การออกแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้แบบกึ่งอัตโนมัติ

DESIGN OF SEMI-AUTOMATIC MACHINE FOR BIODEGRADABLE CHOPSTICKS

พรทิพย์ ลี้เลิศล้ำ

PORNTHIP LEELERDLAM

นิคม เสือเณร

NIKHOM SUEANEN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การออกแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้แบบกึ่งอัตโนมัติ

DESIGN OF SEMI-AUTOMATIC MACHINE FOR BIODEGRADABLE CHOPSTICKS

พรทิพย์ ลี้เลิศล้ำ

PORNTHIP LEELERDLAM

นิคม เสือเณร

NIKHOM SUEANEN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

DESIGN OF SEMI-AUTOMATIC MACHINE FOR BIODEGRADABLE CHOPSTICKS

PORNTHIP LEELERDLAM

NIKHOM SUEANEN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ACADEMIC YEAR 2020

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2563

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้แบบกึ่งอัตโนมัติ

Design of Semi-Automatic Machine for Biodegradable Chopsticks

ผู้จัดทำ

1. นางสาวพรทิพย์ ลี้เลิศล้ำ รหัสประจำตัวนักศึกษา 60010657

2. นายนิคม เสือเณร รหัสประจำตัวนักศึกษา 60010535

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.เจษฎา ชัยโฉม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อโครงงาน การออกแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้แบบกึ่งอัตโนมัติ

นักศึกษา นางสาวพรทิพย์ ลี้เลิศล้ำ

นายนิคม เสือเณร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.เจษฎา ชัยโฉม

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอาหาร

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้แบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้แป้งถั่วเหลืองผสมกับแป้งข้าวโพดเป็นวัตถุดิบสำหรับขึ้นรูปตะเกียบซึ่งสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ในโครงงานนี้ได้ศึกษาและออกแบบโครงสร้างหลักของเครื่องขึ้นรูปตะเกียบได้แก่ ชุดบดแป้ง ชุดกล่องบรรจุแป้งลงแม่พิมพ์และชุดอัดขึ้นรูป โดยได้ทำการออกแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้แบบกึ่งอัตโนมัติ 2 แบบ เพื่อเป็นทางเลือกซึ่งใช้เกณฑ์การตัดสินใจเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงได้มีการเขียนชุดคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยโปรแกรม Arduino และทำการออกแบบเครื่องต้นแบบพร้อมบอกรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์เพื่อใช้สำหรับการทดสอบเครื่องต้นแบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Project Design of Semi-Automatic Machine for Biodegradable Chopsticks

Students Ms. Pornthip Leelerdlam

Mr. Nikhom Sueanen

Project Advisor Asst.Prof.Dr.Jedsada Chaishome

Degree Bachelor of Engineering

Program Food Engineering

Academic Year 2020

ABSTRACT

The objective of this project was to design a semi-automatic biodegradable chopstick forming machine. Using soybean flour mixed with corn flour as raw material for forming chopsticks, which can be biodegradable In this project, the main structure of chopstick forming machine was studied and designed, namely flour mill set, dough box set into mold and extrusion set. Two semi-automatic biodegradable chopstick forming machines were designed as an alternative, which was based on the most appropriate selection criteria. Including a set of instructions to control the motor with Arduino program and design a prototype with details of each device to be used for testing the prototype next.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.เจษฎา ชัยโฉม อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ ตลอดจนการชี้แนะในข้อพกพร่องและแนวทางการแก้ไขปัญญาต่าง ๆ จนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ช่วยอบรมสั่งสอนให้มีคุณธรรม จริยธรรมอันดีงามรวมทั้งให้ความรู้ตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้ออำนวยสถานที่ และเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆในการทำโครงงาน

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ตลอดจนกัลยาณมิตรทุก ๆ ท่าน ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือจนโครงงานนี้ประสบความสำเร็จไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย iv

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ v

กิตติกรรมประกาศ vi

สารบัญรูป x

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 3

2.1 ระบบนิวเมติกส์ 3

2.1.1 เครื่องอัดลม 4

2.1.1.1 การติดตั้งเครื่องอัดลม 5

2.1.2 เครื่องระบายความร้อนลมอัด (Aftercoolers) 5

2.1.3 เครื่องทำลมแห้ง (Air dryers) 5

2.1.4 ถังพักลมอัด (Air reservoir) 6

2.1.5 เครื่องกรองท่อหลัก (Main line air filter) 7

2.1.6 ชุดปรับคุณภาพลมอัด (Air service unit) 7

2.1.7 กระบอกสูบ (Cylinder) 8

2.1.8 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve) 8

2.1.9 วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve) 8

2.2. โปรแกรม Arduino 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.1 โครงสร้างของบอร์ด Arduino UNO R3 9
2.2.2 ข้อมูลเฉพาะของ บอร์ด Arduino UNO R3 11
2.2.3 การเขียนโปรแกรมพื้นฐาน Arduino 11
2.3 โปรแกรม Solidworks 12
2.3.1 คำสั่งพื้นฐาน 13
2.4 การขึ้นรูปด้วยการกดอัด 15
2.4.1 ลักษณะเครื่องอัด (Compression molding machine) 15
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 18
3.1 การออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ 18
3.1.1 การออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1 18
3.1.2 การออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่2 19
3.1.2.1 หลักการในการออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปแบบที่ 2 20
3.1.3 เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกแบบแต่ละเครื่อง 21
3.1.4 คำนวณหาความหนาของแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปตะเกียบ 22
3.1.5 อัตราส่วนการอัด 23
3.2 โครงสร้างต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่ผ่านการพิจารณา 24
3.2.1 โครงสร้างหลักต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ 24
3.3 การทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูป 25
3.3.1 หลักการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูป 25
3.3.2 ขั้นตอนการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูป 26
3.4 การเขียนคำสั่งควบคุม 27
3.4.1 การเขียนคำสั่งและต่อวงจรควบคุมระบบการทำงานของเครื่องขึ้นรูป 27
บทที่ 4 ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง 29
4.1 อัตราส่วนการอัด 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ส่วนประกอบหลักของต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ.....29
4.2.1 ชุดบดแป้งสำหรับขึ้นรูปตะเกียบ.....30
4.2.2 ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์.....31
4.2.3 ชุดแม่พิมพ์บน.....32
4.2.4 ชุดแม่พิมพ์ล่าง.....33
4.3 คำสั่งควบคุมระบบการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ.....34
4.3.1 คำสั่งควบคุมมอเตอร์ชุดบดแป้ง.....34
4.3.2 คำสั่งควบคุมมอเตอร์ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์.....35
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....36
5.1 สรุปผล.....36
บรรณานุกรม.....37
ภาคผนวก ก.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 ประเภทของเครื่องอัดลม 4

รูปที่ 2.2 เครื่องระบายความร้อนลมอัด 5

รูปที่ 2.3 เครื่องทำลมแห้ง 6

รูปที่ 2.4 ถังพักลมอัด ก) แบบแนวตั้ง ข) แบบแนวนอน 6

รูปที่ 2.5 เครื่องกรองท่อหลัก 7

รูปที่ 2.6 ชุดปรับคุณภาพลมอัด 7

รูปที่ 2.7 กระบอกสูบ ก) กระบอกสูบทางเดียว ข) กระบอกสูบสองทาง 8

รูปที่ 2.8 บอร์ด Arduino Uno R3 10

รูปที่ 2.9 ชนิดไฟล์ในโปรแกรม Solidworks 13

รูปที่ 2.10 การขึ้นรูปด้วยการกดอัด 16

รูปที่ 3.1 แบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1 18

รูปที่ 3.2 แบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่2 19

รูปที่ 3.3 แผนภาพ free-body diagram ของแม่พิมพ์ด้านบน 23

รูปที่ 3.4. แรงดัน (F) กระทำกับเนื้อวัสดุเกิดเป็นลักษณะของแรงเฉือน 23

รูปที่ 3.5 แบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่ผ่านการพิจราณา 24

รูปที่ 3.6. ขั้นตอนการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูป 26

รูปที่ 3.7 การต่อวงจรควบคุม Step motor สำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์ 27

รูปที่ 3.8 การต่อวงจรควบคุม DC moter สำหรับการบดแป้ง 28

รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบหลักของต้นแบบ 29

รูปที่ 4.2 ชุดบดแป้งสำหรับขึ้นรูปตะเกียบ 30

รูปที่ 4.3 ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.4 ชุดแม่พิมพ์บน 32
รูปที่ 4.5 ชุดแม่พิมพ์ล่าง 33
รูปที่ 4.6 คำสั่งควบคุม DC Motor ชุดบดแป้ง 34
รูปที่ 4.7 คำสั่งควบคุมStep motor ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเฉพาะของ บอร์ด Arduino UNO R3 11
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ ความหมายและการใช้งาน 13

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกแบบแต่ละเครื่อง 21

ตารางที่ 4.1 อุปกรณ์ชุดบดแป้งสำหรับขึ้นรูปตะเกียบ 30
ตารางที่ 4.2อุปกรณ์ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์ 31
ตารางที่ 4.3 อุปกรณ์ชุดแม่พิมพ์บน 32
ตารางที่ 4.4 อุปกรณ์ชุดแม่พิมพ์ล่าง 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อโลก ล้วนเกิดจากฝีมือมนุษย์ โดยเฉพาะปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาสภาวะโลกร้อน ปัญหามลภาวะทางอากาศที่เกิดการเผาป่า ปัญหาน้ำป่าไหลลากเนื่องจากไม่มีต้นไม้คอยชะลอหรือดูดซับน้ำป่าไว้จนเกิดเป็นปัญหาน้ำท่วมตามมา ซึ่งขณะนี้หลายประเทศให้ความสนใจและร่วมมือกันหาวิธีแก้ไข ทั้งการกำหนดนโยบายในการลงโทษผู้ลักลอบตัดต้นไม้ รวมถึงมาตรการให้หน่วยงานราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์กรเอกชน หน่วยงานต่างๆ ร่วมใจกันปลูกป่าเพื่อร่วมมือกันเพิ่มพื้นที่สีเขียวและรณรงค์ลดการใช้ผลิตภัณฑ์จากการตัดต้นไม้เช่น กระดาษชำระ กระดาษ โต๊ะไม้ เก้าอี้ไม้ ตะเกียบ เป็นต้น และหันมาเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทำให้ทางผู้จัดทำโครงการเล็งเห็นถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงได้ทำการนำวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติมาใช้ผลิตตะเกียบแทนการใช้ตะเกียบไม้ หรือตะเกียบพลาสติกในการผลิต ซึ่งในกระบวนการผลิตพบว่ามีความล่าช้าเนื่องจากจะต้องกดแป้งลงแม่พิมพ์ อีกทั้งจะต้องใช้เวลาในการแกะตะเกียบที่ได้ออกจากพิมพ์และค่อนข้างยุ่งยาก ในกระบวนการผลิตยังใช้แรงงานจำนวนมาก และได้ตะเกียบในจำนวนน้อยไม่คุ้มค่ากับทรัพยากรที่เสียไป ทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงทำการศึกษาและออกแบบเครื่องขึ้นรูปแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตตะเกียบย่อยสลายได้ รวมไปถึงการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้สามารถผลิตได้แบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อทำให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตได้เร็วยิ่งขึ้น ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นและลดการใช้แรงงานลง ซึ่งหากสามารถนำแบบเครื่องและระบบควบคุมต่างๆ ที่ทางผู้จัดโครงงานได้ออกแบบไว้นำไปสร้างเป็นเครื่องต้นแบบก่อนเพื่อจะทดลองระบบต่างๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของเครื่องว่าคุ้มค่าหรือไม่ต่อการสร้างเป็นเครื่องที่สามารถผลิตได้จริง และถ้าหากเครื่องต้นแบบที่ได้สร้างมีประสิทธิภาพดีก็จะสามารถนำแบบเครื่องและระบบควบคุมต่างๆ นำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมจะเป็นการสร้างแนวทางใหม่ในสังคมไทยให้หันมาใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องขึ้นรูปแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตตะเกียบย่อยสลายได้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ออกแบบชุดแม่พิมพ์เพื่อผลิตตะเกียบขนาด กว้าง 8 มม. หนา 8 มม. และยาว 220 มม.

2. ในกระบวนการผลิตตะเกียบแบบย่อยสลายได้มีการใช้โปรแกรม Arduino ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้เครื่องขึ้นรูปสามารถผลิตตะเกียบได้แบบกึ่งอัตโนมัติ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบเครื่องขึ้นรูปที่สามารถผลิตตะเกียบแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ระบบนิวเมติกส์

นิวเมติกส์ (pneumatic) เป็นคำที่มาจาก pneuma เป็นภาษากรีกโบราณ หมายความว่า “ก๊าซที่มองไม่เห็น” ในปัจจุบัน นิวเมติกส์ หมายถึงระบบที่ใช้อากาศอัดส่งไปตามท่อลมเพื่อเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล โดยระบบการทำงานของนิวเมติกส์นั้นจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์พื้นฐาน ดังนี้

1.อุปกรณ์ต้นกำลังนิวเมติกส์ (Power unit) ทำหน้าที่สร้างลมอัดเพื่อนำไปใช้ในงานระบบนิวเมติกส์

2.อุปกรณ์ควบคุมคุณภาพลมอัด (Compressed air Treatment component) มีหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพลม ทำให้อากาศอัดปราศจากฝุ่นละอองคราบน้ำมันและน้ำก่อนที่จะไปใช้ในระบบนิวเมติกส์

3.อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Controlling component) ทำหน้าที่ในการเริ่มและหยุดการทำงานของวงจร ควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด ควบคุมอัตราการไหลของลมอัด และควบคุมความดัน

4.อุปกรณ์การทำงาน (Actuator or working component) ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังกล เช่น กระบอกสูบลมชนิดต่างๆ และมอเตอร์ลม

5.อุปกรณ์ในระบบท่อทาง (piping system) ใช้เป็นท่อทางไหลของลมอัดในระบบนิวเมติกส์ท่อลมที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์ จะทำมาจาก ท่อเหล็ก ท่อทองแดง หรือท่อพลาสติก ซึ่งการนำไปใช้งานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและความเหมาะสมในการใช้งาน

ระบบหรืออุปกรณ์นิวเมติกส์นำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบอัตโนมัติ หรือเครื่องจักรกลที่มีความทันสมัย โดยเครื่องจักรดังกล่าวจะสามารถใช้ทำงานแทนคนได้ เช่น อุตสาหกรรมอาหารและบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมเกี่ยวกับอุปกรณ์ภายในรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์มีดังนี้

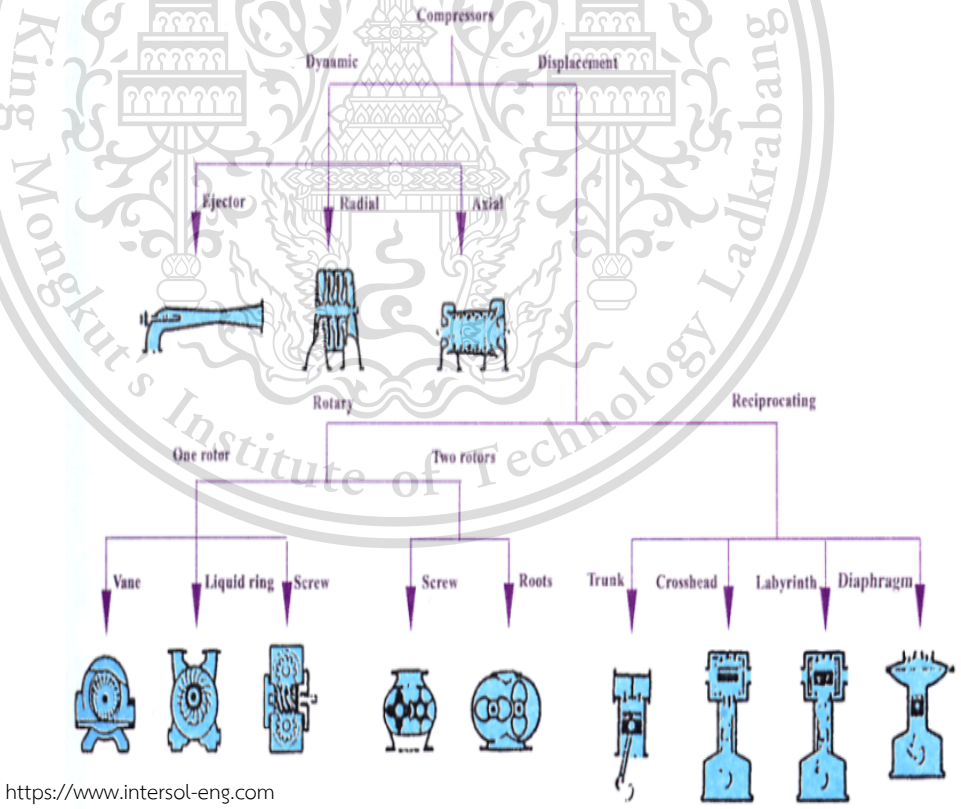
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.1 เครื่องอัดลม

เครื่องอัดลมใช้พลังงานจากไฟฟ้าเพื่อหมุนมอเตอร์และทำให้กลไกการอัดอากาศเคลื่อนที่ อากาศถูกดูดเข้าสู่เครื่องอัดลม และอากาศถูกอัดให้มีความดันเพิ่มขึ้นมากกว่าความดันบรรยากาศ (1 atm,1.03323 kgf/cm^2) เครื่องอัดลมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก (ดังรูปที่ 2.1) คือ

1) ประเภทปริมาตร (Positivedisplacement type, volume type) ซึ่งทำให้เกิดลมอัดในภาชนะปิดด้วยการลดปริมาตร เช่น เครื่องอัดลมแบบลูกสูบ

2) ประเภทกังหัน (Turbo type, Dynamic type) ซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยการหมุนของใบพัดเป็นพลังงานจลน์เมื่ออากาศอัดไหลออกทำให้เกิดความดัน เครื่องอัดลมที่นิยมใช้โดยทั่วไปได้แก่ เครื่องอัดลมแบบลูกสูบ (Piston compressors) เครื่องอัดลมแบบไดอะแฟรม (Diaphragm compressors) เครื่องอัดลมแบบสกรู (Screw compressors) เครื่องอัดลมแบบเวน (Sliding vane rotary compressors) เครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน (Roots compressors) เครื่องอัดลมแบบกังหันหรือแบบกระแสอากาศ (Turbo compressors,flow compressors)



https://www.intersol-eng.com

รูปที่ 2. 1 ประเภทของเครื่องอัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.1.1 การติดตั้งเครื่องอัดลม

1) ติดตั้งแบบถาวร เป็นเครื่องอัดลมขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ ซึ่งเครื่องอัดลมจะต่อแยกออกจากถังเก็บลม เหมาะสำหรับงานที่ใช้ปริมาณลมมากและต้องการความดันลมคงที่

2) ติดตั้งแบบเคลื่อนที่ได้ เป็นเครื่องอัดลมขนาดเล็กและสะดวกในการเคลื่อนย้าย ซึ่งเครื่องอัดลมและถังพักลมติดตั้งเข้าด้วยกันเป็นชุดเดียวกัน เหมาะสำหรับงานที่ใช้ปริมาณลมไม่มาก

2.1.2 เครื่องระบายความร้อนลมอัด (Aftercoolers)

เครื่องระบายความร้อนลมอัดทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของลมอัด ซึ่งลมอัดที่ได้จากเครื่องอัดลมมีความดันและอุณหภูมิสูง และมีปริมาณไอน้ำจำนวนมาก เครื่องระบายความร้อนลมอัดมี 2 แบบ คือ 1)เครื่องระบายความร้อนลมอัดด้วยอากาศ และ 2) เครื่องระบายความร้อนลมอัดด้วยน้ำ

https://www.exportersindia.com/smart-cooling-systems/after-coolers-4233337.htm

รูปที่ 2. 2 เครื่องระบายความร้อนลมอัด

2.1.3 เครื่องทำลมแห้ง (Air dryers)

เมื่อลมอัดไหลผ่านเครื่องระบายความร้อน ทำให้ปริมาณไอน้ำบางส่วนในลมอัดกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ แต่ยังมีไอน้ำเหลืออยู่ในลมอัดอีก จึงจำเป็นต้องลดปริมาณไอน้ำในลมอัดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยเครื่องทำลมแห้ง เครื่องทำลมแห้งมี 2 แบบ คือ 1) เครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น และ 2) เครื่องทำลมแห้งด้วยสารดูดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

http://www.airforcethai.com/product

รูปที่ 2. 3 เครื่องทำลมแห้ง

2.1.4 ถังพักลมอัด (Air reservoir)

ถังพักลมอัดทำหน้าที่เก็บลมอัดจากเครื่องอัดลม ถังพักลมอัดช่วยป้องกันการลดลงของความดันลมอัดอย่างรวดเร็ว เมื่อจ่ายลมอัดไปใช้งาน พื้นผิวของถังพักลมอัดช่วยระบายความร้อนของลมอัดและช่วยแยกไอน้ำบางส่วนที่มากับลมอัด ซึ่งกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเมื่ออุณหภูมิของลมอัดลดลง ถังพักลมอัดมี 2 แบบ คือ 1) แบบแนวนอน นิยมใช้สำหรับเครื่องอัดลมขนาดเล็ก ซึ่งมักจะติดตั้งเป็นชุดเดียวกับเครื่องอัดลม และ 2) แบบแนวตั้ง นิยมใช้สำหรับเครื่องอัดลมขนาดปานกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งมักจะติดตั้งแยกส่วนจากเครื่องอัดลม

https://www.iconservice.co.th/product/air-tank-500-liters

ก) แบบแนวตั้ง

http://www.scshardwaretools.com

ข) แบบแนวนอน

รูปที่ 2. 4 ถังพักลมอัด ก) แบบแนวตั้ง ข) แบบแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.5 เครื่องกรองท่อหลัก (Main line air filter)

เครื่องกรองท่อหลัก ทำหน้าที่ช่วยกรองฝุ่นละออง ไอน้ำ และคราบน้ำมันที่ปะปนมากับลมอัดในท่อหลักละอองน้ำ หลักการทำงานโดยมีไส้กรองความละเอียด 0.01-3 ไมโครเมตร ฝุ่นละอองและไอน้ำจะผ่านไส้กรองไม่ได้ ไอน้ำจะรวมตัวกันเป็นหยดน้ำอยู่ด้านล่างและระบายออกสู่ภายนอก

https://www.stablecompressor.com/16928090/mainline-filter

รูปที่ 2. 5 เครื่องกรองท่อหลัก

2.1.6 ชุดปรับคุณภาพลมอัด (Air service unit)

ชุดปรับคุณภาพลมอัดมักจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) อุปกรณ์กรองลมอัด(Air filter) 2) วาล์วควบคุมความดัน (Air regulator) และ 3) อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (Airlubricator) นิยมใช้ชุดปรับคุณภาพลมอัดก่อนลมอัดไหลเข้าเครื่องจักร

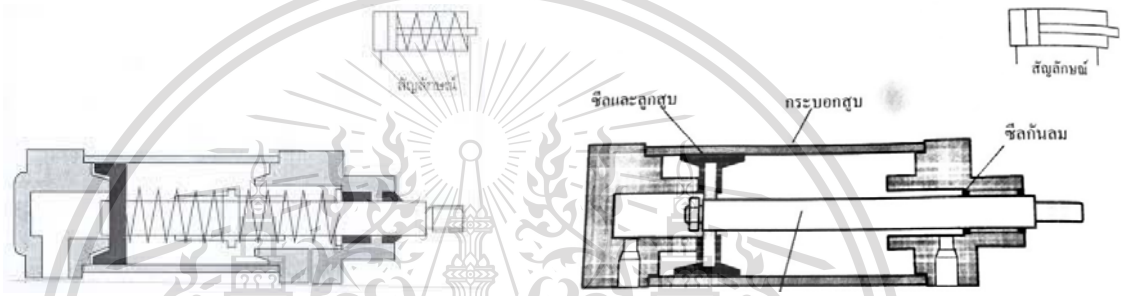
https://alitapneumatic.en.made-in-china.com/product

รูปที่ 2. 6 ชุดปรับคุณภาพลมอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.7 กระบอกสูบ (Cylinder)

กระบอกสูบเป็นอุปกรณ์ทำงานชนนิดหนึ่งในระบบนิวเมติกส์ที่มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น ซึ่งมีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดเป็นพลังงานกล เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในรูปแบบต่างๆ โดยทั่วไปมีโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ ตัวกระบอกสูบ, ลูกสูบ, ก้านลูกสูบ ฝาสูบด้านลูกสูบ และฝาสูบด้านก้านลูกสูบ เป็นต้น กระบอกสูบในแนวเส้นตรงแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ ดังนี้ 1) กระบอกสูบทางเดียว 2) กระบอกสูบสองทาง 3) กระบอกสูบสองทางแบบมีก้านลูกสูบสองข้าง 4) กระบอกสูบสองทางแบบช่วงชักหลายตำแหน่ง 5) กระบอกสูบสองทางแบบสองตอน 6) กระบอกสูบสองทางแบบลูกสูบเคลื่อนที่ 7) กระบอกสูบแบบกระแทก เป็นต้น



http://isbellg.blogspot.com/p/blog-page_42.html

ก) กระบอกสูบทางเดียว **ข) กระบอกสูบสองทาง**

รูปที่ 2. 7 กระบอกสูบ ก) กระบอกสูบทางเดียว ข) กระบอกสูบสองทาง

2.1.8 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)

วาล์วควบคุมทิศทางมีหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการไหลของลมอัด ทำให้อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวเมติกส์เคลื่นที่ตามทิศทางที่ต้องการ

2.1.9 วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve)

วาล์วควบคุมอัตราการไหลมีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานให้ช้าหรือเร็วโดยการปรับอัตราการไหลของลมอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2. โปรแกรม Arduino

Arduino คือ บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software โดยด้าน Hardware คือ บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายพกพาได้สะสวกมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญและ มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆมาประกอบรวมกัน ต่อมาในด้าน Software ตัวบอร์ด Arduino เป็นบอร์ดที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนั้นจึงมีลักษณะภาษาแบบเดียวกับ ภาษา C/C++ซึ่งเป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมที่แพร่หลาย ดังนั้นตัวบอร์ด Arduino จึงสามารถใช้งานได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความสะดวกและไม่ซับซ้อนของบอร์ด Arduino ทำให้สามารถต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆได้อย่างสะดวกนั่นคือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์ต่างๆจากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดหรือสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino Xbee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้

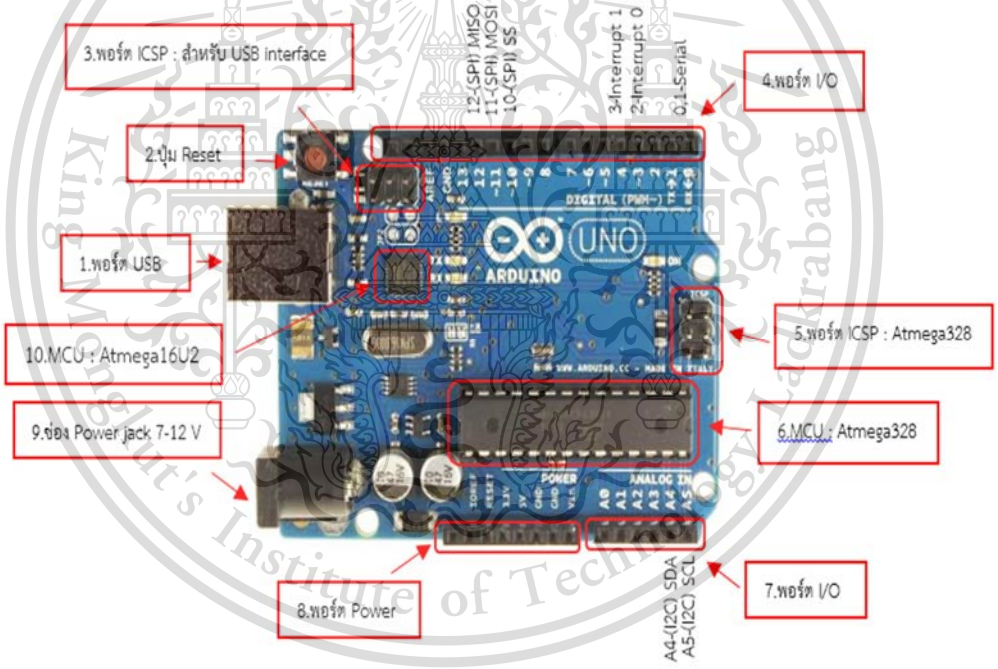
2.2.1 โครงสร้างของบอร์ด Arduino UNO R3

Arduino Uno เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ Atmega328 (แผ่นข้อมูล) มีอินพุต / เอาต์พุต 14 อินพุต (6 สามารถใช้เป็นเอาท์พุท PWM), 6 อินพุตแบบอนาล็อก,ตัวเรโซเนเตอร์เซรามิก 16 MHz, การเชื่อมต่อ USB, แจ็คไฟ, ส่วนหัว ICSP และปุ่มรีเซ็ต มันมีทุกอย่างที่จำเป็นในการสนับสนุนไมโครคอนโทรลเลอร์; เพียงเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้อะแดปเตอร์หรือแบตเตอรี่ AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งาน Uno แตกต่างจากบอร์ดก่อนหน้าทั้งหมดเนื่องจากไม่ได้ใช้ชิปควบคุม USB แบบอนุกรมของ FTDI แต่มีคุณลักษณะของ Atmega16U2 (Atmega8U2 ถึงเวอร์ชั่น R2) ซึ่งได้รับการตั้งโปรแกรมเป็นตัวแปลงสัญญาณแบบ USB-to-serialRevision 2 ของบอร์ด Uno มีตัวต้านทานดึงสาย HWB 8U2 ไปยังพื้นทำให้ง่ายต่อการใส่ลงในโหมด DFURevision 3 ของบอร์ดมีคุณสมบัติใหม่ดังต่อไปนี้:1.0 pinout: เพิ่มหมุด SDA และ SCL ที่อยู่ใกล้กับหมุด AREF และอีก 2 หมุดใหม่ที่วางอยู่ใกล้กับขา RESET IOREF ที่อนุญาตให้โล่ปรับให้เข้ากับแรงดันไฟฟ้าที่จัดหามาจากบอร์ด ในอนาคตโล่จะเข้ากันได้กับทั้งบอร์ดที่ใช้ AVR ซึ่งทำงานร่วมกับ 5V และด้วย Arduino Due ที่ทำงานกับ 3.3V ที่สองคือขาที่ไม่ได้เชื่อมต่อซึ่งสงวนไว้สำหรับวัตถุประสงค์ในอนาคต วงจร RESET ที่แข็งแกร่งขึ้น Atmega 16U2 เปลี่ยน 8U2”Uno” หมายถึงภาษาอิตาลีและมีชื่อว่า Arduino 1.0 Uno และเวอร์ชั่น 1.0 จะเป็นเวอร์ชั่นอ้างอิงของ Arduino ก้าวไปข้างหน้า Uno เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชุดบอร์ด USB Arduino รุ่นล่าสุดและเป็นโมเดลอ้างอิงสำหรับแพลตฟอร์ม Arduino; สำหรับการเปรียบเทียบกับรุ่นก่อนหน้าดูดัชนีของบอร์ด Arduino

Arduino Uno R3 คำว่า Uno เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ผลิตออกมา มีขนาด ประมาณ 68.6x53.4 mm. เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสำหรับ การเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมา เฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซี เป็นแบบ SMD เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง และส่วนใหญ่โปรเจค และ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่ MCU เสียผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่ายArduino Uno R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP



http://elec8.com/prod/2/Arduino-UNO-R3-(SMD/CH340G)

รูปที่ 2. 8 บอร์ด Arduino Uno R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.2 ข้อมูลเฉพาะของ บอร์ด Arduino UNO R3

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเฉพาะของ บอร์ด Arduino UNO R3

ข้อมูลจำเพาะ	รายละเอียด
ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	32KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดย Booloader
พื้นที่แรม	2KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1KB
ความถี่คริสตัล	16MHz
ขนาด	68.6x53.4 mm
น้ำหนัก	25 กรัม

2.2.3 การเขียนโปรแกรมพื้นฐาน Arduino

Arduino ใช้พื้นฐานลักษณะภาษาแบบเดียวกับภาษา C/C++ ดังนั้นจึงมีโครงสร้างเหมือนกับภาษาC/C++ ทั่วไปนั่นเองทำให้ง่ายต่อการศึกษาใช้งานสำหรับผู้ที่มีความรู้ภาษา C/C++ สำหรับผู้เริ่มใช้Arduino มีหลักสำคัญที่ต้องรู้เกี่ยวกับคำสั่งพื้นฐาน Arduino ดังนี้ พรีโปรเซสเซอร์ไดเร็กทีฟ (Preprocessor directives) คือส่วนที่คอมไพลเลอร์จะทำการประมวลผลและทำตามคำสั่งก่อนที่จะมีการคอมไพล์โปรแกรม ส่วนนี้จะเริ่มด้วยเครื่องหมายไดเร็กทีฟ (directive) หรือสัญลักษณ์เครื่องหมายสี่เหลี่ยม # แล้วตามด้วยชื่อคำสั่งที่ต้องการใช้งาน หรือกำหนด ซึ่งในส่วนนี้จะอยู่ใน ส่วนบนสุด หรือส่วนหัวของโปรแกรม และต้องอยู่นอกฟังก์ชั่นหลักใดๆก็ตามถ้าให้เข้าใจง่ายๆนั่นคือ #include เป็นคำสั่งที่ใช้อ้างอิงไฟล์ภายนอก เพื่อเรียกใช้ฟังก์ชั่น หรือตัวแปรที่มีการสร้างหรือกำหนดไว้ในไฟล์นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 โปรแกรม Solidworks

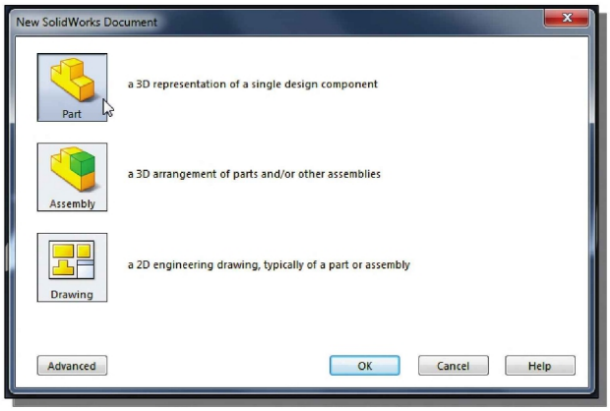
SolidWorks พัฒนาขึ้นในปี 1995 โดยบริษัท Dassault System ในประเทศฝรั่งเศสซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เพื่อให้นักออกแบบใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อสร้างชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์จำลองในคอมพิวเตอร์ ก่อนที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ชิ้นงานจริง โดยตัวซอฟต์แวร์จะจัดอยู่ในตระกูล CAD (Computer Aided Design) ซึ่งสามารถสร้างชิ้นงานจำลองในรูปแบบ 3D Solid Models เป็นแบบงานแยกชิ้น (Part) และแบบงาน ประกอบ (Assembly) เพื่อนำไปสร้างเป็น 2D Standard Engineering (CADD = Computer Aided Design and Drafting) โปรแกรม Solidworks เป็นโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงมากคือ สามารถที่จะทำงานมากมายหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานที่ต้องขึ้นเป็น solid หรือ surface ก็มีเครื่องที่รองรับเป็นอย่างดีเมื่อ สร้างชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยสามารถที่จะประกอบชิ้นงานได้ใน Mode ของชุดคำสั่ง Assembly รวมทั้งผู้ที่ต้องการ Drawing ของชิ้นงานก็เพียงลากชิ้นงานมาวางในใบงานก็จะทำให้ทราบรายละเอียดขนาดของชิ้นงานแต่ละส่วน โปรแกรม Solidworks มีประโยชน์อย่างมากในทางวิศวกรรม ช่วยให้นักวิศวกรหรือนักออกแบบทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ประยัดเวลาในการออกแบบรวมไปถึงช่วยในการสร้างแบบจำลองของชิ้นงานก่อนการนำไปสร้างเป็นชิ้นงานจริงจึงสามารถลดต้นทุนหรือลดความผิดพลาดจากการออกแบบชิ้นงานได้ โดยที่โปรแกรม Solidworks สามารถสร้างไฟล์ของชิ้นงานได้ 3 ชนิด ได้ดังนี้

1) Part เป็นไฟล์ที่ใช้สำหรับการออกแบบชิ้นงานได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งหนึ่งไฟล์สามารถสร้างได้เพียงชิ้นส่วนเดียว ในไฟล์ชนิดนี้นิยมใช้ในการสร้างชิ้นงาน 3 มิติ

2) Assembly เป็นไฟล์ที่ใช้สำหรับการนำไฟล์ชิ้นส่วนย่อยมาต่อประกอบเข้าด้วยกันให้เป็นชิ้นงานที่ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สมบูรณ์แบบเสมือนชิ้นงานจริง

3) Drawing เป็นไฟล์ที่ใช้สร้างงานเขียนแบบทางวิศวกรรมซึ่งจะนำไปสั่งงานผลิต โดยการนำไฟล์ Part หรือ Assembly มาวางในไฟล์นี้ สามารถที่จะกำหนดสัญลักษณ์ หรือ ขนาด ได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อนำไปสั่งผลิตชิ้นงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2. 9 ชนิดไฟล์ในโปรแกรม Solidworks

2.3.1 คำสั่งพื้นฐาน

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ ความหมายและการใช้งาน

ไอคอน	คำสั่ง	ความหมายและการใช้งาน
Offset	Offset	ใช้คัดลอกวัตถุแบบขนาน ซึ่งมีระยะห่างคงที่จากวัตถุเดิม โดยสามารถกำหนดระยะได้ตามต้องการ
Smart Dimension	Smart Dimension	ใช้บอกขนาดของวัตถุในแนวต่าง ๆ
Extend Entities	Extend Entities	ใช้ยืดเส้นออกไปยังเส้นอื่น โดยการคลิกที่จุดปลายของเส้นที่ต้องการยืดเส้นก็จะยืดออกไปต่อกับเส้นอื่นตามต้องการ
Trim Entities	Trim Entities	ใช้ลบเส้นที่ไม่ต้องการออก โดยคลิกเส้นที่ไม่ต้องการเส้นนั้นก็จะถูกลบ
Add Relation	Add Relation	ใช้ให้ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตหรือการบังคับกับภาพสเกตช์ให้ตั้งฉาก
Display/D...	Display/Delete Relation	ใช้สำหรับให้วัตถุแสดงความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตต่าง ๆ ที่วัตถุมีโดยสามารถลบความสัมพันธ์ดังกล่าวโดยการเลือกความสัมพันธ์ตัวนั้นแล้วใช้คำสั่ง Delete บนป๊อบอัพเมนู
Convert	Convert Entities	ใช้คัดลอกเส้นหรือเส้นของรูปทรงเรขาคณิตของวัตถุโดยการฉายลงบนระนาบของสเก็ตส์ที่เปิดอยู่ โดยเส้นต่าง ๆ ที่คัดลอกจะมีความสัมพันธ์กับเส้นหรือเส้นของรูปทรงต้นแบบ ซึ่งเมื่อต้นแบบเปลี่ยนเส้นที่คัดลอกไปก็จะเปลี่ยนแปลงด้วย
Centerline	Centerline	ใช้สร้างเส้นร่างหรือเส้นศูนย์กลาง
Sketch	Sketch Picture	ใช้แทรกไฟล์รูปภาพต่าง ๆ เข้ามายังสเกตช์
Construct...	Construction Geometry	ใช้เปลี่ยนสลับเส้นร่างเป็นเส้นเต็ม หรือเส้นเต็มเป็นเส้นร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ ความหมายและการใช้งาน (ต่อ)

ไอคอน	คำสั่ง	ความหมายและการใช้งาน
Line	Line	ใช้สร้างเส้นตรงและเส้นโค้งที่ต่อจากจุดสุดท้ายของเส้นตรง
Spline	Spline	ใช้สร้างเส้นอิสระโดยจุดที่คลิกจะเป็นจุดบอกตำแหน่งทางเดินของเส้นอิสระ
Ellipse	Ellipse	ใช้สร้างวงรีโดยจุดแรกที่คลิกคือจุดศูนย์กลางของวงรี จุดต่อไปคือด้านยาวและด้านสั้นของวงรีตามลำดับ
3 Point Arc	Three Point Arc	ใช้สร้างเส้นโค้งโดยคลิกจุด 3 จุด จุดแรกและจุดที่สองคือจุดเริ่มต้นและจุดปลายของเส้นโค้ง ส่วนจุดที่สามคือจุดบนเส้นโค้ง
Tangent Arc	Tangent Arc	ใช้สร้างเส้นโค้งที่ต่อจากปลายของเส้นตรงหรือเส้นโค้งอื่น ๆ โดยการคลิกจุดแรกที่ปลายเส้นตรงหรือเส้นโค้งและลากมาคลิกจุดที่สองจะเป็นจุดปลายของเส้นโค้งที่สร้างใหม่
Centerp... Arc	Center Point Arc	ใช้สร้างเส้นโค้ง โดยการคลิก 3 จุด จุดแรกคือ จุดศูนย์กลางของเส้นโค้งจุดที่สองและสามคือจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของเส้นโค้งตามลำดับ
Rectangle	Two Point Rectangle	ใช้สร้างรูป 4 เหลี่ยมโดยการกำหนดจุด 2 จุด เป็นจุดของเส้นทะแยงมุม
Parallelo...	Parallelogram	ใช้สร้างรูป 4 เหลี่ยม โดยการคลิกกำหนดจุด 3 จุด
Sketch Fillet	Sketch Fillet	ใช้ลบมุมของวัตถุให้เป็นส่วนโค้งตามรัศมีที่กำหนด
Sketch Chamfer	Sketch Chamfer	ใช้ลบมุมของวัตถุให้เป็นเส้นตรงตามระยะที่กำหนด โดยสามารถกำหนดวิธีการลบมุมได้ 3 แบบ คือ ลบแบบ 2 ด้านเท่ากัน ลบแบบ 2 ด้านไม่เท่ากัน หรือใช้การกำหนดระยะและมุมในการลบ
Point	Point	ใช้สร้างจุดสำหรับใช้เจาะรู หรือ สร้างจุดเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ
Polygon	Polygon	ใช้สร้างรูปทรงเรขาคณิต ที่มีลักษณะเป็นรูปเหลี่ยมด้านเท่า โดยสามารถกำหนดจำนวนด้านของรูปหลายเหลี่ยมตามที่ต้องการได้
Mirror	Mirror	ใช้คัดลอกวัตถุแบบกระจกเงา โดยวัตถุจะมีลักษณะสมมาตร
Linear	Linear Sketch Pattern	ใช้คัดลอกวัตถุไปตามแถวและหลักตามจำนวนและระยะที่ต้องการ
Circular	Circular Sketch Pattern	ใช้คัดลอกวัตถุไปตามแนวรัศมีของวงกลม ตามจำนวน และระยะที่ต้องการ

https://sites.google.com/site/solidwork2012basic/home/kar-chi-kheruxng-mux-s-ketch-sen-rang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 การขึ้นรูปด้วยการกดอัด

การขึ้นรูปด้วยการกดอัด (Compression molding) เป็นวิธีการขึ้นรูปที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการขึ้นรูปเมื่อเปรียบเทียบกับการขึ้นรูปแบบอื่น ๆ เพราะเนื่องจากมีกระบวนการทำงานที่ง่ายและมีราคาไม่สูงมากนัก ในปัจจุบันมีการใช้เทคนิคนี้ในการแปรรูปพลาสติกอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแปรรูปยางและพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง เช่น ฟีนอลิกเรซิน (Phenolic resin) อีพอกซีเรซิน (Epoxy resin) เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine formaldehyde) เป็นต้น และใช้ในการผลิตชิ้นงานที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก โดยจะนำวัตถุดิบใส่ลงในแม่พิมพ์แล้วทำการปิดแม่พิมพ์โดยใช้ความดันสูงพร้อมกับให้ความร้อนเพื่อให้พลาสติกเกิดการหลอมเหลวและแพร่ตัวไปตามช่องว่างของแม่พิมพ์ เมื่อพลาสติกแข็งตัวจึงปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแปรรูปด้วยเทคนิคการอัด ได้แก่ ช้อน จาน ชาม หูหม้อ แผ่นเสียง ที่เขี่ยบุหรี่ ตัวกวนของเครื่องซักผ้า และที่รองนั่งชักโครก เป็นต้น

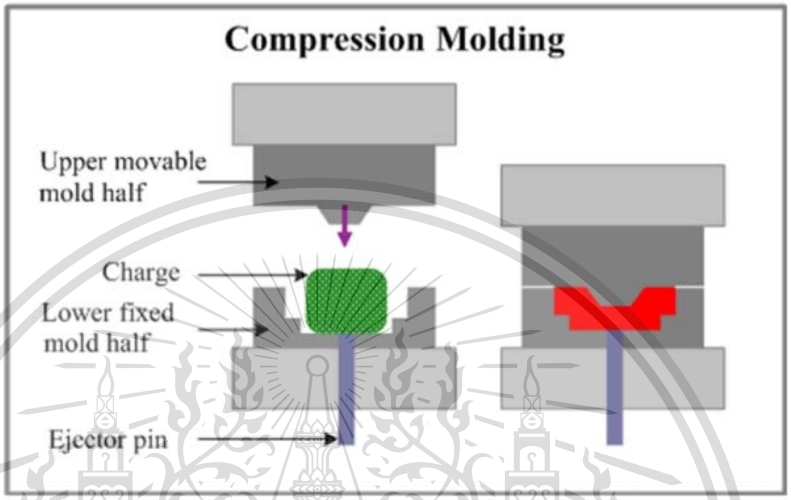
2.4.1 ลักษณะเครื่องอัด (Compression molding machine)

กระบวนการอัดเป็นเทคนิคการแปรรูปพลาสติกที่ไม่ซับซ้อน โดยหลักการทำงานคือ การนำพลาสติกมาอัดในแม่แบบ (Mold) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้พลาสติกหลอมและไหลเข้าสู่ช่องว่างภายในแม่แบบ (Cavity) ส่วนประกอบหลักของเครื่องกดอัด (Compression molding machine) คือ แผ่นเหล็กอัด (Platens) จำนวนสองชุด ซึ่งแผ่นหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ (Movable platen) ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะถูกยึดติดกับที่ (Fixed platen) แม่แบบสำหรับการแปรรูปพลาสติกทั้งตัวผู้และตัวเมียจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กอัดทั้งสองแผ่นนี้ ส่วนเครื่องกดอัดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมจะมีระบบขับเคลื่อนที่ให้ความดัน โดยขนาดของความดันจะขึ้นกับขนาดของแผ่นเหล็กอัด ชนิดของพลาสติก ความหนาของผนังผลิตภัณฑ์พลาสติก และการให้ความร้อนแก่พลาสติกก่อนการกดอัด

กระบวนการอัดเริ่มจากการยึดแม่แบบติดกับแผ่นเหล็กอัดทั้งสองแผ่น แล้วให้ความร้อนแก่แม่แบบตามชนิดของพลาสติก โดยทั่วไปอุณหภูมิแม่แบบสำหรับการอัดเทอรโมเซตจะเป็นอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุล ซึ่งอยู่ในช่วง 140-200°C หลังจากนั้นจึงเติมเม็ดหรือผงพลาสติก โดยปริมาณการเติมต้องเหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน จากนั้นปดแม่แบบโดยเคลื่อนแผ่นเหล็กอัดลงด้วยความดันที่เหมาะสม พลาสติกจะเกิดการหลอมหรืออ่อนตัวไหลเข้าสู่ช่องว่าง (Cavity) ของแม่แบบ สำหรับพลาสติกเทอรโมเซตต้องปล่อยให้อยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมินี้ระยะหนึ่งตามระยะเวลาการสุก (Cure time) ของพลาสติกเทอรโมเซตนั้น ๆ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นความดันภายในแม่แบบจะลดลงในขณะทำการหล่อเย็น จากนั้นจึงเปิดแม่แบบโดยเคลื่อนแผ่นเหล็กอัดขึ้น ปลดชิ้นงานออกจากแม่แบบ ซึ่งในการปลดชิ้นงานออกจะต้องเป็นช่วงที่พลาสติกแข็งตัวเรียบร้อยแล้ว เพื่อป้องกันความเสียหายหรือการบิดตัวของชิ้นงาน แล้วเริ่มเติมพลาสติกลงในแม่แบบเพื่อทำงานในวัฏจักรต่อไป



https://packaging.oie.go.th/new/admin_control/file_technology/0243516798.pdf

รูปที่ 2.10 การขึ้นรูปด้วยการกดอัด

การอัดพลาสติกบางครั้งจะเกิดก๊าซหรือไอน้ำขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดการฝังตัวของก๊าซใต้ผิวของชิ้นงาน ทำให้เกิดรอยปูดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลาสติกที่ไม่ได้ให้ความร้อนก่อนการอัด เพื่อแก้ปัญหานี้จำเป็นต้องมีขั้นตอนการไล่ก๊าซ (Degassing stage) โดยในขณะทำการอัดต้องมีการยกแม่แบบตัวผู้ขึ้นจนความดันภายในแม่แบบลดลงถึงความดันบรรยากาศ เมื่อก๊าซระเหยออกไปแล้วจึงทำการอัดต่อไปจนพลาสติกแข็งตัว นอกจากปัญหาการเกิดก๊าซแล้ว ระยะเวลาของการแข็งตัวก็มีอิทธิพลต่อสมบัติของชิ้นงานพลาสติกเช่นกัน หากระยะแข็งตัวของพลาสติกสั้นเกินไปจะทำให้ผิวของชิ้นงานพอง ชิ้นงานทนความร้อนได้ไม่ดี และทำให้ชิ้นงานดูดซึมน้ำมันได้มากขึ้น แต่หากปล่อยให้แข็งตัวเกินไปอาจทำให้เกิดรอยร้าวได้ ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานดูดซึมน้ำมันได้มากขึ้นอีก ดังนั้นผู้ปฏิบัติจึงต้องมีความชำนาญและประสบการณ์ค่อนข้างสูงในการควบคุมขั้นตอนการทำงานอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานพลาสติกได้ตรงตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปวัชร เพ็งสุขแสง และคณะ (2561) ได้กล่าวถึงการผลิตตะเกียบรับประทานได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้คิดค้นและทดลองเพื่อหาส่วนผสมของแป้ง และปัจจัยอื่น ๆที่จะทำให้ได้ตะเกียบที่สามารถรับประทานได้ และมีความแข็งแรงที่จะสามารถนำไปใช้งานได้จริง จึงได้ ทดลองและสรุประดับปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและ คุณภาพดังนี้ การอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 10 นาที โดยชนิดของแป้ง คือ แป้งถั่วเหลืองผสมแป้ง ข้าวโพด และปริมาณกลีเซอรอลที่เหมาะสมคือ 12%(w/w) เนื่องจากค่าความแข็งแกร่งต่อการดัดโค้งเป็นคุณภาพที่สำคัญ ที่สามารถบ่งบอกได้ว่า ตะเกียบมีความแข็งแรงมากพอที่ สามารถนาไปใช้งานได้

ฑิตฐิตา โชติพ่วง และคณะ (2560) ได้กล่าวถึงการขึ้นรูปด้วยการกดอัด (Compression molding) เป็นวิธีการขึ้นรูปที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการขึ้นรูปเมื่อเปรียบเทียบกับการขึ้นรูปแบบอื่น ๆ เพราะเนื่องจากมีกระบวนการทำงานที่ง่ายและมีราคาไม่สูง มากนัก ในงานวิจัยได้มีนำการขึ้นรูปด้วยการกดอัดมาใช้พร้อมกับการแบบออกและสร้างเครื่องขึ้นรูปจานจากใบสักผลที่ได้ คือ เครื่องสามารถขึ้นรูปจานจากใบสักได้และ การทดลองศึกษาได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป คือ ใช้อุณหภูมิ 165 °C ใช้PLA เป็นตัวประสานร้อยละ 30 โดยปริมาตร และเวลา ในการอัดขึ้นรูป 10 นาที ซึ่งจานที่ได้ออกมาจะมีผิวเรียบและ ความทนทานต่อแรงดึงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

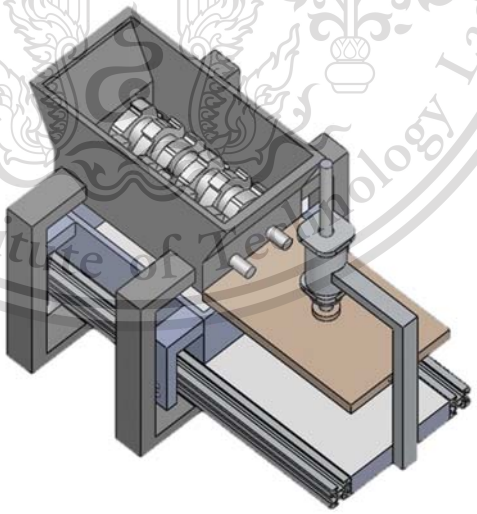
วิธีการดำเนินงานและออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วย การออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ 2 รูปแบบแล้วใช้เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกแบบ การทำงานของเครื่องต้นแบบ การเขียนคำสั่งและต่อวงจรควบคุมระบบการทำงานของเครื่องขึ้นรูป

3.1 การออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ

แบ่งเป็น 2 แบบดังนี้

3.1.1 การออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1

ในการออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidworks ในการเขียนแบบจำลอง ชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์สามารถเคลื่อนที่ไป-กลับสำหรับรับและบรรจุแป้ง ออกแบบการกดอัดแป้งลงสู่แม่พิมพ์โดยใช้กระบอกสูบนิวเมตริกส์ และใช้โซลินอยด์ push-pull ในการนำตะเกียบออกจากแม่พิมพ์



รูปที่ 3.1แบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1

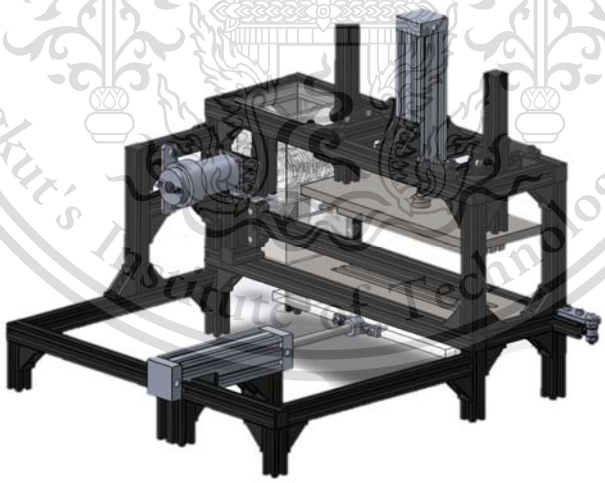
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.1.1 หลักการในการออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปแบบที่ 1

สำหรับการออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ ได้ทำการออกแบบชุดบดแป้งเพื่อใช้ในการบดแป้งให้มีขนาดเล็กลง โดยมีเกลียวบดสวมเข้ากับเพลา 2 ชุด ขบเข้าหากันโดยใช้แนวคิดในการออกแบบจากเครื่องบดขยะ และออกแบบชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์โดยใช้สเต็ปมอเตอร์ (Step motor) เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนสายพานที่ยึดติดกับกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์เคลื่อนที่มารับแป้งจากการบดให้มีขนาดเล็กลงแล้วนำพาแป้งไปบรรจุลงแม่พิมพ์ทำแล้วก็กลับไปรับแป้งใหม่อีกครั้งทำงานวนรอบแบบนี้ไปเรื่อยและทำการการอัดขึ้นรูปโดยใช้กระบอกสูบนิวเมตริกส์พร้อมให้ความร้อนเมื่อให้ความร้อนจนถึงเวลาที่ตั้งไว้ก็จะการเอาตะเกียบออกจากแม่พิมพ์โดยใช้โซลินอยด์ push-pull ในการนำผลิตภัณฑ์ออก

3.1.2 การออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่2

ในการออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidworks ในการเขียนแบบจำลอง โดยต้นแบบสามารถทนต่อแรงกดอัดจากกระบอกนิวเมติกส์ในการกดอัดแป้งลงแม่พิมพ์และใช้กระบอกสูบนิวเมตริกส์อีกตัวในการนำตะเกียบออก และได้ออกแบบชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์สามารถเคลื่อนที่ไป-กลับสำหรับรับและบรรจุแป้ง



รูปที่ 3.2 แบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2.1 หลักการในการออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปแบบที่ 2

ในการออกแบบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ แป้งที่ใช้สำหรับขึ้นรูปตะเกียบที่ได้หลังจากการผสมจะมีลักษณะเป็นก้อนไม่สม่ำเสมอและมีชิ้นค่อนข้างใหญ่ ดังนั้นในการออกแบบผู้จัดทำจึงออกแบบให้มีชุดการบดแป้งก่อนขึ้นรูป โดยมีเกลียวบดสวมเข้ากับเพลา 2 ชุด ขบเข้าหากันโดยใช้แนวคิดในการออกแบบจากเครื่องบดขยะ และเนื่องจากต้องการต้นแบบเครื่องขึ้นรูปเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติจึงต้องออกแบบในส่วนของการบรรจุแป้งลงพิมพ์ ผู้จัดทำจึงได้ออกแบบชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์ให้สามารถเคลื่อนที่ไป-กลับได้ โดยใช้สเต็ปมอเตอร์ (Step motor) เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนสายพานที่ยึดติดกับกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์และหลังจากการอัดขึ้นรูปต้องการให้ระบบทำการนำผลิตภัณฑ์ออกจากพิมพ์โดยผลิตภัณฑ์ไม่เสียรูป จึงได้ออกแบบให้มีแผ่นรองใต้พิมพ์ล่างที่สามารถเคลื่อนที่เข้าเพื่อเป็นฐานรองพิมพ์ล่างขณะที่กระบอกลมนิวเมติกส์กำลังกดอัดขึ้นรูปและเคลื่อนที่ออกหลังจากอัดขึ้นรูปเสร็จสิ้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ลงสู่ภาชนะรองรับและนำไปอบในขั้นตอนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.3 เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกแบบแต่ละเครื่อง

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกแบบแต่ละเครื่อง

เกณฑ์การตัดสินใจ	แบบที่ 1					แบบที่ 2				
	5 คะแนน	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	5 คะแนน	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
1.ต้นทุนสร้างเครื่องถูก		✓						✓		
2.การติดตั้งง่าย สะดวก			✓						✓	
3. ประสิทธิภาพเครื่องสูง			✓			✓				
4.อัตราการผลิตสูง			✓			✓				
5.เวลาที่ใช้ในการผลิต			✓			✓				
6.การทำงานของเครื่องที่ไม่ซับซ้อน		✓						✓		
7.ง่ายต่อการซ่อมบำรุง			✓				✓			
8.เกิดของเสียจากการผลิตน้อย		✓					✓			
9.ทำความสะอาดง่าย			✓						✓	
10.ง่ายต่อการพัฒนาปรับปรุงรูปแบบเครื่อง			✓			✓				
รวม	**33 คะแนน**					**38 คะแนน**				

หมายเหตุ : 5 คะแนน = ดีเยี่ยม, 4 คะแนน = ดี, 3 คะแนน = ปานกลาง, 2 คะแนน = ค่อยข้างแย่, 1 คะแนน = ควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สรุป แบบที่นำไปใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติคือแบบที่ 2 เนื่องจากได้คะแนนเกณฑ์การตัดสินใจ 38 คะแนน ซึ่งมากกว่าแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีอัตราการผลิตสูง ประสิทธิภาพเครื่องสูง เวลาที่ใช้ในการผลิตน้อยและง่ายต่อการพัฒนาปรับปรุงรูปแบบเครื่อง

3.1.4 คำนวณหาความหนาของแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปตะเกียบ

แม่พิมพ์มีขนาดความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความยาว 280 มิลลิเมตร ส่วนความหนาได้ทำการออกแบบเพื่อหาความหนาของแม่พิมพ์ (รูปที่ 3.)ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้ช่วงความดันใช้งานสูงสุด 10 บาร์ เพื่อให้ได้แรงดันสูงสุดที่กระทำกับแม่พิมพ์ โดยเลือกใช้ขนาดของกระบอกสูบนิวเมติกส์ยี่ห่อ Air tac รุ่น MF-25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร. ซึ่งสามารถหาขนาดของแม่พิมพ์ได้ดังนี้

$$F = P \times A$$

$$F = 10 \times 10^5 \times (\frac{\pi}{4} \times 0.01^2)$$

$$F = 78.54 \ \ N$$

เมื่อ F คือ แรงดัน (N)

P คือ ความดันใช้งาน (Pa)

A คือ พื้นที่หน้าตัดลูกสูบรับความดัน (m^2)

อะคริลิคใสมี ค่า yield stress 73 MPa และกำหนดให้ส่วนความปลอดภัย F.S.(factor of safety) เท่ากับ 2 จะได้ $\tau_{allow} = \frac{\tau_{fail}}{F.S.} = \frac{73\ MPa}{2} = 36.5$ MPa

การคำนวณหาความหนาของแม่พิมพ์ได้จากสมการนี้

$$\tau_{allow} = \frac{V}{A}$$

$$36.5 \times 10^6 = \frac{78.54}{t \times 0.1}$$

$$t = 0.0215\ mm$$

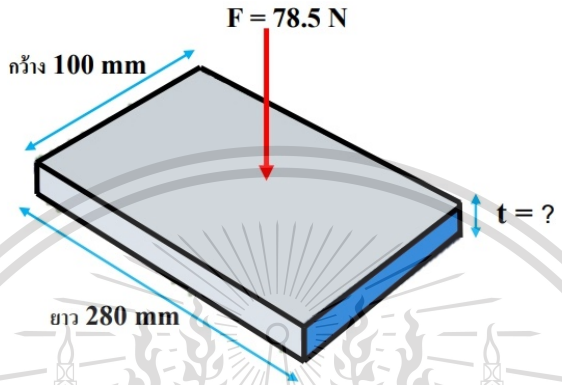
เมื่อ τ_{allow} คือ หน่วยแรงที่ยอมให้ (Pa)

V คือ แรงเฉือน (N)

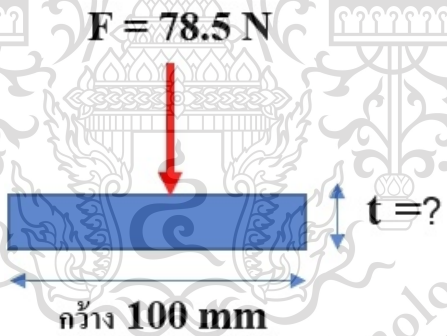
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

t คือ ความหนาของแม่พิมพ์ (mm)

ในการคำนวณหาความหนาของแม่พิมพ์จะเห็นได้ว่าแรงดัน (F) กระทำกับเนื้อวัสดุเกิดเป็นลักษณะของแรงเฉือน (V) (รูปที่ 3.) และทำให้ได้ค่าความหนาที่น้อยที่สุดที่จะไม่ทำให้แม่พิมพ์เกิดความเสียหายคือ 0.0215 มิลลิเมตร จึงได้ออกแบบความหนาที่ 20 มิลลิเมตร เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้ง



รูปที่ 3.3 แผนภาพ free-body diagram ของแม่พิมพ์ด้านบน



รูปที่ 3. 4. แรงดัน (F) กระทำกับเนื้อวัสดุเกิดเป็นลักษณะของแรงเฉือน

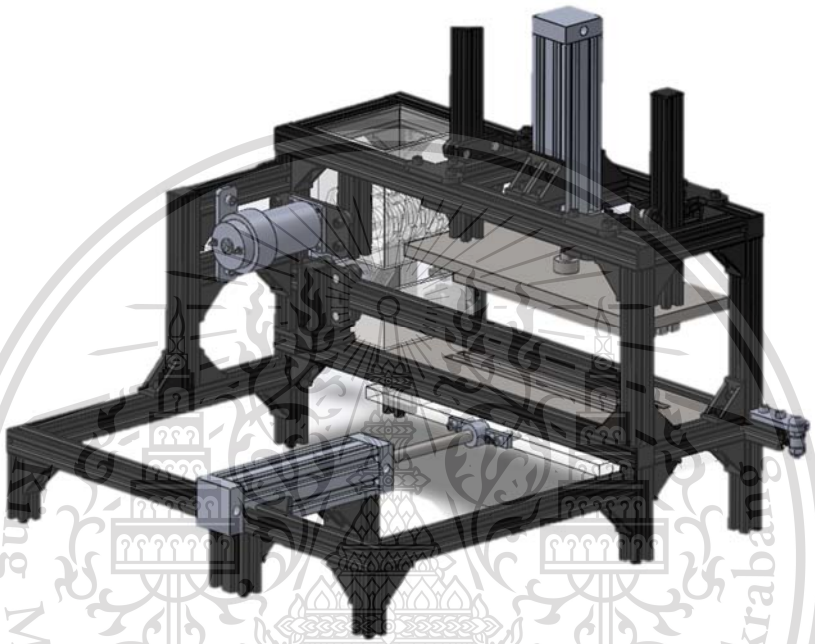
3.1.5 อัตราส่วนการอัด

การหาอัตราส่วนระหว่างความสูงของแป้งที่บรรจุในพิมพ์สำหรับขึ้นรูปกับความสูงของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยความสูงผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เท่ากับ 8 มิลลิเมตร จึงทำการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนการอัด โดยการทดลองเป็นการจำลองการอัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์ต้นแบบ โดยเริ่มต้นทดลองอัตราส่วนการอัด 2:1 ซึ่งได้จำลองความลึกเริ่มต้นของพิมพ์ล่าง 16 มิลลิเมตร และพิมพ์บนนูน 8 มิลลิเมตร กดอัดขึ้นรูปให้หน้าสัมผัสของแม่พิมพ์บนและแม่พิมพ์ล่างสนิทกัน และทำการเพิ่มความลึกของแม่พิมพ์ล่างและเพิ่มความหนาแม่พิมพ์บนทีละ 2 มิลลิเมตร จนได้อัตราส่วนการอัดที่ต้องการ คือ ณ ตำแหน่งที่หน้าสัมผัสแม่พิมพ์บนและแม่พิมพ์ล่างแนบสนิทกันจนไม่สามารถเพิ่มความลึกได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 โครงสร้างต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่ผ่านการพิจารณา

3.2.1 โครงสร้างหลักต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 3. 5 แบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติแบบที่ผ่านการพิจราณา

โครงสร้างหลักของต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบ จะใช้ Aluminium profile ขนาด 20x20 V-slot โดยการต่อด้วยฉากยึด 90 องศา เป็นโครงสร้างเพื่อใช้ติดตั้งอุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ การขึ้นรูปจะใช้กระบอกลมนิวเมติกส์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ระยะชัก 150 มิลลิเมตร ในการอัดขึ้นรูปตะเกียบ โดยกระบอกลมตัวแรก จะยึดติดกับแม่พิมพ์บนสำหรับการอัดขึ้นรูป และกระบอกลมตัวที่สองจะยึดติดกับแผ่นรองพิมพ์ล่างซึ่งใช้สำหรับควบคุมการเปิดปิดช่องตะเกียบของพิมพ์ล่าง โดยจะแบ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ของต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบได้ ดังนี้

1) ชุดบดแป้งสำหรับขึ้นรูปตะเกียบ

ประกอบด้วยเกลียวบดแป้งซึ่งทำจากอะคริลิก 2 ชุดขบกัน มีระยะห่าง 5 มิลลิเมตร สวมเข้ากับแกนเพลา มีมอเตอร์เกียร์เป็นต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนแกนเพลาให้หมุนเพื่อให้เกลียวบดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์

กล่องบรรจุแป้งยึดติดกับขาอลูมิเนียมโปรไฟล์และล้อ ซึ่งแผ่นเพลตที่ติดตั้งล้อจะถูกยึดเข้ากับสายพานซึ่งมีสเต็ปมอเตอร์เป็นต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนเพื่อให้ชุดกล่องบรรจุแป้งเคลื่อนที่ไปและกลับ

3) ชุดอัดขึ้นรูป

ประกอบด้วยแม่พิมพ์บนและแม่พิมพ์ล่าง โดยแม่พิมพ์ล่างจะมีฐานรองที่สามารถเคลื่อนที่เปิดปิดช่องตะเกียบของแม่พิมพ์ล่างสำหรับอัดและนำผลิตภัณฑ์ออก โดยมีการใช้กระบอกลมนิวเมติกส์ 2 ตัวในระบบทำงานของชุดอัดขึ้นรูป กระบอกลมตัวที่ 1 จะยึดติดกับแม่พิมพ์บนเพื่อทำการกดอัดขึ้นรูป และกระบอกลมตัวที่ 2 จะถูกยึดติดกับฐานรองพิมพ์ล่างสำหรับปิดช่องตะเกียบขณะอัดขึ้นรูปและเคลื่อนที่ออกเพื่อเปิดช่องตะเกียบนำผลิตภัณฑ์ออก

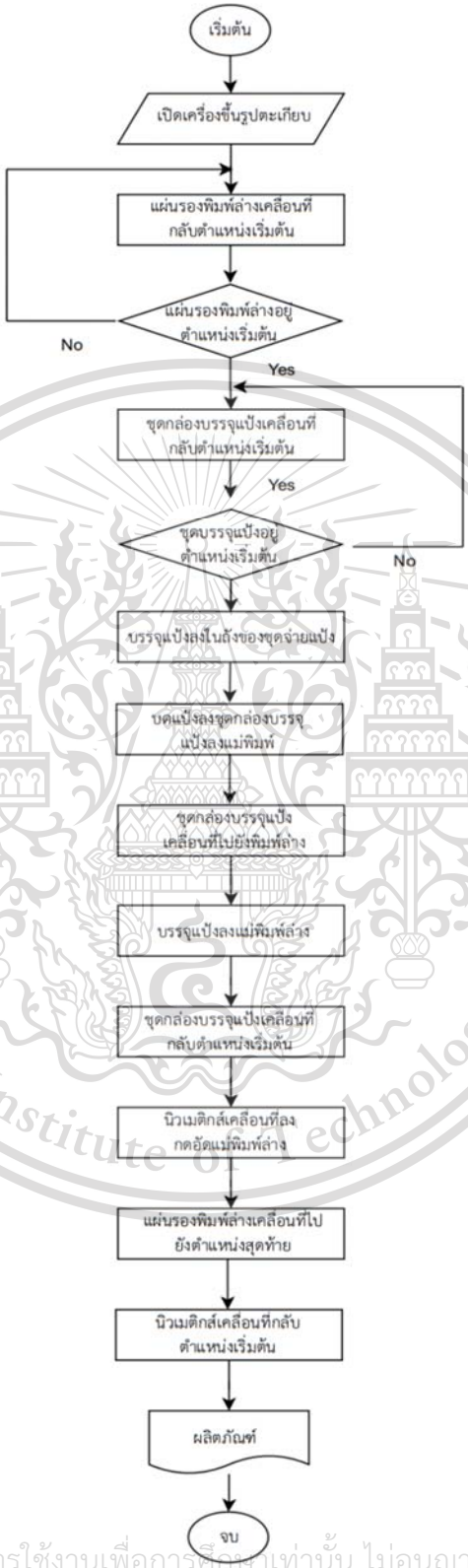
3.3 การทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูป

3.3.1 หลักการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูป

หลักการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ เมื่อกดสวิทช์เริ่มทำงาน แป้งจะถูกบดด้วยเกลียวบดทั้ง 2 ชุดโดยมีมอเตอร์เกียร์เป็นต้นกำลังขับเพลาให้หมุน หลังจากถูกบดแป้งจะหล่นลงสู่ชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์ เมื่อครบเวลาตามกำหนด ชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์จะเคลื่อนไปยังแม่พิมพ์ล่างจนสัมผัสกับลิมิตสวิทช์ จากนั้นชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์เคลื่อนที่กลับตำแหน่งเริ่มต้นจนสัมผัสลิมิตสวิทช์และวาล์ว 3/2 (1.2) แบบทำงานทางเดียว เกลียวบดทั้ง 2 ชุดจะเริ่มทำการบดแป้งอีกครั้งและกระบอกลมนิวเมติกส์ที่ยึดติดกับแม่พิมพ์บนจะเริ่มทำการเคลื่อนที่ออกเพื่อทำการอัดแป้งในพิมพ์ เมื่อแตะวาล์ว 3/2 (2.3) ซึ่งถูกติดตั้งที่ก่อนตำแหน่งกระบอกลมเคลื่อนที่ออกสุด โดยติดตั้งที่ตำแหน่งกดอัด 12 มิลลิเมตรซึ่งเป็นอัตราส่วนการอัดที่คำนวนมาแล้ว ขณะที่กระบอกลมที่ยึดติดกับฐานรองพิมพ์ล่างเคลื่อนที่เข้า กระบอกลมที่ยึดติดกับแม่พิมพ์บนจะเคลื่อนที่ออกจนสุด ทำให้แป้งที่ถูกกดอัดเป็นผลิตภัณฑ์หล่นลงสู่ภาชนะรองรับ และเมื่อกระบอกลมตัวที่ยึดติดกับฐานรองพิมพ์ล่างเคลื่อนที่กลับจนสัมผัสวาล์ว 3/2 (1.3) กระบอกลมที่ยึดติดกับพิมพ์บนจะเคลื่อนที่ขึ้นสัมผัสวาล์ว 3/2 (2.2) ทำให้กระบอกลมที่ยึดติดกับฐานรองพิมพ์ล่างเคลื่อนที่ออกจนสุดและสัมผัสลิมิตสวิทช์ จากนั้นชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์เริ่มการทำงานรอบที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.2 ขั้นตอนการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูป



รูปที่ 3. 6. ขั้นตอนการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูป

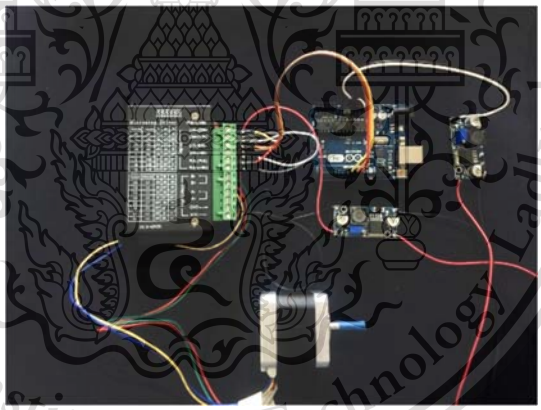
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4 การเขียนคำสั่งควบคุม

3.4.1 การเขียนคำสั่งและต่อวงจรควบคุมระบบการทำงานของเครื่องขึ้นรูป

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ (Step motor) ชุดกล่องเคลื่อนที่สำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์ การเขียนคำสั่งควบคุมชุดกล่องเคลื่อนที่สำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์ ใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนคำสั่งควบคุม Step motor ซึ่งโปรแกรม Arduino จะควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ส่งผลให้ชุดกล่องบรรจุแป้งลงพิมพ์เคลื่อนที่ไปมาตามที่เขียนโปรแกรมไว้ หลังจากที่เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์เรียบร้อยแล้วทำการต่อวงจรเพื่อควบคุมมอเตอร์เริ่มจากพาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) ต่อกับบอร์ดปรับแรงดันไฟฟ้า (DC Step-Down) 2ตัว ซึ่งตัวแรกนำบอร์ดปรับแรงดันไฟฟ้า (DC Step-Down) ต่อเข้ากับบอร์ดขับไดร์มอเตอร์ (Microstep Driver) ตัวที่ 2 ต่อเข้าบอร์ดบอร์ด Arduino UNO R3 จากนั้นนำstepper motor ต่อบอร์ดขับมอเตอร์(Microstep Driver) และต่อบอร์ด Arduino UNO R3 กับบอร์ดขับไดร์มอเตอร์ (Microstep Driver) เข้าด้วยกัน

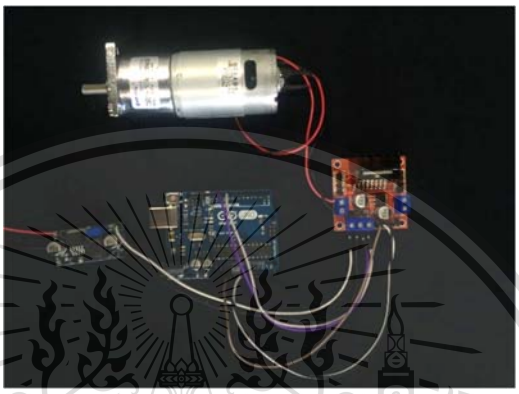


รูปที่ 3. 7 การต่อวงจรควบคุม Step motor สำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์

2) คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์เกียร์ซึ่งใช้ในการหมุนเกลียวบดแป้ง การเขียนคำสั่งควบคุมชุดอุปกรณ์สำหรับการบดแป้ง ใช้โปรแกรม Arduino ควบคุมมอเตอร์เมื่อเริ่มการทำงานมอเตอร์จะหมุนส่งผลทำให้เพลาเกิดการหมุนเพื่อทำให้ใบพัดบดแป้งทำการบดแป้งและหยุดการบดแป้ง ซึ่งจะเริ่มการทำงานอีกครั้งตามเวลาที่ตั้งไว้ หลังจากที่เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์เรียบร้อยแล้ว ทำการต่อวงจรโดยเริ่มจากพาวเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ซัพพลาย (Power Supply) ต่อกับบอร์ดปรับแรงดันไฟฟ้า (DC Step-Down) จากนั้นนำบอร์ดปรับแรงดันไฟฟ้า (DC Step-Down) ต่อเข้ากับบอร์ดขับไดร์มอเตอร์ (Motor Drive) แล้วจึงนำมอเตอร์เกียร์กับบอร์ด Arduino UNO R3 ต่อเข้ากับบอร์ดขับไดร์มอเตอร์ (Motor Drive) เข้าด้วยกัน



รูปที่ 3. 8 การต่อวงจรควบคุม DC moter สำหรับการบดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

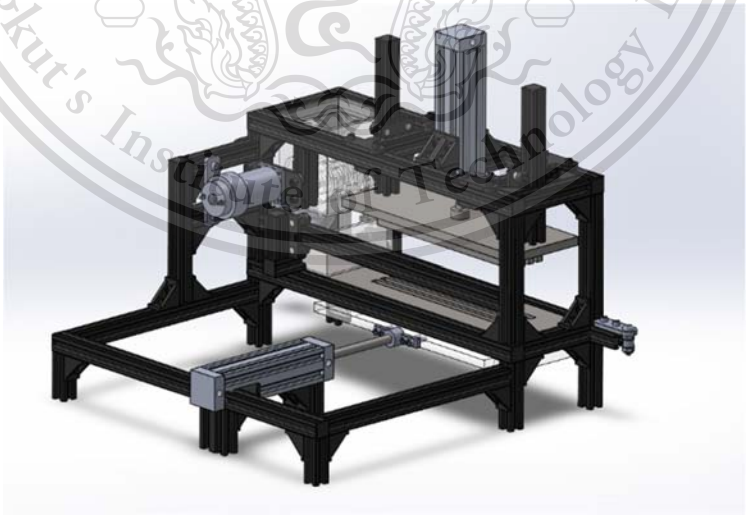
ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างความสูงของแป้งที่บรรจุในพิมพ์สำหรับขึ้นรูปกับความสูงของผลิตภัณฑ์ คำสั่งควบคุมระบบการทำงาน และคู่มือส่วนประกอบหลักของต้นแบบเครื่องขึ้นรูปย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ

4.1 อัตราส่วนการอัด

การทดลองหาอัตราส่วนระหว่างความสูงของแป้งที่บรรจุในพิมพ์สำหรับขึ้นรูปกับความสูงของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยความสูงผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เท่ากับ 8 มิลลิเมตร จึงทำการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนการอัด ได้ผลการทดลองจากการจำลองชุดแม่พิมพ์ ณ ตำแหน่งที่หน้าสัมผัสแม่พิมพ์บนและแม่พิมพ์ล่างแนบสนิทกันจนไม่สามารถเพิ่มความลึกได้อีก เท่ากับ ความลึกพิมพ์ล่าง 20 มิลลิเมตร และพิมพ์บนนูน 12 มิลลิเมตร ทำให้ได้อัตราส่วนการอัด เท่ากับ 2.5:1

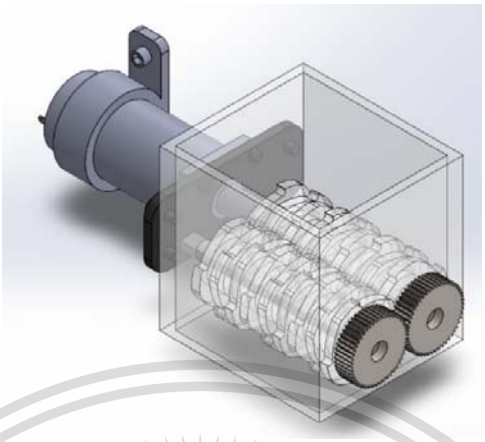
4.2 ส่วนประกอบหลักของต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบหลักของต้นแบบ

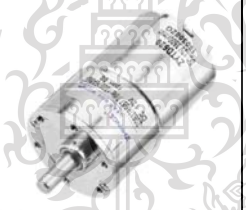
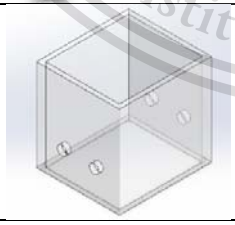
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1 ชุดบดแป้งสำหรับขึ้นรูปตะเกียบ



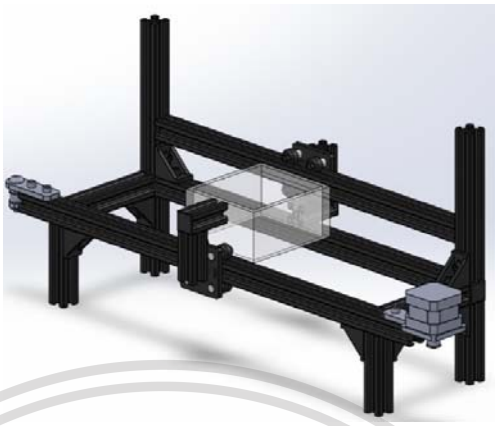
รูปที่ 4.2 ชุดบดแป้งสำหรับขึ้นรูปตะเกียบ

ตารางที่ 4.1 อุปกรณ์ชุดบดแป้งสำหรับขึ้นรูปตะเกียบ

ลำดับ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	รายละเอียด
1		DC motor 12V rpm:60
2		**Motor mount plate**
3		ชุดกล่องสำหรับบดแป้งออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidwork ใช้แผ่นอะคริลิคหนา 5 มิลลิเมตร ตัดและเจาะรูด้วยเลเซอร์คัต
4		เฟือง โมดูล 0.7 จำนวนฟันเฟือง 50 ฟัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา 10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์เฟือง 35 มิลลิเมตร

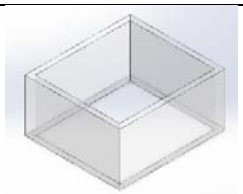
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.2 ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์



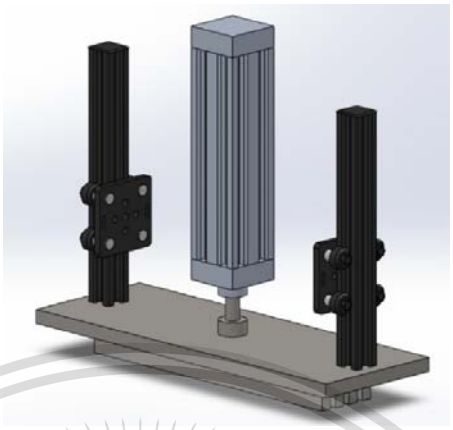
รูปที่ 4.3 ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์

ตารางที่ 4.2อุปกรณ์ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์

ลำดับ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	รายละเอียด
1		Stepper Motor มี แรงบิด 42 N.cm 1.7A (17HS4401S)
2		Aluminum Profile Synchronous Belt
3		ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidwork ใช้แผ่นอะคริลิคหนา 5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3 ชุดแม่พิมพ์บน



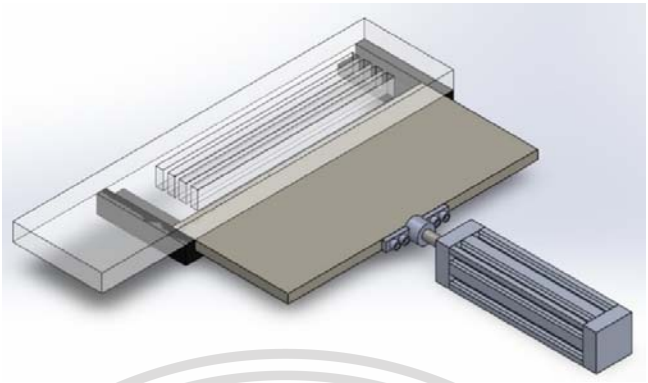
รูปที่ 4.4 ชุดแม่พิมพ์บน

ตารางที่ 4.3 อุปกรณ์ชุดแม่พิมพ์บน

ลำดับ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	รายละเอียด
1		แม่พิมพ์บนมีขนาดความยาว 280 มิลลิเมตร ความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความหนาหนา 10 มิลลิเมตร ส่วนความนูนของตะเกียบมีขนาดความยาว 220 มิลลิเมตร ความกว้าง 8 มิลลิเมตร ความหนาหนา 20 มิลลิเมตร
2		กระบอกสูบนิวเมตริกส์ทำงานทางเดียวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร
3		ชุดล้ออะลูมิเนียมโปรไฟล์ ขนาด 20 x 20 มิลลิเมตร
4		อะลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 20 x 20 มิลลิเมตร

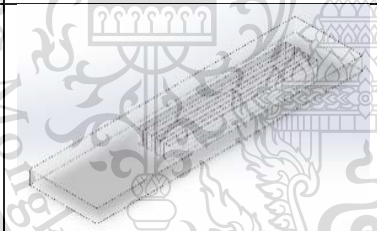
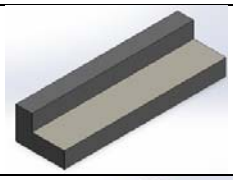
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.4 ชุดแม่พิมพ์ล่าง



รูปที่ 4.5 ชุดแม่พิมพ์ล่าง

ตารางที่ 4.4 อุปกรณ์ชุดแม่พิมพ์ล่าง

ลำดับ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	รายละเอียด
1		แม่พิมพ์ล่างมีขนาดความยาว 320 มิลลิเมตร ความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความหนาหนา 20 มิลลิเมตร ส่วนความเว้าของตะเกียบมีขนาดความยาว 220 มิลลิเมตร ความกว้าง 8 มิลลิเมตร และความลึก 20 มิลลิเมตร
2		กระบอกสูบนิวเมตริกส์ทำงานทางเดียวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร
3		ฐานนำล่องสำหรับให้แผ่นรองพิมพ์ล่างเคลื่อนที่
4		แผ่นรองพิมพ์ล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 คำสั่งควบคุมระบบการทำงานของต้นแบบเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้กึ่งอัตโนมัติ

4.3.1 คำสั่งควบคุมมอเตอร์ชุดบดแป้ง

DC_Motor.ino | Arduino 1.8.13

File Edit Sketch Tools Help

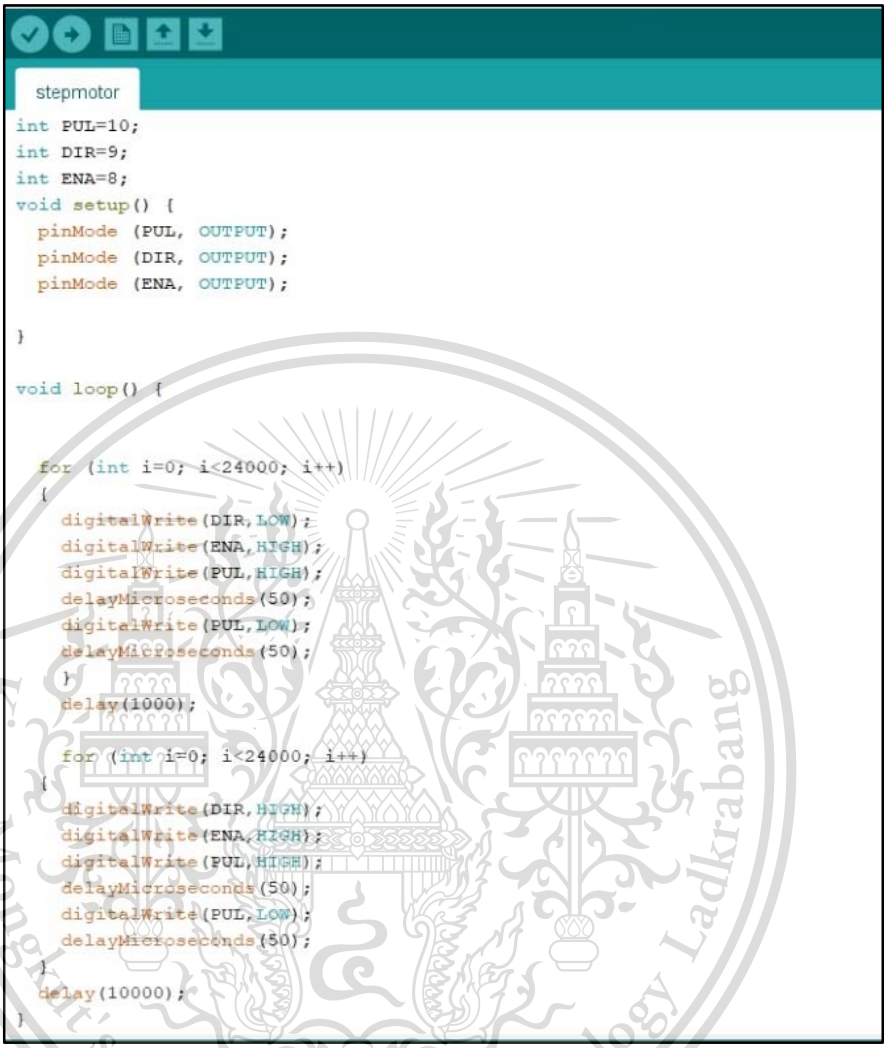
DC_Motor.ino

```
int ENA = 2;
int IN1 = 22;
int IN2 = 24;
int speed = 255;
void setup() {
 pinMode(2, OUTPUT);
 pinMode(22, OUTPUT);
 pinMode(24, OUTPUT);
}

void loop() {
 digitalWrite(IN1, HIGH);
 digitalWrite(IN2, LOW);
 digitalWrite (ENA,speed);
 delay(10000);

 digitalWrite(IN1, LOW);
 digitalWrite(IN2, LOW);
 delay(2000);
}
```

รูปที่ 4.6 คำสั่งควบคุม DC Motor ชุดบดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.2 คำสั่งควบคุมมอเตอร์ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์



รูปที่ 4.7 คำสั่งควบคุมStep motor ชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จะได้แบบเครื่องขึ้นรูปที่สามารถผลิตตะเกียบแบบกึ่งอัตโนมัติในรูปแบบ 3 มิติ และแบบร่าง (Drawing) ซึ่งในแบบ 3 มิติ จะมีทั้งตัวโครงสร้างและอุปกรณ์การทำงานอื่นๆ เช่น มอเตอร์ กระบอกสูบนิวเมตริกส์ เป็นต้น และในแบบร่าง(Drawing) จะมีการบอกขนาดและรายละเอียดของแต่ละชิ้นส่วนของเครื่อง นอกจากนี้จะได้ระบบควบคุมซึ่งจะใช้โปรแกรม Arduino ควบคุมการทำงานของมอเตอร์แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้ 1) ชุดบดแป้งสำหรับขึ้นรูปตะเกียบซึ่งจะทำงานและหยุดการทำงานตามที่มีการตั้งเวลาไว้ 2) ส่วนของชุดกล่องสำหรับบรรจุแป้งลงพิมพ์ ซึ่งจะเป็นตัวพาแป้งลงสู่แม่พิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์, ปานเพชร ชนินทร. 2541. **นิวเมตริกส์อุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

เจนจิรา บ.ป.สูงเนิน. 2562. การพัฒนาหลักสูตรการออกแบบและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks. Directindustry. งานวิจัยสถาบันและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ฑิตฐิตา โชติพ่วง. 2560. “การออบแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปจานด้วยใบสัก” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เด่น คอกพิมาย. 2559**. การควบคุมนิวแมตริกส์สำหรับอุตสาหกรรมอัตโนมัติ.** กรุงเทพฯ : ท้อป

ปวัชร เพ็งสุขแสง. 2561. “การผลิตตะเกียบรับประทานได้” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปิยศาสตร์ วีณุตตรานนท์. 2561. “เครื่องช่วยเดิน” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็ก คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Airforceengineering. 2564. **เครื่องทำลมแห้ง.** [Online]. Available : http://www.airforcethai.com/product

Airforceengineering. 2564. **ถังพักลม.** [Online]. Available : http://www.airforcethai.com/product

Alitair. 2564. **Air Service Unit Air Regulator Filter Pressure Switch Air Filter Regulator Lubricator.** [Online]. Available : https://alitapneumatic.en.made-in-china.com/product/xBLnZqGbnwUS/China-Air-Service-Unit-Air-Regulator-Filter-Pressure-Switch-Air-Filter-Regulator-Lubricator.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Directindustry. 2564. **Compressed air aftercooler**. [Online]. Available : https://www.directindustry.com/prod/gritco/product-199215-2002367.html

Dmitri Kopeliovich. 2557. Compression molding of polymers. [Online]. Available : http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=compression_molding_of_polymers

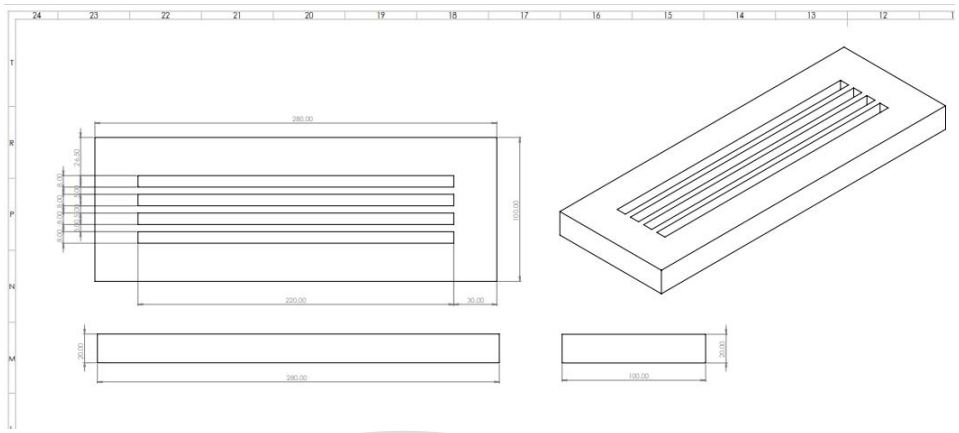
Rueangpariphutservice. 2564. **Mainline Filter**. [Online]. Available : https://www.stablecompressor.com/16928090/mainline-filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

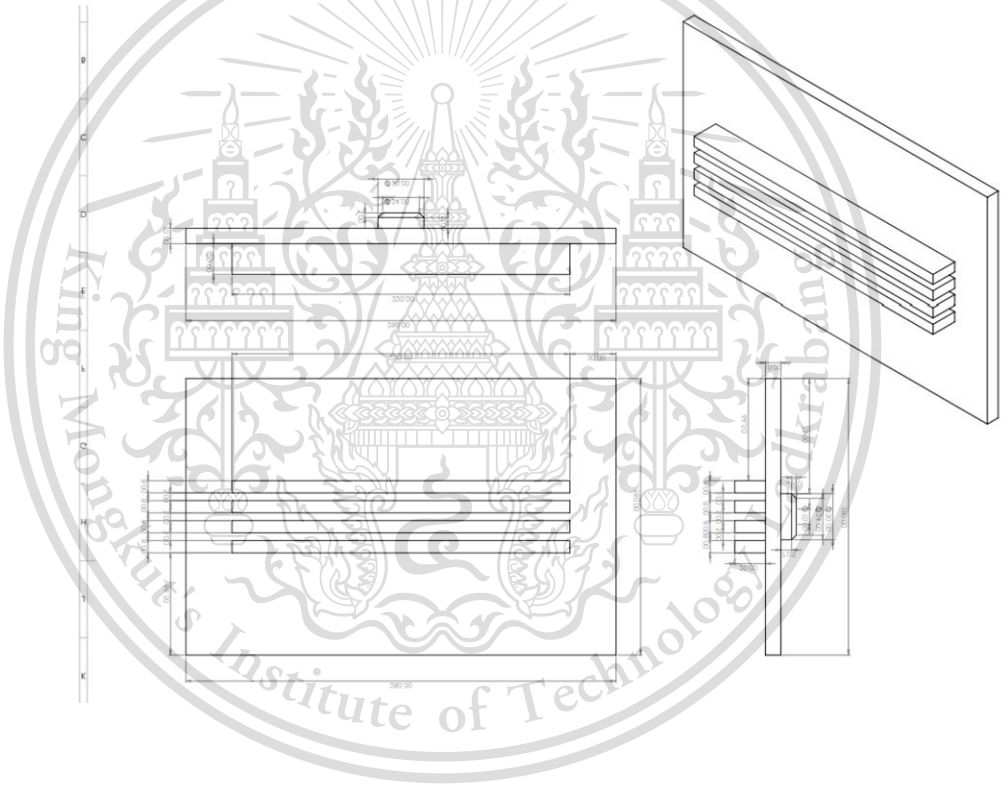
ภาคผนวก ก.

แบบร่าง(Drawing)ของเครื่องขึ้นรูปตะเกียบย่อยสลายได้แบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก.1 แบบร่าง(Drawing) แม่พิมพ์ล่าง



รูปที่ ก.2 แบบร่าง(Drawing) แม่พิมพ์บน

ลิ้งค์แบบเครื่อง

https://drive.google.com/drive/folders/1rq4G5YlRFmN-qvMdndEGmDjQ-gTYkXaa?usp=sharing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.