



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

The design gripper of automatic transfer machine



นายกิตติภณ

เสารังษี

นางสาวธนพร

เพียรกุลศล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

The design gripper of automatic transfer machine



นายกิตติภณ เสาร์รังษี

นางสาวธนพร เพียรกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148497
วันเดือนปี 30 ต.ค. 2559

b. 12870526
l.

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสหกิจศึกษาปีศึกษา 2559

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

The design gripper of automatic transfer machine

ผู้จัดทำ

1.นายกิตติคุณ เสาร์รังษี รหัสประจำตัว 56010093

2.นางสาวรณพร เพียรฤศล รหัสประจำตัว 56010522



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายกิตติภณ เสาร์รังษี 56010093

นางสาวธนพร เพียรกุล 56010522

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว

ผศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายนิรันดร์ ลีมภัคดี

สถานประกอบการ บริษัท เต็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ ที่ใช้ในการส่งถ่ายชิ้นงานในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นชิ้นงานทรงกระบอกน้ำหนัก 0.085 กิโลกรัม ชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ทำงานและมือจับชิ้นงาน การเลือกอุปกรณ์ทำงานเพื่อให้มีความเหมาะสมกับลักษณะการทำงานและน้ำหนักของชิ้นงาน โดยเลือกใช้อุปกรณ์หยิบจับชนิดควบคุมด้วยไฟฟ้าแบบขนานมีค่าแรงจับที่ใช้งาน 11 นิวตันและมีระยะจุดจับชิ้นงาน 35.5 มิลลิเมตร สำหรับมือจับออกแบบเป็นรูปทรงตัววี (V-Shaped Finger) ทำมุม 45° ต่อกัน มีขนาดกว้าง 23 มิลลิเมตร สูง 35 มิลลิเมตร ยาว 12.5 มิลลิเมตร เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมจากกลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติในการต้านแรงและการทนต่อความสึกหรอ ซึ่งเลือกใช้วัสดุเหล็ก SKD11 ตรวจสอบค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Solidworks Simulation ขณะยกชิ้นงานโดยแรงกระทำเป็นแรงแบบสถิตย์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ที่פקเตอร์ความปลอดภัยมีค่า 6.12 ดังนั้นมือจับนี้จึงมีความปลอดภัยในการใช้งาน

คำสำคัญ : อุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน, มือจับชิ้นงาน, ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Cooperative Title: The design gripper of automatic transfer machine

Student intern name: Kittipon Saorangsri 56010093

Thanaporn Piankusol 56010522

Faculty: Engineering **Department:** Mechanical

Advisor name: Assoc.Prof.Dr. Jamlong Prabkeaw

Asst.Prof.Dr. Monsak Pimsarn

Mentor name: Nirun Limpukdee

Company: Denso (Thailand) Co., Ltd.

ABSTRACT

This project aims to design gripper of automatic transfer machine using a workpiece transfer during production process, which cylinder workpiece weight 0.085 kilograms. This gripper includes an actuator and jaws. In selecting an actuator in order that suitability with characteristic of work and workpiece weight where we choose parallel electric gripper with gripping force 11 newtons and gripping point 35.5 millimeters. For jaws, design V-Shaped jaws mutually angled 45° with width 23 millimeters high 35 millimeters long 12.5 millimeters. Choose suitable material from cold work tool steels by compare strength and wear resistance properties where we choose SKD11 steel. Verify safety factor of jaw by solidworks simulation software while hold workpiece with static force applied. As a result, safety factor is equal to 6.12 therefore this jaws are safety in work.

Keywords : Gripper, Jaw, Finite element analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษานี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก บริษัท เด็นโซ่ประเทศไทย จำกัด ซึ่งได้ให้การสนับสนุนการศึกษาครั้งนี้ รวมถึง รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว และ ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ พิมสาร ที่คอยให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำรายงานสหกิจศึกษานี้กระทั่งประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณคุณนิรันดร์ ลิ้มภักดี ซึ่งเป็นผู้นิเทศงาน ที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ และคอยแนะนำแนวทางในการทำโครงการนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านอย่างหาที่สุดไม่ได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดในรายงานสหกิจศึกษานี้ คณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย



นายกิตติภณ

เสาร์รังษี

นางสาวธนพร

เพ็ชรกุลศล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	1
1.4 ประโยชน์ของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เหล็กกล้าเครื่องมือ	3
2.1.1 อิทธิพลของธาตุผสมต่อคุณสมบัติของเหล็กกล้าเครื่องมือ	3
2.1.2 เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น	3
2.2 โหลดและการวิเคราะห์ความเค้น	5
2.2.1 สมดุลและผังวัตถุอิสระ	5
2.2.2 ความเค้น	5
2.3 ค่าความปลอดภัย	5
2.4 ทฤษฎีพลังงานของการเปลี่ยนรูป	6
2.5 แรงขันอัดตามแนวแกนของโบลท์	7
2.6 อุปกรณ์หนีบจับ	8
2.6.1 ชนิดของอุปกรณ์หนีบจับ	8
2.6.2 การคำนวณแรงจับที่ต้องการ	9
บทที่ 3 การคำนวณและออกแบบชุดอุปกรณ์หนีบจับชิ้นงาน	11
3.1 กระบวนการทำงานโดยรวมของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ	11
3.2 กระบวนการทำงานของชุดอุปกรณ์หนีบจับชิ้นงาน	13
3.3 การเลือกอุปกรณ์ทำงาน	13
3.3.1 ข้อพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์ทำงาน	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3.2 การเลือกชนิดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน	14
3.3.3 การเลือกรุ่นอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานไฟฟ้า	14
3.4 กลไกการทำงานของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้ารุ่น LEHZ20LK2-10	18
3.4.1 ส่วนกลไกการขับเคลื่อน	18
3.4.2 ส่วนจับชิ้นงาน	18
3.5 การออกแบบมือจับ	19
3.5.1 คำนวณแรงที่กระทำต่อมือจับ	20
3.5.2 เลือกวัสดุสำหรับมือจับ	21
3.5.3 ขอบเขตการออกแบบ	22
3.5.4 การออกแบบ	22
บทที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	26
4.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	26
4.1.1 ข้อดีของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	26
4.1.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาไฟไนต์เอลิเมนต์	26
4.2 ขั้นตอนการตรวจสอบค่าความปลอดภัยของมือจับ	26
4.2.1 ขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน	26
4.2.2 ขั้นตอนการตั้งค่าแบบจำลอง	28
4.3 แสดงผลการค่าความปลอดภัยของมือจับ	33
บทที่ 5 สรุป วิเคราะห์ผล และข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผล	34
5.2 วิเคราะห์ผล	34
5.3 ข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก	37

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติเหล็ก SKD 11	3
2.2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก SKD 11	4
2.3 คุณสมบัติเหล็ก SKS 3	4
2.4 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก SKS 3	4
2.5 แรงในการแคลมป์เริ่มต้นและแรงในการขันเกลียว	7
3.1 ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์หยิบจับชนิดต่างๆ	14
3.2 คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้ารุ่นต่างๆ	15
3.3 แสดงแรงตามแนวตั้งที่ยอมรับได้ของแต่ละรุ่น	18
3.4 อัตราส่วนของคาร์บอนและโครเมียมของเหล็ก SKD 11 และ SKS 3	21



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงทฤษฎี von Mises	6
2.2 อุปกรณ์หนีบจับชิ้นงานรูปทรงต่างๆ	8
2.3 แรงขณะจับยกชิ้นงาน	9
3.1 ขั้นตอนการออกแบบชุดอุปกรณ์หนีบจับชิ้นงาน	11
3.2 เครื่อง Add On PA70 Plunger	12
3.3 การเคลื่อนที่ของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ	12
3.4 เครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ	13
3.5 ระยะเวลาจับและแรงจับ	15
3.6 ระยะเวลาจับ	16
3.7 กราฟแสดงแรงจับ ระยะเวลาจับ และแรงผลึก	16
3.8 ระยะเวลาขึ้นและระยะเวลาจับ	17
3.9 กราฟแสดงระยะเวลาขึ้นและระยะเวลาจับและแรงผลึก	17
3.10 ส่วนประกอบของอุปกรณ์หนีบจับไฟฟ้า	19
3.11 ขั้นตอนการออกแบบมือจับ	19
3.12 แรงกระทำต่อมือจับจากชิ้นงาน	20
3.13 ส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์หนีบจับ	22
3.14 ส่วนต่างๆในการออกแบบมือจับ	23
3.15 ออกแบบส่วนที่ 1	23
3.16 ออกแบบส่วนที่ 2	24
3.17 แบบร่างส่วนที่ 3	24
3.18 ออกแบบส่วนที่ 3	25
3.19 มือจับชิ้นงานที่ออกแบบ	25
4.1 ขั้นตอนการเรียกชิ้นส่วน	27
4.2 การประกอบกันระหว่างชิ้นส่วน	27
4.3 เลือกรูปแบบ Simulation แบบ static	28
4.4 กำหนดค่าคุณสมบัติวัสดุ SKD11	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 กำหนดวัสดุของแต่ละชิ้นส่วน	29
4.6 การกำหนดค่าConnectors	29
4.7 กำหนดค่าFixtures	30
4.8 กำหนดค่าExternal loads	31
4.9 แสดงสถานะทั้งหมดต่อชิ้นส่วน	31
4.10 กำหนดให้แสดงค่าความปลอดภัยเฉพาะมือจับ	32
4.11 ค่าความเค้นที่มือจับได้รับ	33
4.12 ค่าความปลอดภัยของมือจับ	33
ภาคผนวก 1.1 คุณสมบัติเฉพาะของของอุปกรณ์หยิบจับรุ่นต่างๆ	38
ภาคผนวก 1.2 ขนาดของอุปกรณ์หยิบจับรุ่น LEHZ20(L)K2 - 10	39
ภาคผนวก 1.5 แสดงวัสดุส่วนประกอบต่างๆภายนอกอุปกรณ์หยิบจับ	40
ภาคผนวก 1.6 แสดงวัสดุส่วนประกอบต่างๆภายในอุปกรณ์หยิบจับ	41
ภาคผนวก 2 ภาพฉายของมือจับ	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรม มีการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการผลิตมากขึ้น ในกระบวนการผลิตซึ่งประกอบไปด้วยหลายขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน ในระหว่างกระบวนการจึงจำเป็นต้องมีการส่งถ่ายชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้าไปยังขั้นตอนถัดไป ดังนั้นเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติจึงได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

โดยเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัตินี้ทำหน้าที่ส่งถ่ายชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยหยิบชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้าและนำไปวางในขั้นตอนถัดไป จากลักษณะการทำงานจึงจำเป็นต้องใช้ชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นการเลือกอุปกรณ์ทำงานและออกแบบมือจับสำหรับจับชิ้นงาน โดยเลือกอุปกรณ์ทำงานให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานและน้ำหนักชิ้นงาน ออกแบบมือจับโดยเลือกวัสดุที่ใช้จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยออกแบบมือจับให้เหมาะสมกับรูปทรงของชิ้นงานและสามารถจับชิ้นงานได้อย่างมั่นคง และตรวจสอบค่าความปลอดภัยในการใช้งานด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Solidworks Simulation

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เลือกอุปกรณ์ทำงาน (Actuator) ของชุดอุปกรณ์หยิบจับสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ
- 1.2.2 ออกแบบมือจับ (Jaws) ของชุดอุปกรณ์หยิบจับสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ
- 1.2.3 วิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 เลือกอุปกรณ์ทำงาน (Actuator) โดยอ้างอิงจากรายการสินค้าของบริษัท เอส.เอ็ม.ซี. (ประเทศไทย) จำกัด
- 1.3.2 ออกแบบมือจับ (Jaws) สำหรับจับชิ้นงานทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.085 กิโลกรัม โดยขนาดมือจับมีขนาดไม่เกิน ดังนี้ กว้าง 28 มิลลิเมตร ยาว 13 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร
- 1.3.3 วัสดุที่เลือกใช้ในการศึกษาเป็นวัสดุในกลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น
- 1.3.4 ตรวจสอบค่าความปลอดภัยโดยใช้โปรแกรม Solidworks Simulation ขณะยกชิ้นงาน โดยแรงกระทำเป็นแรงแบบสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ของการศึกษา

1.4.1 สามารถใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรม ออกแบบมือจับชิ้นงานได้

1.4.2 ได้เรียนรู้การใช้งานโปรแกรม Solidworks Simulation

1.4.3 มือจับที่ออกแบบสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานสามารถใช้งานในกระบวนการผลิตได้จริง



บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เหล็กกล้าเครื่องมือ

เป็นเหล็กกล้าที่มีธาตุคาร์บอน (Carbon) และธาตุผสมอื่นๆในปริมาณสูง เพื่อให้มีความสามารถในการชุบแข็งสูง และเพื่อสร้างคาร์ไบด์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติแข็งแรงแรงและทนทานการสึกหรอ [10]

2.1.1 อิทธิพลของธาตุผสมต่อคุณสมบัติของเหล็กกล้าเครื่องมือ

คุณสมบัติของวัสดุที่ทำมือจับคือมีความแข็งแรงทนทานต่อการกระแทกและความทนต่อการเสียดสี โดยธาตุที่มีคุณสมบัติความแข็งแรงทนทานต่อการกระแทกคือ คาร์บอน (C) และความทนต่อการเสียดสีคือ โครเมียม (Cr)

2.1.1.1 คาร์บอน (C) ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความเค้น ทนแรงดึง ความสามารถในการชุบแข็ง แต่จะลดความเหนียว และการยึดตัวของเหล็ก การรวมตัวกับธาตุผสมตัวอื่น เช่น โครเมียม โมลิบดีนัม ทั้งสแตน จะฟอร์มตัวเป็นคาร์ไบด์ ซึ่งช่วยเพิ่มคุณสมบัติเช่น ความสามารถในการชุบแข็ง ทนต่อการเสียดสี การรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงได้ดี

2.1.1.2 โครเมียม (Cr) เป็นธาตุผสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง ทนต่อการเสียดสี เพิ่มความเหนียว หากใช้งานที่อุณหภูมิสูงคาร์ไบด์อาจละลาย แต่สามารถแก้ไขด้วยการผสมวานาเดียม เพื่อชะลอการขยายตัวของเกรน

2.1.2 เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น (Cold Work Tool Steels)

2.1.2.1 เหล็ก SKD 11

เป็นเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นกลุ่มคาร์บอน-โครเมียมสูง (High Carbon-High Chromium) จึงให้ความทนต่อการสึกหรอสูงสุด มีคุณสมบัติเด่นในด้านการรักษาคมตัด จากการมีส่วนผสมของธาตุวานาเดียม (V) สูง นิยมใช้ทำแม่พิมพ์และเครื่องมืองานเย็นทุกชนิด ทั้งแม่พิมพ์ บีม ตัด พับ เจาะ ดึง รวมทั้งใช้ทำลูกรีดงานขึ้นรูปเย็นและแม่พิมพ์รีดเกลียว นอกจากนี้ยังเหมาะใช้ทำใบมีดสับพลาสติก ตัดไม้ ฝ่า กระดาษ และอื่นๆ เป็นต้น [15]

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติเหล็ก SKD 11

Density (Kg/m ³)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's ratio	Yield Strength (MPa)
7670	210000	2.8-3.0	1900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก SKD 11 [15]

Grade	Chemical Composition %wt.						
SKD11	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W
	1.45 -1.60	0.10 - 0.60	0.20 - 0.60	11.0 - 13.0	0.70 - 1.00	0.70 - 1.00	-

2.1.2.2 เหล็ก SKS 3

เป็นเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นกลุ่มชุบน้ำมัน (Oil Hardening) ให้ความแข็งสูง มีความเหนียว ทนต่อการกระแทกได้ดี แต่ให้ความทนต่อการเสียดสีได้น้อย จึงเหมาะกับการใช้งานเย็นที่มีการเสียดสีไม่รุนแรงนัก [15]

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติเหล็ก SKS 3

Density(Kg/m ³)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's ratio	Yield Strength(MPa)
7810	193000	2.8-3.0	1800

ตารางที่ 2.4 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก SKS 3 [15]

Grade	Chemical Composition %wt.						
SKS3	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W
	0.90 -1.05	0.15 - 0.35	1.00 - 1.20	0.50 - 0.70	-	0.50 - 0.15	0.50 - 0.70

2.2 โหลดและการวิเคราะห์ความเค้น

2.2.1 สมดุลและผังวัตถุอิสระ

สมมติว่าระบบที่จะศึกษาไม่มีการเคลื่อนที่ หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ระบบจะมีความเร่งเท่ากับศูนย์ ภายใต้เงื่อนไขนี้เรียกว่า ระบบอยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) เกิดขึ้นเมื่อผลรวมของเวกเตอร์แรงและเวกเตอร์โมเมนต์ทั้งหมดที่ทำต่อระบบมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือ [13]

$$\sum F = 0 \quad (1)$$

$$\sum M = 0 \quad (2)$$

สามารถทำการวิเคราะห์ระบบที่มีความยุ่งยากซับซ้อน ได้ด้วยการแยกแต่ละส่วนของระบบมาพิจารณาโดยเขียนเป็นผังวัตถุอิสระที่มีแรงและโมเมนต์ที่เกี่ยวข้องครบถ้วน

2.2.2 ความเค้น

ความเค้น (Stress) เป็นคุณลักษณะเฉพาะของวัตถุ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของโหลดที่มากกระทำต่อชิ้นงาน รูปทรง อุณหภูมิ และกระบวนการทางความร้อน ใช้สัญลักษณ์ σ [13]

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

เมื่อ σ คือ ความเค้น (N/m^2)

F คือ แรงที่มากกระทำ (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัด (m^2)

2.3 ค่าความปลอดภัย

เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้น ในการออกแบบต้องกำหนดค่าตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ เช่น แรง ความเค้น และอื่นๆให้มีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี โดยอัตราส่วนของค่าสูงสุดที่ชิ้นงานสามารถรองรับได้ ต่อค่าที่ใช้ในการออกแบบ เรียกว่า แฟกเตอร์ในการออกแบบหรือค่าความปลอดภัย ใช้สัญลักษณ์ n สำหรับการออกแบบที่ใช้ความเค้นเป็นหลัก [13]

$$\text{ค่าความปลอดภัย} = \frac{\text{ความเค้นสูงสุดที่ชิ้นงานสามารถรองรับได้}}{\text{ความเค้นที่ยอมรับได้ในการใช้งาน}}$$

หรือ
$$n = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{allow}}} \quad (4)$$

2.4 ทฤษฎีพลังงานของการเปลี่ยนรูป

วัสดุจะเริ่มแตกเมื่อพลังงานของการเปลี่ยนรูปต่อหน่วยปริมาตรของชิ้นงานที่อยู่ภายใต้ความเค้นรวม มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับพลังงานของการเปลี่ยนรูปเนื่องจากการแตกที่เกิดขึ้นในการทดสอบด้วยการดึงอย่างง่าย

ค่าความเค้นที่มีผลต่อพลังงานของการเปลี่ยนรูป นิยมเรียกว่า “von Mises Stress” ตามชื่อของผู้คิดค้นทฤษฎีนี้ ใช้สัญลักษณ์ σ' ชิ้นงานจะเกิดการแตกเมื่อ [13]

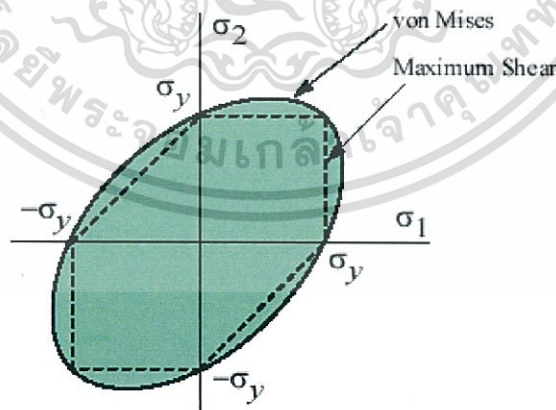
$$\sigma' \geq S_y \quad (5)$$

เมื่อ
$$\sigma' = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2}$$

สำหรับความเค้นในระนาบ กำหนดให้ σ_1 และ σ_2 เป็นความเค้นหลักที่มีค่าไม่เท่ากับ

ศูนย์ ดังนั้น

$$\sigma' = (\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2)^{1/2} \quad (6)$$



รูปที่ 2.1 แสดงทฤษฎี von Mises [5]

การใช้องค์ประกอบความเค้นใน 3 มิติ xyz สามารถเขียน von Mises Stress ได้ดังนี้

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]^{1/2} \quad (7)$$

ดังนั้น สำหรับความเค้นในระนาบ $\sigma_z = 0$

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} \quad (8)$$

2.5 แรงขันยึดตามแนวแกนของโบลท์

ขนาดแรงยึดตามแนวแกนเริ่มต้น (Initial Tightening Force) ที่เหมาะสมในการขันเกลียวโบลท์ ภายในช่วงความยืดหยุ่น 70% ของค่าความเค้นสูงสุด (Yield Strength) ความสัมพันธ์ของแรงตามแนวแกน F_f ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (9) สำหรับโบลท์มาตรฐานทั่วไปแสดงค่าแรงยึดตามแนวแกนเริ่มต้นดังตารางที่ 2.5 [11]

$$F_f = 0.7 \times \sigma_y \times A_s \quad (9)$$

เมื่อ σ_y คือ ความเค้นดึง (112 kgf/mm^2 เมื่อระดับ (class) ความเค้นดึงคือ 12.9)
 A_s คือ พื้นที่หน้าตัดใช้งานได้ของโบลท์ (mm^2)

ตารางที่ 2.5 แรงในการแคลมป์เริ่มต้นและแรงในการขันเกลียว [11]

Nominal of Thread	Effective Sectional Area A_s mm^2	Strength Class								
		12.9			10.9			8.8		
		Yield Load	Initial Tightening Force	Tightening Torque	Yield Load	Initial Tightening Force	Tightening Torque	Yield Load	Initial Tightening Force	Tightening Torque
kgf	kgf	kgf · cm	kgf	kgf	kgf · cm	kgf	kgf	kgf · cm		
M 3×0.5	5.03	563	394	17	482	338	15	328	230	10
M 4×0.7	8.78	983	688	40	842	589	34	573	401	23
M 5×0.8	14.2	1590	1113	81	1362	953	69	927	649	47
M 6×1	20.1	2251	1576	138	1928	1349	118	1313	919	80
M 8×1.25	36.6	4099	2869	334	3510	2457	286	2390	1673	195
M10×1.5	58	6496	4547	663	5562	3894	567	3787	2651	386
M12×1.75	84.3	9442	6609	1160	8084	5659	990	5505	3853	674
M14×2	115	12880	9016	1840	11029	7720	1580	7510	5257	1070
M16×2	157	17584	12039	2870	15056	10539	2460	10252	7176	1670
M18×2.5	192	21504	15053	3950	18413	12889	3380	12922	9045	2370
M20×2.5	245	27440	19208	5600	23496	16447	4790	16489	11542	3360
M22×2.5	303	33936	23755	7620	29058	20340	6520	20392	14274	4580
M24×3	353	39536	27675	9680	33853	23697	8290	23757	16630	5820

- (หมายเหตุ)
- สภาพในการขันเกลียว : ใช้ประแจปอนด์ (ใช้น้ำมันหล่อลื่นผิว สัมประสิทธิ์แรงบิด $k=0.17$ สัมประสิทธิ์การขันเกลียว $Q=1.4$)
 - ใช้ตารางนี้เป็นค่าอ้างอิง สัมประสิทธิ์แรงบิดจะแตกต่างกันไปตามสภาพการใช้งาน
 - ตารางนี้เป็นข้อมูลที่ดีทอนและปรับปรุงมาจากแค็ตตาล็อกของบริษัท Kyokuto Seisaksho

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

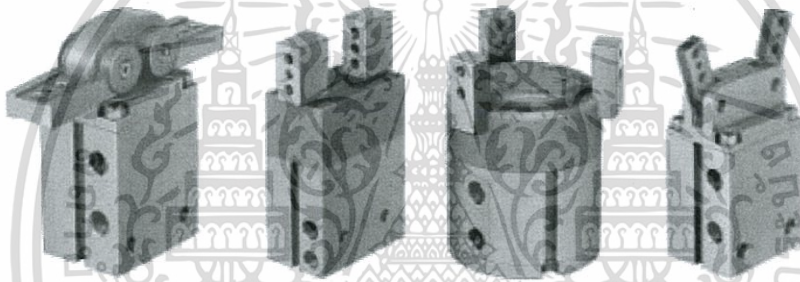
2.6 อุปกรณ์หยิบจับ

อุปกรณ์หยิบจับ(Grippers) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการหยิบจับชิ้นงานระหว่างวงจรการทำงาน ซึ่งนิยมใช้งานร่วมกับระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม [3]

2.6.1 ชนิดของอุปกรณ์หยิบจับ

2.6.1.1 แบ่งตามลักษณะของมือจับ

1. Radial gripper มือจับเคลื่อนที่จับชิ้นงานตามแนวรัศมี
2. Parallel gripper มือจับเคลื่อนที่จับชิ้นงานแบบขนานเข้าหากัน
3. 3 – point gripper จับชิ้นงานแบบ 3 มือจับ
4. Angle gripper มือจับเคลื่อนที่จับชิ้นงานแบบเชิงมุม



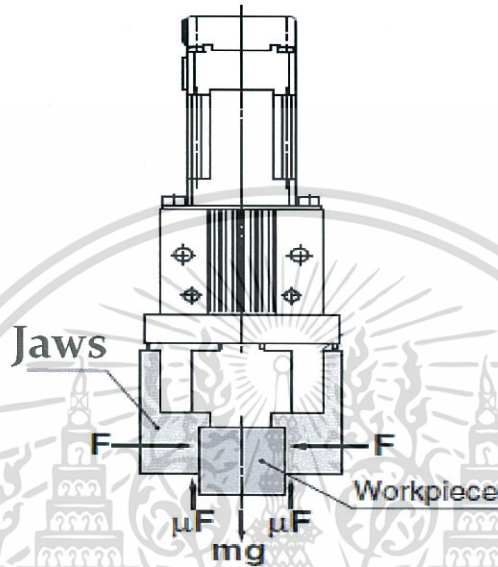
รูปที่ 2.2 อุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานรูปทรงต่างๆ [3]

2.6.1.2 แบ่งตามลักษณะการทำงานของมือจับ

1. Vacuum gripper ใช้สุญญากาศโดยอาศัยการดูดสำหรับจับวัตถุที่มีผิวเรียบ แต่สิ้นเปลืองพลังงานมาก
2. Hydraulic grippers ใช้สำหรับงานที่มีภาระโหลดมาก มีขนาดใหญ่ เนื่องจากมีความแข็งแรง แต่ต้องการการดูแลรักษามากกว่าชนิดอื่น เนื่องจากมีความสกปรกจากน้ำมันและปัม
3. Pneumatic gripper ควบคุมการทำงานโดยโซลินอยด์วาล์วลม กระบอกสูบความดัน
4. Electric gripper ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าควบคุมการเคลื่อนที่ของมือจับ สามารถควบคุมระยะทาง แรงจับ รวมถึงตำแหน่งได้

2.7.2 การคำนวณแรงจับที่ต้องการ

ในการยกชิ้นงานต้องออกแบบเพื่อให้ด้านการเคลื่อนไถลของชิ้นงาน โดยคำนึงถึงน้ำหนักของชิ้นงาน สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และความเร่งของชิ้นงาน [15]



รูปที่ 2.3 แรงขณะจับชิ้นงาน [16]

- เมื่อ
- F คือ แรงจับ(Gripping Force) (N)
 - mg คือ น้ำหนักชิ้นงาน (N)
 - n คือ จำนวนมือจับ
 - μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างหน้าสัมผัสกับชิ้นงาน

ภายใต้เงื่อนไขที่ชิ้นงานจะไม่หล่น คือ

$$n \times \mu F > mg \text{ เมื่อ } n = 2$$

$$\text{ดังนั้น } F > \frac{mg}{2 \times \mu}$$

ให้ a แสดงค่าความเผื่อ

$$\text{จะได้ } F > \frac{mg}{2 \times \mu} \times a$$

โดยแรงจับต้องเท่ากับอย่างน้อย 10-20 ของน้ำหนักชิ้นงาน โดยคำแนะนำของ SMC
เนื่องจากการคำนวณโดยใช้ $a = 4$ ที่ยอมรับได้สำหรับการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งชิ้นงาน
ปกติ

โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน $\mu = 0.2$ สำหรับโลหะ

$$\text{ดังนั้นจะได้ } F = 10 \times mg \quad (10)$$



บทที่ 3

การคำนวณและออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน

ในการออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานเพื่อใช้ในการส่งถ่ายชิ้นงานในกระบวนการผลิต เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีความปลอดภัย ซึ่งมีกระบวนการดังรูปที่ 3.1

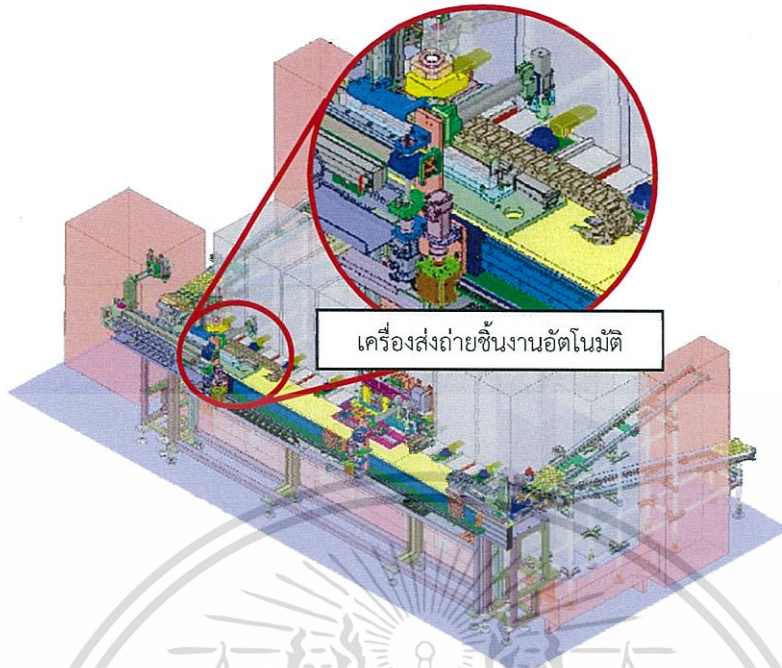


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน

3.1 กระบวนการทำงานโดยรวมของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

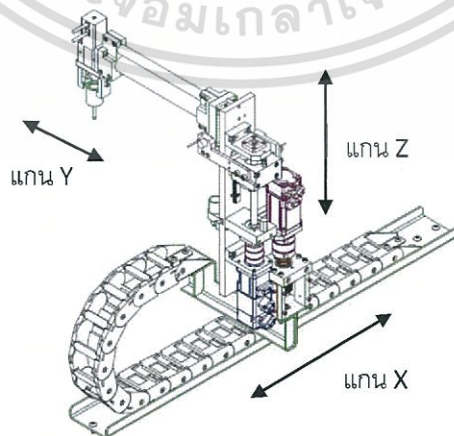
เครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัตินี้ เป็นส่วนหนึ่งของเครื่อง Add On PA70 Plunger ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งสร้างและออกแบบสำหรับใช้ในการผลิตเพื่อทดแทนแรงงานคน ทำหน้าที่ส่งถ่ายชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยการส่งถ่ายชิ้นงานจะหยิบชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้าและนำไปวางในขั้นตอนถัดไป โดยในการทำงานต้องการการทำงานที่รวดเร็วและแม่นยำ เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่อง Add On PA70 Plunger

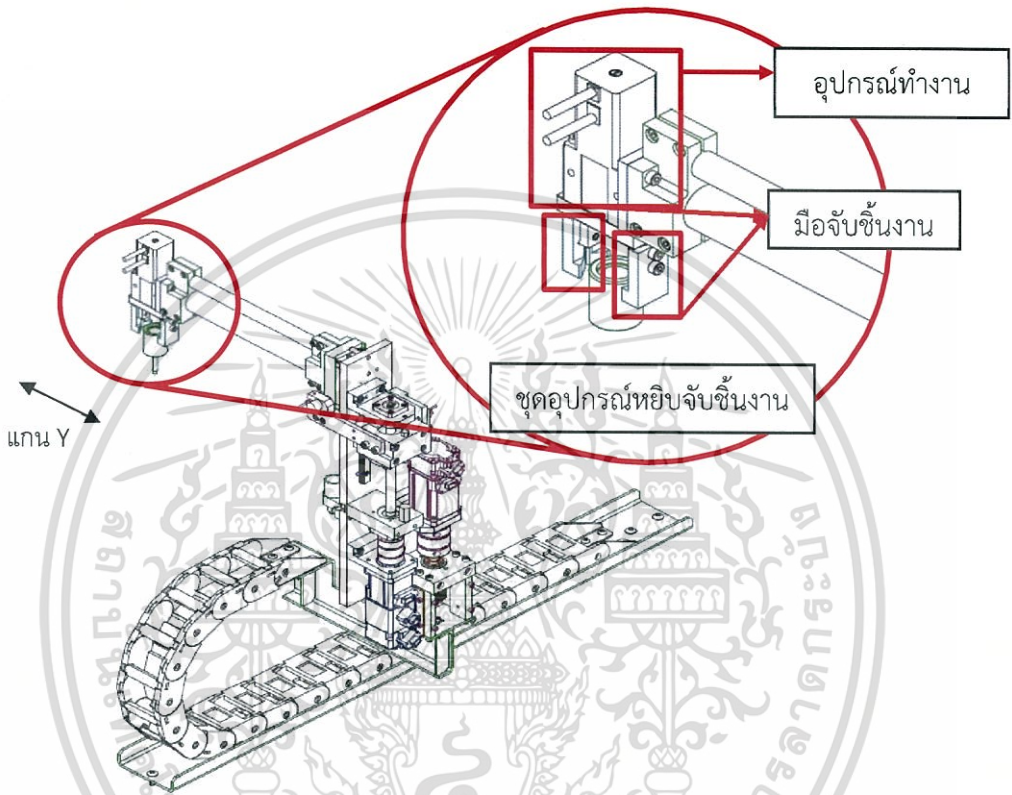
ในกระบวนการทำงานของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติมีการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ แกน Z ส่วนหัวจับชิ้นงานเคลื่อนที่ในแนวแกน Y แสดงดังรูปที่ 3.3 โดยในการทำงานมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงตาม แกน Z ด้วยรางสไลด์ (Linear guide) ที่ติดอยู่กับส่วนปลายของเพลา และจับชิ้นงานโดยส่วนของชุด อุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน จากนั้นจึงเคลื่อนที่ขึ้นตามแนวแกน Z แล้วจึงเคลื่อนที่ซ้ายและขวาตามแนวแกน X โดยการขบกันของเฟืองและเฟืองสะพาน (Rack and pinion) ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 3.3 แสดงแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

3.2 กระบวนการทำงานของชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน

ชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทำงานและมือจับชิ้นงาน ทำหน้าที่จับและวางชิ้นงาน ซึ่งมือจับจะเคลื่อนที่เข้าและออกตามแนวแกน Y ด้วยการขับเคลื่อนของอุปกรณ์ทำงาน



รูปที่ 3.4 เครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

3.3 การเลือกอุปกรณ์ทำงาน

3.3.1 ข้อพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์ทำงาน

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์ทำงานที่สำคัญได้แก่ การเคลื่อนที่ของมือจับ และรูปแบบของมือจับจากรูปร่างของชิ้นงาน

3.3.1.1 การเคลื่อนที่ของมือจับ มี 2 แบบคือแบบเชิงมุมและแบบขนาน ซึ่งแบบเชิงมุมจะใช้กับงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำมาก แบบขนานเป็นชนิดที่มีความแม่นยำมากกว่า โดยมือจับจะเคลื่อนแนวเส้นตรงเข้าหากัน แต่ชิ้นงานต้องอยู่ในตำแหน่งเดิมในแต่ละครั้งที่ทำงาน

3.3.1.2 ชิ้นงานทรงกระบอก มักจะใช้มือจับแบบ 3 มือจับหรือ 2 มือจับโดยใช้รูปทรงตัววี (V-Shaped Finger) โดยทำมุม 45°ต่อกัน เพื่อให้เกิดพื้นที่สัมผัส 4 จุด (4 Point Contact) เนื่องจากทำให้สามารถจับชิ้นงานได้อย่างมั่นคงและการกระจายความเค้นบนชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ

3.3.2 การเลือกชนิดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน

ตารางที่ 3.1 ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์หยิบจับชนิดต่างๆ

ไฟฟ้า(Electric)	นิวแมติก(Pneumatic)	ไฮดรอลิก(Hydraulic)	สุญญากาศ(Vacuum)
มีความแม่นยำสูง, สามารถควบคุมความเร็ว ตำแหน่ง และแรงที่ใช้จับได้	มีขนาดเล็ก ประกอบได้ง่าย	มีความแข็งแรงและมีขนาดใหญ่	มีความปลอดภัยต่อชิ้นงาน เนื่องจากหัวจับเป็นยาง
ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย	อัตรารอบสูง	ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก	สำหรับจับวัตถุที่มีผิวเรียบ
ดูแลรักษาง่าย	ดูแลรักษาง่าย	ใช้สำหรับรับภาระแรงมาก	สิ้นเปลืองพลังงานมาก

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานแบบไฟฟ้าเหมาะสำหรับการใช้งานสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ เนื่องจากสามารถควบคุมความเร็ว ตำแหน่ง และแรงที่ใช้จับได้ มีขนาดเล็ก รวมถึงสอดคล้องกับอุปกรณ์ทำงานอื่นๆ และเลือกใช้อุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้าแบบขนานเนื่องจากมีความแม่นยำมากกว่าแบบเชิงมุม เลือกแบบ 2 มือจับเนื่องจากมีราคาถูกกว่าแบบ 3 มือจับ

3.3.2 การเลือกรุ่นอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานไฟฟ้า

3.3.2.1 ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบแรงจับ

1. การคำนวณแรงจับ(Gripping Force) ที่ต้องการ จากสมการที่ (10)

$$F = 10 \times mg$$

$$F = 10 \times (0.085 \times 9.81) = 8.330 \text{ N}$$

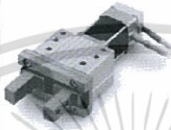
ดังนั้น แรงจับที่ต้องการมีค่า 8.330 N หรือมากกว่านั้น

2. เลือกรูปแบบจากกราฟแรงจับ เลือกรุ่นของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้า ตามช่วง
ของแรงจับที่ใช้

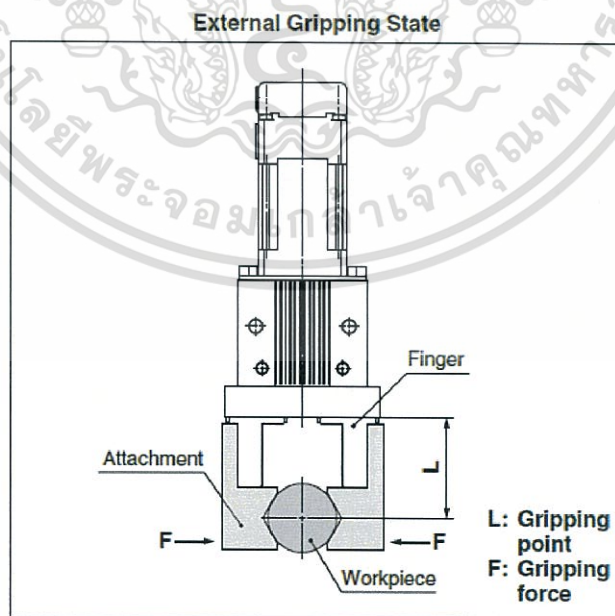
ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้ารุ่นต่างๆ [16]

Series Variations

2-Finger Type

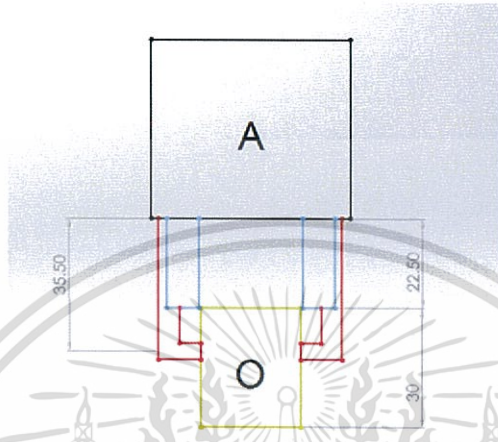
Series	Body size	Photo	Opening and closing stroke/ both sides (mm)	Gripping force [N]		Opening and closing speed (mm/s)	Weight [g]	
				Basic	Compact		Basic	Compact
LEHZ	10		4	6 to 14	2 to 6	5 to 80	165	135
	16		6		3 to 8		220	190
	20		10	16 to 40	11 to 28	5 to 100	430	365
	25		14	52 to 130	—	585	520	
	32		22	84 to 210	—	1120	—	
	40		30	—	—	1760	—	

จากตารางที่ 3.2 เลือกรุ่น LEHZ20 แบบ Compact เนื่องจากแรงจับของรุ่นนี้อยู่ในช่วง 11-28 N ซึ่งมีมากกว่า 8.330N ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้ในการจับชิ้นงานซึ่งเป็นการจับภายนอก แสดงระยะจุดจับ(Gripping point : L) และแรงจับ(Gripping force : F) ดังรูป 3.5



รูปที่ 3.5 ระยะจุดจับ(L)และแรงจับ(F) [16]

ในการกำหนดระยะจุดจับ ต้องให้มีระยะสั้นที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เนื่องจากแรงในการจับชิ้นงานจะลดลงเมื่อความยาวของมือจับเพิ่มขึ้น โดยจับบริเวณกึ่งกลางของชิ้นงาน (ระยะที่ 10-20 มม.) เพื่อให้สามารถจับชิ้นงานได้อย่างมั่นคง ดังนั้น ระยะจุดจับ(L) แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ระยะจุดจับ(L)

ดังนั้น ระยะจุดจับ(L)เท่ากับ 35.5 มิลลิเมตร

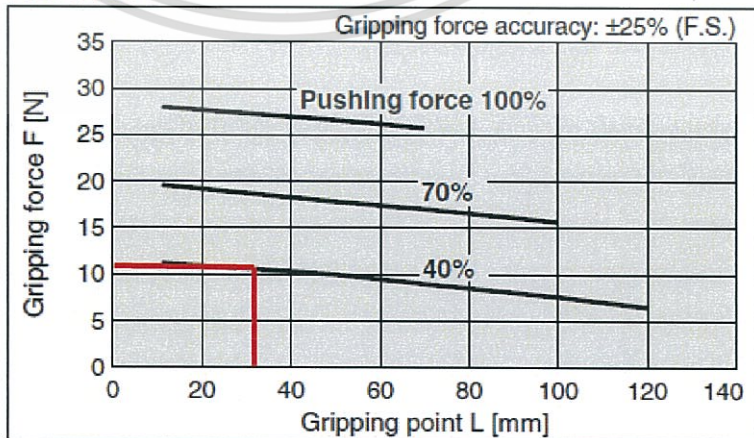
จากนั้นตรวจสอบแรงผลัก(Pushing Force) แรงจับ(Gripping force)

และระยะจุดจับ(Gripping point) จากกราฟ

* Pushing force is one of the values of step data that is input into the controller.

Compact

LEHZ20L



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงแรงจับ(N) ระยะจุดจับ(mm.) และแรงผลัก(%) [16]

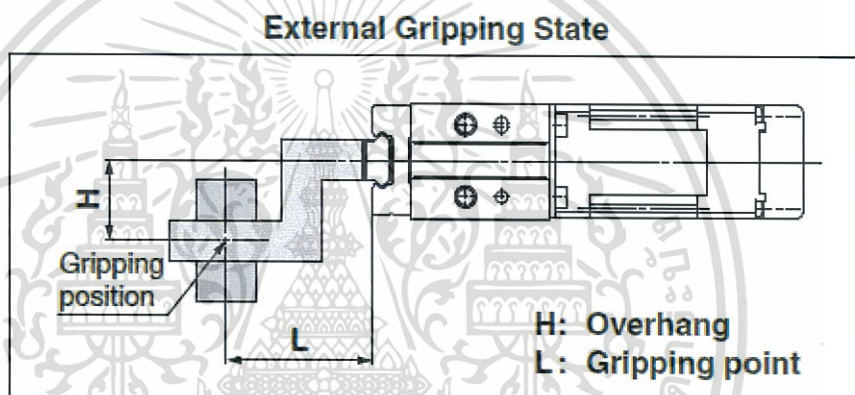
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แรงจับ 11 N ซึ่งได้มาจากจุดตัดของระยะจุดจับ $L = 35.5$ mm. และแรงผลัก 40% โดยแรงจับเป็น 12.9 เท่าของชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับการกำหนดค่าแรงจับให้เท่ากับ 10 เท่าหรือมากกว่านั้น

ดังนั้น แรงจับที่ใช้งานมีค่า 11 N และแรงผลัก 40%

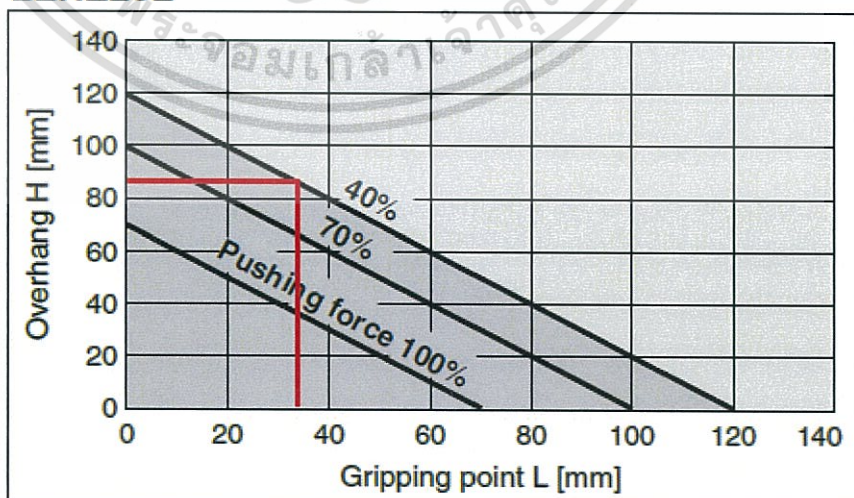
3.3.2.2 ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบระยะจุดจับและระยะยื่น

ตำแหน่งการจับของชิ้นงาน และระยะยื่นต้องอยู่ในช่วงที่กำหนด หากอยู่นอกขีดจำกัด อาจทำให้อายุการใช้งานสั้นลง



รูปที่ 3.8 ระยะยื่น(Overhang) และระยะจุดจับ (Gripping point) [16]

LEHZ20L



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงระยะยื่นและระยะจุดจับและแรงผลัก [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เมื่อระยะจุดจับ 35.5 mm และ แรงผลัก 40% ระยะยื่นต้องไม่เกิน 85 mm. สำหรับการออกแบบครั้งนี้ให้ ระยะยื่น H = 0 mm.

3.3.2.3 ชั้นตอนที่3 ตรวจสอบแรงภายนอกบนมือจับ

ตารางที่ 3.3 แสดงแรงตามแนวตั้งที่ยอมรับได้ของแต่ละรุ่น [16]

Model	Allowable vertical load Fv [N]
LEHZ10(L)K2-4	58
LEHZ16(L)K2-6	98
LEHZ20(L)K2-10	147
LEHZ25(L)K2-14	255
LEHZ32(L)K2-22	343
LEHZ40(L)K2-30	490

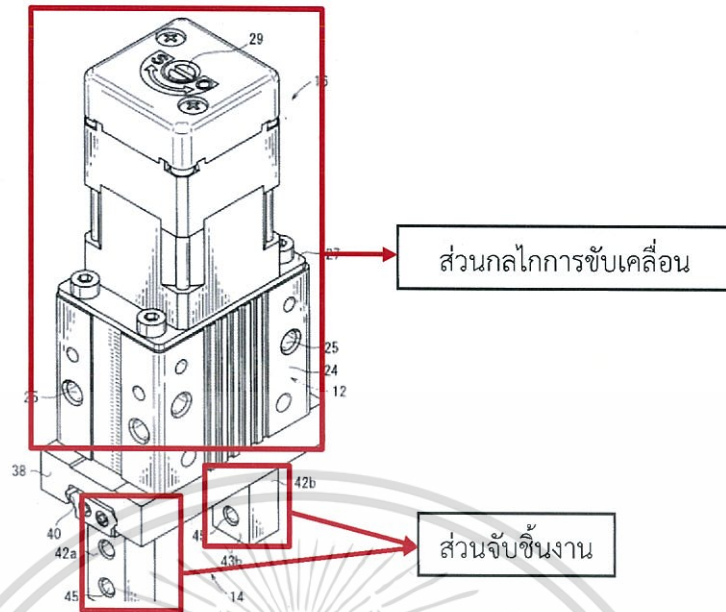
จากตารางที่ 3.3 รุ่น LEHZ20LK2-10 มีแรงตามแนวตั้งที่ยอมรับได้ 147 N ซึ่งมากกว่าน้ำหนักของชิ้นงานที่มีค่า 8.330 N ดังนั้น สามารถใช้งานได้

3.4 กลไกการทำงานของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้ารุ่น LEHZ20LK2-10

อุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้าชนิดนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนกลไกการขับเคลื่อน และส่วนจับชิ้นงาน ดังรูป 3.10

3.4.1 ส่วนกลไกการขับเคลื่อน ประกอบด้วย มอเตอร์ (Motor) ซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงาน และ ฟีดสกรู (Feed screw) ที่ทำหน้าที่ส่งผ่านแรงขับเคลื่อนจากการหมุนจากมอเตอร์ไปสู่ฟีดนัต (Feed nut) ที่สามารถเคลื่อนที่ในทิศทางตามแนวแกนได้

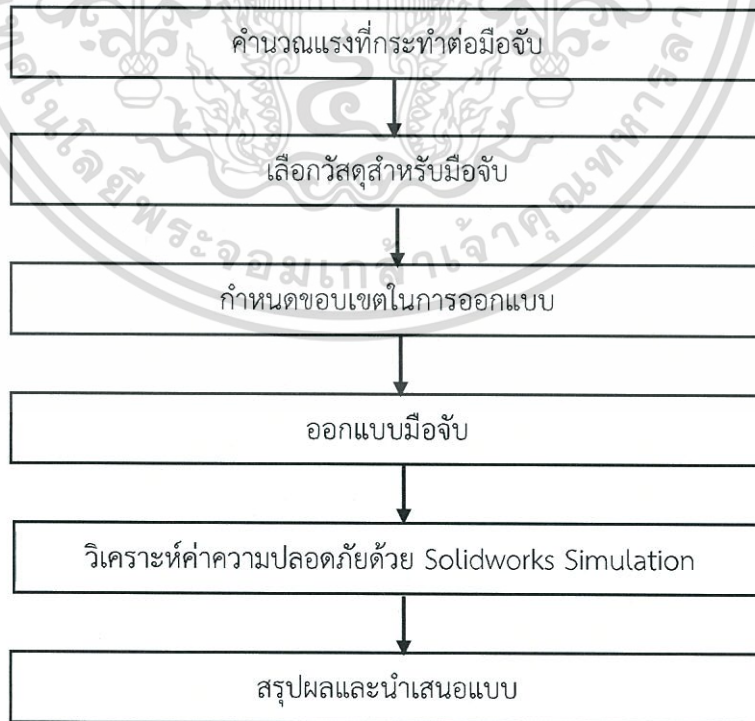
3.4.2 ส่วนจับชิ้นงาน เป็นส่วนที่ใช้จับชิ้นงาน สามารถเคลื่อนที่ได้โดยสวมอยู่กับลิ้งค์ (Link) ซึ่งยึดไว้กับฟีดนัต (Feed nut)



รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้า [19]

3.5 การออกแบบมือจับ

โดยมีขั้นตอนการออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.11



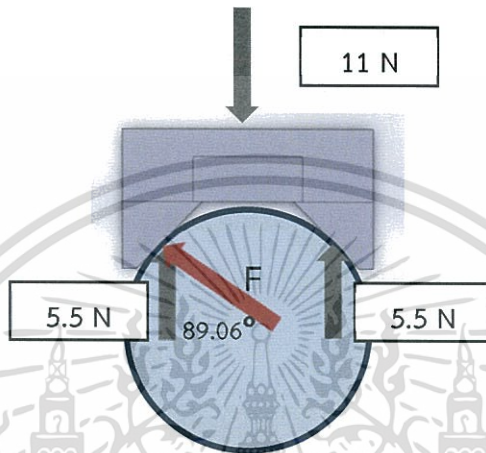
รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการออกแบบมือจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 คำนวณแรงที่กระทำต่อมือจับ

3.5.1.1 แรงที่ชิ้นงานกระทำต่อมือจับ

เนื่องจากแรงที่มือจับกระทำต่อชิ้นงาน มีค่าเท่ากับแรงจับ 11 นิวตัน ดังนั้นแรงที่ชิ้นงานกระทำต้งฉากต่อมือจับ (F) แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แรงกระทำต่อมือจับจากชิ้นงาน

$$F = 5.5 \times \cos 89.6$$

$$F = 2.52 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงที่ชิ้นงานกระทำต่อมือจับมีค่า 2.52 N (ต่อพื้นที่หนึ่งด้านของมือจับ)

3.5.1.2 แรงขันอัดตามแนวแกนของโบลท์

อุปกรณ์หีบจับไฟฟ้าโมเดล LEHZ20LK2-10 มีรูเจาะสำหรับยึดมือจับขนาด M4 และในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Solidworks simulation ต้องการค่าแรงอัดที่ใช้ในการขันเกลียวเริ่มต้น ดังนั้น ขนาดแรงอัดตามแนวแกนที่เหมาะสมในการขันเกลียวโบลท์ ภายในช่วงความยืดหยุ่น 70% ของค่าความเค้นสูงสุดจากสมการที่ (9)

$$F_f = 0.7 \times \sigma_y \times A_s$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_f = 0.7 \times 112 \times 8.78$$

$$F_f = 688 \text{ kgf}$$

ดังนั้น ขนาดแรงอัดตามแนวแกนที่เหมาะสมในการขันเกลียวโบลท์
ภายในช่วงความยืดหยุ่น 70% ของค่าความเค้นสูงสุดมีค่า 688 kgf หรือ 6746 N

3.5.2 เลือกวัสดุสำหรับมือจับ

เลือกจากกลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น ซึ่งเป็นเหล็กกล้ากลุ่มคาร์บอน-โครเมียมสูงให้
ความทนต่อการสึกหรอสูงสุด เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุที่ทำมือจับต้องการความแข็งแรงทนทานต่อการ
กระแทกและความทนต่อการเสียดสี โดยธาตุที่มีคุณสมบัติความแข็งแรงทนทานต่อการกระแทกคือ คาร์บอน (C)
และความทนต่อการเสียดสีคือ โครเมียม (Cr) โดยจากวัสดุที่ใช้เปรียบเทียบคือ SKD 11 และ SKS 3 อัตราส่วน
ของคาร์บอนและโครเมียมเป็นดังนี้

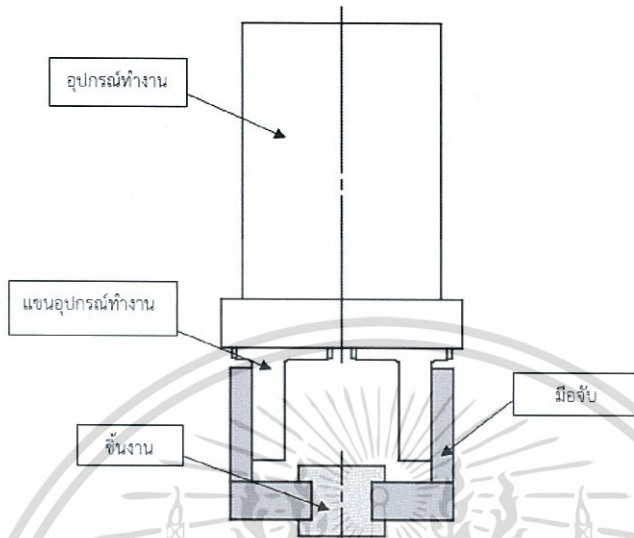
ตารางที่ 3.4 อัตราส่วนของคาร์บอนและโครเมียมของเหล็ก SKD 11 และ SKS 3

วัสดุ	C%	Cr%
SKD 11	1.5	12.0
SKS 3	1.0	0.7

พบว่า SKD 11 มีอัตราส่วนของคาร์บอนและโครเมียมสูงกว่า SKS 3

ดังนั้น จึงกำหนดให้ SKD 11 เป็นวัสดุสำหรับมือจับ

3.5.3 ขอบเขตการออกแบบ



รูปที่ 3.13 ส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์หยิบจับ

ออกแบบมือจับสำหรับหยิบจับชิ้นงานรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร และเมื่อติดตั้งขนาดของมือจับต้องไม่เกินออกจากอุปกรณ์ทำงานและมือจับทั้ง 2 ข้างต้องไม่ชนกันเมื่อสภาวะแขนอุปกรณ์ทำงานยื่นออกสุดและต้องไม่ชนกับฐานวางชิ้นงานเมื่ออุปกรณ์ทำงานอยู่ต่ำสุด

ดังนั้น มือจับต้องมีขนาดความกว้างไม่เกิน 28 มิลลิเมตร ความยาววัดจากขอบใน แขนไม่เกิน 13 มิลลิเมตร ความสูงวัดจากขอบล่างของแขนถึงพื้นไม่เกิน 30 มิลลิเมตร

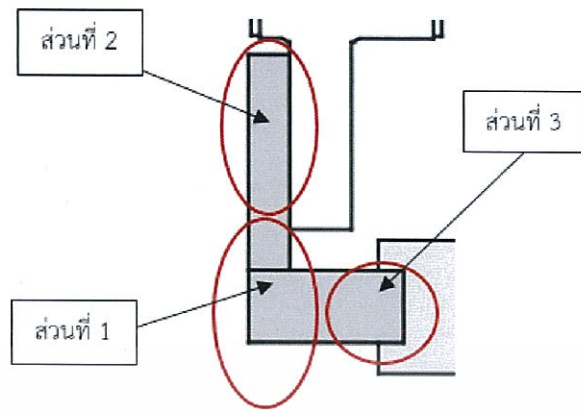
3.5.4 การออกแบบ

แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ความสูงของมือจับโดยวัดตั้งแต่ขอบล่างของแขนถึงพื้น

ส่วนที่ 2 ขนาดและลักษณะการติดตั้งของมือจับส่วนที่ติดตั้งกับแขนเครื่องมือทำงาน

ส่วนที่ 3 ขนาดและลักษณะของส่วนที่จับชิ้นงาน



รูปที่ 3.14 ส่วนต่างๆในการออกแบบมือจับ

3.5.4.1 ส่วนที่ 1 ความสูงของมือจับโดยวัดตั้งแต่ขอบล่างของแกนถึงพื้น

จากระยะจุดจับชิ้นงาน จะได้ว่าระยะจับชิ้นงานวัดจากขอบล่างของอุปกรณ์ทำงานจะมีขนาด 13 มิลลิเมตร และให้ความสูงของหน้าจับชิ้นงานมีขนาด 8 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงกำหนดให้ความสูงของชิ้นงานวัดจากขอบล่างแกนถึงพื้นมีขนาด 17 มิลลิเมตร

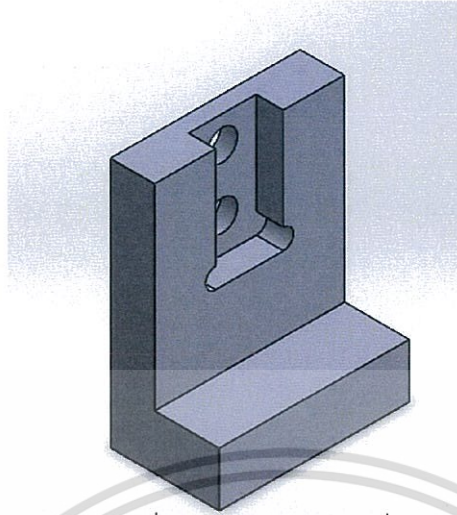


รูปที่ 3.15 ออกแบบส่วนที่ 1

3.5.4.2 ส่วนที่ 2 ขนาดและลักษณะการติดตั้งของมือจับส่วนที่ติดตั้งกับแกน

ออกแบบลักษณะการติดตั้งให้เป็นแบบสวมและขันยึดเข้าด้วยกันดังนั้น ทำร่องสำหรับสวมขนาดกว้าง 10 มิลลิเมตร ลึกเข้าไป 4 มิลลิเมตร เจาะรูสำหรับสวมน็อตขนาด 4.5 มิลลิเมตร มีขนาดความสูง 18 มิลลิเมตร และความยาวจากขอบนอกแกนมีขนาด 2.5 มิลลิเมตร โดยเพิ่มรูปบริเวณขอบล่างของร่องสวมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เพื่อให้ใช้หลบมุมของงานสวม

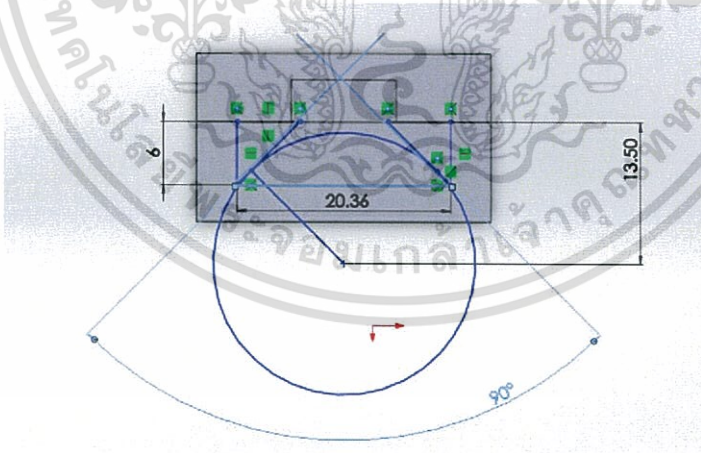
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



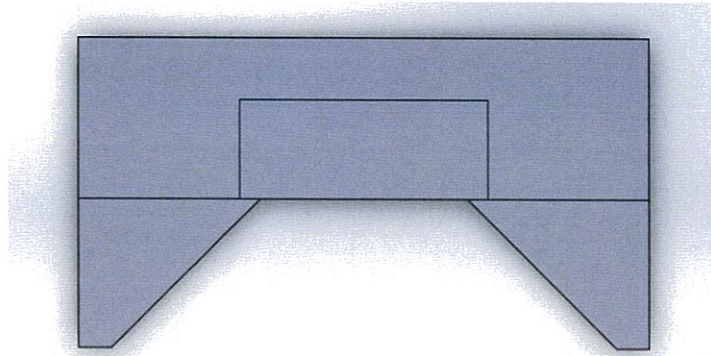
รูปที่ 3.16 ออกแบบส่วนที่ 2

3.5.4.3 ส่วนที่ 3 ขนาดและลักษณะของส่วนที่จับชิ้นงาน

เลือกลักษณะการจับให้เป็นรูปแบบ v-shape เพื่อการกระจายแรงสู่ชิ้นงานให้เท่าๆกัน โดยกำหนดให้สภาวะหีบจับ ให้ชิ้นงานอยู่ห่างจากขอบในมือจับ 1 มิลลิเมตร ดังนั้น จึงให้ความกว้างเป็น 23 มิลลิเมตร และความยาว 6 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.17 แบบร่างส่วนที่ 3



รูปที่ 3.18 ออกแบบส่วนที่ 3

จากการออกแบบและนำมารวมกันของทั้ง 3 ส่วน มือจับจะมีขนาดกว้าง 23 มิลลิเมตร สูง 35 มิลลิเมตร ยาว 12.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.19 มือจับชิ้นงานที่ออกแบบ

บทที่ 4

การวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

4.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์(Finite Element Analysis, FEA)

คือระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขสำหรับหาคำตอบในทางวิศวกรรมและคณิตศาสตร์เชิงฟิสิกส์ โดยเป็นประโยชน์สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนด้านรูปร่าง แรง และคุณสมบัติของวัสดุที่การวิเคราะห์ทั่วไปไม่สามารถหาคำตอบได้

4.1.1 ข้อดีของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ข้อดีของระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์คือ สามารถสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์เงื่อนไขผสมได้ อีกทั้งยังสามารถกำหนดลักษณะแรง วัสดุ ขนาดและรูปร่างของเอลิเมนต์ได้ตามต้องการ และสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรงได้

4.1.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการศึกษานี้โปรแกรมที่ใช้ทดสอบคือSolidWorks Simulation เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับจำลองเหตุการณ์ โดยจะใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อทำนายความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น และตรวจสอบความเป็นไปได้ต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้น โดยจะแสดงถึงผลของความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain) ค่าความปลอดภัยของการใช้งาน (Safety of Factor) เพื่อให้ผู้ออกแบบหาแนวทางการลดหรือหลีกเลี่ยงต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

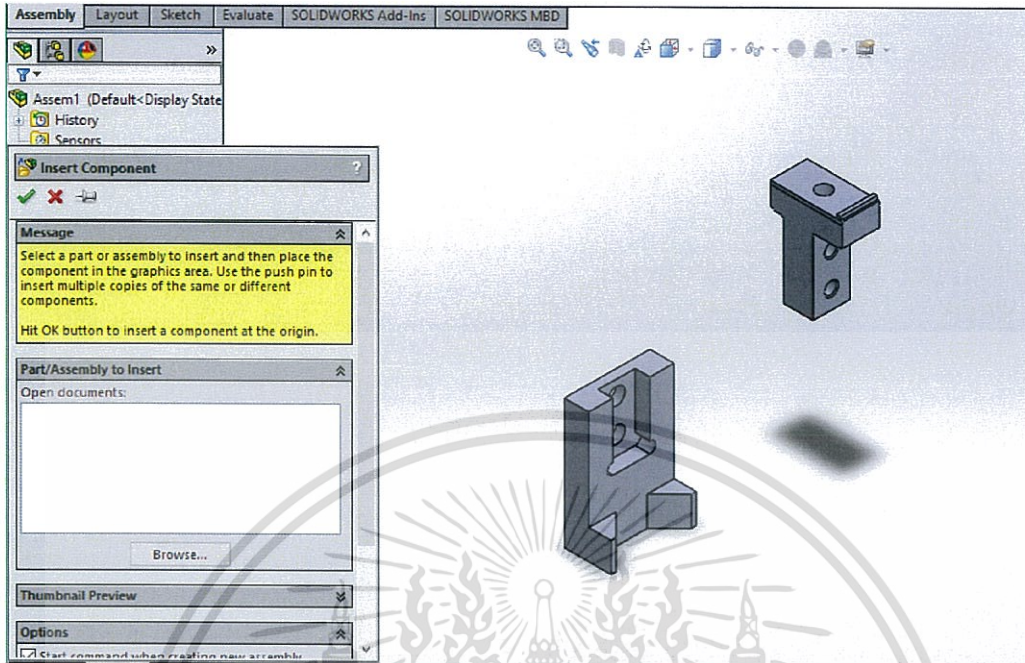
4.2 ขั้นตอนการตรวจสอบค่าความปลอดภัยของมือจับ

เนื่องจากส่วนของมือจับมีรูสำหรับน็อตสกรู ซึ่งในการจำลองแค่เพียงมือจับจะไม่สามารถตั้งค่าในส่วนของน็อตสกรูได้ดังนั้น เพื่อความถูกต้องของการจำลองจึงต้องทำในรูปแบบของงานประกอบระหว่างมือจับและแขนจับของอุปกรณ์ทำงานเนื่องจากสามารถกำหนดค่าการยึดกันโดยน็อตสกรูได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

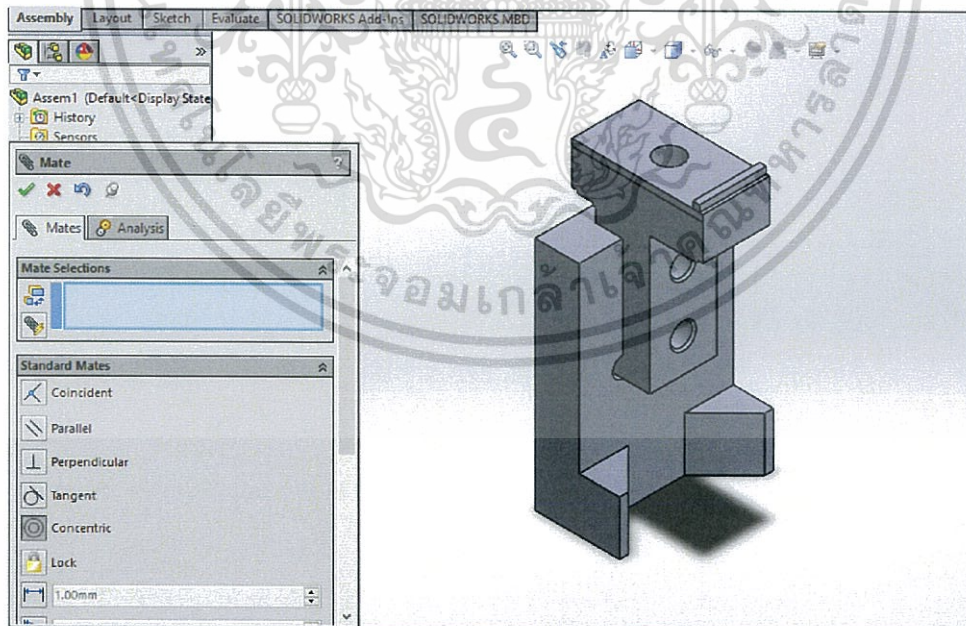
4.2.1 ขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน

สำหรับการ simulation จะเป็นในลักษณะงานประกอบ ดังนั้นจึงต้องทำการประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันก่อนโดยขั้นแรกคือเรียกชิ้นส่วนที่ต้องการนำมาประกอบโดยคำสั่ง Insert Component โดยแขนของอุปกรณ์ทำงานทำการดาวน์โหลดมาจาก www.smcworld.com จากนั้นทำการประกอบเข้าด้วยกันด้วยคำสั่ง Mate ดังรูปที่ 4.1 โดยบริเวณรูน็อตใช้รูปแบบจุดศูนย์กลางร่วมกัน (Concentric) และหน้าสัมผัสทั้ง 2 ชิ้นใช้รูปแบบหน้าสัมผัสกัน (Coincident) ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



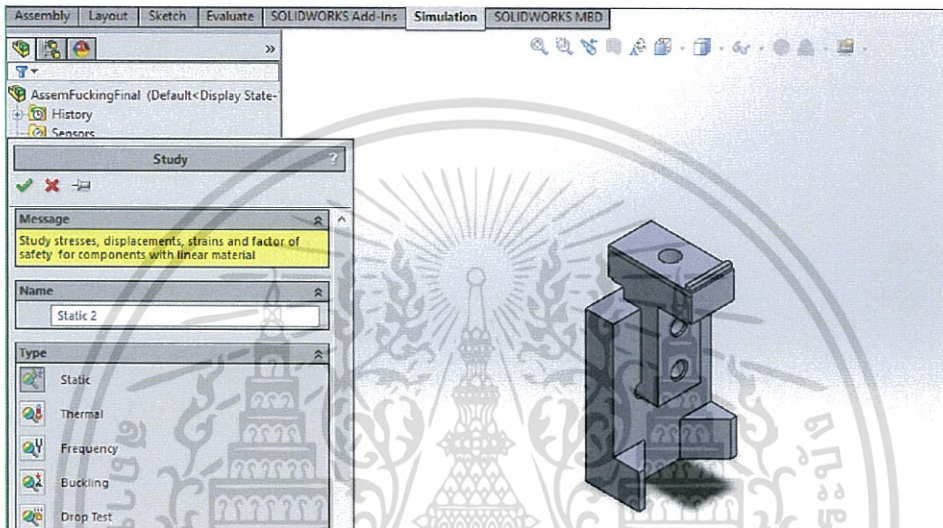
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการเรียกชิ้นส่วน



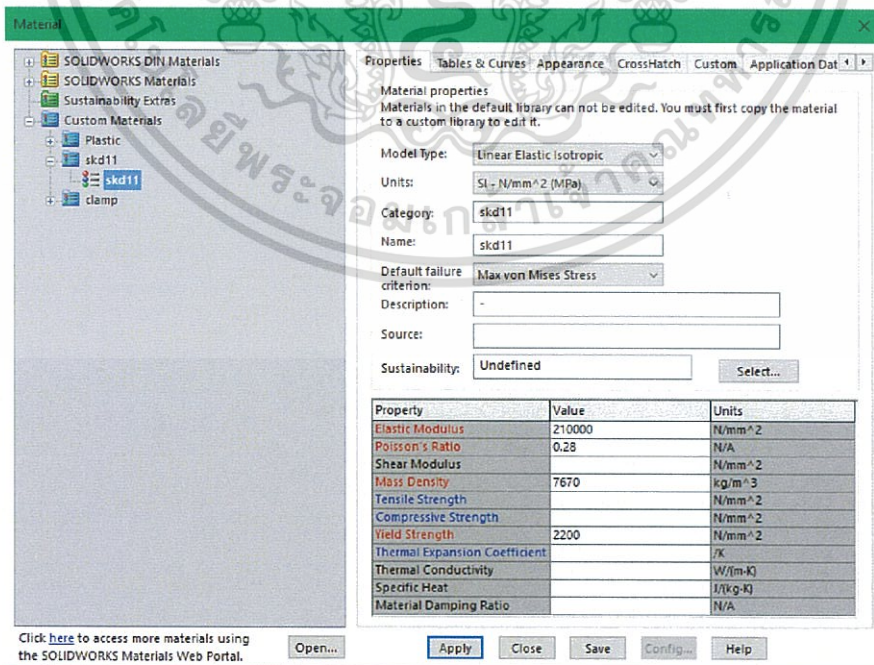
รูปที่ 4.2 การประกอบกันระหว่างชิ้นส่วน

4.2.2 ขั้นตอนการตั้งค่าแบบจำลอง

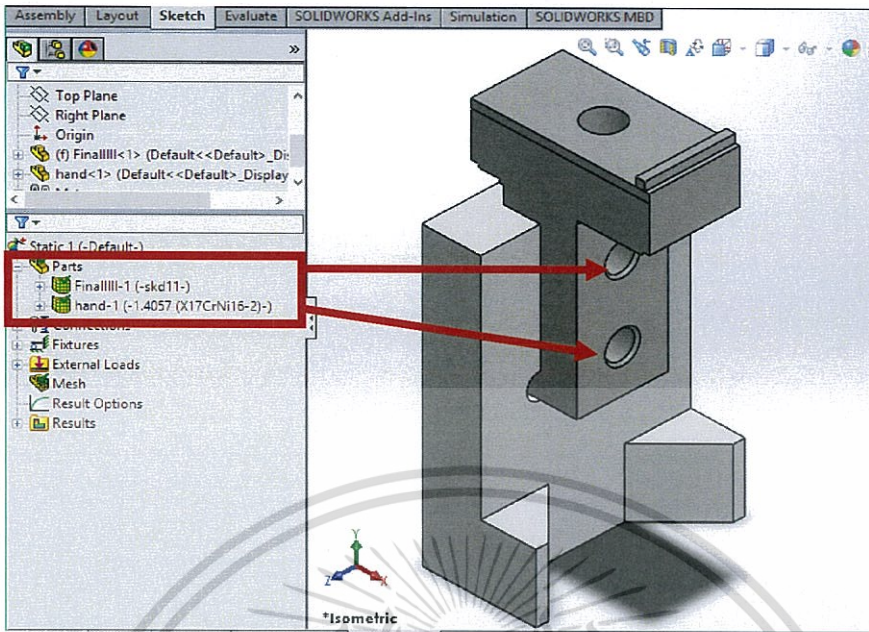
เมื่อประกอบชิ้นส่วนแล้ว ไปที่คำสั่ง new study ในส่วนการจำลองโดยเลือกรูปแบบ Static ดังรูปที่ 4.3 จากนั้นทำการกำหนดวัสดุของแต่ละชิ้นส่วน โดยส่วนของมือจับเป็น SKD 11 และแขนจับคือ Stainless steel AISI 431 (Din 1.4057) สำหรับวัสดุ AISI 431 (Din 1.4057) มีค่าคุณสมบัติของวัสดุอยู่ในโปรแกรม Solidworks อยู่แล้ว แต่วัสดุ SKD11 จำเป็นต้องกำหนดค่าคุณสมบัติขึ้นใหม่ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 เลือกรูปแบบSimulation แบบstatic

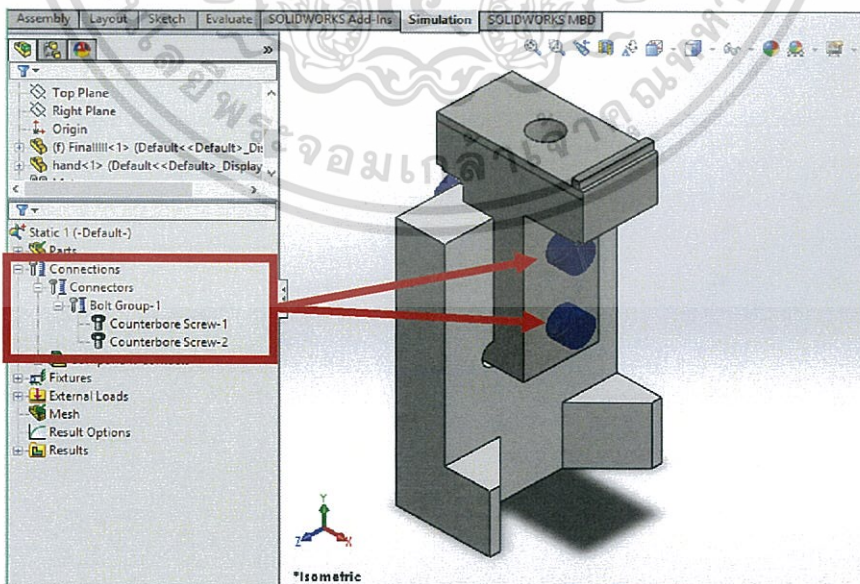


รูปที่ 4.4 กำหนดค่าคุณสมบัติวัสดุSKD11



รูปที่ 4.5 กำหนดวัสดุของแต่ละชิ้นส่วน

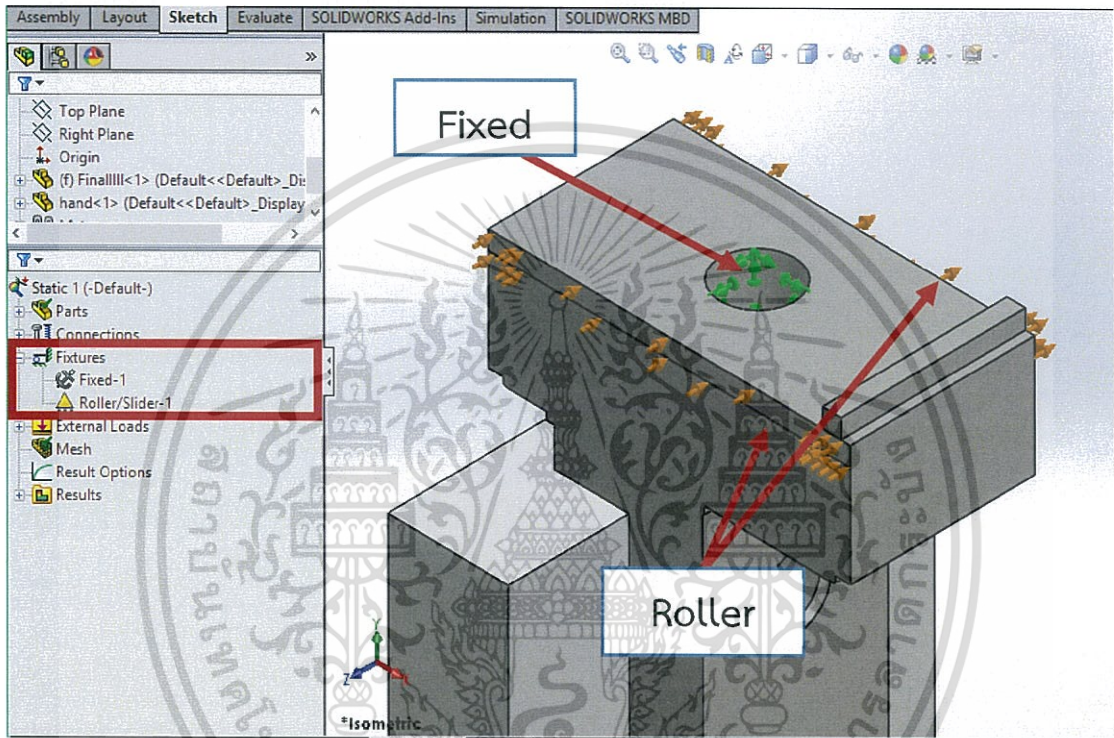
เนื่องจากแขนและมือจับยึดกันด้วยน็อตสกรูจึงต้องกำหนดค่า Connectors โดยเลือกเป็นแบบ Counterbore Screw พร้อมทั้งตั้งค่าวัสดุ ขนาด และแรงอัดตามแนวแกน โดยวัสดุของน็อตสกรูคือ AISI 4137 ขนาดที่ใช้เป็น M4 โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณหัวน็อตสกรูเป็น 7 มม. และแรงขันอัดตามแนวแกนของน็อตสกรูมีค่า 6746 N ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การกำหนดค่าConnectors

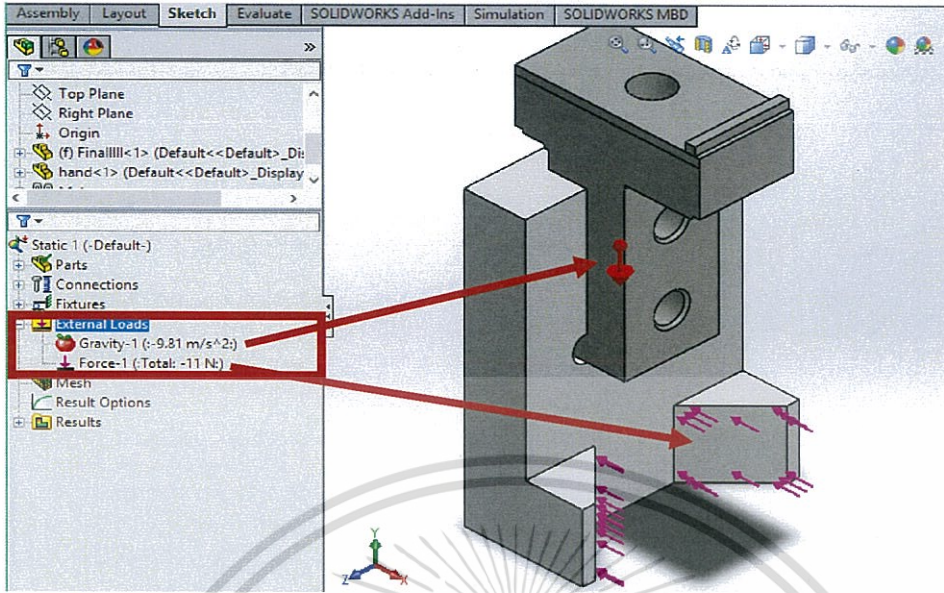
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่า Fixtures หรือส่วนที่กำหนดให้ยึดไว้กับส่วนอื่น มีบริเวณรูวมด้านบนของแขนซึ่งเป็นที่สวมเพลายึดกับอุปกรณ์ทำงานกำหนดให้เป็นแบบ Fixed เพราะเป็นส่วนที่ไม่สามารถขยับได้และบริเวณขอบด้านข้างของแขนจับยึดติดกับลูกกลิ้ง (Ball) ดังนั้นจึงกำหนดให้เป็นแบบ Roller เพราะเป็นส่วนที่สามารถขยับได้ ดังรูปที่ 4.7

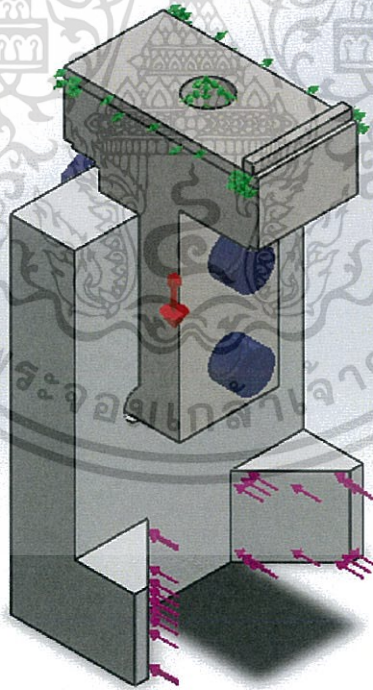


รูปที่ 4.7 กำหนดค่าFixtures

กำหนดค่า External Loads หรือส่วนที่ถูกแรงภายนอกกระทำดังนั้นจะมีบริเวณหน้าสัมผัสสำหรับจับชิ้นงานของมือจับ โดยแรงที่กระทำจะเป็นแรงปฏิกิริยาของแรงจับชิ้นงานโดยมีขนาด 11 N โดยกระทำในแนวแกน X ดังรูปที่ 4.8 นอกจากนี้มีแรงโน้มถ่วงของโลกขนาด $9.81 \text{ m}^2/\text{s}$ กระทำในแนวตั้ง หลังจากทำการกำหนดค่าสถานะทั้งหมดที่กระทำต่อชิ้นส่วน ดังรูปที่ 4.9

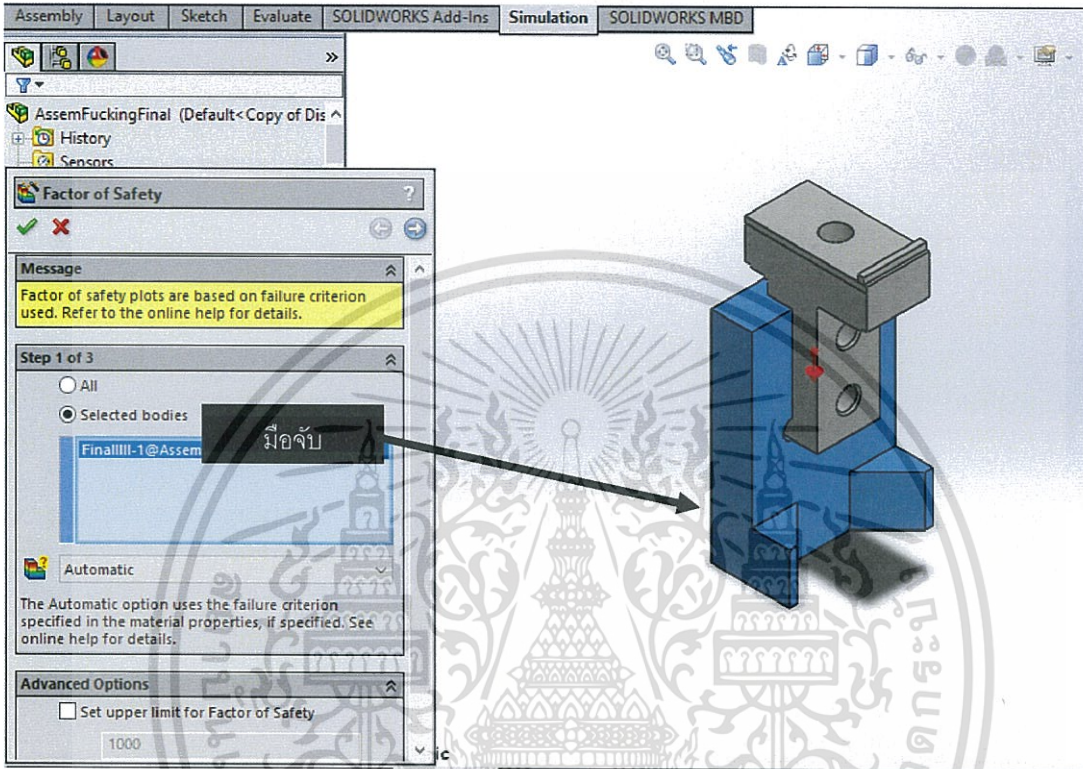


รูปที่ 4.8 กำหนดค่า External loads



รูปที่ 4.9 แสดงสถานะทั้งหมดต่อชิ้นส่วน

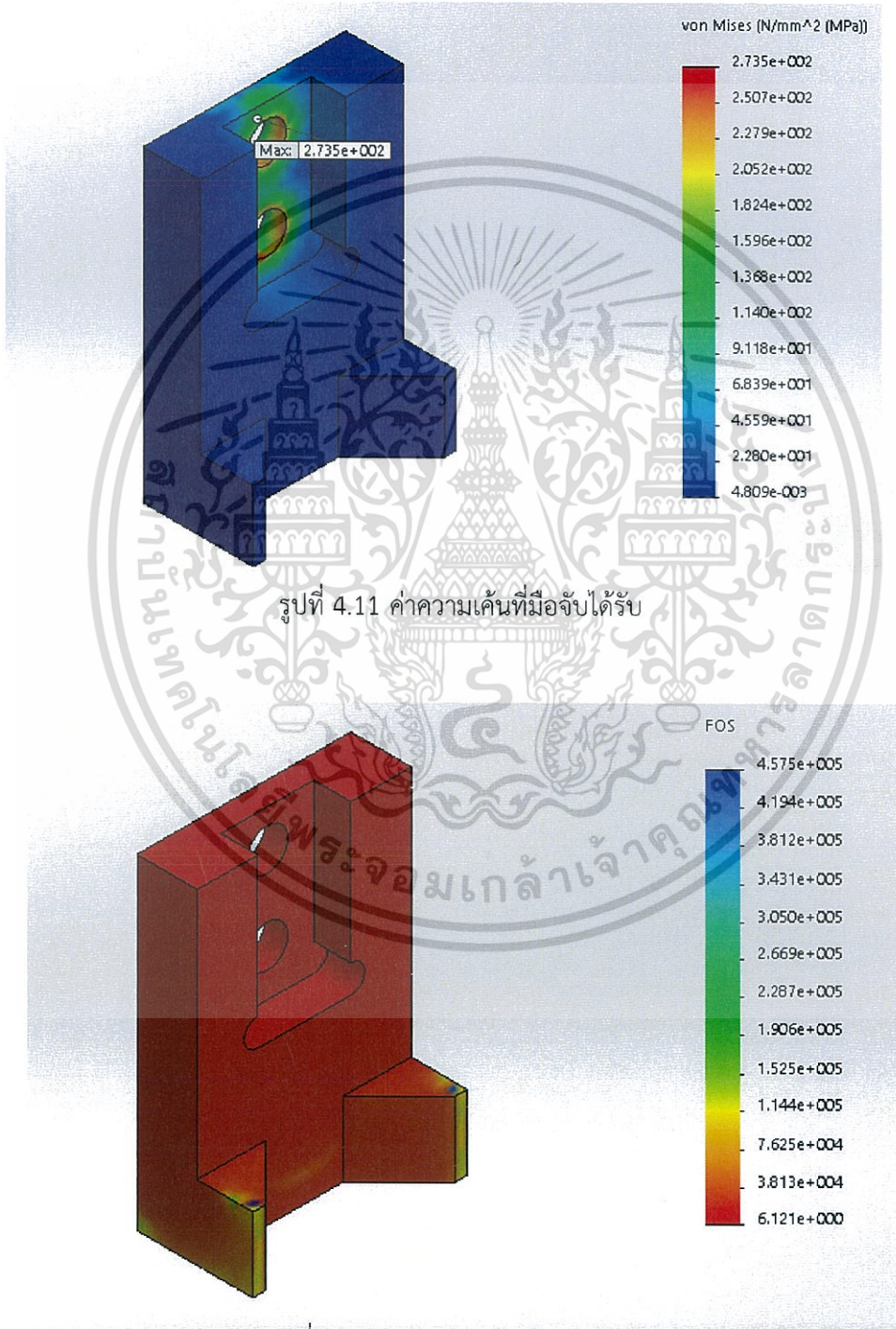
ทำการประเมินผลการจำลอง โดยกำหนดให้แสดงค่าความเค้นสูงสุดที่ได้รับและค่าความปลอดภัยเฉพาะของส่วนมือจับ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กำหนดให้แสดงค่าความปลอดภัยเฉพาะมือจับ

4.3 แสดงผลการค่าความปลอดภัยของมือจับ

จากการประมวลผลการจำลองความเค้นสูงสุดที่มือจับได้รับมีขนาด 273 MPa และมีค่าความปลอดภัยต่ำสุดคือ 6.12



รูปที่ 4.11 ค่าความเค้นที่มือจับได้รับ

รูปที่ 4.12 ค่าความปลอดภัยของมือจับ

บทที่ 5

สรุป วิจารณ์ผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน ในการเลือกอุปกรณ์ทำงานเพื่อให้มีความเหมาะสมกับลักษณะการทำงานและน้ำหนักของชิ้นงาน สำหรับจับชิ้นงานทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.085 กิโลกรัม และต้องการการทำงานที่รวดเร็วและแม่นยำ เลือกใช้อุปกรณ์หยิบจับชนิดควบคุมด้วยไฟฟ้าแบบขนานรุ่น LEHZ20LK2-10 มีค่าแรงจับที่ใช้งาน 11 นิวตันและตำแหน่งจุดจับชิ้นงาน 35.5 มิลลิเมตร สำหรับมือจับออกแบบเป็นรูปทรงตัววี (V-Shaped Finger) ทำมุม 45° ต่อกัน โดยมีขนาดกว้าง 23 มิลลิเมตร สูง 35 มิลลิเมตร ยาว 12.5 มิลลิเมตร และเลือกใช้วัสดุเหล็ก SKD11 เนื่องจากมีคุณสมบัติในการต้านแรงและการทนต่อความสึกหรอได้ดี ตรวจสอบค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Solidworks Simulation ขณะยกชิ้นงาน โดยแรงกระทำเป็นแรงแบบสถิตย์ ซึ่งแฟกเตอร์ความปลอดภัยมีค่า 6.12 ดังนั้นมือจับนี้จึงมีความปลอดภัยในการใช้งาน

5.2 วิจารณ์ผล

แฟกเตอร์ความปลอดภัยมีค่าน้อยที่สุดบริเวณรอบรูเจาะสำหรับโบลท์ เนื่องจากแรงกระทำจากโบลท์เป็นแรงสูงสุดที่กระทำต่อมือจับ และบริเวณรูเจาะเป็นส่วนเกิดที่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นงานอย่างฉับพลัน ซึ่งทำให้เกิดความเค้นหนาแน่นมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบครั้งนี้ มือจับออกแบบเป็นรูปทรงตัววี (V-Shaped jaw) โดยทำมุม 45° ต่อกัน ซึ่งช่วยให้การกระจายความเค้นบนชิ้นงานสม่ำเสมอ เนื่องจากทำให้เกิด 4 หน้าสัมผัสระหว่างมือจับและชิ้นงาน สำหรับการศึกษาเพิ่มเติม ศึกษาผลกระทบมุมของมือจับต่อค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัย โดยศึกษาเปรียบเทียบค่าความปลอดภัยเมื่อปรับเปลี่ยนมุมของมือจับ

บรรณานุกรม

- [1] จำรูญ ตันติพิศาลกุล. (2545). การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือพระจอมเกล้าธนบุรี
- [2] ความรู้เบื้องต้นและหลักการทำงานสเต็ปมอเตอร์. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaiio.com/Hardware/stepmotor.htm>. 2559.
- [3] อุปกรณ์พื้นฐานในระบบนิวแมติกส์. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://utcc2.utcc.ac.th/engineer/learning/chalermchon_vis/download/automation/Automation02.pdf. 2559.
- [4] American Machinist. “Let's give robots a hand.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://americanmachinist.com/cutting-tools/lets-give-robots-hand>. 2559.
- [5] Ductile Failure Calculator. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.efunda.com/formulae/solid_mechanics/failure_criteria/calc_failure_criteria_ductile.cfm. 2559.
- [6] Elastic Deformation. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.spaceflight.esa.int/impress/text/education/Glossary/Glossary_E.html. 2559.
- [7] Finite element method. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://simulationspace.blogspot.com>. 2559.
- [8] Halliburton Company. “Gripper blocks for reeled tubing injectors.” European patent no. 19910310580, 15 November 1991.
- [9] Incremental encoder interface. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.posital.com/en/products/communication-interface/incremental/incremental-encoders.php>. 2559.
- [10] Max steel co., ltd. เหล็กกล้าเครื่องมือ. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.maxsteeltha.com/index.php?option=com_content&view=article&id=122:-tool-steels&catid=42. 2559.
- [11] Misumi (thailand),ltd. แรงขับเคลื่อนตามแนวแกนโบลท์ที่เหมาะสม. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://th.misumi-ec.com/pdf/tech/mech/p2849_thai.pdf. 2559.
- [12] Physic01. ความเค้น. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/1523%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B9%89%E0%B8%99?groupid=277>. 2559.
- [13] Richard Budynas, and Keith Nisbett. (1995). **Shigley's Mechanical Engineering Design**. New York: McGraw-Hill Education

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] **Robotics end effector.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.slideshare.net/yaso4u/robotics-end-effector>. 2559.
- [15] S.A.F. special steels co.,ltd. **กลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.saf.co.th/th/steels-coldwork.html>. 2559.
- [16] Smc (thailand),ltd. **“Electric grippers.”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://stevenengineering.com/Tech_Support/PDFs/70AELEH.pdf. 2559.
- [17] **Steppers with encoders.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://phidgets.wordpress.com/2014/05/13/steppers-with-encoders-when-open-loop-control-isnt-enough/>. 2559.
- [18] **Stress and strain.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://people.virginia.edu/~pjm8f/engr162/beam/stress_and_strain.htm. 2559.
- [19] Yoshihiro Fukano and Shoichi Makado. **Drive mechanism and gripper mechanism equipped with drive mechanism.** United States patent no. 12/261,333, 8 October 2008.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 1.1 คุณสมบัติเฉพาะของของอุปกรณ์หยิบจับรุ่นต่างๆ

Specifications

Model		LEHZ10	LEHZ16	LEHZ20	LEHZ25	LEHZ32	LEHZ40
Opening/closing stroke (Both sides)		4	6	10	14	22	30
Gripping force [N] <small>Note 1) Note 3)</small>	Basic	6 to 14		16 to 40		52 to 130	84 to 210
	Compact	2 to 6	3 to 8	11 to 28		—	—
Opening and closing speed/ Pushing speed [mm/s] <small>Note 2) Note 3)</small>		5 to 80/5 to 50		5 to 100/5 to 50		5 to 120/5 to 50	
Drive method		Slide screw + Slide cam					
Finger guide type		Linear guide (No circulation)					
Repeatability [mm] <small>Note 4)</small>		±0.02					
Repeated length measurement accuracy [mm] <small>Note 5)</small>		±0.05					
Finger backlash/ both sides [mm] <small>Note 6)</small>		0.5 or less				1.0 or less	
Impact/vibration resistance [m/s ²] <small>Note 7)</small>		150/30					
Max. operating frequency [C.P.M]		60					
Operating temperature range [°C]		5 to 40					
Operating humidity range [%RH]		90 or less (No condensation)					
Weight [g]	Basic	165	220	430	585	1120	1760
	Compact	135	190	365	520	—	—
Motor size		□20		□28		□42	
Motor type		Step motor (Servo/24 VDC)					
Encoder		Incremental A/B phase (800 pulse/rotation)					
Rated voltage [V]		24 VDC ±10%					
Power consumption/ Standby power consumption when operating [W] <small>Note 8)</small>	Basic	11/7		28/15		34/13	36/13
	Compact	8/7		22/12		—	—
Max. instantaneous power consumption [W] <small>Note 9)</small>	Basic	19		51		57	61
	Compact	14		42		—	—

Note 1) Gripping force should be from 10 to 20 times the workpiece weight. Positioning force should be 150% when releasing the workpiece. Gripping force accuracy should be ±30% (F.S.) for LEHZ10/16, ±25% (F.S.) for LEHZ20/25 and ±20% (F.S.) for LEHZ32/40.

Note 2) Pushing speed should be set within the range during pushing (gripping) operation. Otherwise, it may cause malfunction. The opening/closing speed and pushing speed are for both fingers. The speed for one finger is half this value.

Note 3) The speed and force may change depending on the cable length, load and mounting conditions. Furthermore, if the cable length exceeds 5 m, then it will decrease by up to 10% for each 5 m. (At 15 m: Reduced by up to 20%)

Note 4) Repeatability means the variation of the gripping position (workpiece position) when the gripping operation is repeatedly performed by the same sequence for the same workpiece.

Note 5) Repeated length measurement accuracy means dispersion (value on the controller monitor) when the workpiece is repeatedly held in the same position.

Note 6) There will be no influence of backlash during pushing (gripping) operation. Make the stroke longer for the amount of backlash when opening.

Note 7) Impact resistance: No malfunction occurred when the gripper was tested with a drop tester in both an axial direction and a perpendicular direction to the lead screw. (Test was performed with the gripper in the initial state.)

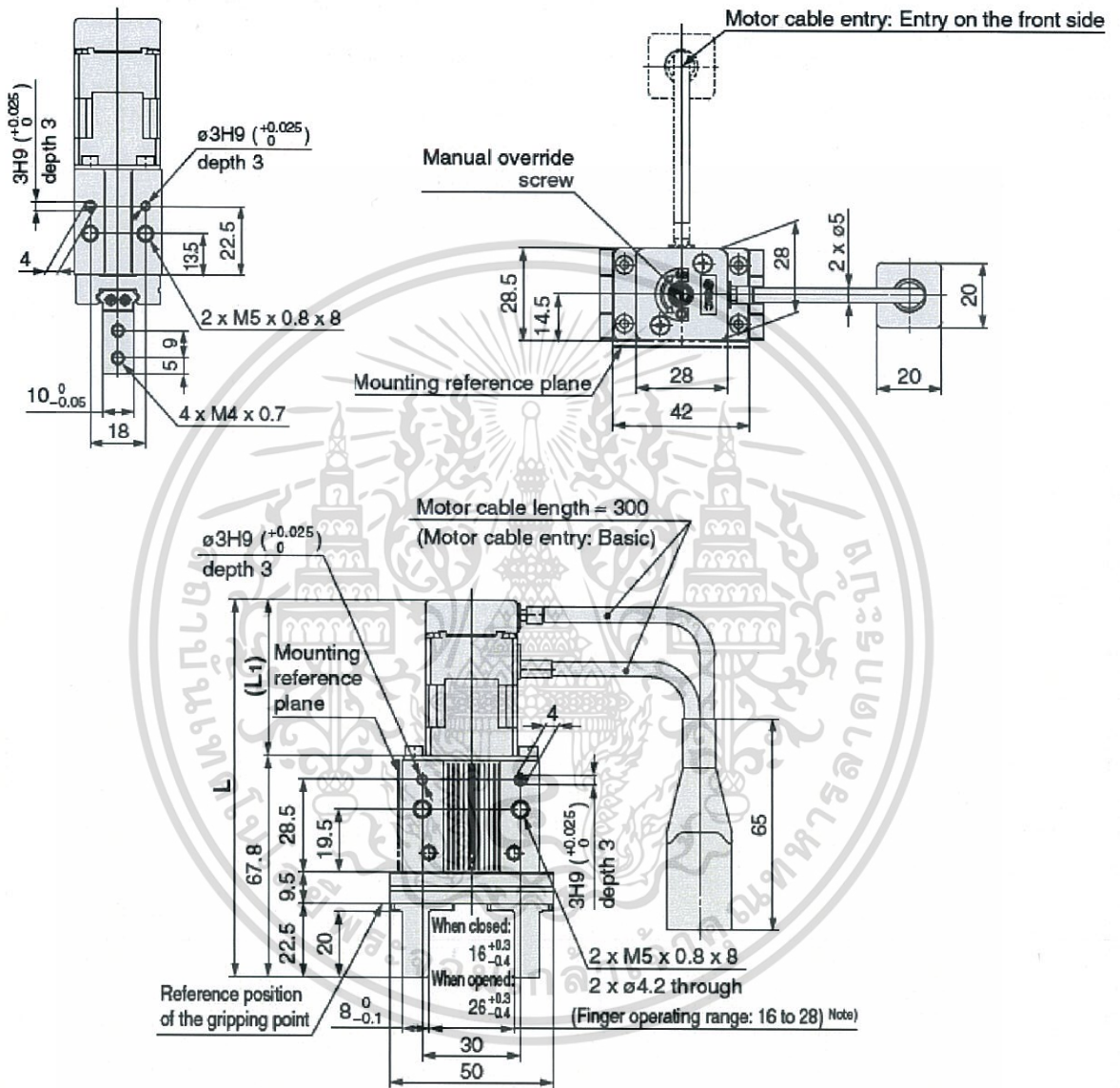
Vibration resistance: No malfunction occurred in a test ranging between 45 to 2000 Hz. Test was performed in both an axial direction and a perpendicular direction to the lead screw. (Test was performed with the gripper in the initial state.)

Note 8) The power consumption (including the controller) is for when the gripper is operating. The standby power consumption when operating is for when the gripper is stopped in the set position during operation, including the energy saving mode when gripping.

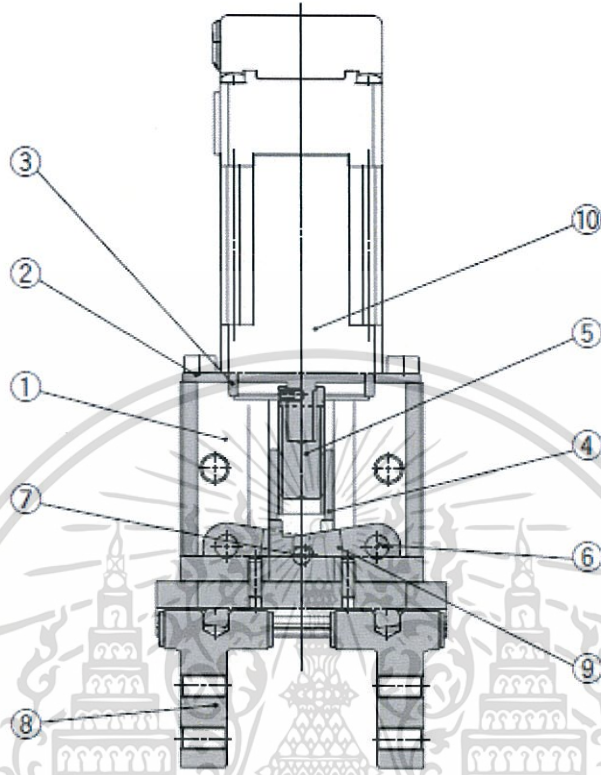
Note 9) The maximum instantaneous power consumption (including the controller) is for when the gripper is operating. This value can be used for the selection of the power supply.

Dimensions

LEHZ20(L)K2-10



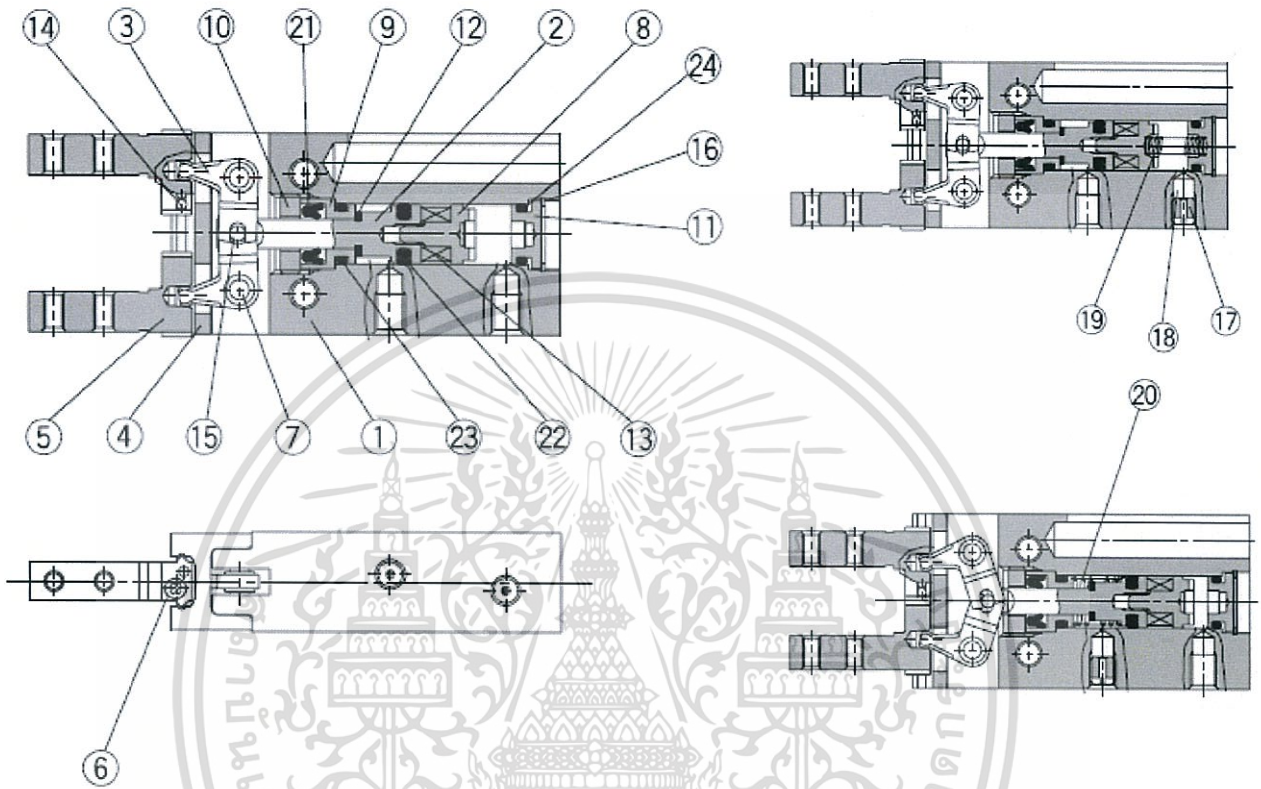
ภาคผนวก 1.3 แสดงวัสดุส่วนประกอบต่างๆภายนอกอุปกรณ์หยิบจับ



Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Body	Aluminum alloy	Anodized
2	Motor plate	Aluminum alloy	Anodized
3	Guide ring	Aluminum alloy	
4	Slide nut	Stainless steel	Heat treatment + Special treatment
5	Slide bolt	Stainless steel	Heat treatment + Special treatment
6	Needle roller	High carbon chromium bearing steel	
7	Needle roller	High carbon chromium bearing steel	
8	Finger assembly	—	
9	Lever	Special stainless steel	
10	Step motor (Servo/24 VDC)	—	

ภาคผนวก 1.4 แสดงวัสดุส่วนประกอบต่างๆภายในอุปกรณ์หยิบจับ



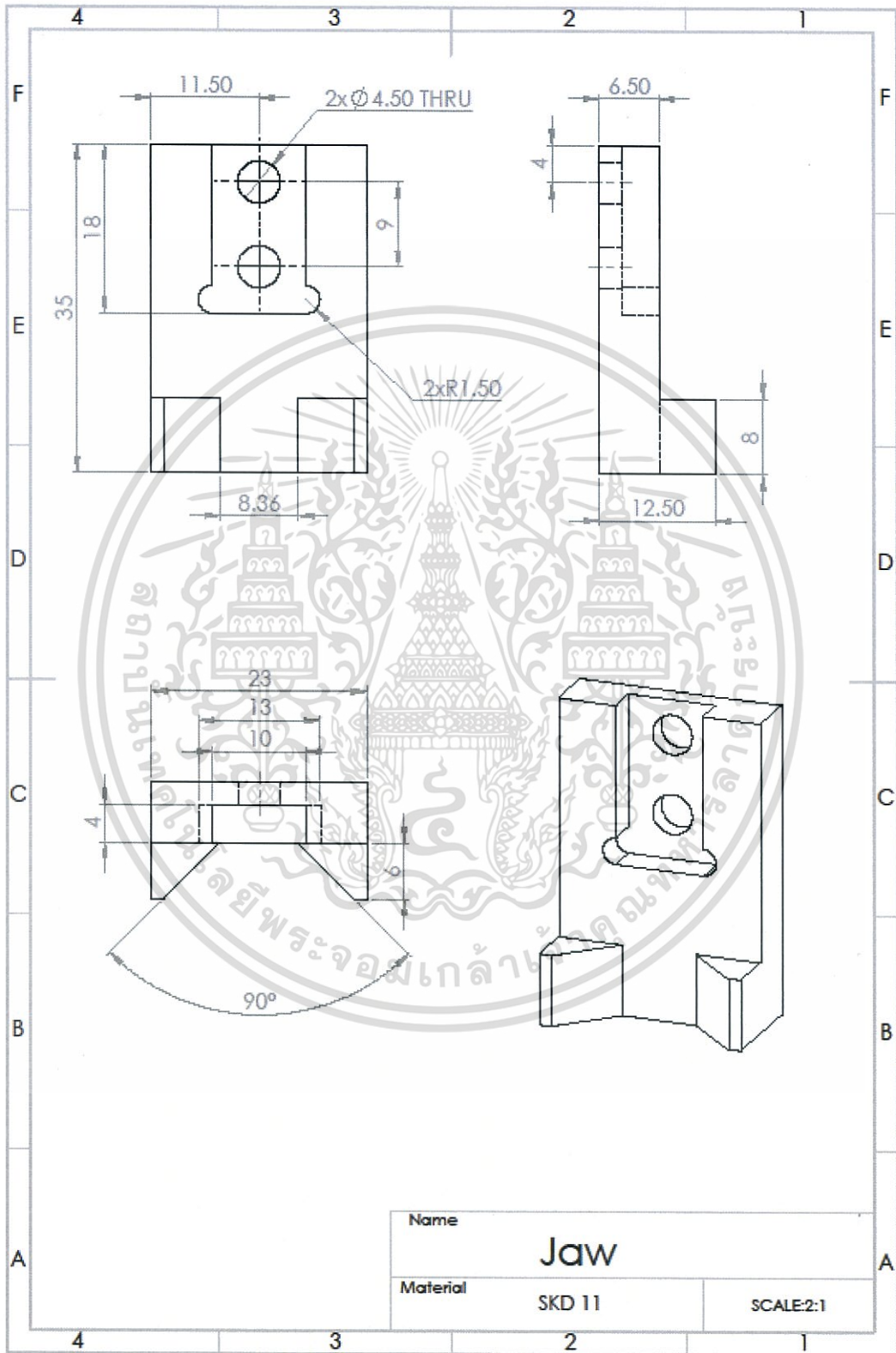
Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Body	Aluminum alloy	Hard anodized
2	Piston	Stainless steel	
3	Lever	Stainless steel	Heat treated
4	Guide	Stainless steel	Heat treated
5	Finger	Stainless steel	Heat treated
6	Roller stopper	Stainless steel	
7	Lever shaft	Stainless steel	Nitriding
8	Magnet holder	Stainless steel	
9	Holder	Brass	Electroless nicked plated
10	Holder lock	Stainless steel	
11	Cap	Aluminum alloy	Clear anodized
12	Bumper	Urethane rubber	
13	Magnet	—	Nickel plated

Component Parts

No.	Description	Material	Note
14	Steel balls	High carbon chrome bearing steel	
15	Needle roller	High carbon chrome bearing steel	
16	Type C retaining ring	Carbon steel	Nickel plated
17	Exhaust plug	Brass	Electroless nickel plated
18	Exhaust filter	Polyvinyl formal	
19	N.O. spring	Stainless steel spring wire	
20	N.C. spring	Stainless steel spring wire	
21	Rod seal	NBR	
22	Piston seal	NBR	
23	Gasket	NBR	
24	Gasket	NBR	

ภาคผนวก 2 ภาพฉายของมือจับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

The design gripper of automatic transfer machine

นาย กิตติภณ เสาร์รังษี รหัส 56010093 นางสาว ธนพร เพียรกุล รหัส 56010522

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว)

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ ที่ใช้ในการส่งถ่ายชิ้นงานในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นชิ้นงานทรงกระบอกน้ำหนัก 0.085 กิโลกรัม ชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ทำงานและมือจับชิ้นงาน การเลือกอุปกรณ์ทำงานเพื่อให้มีความเหมาะสมกับลักษณะการทำงานและน้ำหนักของชิ้นงาน โดยเลือกใช้อุปกรณ์หยิบจับชนิดควบคุมด้วยไฟฟ้าแบบขนานมีค่าแรงจับที่ใช้งาน 11 นิวตันและมีระยะจุดจับชิ้นงาน 35.5 มิลลิเมตร สำหรับมือจับออกแบบเป็นรูปทรงตัววี (V-Shaped Finger) ทำมุม 45° ต่อกัน มีขนาดกว้าง 23 มิลลิเมตร สูง 35 มิลลิเมตร ยาว 12.5 มิลลิเมตร เลือกวัสดุที่เหมาะสมจากกลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติในการต้านแรงและการทนต่อความล้า หรือ ซึ่งเลือกใช้วัสดุเหล็ก SKD11 ตรวจสอบค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Solidworks Simulation ขณะยกชิ้นงานโดยแรงกระทำเป็นแรงแบบสถิตย์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ที่פקเตอร์ความปลอดภัยมีค่า 6.12 ดังนั้นมือจับนี้จึงมีความปลอดภัยในการใช้งาน

คำหลัก: อุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน, มือจับชิ้นงาน, ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

This project aims to design gripper of automatic transfer machine using a workpiece transfer during production process, which cylinder workpiece weight 0.085 kilograms. This gripper includes an actuator and jaws. In selecting an actuator in order that suitability with characteristic of work and workpiece weight where we choose parallel electric gripper with gripping force 11newtons and gripping point 35.5millimeters. For jaws, design V-Shaped jaws mutually angled 45° with width 23millimeters high 35millimeters long 12.5millimeters. Choose suitable material from cold work tool steels by compare strength and wear resistance properties where we choose SKD11 steel. Verify safety factor of jaw by solidworks simulation software while hold workpiece with static force applied. As a result, safety factor is equal to 6.12 therefore this jaws are safety in work.

Keywords: Gripper, Jaw, Finite element analysis

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมมีการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการผลิตมากขึ้น ในกระบวนการผลิตซึ่งประกอบไปด้วยหลายขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันในระหว่างกระบวนการจึงจำเป็นต้องมีการส่งถ่ายชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้าไปยังขั้นตอนถัดไป ดังนั้นเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติจึงสร้างขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

โดยเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัตินี้จะทำหน้าที่ส่งถ่ายชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยจะหยิบชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้าและนำไปวางในขั้นตอนถัดไป จากลักษณะการทำงานจึงจำเป็นต้องใช้ชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นการเลือกอุปกรณ์ทำงานและออกแบบมือจับสำหรับจับชิ้นงาน โดยเลือกอุปกรณ์ทำงานให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานและน้ำหนักชิ้นงาน ออกแบบมือจับโดยเลือกวัสดุที่ใช้จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยออกแบบมือจับให้เหมาะสมกับรูปทรงของชิ้นงานและสามารถจับชิ้นงานได้อย่างมั่นคง และตรวจสอบค่าความปลอดภัยในการใช้งานด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Solidworks Simulation

1.2 วัตถุประสงค์

1. เลือกอุปกรณ์ทำงาน(Actuator) ของชุดอุปกรณ์หยิบจับสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ
2. ออกแบบมือจับ(Jaw) ของชุดอุปกรณ์หยิบจับสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ
3. วิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. เลือกอุปกรณ์ทำงาน(Actuator) โดยอ้างอิงจากรายการสินค้าของบริษัท เอส.เอ็ม.ซี.(ประเทศไทย) จำกัด
2. ออกแบบมือจับ(Jaw) สำหรับจับชิ้นงานทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.085 กิโลกรัม โดยขนาดมือจับมีขนาดไม่เกิน ดังนี้ กว้าง 28 มิลลิเมตร ยาว 13 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร
3. วัสดุที่เลือกใช้ในการศึกษาเป็นวัสดุในกลุ่มเหล็ก

กล้าเครื่องมืองานเย็น

4. ตรวจสอบค่าความปลอดภัยโดยใช้โปรแกรม Solidworks Simulation ขณะยกชิ้นงานโดยแรงกระทำ เป็นแรงแบบสถิตย์

1.4 ประโยชน์ของการศึกษา

1. สามารถใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรม ออกแบบมือจับชิ้นงานได้
2. ได้เรียนรู้การใช้งานโปรแกรม Solidworks Simulation
3. มือจับที่ออกแบบสำหรับเครื่องส่งถ่ายชิ้นงาน สามารถใช้งานในกระบวนการผลิตได้จริง

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 อิทธิพลของธาตุผสมต่อคุณสมบัติของเหล็กกล้าเครื่องมือ

คุณสมบัติของวัสดุที่ทำมือจับคือมีความแข็งแรงทนทานต่อการกระแทกและการเสียดสี โดยธาตุที่มีคุณสมบัติความแข็งแรงทนทานต่อการกระแทกคือ คาร์บอน (C) และความทนต่อการเสียดสีคือโครเมียม (Cr) [4]

2.2 แรงขันยึดตามแนวแกนของโบลท์

ขนาดแรงยึดตามแนวแกนเริ่มต้นที่เหมาะสมในการขันเกลียวโบลท์ ภายในช่วงความยืดหยุ่น 70% ของค่าความเค้นสูงสุด(Yield Strength) ความสัมพันธ์ของแรงตามแนวแกน F_f ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (1) [5]

$$F_f = 0.7 \times \sigma_y \times A_g \quad (1)$$

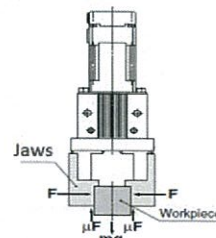
เมื่อ σ_y คือ ความเค้นดึง(112kgf/mm² เมื่อระดับ(class) ความเค้นดึงคือ 12.9)

A_g คือ พื้นที่หน้าตัดใช้งานได้ของโบลท์(mm²)

2.3 อุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน (Grippers)

ใช้หยิบจับชิ้นงานระหว่างวงจรการทำงาน

2.3.1 การคำนวณแรงจับที่ต้องการ



รูปที่ 1 แรงขณะจับชิ้นงาน [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ F คือ แรงจับ (N)

mg คือ น้ำหนักชิ้นงาน (N)

n คือ จำนวนมือจับ

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่าง
หน้าสัมผัสกับชิ้นงาน

ภายใต้เงื่อนไขที่ชิ้นงานจะไม่หล่น คือ

$$n \times \mu F > mg \text{ เมื่อ } n = 2$$

$$\text{ดังนั้น } F > \frac{mg}{2 \times \mu}$$

ให้ a แสดงค่าความเผื่อ

$$\text{จะได้ } F > \frac{mg}{2 \times \mu} \times a$$

เนื่องจากการคำนวณโดยใช้ $a = 4$ ที่ยอมรับได้

สำหรับการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งชิ้นงานปกติ

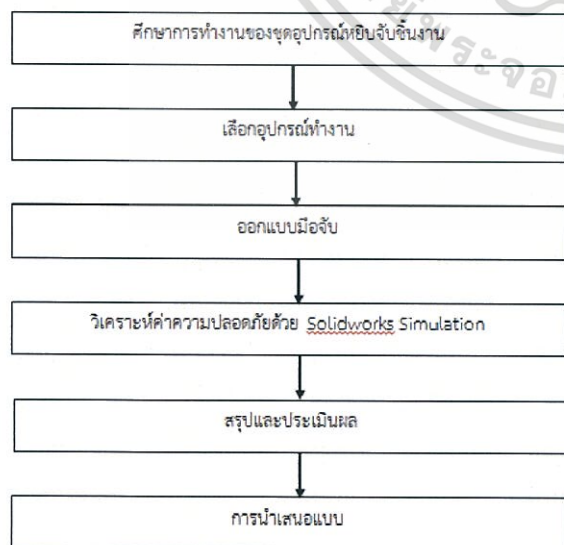
ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน $\mu = 0.2$ สำหรับโลหะ

ดังนั้นจะได้

$$F = 10 \times mg \quad (2)$$

บทที่ 3 การคำนวณและออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน

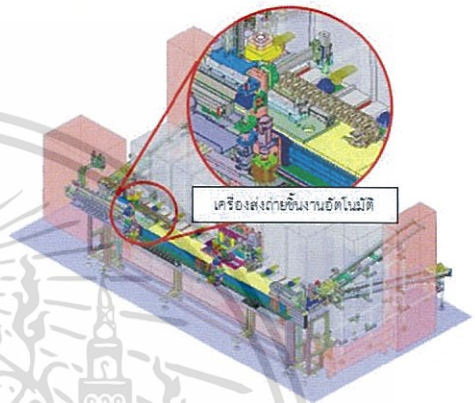
การออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานเพื่อใช้ในการ
การส่งถ่ายชิ้นงานในกระบวนการผลิต มีกระบวนการดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน

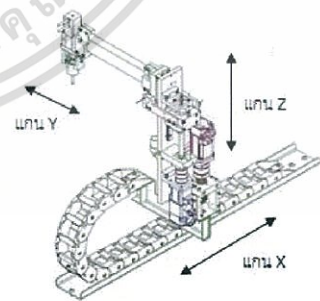
3.1 กระบวนการทำงานโดยรวมของเครื่องส่งถ่าย ชิ้นงานอัตโนมัติ

เครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัตินี้ เป็นส่วนหนึ่งของ
เครื่อง Add On PA70 Plunger ดังรูปที่ 3 ซึ่งสร้างและ
ออกแบบสำหรับใช้ในการผลิตเพื่อทดแทนแรงงานคน ทำ
หน้าที่ส่งถ่ายชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนของกระบวนการผลิต



รูปที่ 3 เครื่อง Add On PA70 Plunger

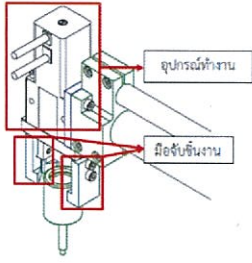
ในกระบวนการทำงานของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงาน
อัตโนมัติเคลื่อนที่ขึ้นลงตามแนวแกน Z ด้วยรางสไลด์ และ
จับชิ้นงานโดยส่วนของชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน เคลื่อนที่
ตามแนวแกน X โดยการขบกันของเฟืองและเฟืองสะพานไป
ยังตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 4 แสดงแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องส่งถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ

3.2 กระบวนการทำงานของชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน

ชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานประกอบไปด้วย
อุปกรณ์ทำงานและมือจับชิ้นงาน ทำหน้าที่จับและวาง
ชิ้นงาน ด้วยการขับเคลื่อนของอุปกรณ์ทำงาน

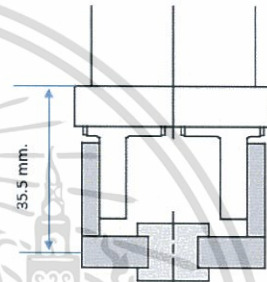


รูปที่ 4 ชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน

จากตารางที่ 1 เลือกรุ่น LEHZ20 แบบ Compact เนื่องจากแรงจับของรุ่นนี้อยู่ในช่วง 11-28 นิวตัน ซึ่งมีมากกว่า 8.330 นิวตัน ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้

3.3.2.3 กำหนดระยะจุดจับ (Gripping point)

ในการกำหนดระยะจุดจับ ต้องให้มีระยะสั้นที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เนื่องจากแรงในการจับชิ้นงานจะลดลงเมื่อความยาวของมือจับเพิ่มขึ้น โดยจับบริเวณกึ่งกลางของชิ้นงาน เพื่อให้สามารถจับชิ้นงานได้อย่างมั่นคง ดังนั้นระยะจุดจับ (L) แสดงดังรูปที่ 5

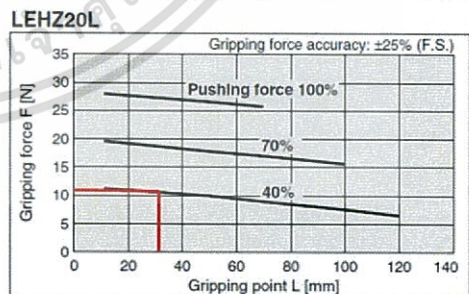


รูปที่ 5 ระยะจุดจับ (L)

ดังนั้น ระยะจุดจับเท่ากับ 35.5 มิลลิเมตร

จากนั้นตรวจสอบแรงผลัก (Pushing Force) แรงจับ (Gripping force) และระยะจุดจับ (Gripping point) ด้วยกราฟ

Compact Pushing force is one of the values of step data that is input into the controller.



กราฟที่ 1 แสดงแรงจับ ระยะจุดจับ และแรงผลัก [6]

แรงจับ 11 นิวตัน ซึ่งได้มาจากจุดตัดของระยะจุดจับ 35.5 มิลลิเมตร และแรงผลัก 40% ซึ่งเป็น 12.9 เท่าของชิ้นงาน ดังนั้นแรงจับที่ใช้งานมีค่า 11 N และแรงผลัก 40%

3.3 การเลือกอุปกรณ์ทำงาน

3.3.1 ข้อพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์ทำงาน

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์ทำงานที่สำคัญได้แก่ การเคลื่อนที่ของมือจับ และรูปแบบของมือจับ ซึ่งเลือกมือจับไฟฟ้าแบบขนานเนื่องจากมีความแม่นยำ สามารถควบคุมความเร็ว ตำแหน่ง และแรงที่ใช้จับได้ รวมถึงสอดคล้องกับอุปกรณ์ทำงานอื่นๆ โดยใช้ 2 มือจับ ทำมุม 45° ต่อกัน เพื่อให้เกิดพื้นที่สัมผัส 4 จุด เพื่อให้สามารถจับชิ้นงานได้อย่างมั่นคงและการกระจายความเค้นบนชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ

3.3.2 การเลือกรุ่นอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงานไฟฟ้า

3.3.2.1 ค่าความแรงจับ (Gripping Force) ที่ต้องการจากสมการที่ (2)

$$F = 10 \times mg$$

$$F = 10 \times (0.085 \times 9.81) = 8.330 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงจับที่ต้องการมีค่า 8.330 N

3.3.2.2 เลือกรุ่นของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้า

จากการคำนวณแรงจับเพื่อนำมาเลือกรุ่นของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้า ตามช่วงของแรงจับที่ใช้

ตารางที่ 1 คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้ารุ่นต่างๆ [6]

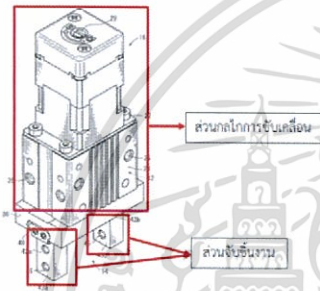
Series Variations		2-Finger Type	
Series	Body size	Photo	
LEHZ	10		Opening and closing stroke both sides (mm)
	16		Gripping force [N]
	20		Basic
	25		Compact
	32		Opening and closing speed (mm/s)
	40		Weight [g]
			Basic
			Compact

3.4 กลไกการทำงานของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้า

ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนกลไกการขับเคลื่อน และส่วนจับชิ้นงาน

3.4.1 ส่วนกลไกการขับเคลื่อน ประกอบด้วยสตีปมอเตอร์ซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงาน และพีดสกรูที่ทำหน้าที่ส่งผ่านแรงขับเคลื่อนจากการหมุนจากมอเตอร์ไปสู่พีดต้นตี่ที่สามารถเคลื่อนที่ในทิศทางตามแนวแกนได้

3.4.2 ส่วนจับชิ้นงาน เป็นส่วนที่ใช้จับชิ้นงานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยสวมอยู่กับลิ้งค์ซึ่งยึดไว้กับพีดต้นตี่



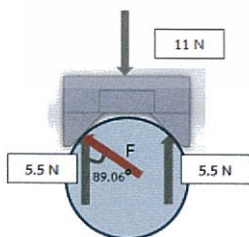
รูปที่ 6 ส่วนประกอบของอุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้า [7]

3.5 ออกแบบมือจับ

3.5.1 คำนวณแรงที่กระทำต่อมือจับ

3.5.1.1 แรงที่ชิ้นงานกระทำต่อมือจับ

เนื่องจากแรงที่มือจับกระทำต่อชิ้นงาน มีค่าเท่ากับแรงจับ 11 นิวตัน ดังนั้นแรงที่ชิ้นงานกระทำต่อมือจับ (F) แสดงดังรูป



รูปที่ 7 แรงกระทำต่อมือจับจากชิ้นงาน

$$F = 5.5 \times \cos 89.6$$

$$F = 2.52 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น แรงที่ชิ้นงานกระทำต่อมือจับมีค่า 2.52 N (ต่อพื้นที่หนึ่งด้านของมือจับ)

3.5.1.2 แรงกระทำตามแนวแกนจากโบลท์ต่อมือจับ

อุปกรณ์หยิบจับไฟฟ้าโมเดล LEHZ20LK2-10 มีรูเจาะสำหรับยึดมือจับขนาด M4 และในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Solidworks simulation ต้องการค่าแรงอัดที่ใช้ในการขันเกลียวเริ่มต้น ดังนั้น ขนาดแรงอัดตามแนวแกนที่เหมาะสมในการขันเกลียวโบลท์ ภายในช่วงความยืดหยุ่น 70% ของค่าความเค้นสูงสุด จากสมการที่ (1)

$$F_f = 0.7 \times \sigma_y \times A_s$$

$$F_f = 0.7 \times 112 \times 8.78$$

$$F_f = 688 \text{ kgf}$$

ดังนั้น ขนาดแรงอัดตามแนวแกนที่เหมาะสมในการขันเกลียวโบลท์ ภายในช่วงความยืดหยุ่น 70% ของค่าความเค้นสูงสุดมีค่า 688 kgf หรือ 6746 N

3.5.2 เลือกวัสดุสำหรับมือจับ

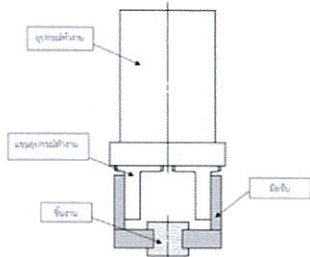
เลือกจากกลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น ซึ่งเป็นเหล็กกล้ากลุ่มคาร์บอน-โครเมียมสูงให้ความทนต่อการสึกหรอสูงสุด เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุที่ทำมือจับต้องการความแข็งแรงทนทานต่อการกระแทกและความทนต่อการเสียดสี โดยธาตุที่มีคุณสมบัติความแข็งแรงทนทานต่อการกระแทกคือ คาร์บอน (C) และความทนต่อการเสียดสีคือ โครเมียม (Cr) โดยจากวัสดุที่ใช้เปรียบเทียบคือ SKD 11 และ SKS 3 อัตราส่วนของคาร์บอนและโครเมียมเป็นดังนี้

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของคาร์บอนและโครเมียมของเหล็ก SKD 11 และ SKS 3

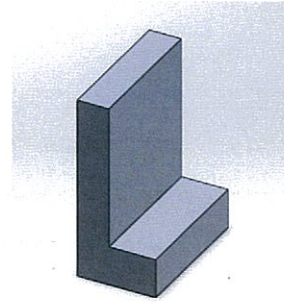
วัสดุ	C%	Cr%
SKD 11	1.5	12.0
SKS 3	1.0	0.7

พบว่า SKD 11 มีอัตราส่วนของคาร์บอนและโครเมียมสูงกว่า SKS 3 ดังนั้นจึงกำหนดให้ SKD 11 เป็นวัสดุสำหรับมือจับ

3.5.3 ขอบเขตการออกแบบ



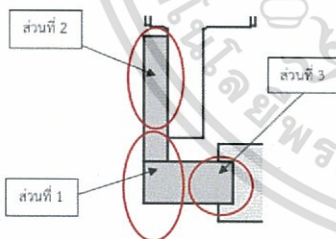
รูปที่ 8 ส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์หยิบจับ



รูปที่ 10 ออกแบบส่วนที่ 1

ออกแบบมือจับสำหรับหยิบจับชิ้นงานรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร และเมื่อติดตั้งขนาดของมือจับต้องไม่เกินออกจากอุปกรณ์ทำงานและมือจับทั้ง 2 ข้างต้องไม่ชนกันเมื่อสภาวะแขนอุปกรณ์ทำงาน้าออกสุดและต้องไม่ชนกับฐานวางชิ้นงานเมื่ออุปกรณ์ทำงานอยู่ต่ำสุดดังนั้น มือจับต้องมีขนาดความกว้างไม่เกิน 28 มิลลิเมตร ความยาววัดจากขอบในแขนไม่เกิน 13 มิลลิเมตร ความสูงวัดจากขอบล่างของแขนถึงพื้นไม่เกิน 30 มิลลิเมตร

3.5.4 การออกแบบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน



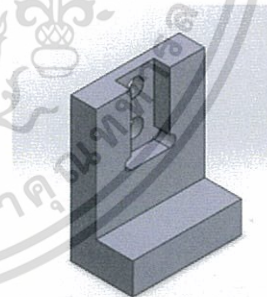
รูปที่ 9 ส่วนต่างๆในการออกแบบมือจับ

3.5.4.1 ส่วนที่ 1 ความสูงของมือจับโดยวัดตั้งแต่ขอบล่างของแขนถึงพื้น

จากระยะจุดจับชิ้นงาน จะได้ว่าระยะจับชิ้นงานวัดจากขอบล่างของอุปกรณ์ทำงานจะมีขนาด 13 มิลลิเมตร และให้ความสูงของหน้าจับชิ้นงานมีขนาด 8 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงกำหนดให้ความสูงของชิ้นงานวัดจากขอบล่างแขนถึงพื้นมีขนาด 17 มิลลิเมตร

3.5.4.2 ส่วนที่ 2 ขนาดและลักษณะการติดตั้งของมือจับส่วนที่ติดตั้งกับแขน

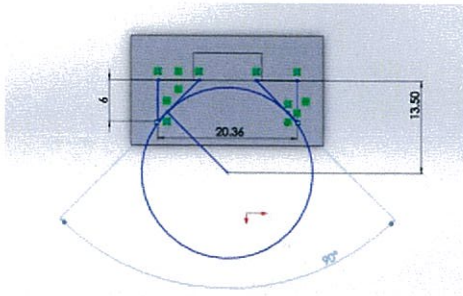
ออกแบบลักษณะการติดตั้งให้เป็นแบบสวมและขันยึดเข้าด้วยกันดังนั้น ทำร่องสำหรับสวมขนาดกว้าง 10 มิลลิเมตร พร้อมทั้งกำหนดพิสัยความเผื่อ H7 จะมีความ +0.015 มิลลิเมตร ลึกลงไป 4 มิลลิเมตร เจาะรูสำหรับสวมเนื้อขนาด 4.5 มิลลิเมตร มีขนาดความสูง 18 มิลลิเมตร และความยาวจากขอบนอกแขนมีขนาด 2.5 มิลลิเมตร โดยเพิ่มรูบริเวณขอบล่างของร่องสวมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เพื่อให้ใช้หลบมุมของงานสวม



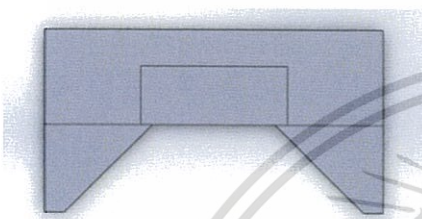
รูปที่ 11 ออกแบบส่วนที่ 2

3.5.4.3 ส่วนที่ 3 ขนาดและลักษณะของส่วนที่จับชิ้นงาน

เลือกลักษณะการจับให้เป็นรูปแบบ V-shape เพื่อการกระจายแรงสู่ชิ้นงานให้เท่าๆกัน โดยกำหนดให้สภาวะหยิบจับ ให้ชิ้นงานอยู่ห่างจากขอบในมือจับ 1 มิลลิเมตร ดังนั้น จึงให้ความกว้างเป็น 23 มิลลิเมตร และความยาว 6 มิลลิเมตร

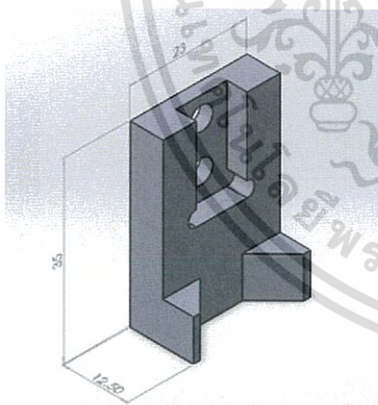


รูปที่ 12 แบบร่างส่วนที่ 3



รูปที่ 13 ออกแบบส่วนที่ 3

จากการออกแบบและนำมารวมกันของทั้ง 3 ส่วน มือจับจะมีขนาดกว้าง 23 มิลลิเมตร สูง 35 มิลลิเมตร ยาว 12.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 14 มือจับชิ้นงานที่ออกแบบ

บทที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

4.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์(Finite Element Analysis, FEA)

คือระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขสำหรับหาคำตอบในทางวิศวกรรมและคณิตศาสตร์เชิงฟิสิกส์ โดยเป็นประโยชน์สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนด้านรูปทรง แรงแ

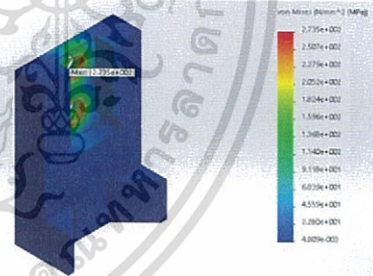
และคุณสมบัติของวัสดุที่การวิเคราะห์ทั่วไปไม่สามารถหาคำตอบได้

4.1.1 ข้อดีของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

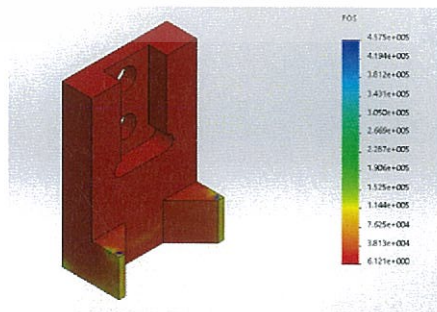
ข้อดีของระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์คือ สามารถสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์เงื่อนไขผสมได้ อีกทั้งยังสามารถกำหนดลักษณะแรง วัสดุ ขนาด และรูปร่างของเอลิเมนต์ได้ตามต้องการ และสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรงได้

4.1.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการศึกษานี้โปรแกรมที่ใช้ทดสอบคือ SolidWorks Simulation เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับจำลองเหตุการณ์ โดยจะใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อทำนายความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ และตรวจสอบความเป็นไปได้ต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้น โดยจะแสดงถึงผลของความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain) ค่าความปลอดภัยของการใช้งาน(Safety of Factor)



รูปที่ 15 ความเค้นที่เกิดขึ้นต่อมือจับ



รูปที่ 16 ค่าความปลอดภัยของมือจับ

บทที่ 5 สรุป วิจัยรณผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน ในการเลือกอุปกรณ์ทำงานเพื่อให้มีความเหมาะสมกับลักษณะการทำงานและน้ำหนักของชิ้นงาน สำหรับจับชิ้นงานทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.085 กิโลกรัม และต้องการการทำงานที่รวดเร็วและแม่นยำ เลือกใช้อุปกรณ์หยิบจับชนิดควบคุมด้วยไฟฟ้าแบบขนานรุ่น LEHZ20LK2-10 มีค่าแรงจับที่ใช้งาน 11 นิวตันและตำแหน่งจุดจับชิ้นงาน 35.5 มิลลิเมตรสำหรับมือจับออกแบบเป็นรูปทรงตัววี (V-Shaped jaw) ทำมุม 45° ต่อกัน โดยมีขนาดกว้าง 23 มิลลิเมตร สูง 35 มิลลิเมตร ยาว 12.5 มิลลิเมตร และเลือกใช้วัสดุเหล็กSKD11 เนื่องจากมีคุณสมบัติในการต้านแรงและการทนต่อความสึกหรอได้ดี ตรวจสอบค่าความปลอดภัยของมือจับด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Solidworks Simulation ขณะยกชิ้นงานโดยแรงกระทำเป็นแรงแบบสถิตย์ ซึ่งแฟกเตอร์ความปลอดภัยมีค่า 6.12 ดังนั้นมือจับนี้จึงมีความปลอดภัยในการใช้งาน

5.2 วิจัยรณผล

แฟกเตอร์ความปลอดภัยมีค่าน้อยที่สุดบริเวณรอบรูเจาะสำหรับโบลท์ เนื่องจากแรงกระทำจากโบลท์เป็นแรงสูงสุดที่กระทำต่อมือจับ และบริเวณรูเจาะเป็นส่วนเกิดที่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นงานอย่างฉับพลัน ซึ่งทำให้เกิดความคั่นหนาแน่นมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบครั้งนี้ มือจับออกแบบเป็นรูปทรงตัววี (V-Shaped jaw) โดยทำมุม 45° ต่อกัน ซึ่งช่วยให้การกระจายความคั่นบนชิ้นงานสม่ำเสมอ เนื่องจากทำให้เกิด 4 หน้าสัมผัสระหว่างมือจับและชิ้นงาน สำหรับการศึกษาเพิ่มเติม ศึกษาผลกระทบมุมของมือจับต่อค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัย โดยศึกษาเปรียบเทียบค่าความปลอดภัยเมื่อปรับเปลี่ยนมุมของมือจับ

บรรณานุกรม

- [1] American Machinist. Let's give robots a hand. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://americanmachinists.com/cutting-tools/lets-give-robots-hand.2559>.
- [2] Finite element method. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://simulationspace.blogspot.com.2559>.
- [3] Halliburton Company. Gripper blocks for reeled tubing injectors. European patent no. 19910310580, 15 November 1991.
- [4] Max steel co., ltd. เหล็กกล้าเครื่องมือ. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.maxsteelthai.com/index.php?option=com_content&view=article&id=122:-tool-steels&catid=42.2559.
- [5] Misumi (thailand),ltd. แรงขันอัดตามแนวแกนโบลท์ที่เหมาะสม. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://th.misumiec.com/pdf/tech/mech/p2849_thai.pdf.2559.
- [6] Smc (thailand),ltd. Electric grippers. [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://stevenengineering.com/Tech_Support/PDF/70AELEH.pdf.2559.
- [7] Yoshihiro Fukano and Shoichi Makado. Drive mechanism and gripper mechanism equipped with drive mechanism. United States patent no. 12/261,333, 8 October 2008.