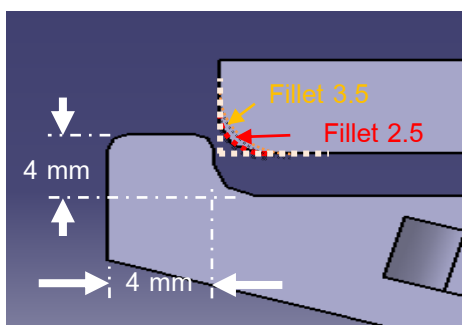
แรงที่กระทำต่อแบบจำลองมี 2 ทิศทาง นั่นคือ แรงที่เกิดจากการหนีชิ้นงานซึ่งกระจายอย่างสม่ำเสมอบนพื้นผิว และแรงขนานกับพื้นผิวของชิ้นส่วนหมายเลข 2 ที่ได้รับการการคำนวณรูปทรงอิสระของหัวจับเมื่อมีภาระกรรม 40 กิโลนิวตัน ที่เป็นค่าแรง 80 % ของแรงสูงสุดที่เซ็นเซอร์แรงสามารถทำการวัดได้เพื่อไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซ็นเซอร์วัดแรง



รูปที่ 4 แบบจำลองของหัวจับแบบเดิม

2.2 การปรับรัศมีของรอยเชื่อมวงแหวน

จากที่พบว่าส่วนปลายของชิ้นส่วนหมายเลข 1 เป็นบริเวณที่เกิดความเข้มข้นของความเค้นสูงสุด จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนรัศมีของรอยเชื่อมวงแหวนโดยกำหนดให้ปลายหัวจับมีระยะคงที่ที่ 4 มิลลิเมตร ส่วนความโค้งได้ศึกษา 8 ค่า ตั้งแต่ 0 – 3.5 มิลลิเมตร โดยเพิ่มทีละ 0.5 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5

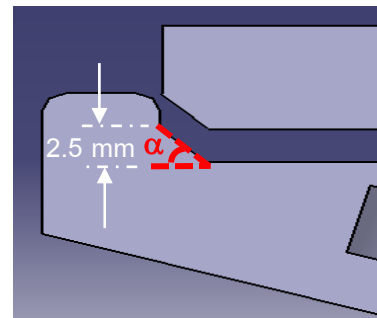


รูปที่ 5 แบบจำลองของการปรับรัศมีของรอยเชื่อมวงแหวนที่ 3.5 และ 2.5

2.3 การลบมุม

อีกวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดความเข้มข้นของความเค้นได้ คือ การลบมุม ขั้นตอนนี้ดำเนินการโดยกำหนดมุมที่ตัดบริเวณปลายหัวจับให้มีระยะที่ปลายหัวจับคงที่ที่ 4 มิลลิเมตรเช่นเดียวกับการปรับเปลี่ยน

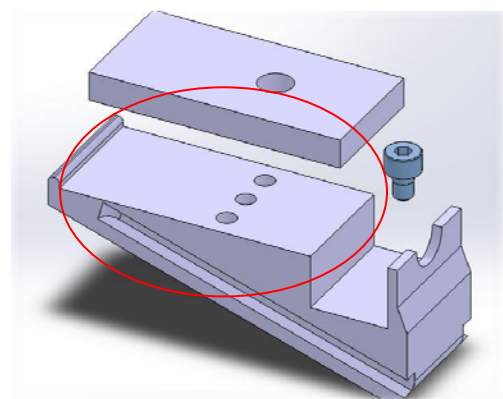
รัศมีของรอยเชื่อมวงแหวน ในส่วนระยะที่ทำการลบมุมให้คงที่ที่ 2.5 มิลลิเมตร จากนั้นทำการศึกษาความเข้มข้นของความเค้นในแบบจำลองที่ได้รับการปรับเปลี่ยนมุมที่หัวจับและแผ่นหนีชิ้นงานโดยที่ทำการการศึกษาทั้งหมดมีจำนวน 5 ค่า ได้แก่ 30°, 45°, 60°, 75° และ 90° รูปที่ 6 แสดงแบบจำลองประเภทที่ได้รับการลบมุมที่ 45° ที่ใช้ในการศึกษาโดยจะเห็นระยะที่คงที่สำหรับการทำการปรับมุมในภาพ



รูปที่ 6 แบบจำลองของการลบมุมที่ 45°

2.4 การปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

นอกเหนือจากตัวแปร 2 ตัวที่กล่าวถึงในการลดความเข้มข้นของความเค้น การทดสอบแบบจำลองเมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนหมายเลข 1 และ 2 เป็นการเพิ่มการยึดจับให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและป้องกันการการขาดของสกรูซึ่งหลังจากขาดจะมีการเคลื่อนตัวไปที่ปลายชิ้นส่วนหมายเลข 1 และสร้างความเสียหายตามที่ปรากฏ



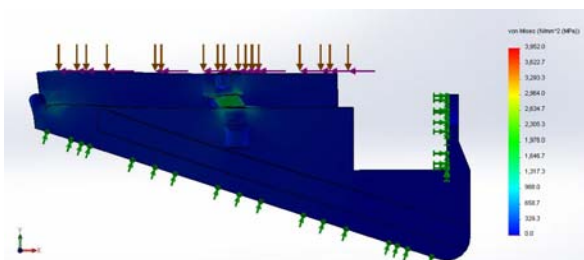
รูปที่ 7 แบบจำลองของการปรับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ในขั้นตอนนี้จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่มีค่า 0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.5 และ 0.6 เพื่อศึกษาผลกระทบของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในสกรูและปลายชิ้นส่วนหมายเลข 1 พื้นผิวที่สัมผัสกันระหว่างชิ้นส่วนทั้ง 2 ในวงรีที่แสดงในรูปที่ 7 เป็นพื้นผิวที่แบบจำลองได้รับการกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีการปรับเปลี่ยนโดยยังคงใช้แบบจำลองของหัวจับเดิมในการศึกษา

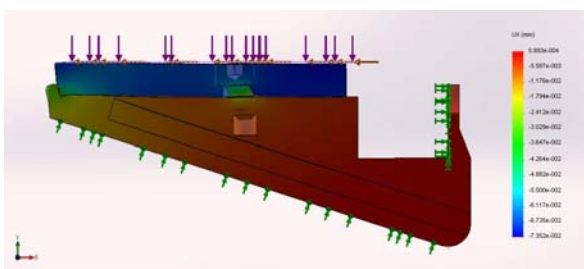
3. ผลการดำเนินงาน

3.1 การวิเคราะห์แบบจำลองของหัวจับแบบเดิม

ผลการวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหัวจับแบบเดิม ได้แก่ ความเค้น และระยะกระจัดในแนวที่แรงดึงกระทำกับชิ้นงาน แสดงในรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ตามลำดับ ความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นอย่างชัดเจนในสกรูที่ยึดจับชิ้นทดสอบและส่วนปลายของชิ้นส่วนหมายเลข 1 ซึ่งสังเกตได้จากระยะเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นที่พยายามจะให้ชิ้นส่วนที่หนีบชิ้นงานเคลื่อนที่และสร้างแรงเฉือนให้สกรู หลังจากสกรูเกิดขาดแผ่นหนีบชิ้นทดสอบจึงไถลไปสัมผัสบริเวณปลายของชิ้นส่วนหมายเลข 1 และก่อให้เกิดแรงเฉือนกระทำเป็นบริเวณที่รองรับทั้งหมด



รูปที่ 8 ความเค้นของหัวจับเดิม

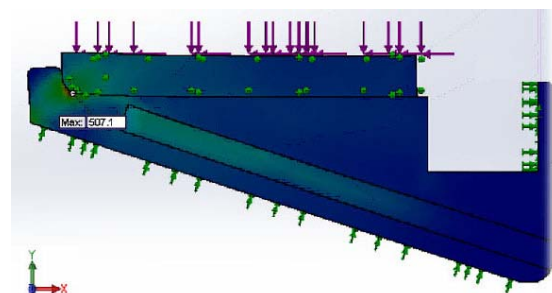


รูปที่ 9 ระยะเคลื่อนตัวของหัวจับเดิม

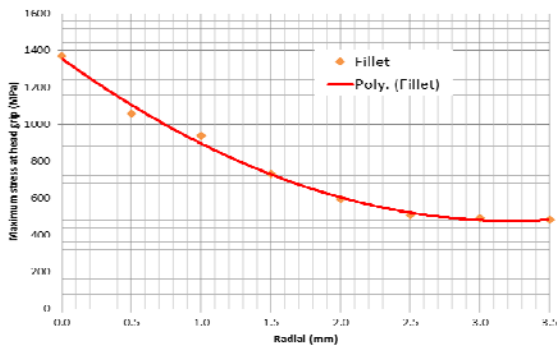
จากการวิเคราะห์โดยระเบียบวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์พบว่า ค่าความเค้นของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนหมายเลข 1 มีค่าถึง 3.95 กิโลปาสกาล ส่วนค่าความเค้นของชิ้นส่วนของสกรูเป็น 1.87 กิโลปาสกาล ซึ่งตามขีดจำกัดของวัสดุที่ใช้ในการพิจารณา สกรูที่ใช้หลักประเภทชิ้นส่วนเครื่องจักรกลนั้นเสียหายที่ 350 เมกะปาสกาล นั่นคือ สกรูจะเกิดความเสียหายจากค่าความเค้นเฉือนเฉลี่ยเมื่อมีภาระกรรมถึงค่า 7 กิโลนิวตัน และเกิดการเคลื่อนตัวของแผ่นหนีบทำให้เกิดความเสียหายที่พบโดยชัดเจนสำหรับกรณีที่พิจารณาภายใต้ช่วงอีลาสติก

3.2 ผลการปรับรัศมีของรอยเชื่อมวงแหวน

ผลการปรับรัศมี fillet ของส่วนปลายของหัวจับพบตำแหน่งของค่าความเค้นของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนปลายดังแสดงในรูปที่ 10 โดยในรูปเป็นผลการวิเคราะห์รูปแบบของรัศมี fillet ที่มีค่า 2.5 mm ด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยแสดงผลความเค้นของชิ้นส่วนที่มีค่าสูงสุดเป็น 507.1 เมกะปาสกาล เกิดขึ้นที่ตำแหน่งที่หัวจับเริ่มเปลี่ยนจากเส้นตรงเป็นเส้นโค้งรัศมีความโค้งทั้งหมดที่ทำการปรับเปลี่ยนตามที่แสดงในขั้นตอนการดำเนินงานมีผลต่อค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในหัวจับดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งแสดงโดยกราฟที่สามารถประมาณได้เป็นเส้นโค้ง Polynomial ค่าความเค้นสูงสุดลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 0-2.5 mm ซึ่งหมายถึงค่าความเข้มข้นของความเค้นได้ปรับลดได้จริงเมื่อเปลี่ยนรัศมี fillet จากนั้นความเค้นสูงสุดจึงเข้าสู่ค่าคงที่ประมาณ 500 เมกะปาสกาล



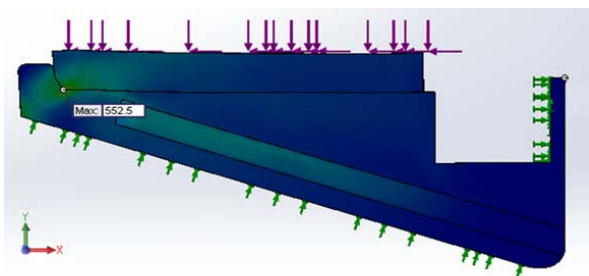
รูปที่ 10 ความเค้นของชิ้นส่วนปลายของรัศมี 2.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 11 กราฟระหว่างการปรับรัศมี fillet และความเค้นวอนมิชสูงสุดที่ส่วนปลาย

3.3 ผลการลบมุม

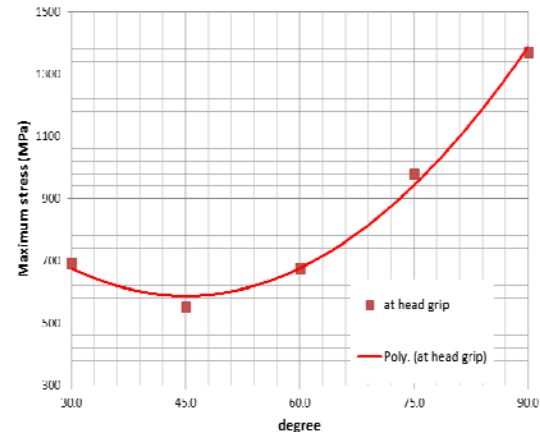
การศึกษาการลดความเข้มข้นของความเค้นที่เกิดขึ้นจากการลบมุมที่ชี้แจงในขั้นตอนการดำเนินงาน โดยทำการปรับเปลี่ยนมุมที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม CATIA เป็นแบบจำลอง 5 มุมเพื่อวิเคราะห์ความเค้นวอนมิชสูงสุด โดยตัวอย่างของการลบมุมที่ 45° แสดงในรูปที่ 12 พบว่าความเค้นวอนมิชสูงสุดเกิดขึ้นที่ส่วนปลาย และตำแหน่งที่พบคล้ายคลึงกับตำแหน่งที่พบของการปรับเปลี่ยนรัศมี fillet นั่นคือ ตำแหน่งที่เริ่มทำการลบมุมที่ส่วนปลายเป็นตำแหน่งที่วิกฤตที่สุดสำหรับหัวจับ



รูปที่ 12 ความเค้นวอนมิชสูงสุดที่วิเคราะห์จากแบบจำลองที่มีการลบมุมเป็น 45°

รูปที่ 13 แสดงกราฟระหว่างค่าความเค้นวอนมิชสูงสุดที่ตำแหน่งเริ่มทำการลบมุมที่ปลายหัวจับเมื่อทำการปรับการลบมุมทั้งหมด 5 มุม พบว่า สามารถประมาณได้เป็นเส้นโค้ง Polynomial เช่นเดียวกับกรณีปรับรัศมี fillet ความเค้นสูงสุดมีค่าต่ำสุดที่มุม 45° มีค่าประมาณ 550 เมกะปาสคาล ขณะที่การลบมุม 30° และ 60° ได้ค่าความเค้นสูงสุดใกล้เคียงกันที่

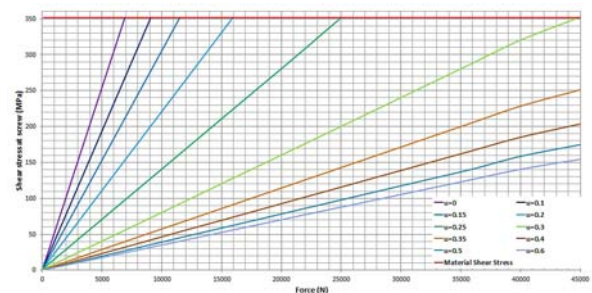
ประมาณ 700 เมกะปาสคาล และการลบมุมที่ใช้มุม α เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเข้มข้นของความเค้นเพิ่มขึ้นตาม ผลการศึกษาในกรณีใช้การลบมุมเพื่อบรรเทาความเข้มข้นของความเค้นจึงดีที่สุดเมื่อทำการลบมุม 45°



รูปที่ 13 กราฟระหว่างการลบมุม และค่าความเค้นวอนมิชสูงสุดที่ส่วนปลายเมื่อทำการลบมุมที่ค่าต่างๆ

3.4 ผลการปรับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีผลต่อค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นบนสกรูโดยค่าความเค้นสูงสุดจะลดลงเมื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์แรงเสียดระหว่างผิวสัมผัสของชิ้นส่วนหมายเลข 1 และ 2 ในแบบจำลองนี้ทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเพื่อวิเคราะห์หาค่าความเค้นที่เกิดขึ้นกับสกรูโดยพิจารณาความเค้นครากของสกรูที่ 350 เมกะปาสคาล



รูปที่ 14 กราฟระหว่างแรงที่ดึงขึ้นทดสอบกับความเค้นเฉือนสูงสุดที่สกรูเมื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนหมายเลข 1 และ 2 ตั้งแต่ 0 – 0.6

จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 14 พบว่า ที่ผิวสัมผัสไร้แรงเสียดทานนั้นเมื่อขึ้นทดสอบได้รับแรงดึงที่กำหนดให้

มีค่าประมาณ 7 กิโลนิวตันจะทำให้เกิดความเค้นเฉือนสูงสุดต่อสกรูซึ่งเป็นกรณีที่เข้ากันกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์หวั้จับแบบเดิม เส้นสีแดงที่ปรากฏในกราฟแสดงให้เห็นถึงความเค้นสูงสุดของสกรูซึ่งเมื่อสกรูขาดขึ้นส่วนที่หนีบขึ้นทดสอบจะเคลื่อนที่ไปที่ส่วนปลายของชิ้นส่วนหมายเลข 1 และสร้างความเสียหายให้ชิ้นส่วนหมายเลข 1 ฉีกขาดตามแรงที่ส่งผ่านจากการดึงขึ้นทดสอบต่อไป ในกราฟจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มค่าของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามที่กล่าวถึงข้างต้น และเมื่อทำการตรวจสอบความเสียหายของสกรูพบว่าสามารถดึงขึ้นทดสอบได้ที่มีแรงดึงมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ ที่ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ 0.3 ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้สกรูขาดมีค่าประมาณ 45 กิโลนิวตันซึ่งมีความเหมาะสมที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสกรูและเซ็นเซอร์วัดแรง

4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ภาระกรรมที่เกิดขึ้นกับหวั้จับของเครื่องทดสอบแรงดึงที่มีหลายส่วนประกอบช่วยกันส่งผ่านแรงดึงจากชิ้นทดสอบไปสู่เซ็นเซอร์วัดแรงที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ของภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ภายใต้ช่วงอีลาสติก พบว่าการปรับเปลี่ยนตัวแปร 3 ประเภท ได้แก่ รัศมีรอยเชื่อมวงแหวน การลบมุม และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน สามารถช่วยลดความเข้มข้นของความเค้นที่เกิดขึ้นจากการส่งผ่านแรงที่กระทำต่อชิ้นงานได้โดยพิจารณาจากความเสียหายของหวั้จับแบบเก่าที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งชิ้นงานไม่สมมาตร จากนั้นการส่งผ่านแรงที่ไม่สมดุลก่อให้เกิดความเค้นเฉือนสูงสุดกับสกรูที่ยึดระหว่างแผ่นหนีบชิ้นงานกับหวั้จับที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยการบังคับทิศทางกับชิ้นส่วนหมายเลข 10 ให้สไลด์ไปตามมุมที่บังคับไว้ ดังนั้นข้อกำหนดในการวิเคราะห์ความเสียหายที่พิจารณาเป็นความเค้นสูงสุดของสกรูและส่วนปลายของหวั้จับที่

เคลื่อนที่ได้ สามารถสรุปผลได้ว่าการใช้รัศมีของรอยเชื่อมวงแหวนที่ 2.5 มิลลิเมตร การลบมุมที่ 45° ทำให้เกิดความเค้นเฉือนมีขั้วสูงสุดประมาณ 500 เมกะปาสคาล และการใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน 0.3 มีความเหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากทำให้ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นกับสกรูและหวั้จับมีค่าของความเข้มข้นของความเค้นลดลงโดยไม่สร้างความเสียหายต่อสกรูและหวั้จับ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ashby, M. and Jones, D. (1980). *Engineering Materials 1 and 2*, Pergamon, Oxford.
- [2] Courtney T. (1990). *Mechanical Behavior of Materials*, McGraw Hill, New York.
- [3] Kobayashi A.S. (1992). *Handbook on Experimental Mechanics*, Prentice Hall, Inc.
- [4] Juvinall R.C. and Marsheek K.M. (1991). *Fundamentals of Machine Component Design*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York.
- [5] Testometric materials testing machines (2010). *50 kN Models – Materials Testing Machines for Tensile, Compression, Fatigue, Impact testing*, Rochdale, OL11 1NR, United Kingdom, URL: http://www.testometric.co.uk/models/models_50kn.html, access on 18/02/2013.
- [6] Roylance, D. (2001). *Finite Element Analysis*, Department of Materials Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, USA, URL: <http://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-11-mechanics-of-materials-fall-1999/modules/fea.pdf>, access on 10/04/2013.