

การออกแบบวิเคราะห์โครงสร้างและศึกษาเวลามาตรฐานชุดจับยึด สำหรับการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสาร

อุษาวดี งามอาจุติชัย ^{* 1)} และ สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์ ²⁾

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการผลิตรถโดยสารในประเทศไทยจะนำโครงสร้างหลักรถโดยสาร (chassis) ที่ใช้งานแล้วมาซ่อมบำรุง มีเพียงส่วนน้อยที่ผลิตโครงสร้างหลักเอง เนื่องจากการผลิตโครงสร้างหลักใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นการผลิตรถโดยสารจึงมีอัตราการผลิตต่ำ คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเพื่อลดระยะเวลาการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสาร โดยออกแบบการผลิตบนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (jig) ซึ่งศึกษาขั้นตอนการผลิตจากบริษัทผู้ผลิตชุดสายการผลิต จำกัด คณะผู้วิจัยได้แบ่งโครงสร้างย่อยและจัดกลุ่มเพื่อนำมาออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยการจำลองแบบอุปกรณ์และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS Workbench พบว่าส่วนของอุปกรณ์จับยึดที่มีความปลอดภัยต่ำที่สุดมีค่าความปลอดภัย 1.60 ดังนั้นในส่วนนี้เราต้องทำการออกแบบโครงสร้างเพิ่มเพื่อเสริมความแข็งแรง และส่วนของสลักล็อกที่สามารถปรับขนาดหรือเลือกวัสดุที่มีความแข็งแรงมากขึ้นมาใช้แทน ทั้งนี้ยังได้ศึกษาเวลามาตรฐาน (Standard Time) เพื่อนำมาวางแผนกำลังการผลิต พบว่าการปฏิบัติงาน 2 คนได้อัตราการผลิต 2.3 คันต่อวันมีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้น 90% จากการปฏิบัติงาน 1 คนและเกิดอัตราการว่างงานน้อยกว่าการปฏิบัติงาน 4 คน ส่วนการปฏิบัติงาน 6 คนที่ต้องเพิ่มอุปกรณ์จำนวน 2 ชิ้น ให้อัตราการผลิต 5 คันต่อวัน มีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้น 25% จากการปฏิบัติงาน 4 คน ซึ่งในที่นี้เป็นการศึกษาเวลามาตรฐานในการประกอบโครงสร้างย่อยก่อนนำไปประกอบเป็นโครงสร้างหลักรถโดยสารต่อไป

คำสำคัญ : รถโดยสาร โครงสร้างหลักรถโดยสาร เวลามาตรฐาน จิ๊กและฟิกเจอร์

^{* 1)} นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000
อีเมลล์: arundo_2528@hotmail.com

²⁾ อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา
อีเมลล์: somsaksi@sut.ac.th

^{*} Corresponding Author

Design & Analysis and Standard Time Study of Jig for Bus Chassis Production

Usawadee Ongarjwutichai ^{* 1)} and Somsak Siwadamrongpong ²⁾

ABSTRACT

Recently, bus manufacturing is majority built on used chassis. The used chassis will be maintenance before assembly. The minority is built on own design chassis. However, the chassis manufacturing processes is quite very long throughputs, which lead to low production rate. This study aims to reduce chassis platform production time by designing of production jigs. Chassis technical data and information was collected in Cherdchai Industrial. The strength analysis by simulation with ANSYS workbench. It was found that the weakest point has SF 1.60. Moreover, the lock pin also need for changing of materials. Standard time for production of each sub-assembly was calculated. It was found that production rate of 2.3 chassis/day is achieved based on 2 workers. The 2 workers yield about 90% increasing in production rate compared to 1 worker and %idle less than that of 4 workers. 6 workers with additional 2 jigs yields production rate of 5 chassis/day. The additional 2 workers yield about 25% increasing in production rate compared to 4 workers system.

Keywords : Bus, Chassis, Standard time, Jig and Fixture

^{* 1)} Post graduated Students, School of Mechanical Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, E-mail: arundo_2528@hotmail.com

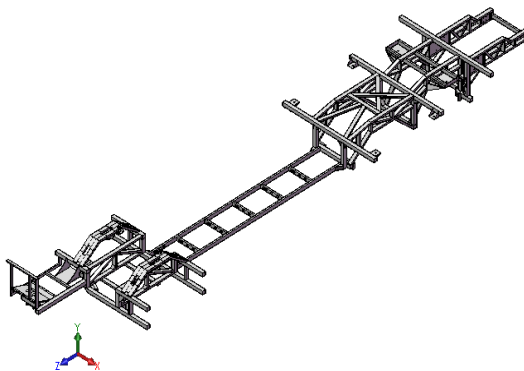
²⁾ Lecturer, School of Mechanical Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Email: somsaksi@sut.ac.th

^{*} Corresponding Author

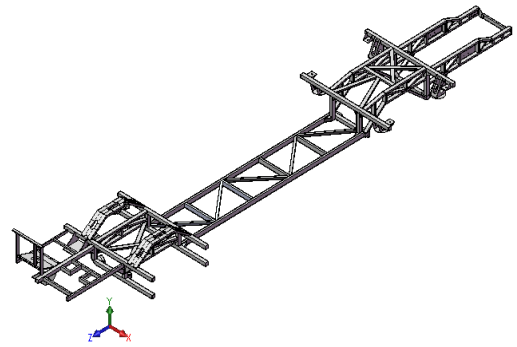
1. บทนำ

การผลิตรถโดยสารเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ รถโดยสารที่ใช้ในประเทศไทยมีทั้งที่ผลิตขึ้นเองและนำเข้าจากต่างประเทศ โดยในการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสาร (chassis) ในประเทศจะอาศัยองค์ความรู้และความชำนาญของช่างผู้มีความชำนาญซึ่งขาดหลักการทางวิศวกรรม เนื่องจากการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสารในประเทศจะนำโครงสร้างหลักรถโดยสารที่ผ่านการใช้งานแล้วมาทำการปรับปรุงและซ่อมบำรุงให้มีความแข็งแรง (สมเกียรติ, 2550 และ อิศรา, 2551) ในปัจจุบันบริษัท เชิดชัยอุตสาหกรรม จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทประกอบรถโดยสารที่ใหญ่ที่สุดในประเทศ ได้วางแผนที่จะผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสารเป็นของตัวเอง ซึ่งในกระบวนการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสารจะใช้ระยะเวลายาวนานจึงส่งผลให้มีกำลังการผลิตต่ำ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาในการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสาร โดยออกแบบกระบวนการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสารบนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (jig) ในการศึกษาวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาเฉพาะโครงสร้างย่อยที่ทำการผลิตบนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเท่านั้น จะไม่รวมถึงการนำโครงสร้างย่อยไปประกอบเป็นโครงสร้างหลักรถโดยสาร โดยงานวิจัยนี้หวังที่จะทำให้กระบวนการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสารมีมาตรฐานในการประกอบ และการผลิต

1.1 ลักษณะโครงสร้างหลักรถโดยสาร



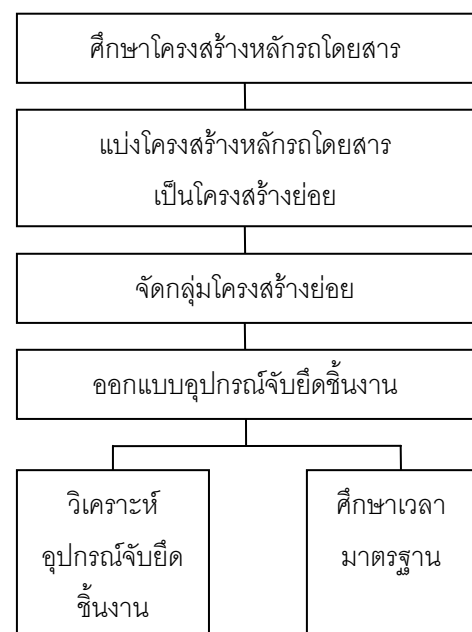
รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชั้น



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างหลักรถโดยสารชั้นครึ่ง

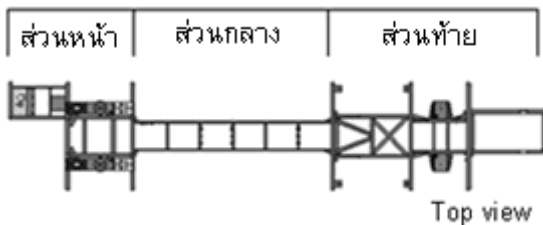
จากรูปที่ 1 แสดงโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชั้น มีห้องผู้โดยสารทั้งชั้นล่างและชั้นบน เป็นโครงสร้างที่มีเพลาช่วงท้าย 2 เพลา มีขนาดความกว้าง 2.3 ม. ความยาว 11.8 ม. และความสูง 0.86 ม. และรูปที่ 2 แสดงโครงสร้างหลักรถโดยสารชั้นครึ่ง มีห้องผู้โดยสารห้องเดียว เป็นโครงสร้างที่มีเพลาช่วงท้ายเพียงเพลาเดียว มีขนาดความกว้าง 2.35 ม. ความยาว 11.8 ม. และความสูง 0.77 ม. โดยโครงสร้างทั้ง 2 รุ่นทำมาจากวัสดุ Stainless Steel tubes RST 4003

2. การดำเนินงาน



รูปที่ 3 แสดงแผนการดำเนินงาน

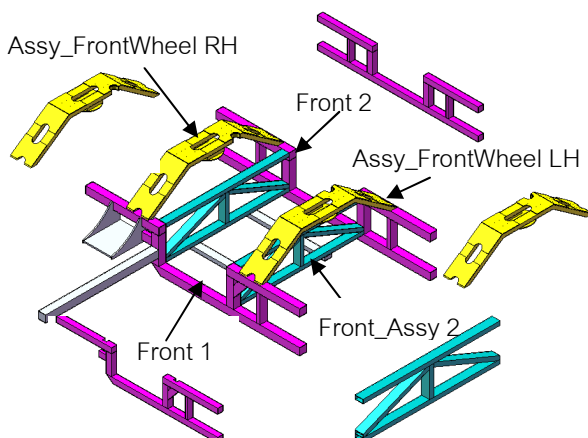
จากรูปที่ 3 แสดงแผนการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษา ลักษณะโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 รุ่นตามที่แสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 พบว่ามีลักษณะคล้ายกัน จึงทำการแบ่ง โครงสร้างหลักรถโดยสารออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนหน้า ,ส่วนกลาง และส่วนท้าย ตามที่แสดงในรูปที่ 4 โดยจะ ทำการศึกษาเฉพาะส่วนหน้าและส่วนท้าย ซึ่งจะพบว่า โครงสร้างมีความสมมาตรกันตามแนวยาว แต่ใน ส่วนกลางจะเป็นส่วนที่เพิ่มความยาวของรถโดยสาร ซึ่ง สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นเราจึงไม่ทำการศึกษาในส่วนนี้



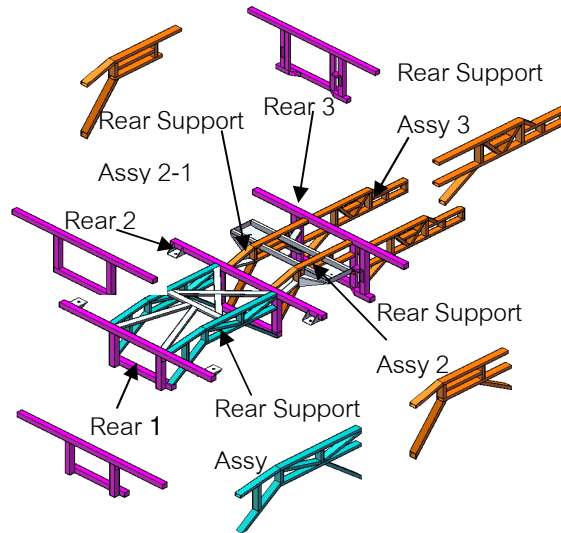
รูปที่ 4 แสดงการแบ่งโครงสร้างหลักรถโดยสาร

2.1 ลักษณะโครงสร้างย่อยและการแบ่งกลุ่ม

จากลักษณะโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 รุ่น สามารถแบ่งโครงสร้างย่อยได้ตามที่แสดงในรูปที่ 5 และ รูปที่ 6 ส่วนการแบ่งโครงสร้างย่อยชนิดชั้นครึ่งก็สามารถ ทำการแบ่งได้ในลักษณะเดียวกับชนิด 2 ชั้น จากนั้นทำ การจัดกลุ่มโครงสร้างย่อยตามลักษณะและรูปร่างที่ คล้ายกัน



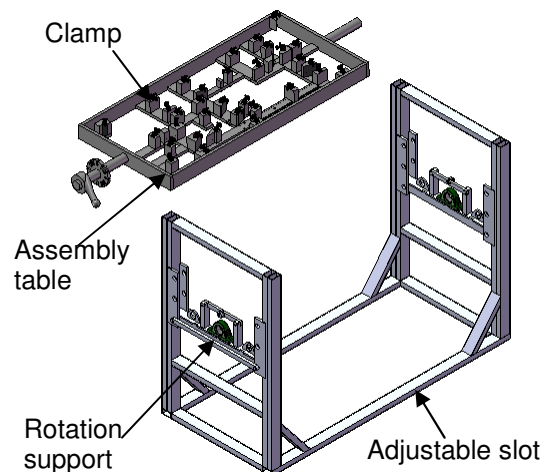
รูปที่ 5 แสดงการแบ่งโครงสร้างย่อยส่วนหน้าของ โครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชั้น



รูปที่ 6 แสดงการแบ่งโครงสร้างย่อยส่วนท้ายของ โครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชั้น

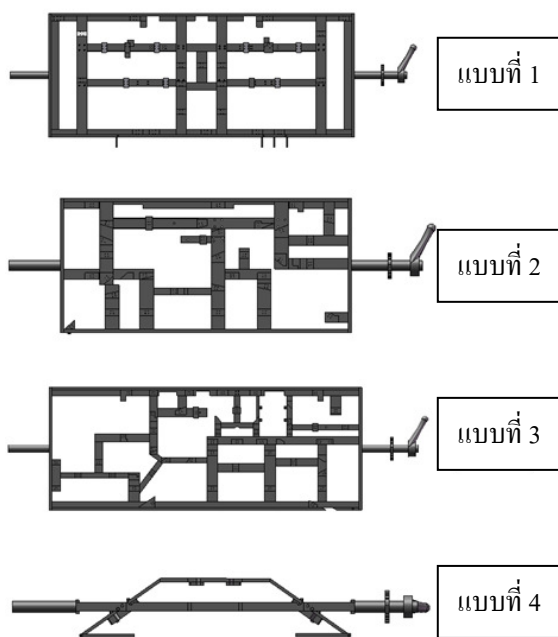
2.2 ออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig)

อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตโครงสร้างย่อย ซึ่งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจะ ประกอบด้วยส่วนที่ใช้สำหรับทำการประกอบ(ส่วนแรก ,Assembly table) และตัวโครงสร้าง (ส่วนสอง) แสดงดัง รูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงโครงสร้างของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

จากการศึกษาโครงสร้างหลักรถโดยสารจำนวน 2 รุ่น และนำมาแบ่งเป็นโครงสร้างย่อยจัดกลุ่มโครงสร้างย่อยที่มีลักษณะคล้ายกัน เพื่อนำมาออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้น้อยที่สุด สามารถแบ่งโครงสร้างย่อยได้ ทั้งหมด 4 กลุ่ม จึงออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจำนวน 4 แบบ แสดงได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงลักษณะอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานทั้ง 4 แบบ

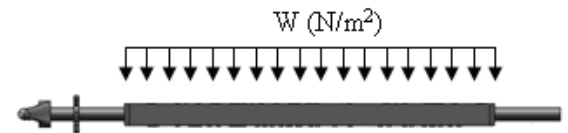
2.3 การวิเคราะห์อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

การวิเคราะห์แบบจำลองเพื่อหาค่าความเค้นและการเสียรูปของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน โดยใช้การวิเคราะห์ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (ปราโมทย์, 2548) โปรแกรม ANSYS Workbench V.11 ซึ่งแบบจำลองถูกกำหนดชนิดวัสดุของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ในส่วนแรกทำจาก Structural Steel AISI 1020 ส่วนที่สองโครงสร้างทำจาก Stainless Steel RST 4003 และสลักล็อกทำจาก Steel AISI 4142 แสดงได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติวัสดุ

Properties	AISI 1020	AISI 4142	RST 4003
Modulus of Elasticity (GPa)	200	220	220
Poisson's Ratio	0.25	0.3	0.3
Weight Density (kg/m ³)	7860	7860	7740
Yield Stress (MPa)	390	1720	320
Tensile Stress (MPa)	470	1930	450

2.3.1 กรณี 1 แสดงในรูปที่ 9 เป็นการวิเคราะห์ความแข็งแรงของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานในส่วนแรก คือ ส่วนประกอบชิ้นงาน ที่รับภาระกรรมจากน้ำหนักของโครงสร้างย่อย โดยภาระกรรมสูงสุดของแต่ละอุปกรณ์จับยึด แสดงในตารางที่ 2

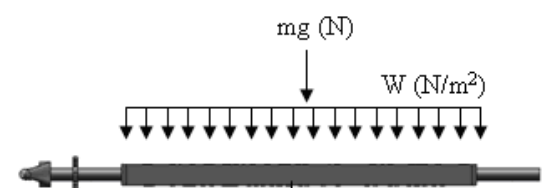


รูปที่ 9 แสดงการรับภาระกรรม กรณี 1

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลภาระกรรม กรณี 1

อุปกรณ์แบบที่	1	2	3	4
นน.โครงสร้างย่อย (N)	646	388	463	416
พื้นที่ (m ²)	0.76	0.41	0.59	0.23
ภาระกรรม (Pa)	850	947	784	1807

2.3.2 กรณี 2 แสดงในรูปที่ 10 เป็นการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เมื่อรับภาระกรรมน้ำหนักโครงสร้างย่อยและน้ำหนักอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน โดยภาระกรรมสูงสุดของแต่ละอุปกรณ์จับยึด แสดงในตารางที่ 3

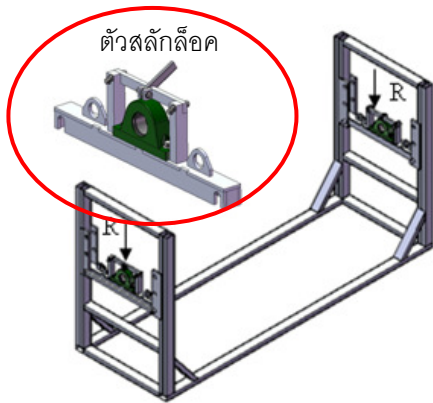


รูปที่ 10 แสดงการรับภาระกรรม กรณี 2

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลภาระกรรม กรณี 2

อุปกรณ์แบบที่	1	2	3	4
ภาระกรรม (Pa)	850	947	784	1807
นน.Clamp+นน.สลัก (N)	76	82	67	6
นน.อุปกรณ์จับยึด (N)	3156	2289	2958	880

2.3.3 กรณี 3 แสดงในรูปที่ 11 วิเคราะห์ความแข็งแรงของ โครงสร้างอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เมื่อรับภาระกรรมน้ำหนัก โครงสร้างย่อยและน้ำหนักตัวประกอบโครงสร้างย่อย โดย ภาระกรรมสูงสุดของแต่ละโครงสร้างแสดงในตารางที่ 4



รูปที่ 11 แสดงการรับภาระกรรม กรณี 3

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลภาระกรรม กรณี 3

อุปกรณ์แบบที่	1	2	3	4
ภาระกรรมทั้งหมด (N)	4268	3140	3859	1780
แรงต้าน R (N)	2134	1570	1930	890

2.3.4 กรณี 4 แสดงในรูปที่ 11 เป็นการวิเคราะห์ภาระ กรรมที่สลักได้รับ ซึ่งเกิดภาระกรรมสูงสุดที่สลักอุปกรณ์ จับยึดชิ้นงานแบบที่ 1 มีค่าประมาณ 4268.29 นิวตัน ดัง แสดงในตารางที่ 4 ของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบที่ 1

2.4 วิธีการคำนวณ

2.4.1 ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

เนื่องจากเป็นปัญหาของแข็งแบบ 3 มิติ จากการ จำลองแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานด้วยโปรแกรม Solidwork 2007 SP.2.2 โดยจะวิเคราะห์เชิงกลงานวิจัยนี้ จึงเลือกวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรม ANSYS Workbench V.11 และเลือกวิธีการ แบ่งเอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม เนื่องจากปัญหาอยู่ใน รูปแบบของแผ่นเรียบและต้องการความละเอียดมาก ใน การวิเคราะห์ความเสียหายได้น่าหลักการของ Von Misses Stress มาใช้เนื่องจากวัสดุที่กำหนดในงานวิจัยนี้ เป็นวัสดุเหนียว

2.4.2 เวลามาตรฐาน

แผนภูมิกระบวนการการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart) เป็นการศึกษากระบวนการผลิตโดย คำนึงถึงการเคลื่อนย้ายตามลำดับก่อนหลังของการ ทำงาน (วิลาลินี, 2550) ใช้ศึกษาเวลาการประกอบ โครงสร้างย่อย ซึ่งจะศึกษาเวลาในการทำงาน, เวลาใน การตรวจสอบ, เวลารองาน, เวลาการพักงานและเวลาใน การขนส่ง โดยเวลามาตรฐานแบบพรีดีเทอร์มิน (Predetermined Time Standard) เป็นเทคนิคการวัดผล งานโดยกำหนดเวลาการเคลื่อนไหวของร่างกาย จาก การศึกษาข้างต้นจะได้เวลาปกติ (Normal Time, NT) (วิลาลินี 2550, ศรญา 2551 และ Norman 1992)

เวลาเฉลี่ยรอบการทำงาน (Cycle Time) สามารถ คำนวณได้จากการศึกษาเวลามาตรฐานแบบพรีดีเทอร์ มินยกเว้นเวลาที่ใช้ในการเชื่อมซึ่งใช้เวลาที่ได้จากการจับ เวลาจริง ส่วนอัตราการทำงาน (Rating) จะเลือกใช้วิธี ประเมินการทำงานของ Westinghouse System of Rating ซึ่งพิจารณาจากองค์ประกอบดังนี้ ความชำนาญ, ความพยายาม, สภาพการทำงาน และความสม่ำเสมอ โดยในส่วนนี้จะทำให้ได้เวลามาตรฐาน (Standard Time, ST) และในส่วนของเวลาเผื่อ (Allowance) ในงานวิจัยนี้ จะใช้ที่ 9% ซึ่งเป็นเวลาส่วนบุคคลของผู้ปฏิบัติงาน 4% และเวลาความเมื่อยล้าขณะปฏิบัติงาน 5% (รัชต์วรรณ, 2528)

3. ผลการวิจัย

จากการศึกษาโครงสร้างหลักรถโดยสารทั้ง 2 รุ่น สามารถแบ่งโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 รุ่นได้ 15 โครงสร้างย่อยมีโครงสร้างย่อยที่มีลักษณะต่างกัน 12 โครงสร้าง และโครงสร้างหลักรถโดยสารชั้นครึ่งแบ่งได้ 12 โครงสร้างย่อยมีลักษณะต่างกัน 9 โครงสร้าง แสดงได้ดัง ตารางที่ 5 และจากรูปร่างและลักษณะที่คล้ายกันของ โครงสร้างย่อยจึงแบ่งได้ 4 กลุ่ม จึงได้ออกแบบอุปกรณ์จับ ยึดชิ้นงานจำนวน 4 แบบที่ใช้ในการผลิตโครงสร้างย่อย ทั้ง 2 รุ่น โดยการผลิตแต่ละโครงสร้างย่อยจะใช้เวลา ต่างกันขึ้นกับจำนวนชิ้นที่นำมาประกอบ ดังนั้นเวลา มาตรฐานที่ใช้ในการผลิตโครงสร้างย่อยแต่ละโครงสร้าง

สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5 โดยจำนวนของโครงสร้างย่อยที่นำมาประกอบเป็นโครงสร้างหลักรถโดยสาร 1 คันนั้นอาจต้องใช้โครงสร้างย่อยมากกว่า 1 ชิ้น ดังนั้นในการผลิตโครงสร้างย่อยสำหรับโครงสร้าง 2 ชิ้นจะใช้เวลาประมาณ 412 นาที ส่วนของโครงสร้างชั้นครึ่งใช้เวลาประมาณ 329 นาทีเนื่องจากโครงสร้างย่อยของโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชิ้น มีจำนวนมากกว่าจึงทำให้อัตราการผลิตต่ำด้วยเช่นกัน แสดงได้ดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 5 แสดงชิ้นส่วนและเวลามาตรฐานในการผลิตโครงสร้างย่อย

อุปกรณ์แบบที่	โครงสร้าง	เวลามาตรฐาน (นาที)	
		2 ชิ้น ¹⁾	ชั้นครึ่ง ²⁾
1	Front 1	25.65@ ³⁾ 1	23.46@1
	Front 2	23.65@1	20.13@1
	Rear 1	20.23@1	20.23@1
	Rear 2	20.12@1	20.12@1
	Rear 3	31.04@1	-
2	Front Assy 2 , Front Wheelmember	20.47@2	20.47@2
	Rear Support Assy	27.15@1	27.15@2
3	Rear Support Assy 2	23.52@1	31.20@2
	Rear Support Assy 2-1	22.52@1	-
	Rear support Assy 3	31.33@2	-
4	Assy_FrontWheel,RH	43.80@1	43.80@1
	Assy_FrontWheel,LH	43.80@1	43.80@1

¹⁾ 2 ชิ้น แสดงถึงโครงสร้างหลักรถโดยสารชนิด 2 ชิ้น

²⁾ ชั้นครึ่ง แสดงถึงโครงสร้างหลักรถโดยสารชนิดชั้นครึ่ง

³⁾ @ แสดงถึงจำนวนของโครงสร้างย่อยที่นำมาประกอบเป็นโครงสร้างหลักรถโดยสาร 1 คัน

ตารางที่ 6 แสดงเวลาของผู้ปฏิบัติงานโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชิ้น

ผู้ปฏิบัติงาน	1 คน	2 คน	4 คน	6 คน
เวลามาตรฐาน (นาที)	412	208	121	95
อัตราการผลิต/วัน	1.20	2.30	4.00	5.00
%idle	-	1.04	6.85	8.61

ตารางที่ 7 แสดงเวลาของผู้ปฏิบัติงานโครงสร้างหลักรถโดยสารชั้นครึ่ง

ผู้ปฏิบัติงาน	1 คน	2 คน	4 คน	6 คน
เวลามาตรฐาน (นาที)	329	172	95	-
อัตราการผลิต/วัน	1.50	2.80	5.00	-
%idle	-	4.05	8.62	-

ในกรณีมีผู้ปฏิบัติงานมากกว่า 1 คนในการผลิตโครงสร้างย่อยสำหรับโครงสร้างชนิด 2 ชิ้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6 และสำหรับโครงสร้างชั้นครึ่งแสดงตามตารางที่ 7 สำหรับผู้ปฏิบัติงาน 2 คนจะแบ่งหน้าที่การปฏิบัติงานดังนี้ คนที่ 1 ประจำที่อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานตัวที่ 1 และ 4 คนที่ 2 ประจำที่อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานตัวที่ 2 และ 3 ส่วนในการใช้ผู้ปฏิบัติงาน 4 คนจะทำการแบ่งหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน 1 คนต่ออุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน 1 ตัว และการใช้ผู้ปฏิบัติงาน 6 คนจะทำการเพิ่มอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบที่ 1 และแบบที่ 3 จากผลที่ได้ หากใช้การผลิตโครงสร้างย่อยของโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชิ้นใช้เวลาประมาณ 208.3 นาที กำลังการผลิต 2.3 คันต่อวันและโครงสร้างรถโดยสารชั้นครึ่งใช้เวลาประมาณ 171.5 นาที กำลังการผลิต 2.8 คันต่อวัน จะพบว่าเมื่อใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คนมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 90% จากการใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน และจะเกิดเวลารอชิ้นงานขึ้นคิดเป็น 1.04 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าในการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสารชั้นครึ่งเกิดการว่างงานสูงกว่า และเมื่อต้องการอัตราการผลิตสูงขึ้นต้องเพิ่มผู้ปฏิบัติงานเป็น 4 คนโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชิ้นจะใช้เวลาประมาณ 120.69 นาที กำลังการผลิต 4 คันต่อวัน การว่างงาน 6.85% และโครงสร้างรถโดยสารชั้นครึ่งใช้เวลาประมาณ 95.24 นาที กำลังการผลิต 5 คันต่อวัน การว่างงาน 8.62% ซึ่งการว่างงานสูงกว่าการใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน และหากใช้ผู้ปฏิบัติงาน 6 คนโดยเพิ่มอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบที่ 1 และแบบที่ 3 พบว่าโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชิ้นจะใช้เวลาประมาณ 95.24 นาที กำลังการผลิต 5 คันต่อวัน เพิ่มขึ้น 25 % และเกิดการว่างงานสูงกว่าการใช้ผู้ปฏิบัติงาน 4 คน สำหรับโครงสร้างหลักรถโดยสารชั้นครึ่งการเพิ่มอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบที่ 1 และแบบที่ 3 จะไม่ส่งผลเนื่องจากเวลา

มาตรฐานในแต่ละอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่ต่างกันเท่าใดนักและมากที่สุดที่อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบที่ 2

ในด้านการวิเคราะห์ตามที่ได้ออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานทั้ง 4 แบบแบ่งเป็นส่วนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (ส่วนแรก) และตัวโครงสร้าง (ส่วนสอง) เพื่อวิเคราะห์ค่าความเค้นสูงสุดและความเสียรูปทั้งหมด 4 กรณี สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 8 ถึงตารางที่ 10 ตามลำดับ

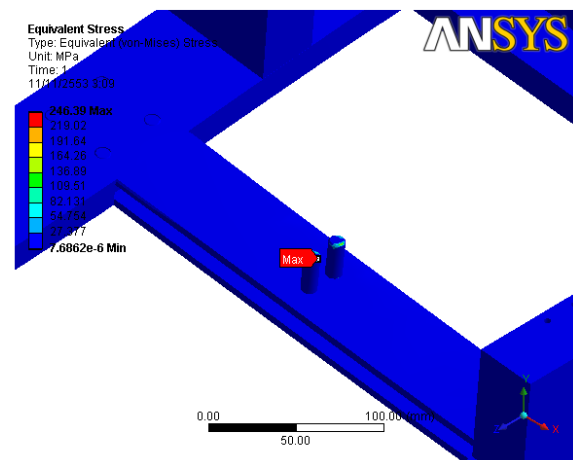
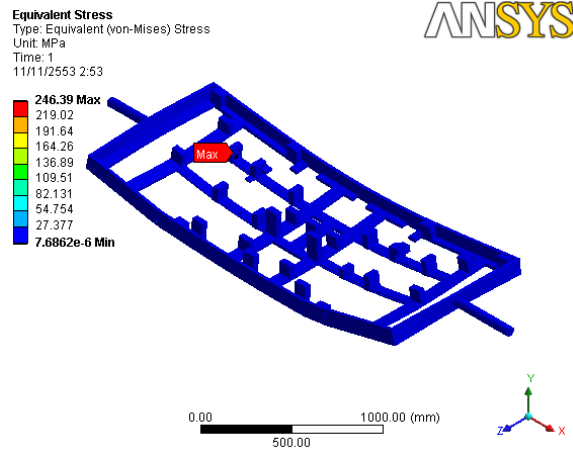
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน กรณี 1

อุปกรณ์แบบที่	1	2	3	4
ความเค้นสูงสุด (MPa)	48.19	25.27	27.42	29.07
ความเสียรูป (mm)	0.17	0.13	0.10	0.12
ค่าความปลอดภัย	8.09	15.00	14.23	13.42

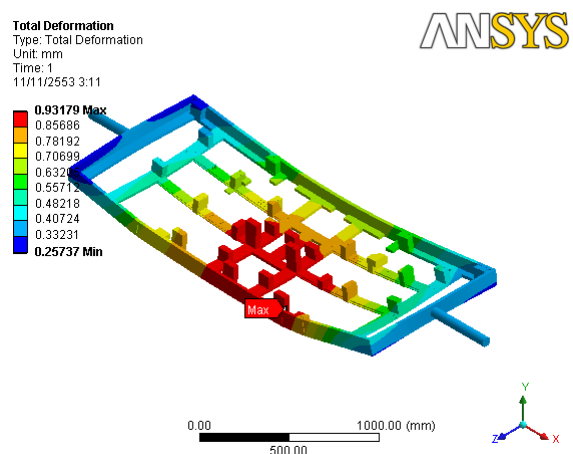
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างอุปกรณ์ กรณี 2

อุปกรณ์แบบที่	1	2	3	4
ความเค้นสูงสุด (MPa)	246.39	113.82	167.57	53.12
ความเสียรูป (mm)	0.93	0.74	1.90	0.27
ค่าความปลอดภัย	1.60	3.43	2.33	7.34

จากผลการวิเคราะห์ในกรณี 2 พบว่าอุปกรณ์แบบที่ 1 มีค่าความปลอดภัย 1.60 เมื่อใช้งานจะเกิดความเสียหายก่อนอุปกรณ์แบบอื่นๆ ซึ่งจุดที่เกิดค่าความเค้นสูงสุดพบที่บริเวณจุดเชื่อมต่อของตัวอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 12 และความเสียรูปแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 12 แสดงตำแหน่งที่เกิดความเค้นสูงสุดของอุปกรณ์แบบที่ 1 (กรณี 2)

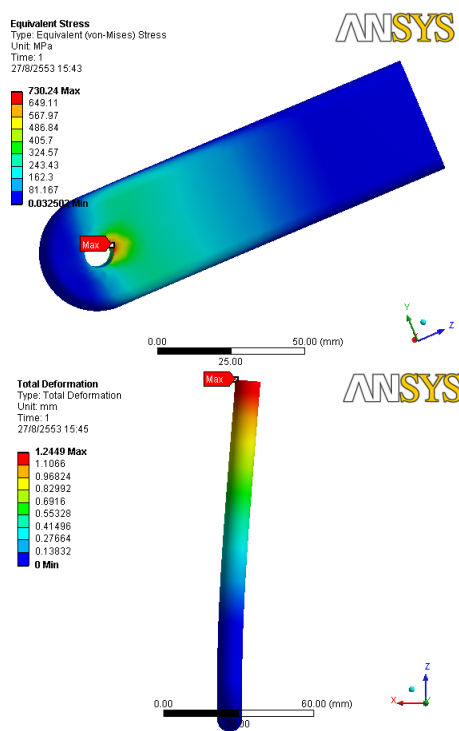


รูปที่ 13 แสดงตำแหน่งที่เกิดความเสียรูปของอุปกรณ์แบบที่ 1 (กรณี 2)

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างอุปกรณ์ กรณี 3

อุปกรณ์แบบที่	1	2	3	4
ความเค้นสูงสุด (MPa)	18.99	14.85	17.87	7.68
ความเสียรูป (mm)	0.023	0.017	0.021	0.009
ค่าความปลอดภัย	15	15	15	15

สำหรับผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ 4 เกิดค่าความเค้นสูงสุด 730.24 MPa ค่าความเครียด 0.0033 ค่าขีดสูงสุด 1.25 mm ดังนั้น ค่าตัวประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 2.36 ซึ่งจุดที่พบค่าความเค้นสูงสุดและลักษณะความเสียรูปสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงความเค้นสูงสุดและความเสียรูปของสลักล๊อค

จากตารางที่ 8 ถึงตารางที่ 10 จะแสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่จะเกิดความเสียหายก่อนคือ อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบที่ 1 (กรณี 2) เนื่องจากมีค่าตัวประกอบความปลอดภัยต่ำสุด(1.60) และผลการวิเคราะห์ในกรณี 4 ตัวสลักล๊อคมีค่าตัวประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 2.36 ดังนั้น ในส่วนนี้จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษ

4. สรุป

จากการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสำหรับนำมาใช้ในระบบการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสารเพื่อลดระยะเวลาในการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสาร โดยออกแบบกระบวนการผลิตบนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ซึ่งจากการออกแบบเพื่อรองรับการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสารจำนวน 2 รุ่น เมื่อทำการศึกษาโครงสร้างหลักรถโดยสารทั้ง 2 รุ่นแล้วแบ่งเป็นโครงสร้างย่อย จัดกลุ่มโครงสร้างย่อยที่มีรูปร่างและลักษณะคล้ายกันได้ 4 กลุ่ม โดยโครงสร้างย่อยทั้งหมดจะสามารถผลิตบนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานทั้ง 4 ตัว จากผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจากแบบจำลองที่ได้ออกแบบ พบว่า โครงสร้างอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานมีความแข็งแรงตามมาตรฐานดังนั้นเมื่อนำมาใช้จริงในระบบการผลิตจึงมีความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งในส่วนที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษคืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบที่ 1 เมื่อพิจารณาตามกรณี 2 ซึ่งในส่วนนี้สามารถออกแบบตัวโครงสร้างเพิ่มเพื่อเสริมความแข็งแรงได้และอีกส่วนคือ สลักล๊อค โดยอาจทำการปรับขนาดตัวสลักให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ทำตัวสลักให้มีค่า Yield Stress และ Ultimate Stress มากกว่าเดิมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงมากขึ้น

จากการศึกษาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ในการผลิตโครงสร้างย่อยในกรณีผู้ปฏิบัติงาน 1 คนและผู้ปฏิบัติงานมากกว่า 1 คน พบว่าในกรณีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน จะได้กำลังการผลิตของโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชิ้นได้ 2.3 คันต่อวัน และของโครงสร้างหลักรถโดยสารชิ้นครึ่งได้ 2.8 คันต่อวัน โดย 1 วันจะใช้เวลาในการปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมง ซึ่งการใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คนจะเพิ่มกำลังการผลิต 90% จากการใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน โดยเกิดเวลาของงานประมาณ 1% หากใช้ผู้ปฏิบัติงาน 4 คนจะได้กำลังการผลิตของโครงสร้างหลักรถโดยสาร 2 ชิ้นได้ 4 คันต่อวัน และของโครงสร้างหลักรถโดยสารชิ้นครึ่งได้ 5 คันต่อวัน โดยมีการว่างงานสูงกว่าและการใช้ผู้ปฏิบัติงาน 6 คนที่มีการเพิ่มอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจะเพิ่มกำลังการผลิต

เพียง 25% อาจไม่คุ้มกับการเพิ่มจำนวนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและไม่เหมาะสมกับพื้นที่ในการติดตั้ง

การวิจัยต่อไปเพื่อให้เกิดประโยชน์มากขึ้นอาจศึกษาการวางกำลังคนและจำนวนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อลดเวลาสูญเสียเปล่าและเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท อุเชิดชัยอุตสาหกรรม จำกัด สำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และมีความสำคัญ

ขอขอบคุณโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ในการสนับสนุนการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Assist. Prof. Rachavarn Kanjanapanyakom. (1985). *Motion and Time Study*, Physics Center Thailand, (pp.139-160) (in Thai)
- Itsara Rojana and Saiprasit Kerdniyom . (2008). *Design and Development of Chassis Frame for Double Deck Bus (Standard No.4)*, ME NETT 22, by Thammasat University 15-17 Oct. (in Thai)
- Norman Gaither. (1992). *Production and Operations Management*. Fifty Edition (pp.607-611) (in Thai)

- Pramote Dachamphai and Sutthisak Pongthanapanich (2548). *Easy Finite Element*. First Edition (pp.2-pp.9) (in Thai)
- Somkiat Jongprasithporn and Sakkarin Choodoung . (2007). *Design and Development the Production Standard for Double Deck-bus (Standard No. 4)*. The 5th Annual PSU Research Conference 2007, by Prince of Songkla 10-11 May. (in Thai).
- Sorraya Pingkawee and Rein Boondiskulchok. (2008). *Development of MTM-2 based standard time system for production process in leather ware industry*. The 17th IE Network Conference, by Prince of Songkla 20-22 Oct. (in Thai)
- Vilasinee Leowarin, Apirat Sakulthai and Saroj Keawsonthong. (2007). *Process Improvement to Increase Productivity: Case Study in the Production of an Automobile Part*, The 16th IE Network Conference, by Prince of Songkla 10-11 Oct. (in Thai)