

การออกแบบมือจับขึ้นงานเพื่อให้ใช้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกชิ้นงาน

ปริญญานิพนธ์
ของ
สรารุณี สิริเกษมสุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
เมษายน 2551

การออกแบบมือจับขึ้นงานเพื่อให้ใช้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกขึ้นงาน

ปริญญานิพนธ์

ของ

สรารุณี สิริเกษมสุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

เมษายน 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การออกแบบมือจับชิ้นงานเพื่อให้ใช้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกชิ้นงาน

บทคัดย่อ
ของ
สรารุณี สิริเกษมสุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
เมษายน 2551

สราวุฒิ สิริเกษมข. (2551). การออกแบบมือจับชิ้นงานเพื่อให้ใช้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกชิ้นงาน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวีวัชร วีระแก้ว, พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง.

การประยุกต์ใช้เมาส์ลูกกลิ้งกับมือจับชิ้นงานเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้มือจับชิ้นงานสามารถเรียนรู้การจับยกชิ้นงานได้โดยไม่เกิดการลื่นไถล โดยมือจับชิ้นงานที่ประยุกต์ขึ้นมานั้น ใช้หลักความเหมาะสมสูงสุดในการจับยกชิ้นงาน ซึ่งมีการตรวจจับสัญญาณจากเมาส์ลูกกลิ้งว่ามีการหมุนของลูกกลิ้งหรือไม่ กรณีลูกกลิ้งหมุนแสดงว่าชิ้นงานเกิดการลื่นไถล ทำให้มือจับชิ้นงานเลื่อนเข้ามาจับชิ้นงานอีกจนกว่าลูกกลิ้งของเมาส์จะไม่หมุน ซึ่งในการทดลองนี้ ได้ทดลองการจับยกชิ้นงาน เพื่อเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงานของผู้ร่วมการทดลองทั้ง 10 คน กับมือจับชิ้นงานที่ประยุกต์ขึ้น มา สรุปได้ว่าผู้ร่วมทำการทดลองออกแรงในการจับยกชิ้นงานมากกว่ามือจับชิ้นงานที่ประยุกต์ขึ้น ทั้งนี้เพราะมือจับชิ้นงานนั้นสามารถออกแรงจับยกชิ้นงานได้เหมาะสมกว่ามนุษย์ และอาจจะเป็นแรงที่น้อยที่สุดที่จะยกชิ้นงานขึ้นได้โดยไม่เกิดการลื่นไถล

คำสำคัญ: ความเหมาะสมสูงสุด, มือจับชิ้นงาน, เมาส์ลูกกลิ้ง, แรงที่น้อยที่สุด

THE OPTIMAL DESIGN FOR GRIP FORCE OF MATERIAL HANDLING

AN ABSTRACT

BY

SARAWUT SIRIKASEMSUK

Presented in Partial Fulfillment of the requirements
for the Master of Engineering Degree in Mechanical Engineering
at Srinakharinwirot University

April 2008

Sarawut Sirikasemsuk. (2008). *The Optimal Design for Grip Force of Material Handling*. Master thesis, M.Eng. (Mechanical Engineering). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Lt. Col. Tawiwat Veeraklaew, Ph.D (Assistant Professor), Lt. Col. Anotai Suksangpanomrung, Ph.D (Assistant Professor).

Applied to use a roller mouse with a gripper is increasing to the efficiency for a gripper can learn of a material handling without slipping. By a gripper that applied use optimizing of material handling, that has checking a signal from a roller mouse which has the rotation of the roller. In case the roller rotates that means the material slips. A gripper will slide to material handling until the roller will not rotate. As this experiment has test material handling for comparing a grip force that uses to material handling of the 10-human with the applied gripper. That can summarize human exert to material handling more than the applied gripper. All this because the gripper can exert more benefit to material handling than human and may be a minimum force to lift a material without slipping.

Keyword: Optimize, Gripper, Roller Mouse, Minimum Force

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การออกแบบมือจับขึ้นงานเพื่อให้ใช้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกขึ้นงาน
ของ
สรารุณี สิริเกษมสุข

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)
วันที่ เดือน เมษายน พ.ศ. 2551

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวิวัชร วีระแก้ว)

..... ประธาน
(พันเอก ดร.ธีรนนท์ นันทขว้าง)

..... กรรมการ
(พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง)

..... กรรมการ
(พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวิวัชร วีระแก้ว)

..... กรรมการ
(พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย อัมภมมงคล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิจิต บัวแก้ว)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวีวัชร วีระเกล้า ประธานกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ และ พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง ควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและให้ความช่วยเหลือ และแก้ไขความบกพร่อง อีกทั้งให้กำลังใจขณะดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงตลอดไป

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย อัมภมมงคล และพันเอกสุภาโชค สัมปัตตะวนิช ตลอดทั้งอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนและให้ความช่วยเหลือทุกเรื่องตลอดการศึกษารวมทั้งตรวจแก้ปริญญานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณคุณพ่อมาโนช คุณแม่สมนึก สิริเกษมสุข และพี่น้องที่ให้การสนับสนุนตลอดการศึกษา ความรักความอบอุ่น ให้การเลี้ยงดูอบรมสั่งสอนและเป็นแรงใจให้ดำเนินชีวิตจนถึงทุกวันนี้

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นรุ่นที่ 5 และรุ่นพี่รุ่นน้อง ในโครงการความร่วมมือหลักสูตรปริญญาโท มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดมา

สรารุณี สิริเกษมสุข

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
3 วิธีการดำเนินการวิจัย และการออกแบบ	16
วิธีดำเนินการวิจัย	16
การออกแบบหุ่นยนต์	18
การออกแบบมือจับชิ้นงาน	19
การออกแบบโปรแกรม LabVIEW	23
การหาสมการการเคลื่อนที่	26
การออกแบบการทดลอง	28
4 ผลการทดลอง	30
ผลการทดลองโดยผู้ร่วมการทดลองทั้ง 10 คน	30
ผลการทดลองโดยมือจับชิ้นงาน	36
5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	38
สรุปผลการทดลอง	38
ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	40

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก. แบบหุ่นยนต์ 2R-Robot	43
ภาคผนวก ข. แบบมือจับชิ้นงาน	49
ประวัติย่อผู้วิจัย	59

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงตารางตัวแปรของ DH-Parameter	26
2 แสดงตาราง DH-Parameter ของแขนกล	27
3 ทดลองกับมวลขนาด 100 g	30
4 ทดลองกับมวลขนาด 200 g	31
5 ทดลองกับมวลขนาด 300 g	33
6 ทดลองกับมวลขนาด 400 g	34
7 สรุปแรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงาน	36

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ตัวอย่าง The Cartesian Robot	5
2 ตัวอย่าง The Cylindrical Robot	5
3 ตัวอย่าง The Spherical Robot	6
4 ตัวอย่าง The Articulated Robot หรือ The Revolute Robot	6
5 ตัวอย่าง The SCARA Robot	7
6 ตัวอย่าง The Parallel Robot	7
7 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งตัวแปรต่างๆ ของ DH Parameters	8
8 แสดงตัวอย่างแบบจำลองของหุ่นยนต์ 2 แขน	9
9 ภาพแสดงตัวอย่างของหน้าต่าง Front Panel กับ Block Diagram	12
10 แสดงส่วนประกอบภายในของเมาส์ลูกกลิ้ง	13
11 แสดงขั้นตอนการวิจัย	16
12 การ์ด PCI 6024 E Series	17
13 กล่อง SCB-68	17
14 แสดงรายละเอียดของมือจับขึ้นงาน	18
15 แสดงหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่เชิงมุม 2 ตำแหน่ง	19
16 แสดงภาพไอโซเมตริกซ์ของมือจับขึ้นงาน	20
17 แสดงภาพของมือจับขึ้นงานในมุมมองด้านบน	21
18 แสดงภาพของมือจับขึ้นงานในมุมมองด้านหน้า	21
19 แสดงภาพของมือจับขึ้นงานในมุมมองด้านข้างขวา	21
20 แสดงภาพกล่องรวมสายสัญญาณ	22
21 แสดงภาพของมือจับขึ้นงานที่ติดตั้งเมาส์ พร้อมกล่องรวมสายสัญญาณ	23
22 แสดงโปรแกรม LabVIEW ที่เข้าสู่รูป True	24
23 แสดงโปรแกรม LabVIEW ที่เข้าสู่รูป False	24
24 แสดงโปรแกรม LabVIEW ในส่วนของ Sub VI	25
25 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	25
26 แสดงแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์อย่างง่าย	26
27 แสดงกราฟผลการทดลองที่มวลขนาด 100 g	31
28 แสดงกราฟผลการทดลองที่มวลขนาด 200 g	32
29 แสดงกราฟผลการทดลองที่มวลขนาด 300 g	34

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
30 แสดงกราฟผลการทดลองที่มีมวลขนาด 400 g	35
31 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงาน	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบัน การดำเนินชีวิตของมนุษย์เรานั้นจะมีหลักทฤษฎีมากมายที่เกี่ยวข้องโดยที่เราไม่รู้ตัว เช่น การเดิน การวิ่ง การนั่ง รวมถึงการจับยกวัตถุต่างๆ ซึ่งส่วนมากจะใช้ความเคยชิน หรือประสบการณ์ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ โดยในทุกกิจกรรมนั้นจะมีทฤษฎีของความเหมาะสมที่สุดเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ เช่นการเดิน เราจะไม่เดินกระแทกเท้าแต่เราจะเดินด้วยแรงที่กดลงบนพื้นอย่างพอเหมาะ การจับยกวัตถุต่างๆ เราจะไม่จับวัตถุนั้นโดยออกแรงมากเกินไปจนความจำเป็น โดยกระบวนการต่างๆ ในร่างกายนั้นจะเรียนรู้จากประสบการณ์ และประสาทสัมผัสทั้ง 5 โดยมีเงื่อนไขอื่นๆ ที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาแทรก และในยุคสมัยของเทคโนโลยีอย่างปัจจุบัน ได้มีการคิดค้นสิ่งทำงานได้เทียบเท่ามนุษย์เรา นั่นคือหุ่นยนต์ และเทคโนโลยีหุ่นยนต์ประเภทงานจับวาง ก็เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ในอุตสาหกรรมการผลิต รวมถึงเทคโนโลยีทางการแพทย์ในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถทำงานที่ละเอียดอ่อนได้ หรืองานที่สามารถเข้าถึงจุดหมายได้ยาก รวมถึงทำงานในจุดที่เสี่ยงอันตราย เพราะเหตุนี้การจับยกชิ้นงาน ชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก การคิดค้นหลักการ หรือออกแบบอุปกรณ์ที่มีการทำงานแบบเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง อย่างเช่นมนุษย์นั้นจึงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องแต่ก็เป็นการค้นคว้าที่ใช้งบประมาณค่อนข้างสูง ทำให้มีการทดลองวิจัยอยู่ไม่แพร่หลาย แต่หากสามารถออกแบบระบบที่หุ่นยนต์สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวมันเอง และต้นทุนต่ำแต่ให้ผลลัพธ์ที่สูง และคุ้มค่าก็ย่อมจะเป็นประโยชน์อย่างมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบมือจับชิ้นงานที่มีความสามารถในการรับรู้ถึงการจับยกชิ้นงาน โดยใช้หลักการของแรงเสียดทานระหว่างผิวของวัตถุ กับการทำงานของเมาส์ลูกกลิ้ง ซึ่งหากชิ้นงานเกิดการคลอนหรือลื่นไถล มือจับชิ้นงานก็จะเพิ่มแรงในการจับชิ้นงานขึ้นเรื่อยๆ จนสามารถจับชิ้นงานด้วยแรงที่เหมาะสมที่สุด เหมือนกับการจับสิ่งของของมนุษย์ที่มองไม่เห็น แต่ก็สามารถจับสิ่งของนั้นขึ้นมาได้โดยไม่มีการลื่นหลุดออกจากมือ ซึ่งคาดว่ากรออกแบบมือจับชิ้นงาน กับระบบควบคุมมือจับชิ้นงานนี้ แรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงานน่าจะเป็นแรงที่น้อยที่สุดได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างมือจับชิ้นงานที่สามารถใช้ในการจับยกชิ้นงาน ให้สามารถควบคุมแรงที่เหมาะสมที่สุดในการจับยกชิ้นงานได้โดยไม่มีการลื่นไถล
2. เพื่อออกแบบระบบควบคุมที่สามารถควบคุมแรงที่เหมาะสมที่สุดในการจับยกชิ้นงาน
3. เพื่อเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงานของผู้ร่วมการทดลองกับมือจับชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. แขนกลที่ใช้เป็นชนิด 2R – Robot คือมีจุดหมุน 2 แกน
2. เมาส์ที่ใช้ติดตั้งที่มีมือจับชิ้นงานเป็นเมาส์ลูกกลิ้ง
3. ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเป็นชิ้นงานน้ำหนักมาตรฐานที่มีมวลขนาด 100 g, 200 g, 300 g และ 400 g
4. ผิวของชิ้นงานจะต้องสัมผัส และกดลูกกลิ้งของเมาส์ที่ติดไว้กับมือจับชิ้นงาน
5. ผิวของชิ้นงานต้องเรียบ และหน้าตัดของชิ้นงานต้องสัมผัสกับมือจับชิ้นงานเพียงพอที่จะจับยกชิ้นงานขึ้นได้
6. มือจับชิ้นงานทำจากอะลูมิเนียม ผิวสัมผัสที่ใช้จับชิ้นงานของมือจับชิ้นงานเป็นยางโดยมีฟองน้ำเสริมเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการออกแรงจับยกชิ้นงานมากเกินไปจนความจำเป็น
7. ไม่คิดการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแขนกล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แขนกลที่มีประสิทธิภาพด้านความสามารถในการรับรู้ถึงการจับยกชิ้นงาน
2. สามารถนำมือจับชิ้นงานไปประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์ชนิดต่างๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือหุ่นยนต์ในทางการแพทย์ได้ เช่น หุ่นยนต์จับเส้นเลือด ภาชนะที่เป็นแก้ว หลอดทดลอง หลอดยา ชิ้นงานเปราะบาง เป็นต้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 หุ่นยนต์ (Robotics)

2.1.1.1 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต เพราะความสามารถที่ทำงานได้คล้ายกับมนุษย์ และไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย ในปัจจุบันนั้นได้มาการพัฒนา หุ่นยนต์กันอย่างต่อเนื่องจนสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ พร้อมกับแสดงปฏิกิริยาตามโปรแกรมที่ป้อนไว้เพื่อให้มนุษย์เข้าใจได้

หุ่นยนต์หรือที่เรียกกันว่าโรบอท (Robot) [1,2] เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1760 ได้มีการนำเอาเครื่องจักรไอน้ำ เข้ามาทำงานแทนคนงานในโรงงาน และผลที่ได้คือเครื่องจักรทำงานได้ดีกว่ามนุษย์ จากนั้นเรื่องก็เงียบมาจนถึงปี ค.ศ. 1920 ได้มีนักเขียนละครชาวเชโกสโลวาเกียชื่อ Karel Capek เขียนบทละครเรื่อง Rossum's Universal Robots : R.U.R โดยคำว่า Robot เป็นคำแผลงมาจากคำว่า Robota ในภาษาเช็ก ที่แปลว่า Worker หรือคนงาน ต่อมาในปี ค.ศ. 1942 ได้นักประพันธ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ Isaac Asimov ได้บัญญัติกฎของหุ่นยนต์ขึ้น 3 ข้อคือข้อหนึ่งหุ่นยนต์ห้ามทำร้ายมนุษย์ หรือปล่อยให้มนุษย์ได้รับอันตราย ข้อสองหุ่นยนต์ต้องเชื่อฟังคำสั่งของมนุษย์เว้นแต่จะขัดแย้งกับกฎข้อหนึ่ง และข้อสามหุ่นยนต์ต้องป้องกันตัวเองโดยไม่ขัดแย้งกับกฎข้อหนึ่งและข้อสอง ถัดมาในปี ค.ศ. 1954 ได้มีการสร้างหุ่นยนต์ตัวแรกของโลกโดย George C. Devol วิศวกรชาวอเมริกา พร้อมกับจดสิทธิบัตร และจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์เรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบัน

2.1.1.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์

โครงสร้างของหุ่นยนต์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ คือ ส่วนลำตัวและแขน (Body-and - Arm) และส่วนข้อมือ (Wrist) โดยมากแล้วส่วนลำตัวและแขนจะมีระดับขั้นความเสรี 3 ระดับ และในส่วนข้อมือจะมีระดับขั้นของความเสรีอยู่ 2 – 3 ระดับ ที่ปลายของข้อมือจะเป็นวัตถุซึ่งมีความสัมพันธ์กับงานที่หุ่นยนต์ต้องทำ ตัวอย่างเช่น วัตถุอาจจะเป็นชิ้นงานที่ต้องการโหลดเข้าเครื่องจักรหรืออาจจะเป็นเครื่องมือที่หุ่นยนต์ต้องใช้ในกระบวนการผลิตบางอย่าง เป็นต้น ส่วนลำตัวและแขนของหุ่นยนต์จะใช้ในการจัดตำแหน่งที่ถูกต้องของวัตถุ และส่วนข้อมือของหุ่นยนต์จะใช้สำหรับจัดทิศทางกรวางตัวที่เหมาะสมให้แก่วัตถุ

เพื่อที่จะวางตำแหน่งของวัตถุให้เหมาะสม ส่วนลำตัวและแขนของหุ่นยนต์จะต้องสามารถเคลื่อนวัตถุได้ทิศทางทั้งสามดังต่อไปนี้คือ

1. การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (การเคลื่อนที่ในแนวแกน z)
2. การเคลื่อนที่ในแนวนอน (เข้าหรือออก หรือการเคลื่อนที่ในแนวแกน y)
3. การเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา (การเคลื่อนที่ในแนวแกน x)

การที่จะทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในลักษณะข้างต้นได้มีหลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของข้อต่อที่ใช้ในการสร้างลำตัวและแขนของหุ่นยนต์ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป เพื่อที่จะทำให้เกิดการจัดทิศทางเหมาะสมของวัตถุ เราสามารถกำหนดระดับขั้นความเสรี 3 ระดับ สำหรับข้อต่อของหุ่นยนต์ ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นหนึ่งรูปแบบในการประกอบข้อต่อของหุ่นยนต์เพื่อทำให้เกิดเป็น 3 ลำดับขั้นความเสรี (3 Degree of Freedom)

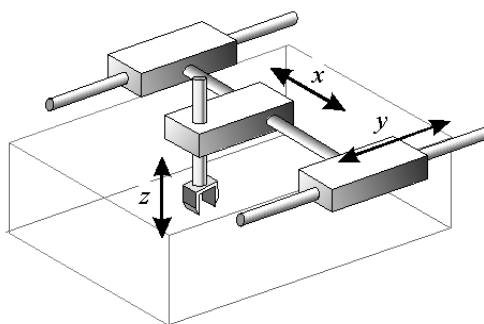
1. Roll ลำดับขั้นความเสรีลักษณะนี้ทำได้โดยใช้ข้อต่อแบบ T เพื่อที่จะหมุนวัตถุรอบแกนของแขน
2. Pitch เกี่ยวกับการหมุนขึ้นลงของวัตถุ ซึ่งทำได้โดยข้อต่อแบบ R (Rotational Joint)
3. Yaw เกี่ยวกับการหมุนซ้ายขวาของวัตถุ ซึ่งทำได้โดยใช้ข้อต่อแบบ R (Rotational Joint)

2.1.1.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

1. Actuator เป็นอุปกรณ์ หรือชุดขับเคลื่อนเพื่อให้แขนกล หรือหุ่นยนต์เคลื่อนไหวได้แก่ มอเตอร์ กระจบบอกสูบ เป็นต้น
2. Manipulators เป็นส่วนประกอบเพื่อช่วยเรื่องของการเคลื่อนที่ซึ่งประกอบด้วยแขน (Links) และข้อต่อ (Joints)
3. End Effector เป็นส่วนท้ายสุดของแขนกลไว้ใช้ในการทำงานต่างๆ เช่น มือจับ สิ่งของ อุปกรณ์ใช้ในทางเทคนิคประเภทงานกัด กลึง เชื่อม เป็นต้น
4. Sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบสถานะว่าตำแหน่ง หรือข้อมูลที่ต้องการได้หรือยัง หรือมีค่าเท่าไร เทียบได้กับประสาทสัมผัสของมนุษย์
5. Power Supply เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ของแขนกล ไม่ว่าจะเป็นกระแสไฟฟ้า หรือวาล์วที่ใช้ควบคุมกระจบบอกสูบ
6. Controller เปรียบเสมือนสมองของมนุษย์ ที่คอยควบคุมขั้นตอนต่างๆ ในการทำงานของระบบแขนกล โดยสั่งการไปยังชุดขับเคลื่อนเพื่อให้เป็นไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้
7. Program เป็นการกำหนดขั้นตอนต่างๆ ของการทำงานเพื่อให้ได้งานตามที่ต้องการ

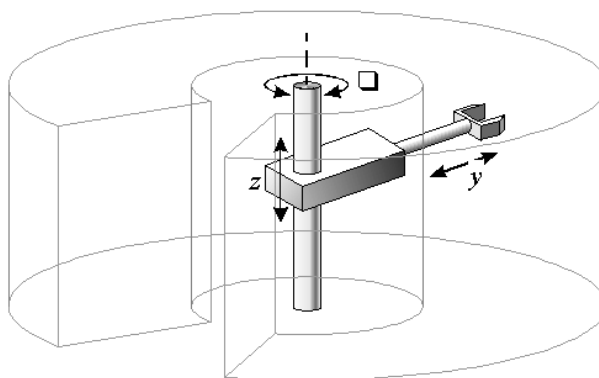
2.1.1.4 ชนิดของหุ่นยนต์

1. The Cartesian Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้นทั้ง 3 แกน มีลักษณะการทำงานที่ไม่ซับซ้อน สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย แต่หุ่นยนต์ชนิดนี้มีขีดจำกัดเรื่องของพื้นที่ที่สามารถทำงานได้ เพราะอาณาเขตการเคลื่อนที่เป็นแบบกล่องสี่เหลี่ยม ส่วนมากหุ่นยนต์ประเภทนี้จะนำไปใช้ในลักษณะเคลื่อนย้ายของหนัก ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีลักษณะดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ตัวอย่าง The Cartesian Robot [3]

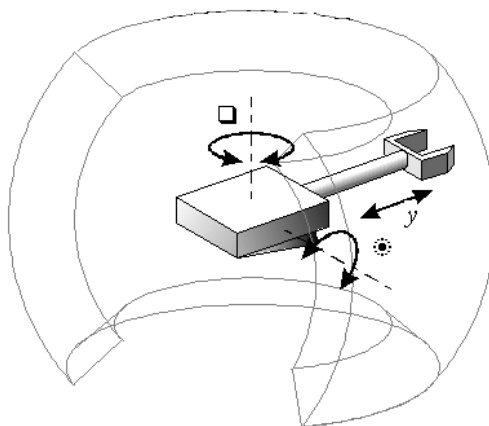
2. The Cylindrical Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะของการทำงานแบบทรงกระบอก โดยการเคลื่อนที่นั้นจะเป็นเชิงเส้น 2 แกน และเคลื่อนที่เชิงมุมอีกแกน สามารถนำหุ่นยนต์ชนิดนี้ไปใช้ในลักษณะงานจับวางได้ ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีลักษณะดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ตัวอย่าง The Cylindrical Robot [3]

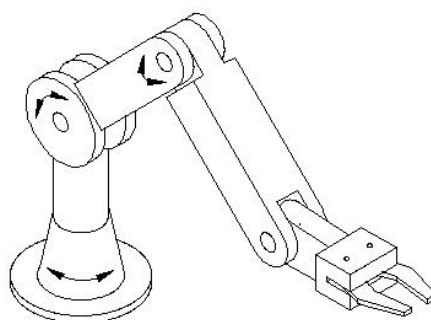
3. The Spherical Robot หุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น 1 แกน กับการเคลื่อนที่เชิงมุมอีก 2 แกน หุ่นยนต์ประเภทนี้มีความสามารถในการ

เข้าถึงพื้นที่ที่มีความซับซ้อนได้ในระดับหนึ่ง แต่หุ่นยนต์ชนิดนี้จะไม่สามารถรับวัตถุ หรือสิ่งของที่มีน้ำหนักมากได้ ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีลักษณะดังภาพประกอบ 3



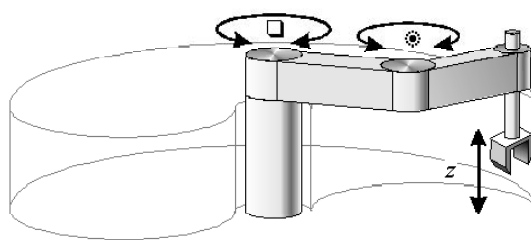
ภาพประกอบ 3 ตัวอย่าง The Spherical Robot [3]

4. The Articulated Robot หรือ The Revolute Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมทั้ง 3 แกน และมีพื้นที่การทำงานรอบตัว โดยหุ่นยนต์ชนิดนี้จะสามารถเข้าถึงพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึงได้ โดยทั่วไปจะมี 2 แขนกับอีก 1 ฐาน ซึ่งหุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถประยุกต์ใช้งานได้อีกมากมายเช่นการเพิ่มแขนและข้อต่อเข้าไปอีก ก็จะสามารถทำงานในจุดที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าได้ โดยหุ่นยนต์ชนิดนี้มีลักษณะดังภาพประกอบ 4



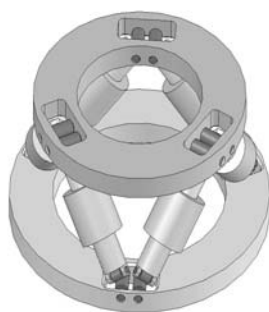
ภาพประกอบ 4 ตัวอย่าง The Articulated Robot หรือ The Revolute Robot [3]

5. The SCARA Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น 1 แกน และแบบเชิงมุมอีก 2 แกน โดยส่วนมากจะใช้ในการป้อนชิ้นงานตามรางขนส่ง (Conveyor) หรือ ประกอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กไม่ใหญ่นัก ซึ่งหุ่นยนต์ชนิดนี้มีลักษณะดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ตัวอย่าง The SCARA Robot [3]

6. The Parallel Robot เป็นหุ่นยนต์อีกแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นระนาบ 2 ระนาบควบคุมโดยขาแต่ละขาซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อีกมาก ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ตัวอย่าง The Parallel Robot [4]

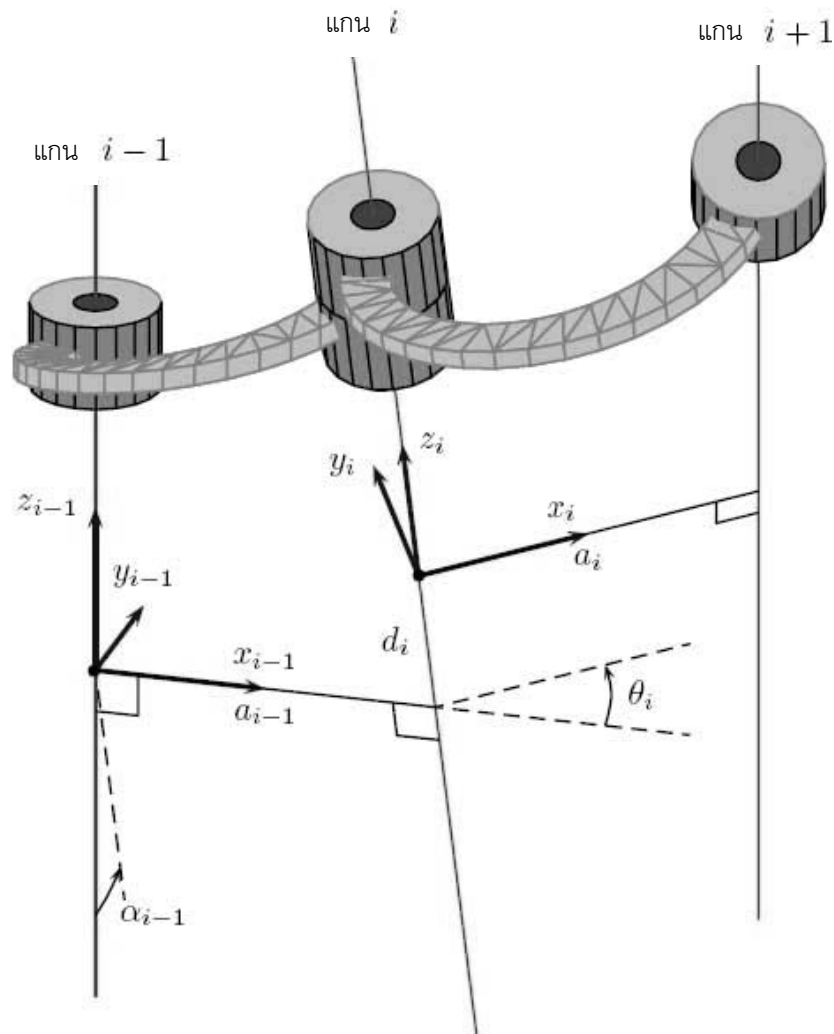
ต่อไปเป็นการหาค่า DH Parameters เพื่อใช้ในการหาสมการการเคลื่อนที่ในตำแหน่งต่างๆ ของหุ่นยนต์

2.1.1.5 การหา DH Parameters

DH Parameters ย่อมาจากคำว่า Denavit - Hartenberg Parameters เป็นการสร้างตัวแปรเพื่อนำมาใช้ในการหาสมการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งมีตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวได้แก่

1. Link Length (a_i) คือ ระยะทางของ x_i ที่ตั้งฉากระหว่างแกน z_i ถึงแกน z_{i+1}
2. Link Twist (α_i) คือ มุมระหว่าง z_{i-1} และ z_i ที่มองจากหัวลูกศร x_{i-1} เข้าไป
3. Link Offset (d_i) คือ ระยะทางระหว่างแกน a_{i-1} ที่ตัดบนแกน z_i กับแกน a_i ที่ตัดบนแกน z_i
4. Joint Angel (θ_i) คือ มุมระหว่างแกน x_{i-1} กับแกน x_i โดยพิจารณาบนแกน z_i

จากคำอธิบายตัวแปรทั้ง 4 ตัวนั้น สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งตัวแปรต่างๆ ของ DH Parameters [5]

2.1.1.6 การหาเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

หลังจากที่ได้ค่า DH Parameters แล้วต่อไปทำการหาค่าทรานฟอร์มเมชันเมตริกซ์ (Transformation Matrix : T) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด 4 x 4 ซึ่งภายในเมตริกซ์นี้ประกอบไปด้วยเมตริกซ์การหมุน และเวกเตอร์การเคลื่อนที่ โดยการระบุค่าต่างๆ ของ DH Parameters ลงในสมการที่ 2.1

$$T_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \cos\alpha_i & \sin\theta_i \sin\alpha_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \cos\alpha_i & -\cos\theta_i \sin\alpha_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

โดย T คือ ทรานฟอร์มเมชันเมตริกซ์ (Transformation Matrix)

i คือ จำนวนแขน (Link)

a_i คือ Link Length

θ_i คือ Link Twist

d_i คือ Link Offset

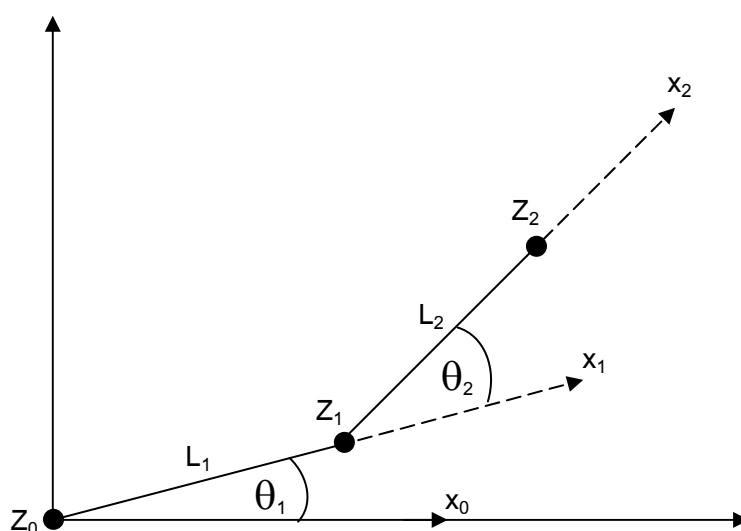
α_i คือ Joint Angel

จากสมการที่ 2.1 จะได้เมตริกซ์การหมุน และเวกเตอร์การเคลื่อนที่ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

$$\text{เมตริกซ์การหมุน} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i\cos\alpha_i & \sin\theta_i\sin\alpha_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i\cos\alpha_i & -\cos\theta_i\sin\alpha_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$\text{เวกเตอร์การเคลื่อนที่} = \begin{bmatrix} a_i\cos\theta_i \\ a_i\sin\theta_i \\ d_i \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

หากหุ่นยนต์นั้นมีจำนวนแขน i แขน (Link) จะต้องนำค่าทรานฟอร์มเมชันเมตริกซ์ (T) มาคูณกันทางเมตริกซ์ เช่น หุ่นยนต์มีแขน 2 แขน ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงตัวอย่างแบบจำลองของหุ่นยนต์ 2 แขน

จากภาพประกอบ 8 สามารถหาค่า DH Parameters โดยพิจารณาทีละแขน ได้ดังนี้

แขน L_1 มี DH Parameters 4 ตัว ดังนี้

a_i มีค่า L_1

θ_i มีค่า $\theta_1(t)$

d_i มีค่า 0

α_i มีค่า 0

แขน L_2 มี DH Parameters 4 ตัว ดังนี้

a_i มีค่า L_2

θ_i มีค่า $\theta_2(t)$

d_i มีค่า 0

α_i มีค่า 0

หลังจากหาค่า DH Parameters เสร็จแล้ว ต่อไปเป็นการคำนวณหาทรานส์ฟอร์มเมชันเมตริกซ์ (Transformation Matrix) ได้ดังนี้

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 & 0 & L_1\cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 0 & L_1\sin\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$T_1^2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & 0 & L_2\cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 & L_2\sin\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

$$T_0^2 = T_0^1 \cdot T_1^2 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2) & -\sin(\theta_1 + \theta_2) & 0 & L_1\cos\theta_1 + L_2\cos(\theta_1 + \theta_2) \\ \sin(\theta_1 + \theta_2) & \cos(\theta_1 + \theta_2) & 0 & L_1\sin\theta_1 + L_2\sin(\theta_1 + \theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.6 จะได้เวกเตอร์การเคลื่อนที่ (Translation vector) ของหุ่นยนต์ตามแนวพิกัด xyz ได้ดังนี้

1. แกน x มีเวกเตอร์การเคลื่อนที่ คือ $L_1\cos\theta_1 + L_2\cos(\theta_1 + \theta_2)$
2. แกน y มีเวกเตอร์การเคลื่อนที่ คือ $L_1\sin\theta_1 + L_2\sin(\theta_1 + \theta_2)$

3. แกน z มีเวกเตอร์การเคลื่อนที่ คือ 0 (ไม่มีการเคลื่อนที่ในแนวแกน z)

เท่านี้ก็จะได้เวกเตอร์การเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ ของหุ่นยนต์ ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับแรงเสียดทาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงการสั่นไถลของวัตถุ และการทำให้วัตถุไม่เกิดการสั่นไถล

2.1.2 แรงเสียดทาน

แรงเสียดทานเป็นแรงต้านทานการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นในแนวผิวสัมผัสกับวัตถุทั้งสอง ซึ่งเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ [6] ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับแรงที่น้อยที่สุดที่ใช้ยับยั้งงาน นั้นโดยที่วัตถุจะไม่เกิดการสั่นไถล เท่ากับว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิววัตถุนั้นเพียงพอที่จะทำให้วัตถุไม่สั่นไถล โดยแรงเสียดทานยังแบ่งได้อีก 2 ชนิดซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

2.1.2.1 แรงเสียดทานสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1.2.1.1 แรงเสียดทานสถิต (Static Friction : f_s) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในเวลาที่วัตถุมีแรงเข้ามากระทำ โดยที่วัตถุหยุดนิ่งจนถึงวัตถุกำลังจะเคลื่อนที่ ซึ่งมี 2 กรณีได้แก่

1. ถ้า $F < f_s$ หรือ $F < \mu_s N$ แรงเสียดทานขณะนั้น $f = F$ ส่งผลให้วัตถุจะหยุดนิ่ง
2. ถ้า $F = f_s$ หรือ $F = \mu_s N$ แรงเสียดทานขณะนั้น $f = \mu_s N$ ส่งผลให้วัตถุหยุดนิ่งเตรียมที่จะเคลื่อนที่

เมื่อ $F =$ แรง (นิวตัน : N)

$f_s =$ แรงเสียดทานสถิต

$\mu_s =$ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

$N =$ แรงปฏิกิริยาแนวตั้งฉากกับแรงเสียดทาน

2.1.2.1.2 แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction : f_k) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในเวลาที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ หรือ $-F > \mu_s N$ ซึ่งแรงเสียดทานขณะนั้นมีค่า $f = \mu_k N$ โดยวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเมื่อ $\mu_k N =$ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

เมื่อ $f_k =$ แรงเสียดทาน

$\mu_k =$ สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส

2.1.2.2 คุณสมบัติของแรงเสียดทาน

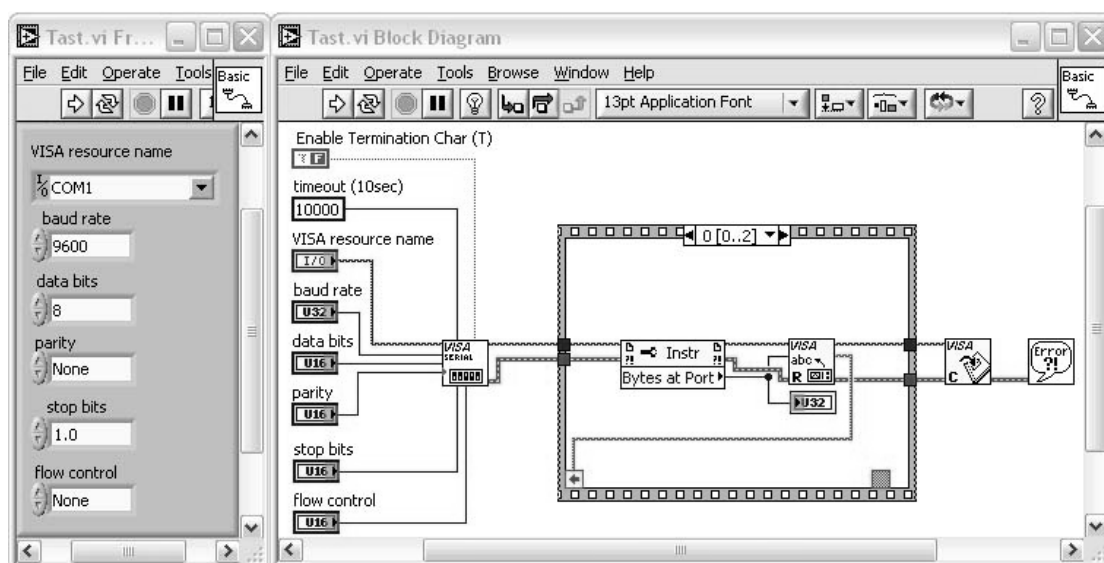
1. แรงเสียดทานไม่ขึ้นกับจำนวนพื้นที่ผิวสัมผัส
2. แรงเสียดทานไม่ขึ้นกับความเร็วที่วัตถุเคลื่อนที่

3. แรงเสียดทานมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ผิวสัมผัส
4. แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับแรงที่วัตถุกดพื้นในแนวตั้งฉาก หรือแรงปฏิกิริยาของพื้นในแนวตั้งฉาก
5. แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับพื้นผิวสัมผัส เช่น ผิวสัมผัสขรุขระ หรือผิวสัมผัสเรียบ
6. แรงเสียดทานขึ้นกับชนิดของคู่ผิวสัมผัสนั้น ๆ
7. แรงเสียดทานจะแปรผกผันกับแรงปฏิกิริยาที่ตั้งฉากกับผิวสัมผัส

ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งเป็นการกล่าวถึงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นที่ใช้ และพอร์ตต่างๆ

2.1.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโปรแกรม LabVIEW

LabVIEW [7] คือ โปรแกรมประยุกต์ที่ไม่ต้องเขียนโปรแกรมที่ละบรรทัด อย่างภาษาแอสเซมบลี หรือภาษาซี LabVIEW ย่อมาจาก “Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench” โดยโปรแกรม LabVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือเรียกย่อๆ ว่า VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดเสมือน และเมื่อสร้างโปรแกรมเครื่องมือวัดเสร็จ โปรแกรมจะทำการเซฟ File ในสกุล .vi ส่วนประกอบของโปรแกรม LabVIEW จะมีหน้าตาหลักๆ อยู่ 2 หน้าตาดังด้วยกันคือ Front Panel กับ Block Diagram ซึ่งในส่วนหน้าตา Front Panel เปรียบเสมือนได้กับสิ่งที่ผู้ใช้จะได้เห็นและควบคุมการทำงาน (GUI: Graphical User Interface) ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างรูปแบบขึ้นเองได้ และหน้าตาที่เขียนโปรแกรมเรียกว่า Block Diagram ที่ใช้ในการสร้างระบบควบคุมการทำงานของโปรแกรมให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 ภาพแสดงตัวอย่างของหน้าตา Front Panel กับ Block Diagram

LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการควบคุม ทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบโปรแกรมตามที่ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสัญญาณภายนอกเข้าสู่โปรแกรม โดยข้อมูลอาจจะมาจาก การ์ด DAQ : Data Acquisition (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า), การ์ด IMAQ : Image Acquisition (สำหรับควบคุมเครื่องมือวัด)

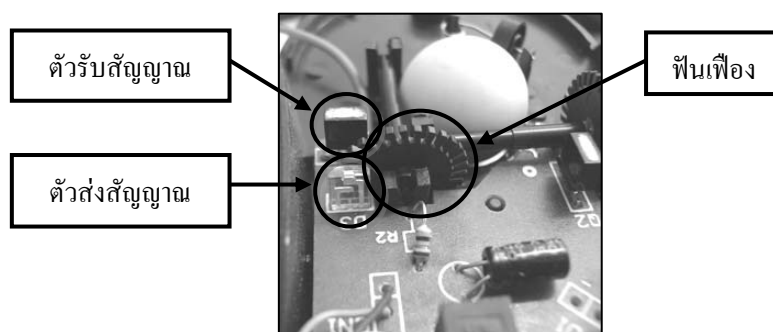
2. หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการทำ Analysis หรือ วิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลในภาพประกอบสื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดและใช้งานได้

3. Presentation คือ การแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เช่น DMM (Digital Multimeter) แสดงผลเฉพาะสัญญาณที่วัดได้โดยไม่จำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์กับเวลา

หัวข้อต่อไปเป็นการกล่าวถึงทฤษฎี และหลักการของเมาส์ลูกกลิ้ง

2.1.5 เมาส์ลูกกลิ้ง (Mouse)

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เมาส์ลูกกลิ้งเป็นอุปกรณ์ตรวจสอบการเลื่อนไถลของชิ้นงานทดสอบ โดยหลักการทำงานของเมาส์ลูกกลิ้งนั้น เมื่อลูกกลิ้งสัมผัสกับพื้นผิวแล้วเกิดการไถล ลูกกลิ้งจะหมุนแล้วขับเฟืองที่สัมผัสกับลูกกลิ้ง เพื่อให้เกิดการบิดบังของฟันเฟืองเป็นเหตุให้สัญญาณที่ส่งออกมา มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ตัวรับสัญญาณ [8] ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 แสดงส่วนประกอบภายในของเมาส์ลูกกลิ้ง

ดังนั้นงานวิจัยการออกแบบมือจับชิ้นงานเพื่อให้ได้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกชิ้นงาน จึงได้มีการนำเอาเมาส์ลูกกลิ้งมาติดตั้งแทนนิ้วจับชิ้นงานหนึ่งข้าง และทดลองใช้จับชิ้นงานแล้วยกขึ้นโดยชิ้นงานนั้นจะต้องสัมผัสกับลูกกลิ้ง ขณะที่เริ่มยกชิ้นงานนั้นเซอร์โวมอเตอร์จะขับน้ำมันอีกข้างหนึ่งให้เลื่อนเข้ามาหนีบชิ้นงานจนสัมผัสลูกกลิ้ง และหากลูกกลิ้งหมุนเซอร์โวมอเตอร์ก็จะเพิ่มแรงจับขึ้นอีกจนลูกกลิ้งไม่หมุน หรือตัวรับสัญญาณไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปี 1999 Nobuaki Nakazawa [9] และคณะ ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการควบคุมแรงจับขึ้นงานโดยออกแรงจับขึ้นงานน้อยที่สุดในการจับขึ้นงานขึ้นในแนวดิ่ง ซึ่งแขนกลที่ใช้ในการทดสอบนั้นเป็นแขนกลที่ติดตั้ง Strain gage ที่มือจับขึ้นงาน จากนั้นเมื่อแขนกลได้จับขึ้นงานและทำการยกในแนวดิ่ง จะเกิดแรงเสียดทานขึ้นที่ผิวสัมผัสของมือจับ ในการทดลองนั้นใช้กฎข้อ 2 ของนิวตัน กับระบบควบคุม PD Control ในการควบคุมมือจับขึ้นงานจากแรงที่เกิดขึ้นในการจับยกขึ้นงานขณะที่ยกขึ้น โดยในการทดลองได้ใช้เวลาสุ่มทั้งหมด 8 แบบ และได้ทำการทดลองกับผู้ร่วมการทดลองอายุระหว่าง 22 ถึง 27 ปี จำนวน 4 คน ซึ่งผลที่ได้คือมือจับขึ้นงานนั้นสามารถควบคุมแรงที่มากเกินไปได้ แต่ระบบยังไม่สามารถทำงานให้เกิดความราบเรียบได้อย่างมนุษย์

ปี 2000 Erika Ottaviano [10] และคณะ ได้ทดลองการควบคุมแรงจับของมือจับขึ้นงานโดยใช้หลักการของนิวเมติกส์มาควบคุมการจับขึ้นงาน ซึ่งในมือจับขึ้นงานนั้นได้ติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงเพื่อเป็นตัวป้อนกลับของสัญญาณ และได้ใช้ระบบควบคุมแบบ PI Control ร่วมกับโปรแกรม LabVIEW ในการควบคุมการทำงานของมือจับขึ้นงาน หลังจากทำการทดลองเสร็จคณะผู้ทำงานทดลองจึงได้สรุปว่าระบบดังกล่าวสามารถใช้งานได้จริง

ในปีเดียวกัน Takashi Maeno [11] และคณะ ได้ทำการทดลองการควบคุมมือจับขึ้นงานโดยมือจับขึ้นงานนั้นสามารถยืดหยุ่นได้ หลักการมือยู่ที่ว่ามือจับนั้นได้ติดตั้งแผ่นทองแดงที่มี Strain gage ไว้ที่บนแผ่นทองแดงซึ่งจำนวนมาก และถ้าหากวัตถุตรวจวัดแรงมีขนาดเล็ก การกระจายแรงก็จะดีขึ้น และการค้นหาแรงที่เกิดจากการยกขึ้นงานก็จะดีขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งหากทำการยกวัตถุแล้ววัตถุเกิดการสั่นไถล แผ่นทองแดงนั้นก็เกิดการเปลี่ยนแปลง จากนั้นได้นำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาใช้ในการควบคุมแรงจับของมือจับขึ้นงาน ซึ่งงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาต่อได้อีกมาก

ปี 2005 Tsukasa Ogasawara [12] และคณะ ได้ทำงานวิจัยการควบคุมแรงที่ใช้ในการจับยกขึ้นงาน โดยการใช้กล้องช่วย ซึ่งใช้หลักการของการจับภาพ (Vision) ผิวที่ใช้ในการสัมผัสวัตถุนั้นมีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมที่มีความยืดหยุ่น ที่ยอดของครึ่งวงกลมนั้นจะมีจุดศูนย์กลางเป็นตำแหน่งที่ไว้ใช้กับกล้อง Vision เมื่อทำการยกขึ้นงานขึ้นแล้วเกิดการสั่นไถล จุดศูนย์กลางของกล้อง Vision ก็จะถูกเปลี่ยนตำแหน่งไปด้วย ซึ่งทางคณะผู้ทำการวิจัยได้นำหลักของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลง รวมกับทฤษฎี Eccentricity มาใช้แก้ไขปัญหามือจับขึ้นงานไม่เกิดการสั่นไถล

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า

1. Tsukasa Ogasawara เป็นการทดลองที่ค่อนข้างจะลงทุนสูง แต่ก็สามารถตรวจหาระยะการสั่นไถลของวัตถุได้

2. Takashi Maeno เป็นการทดลองที่ใช้ Strain gage เป็นจำนวนมาก การลงทุนก็จะสูงตามการทดลองด้วยเช่นกัน

3. Erika Ottaviano เป็นการทดลองที่จะต้องมีระบบลมเข้ามาเกี่ยวข้องกับงาน ฉะนั้นในการทดลองจึงต้องมีเครื่องปั๊มลม ซึ่งอาจจะมีขนาดเล็กแต่ในการออกแบบระบบแขนกลนั้นค่อนข้างยุ่งยากในเรื่องการหาขนาดปั๊มลมที่เหมาะสม รวมถึงตำแหน่งที่วางของปั๊มด้วย

4. Nobuaki Nakazawa จะเน้นทางด้านทฤษฎี และโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งทางด้านการออกแบบมือจับชิ้นงานนั้นได้ใช้ Strain gage วัดแรงที่เกิดขึ้นขณะจับยกชิ้นงาน แต่สามารถทำงานได้เพียงในแนวตั้งเท่านั้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้แนวทางการทดลองของ Nobuaki Nakazawa เป็นหลัก แต่เปลี่ยนจาก Strain gage ที่ใช้วัดแรงกดมาเป็นเมาส์ลูกกลิ้งเพราะมีราคาถูก อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์วัดระยะทางที่เกิดการลื่นไถลของวัตถุได้อีกด้วย

ในหัวข้อที่ผ่านมาในบทที่ 2 นั้นเป็นการกล่าวถึงเอกสารที่ใช้ในการอ้างอิงโดยมีผู้ที่ทำการทดลองคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้ และหลักการบางอย่างจะคล้ายๆ กันโดยขึ้นอยู่กับชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้ ส่วนทฤษฎีนั้นจะกล่าวเพียงทฤษฎีเท่าที่ใช้ซึ่งสามารถหาอ่าน และทำความเข้าใจเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิงที่กำกับไว้ในแต่ละหัวข้อได้

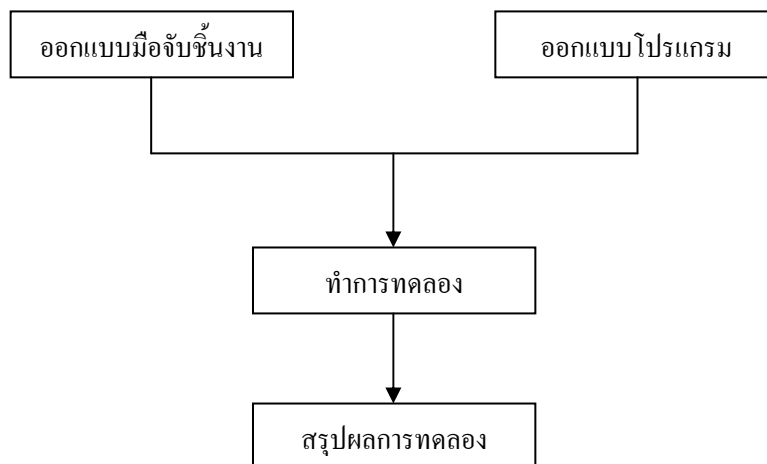
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย และการออกแบบ

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแรงจับชิ้นงานเพื่อยกชิ้นงานนั้น ต้องมีแรงเสียดทานระหว่างผิวของมือจับกับชิ้นงานเพียงพอจึงจะสามารถยกชิ้นงานขึ้นได้ แต่หากมากเกินไปจะเป็นการทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักหรือชำรุดมีตำหนิได้ ซึ่งหากไม่รู้ค่าของแรงเสียดทานนั้นสิ่งที่ทำได้คือการลองผิดลองถูก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้หลักการเพิ่มแรงจับขึ้นเรื่อยๆ พร้อมกับยกชิ้นงานนั้นจนกว่าจะจับยกชิ้นงานนั้นได้

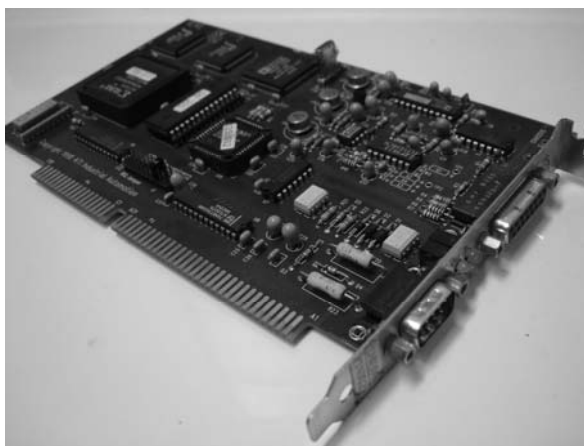
โดยในงานวิจัยนี้จะทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือในส่วนของการออกแบบมือจับชิ้นงานที่ทดลองการยกสิ่งของขึ้นโดยที่ไม่เกิดการคลอนหรือสั่นไถล กับในส่วนโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง โดยมีขั้นตอนการวิจัยตามบล็อกไดอะแกรมนี้ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดงขั้นตอนการวิจัย

ในส่วนของมือจับชิ้นงานจะทำการออกแบบเป็นมือจับชิ้นงานที่มี 2 นิ้ว โดยที่นิ้วด้านหนึ่งจะทำการติดตั้งเมาส์ลูกกลิ้งไว้ และมือจับชิ้นงานอีกข้างหนึ่งจะมีเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนให้นิ้วของมือจับชิ้นงานเคลื่อนที่ของเข้ามาจับชิ้นงาน ที่ใช้เป็นเมาส์ลูกกลิ้งนั้นเพราะว่าเมาส์ลูกกลิ้งมีความไวต่อการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของผิวชิ้นงานขณะที่มีการสัมผัสกับเมาส์ลูกกลิ้ง หากเมาส์ลูกกลิ้งหมุนโดยผิวสัมผัสที่สัมผัสกับลูกกลิ้งของเมาส์จะทำให้สัญญาณของเมาส์มีการเปลี่ยนแปลง แต่หากใช้เมาส์แสงปัญหาที่เกิดขึ้นคือชนิดของผิวสัมผัสต้องไม่มันเงา ต้องไม่ดูดกลืนแสง ต้องไม่มีการหักเหของแสง เพราะอาจจะทำให้สัญญาณที่ออกจากเมาส์ลูกกลิ้งจะมีความคลาดเคลื่อน หรืออาจจะ

ไม่ทำงานเลยก็ได้ ส่วนชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบเป็นชิ้นงานที่มีน้ำหนักมาตรฐานขนาด 100 กรัม และขนาด 200 กรัม โดยในการทดลองได้ทดลองโดยชิ้นงานขนาด 100 กรัม 1 ชิ้นในการยกขึ้นลง โดยผู้ร่วมการทดลอง และมีมือจับชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้ เป็นการทดลองที่มีมวลขนาด 100 กรัม จากนั้นเปลี่ยนชิ้นงานเป็นขนาด 200 กรัม 1 ชิ้น เพื่อทำการทดลองที่มีมวลขนาด 200 กรัม และทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองด้วยน้ำหนัก 100 กรัม จากนั้นเปลี่ยนชิ้นงานเป็นขนาด 100 กรัม 1 ชิ้น และขนาด 200 กรัม 1 ชิ้น เพื่อทำการทดลองที่มีมวลขนาด 300 กรัม จากนั้นเปลี่ยนชิ้นงานเป็นขนาด 200 กรัม 2 ชิ้น เพื่อทำการทดลองที่มีมวลขนาด 400 กรัม ในส่วนของการทดลองโดยมือจับชิ้นงานที่ติดตั้งเมาส์ลูกกลิ้งไว้นั้น ระบบทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยโปรแกรม LabVIEW ผ่านการ์ด PCI 6024 E Series ดังภาพประกอบ 12 และกล่อง SCB-68 ดังภาพประกอบ 13



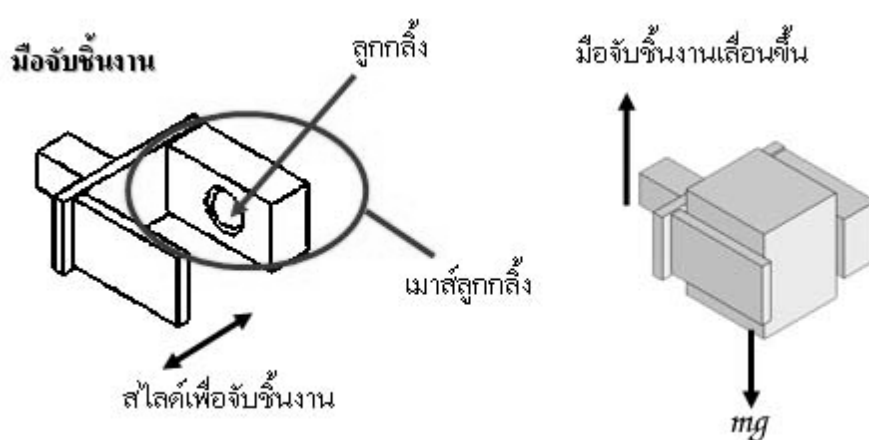
ภาพประกอบ 12 การ์ด PCI 6024 E Series



ภาพประกอบ 13 กล่อง SCB-68 [13]

จากภาพประกอบ 13 ภายในกล่อง SCB-68 มีช่องรับส่งสัญญาณทั้งหมด 68 ช่อง โดยมีช่องสัญญาณ Analog Input 16 ช่องสัญญาณ Analog Output 2 ช่องสัญญาณ และมีช่องสัญญาณ Digital 8 ช่องสัญญาณ

ในการทำงานของมือจับชิ้นงานนั้นจะเลื่อนนิวข้างหนึ่งเข้ามาเพื่อจับชิ้นงาน และแขนหุ่นยนต์จะเลื่อนขึ้นเพื่อยกชิ้นงาน โดยมีน้ำหนักของชิ้นงานมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่อยู่ ซึ่งหากชิ้นงานนั้นมีการลื่นไถล หรือแรงเสียดระหว่างผิวของชิ้นงาน กับมือจับชิ้นงานยังน้อยไป มือจับชิ้นงานก็จะทำการเลื่อนเข้ามาอีก จนกว่าแขนของหุ่นยนต์จะจับชิ้นงานโดยไม่เกิดการลื่นไถลดังภาพประกอบ 14

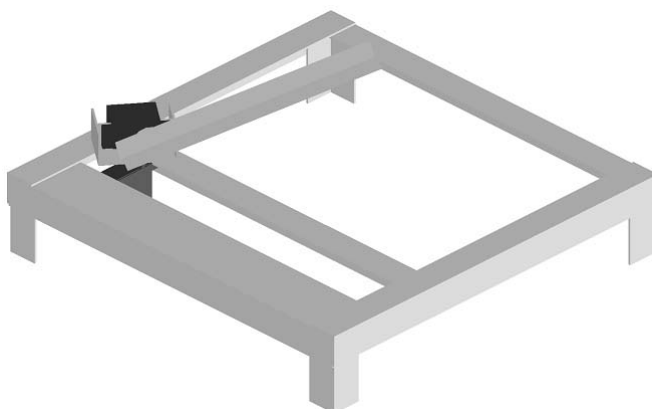


ภาพประกอบ 14 แสดงรายละเอียดของมือจับชิ้นงาน

ในหัวข้อต่อไปเป็นการออกแบบหุ่นยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2 การออกแบบหุ่นยนต์

ในการวิจัยเรื่องการออกแบบมือจับชิ้นงานเพื่อให้ได้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกชิ้นงาน ได้ออกแบบหุ่นยนต์เป็นชนิดที่มีการเคลื่อนที่เชิงมุม 2 ตำแหน่ง (2R-Robot) โดยมีจุดหมุนที่ฐานหนึ่งจุด และมีจุดหมุนในการยกชิ้นงานอีกหนึ่งจุด ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แสดงหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่เชิงมุม 2 ตำแหน่ง

ในหัวข้อต่อไปเป็นการออกแบบมือจับชิ้นงาน โดยแสดงเป็นภาพวาดในส่วนต่างๆ พร้อมภาพประกอบ และภาพจริง รวมถึงขั้นตอนการทำงานของมือจับชิ้นงานนี้

3.3 การออกแบบมือจับชิ้นงาน

ในส่วนของการออกแบบชิ้นงานนั้น ได้ออกแบบให้มือจับชิ้นงานถูกติดตั้งเมาส์ลูกกลิ้งไว้ แทนนิ้วของมือจับชิ้นงานข้างหนึ่ง ซึ่งเมาส์ลูกกลิ้งใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ เพื่อให้เมาส์ทำงานโดยหากลูกกลิ้งหมุนสัญญาณที่ตัววัดสัญญาณจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยสัญญาณนี้จะนำมาใช้ตรวจวัดการหมุนของลูกกลิ้งเมื่อชิ้นงานเกิดการลื่นไถล ซึ่งสัญญาณจะถูกส่งเข้าไปยังการ์ด DAQ และโปรแกรม LabVIEW จะทำการวิเคราะห์ตรวจสอบการลื่นไถลของชิ้นงาน เพื่อใช้ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ต่อไป

สาเหตุที่ใช้เมาส์ลูกกลิ้ง ไม่ใช่เมาส์แสง เพราะเมาส์ลูกกลิ้งจะทำงานโดยสนใจเพียงแค่มีวัตถุมาทำให้ลูกกลิ้งหมุน สัญญาณก็มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว แต่เมาส์แสงนั้นจะต้องรอให้แสงสะท้อนกลับมาก่อนจึงจะอ่านค่าได้ หากวัตถุ หรือผิวสัมผัสมีลักษณะที่ดูดกลืนแสง หรือหักเหแสงก็จะทำให้เมาส์ลูกกลิ้งนั้นทำงานที่คราดเคลื่อน หรืออาจจะทำงานไม่ได้เลย เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าว ในการทดลองครั้งนี้จึงได้ออกแบบมือจับชิ้นงานโดยติดตั้งเมาส์ลูกกลิ้งแทนการติดตั้งด้วยเมาส์แสง

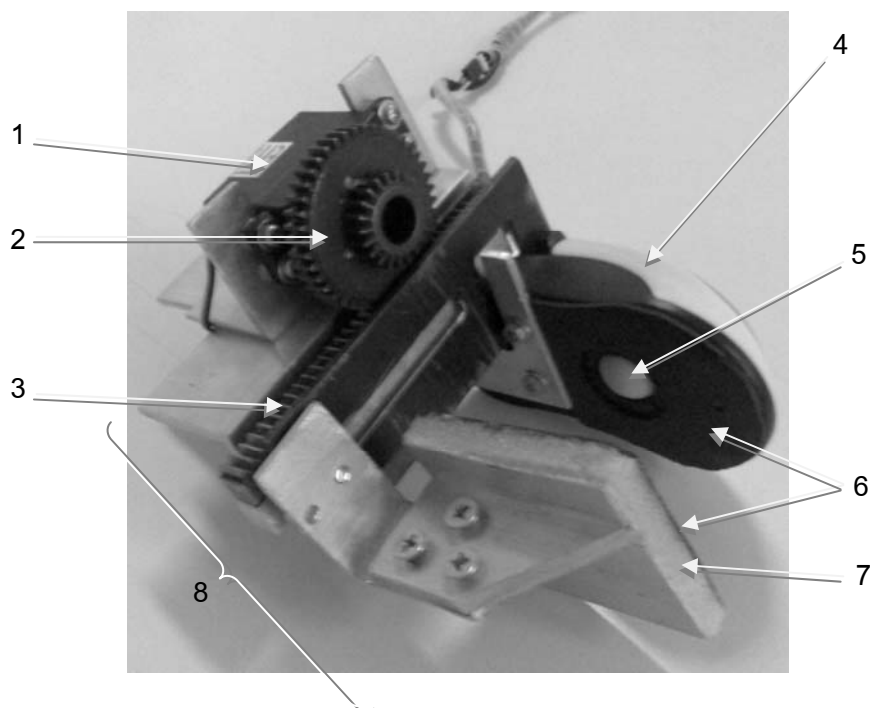
ส่วนประกอบของมือจับชิ้นงานนั้นประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เซอร์โวมอเตอร์ Futaba S3003
2. เฟืองขับ
3. เฟืองสะพาน
4. เมาส์ลูกกลิ้ง
5. อะลูมิเนียมฉาก
6. อะลูมิเนียมแท่ง
7. แผ่นเหล็ก

ในส่วนรายละเอียดของชิ้นงานจะแสดงในภาคผนวก โดยในบทนี้ จะแสดงเพียงภาพสมบูรณ์ของมือจับชิ้นงานในมุมมองต่างๆ ตามรูปข้างล่างดังนี้

รูปของมือจับชิ้นงานที่ติดตั้งเมาส์ ในมุมมองต่างๆ มีดังนี้

1. แสดงภาพไอโซเมตริกซ์ (Isometric) ดังภาพประกอบ 16

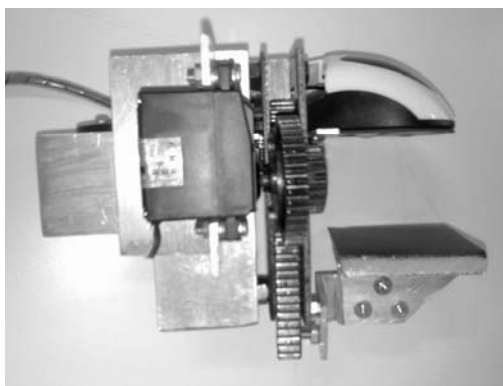


ภาพประกอบ 16 แสดงภาพไอโซเมตริกซ์ของมือจับชิ้นงาน

จากภาพประกอบ 16 มีรายละเอียดของมือจับชิ้นงานดังนี้

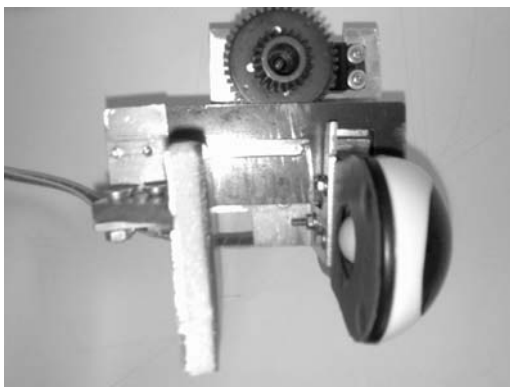
1. เซอร์โวมอเตอร์ Futaba S3003
2. เฟืองขับ
3. เฟืองตาม
4. เมาส์ลูกกลิ้ง
5. ลูกกลิ้งของเมาส์
6. แผ่นยาง
7. ฟองน้ำ
8. อะลูมิเนียมฉาก

2. แสดงภาพในมุมมองด้านบน (Top) ดังภาพประกอบ 17



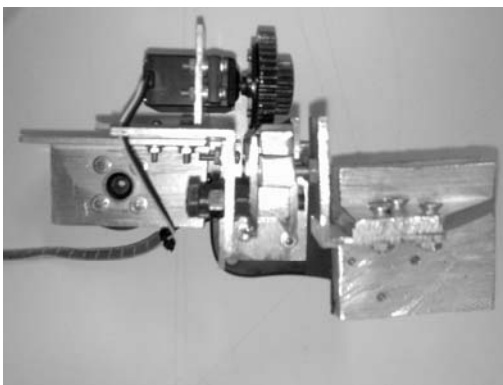
ภาพประกอบ 17 แสดงภาพของมือจับชิ้นงานในมุมมองด้านบน

3. แสดงภาพในมุมมองด้านหน้า (Front) ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงภาพของมือจับชิ้นงานในมุมมองด้านหน้า

4. แสดงภาพในมุมมองด้านข้างขวา (Right) ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 แสดงภาพของมือจับชิ้นงานในมุมมองด้านข้างขวา

จากภาพประกอบ 16 ถึงภาพประกอบ 19 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งฟองน้ำที่นิ้วข้างหนึ่งของมือจับชิ้นงาน เพราะในการทดลองจับการจับชิ้นงานนั้น โปรแกรมได้ควบคุมการเลื่อนมือเพื่อจับชิ้นงานทีละ 1 ดิวตี้ไซเคิล ซึ่งในบางครั้งการจับชิ้นงานที่เหมาะสมนั้น เป็นการเคลื่อนที่เข้ามาไม่ถึง 1 ดิวตี้ไซเคิล หรือหากเคลื่อนที่เข้ามาจับชิ้นงานอีกเพียง 1 ดิวตี้ไซเคิล ชิ้นงานก็จะมีปัญหาได้ ดังนั้นจึงได้มีการติดตั้งฟองน้ำได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการจับชิ้นงาน โดยหากจับชิ้นงานด้วยแรงที่มากเกินไป ฟองน้ำก็จะเป็นตัวดูดซับแรงในการจับชิ้นงานไว้ในระดับหนึ่ง เป็นการป้องกันการเกิดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับชิ้นงาน

ในส่วนรายละเอียดของมือจับชิ้นงานแต่ละส่วน ได้อธิบายไว้ในภาคผนวกเป็นภาพวาดของชิ้นงานแต่ละชิ้นแล้ว

ในส่วนของสายสัญญาณนั้น ได้มีกล่องรวมสายสัญญาณที่ได้รวบรวมสายไฟจากอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสายไฟจาก เมาส์ลูกกลิ้ง หรือเซอร์โวมอเตอร์ ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 แสดงภาพกล่องรวมสายสัญญาณ

จากภาพประกอบ 20 จะมีช่องหลักๆ อยู่ 5 ช่องสัญญาณ คือ ช่องที่ 2, 3, 6 และ 7 เป็นช่องกราวด์ของระบบ ช่องที่ 1 เป็นช่องรับสัญญาณของมอเตอร์ (รับค่าดิวตี้ไซเคิลเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ให้หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ) ช่องที่ 4 คือช่องสัญญาณออกของเมาส์ลูกกลิ้ง เป็นช่องสัญญาณที่ต่อจากตัวรับสัญญาณของเมาส์ โดยจะใช้ในการตรวจสอบการเคลื่อนไถลของชิ้นงานว่าทำให้ลูกกลิ้งหมุนหรือไม่ ช่องที่ 5 เป็นช่องไฟเลี้ยงของมอเตอร์เพื่อจ่ายไฟให้มอเตอร์ทำงาน โดยในการทดลองครั้งนี้จะจ่ายไฟ +5 โวลต์ เพื่อทำให้มอเตอร์ Futaba S3003 ทำงาน (สามารถจ่ายไฟได้

ตั้งแต่ 4.8 โวลต์ ถึง 6 โวลต์) และช่องที่ 8 เป็นช่องไฟเลี้ยงของเมาส์ลูกกลิ้งโดยในการทดลองครั้งนี้ จะจ่ายไฟ +5 โวลต์ เพื่อให้เมาส์ลูกกลิ้งทำงาน

จากภาพประกอบข้างต้น จะได้มือจับชิ้นงานที่ติดตั้งเมาส์ลูกกลิ้ง พร้อมกล่องรวมสายสัญญาณ ดังภาพประกอบ 21



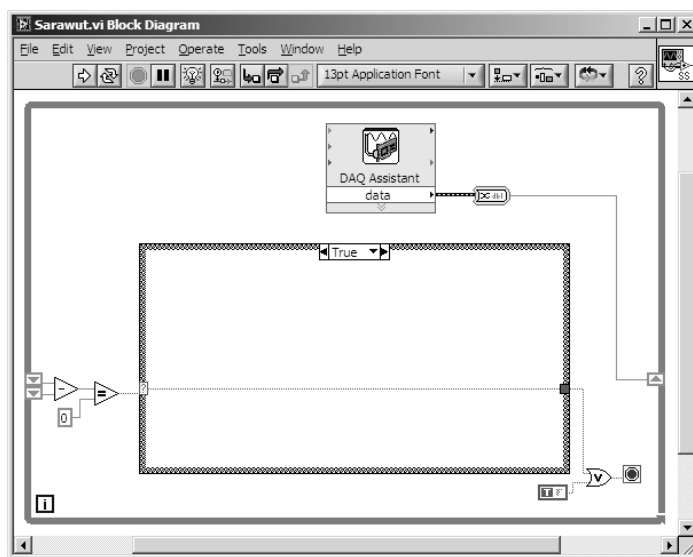
ภาพประกอบ 21 แสดงภาพของมือจับชิ้นงานที่ติดตั้งเมาส์ พร้อมกล่องรวมสายสัญญาณ

ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงการออกแบบโปรแกรม LabVIEW เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ

3.4 การออกแบบโปรแกรม LabVIEW

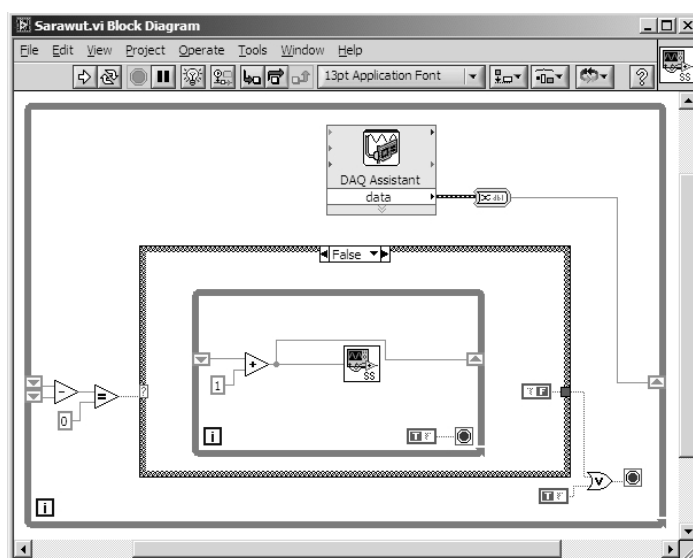
ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานโดยผ่านการ์ด NI 6024 E Series หรือที่เรียกกันว่าการ์ดดาด้าแอคควิซิชัน (Data Acquisition Card) ซึ่งจะมีช่อง SCB-68 ไว้รับสัญญาณต่างๆ ก่อนถึงการ์ด NI 6024 E Series โดยในการทดลองการจับยกชิ้นงานด้วยแรงที่เหมาะสมที่สุดนั้น โดยโปรแกรมมีลักษณะ ดังนี้

3.4.1 เมื่อชิ้นงานถูกมือจับชิ้นงานจับแล้วทำการยกชิ้นงานขึ้น และชิ้นงานไม่เกิดการลื่นไถล หรือลูกกลิ้งของเมาส์ที่ติดตั้งไว้ไม่หมุน โปรแกรมจะเข้าสู่รูป True เพื่อที่จะเสร็จสิ้นกระบวนการการทำงาน ดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 แสดงโปรแกรม LabVIEW ที่เข้าสู่ลูป True

3.4.2 เมื่อชิ้นงานถูกมือจับชิ้นงานจับแล้วทำการยกชิ้นงานขึ้น และชิ้นงานเกิดการสั่นไถล หรือลูกกลิ้งที่เมาส์ลูกกลิ้งหมุน โปรแกรมจะเข้าสู่ลูป False เพื่อที่จะนำค่าตัวดีไซเคิล (Duty Cycle) มาเพิ่มขึ้น 1 ตัวดีไซเคิล เพื่อสั่งงานให้มือจับชิ้นงานเลื่อนเข้ามาจับชิ้นงานขึ้นอีก ดังภาพประกอบ 23

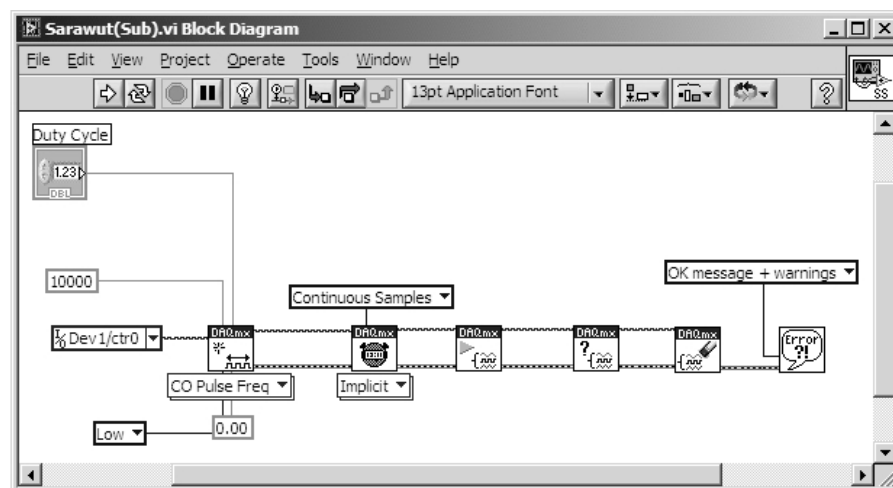


ภาพประกอบ 23 แสดงโปรแกรม LabVIEW ที่เข้าสู่ลูป False

จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าลูกกลิ้งยังหมุนอยู่หรือไม่ หากยังหมุนอยู่อีก โปรแกรมก็จะนำค่าตัวดีไซเคิลที่ได้จากครั้งก่อนมาเพิ่มอีก 1 เพื่อให้มือจับชิ้นงานเลื่อนเข้ามาจับ

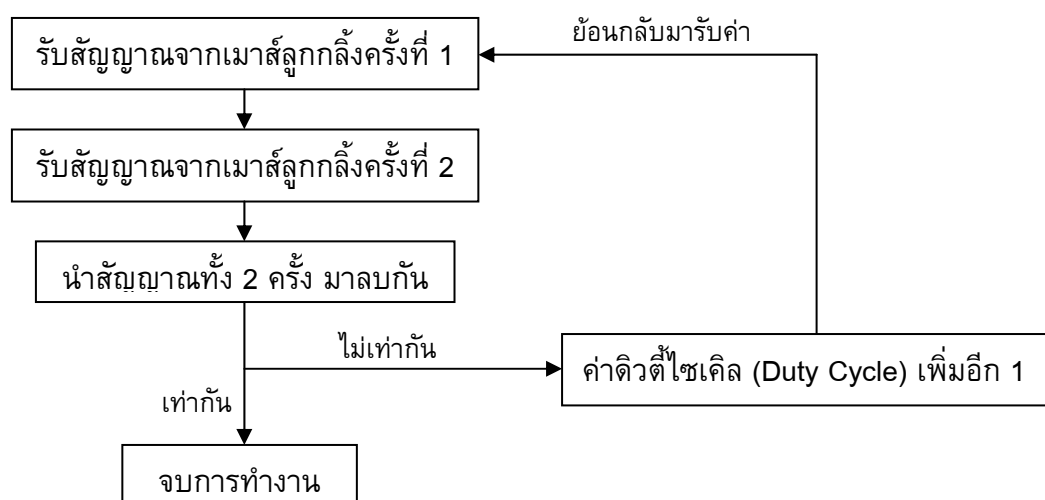
ชิ้นงานชิ้นอื่น และจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าชิ้นงานจะไม่เกิดการสั่นไถล หรือลูกกลิ้งไม่หมุน เมื่อลูกกลิ้งไม่หมุนโปรแกรมจะเข้าสู่ True เพื่อออกจากโปรแกรม

3.4.3 โดยในส่วนของรูป False นั้นจะมีไอคอนที่เป็นซับวีไอ (Sub VI) ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยมีหน้าที่รับค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) จากโปรแกรมหลัก เพื่อส่งเป็นสัญญาณ PWM ออกมาขับเคลื่อนมอเตอร์ให้ทำงานตามคำสั่งจากค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) โดยโปรแกรมซับวีไอ (Sub VI) มีโปรแกรมดังภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 แสดงโปรแกรม LabVIEW ในส่วนของ Sub VI

จากที่ได้กล่าวมาในส่วนของการออกแบบโปรแกรม LabVIEW สามารถสรุปการทำงานของโปรแกรม LabVIEW ได้ดังบล็อกไดอะแกรมตามภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

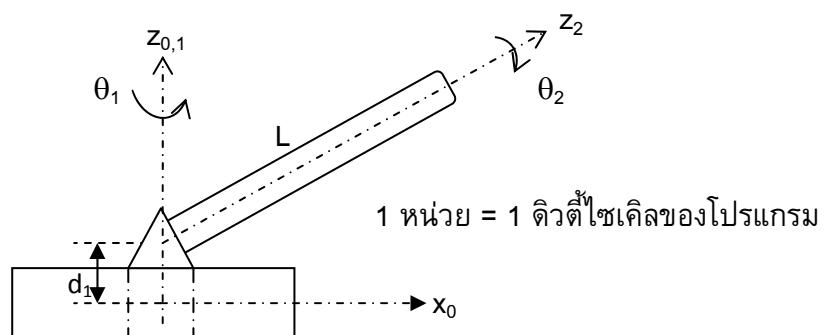
จากบล็อกไดอะแกรมตามภาพประกอบ 25 เริ่มการทำงานจากลูกกลิ้งที่เมาส์หมุน เมาส์ลูกกลิ้งจะมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ถูกส่งมายังการ์ด DAQ ดังนั้นหากสัญญาณที่เข้ามายังการ์ด DAQ ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันเท่ากัน แสดงว่าลูกกลิ้งไม่มีการหมุนก็เท่ากับว่ามีมือจับชิ้นงานสามารถจับชิ้นงานโดยชิ้นงานไม่ลื่นไถล แต่หากสัญญาณที่เข้ามายังการ์ดมีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าเมาส์ลูกกลิ้งมีการหมุนเกิดขึ้นหรือชิ้นงานเกิดการลื่นไถล โปรแกรมก็จะทำการเพิ่มค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะสามารถจับชิ้นงานแล้วชิ้นงานไม่เกิดการลื่นไถล จากบล็อกไดอะแกรมตามภาพประกอบ 25

ในหัวข้อต่อไปเป็นการคำนวณทางทฤษฎีค่าความเหมาะสมสูงสุดในการจับยกชิ้นงานแล้วยกชิ้นงานนั้น เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองว่าผลคำตอบเป็นเช่นไร

3.5 การหาสมการการเคลื่อนที่

3.5.1 การหาค่า DH Parameter ของแขนกล

ในการหาค่า DH Parameter ของแขนกลนั้นสามารถพิจารณาจากแบบโครงสร้างอย่างง่าย เพื่อสะดวกต่อการหาค่าต่างๆ ซึ่งสามารถพิจารณาแขนกลได้ดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 แสดงแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์อย่างง่าย

จากภาพประกอบ 26 จะมีค่า DH Parameter ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงตารางตัวแปรของ DH-Parameter

แกน	a_i	d_i	α_i	θ_i
1	0	d_1	0	θ_1
2	L	0	α_2	θ_2

โดยแขนของหุ่นยนต์มีความยาวเท่ากับ 300 มิลลิเมตร ($L=300$ mm) ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงตาราง DH-Parameter ของแขนกล

แกน	a_i	d_i	α_i	θ_i
1	0	25	0	θ_1
2	300	0	-90	θ_2

เมื่อได้ค่า DH Parameter ต่อไปเป็นการหาสมการการเคลื่อนที่ของแขนกลเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนไปยังตำแหน่งต่างๆ

3.5.2 การหาสมการการเคลื่อนที่ของแขนกล

จากหัวข้อที่ 3.5.1 จะได้ค่า DH Parameter มาแล้ว ต่อไปเป็นการหาสมการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยการหาค่าทรานฟอร์มเมชันเมตริกซ์ (Transformation Matrix : T) จากสมการที่ 3.1

$$T_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \cos\alpha_i & \sin\theta_i \sin\alpha_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \cos\alpha_i & -\cos\theta_i \sin\alpha_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 & 0 & 0 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 25 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$T_1^2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & 0 & \sin\theta_2 & 300\cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & 0 & -\cos\theta_2 & 300\sin\theta_2 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

$$T_0^2 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1+\theta_2) & 0 & \sin(\theta_1+\theta_2) & 300\cos(\theta_1+\theta_2) \\ \sin(\theta_1+\theta_2) & 0 & -\cos(\theta_1+\theta_2) & 300\sin(\theta_1+\theta_2) \\ 0 & -1 & 0 & 25 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

จากสมการที่ 3.4 จะได้

$$\text{เมตริกซ์การหมุน} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1+\theta_2) & 0 & \sin(\theta_1+\theta_2) \\ \sin(\theta_1+\theta_2) & 0 & -\cos(\theta_1+\theta_2) \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

$$\text{เวกเตอร์การเคลื่อนที่} = \begin{bmatrix} 300\cos(\theta_1+\theta_2) \\ 300\sin(\theta_1+\theta_2) \\ 25 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

จากสมการที่ 3.6 โดยเวกเตอร์การเคลื่อนที่ (Translation vector) จะประกอบด้วย แกนพิกัดต่างๆ ดังนี้

1. เวกเตอร์การเคลื่อนที่ในพิกัดแกน x คือ $300\cos(\theta_1+\theta_2)$
2. เวกเตอร์การเคลื่อนที่ในพิกัดแกน y คือ $300\sin(\theta_1+\theta_2)$
3. เวกเตอร์การเคลื่อนที่ในพิกัดแกน z คือ 25

และจาก DH-Parameter ในตาราง 2 จะได้สมการการเคลื่อนที่เป็น

$$U_1 = (180010 + 180000.09m_2) \ddot{x}_1 + 180005\ddot{x}_2 + 180000.09\ddot{x}_2 m_2 \quad (3.7)$$

$$U_2 = (180005 + 180000.09m_2) \ddot{x}_1 + 90000\ddot{x}_2 m_2 + \ddot{x}_2 \quad (3.8)$$

จากสมการที่ 3.7 และ 3.8 ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

1. U คือ คอนโทรลอินพุต (Control Input)
2. m คือ มวลของแขนกลแต่ละลิงค์
3. $\ddot{x}$ คือ ความเร่งเชิงมุมของมอเตอร์

เมื่อได้สมการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้ว ต่อไปเป็นการออกแบบการทดลอง

3.6 การออกแบบการทดลอง

ในการทดลองการออกแบบมือจับชิ้นงานเพื่อให้ใช้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยก ชิ้นงานนั้น ได้ทำการทดลองกับมวลขนาด 100 g, 200 g, 300 g และ 400 g และได้แบ่งการทดลอง ออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การทดลองการยกชิ้นงานโดยผู้ร่วมการทดลองจำนวน 10 คน ซึ่งผู้ร่วมการทดลองมีทั้งผู้ชายและผู้หญิง อายุประมาณ 20 ถึง 25 ปี โดยผู้ร่วมการทดลองแต่ละคนนั้นจะทดลอง

ถือชิ้นงานไว้ที่ละหนึ่งน้ำหนัก (ทำการทดลองกับชิ้นงานที่มีมวลขนาด 100 g ก่อน แล้วจึงเปลี่ยนมาทำการทดลองที่มีมวลขนาด 200 g และเปลี่ยนเป็น 300 g และ 400 g ตามลำดับ) และยกชิ้นงานขึ้นในการบันทึกผลนั้นจะทำการบันทึกผลการจับจับชิ้นงานแบบจับชิ้นงานไว้กับที่ โดยไม่มีการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน กับอีกแบบเป็นการจับยกชิ้นงานขึ้นลง โดยทำการทดลองคนละ 5 ครั้งต่อหนึ่งชุด

2. การทดลองกับมือจับชิ้นงานที่ถูกออกแบบไว้ ซึ่งมือจับชิ้นงานจะยกชิ้นงานทั้ง 5 ชุดน้ำหนัก โดยให้มือจับชิ้นงานออกแรงจับชิ้นงานไว้กับที่ และอีกแบบคือให้มือจับชิ้นงานทำการจับชิ้นงานพร้อมกับเคลื่อนที่ขึ้นลง ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้งต่อหนึ่งชุด

จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองโดยผู้ร่วมการทดลองกับผลการทดลองจากมือจับชิ้นงานมาทำการเปรียบเทียบกันระหว่างมือจับชิ้นงานกับผู้ร่วมการทดลอง ว่าแบบใดที่มีการจับยกชิ้นงานได้เหมาะสม และการจับยกแบบไหนใช้แรงได้น้อยกว่ากัน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

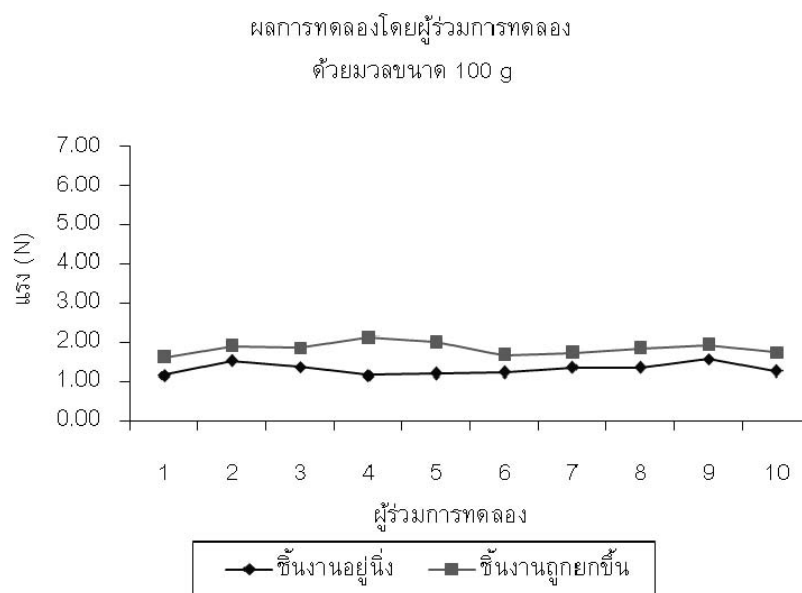
ในการทดลองการออกแบบมือจับชิ้นงานเพื่อให้ใช้แรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกชิ้นงานนั้น ได้ทำการทดลองกับมวลขนาด 100 g, 200 g, 300 g และ 400 g โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดลองการยกชิ้นงานโดยผู้ร่วมการทดลองจำนวน 10 คน อีกส่วนคือการใช้มือจับชิ้นงานที่ถูกออกแบบไว้มายกชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้น

4.1 ผลการทดลองโดยผู้ร่วมการทดลองทั้ง 10 คน

ตาราง 3 ทดลองกับมวลขนาด 100 g

ลักษณะของ การจับชิ้นงาน	คนที่	แรงที่ใช้ในการจับชิ้นงาน (N)					แรงเฉลี่ย (N)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ชิ้นงานอยู่หนึ่ง	1	1.21	1.09	1.13	1.20	1.10	1.15
	2	1.52	1.54	1.60	1.31	1.60	1.51
	3	1.80	1.20	1.25	1.30	1.20	1.35
	4	1.00	1.30	0.90	1.40	1.10	1.14
	5	1.20	1.40	1.10	1.00	1.26	1.19
	6	1.20	1.30	1.10	1.40	1.10	1.22
	7	1.30	1.40	1.45	1.20	1.30	1.33
	8	1.50	1.37	1.30	1.10	1.43	1.34
	9	1.34	1.65	1.68	1.54	1.60	1.56
	10	1.31	1.13	1.27	1.24	1.28	1.25
ชิ้นงานถูกยกขึ้น	1	1.30	1.40	1.64	1.83	1.86	1.61
	2	1.96	1.81	1.90	1.96	1.87	1.90
	3	1.76	2.01	1.93	1.64	1.96	1.86
	4	2.01	2.30	2.15	2.01	2.10	2.11
	5	1.73	1.82	2.00	1.94	2.50	2.00
	6	1.70	1.84	1.62	1.50	1.67	1.67
	7	1.74	1.64	1.94	1.83	1.47	1.72
	8	1.81	1.83	1.87	1.73	1.95	1.84
	9	2.00	1.86	2.15	1.96	1.63	1.92
	10	1.65	1.74	1.85	1.68	1.73	1.73

จากตาราง 3 สามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 แสดงกราฟผลการทดลองที่มีมวลขนาด 100 g

จากตาราง 3 และภาพประกอบ 27 เป็นการยกมวลขนาด 100 g ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของแรงทั้ง 10 คน ที่ออกแรงกระทำที่ชั่งน้ำหนัก เมื่อชั่งน้ำหนักอยู่หนึ่งคือ 1.30 N และเมื่อชั่งน้ำหนักถูกยกขึ้นคือ 1.84 N โดยการออกแรงแบบยกชั่งน้ำหนักขึ้นนั้นจะใช้แรงในการจับยกชั่งน้ำหนักมากกว่าการจับชั่งน้ำหนักแบบอยู่กับที่

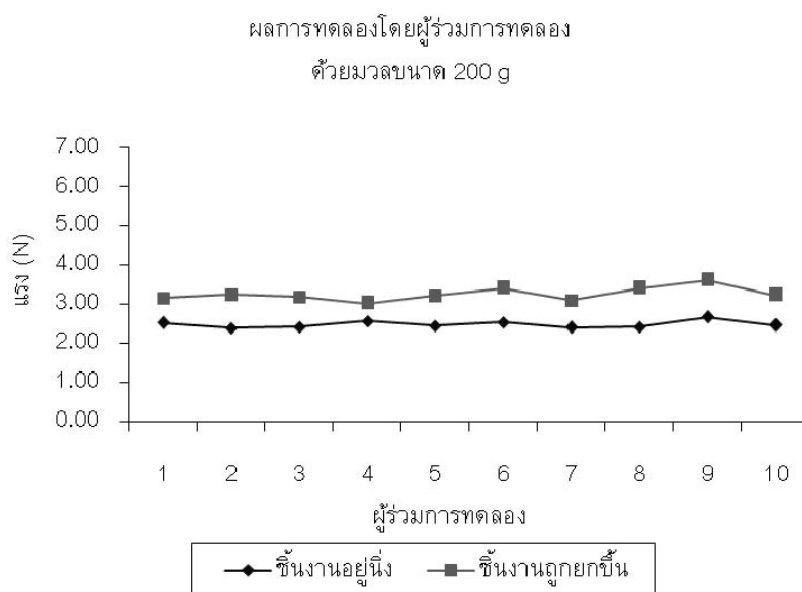
ตาราง 4 ทดลองกับมวลขนาด 200 g

ลักษณะของ การจับชั่งน้ำหนัก	คนที่	แรงที่ใช้ในการจับชั่งน้ำหนัก (N)					แรงเฉลี่ย (N)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ชั่งน้ำหนักอยู่หนึ่ง	1	2.53	2.38	2.49	2.57	2.59	2.51
	2	2.24	2.37	2.23	2.45	2.64	2.39
	3	2.39	2.18	2.36	2.65	2.51	2.42
	4	2.73	2.61	2.31	2.48	2.69	2.56
	5	2.54	2.63	2.29	2.30	2.45	2.44
	6	2.63	2.75	2.44	2.38	2.42	2.52
	7	2.13	2.38	2.45	2.36	2.64	2.39
	8	2.26	2.34	2.49	2.47	2.53	2.42
	9	2.68	2.77	2.67	2.63	2.57	2.66
	10	2.54	2.69	2.34	2.28	2.43	2.46

ตาราง 4 ทดลองกับมวลขนาด 200 g (ต่อ)

ลักษณะของ การจับขึ้นงาน	คนที่	แรงที่ใช้ในการจับขึ้นงาน (N)					แรงเฉลี่ย (N)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ขึ้นงานถูกยกขึ้น	1	3.12	3.25	3.01	3.32	3.08	3.16
	2	3.00	3.10	3.62	3.30	3.15	3.23
	3	3.21	3.17	3.10	3.29	3.10	3.17
	4	2.84	2.89	3.01	3.15	3.20	3.02
	5	3.20	3.32	3.15	3.23	3.17	3.21
	6	3.12	3.20	3.59	3.48	3.59	3.40
	7	3.19	3.05	3.08	3.12	3.03	3.09
	8	3.37	3.40	3.49	3.30	3.42	3.40
	9	3.57	3.62	3.45	3.67	3.72	3.61
	10	3.43	3.17	3.09	3.25	3.19	3.23

จากตาราง 4 สามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังภาพประกอบ 28



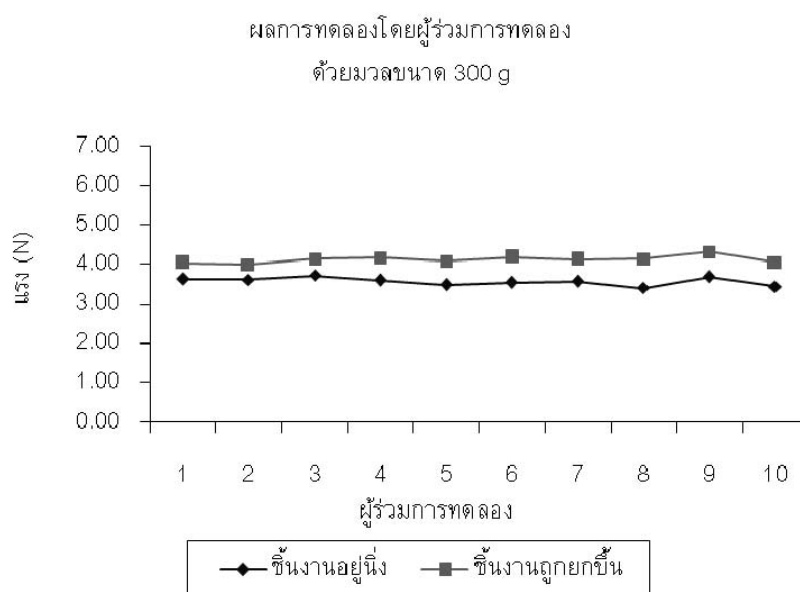
ภาพประกอบ 28 แสดงกราฟผลการทดลองที่มีมวลขนาด 200 g

จากตาราง 4 และภาพประกอบ 28 เป็นการยกมวลขนาด 200 g ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของแรงทั้ง 10 คน ที่ออกแรงกระทำที่ขึ้นงาน เมื่อขึ้นงานอยู่นิ่งคือ 2.48 N และเมื่อขึ้นงานถูกยกขึ้นคือ 3.25 N โดยการออกแรงแบบยกขึ้นงานขึ้นนั้นจะใช้แรงในการจับยกขึ้นงานมากกว่าการจับขึ้นงานแบบอยู่กับที่

ตาราง 5 ทดลองกับมวลขนาด 300 g

ลักษณะของ การจับชิ้นงาน	คนที่	แรงที่ใช้ในการจับชิ้นงาน (N)					แรงเฉลี่ย (N)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ชิ้นงานอยู่หนึ่ง	1	3.69	3.57	3.38	3.69	3.78	3.62
	2	3.60	3.52	3.54	3.63	3.78	3.61
	3	3.73	3.84	3.71	3.65	3.68	3.72
	4	3.57	3.59	3.69	3.54	3.62	3.60
	5	3.30	3.41	3.53	3.61	3.55	3.48
	6	3.64	3.53	3.61	3.45	3.44	3.53
	7	3.56	3.72	3.64	3.50	3.43	3.57
	8	3.41	3.34	3.46	3.37	3.42	3.40
	9	3.51	3.79	3.78	3.62	3.75	3.69
	10	3.48	3.38	3.42	3.60	3.28	3.43
ชิ้นงานถูกยกขึ้น	1	3.96	4.11	4.02	3.95	4.13	4.03
	2	4.05	4.09	3.96	3.89	4.01	4.00
	3	4.22	3.98	4.16	4.07	4.28	4.14
	4	4.40	4.31	4.12	4.01	4.02	4.17
	5	3.92	4.02	4.52	4.02	3.92	4.08
	6	4.13	4.23	4.09	4.18	4.31	4.19
	7	4.19	4.05	4.06	4.19	4.13	4.12
	8	4.33	4.05	4.26	3.99	4.08	4.14
	9	4.30	4.27	4.40	4.62	4.01	4.32
	10	4.12	4.15	4.16	3.95	3.89	4.05

จากตาราง 5 สามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 แสดงกราฟผลการทดลองที่มีมวลขนาด 300 g

จากตาราง 5 และภาพประกอบ 29 เป็นการยกมวลขนาด 300 g ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของแรงทั้ง 10 คน ที่ออกแรงกระทำที่ขึ้นงาน เมื่อขึ้นงานอยู่นิ่งคือ 3.57 N และเมื่อขึ้นงานถูกยกขึ้นคือ 4.13 N โดยการออกแรงแบบยกขึ้นงานขึ้นนั้นจะใช้แรงในการจับยกขึ้นงานมากกว่าการจับขึ้นงานแบบอยู่กับที่

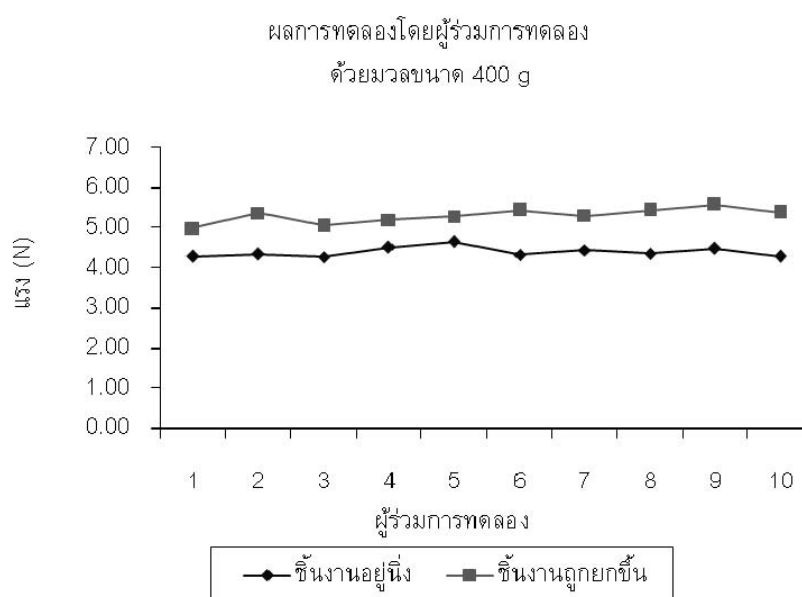
ตาราง 6 ทดลองกับมวลขนาด 400 g

ลักษณะของ การจับขึ้นงาน	คนที่	แรงที่ใช้ในการจับขึ้นงาน (N)					แรงเฉลี่ย (N)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ขึ้นงานอยู่นิ่ง	1	4.21	4.32	4.38	4.28	4.24	4.29
	2	4.46	4.13	4.28	4.38	4.44	4.34
	3	4.14	4.21	4.25	4.38	4.34	4.26
	4	4.56	4.53	4.62	4.38	4.51	4.52
	5	4.62	4.56	4.68	4.64	4.78	4.66
	6	4.37	4.28	4.24	4.37	4.40	4.33
	7	4.46	4.42	4.37	4.46	4.52	4.45
	8	4.38	4.32	4.48	4.38	4.26	4.36
	9	4.49	4.58	4.40	4.42	4.53	4.48
	10	4.21	4.31	4.28	4.35	4.28	4.29

ตาราง 6 ทดลองกับมวลขนาด 400 g (ต่อ)

ลักษณะของ การจับขึ้นงาน	คนที่	แรงที่ใช้ในการจับขึ้นงาน (N)					แรงเฉลี่ย (N)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ขึ้นงานถูกยกขึ้น	1	5.02	4.98	4.83	5.13	5.03	5.00
	2	5.29	5.33	5.43	5.54	5.28	5.37
	3	5.17	5.15	5.02	5.03	4.98	5.07
	4	5.14	5.31	5.23	5.04	5.24	5.19
	5	5.02	5.25	5.48	5.27	5.41	5.29
	6	5.55	5.15	5.54	5.62	5.34	5.44
	7	5.12	5.32	5.34	5.52	5.20	5.30
	8	5.63	5.48	5.46	5.23	5.36	5.43
	9	5.50	5.60	5.51	5.68	5.63	5.58
	10	5.35	5.42	5.49	5.36	5.28	5.38

สามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังภาพประกอบ 30



ภาพประกอบ 30 แสดงกราฟผลการทดลองที่มีมวลขนาด 400 g

จากตาราง 6 และภาพประกอบ 30 เป็นการยกมวลขนาด 400 g ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของแรงทั้ง 10 คน ที่ออกแรงกระทำที่ขึ้นงาน เมื่อขึ้นงานอยู่นิ่งคือ 4.40 N และเมื่อขึ้นงานถูกยกขึ้นคือ 5.31 N

โดยการออกแรงแบบยกชิ้นงานขึ้นนั้นจะใช้แรงในการจับยกชิ้นงานมากกว่าการจับชิ้นงานแบบอยู่กับที่

จากการทดลองที่มวลขนาดต่างๆ อย่างละ 10 ครั้ง แรงที่วัดได้ต่อคนจะใกล้เคียงกันทำให้ค่าเฉลี่ยของผลรวมการทดลองนั้นเป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ในส่วนข้อมูลที่มีความเบี่ยงเบนไปบ้างเป็นเพราะภาวะอารมณ์ของผู้ร่วมการทดลองที่อาจจะเกิดความเมื่อยล้าไปบ้าง

4.2 ผลการทดลองโดยมือจับชิ้นงาน

จากการทดลองโดยวัดแรงจับยกชิ้นงานของมือจับชิ้นงานขณะที่ออกแรงจับยกโดยชิ้นงานอยู่กับที่ หรือมีการเคลื่อนที่ชิ้นงานขึ้นลง ผลที่ได้มีค่าที่เท่ากัน เพราะเนื่องจากความละเอียดของการควบคุมมอเตอร์ (การปรับค่าดิจิทัลไซเคิล) ทำให้ผลที่ได้เป็นแรงจับยกชิ้นงานที่มีขนาดเท่ากัน ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงได้แสดงข้อมูลเพียงชุดเดียว ดังนี้

1. จับยกชิ้นงานที่น้ำหนัก 100 กรัม มือจับชิ้นงานออกแรง 1.90 N
2. จับยกชิ้นงานที่น้ำหนัก 200 กรัม มือจับชิ้นงานออกแรง 2.78 N
3. จับยกชิ้นงานที่น้ำหนัก 300 กรัม มือจับชิ้นงานออกแรง 3.62 N
4. จับยกชิ้นงานที่น้ำหนัก 400 กรัม มือจับชิ้นงานออกแรง 4.75 N

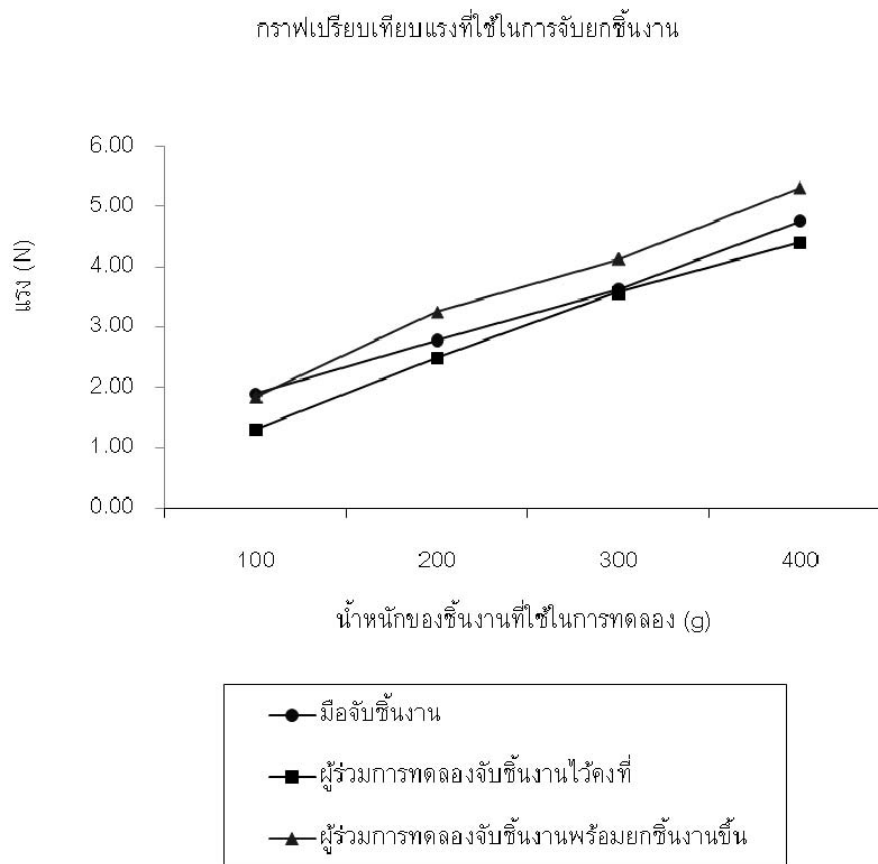
จากการทดลองโดยผู้ร่วมการทดลอง และมือจับชิ้นงานสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 สรุปแรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงาน

น้ำหนักของชิ้นงาน (g)	แรงจับชิ้นงาน โดยมือจับชิ้นงาน (N)	แรงจับชิ้นงานโดย ผู้ร่วมการทดลอง (N)	
		จับชิ้นงานไว้คงที่	ยกชิ้นงานขึ้น
100	1.90	1.30	1.84
200	2.78	2.48	3.25
300	3.62	3.57	4.13
400	4.75	4.40	5.31

จากตาราง 7 เป็นการสรุปข้อมูลจากผลการทดลองของการจับชิ้นงานทั้งชุดน้ำหนัก ได้แก่ น้ำหนัก 100 g, 200 g, 300 g และ 400 g โดยผลของข้อมูลแยกเป็นข้อมูลในส่วนของมือจับชิ้นงาน และข้อมูลในส่วนของผู้ร่วมการทดลอง ซึ่งในส่วนของผู้ร่วมการทดลองนั้นยังแยกย่อยออกมาอีกเป็น ผู้ร่วมการทดลองที่จับชิ้นงานไว้คงที่ไม่มีการเคลื่อนที่ชิ้นงานขึ้นลง และอีกแบบเป็นการทดลองของผู้

ร่วมการทดลองที่มีการจับยกชิ้นงานพร้อมกับมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงของชิ้นงาน ซึ่งสามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงาน

จากภาพประกอบ 31 ทำให้เห็นได้ว่าผู้ร่วมการทดลองนั้นสามารถจับชิ้นงานแบบอยู่กับที่ได้ โดยออกแรงจับชิ้นงานน้อยที่สุด ลองลงมาคือมือจับชิ้นงานที่ออกแรงเป็นอันดับสองรองจากผู้ร่วมการทดลองที่ออกแรงจับชิ้นงานแบบชิ้นงานอยู่กับที่ แต่ผลของมือจับชิ้นงานก็ยังน้อยกว่าการจับยกชิ้นงานของผู้ร่วมการทดลองแบบมีการเคลื่อนที่ขึ้นลง ทำให้เห็นได้ว่าผู้ร่วมการทดลองสามารถออกแรงได้น้อยที่สุดแต่ต้องเป็นสถานะที่ไม่มีเงื่อนไขอื่นเข้ามาแทรก แต่มือจับชิ้นงานนั้นสามารถจับยกชิ้นงานได้เหมาะสมที่สุดไม่ว่าจะมีเงื่อนไขอื่นเข้ามาในระบบ เช่นการยกชิ้นงานเป็นต้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการออกแรงจับยกชิ้นงานด้วยแรงที่เหมาะสมที่สุด โดยเปรียบเทียบการจับยกชิ้นงานของมนุษย์ กับการจับชิ้นงานของมือจับชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้ ด้วยการจับยกชิ้นงานที่มีมวลขนาด 100 g, 200 g, 300 g และ 400 g โดยทดสอบกับการจับยกชิ้นงานโดยชิ้นงานไม่ลื่นไถล โดยพิจารณาจากกรณีที่ชิ้นงานอยู่กับที่ และชิ้นงานถูกยกขึ้นลง

5.1 สรุปผลการทดลอง

มือจับชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้ สามารถจับยกชิ้นงานด้วยแรงที่เหมาะสมที่สุดได้คือ ออกแรงจับชิ้นงานที่มีมวลขนาด 100 g, 200 g, 300 g และ 400 g ด้วยแรง 1.90 N, 2.78 N, 3.63 N และ 4.75 N ตามลำดับ ซึ่งในการจับยกชิ้นงานของมือจับชิ้นงานที่มีการจับชิ้นงานเคลื่อนที่ขึ้นลงสามารถออกแรงได้น้อยกว่าการจับยกชิ้นงานของผู้ร่วมการทดลองที่มีการจับชิ้นงานเคลื่อนที่ขึ้นลง แต่มือจับชิ้นงานก็ยังออกแรงมากกว่าการจับยกชิ้นงานของผู้ร่วมการทดลองโดยไม่มีการเคลื่อนที่ขึ้นลงของชิ้นงาน และในระหว่างยกชิ้นงานของมือจับชิ้นงานนั้น จะมีการเคลื่อนที่ของชิ้นงานที่มือจับชิ้นงานเล็กน้อยเป็นบางครั้ง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของแขนกลนั้นมีการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น แต่ก็เป็นแรงที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงานของผู้ร่วมการทดลอง

ในขณะที่ทำการทดลองครบ 1 ชุดน้ำหนักต่อผู้ร่วมการทดลอง ต้องพักการทดลองชั่วคราว เนื่องจากที่อุ้งมือของผู้ทำการทดลองมีเหงื่อเกิดขึ้น ซึ่งเป็นเหตุให้แรงเสียดทานระหว่างมือกับชิ้นงานลดลง ทำให้แรงที่ได้เป็นแรงที่ใช้ในการจับยกชิ้นงานมากกว่าความเป็นจริง และอาจจะเกิดความล้าของแขน อีกทั้งในการวิจัยมือจับชิ้นงานที่มีเมาส์ลูกกลิ้งเป็นองค์ประกอบนั้น เป็นเพียงมือจับชิ้นงานต้นแบบ ทำให้มือจับชิ้นงานนั้นมีข้อจำกัดอยู่มาก ทั้งเรื่องของน้ำหนักชิ้นงานที่ใช้ทดลอง รวมถึงขนาดของชิ้นงาน ซึ่งหากต้องการให้มือจับชิ้นงานนั้นสามารถจับชิ้นงานได้ละเอียดขึ้น และควบคุมแรงให้น้อยที่สุดนั้น สามารถทำได้โดยการควบคุมมอเตอร์ให้มีความละเอียดในการหมุน โดยการเปลี่ยนระบบควบคุม หรือเปลี่ยนระบบมือจับชิ้นงานที่มั่นคงและมีความละเอียดมากกว่านี้ หรือเพิ่มความยืดหยุ่นของมือจับชิ้นงานขณะที่มีการสัมผัสกับชิ้นงาน เเท่านี้ก็สามารถทดสอบการจับยกชิ้นงานที่มีความเปราะบางเช่นไข่ไก่ แก้วไวน์ หรือกระทั่งหุ่นยนต์จับเส้นเลือดได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หากต้องการให้มือจับชิ้นงานสามารถจับยกสิ่งของที่แตกง่ายได้อย่างปลอดภัยนั้น สามารถเปลี่ยนเมาส์ลูกกลิ้งที่ติดตั้งบนมือจับชิ้นงาน เป็นเมาส์แสงได้ เพราะว่าหากใช้เมาส์ลูกกลิ้งในการจับชิ้นงานนั้น จำเป็นต้องให้ผิวของชิ้นงานสัมผัสกับลูกกลิ้ง ซึ่งลูกกลิ้งนั้นเป็นของแข็ง ฉะนั้น สิ่งของเปราะบางอาจจะได้รับการกระทบกระเทือนจนเกิดความเสียหายได้ แต่หากใช้เมาส์แสงก็ต้องพึงระวังเรื่องของพื้นผิวของชิ้นงานด้วยว่าจะต้องไม่ดูดกลืนแสง หรือหักเหแสงจนค่าที่เมาส์แสงอ่านได้เคลื่อนเคลื่อนหรืออ่านไม่ได้เลย

2. การออกแบบระบบที่มีความละเอียด เช่นการส่งมอเตอร์ให้หมุนด้วยมุมที่ค่อนข้างละเอียด เพื่อให้การเคลื่อนที่ของนิ้วจับชิ้นงานเคลื่อนที่ได้ละเอียดด้วยเช่นกัน หรือในส่วนของ การออกแบบมือจับชิ้นงาน ควรระวังเรื่องของการที่มือจับชิ้นงานออกแรงเกินขีดความสามารถของมือจับชิ้นงานจะทำงานได้ เช่นมอเตอร์มีกำลังในการหมุนให้มือจับชิ้นงานเลื่อนเข้ามาจับชิ้นงานอีก แต่นิ้วของมือจับชิ้นงานไม่สามารถทนแรงกดขนาดนั้นได้ ทำให้มือจับชิ้นงานเกิดการจับยกชิ้นงานแบบไม่เต็มหน้าสัมผัส หรือมือจับชิ้นงานเกิดการถ่างออกจากกันเป็นรูปสามเหลี่ยม ทำให้ประสิทธิภาพต่ำทันที

3. การประยุกต์ให้มือจับชิ้นงานที่ติดตั้งเมาส์มีขนาดเล็กจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานจริงได้ แต่ราคาก็จะสูงตาม หรือกระบวนการผลิตก็ที่ยากซับซ้อนขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นควรพิจารณาให้รอบคอบก่อนตัดสินใจ

4. หากประยุกต์เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ ควรระวังเรื่องความสะอาดของมือจับชิ้นงาน ไม่ว่าจะเป็นการหล่อลื่นรางสไลด์ หรือการใช้วัสดุที่อาจจะเกิดการละลายด้วยสารเคมีที่ใช้ในงานนั้นๆ ซึ่งจะเป็นอันตรายอย่างมาก

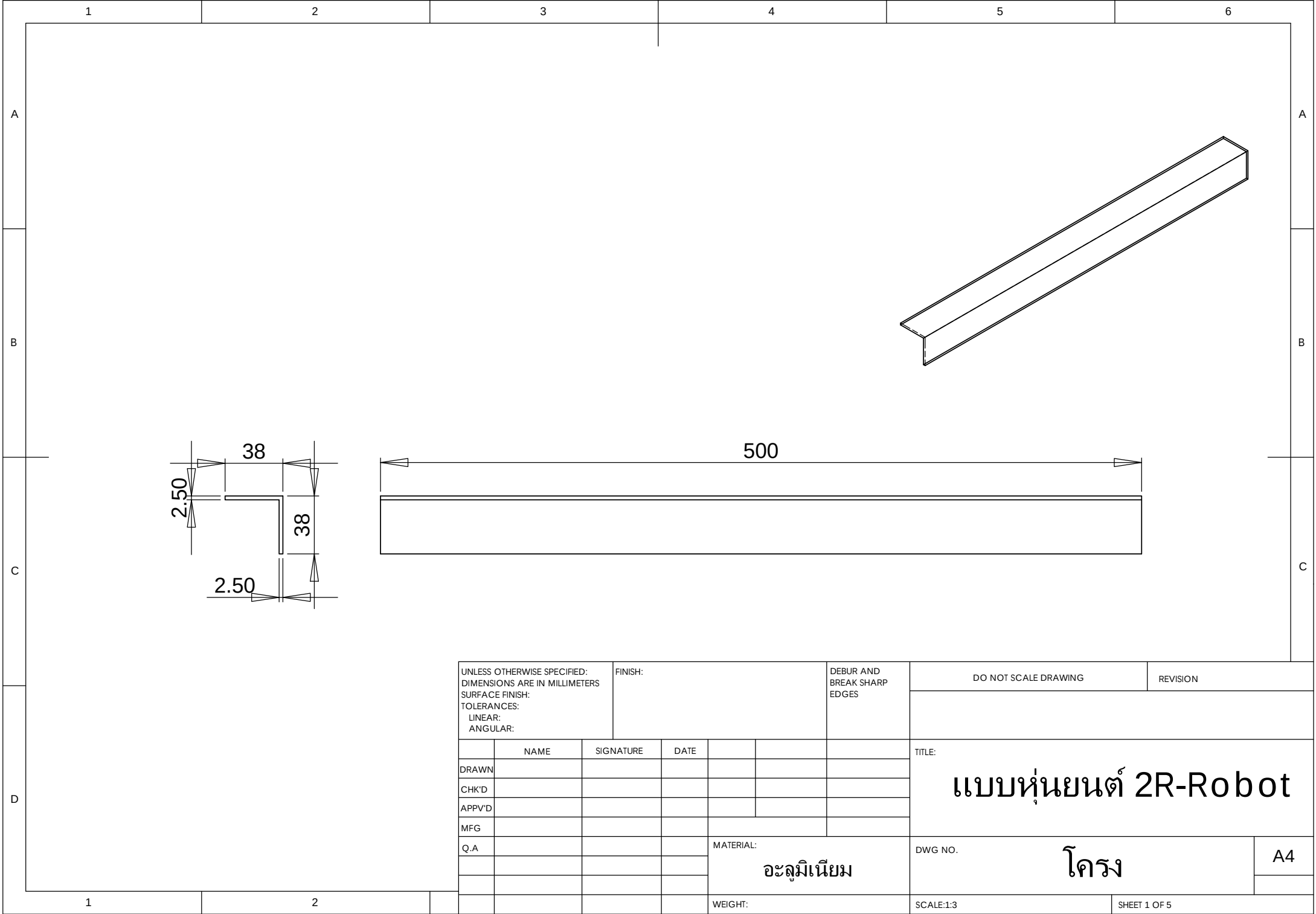
บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

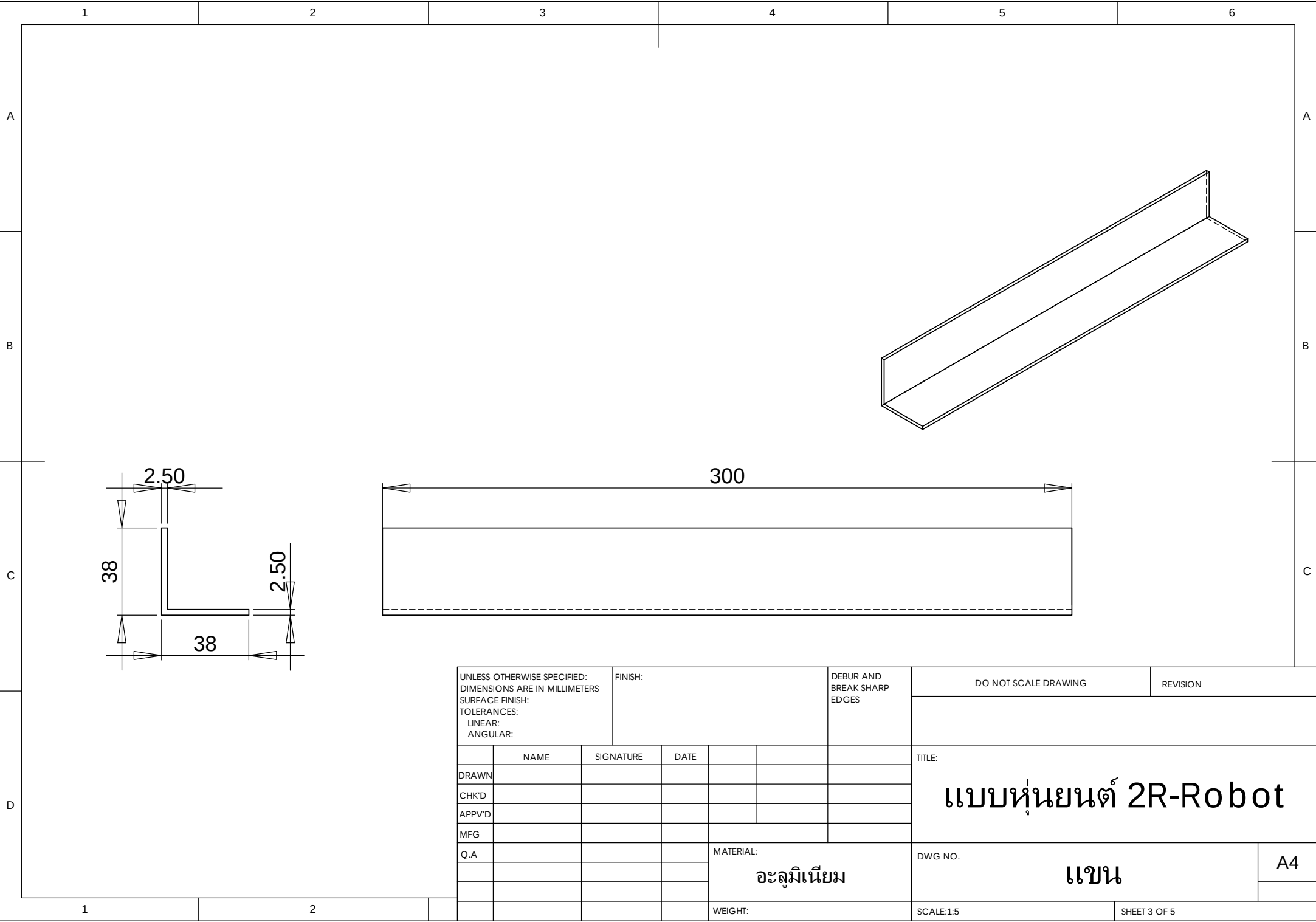
- [1] ทวีวัชร วีระแก้ว. Mechatronics. (เอกสารประกอบการสอน). รร. จปร.
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล; 2549
- [2] สถาพร ลักษณะเจริญ. วิศวกรรมหุ่นยนต์ Robotics Engineering. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2548
- [3] Assembly Automation. Retrieved October 17, 2007, form <http://www.pe.tut.fi/akp/robotit.html>.
- [4] Parallel Robot Kinematics. Retrieved October 17, 2007, form <http://www.vandorendesigns.com/ParallelKin.html>
- [5] Three dimensional graphics, illustrations and animations. Retrieved October 17, 2007, form <http://www.fauskes.net/nb/threedill/>.
- [6] คู่มือเตรียมสอบเข้า ป.ว.ส. เทคนิค-เทคโนโลยี ของ Book Center. แรงเสียดทาน. สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2550, จาก <http://www.geocities.com/orataiky/friction.html>.
- [7] เจริญ เพชรมุณี. เรียนลัด LabVIEW. บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่นจำกัด(มหาชน); 2547
- [8] How Does A Mouse Work?. Retrieved October 17, 2007, form <http://ppleyard.org.uk/archives/2005/02/08/how-does-a-mouse-work.html>
- [9] Nobuaki Nakazawa, Il-hwan Kim, Hikaru Inooka, Ryojun Ikeura. Force Control of a Robot Hand Emulating Human's Grasping Motion. IEEE; 1999. pp. 774-779.
- [10] Erika Ottaviano, Maria Toti, and Marco Ceccarelli. Grasp Force Control in Two-Finger Grippers wiith Pneumatic Actuation. IEEE; April 2000 pp. 1976-1981.
- [11] Takashi Maeno, Shinichi Hiromitsu and Takashi Kawai. Control of grasping force by detecting stick-slip distribution at the curved surface of an elastic finger. IEEE; April 2000 pp. 3895-3900.
- [12] Jun Ueda, Member, Atsutoshi Ikeda, and Tsukasa Ogasawara. Grip-Force Control of an Elastic Object by Vision-Based Slip-Margin Feedback During the Incipient Slip. IEEE; December 2005. pp. 1139-1147.
- [13] National Instruments Hardware Used. Retrieved October 17, 2007, form http://www.psychology.heacademy.ac.uk/etsl/ni_hardware.html.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบหุ่นยนต์ 2R-Robot



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
	NAME		SIGNATURE	DATE				TITLE: แบบหุ่นยนต์ 2R-Robot			
DRAWN											
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A					MATERIAL: อะลูมิเนียม			DWG NO. โครม		A4	
					WEIGHT:			SCALE:1:3		SHEET 1 OF 5	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
	NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE: แบบหุ่นยนต์ 2R-Robot		
DRAWN											
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A					MATERIAL: อะลูมิเนียม			DWG NO. แขน		A4	
					WEIGHT:			SCALE:1:5		SHEET 3 OF 5	

1 2 3 4 5 6

A

B

C

D

1 2

38

2.50

38

2.50

60

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

TITLE:

แบบหุ่นยนต์ 2R-Robot

DWG NO.

อะลูมิเนียม

ล๊อคมอเตอร์

A4

SCALE:1:1

SHEET 4 OF 5

WEIGHT:

MATERIAL:

Q.A

MFG

APPV'D

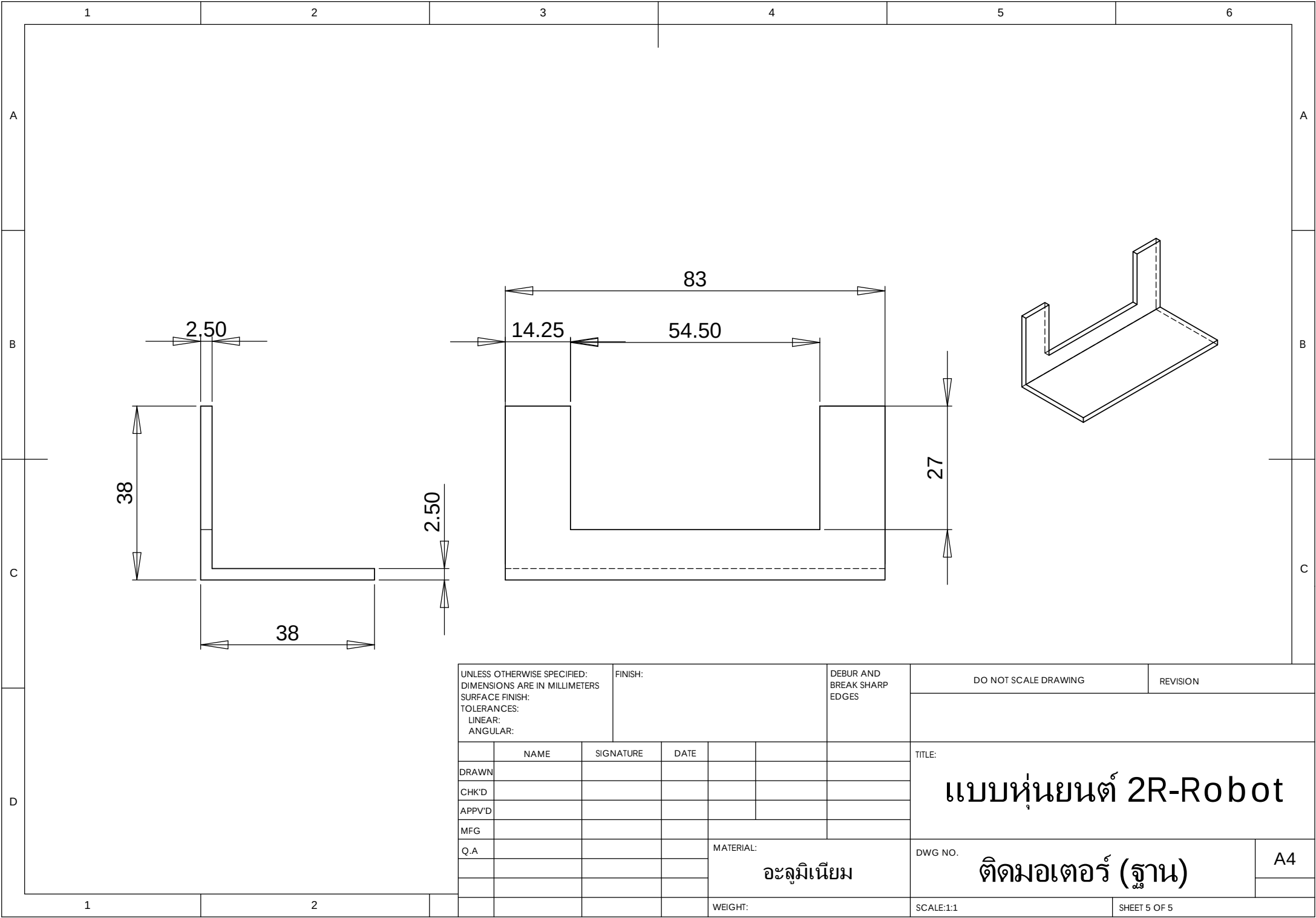
CHK'D

DRAWN

NAME

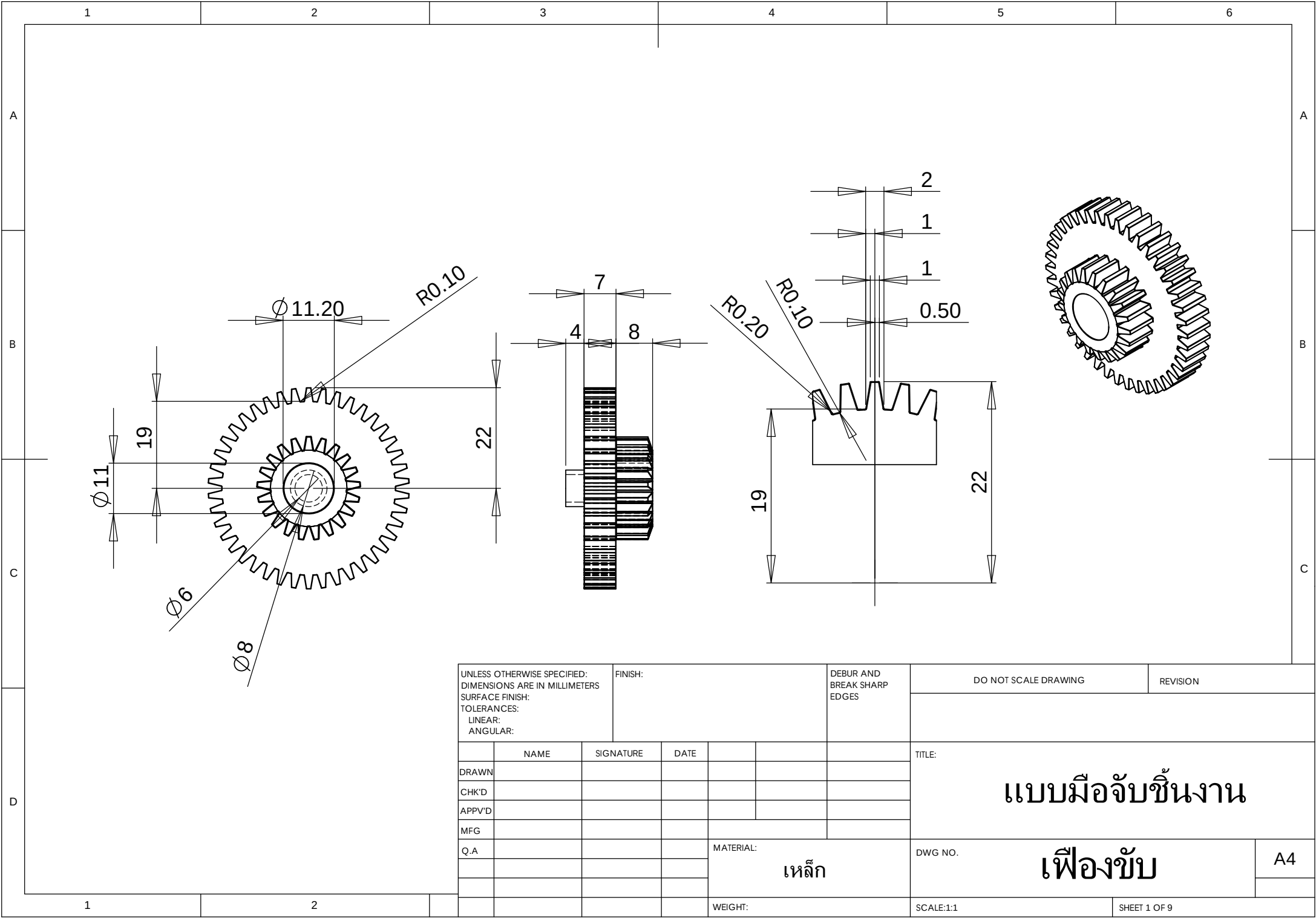
SIGNATURE

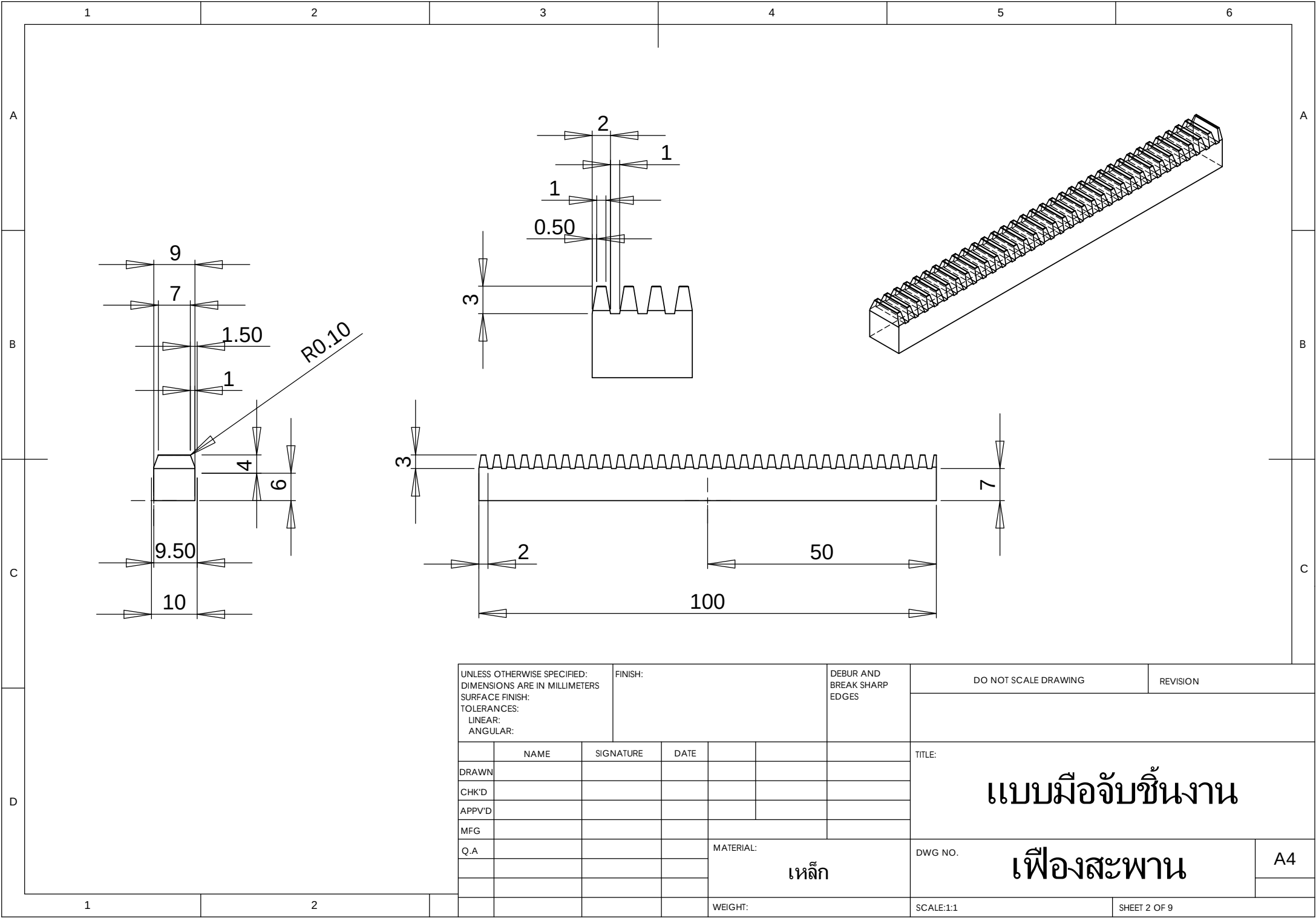
DATE



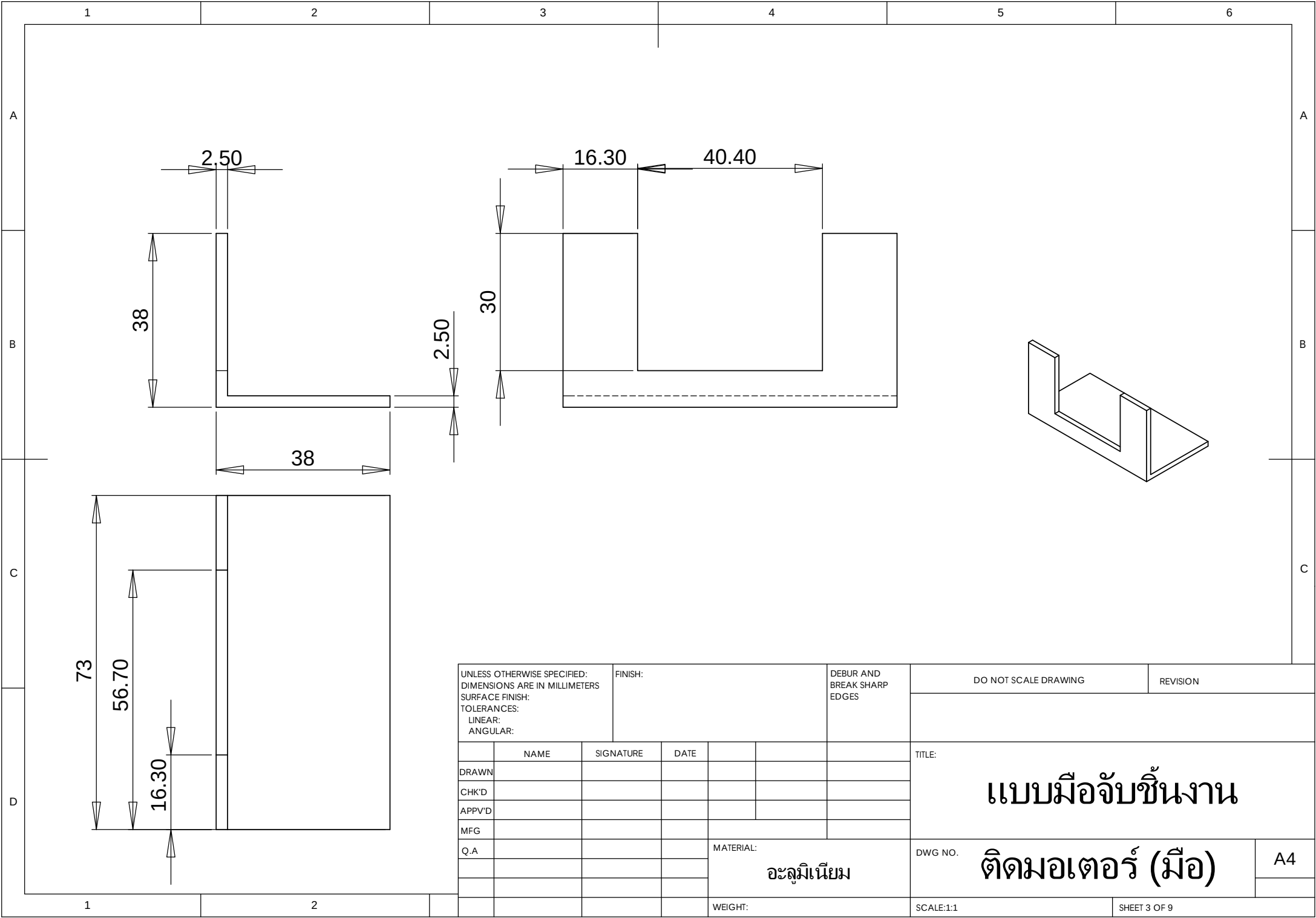
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE						TITLE: แบบหุ่นยนต์ 2R-Robot	
DRAWN										
CHK'D										
APPV'D										
MFG										
Q.A									DWG NO. ติดมอเตอร์ (ฐาน)	
									A4	
									SCALE:1:1	
									SHEET 5 OF 5	
									WEIGHT:	

ภาคผนวก ข
แบบมือจับชิ้นงาน





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:						FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION				
										TITLE: แบบมือจับขึ้นงาน						
	NAME		SIGNATURE		DATE											
DRAWN																
CHK'D																
APPV'D																
MFG											DWG NO. เฟืองสะพาน					
Q.A															A4	
											SCALE:1:1		SHEET 2 OF 9			
										WEIGHT:						



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION			
	NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE: แบบมือจับขึ้นงาน				
DRAWN													
CHK'D													
APPV'D													
MFG													
Q.A					MATERIAL: อะลูมิเนียม			DWG NO.		ติดมอเตอร์ (มือ)		A4	
					WEIGHT:			SCALE:1:1			SHEET 3 OF 9		

Technical drawing of a mechanical part, showing a side view and a top view. The drawing is dimensioned in millimeters.

Side View Dimensions:

- Overall width: 100
- Top flange width: 62
- Top flange thickness: 2
- Top flange height: 18.50
- Top flange offset: 30
- Top flange thickness: 4
- Top flange height: 22
- Top flange offset: 10
- Top flange thickness: 30

Top View Dimensions:

- Overall width: 100
- Top flange width: 62
- Top flange thickness: 2
- Top flange height: 18.50
- Top flange offset: 30
- Top flange thickness: 4
- Top flange height: 22
- Top flange offset: 10
- Top flange thickness: 30

Table 1: Manufacturing Information

NAME	SIGNATURE	DATE	REVISION
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

Table 2: Material and Weight

MATERIAL	WEIGHT
เหล็ก	

Table 3: Drawing Information

TITLE	DWG NO.	SCALE
แบบมือจับขึ้นงาน		1:1

Table 4: Revision History

REVISION	DATE	DESCRIPTION

1 2 3 4 5 6

A

B

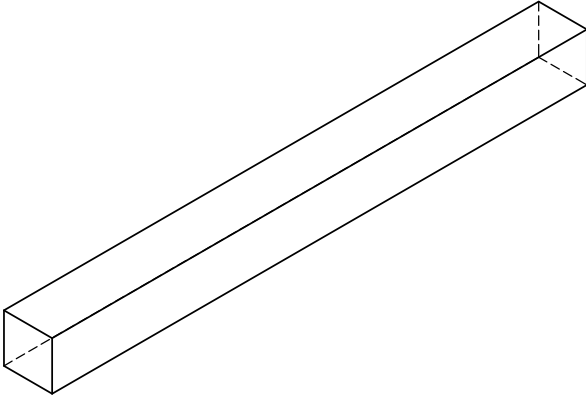
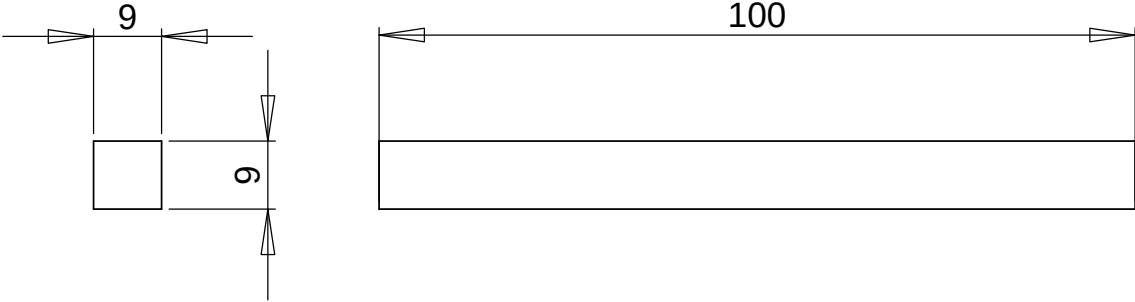
C

D

The drawing shows a mechanical part with the following dimensions: overall width 100, overall height 30, a central slot of width 30 and depth 22, and a base thickness of 10. A detail view on the left shows a cross-section with a width of 2. An isometric view on the right shows the 3D shape of the part.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D										แบบมือจับชิ้นงาน	
APPV'D											
MFG											
Q.A											
								MATERIAL:		DWG NO.	
								เหล็ก		แผ่นเหล็กด้านหลัง	
								WEIGHT:		SCALE:1:1	
										SHEET 5 OF 9	

1 2

1	2	3	4	5	6																																																																
A						A																																																															
B						B																																																															
C						C																																																															
D						D																																																															
1	2	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR: FINISH: DEBUR AND BREAK SHARP EDGES <table><tr><td></td><td>NAME</td><td>SIGNATURE</td><td>DATE</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>DRAWN</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>CHK'D</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>APPV'D</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>MFG</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Q.A</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>				NAME	SIGNATURE	DATE				DRAWN							CHK'D							APPV'D							MFG							Q.A																												DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE																																																																		
DRAWN																																																																					
CHK'D																																																																					
APPV'D																																																																					
MFG																																																																					
Q.A																																																																					
						TITLE: แบบมือจับขึ้นงาน																																																															
				MATERIAL: อะลูมิเนียม		DWG NO. ร่าง	A4																																																														
				WEIGHT:		SCALE:1:1	SHEET 6 OF 9																																																														

1	2	3	4	5	6	
A						A
B						B
C						C
D						D

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE					TITLE: แบบมือจับชิ้นงาน			
DRAWN											
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL: อะลูมิเนียม		DWG NO.		A4	
						WEIGHT:		SCALE:1:1		SHEET 7 OF 9	

1 2 3 4 5 6

A

B

C

D

1 2

2.50

38

38

74

2.50

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

TITLE:

แบบมือจับชิ้นงาน

DWG NO.

มือจับสัมผัส

A4

SCALE:1:1

SHEET 9 OF 9

	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

MATERIAL:
อลูมิเนียม

WEIGHT:

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล
วันเดือนปีเกิด
สถานที่เกิด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน

นายสรารุณ สิริเกษมสุข
20 สิงหาคม พ.ศ. 2528
โรงพยาบาลหัวเฉียว กรุงเทพมหานคร
226/8 หมู่ 19 ถ. สุขสวัสดิ์ ต. บางพึ่ง อ. พระประแดง
จ. สมุทรปราการ 10130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2539

ประถมศึกษา
จากโรงเรียนอานวยวิทย์

พ.ศ. 2542

มัธยมศึกษาตอนต้น
จากโรงเรียนมัธยมสาธิตสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

พ.ศ. 2545

มัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนแจรงร้อนวิทยา

พ.ศ. 2549

ปริญญาตรี (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต) วิศวกรรมเครื่องกล
จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2551

ปริญญาโท (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) วิศวกรรมเครื่องกล
จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ