



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ออกแบบโมดูลสำหรับการประกอบ Minideck เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต

ฮาร์ดดิสก์

Module Design for Minideck Assembly to Improve Hard Disk
Drive Manufacturing Process

นาย กฤษฎา เ้าวุฒิกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา ออกแบบโมดูลสำหรับการประกอบ Minideck เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์

ชื่อ-สกุล นาย กฤษฏา หารุฒิกุล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เตไปวา

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นาย นิรชน เงินทอง

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจเล่มนี้นำเสนอการออกแบบโมดูลสนับสนุนการประกอบงานเพื่อแก้ปัญหาและปรับปรุงพัฒนากระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ทำหน้าที่จับ minideck พลิก โดยมีการออกแบบโมดูลเพื่อช่วยในกระบวนการประกอบ minideck ให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักของความปลอดภัยและสามารถจับขึ้นที่เป็นฐานรองกับ minideck ติดอยู่ด้วยกันได้ และสร้างโมดูลเพื่อช่วยในการประกอบ minideck ให้มีความสะดวกต่อการใช้งานกับลดความเมื่อยล้าของพนักงานปฏิบัติงาน การออกแบบให้มีขั้นตอนการทำงานต่างๆโดยใช้ทฤษฎีของกลศาสตร์และทฤษฎีอื่นๆทางวิศวกรรม รวมถึง Solidworks Program ในการออกแบบ3มิติ เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนการออกแบบจึงมีการพิสูจน์ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบมีประสิทธิภาพ โดยใช้ระเบียบวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลที่ได้จากการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ คือ ค่าความเค้นที่ได้จากการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ไม่เกินค่าความเค้นครากของเนื้อวัสดุกับผลคำนวณค่าความปลอดภัยผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในช่วงมาตรฐานของการออกแบบ และสามารถลดความเมื่อยล้าของพนักงานปฏิบัติงานได้ เนื่องจากการทำงานบางขั้นตอนเปลี่ยนเป็นการใช้แรงจากระบบลมทำงานแทนแรงจากพนักงานปฏิบัติงาน

คำสำคัญ : โมดูล, ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์, มินิเดค, การยศาสตร์, ค่าความเค้นคราก, ค่าความปลอดภัย, นิเวศ

Co-operative Title: Module Design for Minideck Assembly to Improve Hard Disk Drive Manufacturing Process

Student Intern Name: Mr. Kridsada Haowuthikul

Faculty: Engineering **Department:** Mechanical Engineering

Advisor Name: Asst. Prof. Dr. Nattawoot Depaiwa

Mentor Name: Mr. Nirachone Ngurntong

Company: Seagate Technology (Thailand) Co., Ltd.

ABSTRACT

This project presents about module design to support assembly process to solve and improve manufacturing process in industrial factory. The one of tooling will be used for holding and flipping so design the module for support minideck assembly process within safety standard which it able to hold both of carrier and minideck together. To build module for support minideck assembly process to comfortably working and ergonomic improvement. First, learning about minideck assembles process from operator. Design working step of module which was designed using the theory of mechanical and other engineering theory and solidworks program. Finally, the design is completed then it is proved that effective of the results by using the finite element method. The results of the finite element method simulation are the stress of the finite element method simulation is not over than yield strength of the materials and the result of safety factor is in range of the design standard. Ergonomic improvement for operator fatigue reducing, Due to the human force is replaced by pneumatic system so operators do not take force about some process and do not get fatigue.

Keywords: Module, Finite element method, Minideck, Ergonomic, Yield strength, Safety factor, Pneumatic

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้โอกาสในโครงการสหกิจศึกษา อีกทั้งคุณผู้เฒ่าคุณคุณนิรชน เงินทอง และพนักงานบริษัททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาสี่เดือน

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เตไปวา ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้จัดทำมาตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ได้สอนและให้ความรู้อันเป็นประโยชน์ในการฝึกสหกิจในครั้งนี้หรือการทำงานในอนาคต

ผู้จัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงที่ให้ การสนับสนุน เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ และประโยชน์อันพึงมีจากรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กฤษฎา เชาว์พิบูล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
รายละเอียดเกี่ยวกับองค์กร	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
แผนกที่ฝึกงานสหกิจ (Department).....	3
แผนปฏิบัติงาน (Planning).....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 กลศาสตร์ (Mechanics)	4
2.1.2 ความเค้น (Stress).....	4
2.1.3 ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety).....	5
2.1.4 โมเมนต์ (Moment)	6
2.1.5 ทอร์ก (Torque).....	7
2.1.6 กระบอกลม (Air Cylinder).....	7

2.1.7 สกรูและสลักกำหนดตำแหน่ง (Screw and Dowel Pin).....	8
2.1.8 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method,Finite Element Analysis).....	10
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	12
3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโมดูลช่วยประกอบชิ้นงาน.....	12
3.2 การออกแบบโมดูลแขนจับ.....	12
3.3 ขั้นตอนการกางแขนจับ	14
3.4 ขั้นตอนการหมุน.....	15
3.5 ขั้นตอนการยกขึ้นและลง	18
3.6 การทำแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์.....	23
3.7 ขั้นตอนเลือกชิ้นส่วนทางกล.....	27
3.8 ลักษณะหน้าตาโมดูล.....	29
3.9 ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานต่างๆของโมดูล	30
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	34
4.1 ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์.....	34
4.2 ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ตรงส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator.....	38
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	41
สรุปผลการดำเนินงาน.....	41
ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก.....	44

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงแรงกระทำต่อวัตถุทำให้เกิดทอร์ค	7
ภาพที่ 2.2 แสดงรูปทรงของเกลียวสกรูแบบเกลียวสามเหลี่ยม	8
ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะสลักกำหนดตำแหน่ง (Dowel Pin)	9
ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการสร้างสถานการณ์จำลอง โดยใช้หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ..	10
ภาพที่ 2.5 แสดงโมดูลใช้จับพลิกในกระบวนการผลิต Hard drive.....	11
ภาพที่ 3.1 แสดงตัวจับงานคล้ายรูปตัวซี	13
ภาพที่ 3.2 แสดง Free Body Diagram เมื่อตัดตรงที่นอตยึดของตัวจับงาน	13
ภาพที่ 3.3 แสดงแรงกระทำต่อพื้นผิวที่ตัดตรงนอตยึด	14
ภาพที่ 3.4 แสดงโมดูลกางแขนจับด้านหน้าและด้านหลัง	14
ภาพที่ 3.5 แสดงโมดูลกางแขนจับ.....	15
ภาพที่ 3.6 แสดงแรงจากพาระที่กระทำต่อกระบอกลูกสูบแบบหมุน	15
ภาพที่ 3.7 แสดงตาราง Allowable Load ของกระบอกลูกสูบแบบหมุน.....	16
ภาพที่ 3.8 แสดงกระบอกลูกสูบแบบหมุนรุ่น 22-MSQB30R.....	17
ภาพที่ 3.9 แสดงระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของมวลและจุดศูนย์กลางของแกนหมุน.....	17
ภาพที่ 3.10 แสดงน้ำหนักและระยะที่ทำให้เกิดทอร์คจากพาระ	18
ภาพที่ 3.11 แสดงภาพส่วนหนึ่งของโมดูล	19
ภาพที่ 3.12 แสดงตารางบอกข้อมูลในแต่ละขนาดของลูกสูบ	20
ภาพที่ 3.13 แสดงตาราง Maximum Allowable Load Mass.....	20
ภาพที่ 3.14 แสดงกระบอกลูกสูบรุ่น 22-MXQ25-100C	21
ภาพที่ 3.15 แสดงแรงจากพาระแต่ละจุดที่กระทำให้เกิดโมเมนต์	22
ภาพที่ 3.16 แสดงตาราง Maximum Allowable Moment	22
ภาพที่ 3.17 การเลือกวัสดุของชิ้นส่วน	23
ภาพที่ 3.18 การเลือกพื้นผิวจับยึดของชิ้นงานแบบ Fixed Geometry.....	24
ภาพที่ 3.19 การเลือกพื้นผิวจับยึดของชิ้นงานแบบ Roller/Slider	24
ภาพที่ 3.20 แสดงแรงจากแรงโน้มถ่วงของโลก	25

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 3.21 แสดงแรงกดของ Operator ขณะใส่ชิ้นงาน	25
ภาพที่ 3.22 แสดงแรงขันสกรูของ Operator	25
ภาพที่ 3.23 แสดงหน้าต่างการปรับขนาดของเอลิเมนต์	26
ภาพที่ 3.24 แสดงเอลิเมนต์บนชิ้นส่วนแขนจับและชิ้นงาน.....	26
ภาพที่ 3.25 แสดงบริเวณ Bearing with Housing.....	27
ภาพที่ 3.26 แสดง FBD ที่ตำแหน่ง Bearing with Housing	27
ภาพที่ 3.27 แสดงภาพ Bearing with Housing.....	28
ภาพที่ 3.28 แสดง Bearing ชนิดตลับลูกปืนมีตลกร่องลึก (Deep Groove Ball Bearing).....	28
ภาพที่ 3.29 แสดงข้อมูล Configured Specifications ของBearing.....	29
ภาพที่ 3.30 แสดงโครงสร้างของโมดูลช่วยประกอบ minideck.....	29
ภาพที่ 3.31 แสดงภาพด้านบนตอน minideck วางอยู่บนโมดูล	30
ภาพที่ 3.32 แสดงภาพสามมิติตอน minideck วางอยู่บนโมดูล.....	30
ภาพที่ 3.33 แสดงภาพด้านบนตอนจับ minideck และฐานรองไว้ด้วยกัน	30
ภาพที่ 3.34 แสดงภาพสามมิติตอนจับ minideck และฐานรองไว้ด้วยกัน.....	31
ภาพที่ 3.35 แสดงภาพด้านข้างตอนยก minideck และฐานรองขึ้น.....	31
ภาพที่ 3.36 แสดงภาพสามมิติตอนยก minideck และฐานรองขึ้น	31
ภาพที่ 3.37 แสดงภาพด้านบนตอนพลิก minideck และฐานรอง.....	32
ภาพที่ 3.38 แสดงภาพด้านหน้าตอนพลิก minideck และฐานรอง.....	32
ภาพที่ 3.39 แสดงภาพด้านข้างตอนพลิก minideck และฐานรอง.....	32
ภาพที่ 3.40 แสดงภาพสามมิติตอนพลิก minideck และฐานรอง	33
ภาพที่ 3.41 แสดงภาพด้านหน้าตอนยก minideck และฐานรองลง	33
ภาพที่ 3.42 แสดงภาพสามมิติตอนยก minideck และฐานรองลง.....	33
ภาพที่ 4.1 แสดงผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ขณะที่ minideck วางอยู่นิ่ง.....	34
ภาพที่ 4.2 แสดงตารางคุณสมบัติของเนื้อวัสดุ Stainless Steel Alloys	35
ภาพที่ 4.3 แสดงผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ขณะที่ Operator วางminideck.....	35

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 4.4 แสดงผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ขณะที่ Operator ชั้นสกรู.....	36
ภาพที่ 4.5 แสดงลักษณะการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ Motion Analysis.....	37
ภาพที่ 4.6 แสดงผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ขณะที่หมุนพลิก minideck.....	37
ภาพที่ 4.7 Effective Torque ของทางบริษัท SMC.....	38
ภาพที่ 4.8 ผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator เมื่อ minideck วางอยู่นิ่ง.....	39
ภาพที่ 4.9 ผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator ขณะที่ Operator วาง minideck .	39
ภาพที่ 4.10 ผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator ขณะที่ Operator ชั้นสกรู.....	40



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน.....	3
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดง Mechanical Properties ของเนื้อวัสดุ Stainless Steel.....	5
ตารางที่ 2.2 ค่าความปลอดภัยในการออกแบบโครงสร้างโดยทั่วไป (Factor of Safety).....	6
ตารางที่ 5.1 สรุปผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์.....	41



บทที่ 1

บทนำ

ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk drive) คืออุปกรณ์ชิ้นหนึ่ง ที่เป็นตัวเก็บข้อมูลต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลระบบปฏิบัติการต่างๆ ที่ใช้ขับเคลื่อนคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นๆ หรือข้อมูลในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ หรือแฟ้มงานต่างๆ ล้วนถูกเก็บรักษาเอาไว้ในฮาร์ดดิสก์นี้เอง ดังนั้นจึงบอกได้เลยว่า ฮาร์ดดิสก์ เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นและสำคัญที่สุดชิ้นหนึ่งเลยทีเดียวทีเดียวว่าได้ ถ้าจะพูดให้เห็นภาพก็คงต้องเทียบว่า ฮาร์ดดิสก์คือสมองส่วนความทรงจำของคอมพิวเตอร์นั่นเอง

รายละเอียดเกี่ยวกับองค์กร

การดำเนินงานในภาพรวมของซีเกทระดับโลกและในประเทศไทย

ซีเกทเป็นผู้นำระดับโลกด้านการผลิตฮาร์ดดิสก์และโซลูชันสำหรับการจัดเก็บข้อมูล ก่อตั้งบริษัทในปี พ.ศ. 2522

ไม่ว่าจะเป็นวิดีโอ เพลง และเอกสารต่างๆ มากมายที่เราแชร์กันในกลุ่มเพื่อนและครอบครัวบนโลกโซเชียลเน็ตเวิร์ค ไปจนถึงเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นหัวใจหลักของศูนย์ข้อมูลองค์กร การประมวลผลระบบคลาวด์ และคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะและโน้ตบุ๊กที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ผลิตภัณฑ์ของซีเกทช่วยให้ทุกความต้องการเหล่านี้สะดวกและง่ายขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการจัดเก็บ การแชร์ และการรักษาความปลอดภัยด้านข้อมูลดิจิทัลบนโลกออนไลน์

ซีเกทได้เริ่มเข้ามาดำเนินธุรกิจในประเทศไทยเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2526 จนปัจจุบันมีฐานการผลิต 2 แห่ง คือ โรงงานเทพารักษ์ในจังหวัดสมุทรปราการ และโรงงานโคราชในจังหวัดนครราชสีมา ครอบคลุมการผลิตฮาร์ดดิสก์ได้ครบวงจร ทั้งการประกอบหัวอ่าน-เขียนและชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จรูป นาโนทรานซิสเตอร์ รวมไปถึงการผลิตฮาร์ดดิสก์สำเร็จรูป

อย่างที่กล่าวไปข้างต้นทางบริษัททำการผลิตฮาร์ดดิสก์ ซึ่งก็จะมีกระบวนการในการทดสอบการอ่านและเขียนชื่อว่า ComET และก็มี minideck เป็นส่วนหนึ่งของ ComET ซึ่ง minideck เป็นอุปกรณ์จำลองฮาร์ดดิสก์ ได้ผ่านการประกอบมามากมายซึ่งในทีมทำเกี่ยวกับขั้นตอนการประกอบสุดท้าย และในส่วนนี้ก็จะมีการประกอบหัวอ่าน ทำโดยชั้นสกรูจากด้านล่าง โดยมีเครื่องมือช่วยคือชิ้นที่เป็นฐานรองminideckและชิ้นที่ครอบปิดข้างบน ซึ่งจะทำการใส่ minideck ลงไปก่อนจากนั้นใส่

หัวอ่านและก๊อปที่ปิดขึ้นที่ครอบปิดข้างบนประกบลงไปและก๊อปพลิกข้างล่างขึ้นมาเพื่อขึ้นสกรู ซึ่งminideck กับชั้นที่ครอบปิดข้างบนหลุดออกจากชั้นที่เป็นฐานรองและตกจึงทำให้เกิดความเสียหายต่อ minideck ได้ จึงได้มีการออกแบบโมดูลขึ้นมาเพื่อช่วยในการจับขึ้นที่เป็นฐานรองและminideck ติดอยู่ด้วยกัน

การออกแบบโครงสร้างของโมดูลได้มีการคำนึงถึงปัจจัยข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ จากการสังเกตนั้นก่อนที่จะทำการขึ้นสกรูยึดชิ้นงาน จำเป็นที่จะต้องพลิกตัวงาน เสียก่อน ระยะที่ยกขึ้นก็เป็นเรื่องที่สำคัญ รวมไปถึงข้อจำกัดของพื้นที่ พื้นที่ๆเครื่องประกอบ ทำงานได้อยู่ที่ ประมาณ 0.3 ตารางเมตร เราจึงออกแบบให้เครื่องอยู่กับที่ แต่เนื่องด้วยงานมีการเคลื่อนที่ ทั้งยกขึ้นและลง ทั้งการหมุน พลิก 180 องศา จึงออกแบบให้โมดูลประกอบงานให้ได้ประสิทธิภาพและทำงานได้กระชับ เพื่อให้ได้เวลาต่อรอบในการประกอบลดน้อยลง

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) การออกแบบเครื่องมือเพื่อช่วยในกระบวนการประกอบ minideck ให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักของความปลอดภัยและสามารถจับขึ้นที่เป็นฐานรองกับminideck ติดอยู่ด้วยกันได้
- 2) การออกแบบโมดูลเพื่อช่วยในการประกอบ minideck ให้มีความสะดวกต่อการใช้งานและลดความเมื่อยล้าของพนักงานปฏิบัติงาน (Operator)

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของโครงการเริ่มต้นที่การศึกษากระบวนการผลิตหัวอ่านและขั้นตอนการประกอบหัวอ่านจนจบขั้นตอน จากนั้นทำการศึกษาลักษณะการทำงานของพนักงานปฏิบัติการ (Operator) และทำการออกแบบให้มีแขนสำหรับจับชิ้นงานหนักประมาณ 1.8 kg และยกขึ้นด้วยระยะ 100 mm. จากนั้นมีการหมุนพลิก 180 องศา เมื่อทำการออกแบบเสร็จจึงนำแบบไปให้วิศวกรที่ทำงานได้ตรวจสอบเพื่อส่งกลับมาแก้ไขแบบให้ถูกต้องสมบูรณ์และให้หัวหน้าของทีมได้ทำการอนุมัติให้ดำเนินการต่อไป โดยทำใบขอซื้อและส่งไปยังผู้จัดหา เพื่อให้สร้างและประกอบขึ้นมา

แผนกที่ฝึกงานสหกิจ (Department)

แผนก AME ที่โรงงานซีเกท เทคโนโลยี เทพารักษ์ (TP) ซึ่งโรงงานแห่งนี้เป็นโรงงานที่ทำการผลิตและทดสอบหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ ซึ่งแผนก AME ทำหน้าที่ออกแบบและพัฒนาการประกอบหัวอ่านเพื่อส่งต่อไปยังโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ที่โคราช (KR) ต่อไป ซึ่งนำออกไปจำหน่าย

แผนปฏิบัติงาน (Planning)

Activity	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
Study process of manufacturing in factory	↔					
Review problem and analysis phase	↔					
Design module functional		↔				
Draft to fabricate			↔	↔		
Re design to fix problem				↔		
Request for Quotation				↔	↔	
Re design to decrease cost					↔	
Follow up PR,PO and fabricate module						↔

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้พัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานความปลอดภัย
- 2) ได้ลดความเมื่อยล้าและความเหนื่อยในการทำงานของพนักงานปฏิบัติงาน

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและข้อมูลโครงการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและตัวอย่างเครื่องจักรที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกัน ตั้งแต่เริ่มต้น ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล วิธีการทำงาน และออกแบบโมดูลประกอบชิ้นงาน ไปจนถึงเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน ซึ่งในการศึกษาการทำงานโครงการเกี่ยวกับการออกแบบโมดูลประกอบชิ้นงาน มีทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบดังนี้

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 กลศาสตร์ (Mechanics)

การออกแบบทุกอย่างสิ่งที่ไม่ได้คือเรื่องของสมดุลกลเมื่อวัตถุหยุดนิ่งและมีพารามิเตอร์จะต้องมีการคำนวณเรื่องของการเสียรูปของวัตถุ โดยต้องมีการวิเคราะห์แรงวิธีการวิเคราะห์แรง

โดยใช้ความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาระหว่างแกนที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำ ใช้หลักสมดุลในโครงสร้างภายในของแต่ละแกน จากสมการ

$$\sum F_y = 0 \quad (2.1)$$

2.1.2 ความเค้น (Stress)

สิ่งที่จะดูว่าชิ้นส่วนที่ออกแบบมาแข็งแรงมากน้อยเพียงใดก็คือความเค้นหรือแรงภายในที่เกิดขึ้นและทำให้ชิ้นส่วนนั้นเกิดความเสียหายหรือเปลา่

ความเค้นสามารถหาได้จากสมการ

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

โดยที่ σ คือ ความเค้นตั้งฉากหรือแรงกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Normal Stress)

(MPa)

F คือ แรงดึงหรือแรงอัดที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดในแนวตั้งฉาก (Force) (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional Area) m^2

2.1.3 ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety)

ทางทีมวิศวกรของโรงงานได้แนะนำว่าตัวโครงสร้างที่มีการเคลื่อนที่และขึ้นส่วนที่อยู่ใน cleanroom ควรใช้เป็นวัสดุสแตนเลสหรือเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) ที่ไม่เป็นสนิมเนื่องจากมีฟิล์มโครเมียมออกไซด์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง โครเมียม (Cr) กับออกซิเจนเคลือบบางๆ บนผิวเพื่อป้องกันการเกิดสนิม จากการค้นคว้า ตระกูลของสแตนเลสที่นิยมใช้ในงานโครงสร้าง คือ Series 300 ตระกูลออสเทนนิติก ซึ่งเราเลือกเป็น Stainless Steel 304 มีคุณสมบัติไม่เป็นสนิม ทนต่อการกัดกร่อนสูงสามารถขึ้นรูปเย็นเชื่อมได้ดี[2][3] และมีคุณสมบัติด้านความความแข็งแรง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดง Mechanical Properties ของเนื้อวัสดุ Stainless Steel [4]

Grade	YS(Mpa)≥	TS(Mpa)≥	EI(%)≥	Hardness(HV)≤
304	200	520	50	165-175

ความเค้นที่ใช้ออกแบบ สามารถหาได้จากสมการ

$$\sigma_w = \frac{\sigma_y}{N} \quad (2.3)$$

โดยที่ σ_y คือ ความต้านทานแรงดึงครากของวัสดุ (N / m^2)

σ_w คือ ความต้านทานแรงดึงใช้งานของวัสดุ (N / m^2)

N คือ ค่าความต้านทาน (ค่าความปลอดภัย; Factor of Safety)

ค่าความปลอดภัย[5] หมายถึง ค่าเผื่อไว้สำหรับการออกแบบเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์หรือกำลังต่างๆ ที่มากระทำกับชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลมากเกินไปกว่ากำลังที่ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลรับได้ จึงนำเอาค่าความปลอดภัยที่เหมาะสมกับเครื่องจักรกลมาคำนวณหาค่าความต้านทานแรงดึงคราก (ค่าที่ทำให้วัสดุเริ่มเปลี่ยนรูปไป) เพื่อให้ได้ความเค้นใช้งานของชิ้นส่วนที่กำลังออกแบบ

หรือก็คือความเค้นออกแบบ (Design stress) ซึ่งเป็นความเค้นใช้งาน ค่าความปลอดภัยขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างสามารถดูค่าความปลอดภัย (factor of safety) ได้จากตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความปลอดภัยในการออกแบบโครงสร้างโดยทั่วไป (Factor of Safety General Design)

การนำไปใช้	Factor of Safety(FOS)
สำหรับวัสดุที่มีความน่าเชื่อถือสูงโดยที่โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวดและน้ำหนักเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณา	1.3ถึง1.5
สำหรับวัสดุที่มีความน่าเชื่อถือที่โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด	1.5ถึง2.0
สำหรับวัสดุธรรมดาที่โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด	2.0ถึง2.5
สำหรับวัสดุประเภทที่โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด	2.5ถึง3.0
สำหรับวัสดุที่มีความไม่น่าเชื่อถือ โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด หรือวัสดุที่นำเชื่อถือถูกใช้อย่างหนักและเงื่อนไข	3.0ถึง4.0

2.1.4 โมเมนต์ (Moment)

โมเมนต์เกิดจากการที่มีแรงกระทำที่ระยะห่างจากจุดหมุน โดยในการออกแบบก็ต้องพิจารณาเรื่องของโมเมนต์ด้วย เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่ทำให้เกิดความเสียหาย

โมเมนต์สามารถหาได้จากสมการ

$$M = F \cdot S \quad (2.4)$$

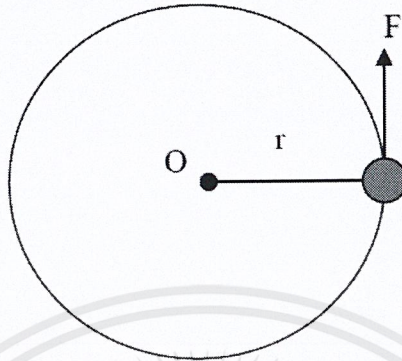
โดยที่ M คือ โมเมนต์ (Moment) ($N \cdot m$)

F คือ แรงที่กระทำในแนวตั้งฉากกับระยะทางระหว่างแนวแรงถึงจุดหมุน (Force) (N)

S คือ ระยะทางระหว่างแนวแรงถึงจุดหมุน (Distance) (m)

2.1.5 ทอร์ก (Torque)

สำหรับการออกแบบเมื่อมีชิ้นส่วนที่มีการหมุน ทอร์กหรือเรียกอีกอย่างว่าแรงบิดเป็นสิ่งที่บอก
ว่าสามารถทำงานได้จากพารามิเตอร์ทั้งหมดที่มีการหมุน ดังรูปที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงแรงกระทำต่อวัตถุทำให้เกิดทอร์ก

ทอร์กสามารถหาได้จากสมการ

$$\tau = r \cdot F \quad (2.5)$$

โดยที่ τ คือ ทอร์กหรือแรงบิด (Torque) ($N \cdot m$)
 r คือ รัศมีหรือระยะห่างระหว่างแนวแรงกับแนวแกนหมุน (Radius) (m)
 F คือ แรงที่กระทำในทิศตั้งฉากกับรัศมี (Force) (N)

2.1.6 กระบอกลม (AIR CYLINDER)

พลังงานที่ทำให้กลไกเคลื่อนที่ได้เราใช้เป็นพลังงานจากระบบลม (Pneumatic System)
เนื่องจากโครงสร้างของเครื่องจักรที่ออกแบบมีขนาดไม่ใหญ่มาก เหมาะกับระบบ Pneumatic ที่ใช้
กับงานที่ภาระน้อย ๆ และระบบ Pneumatic เป็นพลังงานหลักที่ใช้กับเครื่องจักรอื่น ๆ ในโรงงาน
อยู่เดิมแล้ว

จากการคำนวณแรงในการตีในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งต้องสอดคล้องกับความเร็วของกระบอก
สูบเพื่อให้กระบอกสูบสามารถส่งกำลังไปให้กับที่จับชิ้นงานให้ทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ในการ

คำนวณ นี้ได้มาซึ่งขนาดของกระบอกสูบและความดันที่ใช้จริง เมื่อได้ขนาดกระบอกสูบแท้จริงและเกิด ความคุ้มค่าที่สุด สามารถหาได้จากสมการ

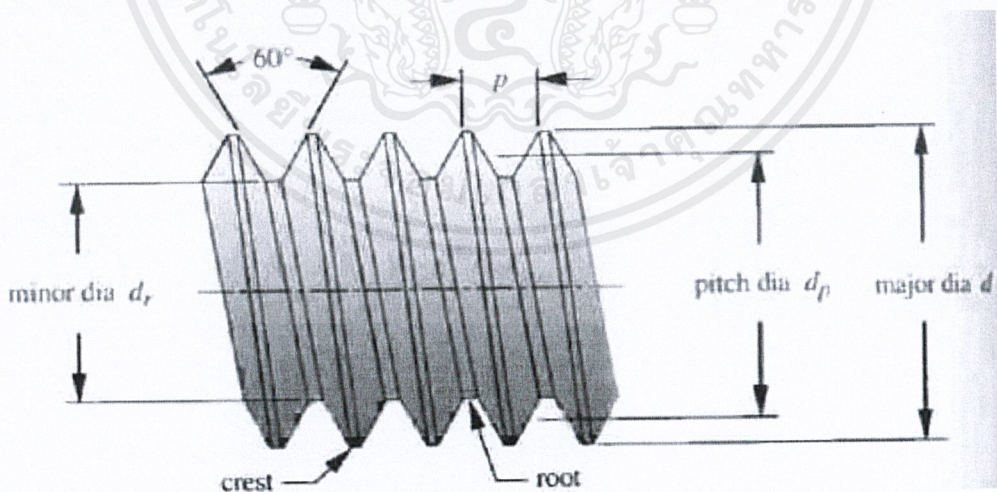
$$P = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

- เมื่อ P คือ ความดันภายในกระบอกสูบ (kPa)
 F คือ แรงสุทธิที่กระบอกสูบดันได้ (N)
 A คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบที่ใช้ (m^2)

2.1.7 สกรูและสลักกำหนดตำแหน่ง (SCREW AND DOWEL PIN)

สกรู (Screw)

สกรูใช้สำหรับเพื่อยึดชิ้นส่วนเข้าด้วยกันเรียกว่าสกรูยึดติดและเพื่อขับเคลื่อนภาระเรียกว่าสกรูส่งกำลัง ซึ่งในส่วนของเครื่องประกอบใช้สกรูแบบยึดติด เพราะสามารถใช้จับยึดเพื่อรับแรงดึง, แรงเฉือนหรือทั้งคู่ได้ โดยใช้สกรูของบริษัทMISUMI ชนิดของสกรูที่ใช้ยึดติดมีลักษณะรูปทรงของเกลียวสกรูเป็นแบบเกลียวสามเหลี่ยม ดังรูปที่2.1

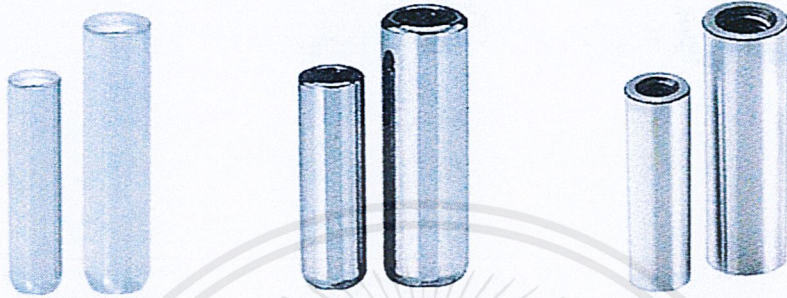


ภาพที่ 2.2 แสดงรูปทรงของเกลียวสกรูแบบเกลียวสามเหลี่ยม

สลักกำหนดตำแหน่ง (Dowel Pin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 8 ้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลักกำหนดตำแหน่งจะทำหน้าที่บังคับตำแหน่งของชิ้นส่วน 2 ชิ้น หรือมากกว่า เมื่อถอดแยกออกจากกันแล้วนำมาประกอบใหม่ จะยังคงอยู่ในตำแหน่งเดิม ซึ่งโดยปกติจะต้องใส่สลักเดียวที่ชุดบน 2 ตัว ถ้าต่อไปมีการถอดประกอบจะสามารถประกอบได้ตรงตำแหน่งเดิม สลักกำหนดตำแหน่งที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป จะมีความแข็งที่ 45-60 HRC มีผิวเรียบมัน และขนาดที่แน่นอน ตามค่าพิกัด



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะสลักกำหนดตำแหน่ง (Dowel Pin)

สลักกำหนดตำแหน่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1. สลักเรียว (Taper Dowel Pin) สลักแบบนี้เรียวตลอดความยาว ส่วนมากมีอัตรา 1:50 เป็นสลักเดียวที่เหมาะสมกับการใช้กำหนดตำแหน่งแม่พิมพ์ที่มีอายุการใช้งานยาว ๆ มีความแม่นยำสูง เช่น ± 0.002 มม. ถอดใส่ได้หลายครั้งโดยยังมีความแม่นยำเช่นเดิม

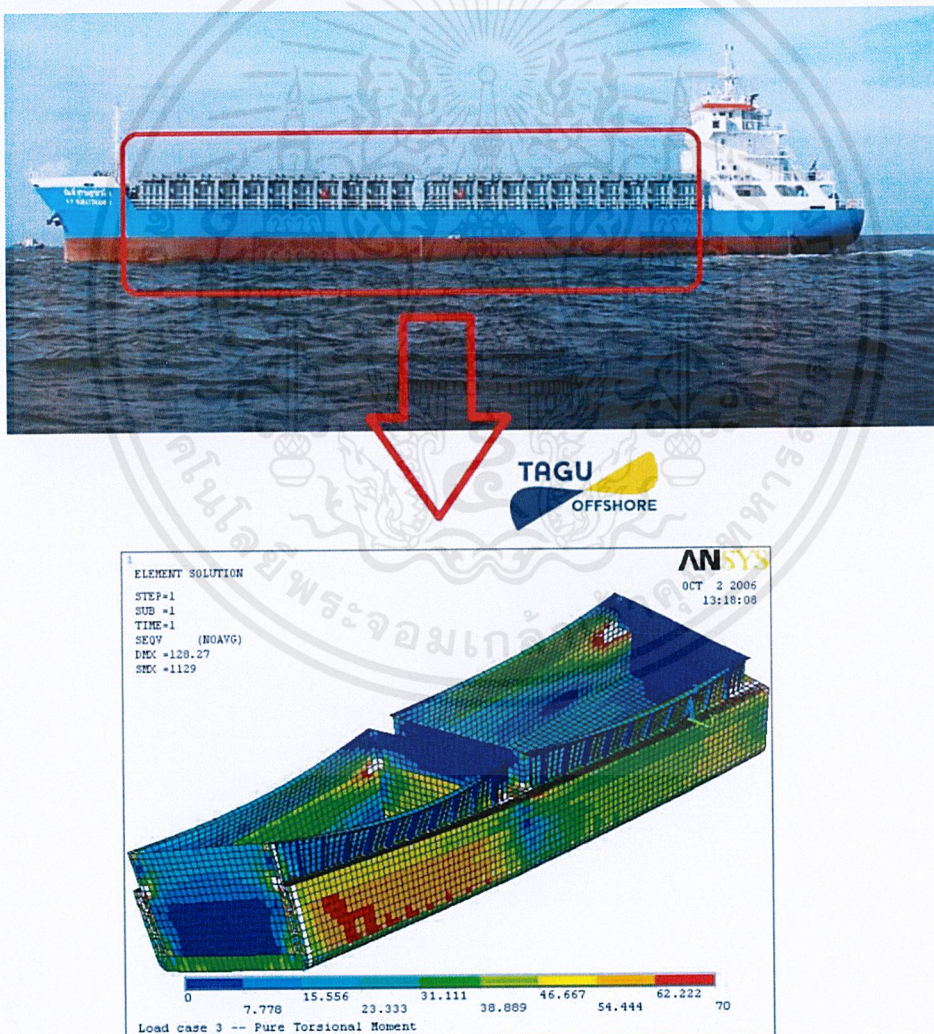
2. สลักแบบตรง (Straight Dowel Pin) ใช้กับแม่พิมพ์ที่มีอายุการใช้งานไม่มาก เป็นแม่พิมพ์ทั่ว ๆ ไป ถอดประกอบบ่อย ๆ จะหลวม ต้องเปลี่ยนขนาดให้โตขึ้น เพราะเป็นการสวมอัด แบบตรงนี้มี 2 ชนิด คือ แบบแทงตัน เหมาะกับรูกำหนดตำแหน่งที่เจาะทะลุ กับแบบแทงตันมีรูเกลียวตรงกลาง เหมาะกับรูกำหนดตำแหน่งที่ไม่เจาะทะลุเป็นรูบอด (Blind Hole) รูเกลียวในสลักมีไว้ใส่เกลียว เพื่อดึงสลักเดียวออก นอกจากนี้ด้านข้างของสลักเดียวจะถูกฉีกร่องด้านข้างตลอดแนว เพื่อเป็นช่องระบายอากาศในการถอดใส่

การเลือกใช้สลักกำหนดตำแหน่ง โดยทั่ว ๆ ไปสลักจะใช้กำหนดตำแหน่งชิ้นส่วน 2 ชิ้น ดังนั้นครึ่งหนึ่งของความยาวจะถูกฝังอยู่ในชิ้นส่วนแต่ละชิ้น และควรเลือกใช้ความยาวของสลักเดียว ให้มีความยาวประมาณ 4 เท่าของความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นอย่างน้อย จึงจะเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด คือ ไม่ยาวเกินไปและไม่สั้นเกินไป เพราะ 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางจะถูกฝังอยู่ในแต่ละชิ้นส่วน รูที่จะใส่สลักจะต้องมีความเรียบ และขนาดพิกัดเหมาะสม กับขนาดพิกัดของสลักเดียว ในค่าพิกัดของการสวมอัด โดย ทั่ว ๆ ไป H7 สำหรับรู ซึ่งก็จะใช้รีมเมอร์มาตรฐานในการรีมรูให้ได้ตามพิกัด H7 และ h6 อยู่แล้ว[6]

2.1.8 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method, finite element analysis)

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method, finite element analysis: FEM) คือ ระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขสำหรับการหาคำตอบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยพร้อมกับสมการปริพันธ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากระเบียบวิธีนี้มีพื้นฐานมาจากทั้งการกำจัดสมการเชิงอนุพันธ์อย่างสมบูรณ์ (สำหรับปัญหาที่อยู่ในสภาวะคงที่) หรือการปรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ให้กลายเป็นระบบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญซึ่งเป็นปริพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการใช้เทคนิคมาตรฐานทางคณิตศาสตร์เช่น Euler method Runge-Kutta methods[7]

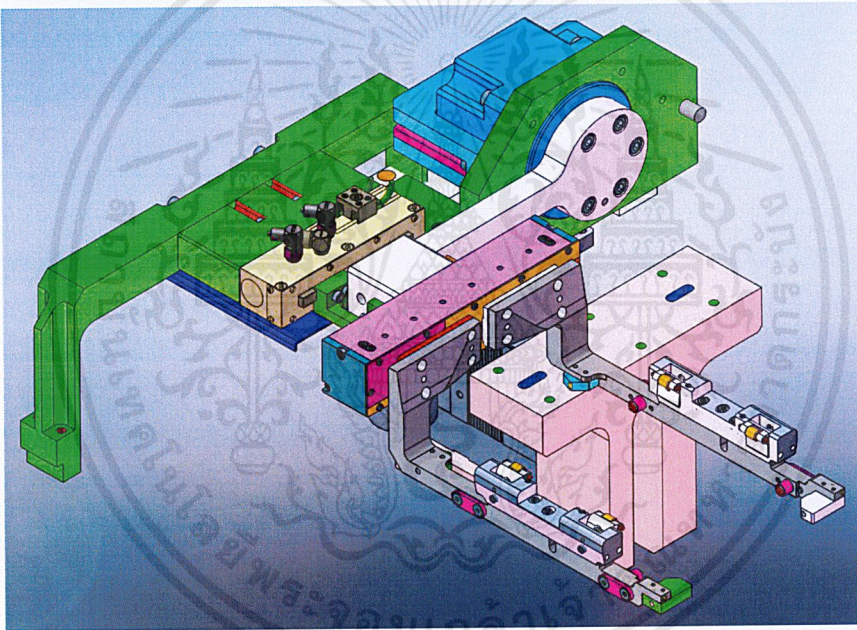
ก่อนที่จะมีการผลิตชิ้นงานขึ้นมาใช้งาน จึงมีการสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อวิเคราะห์ว่าสามารถใช้งานได้จริงผ่านซอฟต์แวร์ โดยใช้หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 2.3



ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการสร้างสถานการณ์จำลอง โดยใช้หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษานวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้ศึกษาเพิ่มเติมจากโมดูลที่ทางโรงงานซีเกทที่โคราชเคยใช้ (รูปที่ 2.5) ถึงแม้ในการค้นคว้าเพิ่มเติมโรงงานที่โคราชใช้โมดูลนี้ในการจับพลิกในกระบวนการผลิต Hard drive แต่เนื่องจากการทำงานของโมดูลประกอบ minideck ไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการทำงานมากเท่ากับโมดูลในกระบวนการผลิต Hard drive และพื้นที่ทำงานที่ใช้ในการประกอบ minideck มีจำกัดไม่เหมาะกับรูปแบบการทำงานของโมดูลใช้จับพลิกในกระบวนการผลิต Hard drive อีกอย่างหนึ่งคือโมดูลใช้จับพลิกในกระบวนการผลิต Hard drive ใช้มอเตอร์ในการทำงานอยู่ด้วย แต่เนื่องจากโมดูลประกอบ minideck ไม่จำเป็นต้องใช้ความแม่นยำเท่ากับโมดูลในกระบวนการผลิต Hard drive จึงไม่เหมาะสม



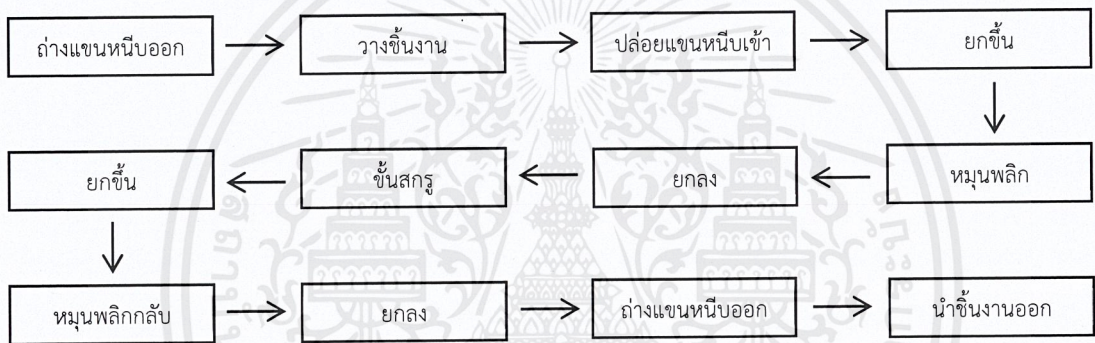
ภาพที่ 2.5 แสดงโมดูลใช้จับพลิกในกระบวนการผลิต Hard drive

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

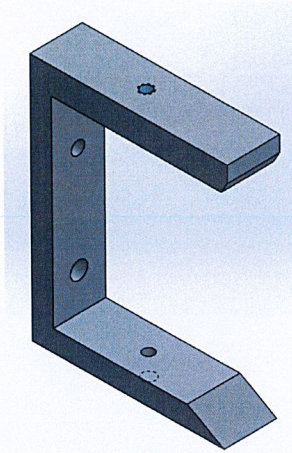
3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโมดูลช่วยประกอบ Minideck

เนื่องจากการประกอบต้องทำการขันสกรูจากด้านล่างเพื่อยึดชิ้นส่วนหัวอ่านเข้ากับminideckจึงออกแบบให้มีแขนจับเพื่อให้minideckไม่ตกโดยมีส่วนที่ทำการถ่างแขนออกและก็ทำการหมุนพลิกกลับด้านข้างล่างขึ้นมาข้างบน เพราะจะได้ทำการขันสกรูได้สะดวก แต่ก่อนจะพลิกต้องมีการยกขึ้นก่อนเพราะจะได้ไม่ติดพื้นเวลาหมุนพลิก เมื่อยกขึ้นและหมุนพลิกแล้วก็ทำการยกลงเพื่อขันสกรูต่อไปสรุปลำดับขั้นตอนการทำงานดังแผนผังด้านล่าง



3.2 การออกแบบโมดูลแขนจับ

เริ่มกันที่ส่วนของแขนจับตรงส่วนที่เป็นตัวจับออกแบบให้เป็นคล้ายๆรูปตัวซีเพื่อง่ายต่อการออกแบบ ซึ่งมีอยู่4ชิ้นแบ่งเป็น2ข้าง ข้างละ2ชิ้นดังนั้นจะจับชิ้นงาน4จุดด้วยกัน โดยตัวจับ4ชิ้นนี้จะติดอยู่ที่แขนทั้ง2ข้าง ข้างละ2ชิ้น มีทั้งหมด2แขน



ภาพที่ 3.1 แสดงตัวจับงานคล้ายรูปตัวซี

ซึ่งออกแบบโดยใช้ทฤษฎีสอดคล้องในแนวตั้ง

$$\sum F_y = 0$$

$$W - 4F = 0$$

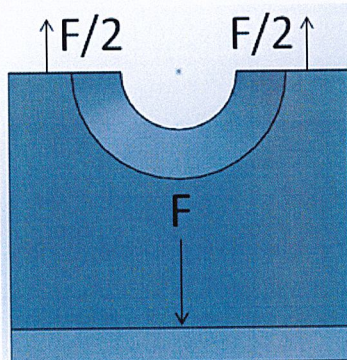
$$20.165 - 4F = 0$$

$$F = 5.04 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{2A}$$

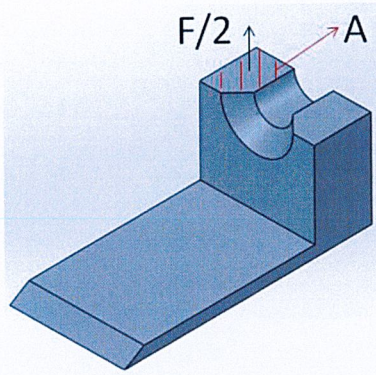
$$\sigma = \frac{5.04}{(2)(0.00001545)}$$

$$\sigma = 0.163 \text{ MPa}$$



ภาพที่ 3.2 แสดง Free Body Diagram เมื่อตัดตรงที่นี้อยู่ยึดของตัวจับงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 13 องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 แสดงแรงกระทำต่อพื้นผิวที่ตัดตรงนอติยัต

โดยมีค่าความปลอดภัย คัดจาก

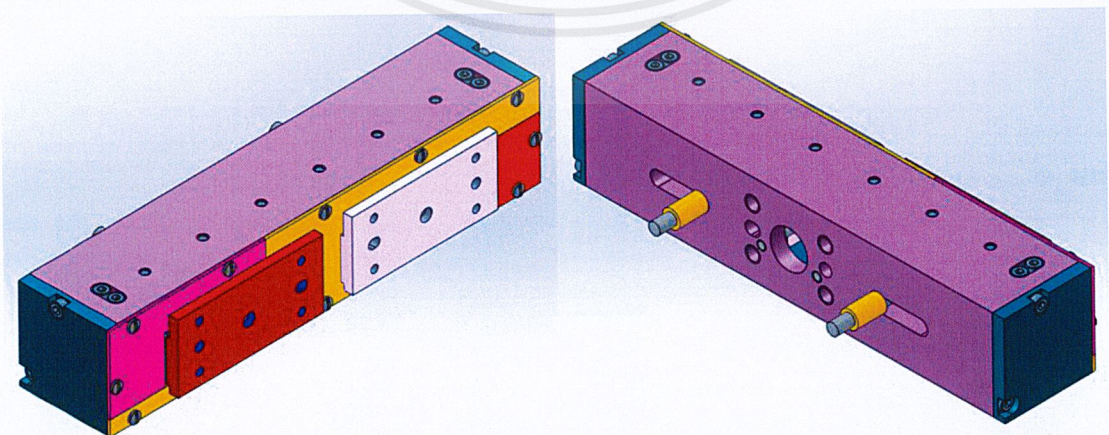
$$\sigma_w = \frac{\sigma_y}{N}$$

$$0.163 = \frac{241}{N}$$

$$N = 1,478.53$$

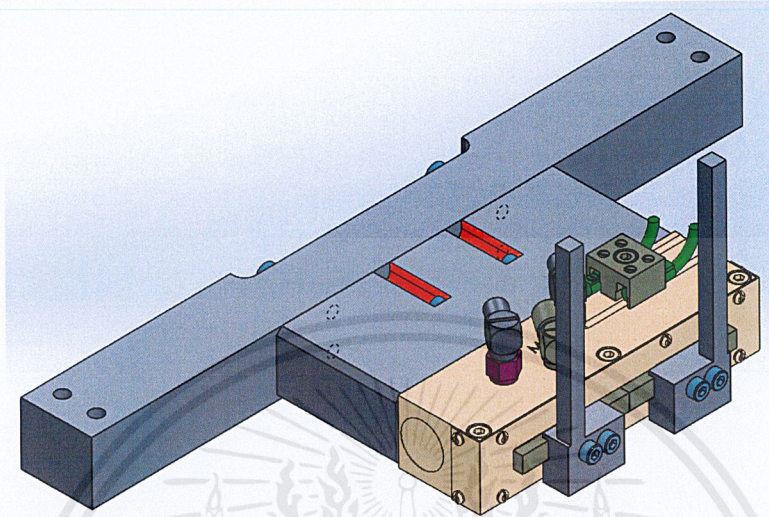
3.3 ขั้นตอนการกางแขนจับ

ในส่วนของโมดูลการกางแขนจับใช้เป็นระบบสปริงและระบบลมทำงานร่วมกัน เนื่องจากทางบริษัทได้เคยมีการใช้งานในส่วนนี้ จึงนำมาประยุกต์ใช้งานโดยใช้โมดูลเดิม โดยคำนวณระยะยืดของสปริงตรงตามที่ต้องการจะกางแขนออกตั้งนั้นจึงใช้งานได้



ภาพที่ 3.4 แสดงโมดูลการกางแขนจับด้านหน้าและด้านหลัง

จากรูปที่ 3.4 ชั้นส่วนที่เป็นสีแดงและสีขาว คือส่วนที่ติดกับแขนจับขวาและซ้ายตามลำดับ ด้านในเป็นสปริง โดยจะมีโมดูลล่างแขนจับมาทำหน้าที่ถ่างส่วนที่เป็นสีแดงและสีขาวออกจากกัน ผ่านทางแท่งกลมสี่เหลี่ยมด้านหลัง โมดูลล่างแขนจับจะมีส่วนที่เป็นลักษณะเหมือนก้านไว้อ่าง ดังรูปที่ 3.5

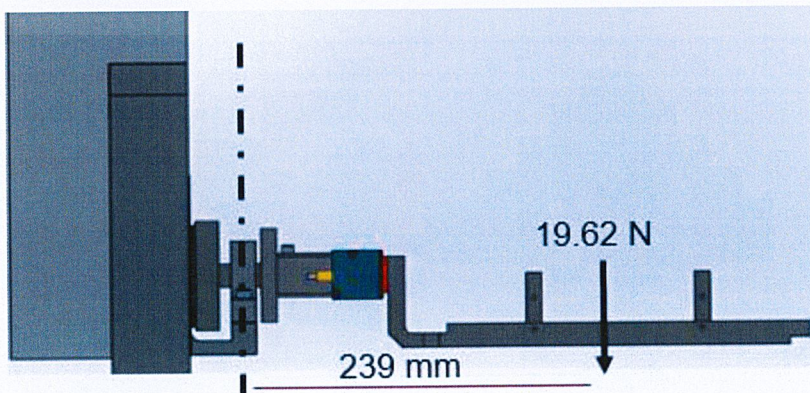


ภาพที่ 3.5 แสดงโมดูลล่างแขนจับ

3.4 ขั้นตอนการหมุน

วิธีการเลือกกระบอกลมแบบหมุน โดยจะพิจารณาอยู่ 2 กรณี คือ 1.รับโมเมนต์ตัดได้จากพาระที่ในส่วนกระบอกลมแบบหมุนรับไว้ 2.ทอร์คหรือแรงบิดขณะที่หมุน

1. โมเมนต์ตัดจากพาระในส่วนที่กระบอกลมแบบหมุนรับไว้ สามารถคำนวณได้ตามทฤษฎีของโมเมนต์ เกิดจากแรงพาระ ดังรูปที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 แสดงแรงจากพาระที่กระทำต่อกระบอกลมแบบหมุน

น้ำหนักของแขนจับ 2 ข้าง = 0.806 kg

น้ำหนักของชิ้นงาน = 1.2 kg

พาราทังหมด ≈ 2 kg

จาก

$$F = mg$$

$$F = (2)(9.81)$$

$$F = 19.62 \text{ N}$$

จาก

$$M = F \cdot S$$

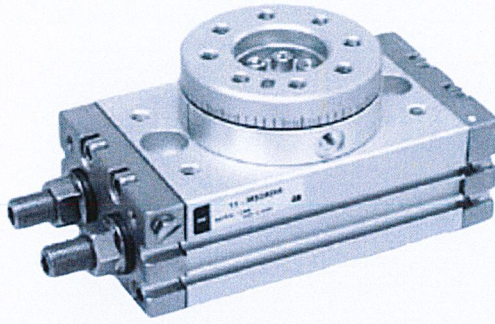
$$M = (19.62)(0.239)$$

$$M = 4.69 \text{ N} \cdot \text{m}$$

จากนั้นนำค่าโมเมนต์ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูล Allowable Load ที่ทางบริษัท SMC ซึ่ง
เป็นบริษัทผลิตกระบอกลมได้ระบุไว้ ในที่นี้ใช้เป็นกระบอกลมแบบหมุนรุ่น 22-MSQB30R เป็นแบบ
Basic Type ซึ่งรับโมเมนต์ที่จะจับตัวเองได้ $5.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ ดังรูปที่ 3.7

Series	Model	Load direction			M (N·m)
		Fsa (N)	Fsb (N)	Fr (N)	
MSQA	MSQA 1□	41	41	31	0.84
	MSQA 2□	45	45	32	1.2
	MSQA 3□	48	48	33	1.6
	MSQA 7□	71	71	54	2.2
	MSQA 10□	107	74	86	2.9
	MSQA 20□	197	137	166	4.8
	MSQA 30□	398	197	233	6.4
	MSQA 50□	517	296	378	12.0
MSQB	MSQB 1□	41	41	31	0.56
	MSQB 2□	45	45	32	0.82
	MSQB 3□	48	48	33	1.1
	MSQB 7□	71	71	54	1.5
	MSQB 10□	78	74	78	2.4
	MSQB 20□	137	137	147	4.0
	MSQB 30□	363	197	196	5.3
	MSQB 50□	451	296	314	9.7
	MSQB 70□	476	296	333	12.0
	MSQB100□	708	493	390	18.0
MSQB200□	1009	740	543	25.0	

ภาพที่ 3.7 แสดงตาราง Allowable Load ของกระบอกลมแบบหมุน

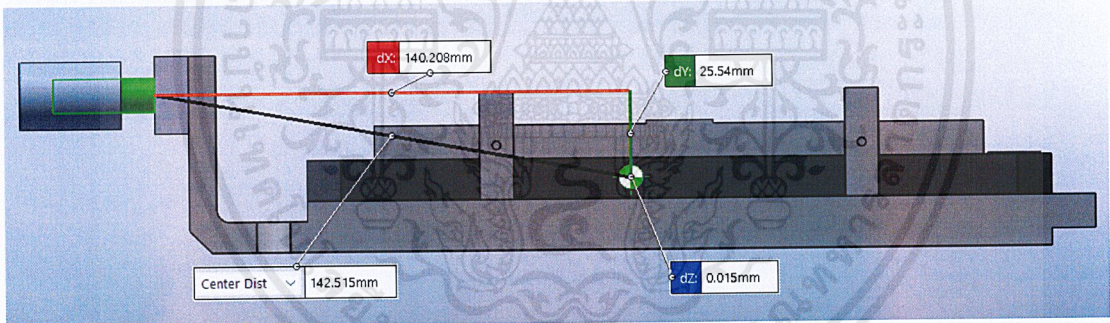


ภาพที่ 3.8 แสดงกระบอกลมแบบหมุนรุ่น 22-MSQB30R

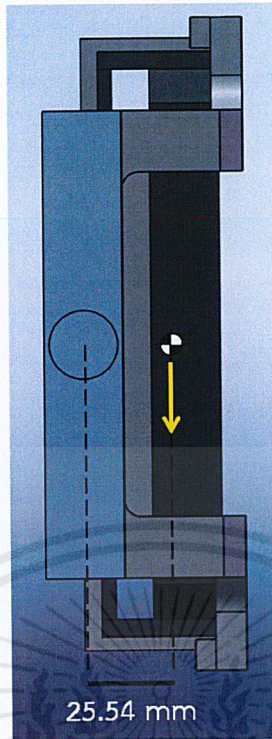
- ทอร์กขณะที่หมุน เป็นอีกกรณีหนึ่งที่ขาดไม่ได้ เมื่อมีน้ำหนัก, รูปทรง, แรงโน้มถ่วงและมีการหมุน จึงต้องคำนวณว่าใช้ทอร์กหรือแรงบิดสูงสุดเท่าไร ตามสมการข้างล่างนี้

$$\tau = r \cdot F$$

มวลของแขนจับ+ชิ้นงาน+องค์ประกอบต่างๆของโมดูลที่มีการหมุนพลิก = 3.2 kg = 31.392 N
 ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของมวลและจุดศูนย์กลางของแกนหมุน = 25.54 mm = 0.02554 m



ภาพที่ 3.9 แสดงระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของมวลและจุดศูนย์กลางของแกนหมุน



ภาพที่ 3.10 แสดงน้ำหนักและระยะที่ทำให้เกิดทอร์คจากพาระ

จากรูปที่ 3.10 สามารถคำนวณทอร์คที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

$$\tau = (0.02554)(31.392)$$

$$\tau = 0.802 \text{ N} \cdot \text{m}$$

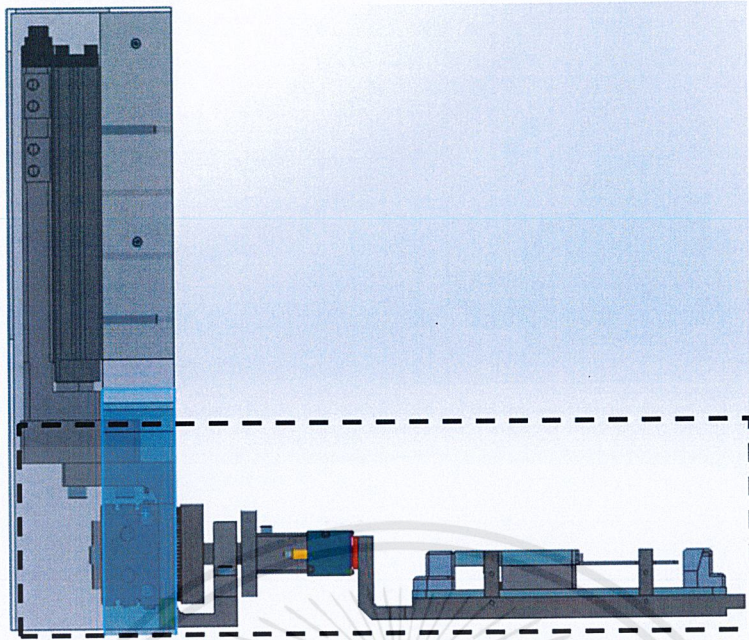
3.5 ขั้นตอนการยกขึ้นและลง

ส่วนสุดท้ายนี้ออกแบบการยกขึ้นลง โดยใช้กระบอกลมที่ลูกสูบเคลื่อนที่ในแนวตรง ซึ่งต้องมีการเลือกขนาดของลูกสูบ คำนวณพาระที่รับไว้และเปรียบเทียบกับข้อมูล Maximum Allowable Load Mass และ Maximum Allowable Moment

Maximum Allowable Load Mass

คำนวณน้ำหนักของพาระทั้งหมดที่ในส่วนของกระบอกลมแบบลูกสูบเคลื่อนที่ในแนวตรงที่ได้รับไว้ตามกรอบเส้นประ ดังรูปที่ 3.11 ได้

$$m = 7.89 \text{ kg}$$



ภาพที่ 3.11 แสดงภาพส่วนหนึ่งของโมดูล

นำไปคำนวณเพื่อเลือกขนาดของกระบอกลม เนื่องจากในไลน์ผลิตคลีนรูม ใช้ความดันอยู่ที่ 6 bar หรือ 0.6 MPa ซึ่งคำนวณหาขนาดต่ำสุดของลูกสูบได้จากสมการความดันในของไหล

จาก

$$m = 7.89 \text{ kg}$$

$$W = mg$$

$$= (7.89)(9.81)$$

$$W = 77.4 \text{ N}$$

$$P = 0.6 \text{ MPa}$$

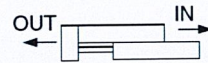
$$P = \frac{F}{A}$$

$$(0.6 \times 10^6) = \frac{77.4}{A}$$

$$A = 0.000129 \text{ m}^2 = 129 \text{ mm}^2$$

ดังนั้น พื้นที่น้อยที่สุดของลูกสูบที่จะทำให้แบกภาระเคลื่อนที่ขึ้นได้ = 129 mm²

Theoretical Output



The dual rod ensures an output twice that of current cylinders. (N)

Bore size (mm)	Rod size (mm)	Operating direction	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)					
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
6	3	OUT	57	11	17	23	29	34	40
		IN	42	8	13	17	21	25	29
8	4	OUT	101	20	30	40	51	61	71
		IN	75	15	23	30	38	45	53
12	6	OUT	226	45	68	90	113	136	158
		IN	170	34	51	68	85	102	119
16	8	OUT	402	80	121	161	201	241	281
		IN	302	60	91	121	151	181	211
20	10	OUT	628	126	188	251	314	377	440
		IN	471	94	141	188	236	283	330
25	12	OUT	982	196	295	393	491	589	687
		IN	756	151	227	302	378	454	529

Note) Theoretical output (N) = Pressure (MPa) x Piston area (mm²)

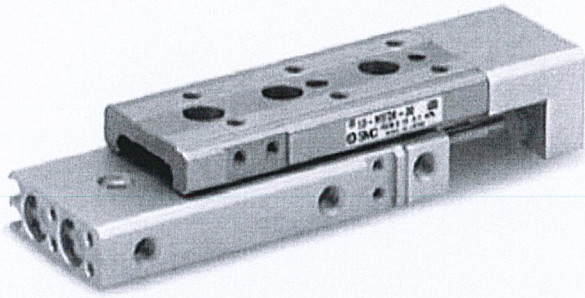
ภาพที่ 3.12 แสดงตารางบอกข้อมูลในแต่ละขนาดของลูกสูบ

จากรูปที่ 3.12 และการคำนวณหาพื้นที่น้อยสุด จึงเลือกใช้กระบอกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ลูกสูบเป็น 16 มม. พิจารณาเมื่อเคลื่อนที่ไปทิศ IN แต่เมื่อนำไปตรวจสอบกับตาราง Maximum Allowable Load Mass ดังรูปที่ 3.13 ปรากฏว่า กระบอกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ 16 มม. สามารถรับภาระได้สูงสุดเพียงแค่ 4 kg ดังนั้นจึงต้องเลือกขนาดที่รับภาระได้มากกว่า 7.89 kg ที่มีอยู่ ซึ่งจากตาราง Maximum Allowable Load Mass ก็คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ 25 มม. รับได้ 9 kg จึงเลือกใช้เป็นกระบอกลมแบบลูกสูบเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงรุ่น 22-MXQ25-100C

Table (2)
Maximum Allowable Load Mass: Wmax (kg)

Model	Maximum allowable load mass
MXQ 6	0.6
MXQ 8	1
MXQ12	2
MXQ16	4
MXQ20	6
MXQ25	9

ภาพที่ 3.13 แสดงตาราง Maximum Allowable Load Mass



ภาพที่ 3.14 แสดงกระบอกกลมรุ่น 22-MXQ25-100C

$$P = \frac{F}{A}$$

$$(0.6 \times 10^6) = \frac{F}{0.000756}$$

$$F = 453.6 \text{ N}$$

จาก กฎข้อที่2ของนิวตัน

$$\sum F = ma$$

$$F - mg = ma$$

$$453.6 - 77.4 = 7.89a$$

$$a = 47.68 \text{ m/s}^2$$

ดังนั้น ถ้าใช้ความดันสูงสุดที่ 0.6 MPa จะได้ความเร่งสูงสุด 47.68 m/s^2

Maximum Allowable Moment

ในส่วนของโมเมนต์ที่เกิดจากพาระแต่ละส่วน คำนวณได้โดยพิจารณาตามจุดศูนย์กลางของมวลแต่ละส่วนแล้วนำมารวมกัน ดังรูปที่ 3.14 โมเมนต์แต่ละจุดคำนวณได้ดังนี้

$$M = (12.07)(0.034) = 0.4104 \text{ N} \cdot \text{m}$$

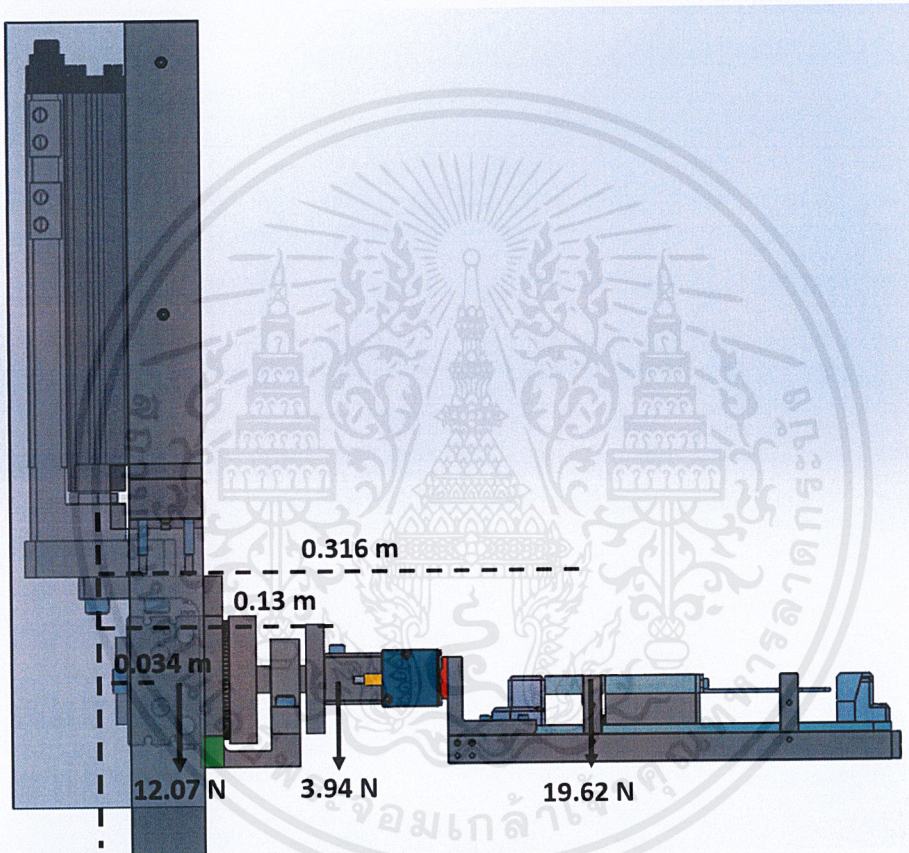
$$M = (3.94)(0.13) = 0.5122 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M = (19.62)(0.316) = 6.1999 \text{ N}\cdot\text{m}$$

ดังนั้น

$$\sum M = 0.41 + 0.51 + 6.2 = 7.12 \text{ N}\cdot\text{m}$$

จากนั้นนำโมเมนต์รวมที่คำนวณได้ไปตรวจสอบกับกับตาราง Maximum Allowable Moment ดังรูปที่ 3.15 จะเห็นว่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากพารามีค่าไม่เกินโมเมนต์สูงสุดที่สามารถรับได้



ภาพที่ 3.15 แสดงแรงจากพารแต่ละจุดที่กระทำให้เกิดโมเมนต์

Table (4) Maximum Allowable Moment: Mmax (N·m)

Model	Pitch/Yaw moment: M _{pmax} /M _{ymax}									Roll mome			
	Stroke (mm)												
	10	20	30	40	50	75	100	125	150	10	20	30	40
MXQ 6	1.4	1.4	1.4	2.8	2.8	—	—	—	—	3.5	3.5	3.5	5.1
MXQ 8	2.0	2.0	2.8	3.7	7.9	7.9	—	—	—	5.1	5.1	6.0	6.9
MXQ12	4.7	4.7	4.7	7.2	7.2	15	15	—	—	11	11	11	13
MXQ16	13	13	13	13	18	23	42	42	—	31	31	31	31
MXQ20	19	19	19	19	27	36	84	84	84	47	47	47	47
MXQ25	32	32	32	32	52	52	78	140	140	81	81	81	81

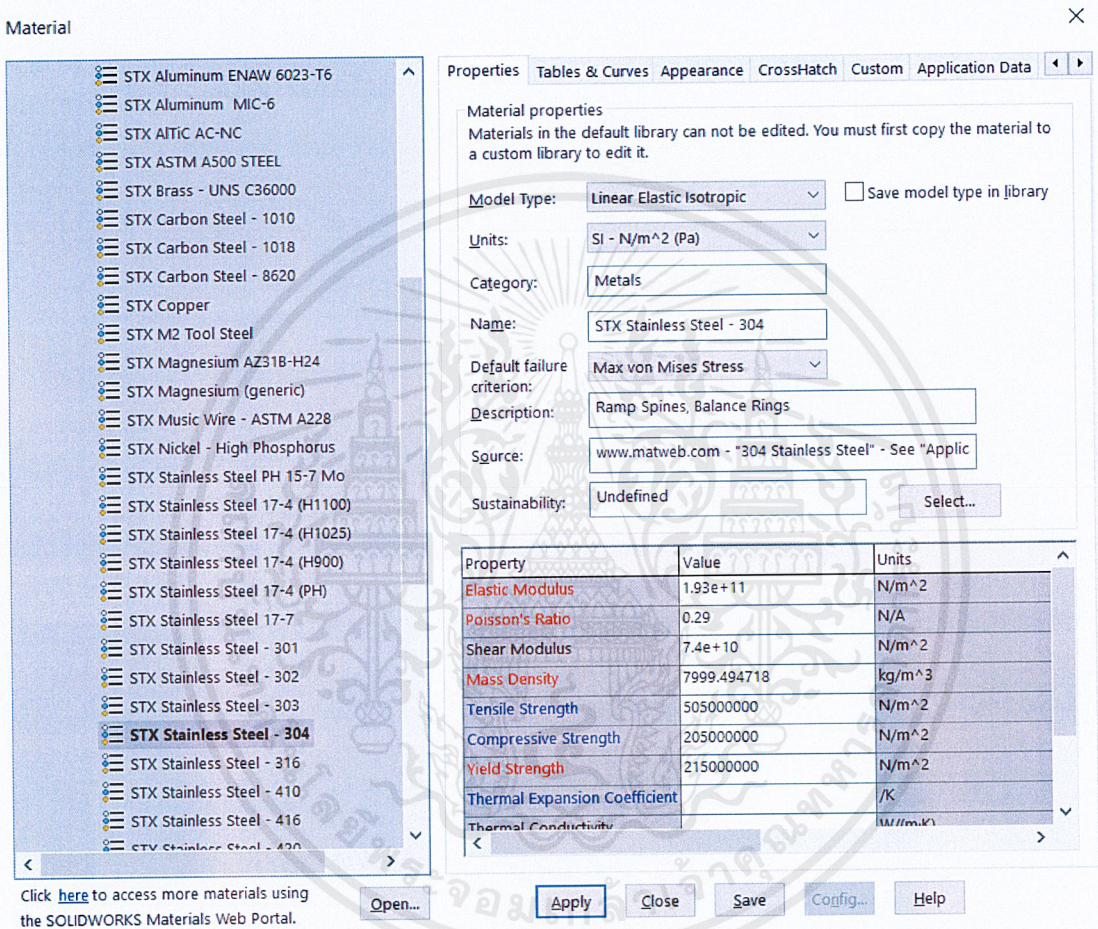
ภาพที่ 3.16 แสดงตาราง Maximum Allowable Moment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 22 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การทำแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

การทำไฟไนต์เอลิเมนต์ต้องมีข้อมูลที่โปรแกรมต้องการในการวิเคราะห์หาค่าความเค้นและค่าความปลอดภัยภายหลังจากการเขียนแบบสามมิติของชิ้นส่วน

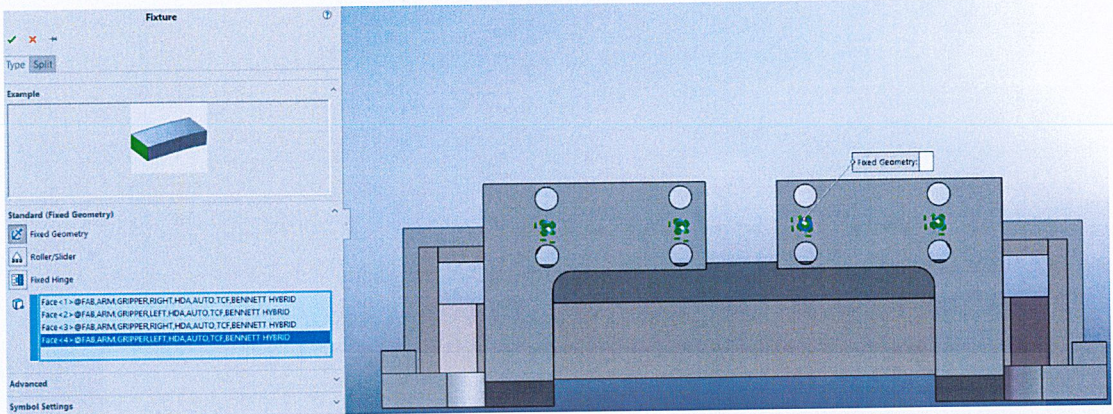
1. วัสดุของชิ้นส่วน



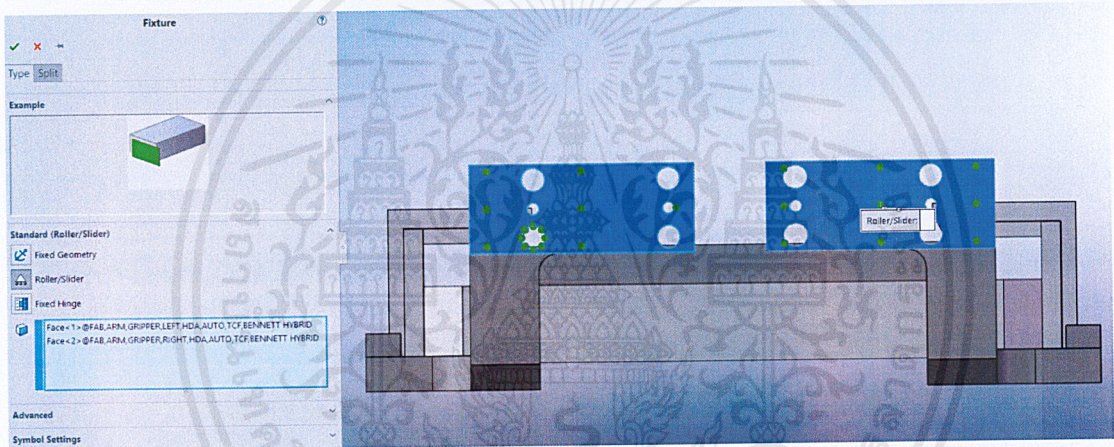
ภาพที่ 3.17 การเลือกวัสดุของชิ้นส่วน

วัสดุของแขนจับชิ้นงานเป็น Stainless Steel 304 โดยโปรแกรม Solidworks สามารถเพิ่มข้อมูลทางกายภาพของวัสดุอยู่ภายในโปรแกรมอยู่แล้ว แล้วทำการเลือกวัสดุตามรูปที่ 3.16

2.พื้นผิว Fixed ของชิ้นส่วน



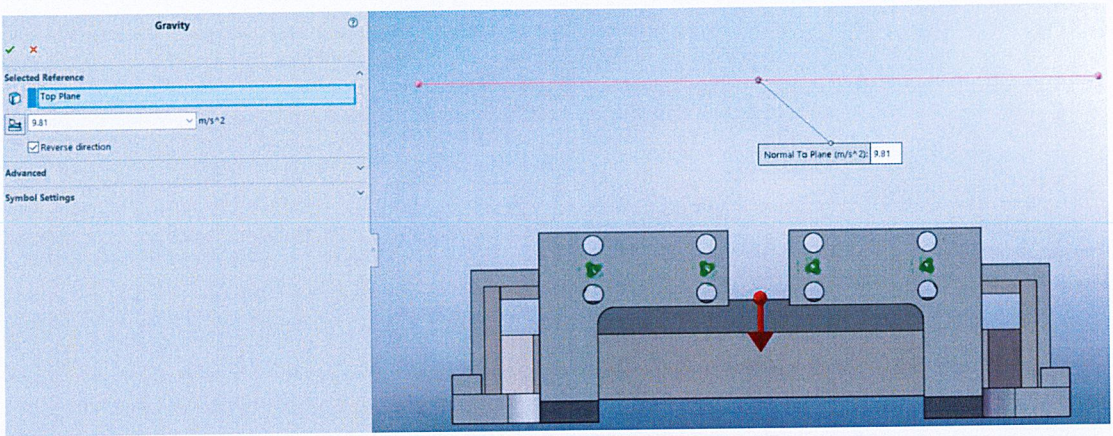
ภาพที่ 3.18 การเลือกพื้นผิวจับยึดของชิ้นงานแบบ Fixed Geometry



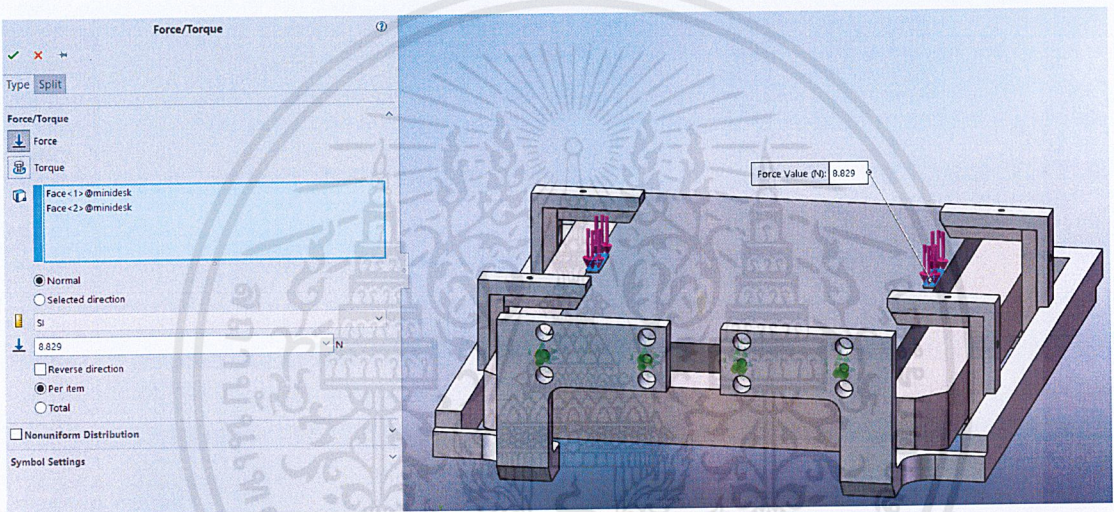
ภาพที่ 3.19 การเลือกพื้นผิวจับยึดของชิ้นงานแบบ Roller/Slider

พื้นผิวที่ส่วนจับยึดเป็นพื้นผิวที่มีการเชื่อมต่อหรือมีหน้าที่ยึดกับชิ้นส่วนอื่นทั้งหมด โดยใส่สลักกำหนดตำแหน่งในชิ้นส่วนแขนสองข้างจะเป็นส่วนที่สัมผัสกับส่วนอื่นต่อไป ทำให้ยังคงจับชิ้นงาน ซึ่งมีทั้งหมด 2 แบบ คือ 1.Fixed Geometry และ 2.Roller/Slider ดังรูปที่ 3.17 และ 3.18

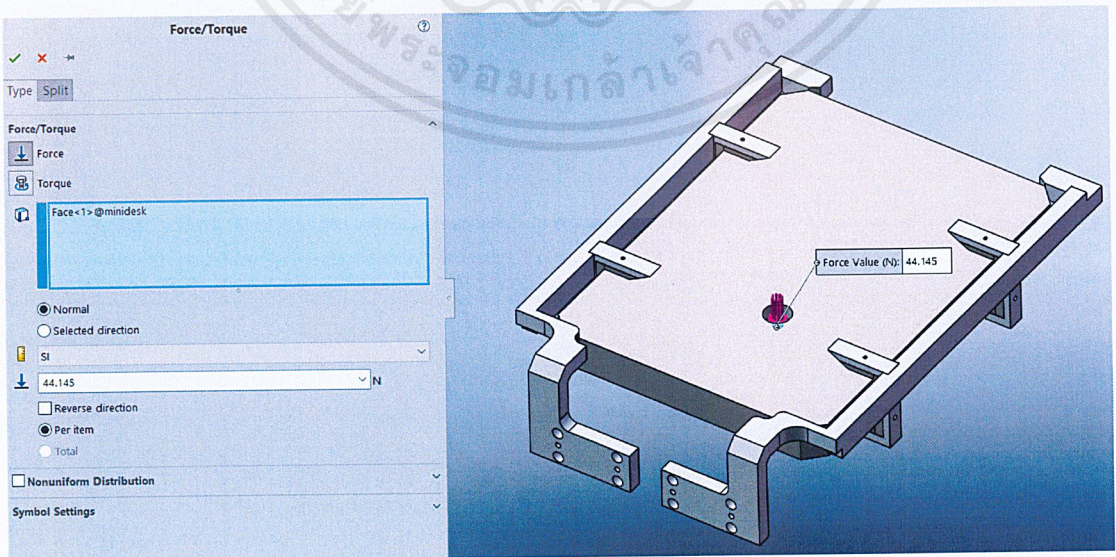
3.แรงและทิศทางที่กระทำต่อชิ้นส่วน



ภาพที่ 3.20 แสดงแรงจากแรงโน้มถ่วงของโลก



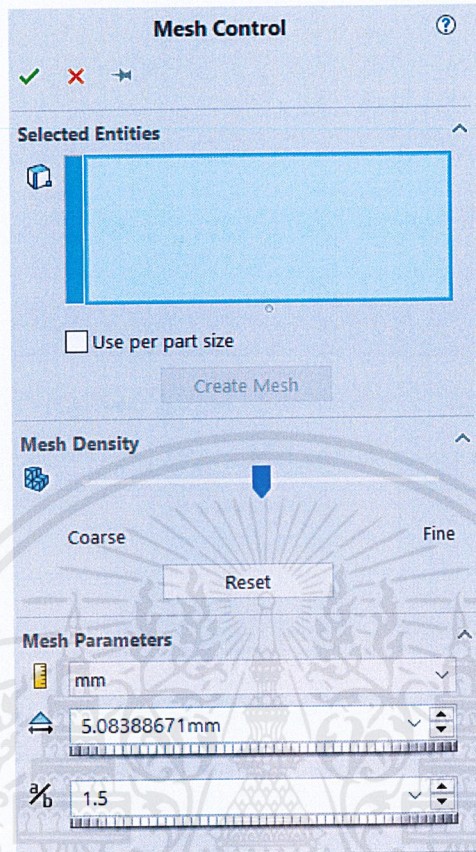
ภาพที่ 3.21 แสดงแรงกดของ Operator ขณะใส่ชิ้นงาน



ภาพที่ 3.22 แสดงแรงขึ้นสกรูของ Operator

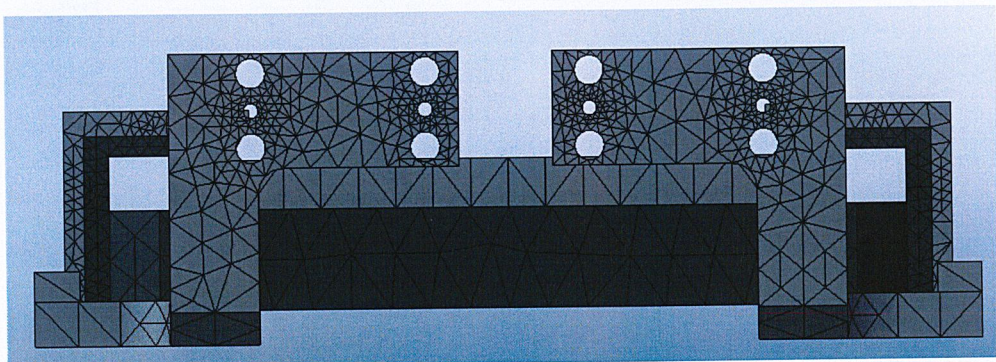
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล25องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การสร้างเอลิเมนต์และแบบจำลอง



ภาพที่ 3.23 แสดงหน้าต่างแสดงการปรับขนาดของเอลิเมนต์

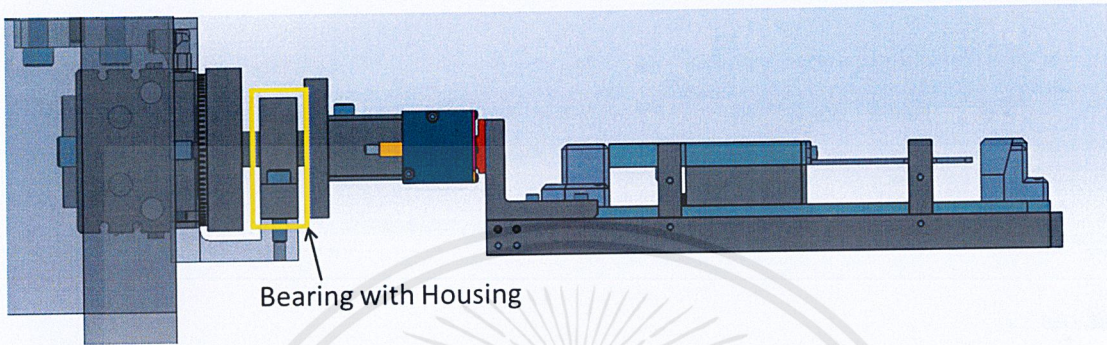
เมื่อทำการใส่ข้อมูลปัจจัยต่างๆในการทำแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์แล้ว จำเป็นต้องสร้าง Mesh (เอลิเมนต์) ซึ่งสามารถปรับขนาดได้ว่าอยากให้เอลิเมนต์มีขนาดเล็กหรือใหญ่แค่ไหน ดังรูปที่ 3.21 การสร้างเอลิเมนต์กำหนดให้ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 2.54 mm ซึ่งมีความละเอียดระดับหนึ่ง และสั่งโปรแกรมคำนวณเพื่อหาค่า Von Mises Stress เทียบกับ Yield Strength และ ค่าความปลอดภัยของชิ้นส่วน



ภาพที่ 3.24 แสดงเอลิเมนต์บนชิ้นส่วนแขนจับและชิ้นงาน

3.7 ขั้นตอนเลือกชิ้นส่วนทางกล

ในส่วนของการหมุนพลิแกมินิเด็ค มีชิ้นส่วนที่เป็นเหมือนเพลลา จึงมีการเลือก Bearing with Housing เลือกโดยคำนวณแรงที่กระทำที่ตำแหน่งที่ใส่ Bearing with Housing และตรวจสอบกับข้อมูล Basic Load Rating ของทางบริษัท Misumi ที่เป็นบริษัทจัดจำหน่าย



ภาพที่ 3.25 แสดงบริเวณ Bearing with Housing

จากรูปที่ 3.23 นำมาเขียน FBD เพื่อจะคำนวณแรงที่กระทำตรงตำแหน่ง Bearing with Housing (F) ได้ดังรูปที่ 3.24

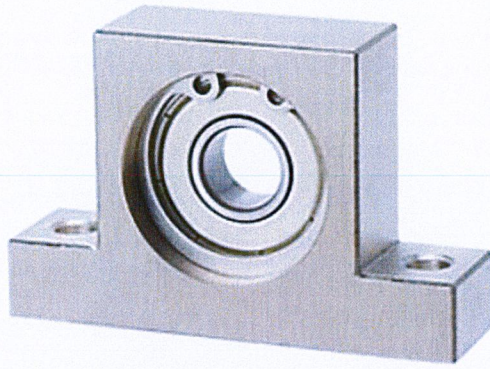


ภาพที่ 3.26 แสดง FBD ที่ตำแหน่ง Bearing with Housing

$$\sum F = 0$$

$$F = 12.95 + 3.94 + 19.62$$

$$F = 36.51 \text{ N}$$



ภาพที่ 3.27 แสดงภาพ Bearing with Housing



ภาพที่ 3.28 แสดง Bearing ชนิดตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก (Deep Groove Ball Bearing)

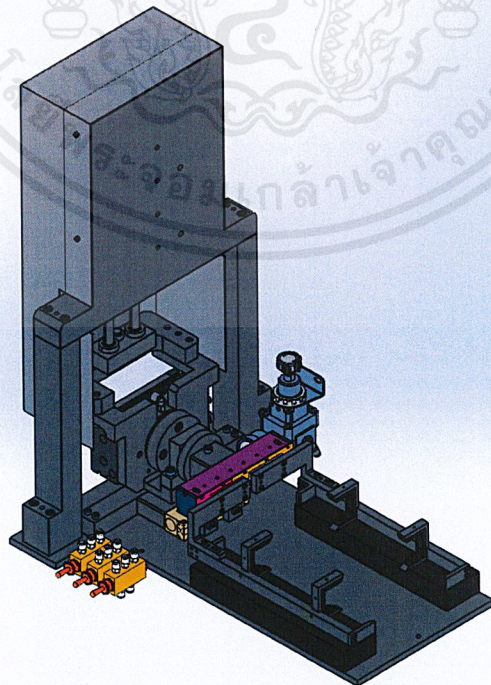
เลือกใช้ Bearing ชนิดตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก (Deep Groove Ball Bearing) จากการคำนวณหาแรงที่กระทำตรงบริเวณ Bearing มีค่าเท่ากับ $36.51 N$ นำไปเลือกกับ Configured Specifications ดังรูปที่ 3.27 ซึ่งรับ Basic Load Rating ได้ $3600 N$ มีค่าความปลอดภัยเป็น 98.6

Configured Specifications			
Raceway Ring Shape	Ball	Inner/Outer Ring Material	SUJ2 Equiv.
Bearing Type	Double Shielded	Outer Ring Type	Flat
Precision (JIS)	Class 0	Inner Dia. d(Ø)	15
Outer Dia. D(Ø)	35	Width B (or T) (mm)	11
Basic Load Rating Cr (Dynamic)(N)	7750	Allowable Rotational Speed(rpm)	19000
Specifications, Environment	Standard	Load Direction	Radial
Number of Raceway Ring Rows	Single Row	Size Standards	Metric System
Rolling Element Material	[Steel] SUJ2	Basic Load Rating Cor (Static)(N)	3600
Seal Part Structure	Double Shielded	RoHS	10

ภาพที่ 3.29 แสดงข้อมูล Configured Specifications ของ Bearing

3.8 ลักษณะหน้าตาโมดูล

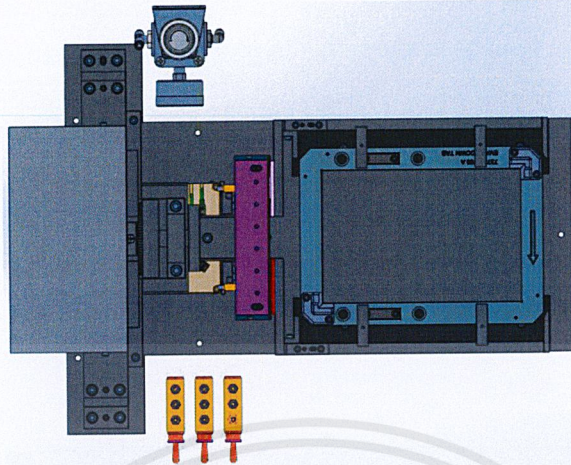
จากการออกแบบโมดูลช่วยประกอบชิ้นงานในโปรแกรม Solidworks ได้ลักษณะของโมดูลช่วยประกอบ Minideck ตามรูปที่ 3.29



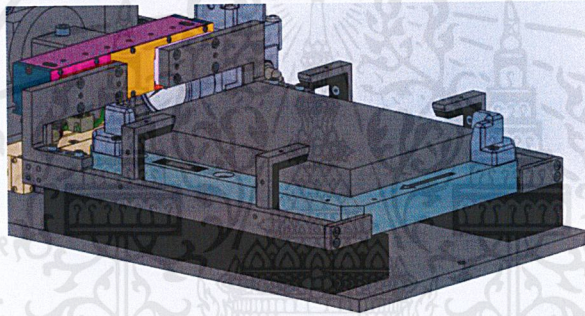
ภาพที่ 3.30 แสดงโครงสร้างของโมดูลช่วยประกอบ minideck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานต่างๆของโมดูล

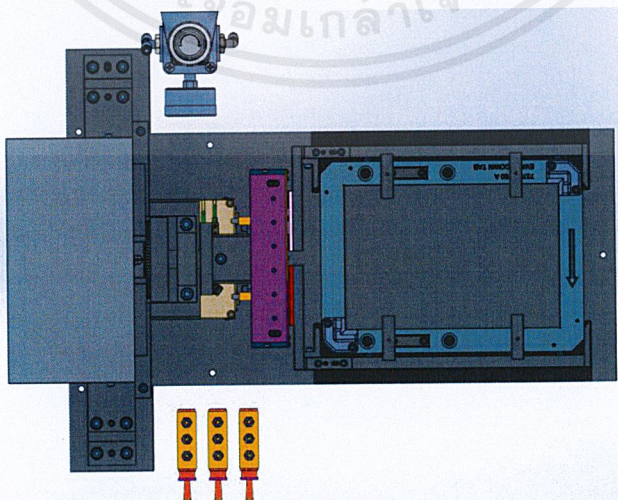


ภาพที่ 3.31 แสดงภาพด้านบนตอน minideck วางอยู่บนโมดูล

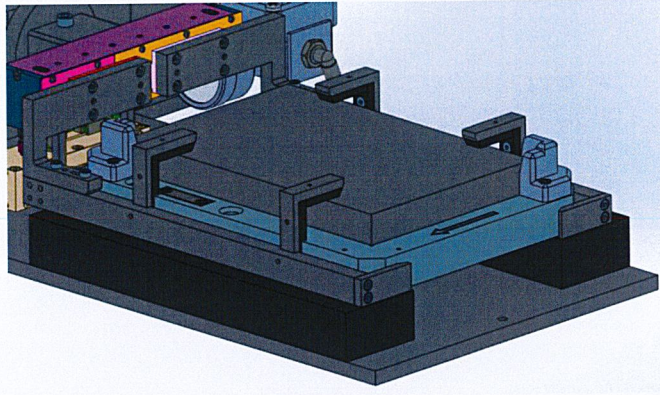


ภาพที่ 3.32 แสดงภาพสามมิติตอน minideck วางอยู่บนโมดูล

ขั้นตอนจับ minideck และฐานรองไว้ด้วยกัน

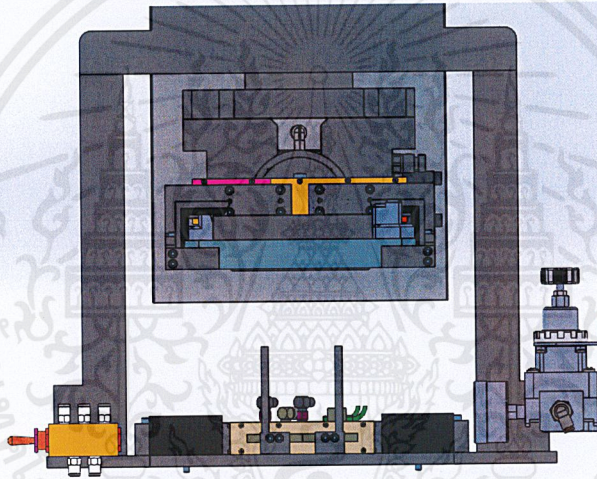


ภาพที่ 3.33 แสดงภาพด้านบนตอนจับ minideck และฐานรองไว้ด้วยกัน

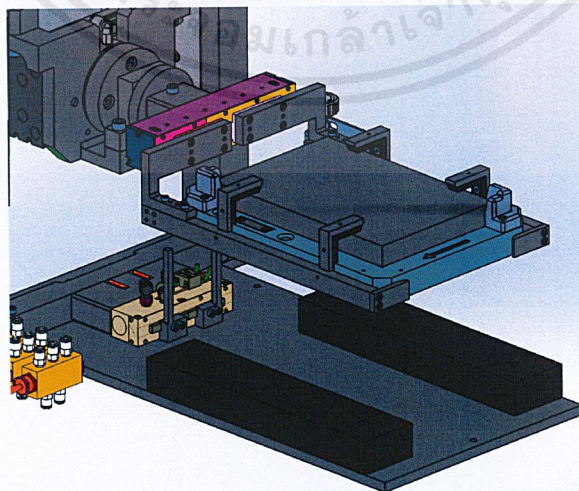


ภาพที่ 3.34 แสดงภาพสามมิติตอนจับ minideck และฐานรองไว้ด้วยกัน

ขั้นตอนยก minideck และฐานรองขึ้น

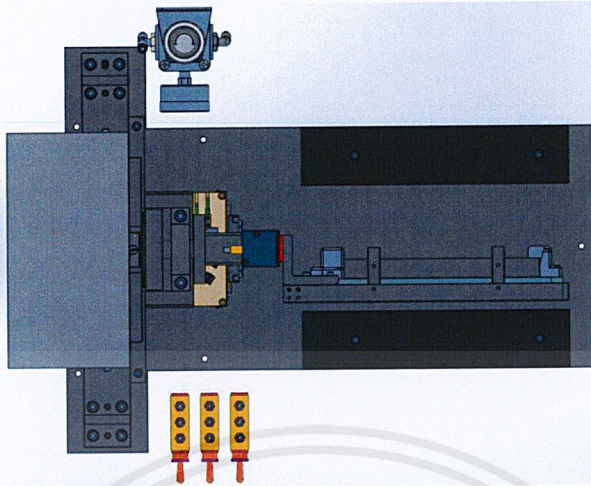


ภาพที่ 3.35 แสดงภาพด้านข้างตอนยก minideck และฐานรองขึ้น

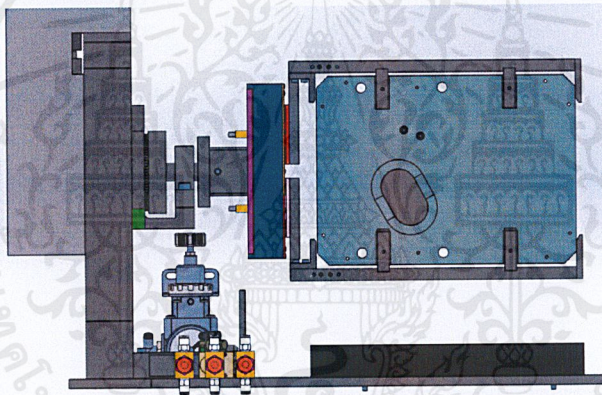


ภาพที่ 3.36 แสดงภาพสามมิติตอนยก minideck และฐานรองขึ้น

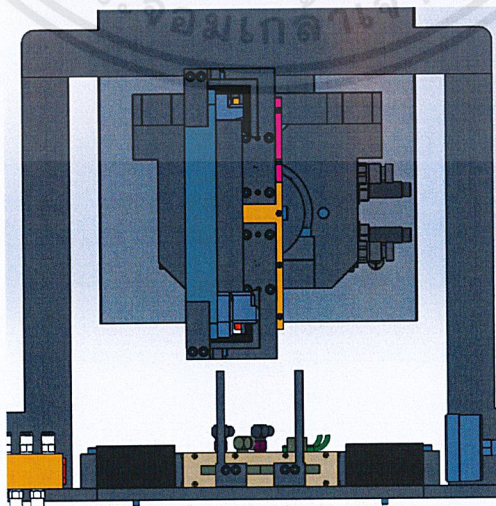
ชั้นตอนพลิก minideck และฐานรอง



ภาพที่ 3.37 แสดงภาพด้านบนตอนพลิก minideck และฐานรอง

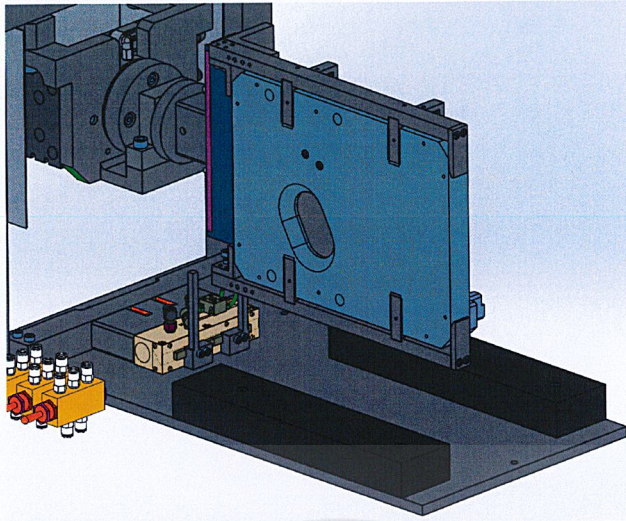


ภาพที่ 3.38 แสดงภาพด้านหน้าตอนพลิก minideck และฐานรอง



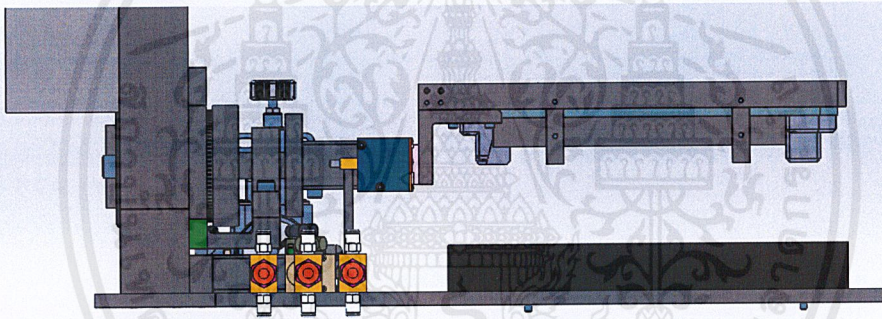
ภาพที่ 3.39 แสดงภาพด้านข้างตอนพลิก minideck และฐานรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล³²องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

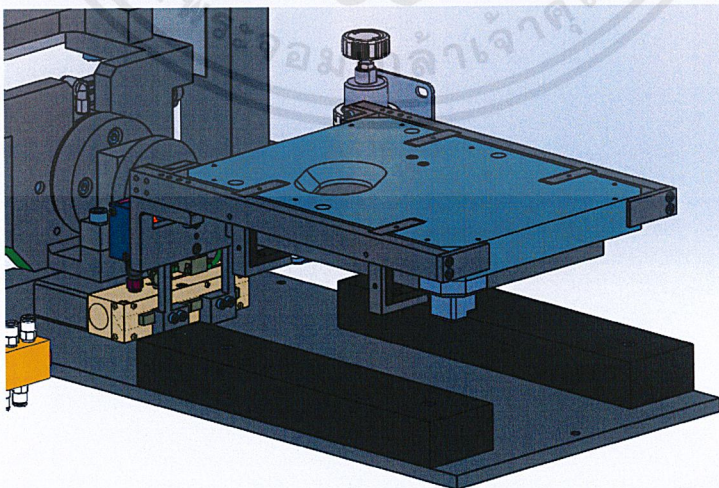


ภาพที่ 3.40 แสดงภาพสามมิติตอนพลิก minideck และฐานรอง

ขั้นตอนยก minideck และฐานรองลง



ภาพที่ 3.41 แสดงภาพด้านหน้าตอนยก minideck และฐานรองลง



ภาพที่ 3.42 แสดงภาพสามมิติตอนยก minideck และฐานรองลง

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ตรงบริเวณ Module Flip

แบบจำลองของแขนจับขณะที่มี Minideck วางอยู่ โดยมีน้ำหนักจาก Carrier, Cover และ minideck ส่งผลให้แขนจับรับแรง โดย Minideck มวล 1.2 kg และ Carrier-Cover มวล 0.854 kg ซึ่งการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์นั้น เพื่อหาค่าความแข็งแรงโดยเทียบจาก Yield Strength และหาค่าความปลอดภัย

การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงถึงความเค้นเมื่อมี Carrier, Cover และ minideck วางอยู่หนึ่ง



ภาพที่ 4.1 แสดงผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ขณะที่minideckวางอยู่หนึ่ง

Table C-8 Mechanical Properties for Some Stainless Steel Alloys
Data from INCO. Approximate Values. Consult Material Manufacturers for More Accurate Information

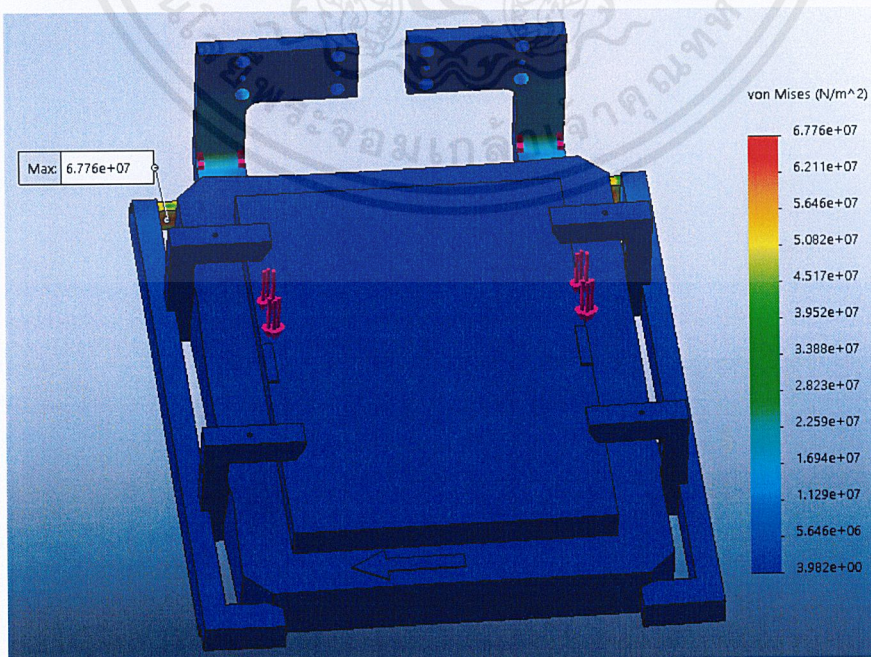
Stainless Steel Alloy	Condition	Tensile Yield Strength (0.2% offset)		Ultimate Tensile Strength		Elongation over 2 in %	Brinell or Rockwell Hardness
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
Type 301	strip annealed	40	276	110	758	60	85HRB
	cold rolled	165	1 138	200	1 379	8	41HRC
Type 302	sheet annealed	40	276	90	621	50	85HRB
	cold rolled	165	1 138	190	1 310	5	40HRC
Type 304	sheet annealed	35	241	85	586	50	80HRB
	cold rolled	160	1 103	185	1 276	4	40HRC
Type 314	bar annealed	50	345	100	689	45	180HB
Type 316	sheet annealed	40	276	90	621	50	85HRB
Type 330	hot rolled	55	379	100	689	35	200HB
	annealed	35	241	80	552	50	150HB
Type 410	sheet annealed	45	310	70	483	25	80HRB
	heat treated	140	965	180	1 241	15	39HRC
Type 420	bar annealed	50	345	95	655	25	92HRB
	heat treated	195	1 344	230	1 586	8	500HB
Type 431	bar annealed	95	655	125	862	25	260HB
	heat treated	150	1 034	195	1 344	15	400HB
Type 440C	bar annealed	65	448	110	758	14	230HB
	Q & T @ 600°F	275	1 896	285	1 965	2	57HRC
17-4 PH (AISI 630)	hardened	185	1 276	200	1 379	14	44HRC
17-7 PH (AISI 631)	hardened	220	1 517	235	1 620	6	48HRC

* Properties of Some Metals and Alloys, International Nickel Co., Inc., New York.

ภาพที่ 4.2 แสดงตารางคุณสมบัติของเนื้อวัสดุ Stainless Steel Alloys

จากผลของการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่า Maximum Stress เท่ากับ $3.97 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ และค่า Yield Strength ของเนื้อวัสดุ Stainless Steel 304 มีค่าเท่ากับ $24.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ จะได้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 6.1 ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงถึงความเค้นขณะที่ Operator วางminideck ลงบนโมดูล จะมีแรงกดจาก Operator ทำการเพิ่มแรงเข้าไปตำแหน่งที่ Operator จับ 8.829 N โดยอ้างอิงจาก Ergonomic Factors จากนั้นก็ทำการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ออกมา

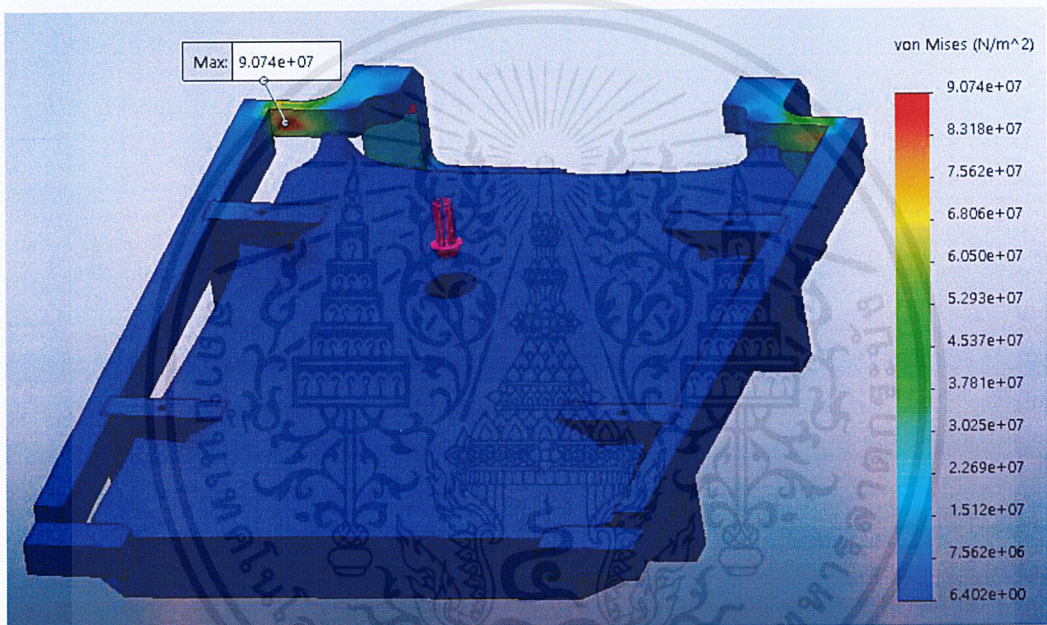


ภาพที่ 4.3 แสดงผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ขณะที่ Operator วางminideck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันให้มาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 35 ้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลของการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่า Maximum Stress เท่ากับ $6.776 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ และค่า Yield Strength ของเนื้อวัสดุ Stainless Steel 304 มีค่าเท่ากับ $24.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ จะได้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 3.56 ดังรูปที่ 4.3 และ 4.2

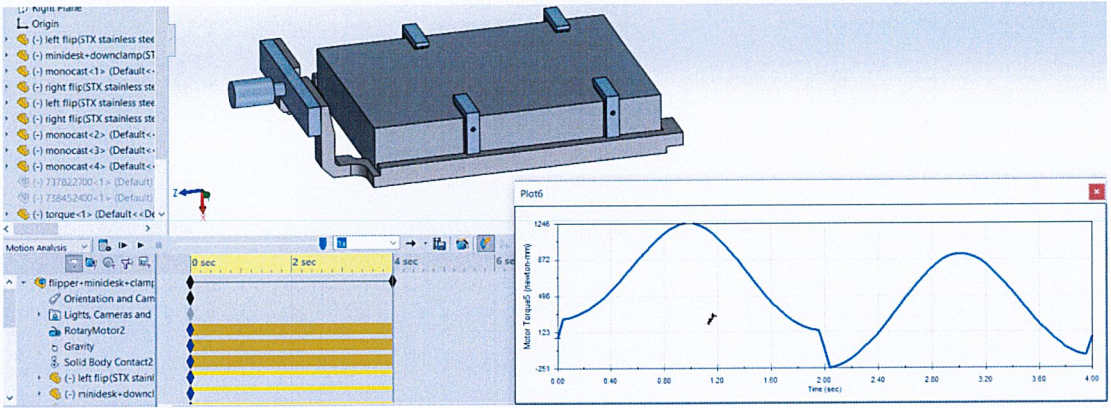
การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงถึงความเค้นขณะที่ Operator ขึ้นสกรูลงบน minideck จะมีแรงจาก Operator ทำการเพิ่มแรงเข้าไปตำแหน่งที่ขึ้นสกรู 44.145 N โดยอ้างอิงจาก Ergonomic Factors จากนั้นก็ทำการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ออกมา



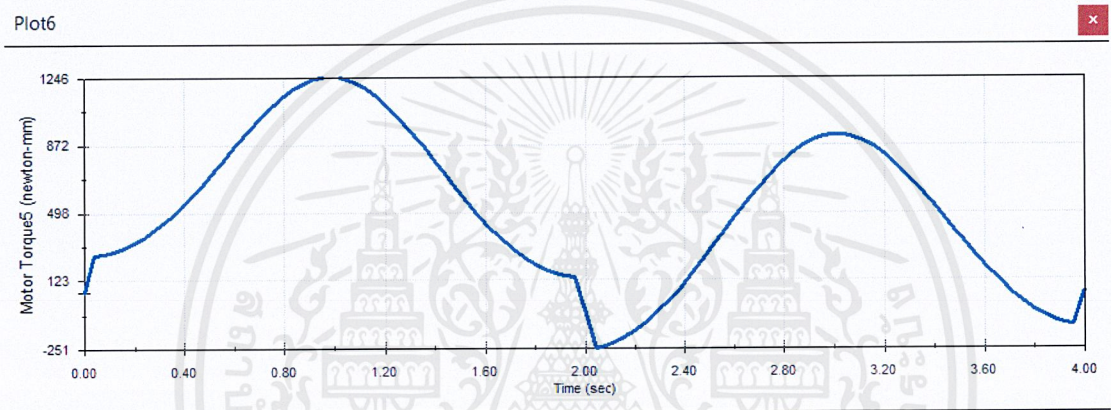
ภาพที่ 4.4 แสดงผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ขณะที่ Operator ขึ้นสกรู

จากผลของการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่า Maximum Stress เท่ากับ $9.074 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ และค่า Yield Strength ของเนื้อวัสดุ Stainless Steel 304 มีค่าเท่ากับ $24.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ จะได้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 2.66 ดังรูปที่ 4.4 และ 4.2

การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงถึงทอร์คที่เกิดขึ้นขณะที่หมุนพลิก minideck จะมีแรงจากพาระและระยะห่างจากแกนหมุน ทำให้เกิดทอร์คขึ้นมา จึงทำการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ออกมา โดยใส่ความเร็วเชิงมุมในการหมุน แรงจากพาระ แรงโน้มถ่วง จำลองแบบ Motion Analysis ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6

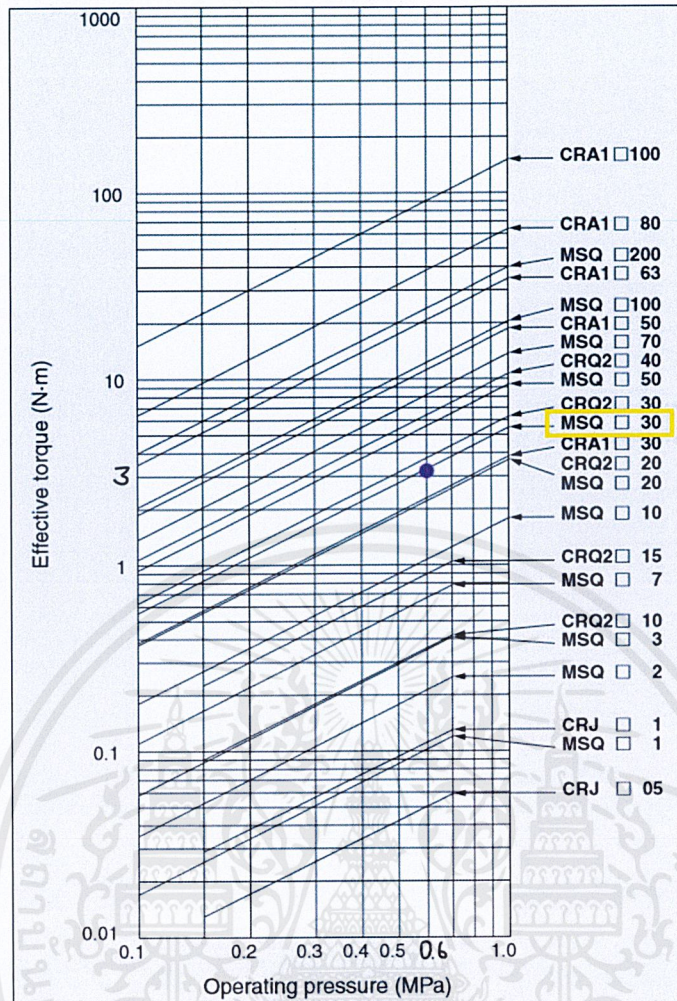


ภาพที่ 4.5 แสดงลักษณะการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ Motion Analysis



ภาพที่ 4.6 แสดงผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ขณะที่หมุนพลิก minideck

จากผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่า Torque สูงสุด $1.246 \text{ N} \cdot \text{m}$ จากการคำนวณข้างบนได้ $\tau = 0.802 \text{ N} \cdot \text{m}$ และจากข้อมูล Effective Torque ของทางบริษัทผลิตกระบอกลม(SMC)ได้ กำหนดไว้มีค่าประมาณ $3.2 \text{ N} \cdot \text{m}$ จะได้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 2.57 ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7

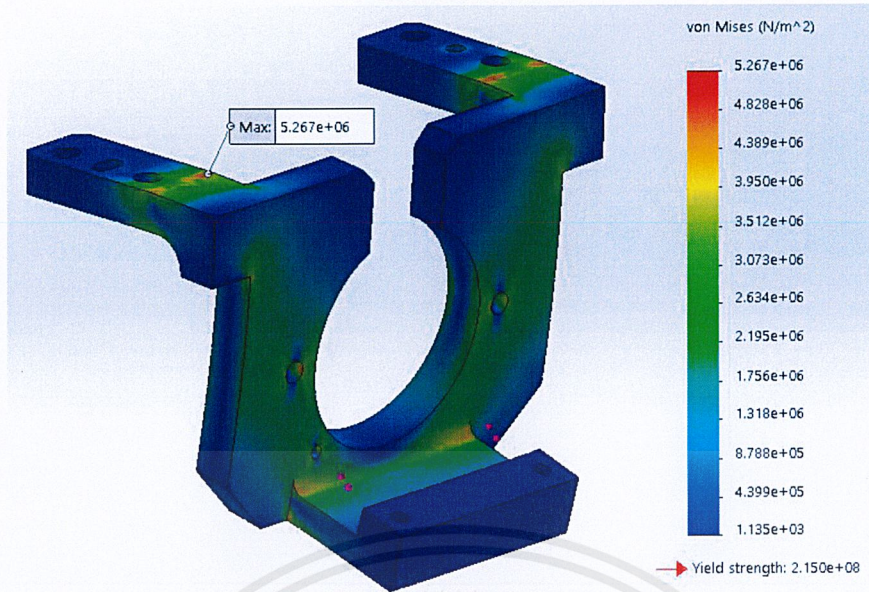


ภาพที่ 4.7 Effective Torque ของทางบริษัท SMC

4.2 ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ตรงส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator

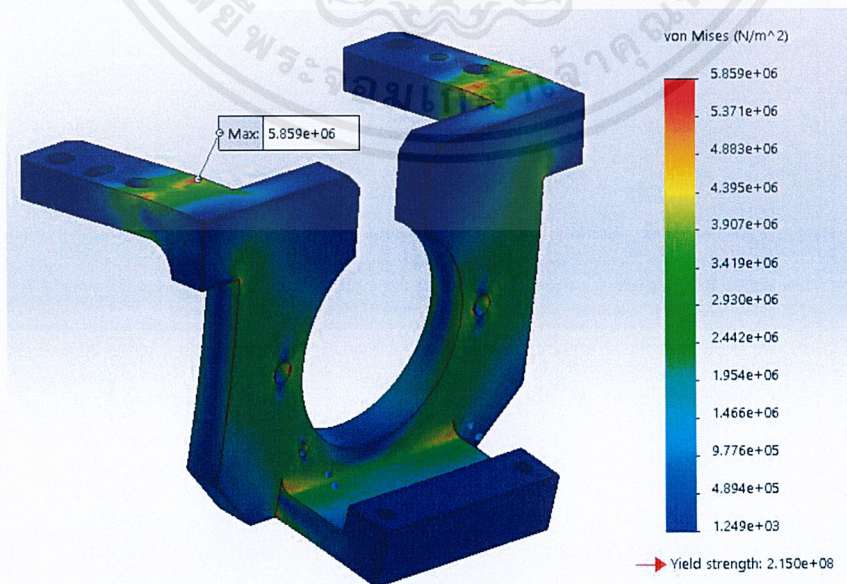
จากพารามิเตอร์ทั้งหมดที่หมุน สามารถคำนวณน้ำหนักที่มีอยู่ได้ และทำการใส่แรงจากพาระไปตรงตำแหน่งที่รับแรงของชิ้นส่วนที่ต่อไปยัง Linear Actuator จากนั้นทำการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ออกมา เพื่อหาค่าความแข็งแรงโดยเทียบจาก Yield Strength และหาค่าความปลอดภัย

การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงถึงความเค้นเมื่อมี Carrier, Cover, minideck และ มีชิ้นส่วนต่างๆอยู่หนึ่งของชิ้นส่วนที่ต่อไปยัง Linear Actuator



ภาพที่ 4.8 ผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator เมื่อ minideck วางอยู่นิ่ง จากผลของการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่า Maximum Stress เท่ากับ $5.267 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ และค่า Yield Strength ของเนื้อวัสดุ Stainless Steel 304 มีค่าเท่ากับ $241 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ จะได้ว่าค่าความปลอดภัย เท่ากับ 45.7 ดังรูปที่ 4.8 และ 4.2

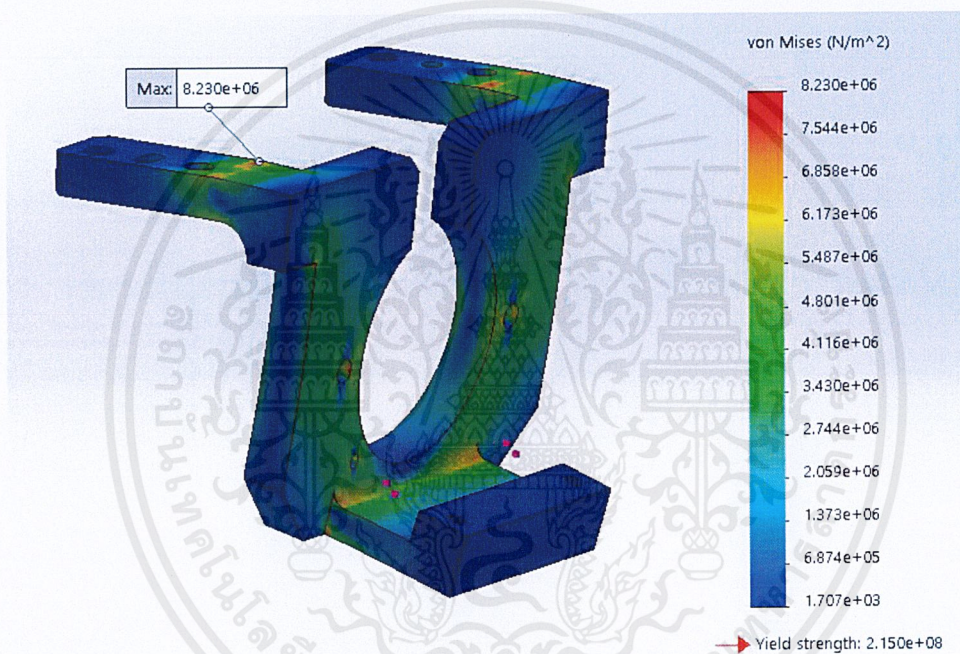
การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงถึงความเค้นขณะที่ Operator วาง minideck ลงบนโมดูล จะมีแรงกดจาก Operator ทำการเพิ่มแรงเข้าไป 8.829 N โดยอ้างอิงจาก Ergonomic Factors จากนั้นก็ทำการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของชิ้นส่วนที่ต่อไปยัง Linear Actuator ออกมา



ภาพที่ 4.9 ผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator เมื่อ Operator วาง minideck เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลของการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่า Maximum Stress เท่ากับ $5.859 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ และค่า Yield Strength ของเนื้อวัสดุ Stainless Steel 304 มีค่าเท่ากับ $241 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ จะได้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 41.1 ดังรูปที่ 4.9 และ 4.2

การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงถึงความเค้นขณะที่ Operator ขึ้นสกรูลงบนminideck จะมีแรงจาก Operator ทำการเพิ่มแรงเข้าไป 44.145 N โดยอ้างอิงจาก Ergonomic Factors จากนั้นก็ทำการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของชิ้นส่วนที่ต่อไปยัง Linear Actuator ออกมา



ภาพที่ 4.10 ผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator เมื่อ Operator ขึ้นสกรู

จากผลของการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่า Maximum Stress เท่ากับ $8.23 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ และค่า Yield Strength ของเนื้อวัสดุ Stainless Steel 304 มีค่าเท่ากับ $241 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ จะได้ค่าความปลอดภัย เท่ากับ 29.3 ดังรูปที่ 4.10 และ 4.2

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการดำเนินงาน

หัวข้องานวิจัยนี้เป็นการออกแบบโมดูลสำหรับช่วยสนับสนุนในการประกอบ minideck โดยในการออกแบบนั้นทางพีทีทีมงานได้ให้ข้อจำกัดในการออกแบบ คือ พื้นที่ในการติดตั้งโมดูลประกอบ minideck มีขนาดไม่เกิน 0.3 ตารางเมตร โมดูลช่วยสนับสนุนในการประกอบ minideck ทำงานที่ความดัน 6 บาร์ จากการตรวจสอบปัญหาตอนแรกพบว่า Carrier-Cover ซึ่งเป็น Fixture ในการประกอบ minideck นั้นไม่ผ่านเรื่องของคุณภาพในการทำการประกอบ จึงได้มีการออกแบบโมดูลออกมา ซึ่งมีผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 เพื่อพิสูจน์ว่าโครงสร้างของโมดูลที่ออกแบบมาไม่เกิดความเสียหาย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

การพิจารณาผลจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์	ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์	ค่าความเค้นคราก/ทอร์คที่ยอมรับได้	ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety)
ความเค้นบริเวณแขนจับขณะ minideck วางอยู่นิ่ง	$3.97 \times 10^7 \text{ N/m}^2$	$24.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$	6.1
ความเค้นบริเวณแขนจับขณะ Operator วาง minideck	$6.776 \times 10^7 \text{ N/m}^2$	$24.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$	3.56
ความเค้นบริเวณแขนจับขณะ Operator ชั้นสกรู	$9.074 \times 10^7 \text{ N/m}^2$	$24.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$	2.66
ทอร์คบริเวณแขนจับขณะหมุนพลิก	$1.246 \text{ N} \cdot \text{m}$	$3.2 \text{ N} \cdot \text{m}$	2.57
ความเค้นชิ้นส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator ขณะ minideck วางอยู่นิ่ง	$5.267 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	$241 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	45.7
ความเค้นชิ้นส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator ขณะ Operator วาง minideck	$5.859 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	$241 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	41.1
ความเค้นชิ้นส่วนที่ต่อกับ Linear Actuator ขณะ Operator ชั้นสกรู	$8.23 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	$241 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	29.3

อีกอย่างหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบโมดูลออกมา เพื่อตอบโจทย์วัตถุประสงค์อีกข้อหนึ่ง คือ ปรับปรุงเรื่องของการยศาสตร์ในการปฏิบัติงาน (Ergonomic Improvement) ซึ่งในการออกแบบโมดูลนี้มาจะช่วยลดความเมื่อยล้าในการปฏิบัติงานของ Operator เพราะในขั้นตอนที่ต้องใช้แรงจาก Operator ยกขึ้นหมุนพลิก ก็เปลี่ยนเป็นใช้ระบบลม (Pneumatic) มาทำงานแทน แม้ว่าน้ำหนักของตัว minideck เองจะมีขนาดน้อยประมาณ 1.2 kg แต่เนื่องจากแต่ละวันมีการประกอบ minideck หลายๆ ชิ้น เมื่อ Operator ทำงานเป็นระยะเวลาหลายชั่วโมง จึงทำให้เกิดความเมื่อยล้าได้

ข้อเสนอแนะ

การสร้างโมดูลจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานของการออกแบบและเข้าใจกลไกหลักการทำงานของโมดูลนอกจากนี้ควรจะมีพื้นฐานของการวัด (Measurement), ชนิดของอุปกรณ์ต่างๆ และการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน (Operator) โดยเรียงลำดับขั้นตอน เพื่อเลียนแบบการทำงานหรืออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้การออกแบบโมดูลจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัย (Safety) และการยศาสตร์ (Ergonomic)

เนื่องจากโมดูลที่ออกแบบมาได้ออกแบบไว้เพื่อให้ทางทีมซอฟต์แวร์สามารถพัฒนาต่อไปได้อีกในเรื่องของระบบอัตโนมัติ (Automatic) โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมให้ทำงานติดต่อกันในแต่ละขั้นตอน ซึ่งอาจจะทำให้สามารถลดเวลาที่ใช้ในการประกอบได้ (Cycle time)

เอกสารอ้างอิง

[1] Robert L. Norton Editor: **Machine Design**. 3th ED

[2] บริษัท แมนูแฟคเจอร์โอเวอร์ฮอล ราฟิด แอนด์ ออพติมอล จำกัด (1996). คุณสมบัติของสแตนเลส, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.moro.co.th>

[3] ห้างหุ้นส่วนจำกัด ยงไทยโลหะภัณฑ์ (2013). ความรู้เกี่ยวกับสแตนเลส,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.yongthaimetal.com>

[4] Shanghai Bozhong Metal Group (2006). Stainless Steel Bar/Rod[online], HRL: <https://www.steelsino.com>

[5] Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett Editor: **Shigley's Mechanical Engineering Design**.9th ED.New York: McGraw-Hill, Inc.2011

[6] สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน).Thailand Professional Qualification Institute. [online] แหล่งที่มา <http://e-training.tpqi.go.th/training/737/chapter/250/content>

[7] SimulationSpace บล็อกที่ใช้ในการเผยแพร่ประสบการณ์งานทางด้านการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการเขียนแบบ [online] แหล่งที่มา <http://simulationspace.blogspot.com/2013/07/finite-element-analysis.html>



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

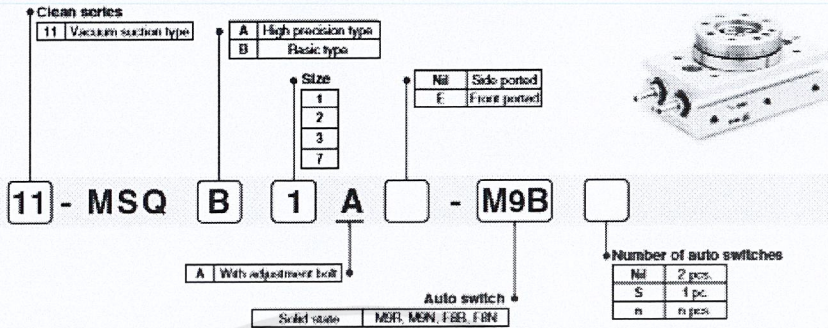
เอกสารคู่มือผลิตภัณฑ์รุ่น 22-MSQB30R

Series 11-MSQ 22-MSQ

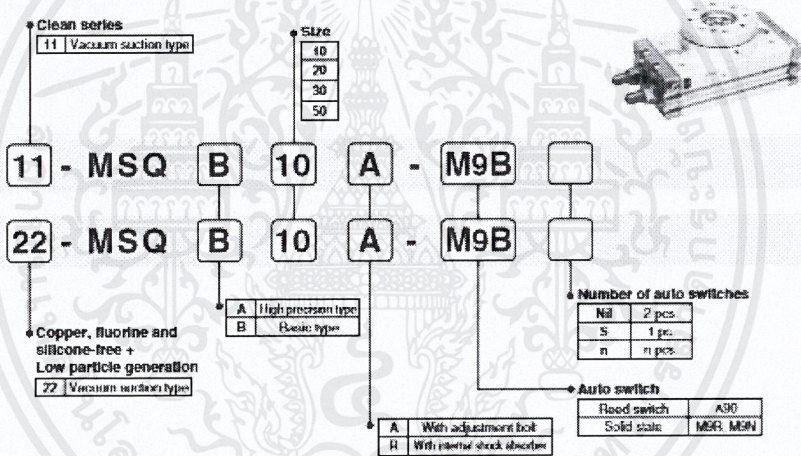
Rack & Pinion Type Rotary Table
Size: 1, 2, 3, 7, 10, 20, 30, 50

How to Order

Size: 1, 2, 3, 7



Size: 10, 20, 30, 50



Auto Switch Specifications

Type	Auto switch model	Load voltage	Load current range	Indicator light	Applicable load
Reed auto switch	D-A90	24 VAC or less, 48 VAC or less, 100 VAC or less 24 VDC or less, 48 VDC or less, 100 VDC or less	50 mA, 40 mA, 20 mA	No	IC circuit, Relay, PLC
Solid state auto switch	2-wire D-M9B, D-F8B	24 VDC (10 to 28 VDC)	2.5 to 40 mA	Yes	24 VDC relay, PLC
	3-wire D-M9N, D-F8N	24 VDC (4.5 to 28 VDC)	40 mA or less	Yes	24 VDC relay, PLC

Refer to page 920 for the applicable auto switch list.

Specifications

Size		1	2	3	7	10	20	30	50	
Fluid		Air (Non-lube)								
Maximum operating pressure	With adjustment bolt	0.7 MPa				1 MPa				
	With internal shock absorber	Not available				0.6 MPa				
Minimum operating pressure	Basic type	0.1 MPa								
	High precision type	0.1 MPa			0.2 MPa			0.1 MPa		
Ambient and fluid temperature		0 to 60°C (No freezing)								
Cushion	With adjustment bolt	Not available				Rubber bumper				
	With internal shock absorber	Not available				Shock absorber				
Allowable kinetic energy (mJ)	With adjustment bolt	1	1.5	2	6	7	25	48	81	
	With internal shock absorber	Not available				39	116	116	234	
Angle adjustment range		0 to 190°								
Maximum rotating angle		190°								
Rotation time adjustment range	With adjustment bolt	0.2 to 0.7 s/90°				0.2 to 1.0 s/90°				
	With internal shock absorber	Not available				0.2 to 0.7 s/90°				
Port size		M3 x 0.5			M5 x 0.8			Rc1/8, M5 x 0.8		
Grease		11-: Fluorine grease 22-: Lithium soap based grease								
Cleanliness class (ISO class)		11-: Class 3								
		22-: Class 3								

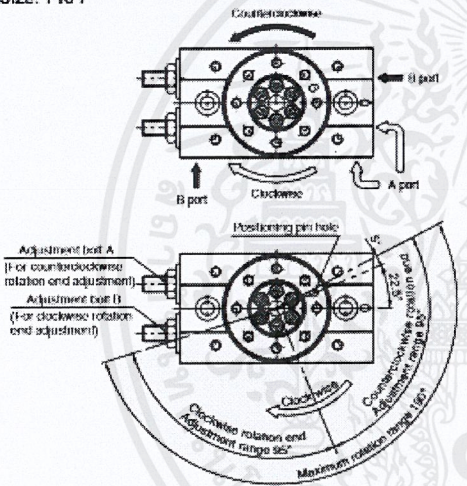
Suction Flow Rate of Vacuum Suction Type (Reference values)

Size	Suction flow rate L/min (ANR)
1/2/3/7	1
10/20/30/50	

Rotation Range Example

- The rotary table turns in the clockwise direction when the A port is pressurized, and in the counterclockwise direction when the B port is pressurized.
- By adjusting the adjustment bolt, the rotation can be set within the ranges shown in the drawing for the desired rotation angle.
- The rotation angle can also be set on a type with internal shock absorber.

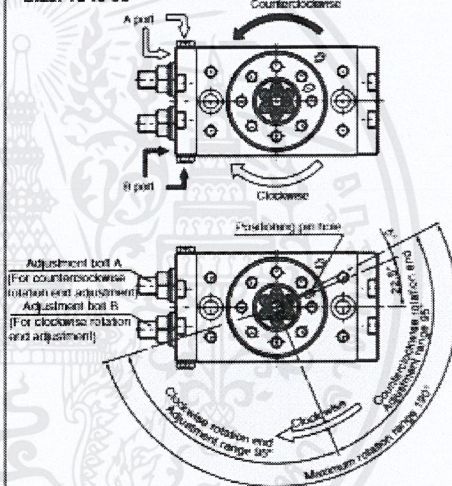
Size: 1 to 7



Note) The drawing shows the rotation range of the positioning pin hole.
- The pin hole position in the drawing shows the counterclockwise rotation and when the adjustment bolts A and B are adjusted equally and the rotation is adjusted 180°.

Size	Adjustment angle per rotation of angle adjustment bolt
1	8.2°
2	10.0°
3	10.9°
7	10.2°

Size: 10 to 50



Note) The drawing shows the rotation range of the positioning pin hole.
- The pin hole position in the drawing shows the counterclockwise rotation and when the adjustment bolts A and B are adjusted equally and the rotation is adjusted 180°.

Size	Adjustment angle per rotation of angle adjustment bolt
10	10.2°
20	7.2°
30	6.5°
50	8.2°



Directional Control Valve
 Air-Cylinders
 Rotary Actuators
 Air Grippers
 Air Preparation Equipment
 Modular F. R.
 Pressure Control Equipment
 Fittings & Tubing
 Flow Control Equipment
 Pressure Switches
 Proportional Solenoids

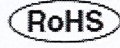


ภาคผนวก ข.

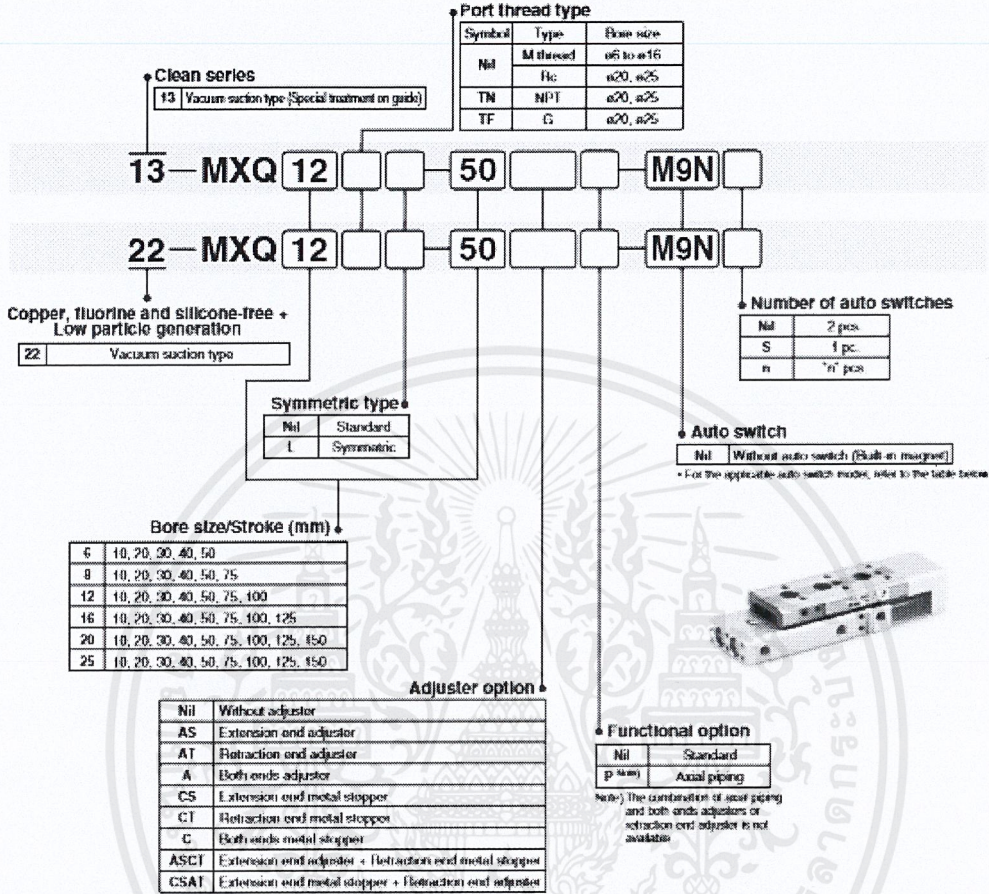
เอกสารคู่มือผลิตภัณฑ์รุ่น 22-MXQ25-100C

Series 13-22-MXQ

ø6, ø8, ø12, ø16, ø20, ø25
Air Slide Table



How to Order



Auto Switch Specifications (Refer to the WEB catalog for detailed specifications and auto switches not in the following table.)

Type	Special function	Electrical entry	Indicator light	Wiring (Output)	Load voltage		Auto switch model	Lead wire length (m) *				Applicable load	
					DC	AC		Electrical entry direction In-line	0.5 (M)	1 (L)	3 (Z)		5 (Z)
Reed auto switch	—	Grommet	Yes	2 wire	24 V	12 V 100 V	A93	●	—	●	—	—	Relay, PLC
Solid state auto switch	—	Grommet	Yes	3 wire (NPN)	24 V	12 V	M9N	●	●	●	○	—	Relay, PLC
								●	●	●	○	—	

* Load wire length symbols: 0.5 m..... M (Example) M9N
1 m..... L (Example) M9NL
3 m..... L (Example) M9NL
5 m..... Z (Example) M9NZ

PLC: Programmable Logic Controller

Refer to page B89 for the applicable auto switch list.

Specifications

Bore size (mm)	6	8	12	16	20	25
Fluid	Air					
Action	Double acting					
Operating pressure	0.15 to 0.7 MPa					
Proof pressure	1.05 MPa					
Ambient and fluid temperature	-10 to 60°C (No freezing)					
Piston speed	50 to 300 mm/s (Adjuster option/Metal stopper: 50 to 200 mm/s)					
Cushion	Rubber bumper (Standard, Adjuster option/Rubber stopper) None (Adjuster option/Metal stopper)					
Lubrication	Non-lube					
Stroke length tolerance	±1 mm					
Grease	13-: Fluorine grease 22-: Lithium soap based grease					
Cleanliness class (ISO class)	Without adjuster					
	Rubber stopper		13-/22-: Class 5			
	Metal stopper		13-/22-: Class 6			

Suction Flow Rate of Vacuum Suction Type (Reference values)

Bore size	Suction flow rate (L/min (ANR))
6, 8, 12	1
16	2
20	3
25	5

Adjuster Option: Stroke Adjustment Range

Rubber stopper	Extension end (AS)	Stroke adjustment range 0 to 5 mm
	Retraction end (AT)	
	Both ends (A)	
Metal stopper	Extension end (CS)	Stroke adjustment range 0 to 5 mm
	Retraction end (CT)	
	Both ends (C)	

Proper Auto Switch Mounting Position (Detection at Stroke End)



Reed auto switch: D-A93

Model	A	B Stroke										E Stroke										Auto switch operating range				
		10	20	30	40	50	75	100	125	150	10	20	30	40	50	75	100	125	150							
13-/22-MXQ6(L)	6	5.5	5.5	5.5	13.5	13.5	—	—	—	—	1	1	1	9	9	—	—	—	—	—	4.5					
13-/22-MXQ8(L)	7.5	8	9	12	16	31	32	—	—	—	3.5	3.5	7.5	11.5	26.5	27.5	—	—	—	—	—	5				
13-/22-MXQ12(L)	11.5	24.5	14.5	14.5	21.5	21.5	40.5	40.5	—	—	20	10	10	17	17	36	36	—	—	—	—	—	6			
13-/22-MXQ16(L)	16.5	30.5	20.5	20.5	20.5	26.5	33.5	51.5	51.5	—	26	16	16	16	22	29	47	47	—	—	—	—	—	7		
13-/22-MXQ20(L)	19	43.5	33.5	23.5	33.5	31.5	39.5	71.5	74.5	77.5	39	29	19	29	27	35	67	70	75	—	—	—	—	—	8	
13-/22-MXQ25(L)	22	52.5	42.5	32.5	32.5	46.5	46.5	60.5	88.5	88.5	48	38	28	28	42	42	56	84	75	9	—	—	—	—	—	9

Solid state auto switch: D-M9B, D-M9N

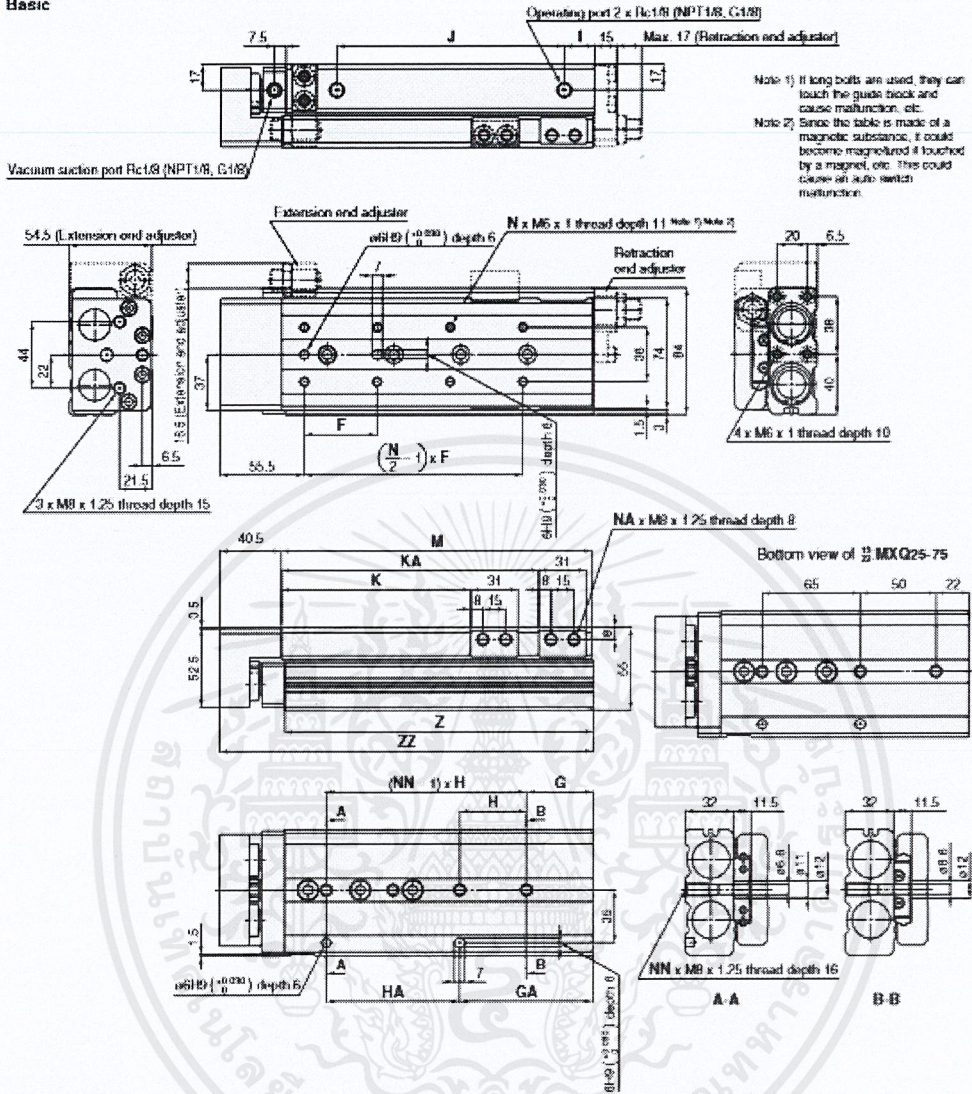
Model	A	B Stroke										E Stroke										Auto switch operating range			
		10	20	30	40	50	75	100	125	150	10	20	30	40	50	75	100	125	150						
13-/22-MXQ6(L)	10	9.5	9.5	9.5	17.5	17.5	—	—	—	—	0.5	0.5	0.5	7.5	7.5	—	—	—	—	—	1.5				
13-/22-MXQ8(L)	11.5	12	12	16	20	36	36	—	—	—	2	2	6	10	25	26	—	—	—	—	—	1.5			
13-/22-MXQ12(L)	15.5	28.5	18.5	18.5	25.5	25.5	44.5	44.5	—	—	18.5	8.5	8.5	15.5	15.5	34.5	34.5	—	—	—	—	—	2.5		
13-/22-MXQ16(L)	20.5	34.5	24.5	24.5	24.5	30.5	37.5	56.5	56.5	—	24.5	14.5	14.5	14.5	20.5	27.5	45.5	45.5	—	—	—	—	—	3	
13-/22-MXQ20(L)	23	47.5	37.5	27.5	37.5	35.5	43.5	75.5	79.5	81.5	37.5	27.5	17.5	27.5	25.5	33.5	65.5	68.5	73.5	—	—	—	—	—	3
13-/22-MXQ25(L)	27	56.5	46.5	36.5	36.5	50.5	50.5	64.5	92.5	92.5	46.5	36.5	26.5	26.5	40.5	40.5	54.5	82.5	73.5	—	—	—	—	—	3



Air Slide Table 13-22-MXQ

Dimensions: 1/2-MXQ25

Basic



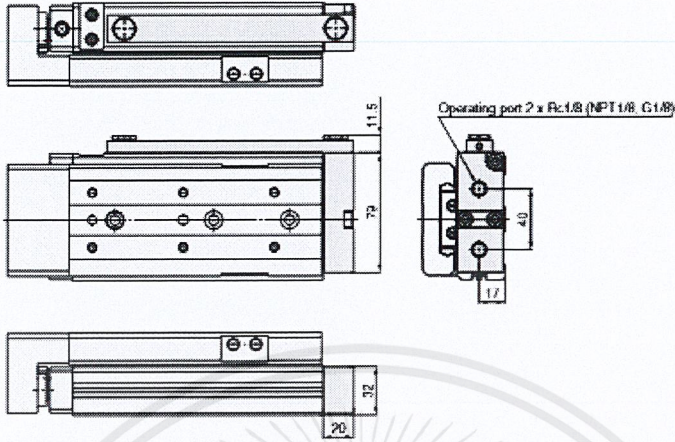
Model	F	N	G	H	NN	GA	HA	I	J	K	KA	NA	M	Z	ZZ
13-72-MXQ25-10	55	4	23	55	2	23	55	16	56	35	—	4	107	105.5	148.5
13-72-MXQ25-20	46	4	23	55	2	23	55	16	56	45	—	4	107	105.5	148.5
13-72-MXQ25-30	55	4	23	55	2	23	55	16	56	55	—	4	107	105.5	148.5
13-72-MXQ25-40	65	4	23	65	2	23	65	16	66	65	—	4	117	115.5	158.5
13-72-MXQ25-50	75	4	32	80	2	32	80	16	90	75	—	4	141	139.5	182.5
13-72-MXQ25-75	60	6	30	70	3	72	65	31	100	100	—	4	166	164.5	207.5
13-72-MXQ25-100	48	8	44	44	4	88	88	20	150	125	170	8	205	203.5	246.5
13-72-MXQ25-125	60	8	31	66	4	87	132	18	205	150	223	8	258	256.5	299.5
13-72-MXQ25-150	65	8	56	66	4	127	132	18	230	175	248	8	283	281.5	324.5

Note) Refer to the bottom view of 1/2-MXQ25-75

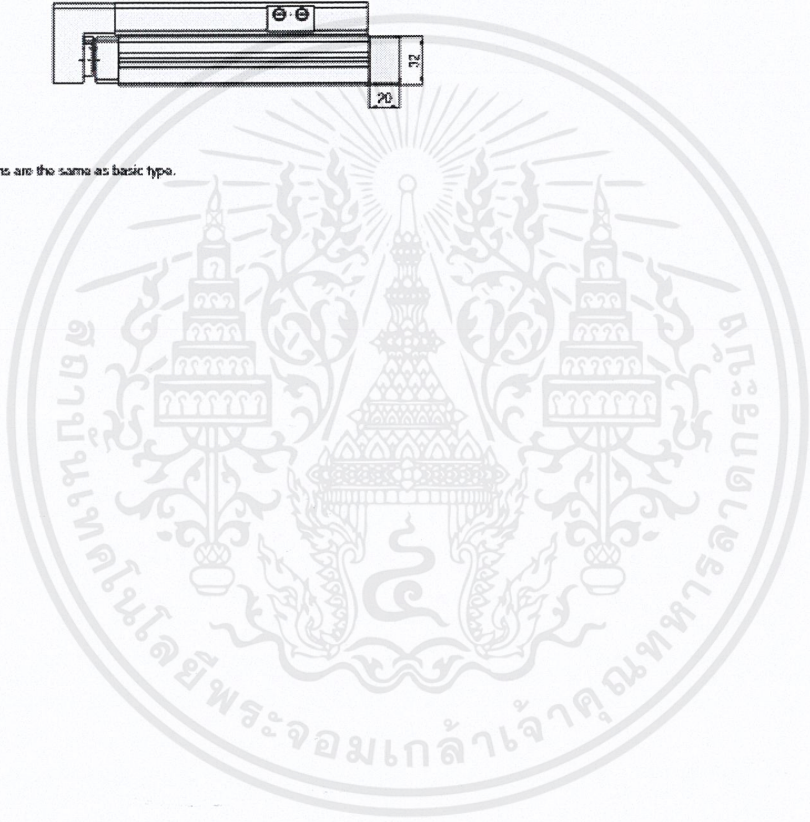


Dimensions: 13/22 MXQ25

Axial piping (ø25): 13/22 MXQ25-TIP



• Other dimensions are the same as basic type.



- Directional Control Valves
- Air Cylinders**
- Relay Actuators
- Air Grippers
- Air Preparation Equipment
- Modular F. R.
- Pressure Control Equipment
- Fittings & Tubing
- Flow Control Equipment
- Pressure Sensitive Pneumatic Sensors