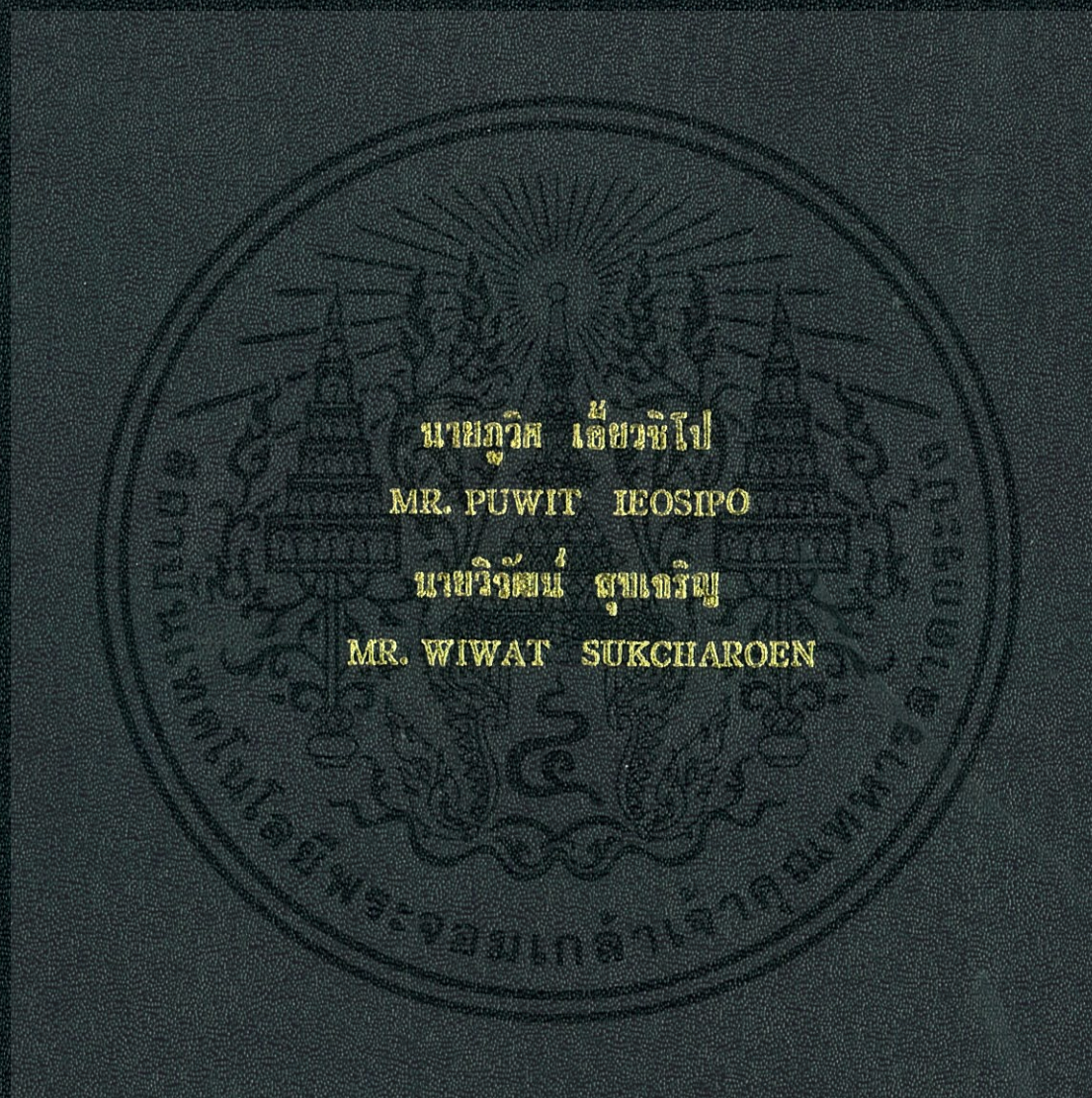


เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งรูป
POWDER-BASED RAPID PROTOTYPING MACHINE



นายภูวิศ เอื้อขวัญใจ
MR. PUWIT IEOSIPO
นายวิวัฒน์ สุภาเจริญ
MR. WIWAT SUKCHAROEN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป
POWDER-BASED RAPID PROTOTYPING MACHINE



นายภูวิศ เอี้ยวชิโป
MR.PUWIT IEOSIPO
นายวิวัฒน์ สุขเจริญ
MR.WIWAT SUKCHAROEN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWDER-BASED RAPID PROTOTYPING MACHINE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSITUTUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท

เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแข็งขึ้นรูป
POWDER-BASED RAPID PROTOTYPING MACHINE

นักศึกษา

นายภูวิศ เอี้ยวชีโป รหัสนักศึกษา 53011286
นายวิวัฒน์ สุขเจริญ รหัสนักศึกษา 53011493

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท


(อาจารย์พลชัย โชติปราชญกุล)

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป
นักศึกษา	นายภูวิศ เอี้ยวชีโป รหัสนักศึกษา 53011286 นายวิวัฒน์ สุขเจริญ รหัสนักศึกษา 53011493
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2556
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อาจารย์พลชัย โขติปยายนกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการจัดทำเครื่องพิมพ์สามมิติ(Rapid prototype : 3D Printing)เพื่อใช้ในการศึกษาวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยอาศัยหลักการการทำงานของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท (Ink Jet Printer) ที่ใช้งานอยู่ทั่วไป จากปกติที่ใช้ในการพิมพ์เอกสาร รูปภาพ มาพัฒนาให้สามารถพิมพ์รูปแบบของวัตถุต้นแบบออกมาในรูปวัตถุสามมิติ โดยหลักการการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติจะทำการพิมพ์หมึกหรือตัวประสานลงไปบนชั้นผงแป้งที่อยู่ในอ่างผงแป้งปรับระดับที่ละชั้นจนได้ต้นแบบชิ้นงานที่มีรูปร่างสามมิติ โดยขั้นตอนการทำงานโครงการเครื่องพิมพ์สามมิตินี้ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ ทำการออกแบบและสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติ และ ทำการศึกษาเรื่องของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ โดยการทดลองกับวัสดุชนิดต่างๆ เช่น ปูนปลาสเตอร์ แป้งชนิดต่างๆ ทดสอบกับน้ำยาประสานแบบต่าง ๆ ซึ่งการที่จะขึ้นรูปชิ้นงานจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่จะเกิดขึ้นระหว่างการทำงานของเครื่องพิมพ์ในแต่ละชั้น ทั้งระยะห่างจากหัวฉีดน้ำหมึกกับชั้นของผงแป้ง ความเข้มข้นของน้ำหมึก น้ำยาประสาน ที่พ่นลงบนตัวผงแป้ง ชนิดของผงแป้งหรืออาจจะเป็นสารประกอบอื่นๆที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเพื่อทำให้เกิดการขึ้นรูปและแข็งตัวเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ โดยในโครงการนี้ได้จัดทำการศึกษาทดสอบจากวัสดุผง 3 ชนิดกับน้ำยาประสาน 2 ชนิด ซึ่งผลการทดลองพบว่ามีความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปชิ้นงานสามมิติด้วยผงปูนปลาสเตอร์กับน้ำกลั่นแต่ยังต้องมีการพัฒนาระบบหัวพิมพ์ให้รองรับหมึกพิมพ์ที่เป็นน้ำต่อไป

Thesis Title	The Powder-Based Rapid Prototyping Machine	
Student	Mr.Puwit	leosipo
	Mr.Wiwat	Sukchareon
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering	
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabangp	
Academic Year	2013	
Thesis Advisor	Mr.Phonlachai Chopaiyanakul	

ABSTRACT

This thesis presents designing, making and testing of a powder-based rapid prototyping machine. Recently, the commercialized rapid prototyping machine becomes much more affordable for general purposes, however the cost of material is still expensive. Our group decided to compromise this with household materials such as corn starch, flour, plaster or construction cement. The design of the built machine is based on common ink jet printer which is put on sliding shafts and two powder basins. Ink jet printer prints a 2-D shape on powder material in a basin and then basin shift down for 0.01 mm. After that, a powder feeder will push lifted powder from another basin to fill on the first basin forming a new layer and repeat printing with the new layer shape. With this principle, we can print a model on powder layer by layer to create 3 dimension models. After the machine is built, conditions and parameters in powder forming process are studied. We focus on Distance between print carriage and powder, Type of powder material and Ink. Fine tuning of distance between print carriage and powder gives us a good quality (accurate sharp and deburrig edge) of the printing. And to find plausible conditions and parameters in powder forming for the RPT machine, several tests and experiments are conducted. Although there are some problems in testing, the results of experiments clearly confirm that plaster powder is a good candidate for this RP machine.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆ ด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่นๆอีกหลายท่าน รวมไปถึงเพื่อนๆทุกคน สำหรับความช่วยเหลือและคำปรึกษาที่ติดตลอดการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้



นายภูวิศ
นายวิวัฒน์

เอี้ยวชิโป
สุขเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การทำงานของเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดต่างๆ.....	3
2.2 เครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป.....	10
2.3 การทำงานของเครื่องพิมพ์ แบบอิงค์เจ็ท.....	14
2.3.1 ระบบการพิมพ์อิงค์เจ็ทแบบหยดหมึกต่อเนื่อง.....	14
2.3.2 ระบบการพิมพ์อิงค์เจ็ทแบบหยดหมึกตามความต้องการ.....	16
2.4 ข้อมูล คุณสมบัติของผงแป้งที่ใช้ในการขึ้นรูป ชนิดต่างๆ.....	18
2.4.1 ปูนปลาสเตอร์.....	18
2.4.2 ปูนฉาบละเอียด (Fine Plaster Mortar).....	18
2.4.3 แป้งข้าวโพด (Cornstarch).....	19
2.4.4 แป้งประกอบอาหาร (Flour).....	19
2.5 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องจักร.....	20
2.5.1 พื้นฐานของผู้ออกแบบเครื่องกล.....	21
2.5.2 การออกแบบ.....	21
2.6 ส่วนประกอบในการสร้างเครื่อง.....	22
2.6.1 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor).....	22
2.6.2 หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder).....	24

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6.3 การส่งผ่านข้อมูลดิจิทัลและการอินเทอร์เฟซ (computer interfacing).....	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	30
3.2 ดำเนินการสร้างเครื่อง.....	30
3.2.1 การออกแบบเครื่อง.....	31
3.2.2 ตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา.....	31
3.2.3 ทำการสร้างเครื่อง.....	32
3.2.4 ตรวจสอบโดยการทดลองใช้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้ในขอบเขตของการศึกษา.....	33
3.3 ดำเนินการทดลองการขึ้นรูปด้วยผงแป้ง และเก็บรวบรวมข้อมูล.....	33
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ดำเนินการสร้างเครื่อง.....	35
4.1.1 การออกแบบเครื่อง.....	35
4.1.2 ทำการสร้างเครื่อง.....	36
4.1.3 ตรวจสอบการใช้งาน.....	37
4.1.4 เครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป ที่สมบูรณ์.....	39
4.2 ดำเนินการทดลองการขึ้นรูปด้วยผงแป้ง และการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	40
4.2.1 ศึกษาปัจจัยด้านวัสดุ.....	40
4.2.2 ศึกษาหัวพิมพ์อิงค์เจ็ท.....	42
4.2.3 ศึกษาหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท.....	43
4.2.5 ทดลองการใช้งานน้ำกลั่นร่วมกับหัวพิมพ์.....	44
4.3 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล.....	45
4.3.1 ผลการดำเนินการสร้างเครื่อง.....	45
4.3.2 ผลการดำเนินการทดสอบผงแป้ง.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	47
5.1.1 สรุปผลการสร้างเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.1.2 สรุปผลการศึกษาคงการทดลองขั้นรูปแปง.....	47
5.2 ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อควรปรับปรุง.....	47
หนังสืออ้างอิง.....	48
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	ผก 1
ภาคผนวก ข	ผก 2



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงปัจจัยด้านวัสดุ.....	34
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบการแข็งตัวของผงแป้ง.....	41



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ชิ้นงานต้นแบบที่ได้จากการสร้างด้วยวิธี Stereolithography (SLA).....	4
รูปที่ 2.2 การทำงานของเครื่อง วิธี Stereolithography (SLA).....	5
รูปที่ 2.3 การทำงานของเครื่อง วิธี Solid Ground Curing (SGC).....	6
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเครื่อง Solid Ground Curing (SGC).....	6
รูปที่ 2.5 การทำงานของเครื่อง และชิ้นงานตัวอย่าง วิธี Selective Laser Sintering (SLS).....	7
รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่อง วิธี Laminated Object Manufacturing (LOM).....	8
รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่อง และชิ้นงานตัวอย่าง วิธี Fused Deposition Modeling (FDM).....	8
รูปที่ 2.8 การทำงานของเครื่อง และชิ้นงานตัวอย่าง วิธี Stratoconception.....	9
รูปที่ 2.9 ภาพเครื่อง และการทำงานของเครื่อง วิธี 3D Printing.....	9
รูปที่ 2.10 ภาพแสดงหลักการการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ.....	10
รูปที่ 2.11 ภาพโครงสร้างของโมเลกุลเมื่อถูกเคลือบสารเสริมความแข็งแรง.....	13
รูปที่ 2.12 ภาพชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการสร้างด้วยเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป.....	13
รูปที่ 2.13 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท.....	14
รูปที่ 2.14 ภาพแผนภูมิแสดงกลไกการทำงานของระบบหยดหมึกต่อเนื่อง.....	14
รูปที่ 2.15 ภาพแสดงกลไกการสร้างหยดหมึกของระบบหยดหมึกต่อเนื่อง.....	15
รูปที่ 2.16 ภาพแสดงระบบการหยดหมึกแบบระบบ Multideflection CIJ และ ระบบ Binary CIJ-Hertz.....	16
รูปที่ 2.17 แผนภูมิแสดงกลไกการทำงานของระบบหยดหมึกตามความต้องการ.....	16
รูปที่ 2.18 แสดงกลไกการสร้างหยดหมึกของ ระบบ Bubble-jet หรือ Thermal ink jet.....	17
รูปที่ 2.19 แสดงกลไกการสร้างหยดหมึกของ ระบบ Piezo.....	17
รูปที่ 2.20 แผนภูมิแสดงแผนภาพของการออกแบบที่มีวงป้อนกลับ.....	21
รูปที่ 2.21 รูปแบบพูลสเต็ป 1.....	23
รูปที่ 2.22 รูปแบบพูลสเต็ป 2.....	23
รูปที่ 2.23 รูปแบบฮาลฟสเต็ป 2 เฟส.....	23
รูปที่ 2.24 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder).....	24
รูปที่ 2.25 โครงสร้างเทคโคเจนเนอเรเตอร์.....	25
รูปที่ 2.26 รีโซลเวอร์.....	25
รูปที่ 2.27 Incremental encoder.....	26
รูปที่ 2.28 Circular graduations of incremental rotary encoders.....	26
รูปที่ 2.29 กลไกการส่งข้อมูลแบบขนาน.....	27

๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.30 กลไกการส่งข้อมูลแบบอนุกรม.....	28
รูปที่ 2.31 กระบวนการแปลงสัญญาณข้อมูล.....	29
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการสร้างเครื่อง.....	30
รูปที่ 3.2 รูปแสดงภาพจำลองการออกแบบเครื่องพิมพ์สามมิติ.....	31
รูปที่ 3.3 ชุดรูปแสดงเครื่องพิมพ์สามมิติที่ได้จากการสร้างตามแบบจำลอง.....	32
รูปที่ 3.4 รูปแสดงผังขั้นตอนการทดลองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์.....	33
รูปที่ 4.1 ภาพโครงสร้างของเครื่องที่ได้จากการออกแบบในโปรแกรมเขียนแบบ โซลิดเวิร์ค (Solid Work).....	35
รูปที่ 4.2 การประกอบโครงสร้างของเครื่องด้วยอะลูมิเนียมโปรไฟล์.....	36
รูปที่ 4.3 ภาพการติดตั้งชุดถังกระบะแบ่งลงบนฐานของเครื่อง.....	36
รูปที่ 4.4 ภาพชุดสไลด์ยกกระบะแบ่ง.....	37
รูปที่ 4.5 ภาพการทดสอบเครื่องโดยการพิมพ์ลงบนแบ่ง.....	37
รูปที่ 4.6 ภาพการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของกระบะแบ่ง ด้วย ไดออลเกท (dial gauge).....	38
รูปที่ 4.7 ภาพการตรวจสอบระบบเกลียวแบ่งด้วย ด้วยสายตา.....	38
รูปที่ 4.8 ภาพเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแบ่งขึ้นรูป ที่สมบูรณ์.....	39
รูปที่ 4.9 ภาพเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแบ่งขึ้นรูป ที่สมบูรณ์.....	39
รูปที่ 4.10 ภาพเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแบ่งขึ้นรูป ที่สมบูรณ์.....	40
รูปที่ 4.11 รูปส่วนประกอบและกลไกของหัวพิมพ์.....	42
รูปที่ 4.12 ภาพแสดงการทดลองหาค่าการนำไฟฟ้าของหมึกพิมพ์และน้ำเปล่า.....	43
รูปที่ 4.13 ภาพชิ้นงานที่ได้จากการทดลองพิมพ์ด้วยน้ำกลั่น.....	44
รูปที่ 4.14 ภาพชิ้นงานที่ได้จากการทดลองพิมพ์ด้วยน้ำกลั่น.....	44
รูปที่ 4.15 รูปแสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานของเครื่อง.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาวะการณ์ปัจจุบันทุกอย่างเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว รวมทั้งผลิตภัณฑ์ต่างๆที่มีวงจรอายุผลิตภัณฑ์สั้น ดังนั้นความจำเป็นในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่จึงมีความสำคัญมากขึ้นโดยในทางวิศวกรรมต้องการความเร็วในการประเมินและประมวลผลข้อมูลของผลิตภัณฑ์ เมื่อได้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ก่อนที่จะนำไปผลิตจริงนั้น จะต้องทำต้นแบบเป็นชิ้นงานจริง เพื่อได้สัมผัสจริงมิใช่เห็นแต่เพียงภาพเขียนแบบหรือภาพจากจอคอมพิวเตอร์ที่เป็นเพียงภาพสามมิติ ซึ่งอาจทำให้พลาดในบางรายละเอียด ในบางกรณีการมีต้นแบบงานจริงยังช่วยให้เราสามารถตรวจสอบทฤษฎีที่เราคิดไว้และช่วยในการออกแบบในส่วนที่เรายังไม่สามารถกำหนดได้ชัดเจนขณะออกแบบอยู่บนกระดาษหรือด้วยการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Aided Design; CAD) แต่ในปัจจุบันเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็วยังไม่เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลางเพราะปัจจัยในเรื่องของราคาและเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็วที่แพร่หลายในปัจจุบันยังไม่ตอบสนองการใช้งาน เพราะฉะนั้นผู้จัดทำโครงการจึงเล็งเห็นความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป ซึ่งสามารถตอบสนองการใช้งานในเรื่องของสีของต้นแบบ และการเคลื่อนไหวของชิ้นงาน ได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์

1. สร้างเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้ง
2. เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานเครื่อง
3. เพื่อหาวัสดุและตัวแปรที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สร้างเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้ง
2. เขียนโปรแกรมสั่งงานเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้ง
3. ศึกษาวัสดุและตัวแปรในการขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้ง ไปใช้วิชาที่เกี่ยวข้องในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
2. สามารถนำข้อมูลจากการศึกษามาปรับแต่งเครื่องให้สมบูรณ์
3. สามารถนำเครื่องมาศึกษาตัวแปรในการขึ้นรูปผงแป้ง
4. สามารถสร้างชิ้นงานต้นแบบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริญญาโทฉบับนี้เป็นการสร้างเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป ซึ่งในการดำเนินงานจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลและทฤษฎี เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยคณะผู้จัดทำได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- เครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดต่างๆ
- เครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป
- การทำงานของเครื่องพิมพ์ แบบอิงค์เจ็ท
- ข้อมูล คุณสมบัติของผงแป้งที่ใช้ในการขึ้นรูป ชนิดต่างๆ
- ขั้นตอนการออกแบบเครื่องจักร
- ส่วนประกอบในการสร้างเครื่อง

2.1 การทำงานและชนิดของเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว [8]

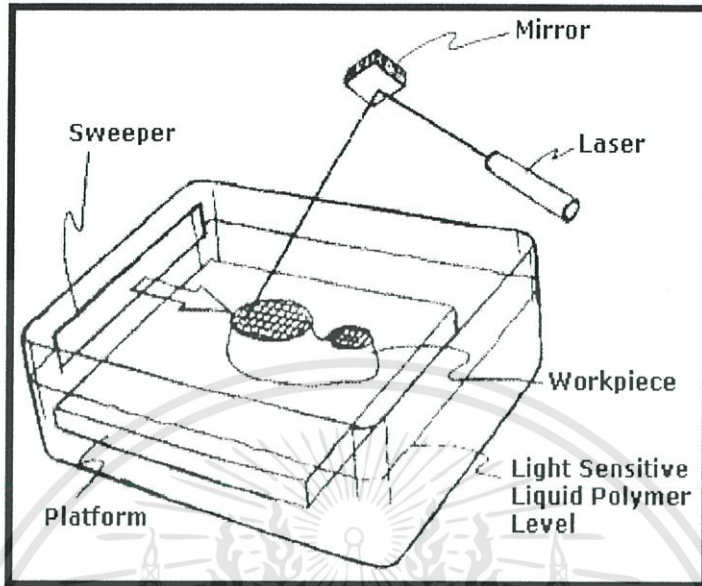
Rapid Prototyping คือการสร้างชิ้นงานต้นแบบอย่างรวดเร็ว โดยอาศัยกระบวนการเชิงตัวเลข(Numerical)และการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (CAD/CAM – Computer Based Design / Manufacturing) ซึ่งทำให้สามารถสร้างชิ้นงานต้นแบบที่เป็นรูปทรงซับซ้อนใน 3 มิติ จากการถ่ายโอนข้อมูลโดยตรงจากแบบในคอมพิวเตอร์ สู่เครื่องผลิต หรือเรียกว่าเป็นการเพิ่มเนื้อด้วยการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์(Computer-controlled additive fabrication)ซึ่งทำให้สามารถผลิตชิ้นงานต้นแบบได้อย่างรวดเร็ว และลดค่าใช้จ่ายจากการทำชิ้นงานต้นแบบ โดยปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการทำ Rapid Prototyping ที่นิยมใช้อยู่ 7 วิธีด้วยกัน ได้แก่

1. Stereolithography (SLA)

เป็นการใช้แสงเลเซอร์เหนือม่วง(Ultraviolet Laser)ยิงไปที่อ่างชั้นงานที่เป็นเรซินไวแสง(photo sensitive resin) เพื่อสร้างรูปทรงทีละชั้นบาง ๆ (layer by layer forming)จนกระทั่งได้เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ เป็นเทคนิคแรกที่น่ามาใช้สำหรับการทำ Rapid Prototyping และยังได้รับความนิยมอยู่จนถึงปัจจุบันนี้



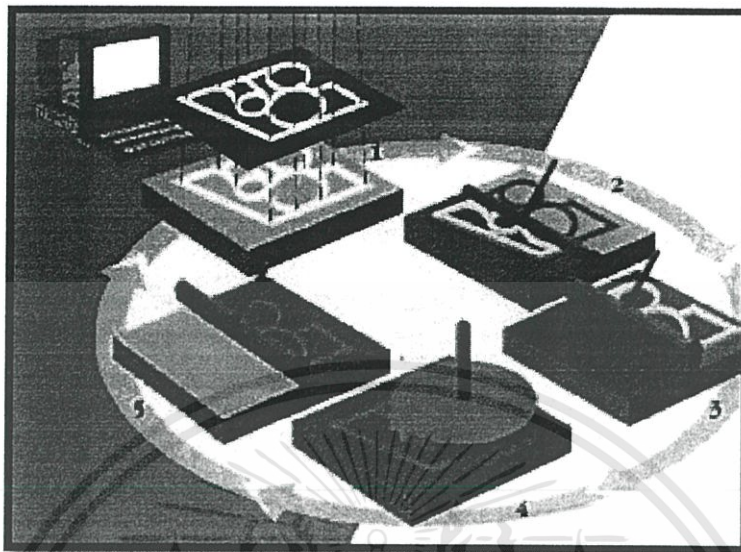
รูปที่ 2.1 ชิ้นงานต้นแบบที่ได้จากการสร้างด้วยวิธี Stereolithography (SLA)



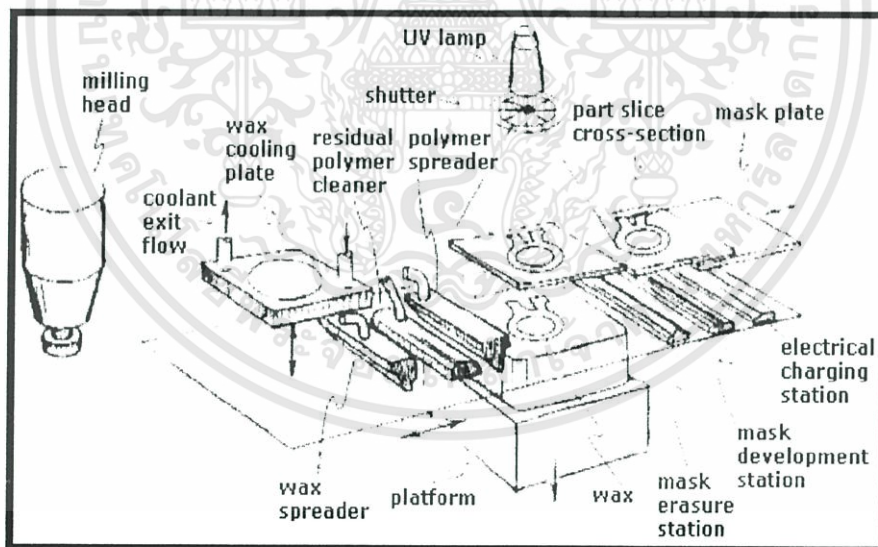
รูปที่ 2.2 การทำงานของเครื่อง วิธี Stereolithography (SLA)

2. Solid Ground Curing (SGC)

หลักการคล้ายกับการทำ SLA คือการสร้างชั้นของเรซินไวแสง(photo sensitive resin) ทีละชั้น และทำให้เกิดรูปทรงโดยการฉายแสงเหนือม่วง(Ultraviolet)แต่ข้อแตกต่างคือSGC (Solid Ground Curing) เป็นการฉายแสงสร้างรูปทรงพร้อมกันทีเดียวทั้งชั้น(Layer)ทำให้ใช้เวลาในการทำเร็วกว่า



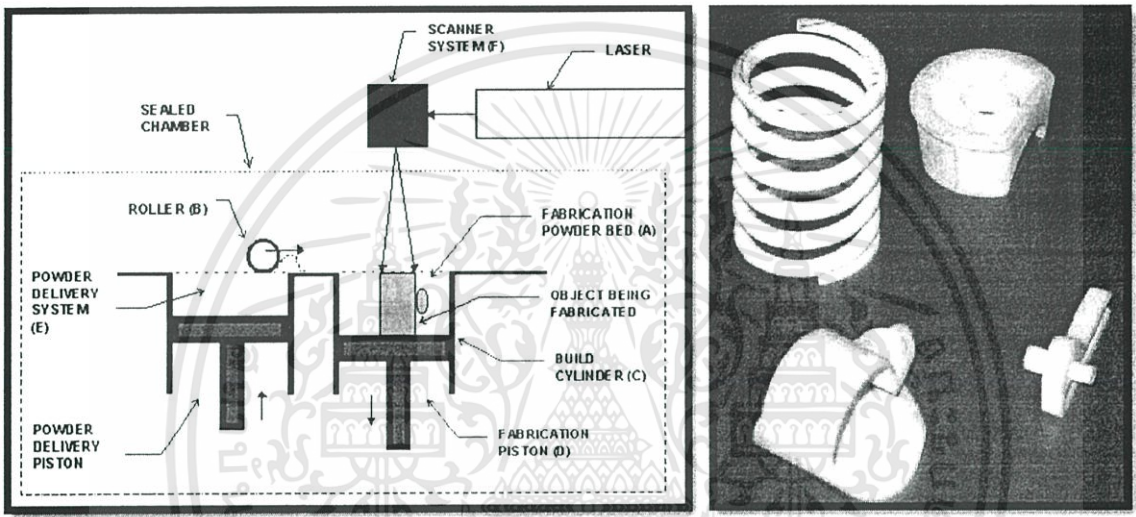
รูปที่ 2.3 การทำงานของเครื่อง วิธี Solid Ground Curing (SGC)



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเครื่อง Solid Ground Curing (SGC)

3. Selective Laser Sintering (SLS)

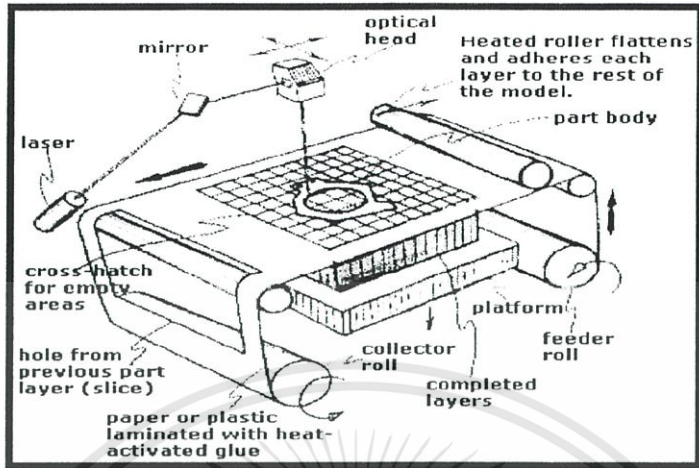
ใช้หลักการเดียวกันกับ SLA แต่ทำให้สามารถใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่า เช่น เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือ ไนลอน (Nylon) โดยจะมีการเติมผงโพลีเมอร์ (polymer powder) ที่ผิวหน้าของแต่ละชั้น ก่อนจะทำการเชื่อม (Sintering) ให้อนุภาคผงละลายเชื่อมติดกันและเกิดเป็นรูปทรง โดยใช้เลเซอร์ให้ความร้อน ปัจจุบันมีการทดลองใช้เทคนิคนี้กับวัสดุที่เป็นโลหะ



รูปที่ 2.5 การทำงานของเครื่องและชิ้นงานตัวอย่าง วิธี Selective Laser Sintering (SLS)

4. Laminated Object Manufacturing (LOM)

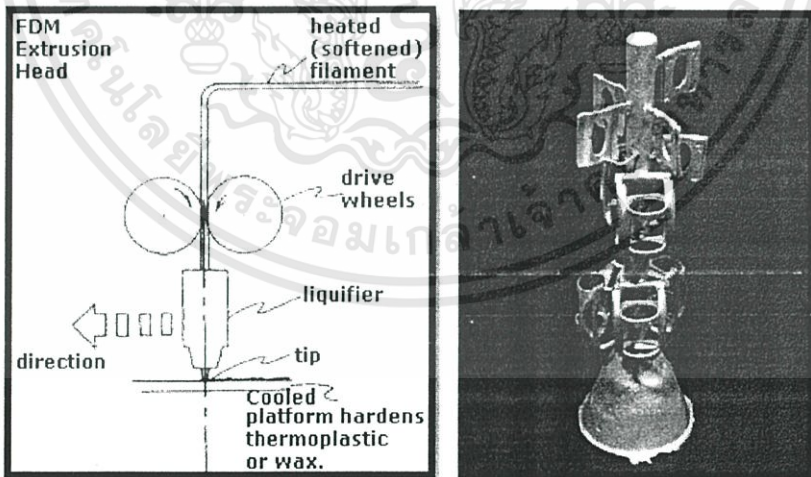
เป็นการใช้วัสดุที่เป็นแผ่นบาง ๆ คล้ายกระดาษ และมีสารยึดติดที่หน้าหนึ่งของแผ่นป้อนเข้าสู่เครื่องยึดติดกันเป็นชั้นต่อชั้นขึ้น โดยแต่ละชั้นจะถูกตัดส่วนที่ไม่ใช่ออกด้วยเลเซอร์



รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องวิธี Laminated Object Manufacturing (LOM)

5. Fused Deposition Modeling (FDM)

หลักการเหมือนกับลวดเชื่อม โดยการใช้เชื่อมเติมพลาสติกเส้นที่พันเป็นม้วน ส่งผ่านไปที่หัวจ่ายซึ่งจะหลอมให้พลาสติกละลาย และหยดออกมาที่โต๊ะงานตามรูปทรงที่ต้องการ

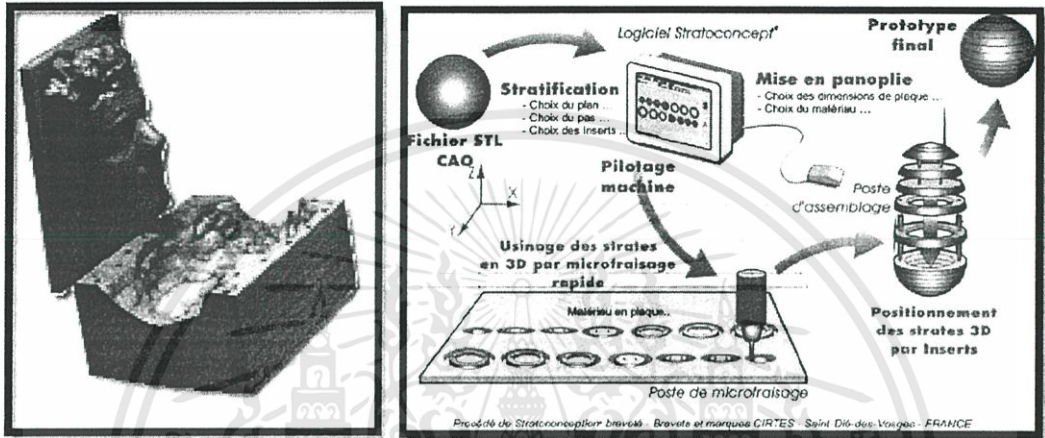


รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องและชิ้นงานตัวอย่าง วิธี Fused Deposition Modeling (FDM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Stratoconception

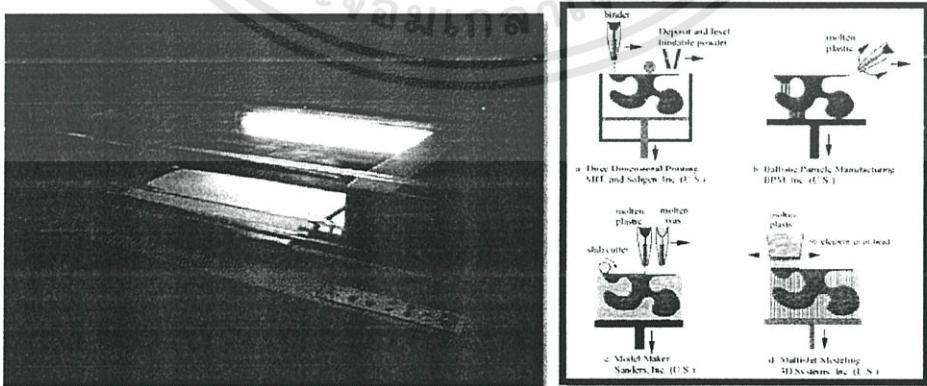
เป็นการใช้เทคนิคการตัด หรือทำ Machining ชิ้นงานแบบเครื่อง CNC โดยไม่จำเป็นต้องทำจากชั้นบาง ๆ แต่สามารถแบ่งส่วนของชิ้นงานเพื่อทำการตัด และประกอบเป็นส่วน ๆ หรือเป็นชั้น ๆ ได้



รูปที่ 2.8 การทำงานของเครื่องและชิ้นงานตัวอย่าง วิธี Stratoconception

7. 3D Printing

ใช้หลักการของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท(Ink Jet Printer)แต่เป็นการพิมพ์ใน 3 มิติ โดยการพ่นวัสดุที่เป็น เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) ผ่านหัวพ่น ให้เป็นรูปแบบตามที่ต้องการ ซึ่งใช้งานได้ง่าย และสร้างแบบจำลองได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.9 ภาพเครื่อง และการทำงานของเครื่องวิธี 3D Printing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

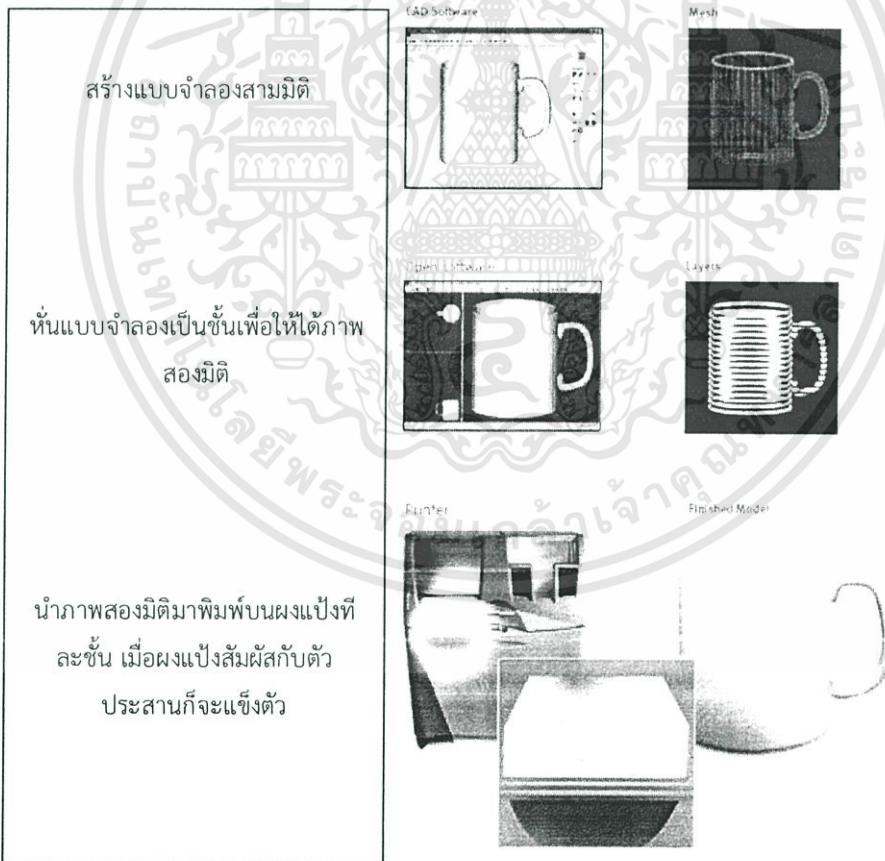
2.2 เครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป [1]

คุณสมบัติเฉพาะ

1. 3D Printer เป็นระบบที่รวดเร็วที่สุดในโลก เป็นเครื่องทำต้นแบบที่ขึ้นรูปได้เร็วกว่าระบบอื่นๆ 5 ถึง 10 เท่า นอกจากนั้นยังสามารถสั่งทำชิ้นงานหลายๆชิ้นพร้อมกัน ซึ่งแตกต่างจากอีกหลายๆระบบ ทำให้ 3D Printer ได้รับการยอมรับและนำไปใช้ในหลายหน่วยงาน

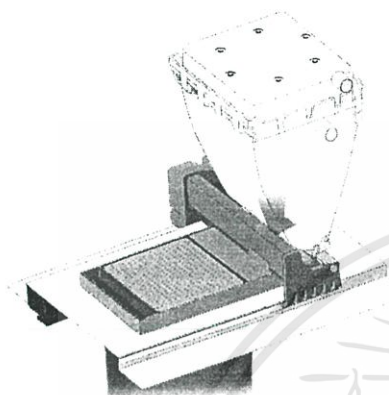
2. ให้สีที่เหมือนจริงและมีความละเอียดสูง ไม่ว่าจะเป็นงานออกแบบด้านวิศวกรรมหรือสถาปัตยกรรมหรือวงการอนิเมชัน นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถแทรกข้อความ ตราสัญลักษณ์คาลงไปที่ชิ้นงานได้อีกด้วย สามารถออกแบบงานที่มีรูปทรงซับซ้อนและวัตถุที่มีรายละเอียดยุ่งยาก หรือชิ้นงานขนาดเล็กเพียงใด ก็สามารถพิมพ์ออกมาได้เหมือนจริง

3. ประหยัดค่าใช้จ่าย ด้วยเทคโนโลยีระบบการทำงานแบบเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท ทั้งราคาเครื่องและราคาวัตถุดิบ และค่าใช้จ่ายในการทำชิ้นงาน

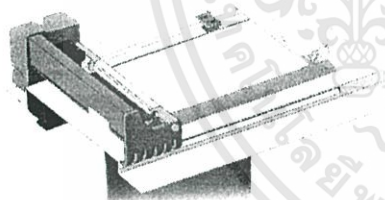


รูปที่ 2.10 ภาพแสดงหลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ

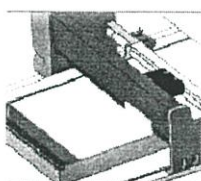
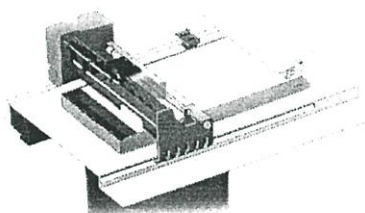
ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง



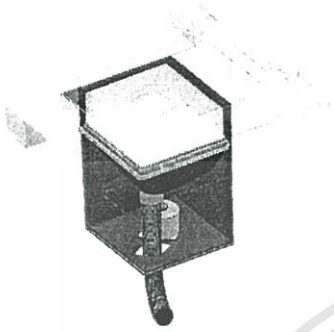
1. ผงแป้งจะถูกปล่อยจากถังใส่ ลงบนพื้นที่พิมพ์ชิ้นงาน



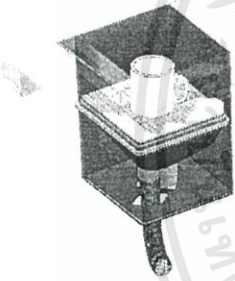
2. เคลี่ยผงแป้งจนเป็นชั้นเรียบ



3. พิมพ์น้ำยาประสาน (หมึกพิมพ์) ตามภาพสองมิติที่
ได้จากการหันแบบจำลอง

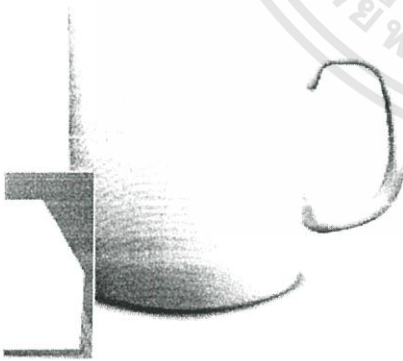


4. ลดระดับกระเบื้อง แบ่ง ทำซ้ำขั้นตอน 1-4 จนได้
แบบจำลองที่สมบูรณ์



5. ดัดผงแบ่งที่ไม่ได้แข็งตัวเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่

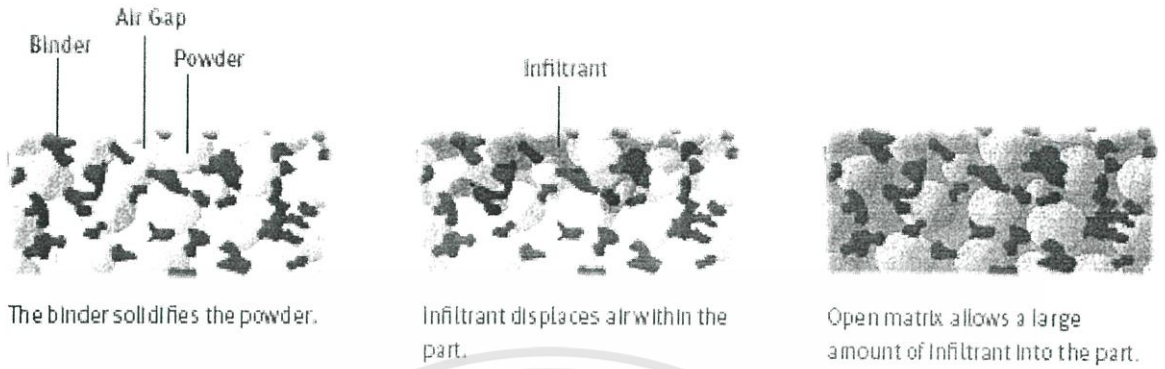
Finished Model



6. ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์

เคลือบงานเพื่อเสริมความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

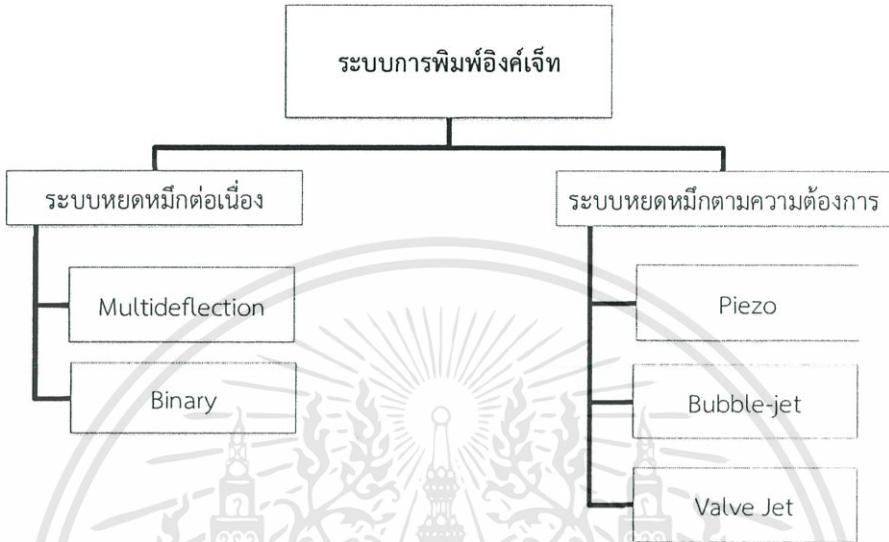


รูปที่ 2.11 ภาพโครงสร้างของโมเลกุลเมื่อถูกเคลือบสารเสริมความแข็งแรง



รูปที่ 2.12 ภาพชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการสร้างด้วยเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแข็งขึ้นรูป

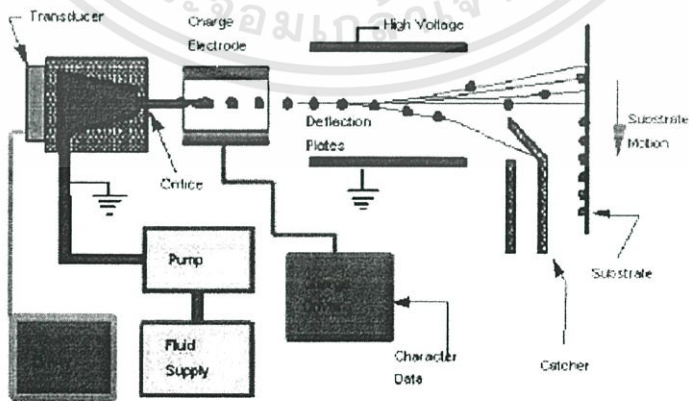
2.3 การทำงานของเครื่องพิมพ์ แบบอิงค์เจ็ท [2]



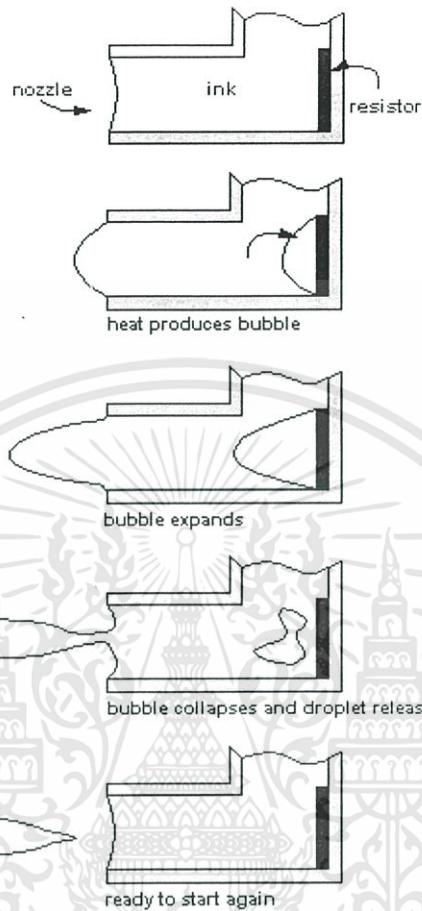
รูปที่ 2.13 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท

2.3.1 ระบบการพิมพ์อิงค์เจ็ทแบบหยดหมึกต่อเนื่อง

หยดหมึกจะถูกคำนวณและเลือกพิมพ์โดยทั่วไปปั๊มจะผลักหมึกที่นำไฟฟ้าได้ออกจากหัวฉีดหมึกจะถูกทำให้แตกออกเป็นหยดโดยการเคลื่อนไหวของหัวฉีดด้วยการใช้ไฟฟ้ากระตุ้นผลึกที่ไม่นำไฟฟ้าทำให้เกิดการฉีดของหยดหมึกอย่างต่อเนื่อง สม่่าเสมอสุดท้ายกระแสไฟฟ้าทำให้หยดหมึกที่มีประจุเบี่ยงเบนไปตกบนวัสดุที่จะทำการพิมพ์หยดหมึกที่ไม่ต้องการจะถูกเก็บสำหรับนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำไปทิ้ง



รูปที่ 2.14 ภาพแผนภูมิแสดงกลไกการทำงานของระบบหยดหมึกต่อเนื่อง



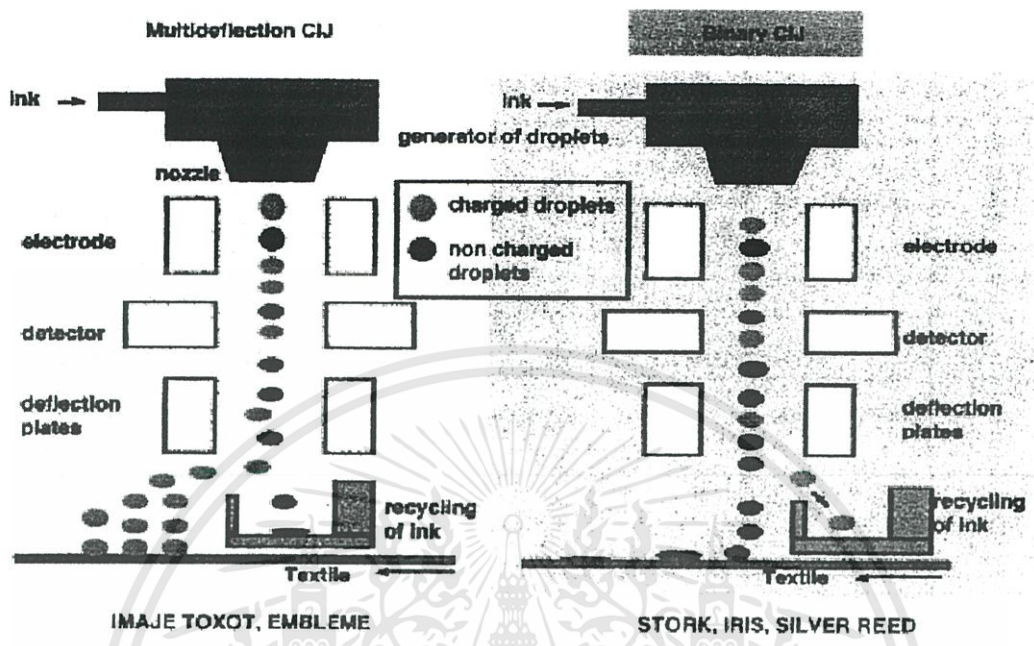
รูปที่ 2.15 ภาพแสดงกลไกการสร้างหยดหมึกของระบบหยดหมึกต่อเนื่อง

- ระบบ Binary CIJ-Hertz

หยดหมึกถูกทำให้มีประจุหรือไม่มีประจุโดยแผ่นสร้างประจุ หยดหมึกที่ไม่มีประจุจะถูกทำให้เบี่ยงเบนออกโดยแผ่นเบี่ยงเบนที่มีประจุตรงข้ามกับแผ่นสร้างประจุ หยดหมึกที่ไม่เบี่ยงเบนออกจะไปตกบนวัสดุ เกิดเป็นลวดลายตามต้องการ

- ระบบ Multideflection CIJ

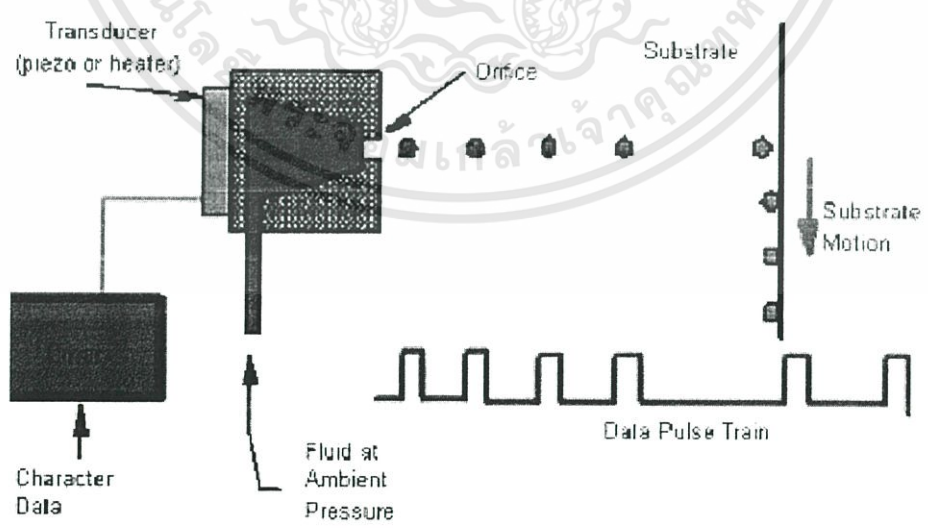
ระบบนี้แตกต่างจากระบบ Binary CIJ ตรงที่หยดหมึกจะถูกทำให้มีประจุต่างๆ กัน ส่งผลให้เกิดการเบี่ยงเบนแตกต่างกันเมื่อหยดหมึกผ่านแผ่นเบี่ยงเบน ทำให้เกิดตำแหน่งการพิมพ์บนวัสดุ ได้หลากหลายจากการพิมพ์ด้วยหัวเดียว



รูปที่ 2.16 ภาพแสดงระบบการหยดหมึกแบบระบบ Multideflection CIJ และ ระบบ Binary CIJ-Hertz

2.3.2 ระบบการพิมพ์อิงค์เจ็ทแบบหยดหมึกตามความต้องการ

ระบบนี้จะมีการหยดหมึกตามความต้องการในการพิมพ์เท่านั้น คือ หยดหมึกในเวลาและพื้นที่ที่ต้องการเท่านั้น

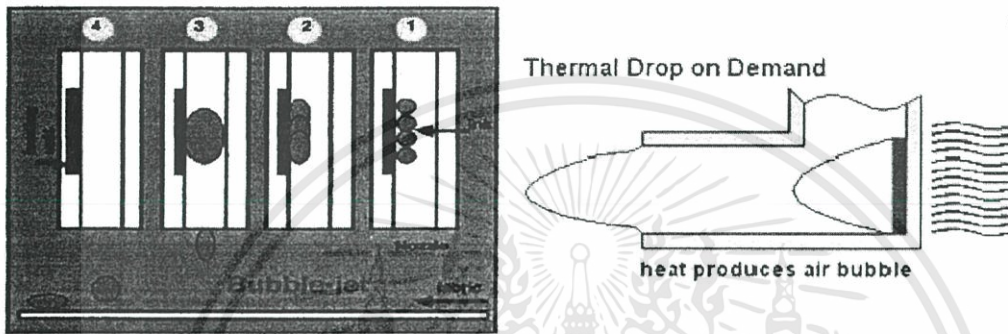


รูปที่ 2.17 แผนภูมิแสดงกลไกการทำงานของระบบหยดหมึกตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 16 วิชาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบ Bubble-jet หรือ Thermal ink jet

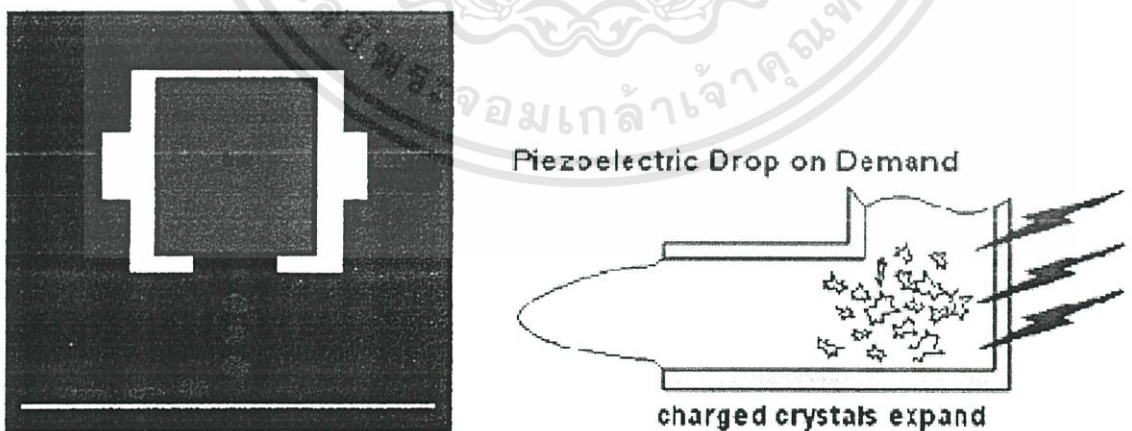
เทคโนโลยี Thermal หรือ Bubble-jet เป็นเทคโนโลยีที่รู้จักกันดีเป็นเทคโนโลยีที่อาศัยความร้อนในการสร้างหยดหมึกซึ่งเป็นเทคโนโลยีแรกของระบบหยดหมึกตามความต้องการโดยใช้เทคนิคการต้มน้ำที่มีหมึกอยู่ให้เดือดแรงดันไอจะขับหยดหมึกออกจากหัวฉีดดังรูป



รูปที่ 2.18 แสดงกลไกการสร้างหยดหมึกของระบบ Bubble-jet หรือ Thermal ink jet

- ระบบPiezo

เทคโนโลยี Piezoคือ ระบบการใช้ไฟฟ้ากดดันผลึกที่ไม่นำไฟฟ้า(Piezo-electric system) การขยายตัวในผลึกทำให้เกิดการหดเกร็งในทิศทางของกระแสไฟฟ้า และเกิดการขยายตัวในทิศทางตั้งฉากกัน การขยายตัวทำให้หยดหมึกถูกฉีดออก



รูปที่ 2.19 แสดงกลไกการสร้างหยดหมึกของ ระบบ Piezo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คุณสมบัติของผงแป้งที่ใช้ในการขึ้นรูป ชนิดต่างๆ

2.4.1 ปูนปลาสเตอร์

- ชนิดของปูนปลาสเตอร์

ปูนปลาสเตอร์มีมากกว่า 30 ชนิดให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับงาน ชนิดแข็งตัวเร็ว แข็งตัวช้าหรือมีมวลละเอียดมากเป็นพิเศษ ได้แก่ปูนปลาสเตอร์หินสำหรับงานแพทย์และทันตกรรม ปูนปลาสเตอร์สำหรับงานปตมากรรม (Casting Plaster) และปูนปลาสเตอร์สำหรับแบบพิมพ์เครื่องปั้นดินเผา (Pottery Plaster) โดยทั่วไปปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา จะมีคุณภาพดีกว่าปูนปลาสเตอร์ สำหรับงานปฏิกิริยากรรม มีเนื้อละเอียดกว่าและไม่มีเม็ดทรายเจือปน ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตในประเทศไทย มีเฉพาะปูนปลาสเตอร์ชนิดธรรมดา ยังไม่มีการผลิตปูนปลาสเตอร์หิน ซึ่งปัจจุบันยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศเพื่อใช้ในการทำแบบพิมพ์อุตสาหกรรม ใช้ในงานแพทย์และทันตกรรม ปูนปลาสเตอร์หินมีเนื้อละเอียดมาก เมื่อแห้งแล้วมีความแข็งแรงทนทาน และมีราคาแพงกว่าปูนปลาสเตอร์ธรรมดาหลายเท่าที่คุณภาพแตกต่างกันไปเนื่องจากก่อนแรยิบซั่มที่ใช้ผลิตปูนแตกต่างกัน วิธีการผลิตก็แตกต่างกันแรยิบซั่มเป็นเกลือชนิดหนึ่งเรียกเป็นภาษาไทยว่า แก้วเกลบ หรือเกลือจืด ซึ่งเกิดจากการระเหยของแหล่งน้ำทะเลเดิม หรือเกลือจืดและสารต่างๆตกตะกอนรวมกันอยู่ แรยิบซั่มมีหลายชนิดเช่น หินยิบซั่ม (Rock gypsum) และยิบไซท์ (Gypsite) ซึ่งประกอบด้วยยิบซั่มและดิน ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณภาพต่างกัน ปูนปลาสเตอร์ที่มีคุณภาพดีจะเลือกก่อนแรยิบที่มีความบริสุทธิ์เกิน 96 % ขึ้นไปมาใช้ในการผลิต ปูนปลาสเตอร์มีเนื้อละเอียดมาก ๆ จะมีการเติมผลึกของซิลิกาละเอียด (Crystalline silica) ผสมลงไปด้วย บางครั้งก็มีชื่อเรียกตามภาษาฝรั่งเศสว่า คริสเตลล์เซียมซัลเฟต ซึ่งนิยมใช้ต้นแบบพิมพ์คุณภาพดี ปูนปลาสเตอร์ผลิตจากแรยิบซั่ม ซึ่งมีสูตรทางเคมีคือ คัลเซียมซัลเฟต $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ประกอบด้วยผลึกของคัลเซียมซัลเฟตหนึ่งโมเลกุล และน้ำสองโมเลกุล โดยการนำก่อนแรยิบซั่มที่คัดเลือกเกรดแล้ว บดละเอียดนำมาเผาผ่านความร้อนไล่ไอน้ำออกจากผลึกแร่ไปหนึ่งโมเลกุลครั้ง ยังคงเหลือน้ำในผงปูนปลาสเตอร์ที่เผาแล้วอยู่ครึ่งโมเลกุล ดังนั้นสูตรเคมีของปูนปลาสเตอร์คือ $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2} H_2O$ (หรือ $CaSO_4 \cdot 0.5 H_2O$) ผงปูนปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้ได้นี้ เมื่อนำมาผสมกับน้ำ ปูนก็จะแข็งคืนตัวกับสู่สภาพการเป็นก้อนแข็งตั้งเช่นก้อนแรยิบเดิมอีก จากการรวมตัวทางเคมีของน้ำในผลึกแรยิบซั่มให้เป็นสองโมเลกุลตามทางเคมีของ ผลึกน้ำในแรยิบซั่มให้เป็นสองโมเลกุลตามเดิม

2.4.2 ปูนฉาบละเอียด (Fine Plaster Mortar)

ปูนสำเร็จรูป ใช้สำหรับงานฉาบผนังอิฐอมูญ หรือ อิฐบล็อก ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร มีส่วนประกอบของสารผสมเพิ่มความชุ่มน้ำ จึงช่วยลดการแตกร้าว สารเพิ่มฟองอากาศ เพื่อให้ฉาบลื่น และสารยี่ดระยะเวลาก่อตัว ใช้ส่วนประกอบหินปูนบดที่มีขนาด 0.15-0.3 มิลลิเมตร เป็นส่วนประกอบหลัก ทำให้หลังจากฉาบแล้วจะได้พื้นผิวที่เรียบเนียนเป็นพิเศษไม่เป็นเม็ด พร้อมทั้งจะทาสีหรือทำการตกแต่งต่อไป หรือใช้ในงานแต่งเปลือยโดยไม่ทาสี เนื่องจากใช้ส่วนผสมของหินปูนบด ทำให้ผิวที่ฉาบมีสีขาวนวลเป็นพิเศษ หรือใช้ฉาบทับเป็นชั้นสุดท้าย สำหรับผนังที่ต้องการความเรียบเนียนมากกว่าปกติ

2.4.3 แป้งข้าวโพด (Cornstarch)

แป้งข้าวโพดคือสตาร์ชที่ทำจากเมล็ดข้าวโพดที่บีบ พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ซึ่งเป็นแหล่งสะสมอาหารของพืช พบในเมล็ดธัญพืช (cereal grain) เช่น ข้าว (rice) ข้าวสาลี (wheat) ข้าวโพด (corn) และพืชหัว เช่น มันฝรั่ง (potato) มันเทศ (sweet potato) มันสำปะหลัง (tapioca) สตาร์ช ประกอบด้วย โมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosides' bond) ซึ่งมีโครงสร้างของโมเลกุล 2 รูปแบบคือ อมายโลส (amylose) และอมายโลเพกทิน (amylopectin) โดยรวมตัวกันอยู่เป็นเม็ดแป้ง (starch granule)

2.4.4 แป้งประกอบอาหาร (Flour)

- แป้งสาลี, แป้งสาลี, แป้งมี หรือ แป้งหมี, แป้งที่ได้จากการบดเมล็ดข้าวสาลี ใช้ทำขนมปังเป็นต้น
- ลูกแป้ง, แป้งที่เป็นเชื้อสำหรับทำข้าวหมาก
- แป้งถั่ว หรือ แป้งข้าวเจ้า, แป้งที่ทำมาจากข้าวเจ้า
- แป้งเท้ายายม่อม, แป้งที่ทำจากหัวของต้นเท้ายายม่อม
- แป้งทอด, แป้งสำหรับชุบอาหารแล้วทอดให้กรอบ
- แป้งโกกิ, แป้งทอดอี้อ่อนหนึ่ง
- แป้งสด, แป้งที่ทำขึ้นใช้ได้ทันที ไม่ต้องหมักหรือตากแห้ง เช่น ขนมจีนแป้งสด ขนมบัวลอยแป้งสด, ตรงข้ามกับ แป้งหมัก
- แป้งสิงคโปร์ หรือ แป้งมันสำปะหลัง, แป้งที่ทำจากมันสำปะหลัง
- แป้งหมัก, แป้งขนมจีนที่ทำจากข้าวที่หมักไว้ก่อน, ตรงข้ามกับ แป้งสด
- แป้งเหล้า, แป้งที่เป็นเชื้อสำหรับทำเหล้า
- แป้งจี๋, ชื่อขนมอย่างหนึ่ง มักทำด้วยแป้งข้าวเหนียวดำ ผสมกับมะพร้าว กะลือ น้ำตาล แล้วทอดเป็นแผ่นเล็ก ๆ แบน ๆ ลงบนกระทะแบนที่ทาน้ำมันน้อย ๆ
- แป้งขนมจีนที่ทำเป็นแผ่นแล้วเผาไฟ
- แป้งทอด, ขนมอย่างหนึ่ง ทำจากแป้งแล้วทอดเป็นแผ่น ปุ้งรส หรือราดน้ำเชื่อมเป็นต้น
- แพนเค้ก, ขนมฝรั่งอย่างแป้งทอด ทอดด้วยกระทะ
- แป้งสับ หรือ บั๊นสับ, ของกินอย่างหนึ่ง ทำด้วยแป้งข้าวเจ้า ใช้แป้งห่อไส้ แล้วม้วนบิดริมแป้งตรงที่ประกบกันให้เป็นลายเกลียว นึ่งหรือทอด

2.4.4 แป้ง (Powder)

- แป้งกระฉะ, แป้งที่ผสมผงกระฉะ ใช้ละลายน้ำ สำหรับทาหรือเจิม
- แป้งแข็ง (puff powder), แป้งผัดหน้าที่อัดเป็นก้อนแน่นหรือเป็นแผ่น มักบรรจุในตลับ
- แป้งนวล, ผงสีขาวที่ทำด้วยหินปูนเป็นต้น แล้วทำเป็นเม็ด ๆ สำหรับผัดหน้า
- แป้งผัดหน้า, ผงขาว ๆ ที่ทำด้วยหินเป็นต้น สำหรับผัดหน้า

- แปะฝุ่น, แปะเป็นผงละเอียด ใช้ขัดหน้าหรือทาตัว
- แปะร่ำ, แปะที่ปรุ้งด้วยเครื่องหอม
- แปะสารภี, แปะที่เอาเกสรสารภีตำปนกับแปะ สำหรับทาตัว

2.5 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องจักร [7]

เครื่องจักรกลเป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ต่ออยู่ด้วยกัน เคลื่อนที่สัมพันธ์กัน และส่งแรงจากแหล่งต้นกำลังเพื่อเอาชนะความต้านทานของเครื่องจักรกลและใช้ทำงานได้ ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลโดยทั่วไปจะเป็นชิ้นส่วนเกร็ง (rigid) ข้อต่อที่ใช้จะต้องเลือกและจัดให้ทำงานสัมพันธ์กันโดยอาจเปลี่ยนพลังงานรูปอื่นให้อยู่ในรูปพลังงานกลหรืออาจรับพลังงานกลจากแหล่งภายนอกส่งเข้ามา และเปลี่ยนแปลงให้ทำงานได้ในลักษณะที่ต้องการ

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกี่ยวข้องกับารออกแบบรูปร่าง พื้นฐานทางด้านการคำนวณและหลักการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสม กับการใช้เครื่องจักรกลกับงานลักษณะต่างกัน

การออกแบบเครื่องจักรกลเป็นศิลปะของการพัฒนาทางด้านความคิดใหม่ ๆ ทางด้านเครื่องจักรกล แล้วแสดงความคิดนั้นลงบนกระดาษในรูปของแบบ เครื่องจักรกลใหม่ ๆ เกิดขึ้นได้ก็เพราะความต้องการในการใช้งาน และเกิดจากมโนภาพที่ได้จากบุคคลหลายฝ่าย เช่น ผู้ใช้เครื่องจักรกล ผู้ผลิตเครื่องจักรกล ดังนั้นด้วยผลจากความคิดเห็นต่าง ๆ ทำให้เกิดการดัดแปลงปรับปรุงเครื่องจักรกลอยู่ตลอดเวลา ค้นพบวิธีแก้ปัญหาลักษณะต่าง ๆ อย่างมากจนกระทั่งพบวิธีที่ดีที่สุด

สิ่งหนึ่งที่จะขาดเสียมิได้คือศิลปะในการออกแบบ ผู้ออกแบบที่ดีควรมีศิลปะในการออกแบบด้วย ศิลปะการออกแบบอาจอธิบายได้ดังนี้คือ “ผู้ออกแบบใช้ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สร้างแบบที่สามารถผลิตได้โดยวิธีการทางวิศวกรรมซึ่งไม่เพียงแต่จะทำงานได้เท่านั้นแต่จะต้องผลิตได้โดยวิธีที่ประหยัดที่สุด ผลิตงานได้ดีมีประสิทธิภาพที่สุด (วรวิทย์ , ชาญ : 2538)

2.5.1 พื้นฐานการออกแบบเครื่องกล

พื้นฐานการออกแบบเครื่องกล ต้องมี ความรู้ทางด้านความแข็งแรงของวัสดุเป็นอย่างดี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเค้นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลจะต้องแข็งแรงและความแข็งแรงที่เพียงพอที่จะรับแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ และ พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุวิศวกรรมที่ใช้กับเครื่องจักรกลเป็นอย่างดีทั้งทางด้านโลหะวิทยากรรมวิธีทางความร้อนต่าง ๆ และติดตามการพัฒนาทางด้านวัสดุอยู่ตลอดเวลาเพื่อจะได้นำวัสดุที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ รวมทั้ง ใช้หลักเศรษฐศาสตร์ของวิธีการผลิต เพราะชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ผลิตขึ้นมาจะต้องแข่งขันกันทางด้านราคาและประหยัดที่สุด ใช้ความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่จะมผลต่อคุณสมบัติของวัสดุ เช่นบรรยากาศที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน อุณหภูมิต่ำมาก ๆ หรือสูงมาก ๆ เป็นต้น

2.6 ส่วนประกอบในการสร้างเครื่อง

2.6.1 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)[4]

สเต็ปป์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนที่ทำการควบคุมตำแหน่งได้สะดวกและเป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ใน งานควบคุมการหมุนที่ต้องการตำแหน่งและทิศทางที่แน่นอนแต่ใช้กำลังไม่มากนัก การทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์จะ ขับเคลื่อนทีละขั้นๆ ละ (Step) ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของ สเต็ปป์มอเตอร์นั้น ๆ สเต็ปป์มอเตอร์จะแตกต่างจาก มอเตอร์กระแสตรงทั่วไป (DC motor) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็น แบบสเต็ปๆได้ ดังนั้นในการนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่า แต่ในส่วนใหญ่เราจะใช้สเต็ปป์มอเตอร์ มาทำการ ควบคุมโดยใช้วิธีในระบบดิจิทัล เช่น พรินเตอร์ (Printer) พล็อตเตอร์ (Plotter) ดิสก์ไดรฟ์ (Disk drive) ฯลฯ

สเต็ปป์มอเตอร์ที่พบในปัจจุบันมี 3 ลักษณะดังนี้

- แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet; PM)

สเต็ปป์มอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (Stator) ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพลโดยมีโรเตอร์ (Rotor) เป็นรูป ทรงกระบอกฟันเลื่อยและโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวรเพื่อป้อนไฟกระแสตรง ให้กับขดลวดสเตเตอร์จะทำให้เกิดแรง แม่เหล็กไฟฟ้า ผลักต่อโรเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงดูดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่แม่จะ ไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด

- แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (Variable Reluctance; VR)

สเต็ปป์มอเตอร์แบบ VR จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้ โรเตอร์ ทำจากสารเฟอร์โร แมกเนติกกำลังอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อยรูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอน และมีเสถียรภาพ แต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆจุดดังนั้น เมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างกันไปก็ทำให้ มอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่างๆกัน โรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์มอเตอร์แบบ PM

- แบบผสม (Hybrid-H)

สเต็ปป์มอเตอร์แบบ H จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับ ที่ใช้ในVRโรเตอร์มีหมวกหุ้มปลาย ซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็ก ที่มีกำลังสูงโดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวก แม่เหล็กอย่างดี ทำให้ได้มุมการหมุนแต่ละครั้งน้อย และแม่นยำ ข้อดีก็คือให้แรงบิดสูง และมีขนาดกะทัดรัด และให้ แรงดูดยึดโรเตอร์นิ่ง

วิธีการขับสเต็ปป์มอเตอร์ให้หมุนโดยการกระตุ้นเฟส

ในการควบคุมสเต็ปป์มอเตอร์ เพื่อที่จะให้ทำการหมุนมีวิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของสเต็ปป์มอเตอร์ อย่างเป็นลำดับที่แน่นอนโดยถ้าหากเราต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้ สถานะของเฟสนั้นๆ เป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้น เฟสของสเต็ปป์มีอยู่กัน 2 แบบคือ

1) การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเต็ปมอเตอร์ (Full step motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-phase driver) หรือแบบเวฟแสดงดังตาราง จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับ

ขดลวด ของสเต็ปป์มอเตอร์ที่ละขดโดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปป์มอเตอร์มีน้อย และการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-phase driver) แสดงดังตาราง เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขดของสเต็ปป์มอเตอร์พร้อมๆกันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟสดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นและจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

รูปที่ 2.21 รูปแบบฟูลสเต็ป 1

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

รูปที่ 2.22 รูปแบบฟูลสเต็ป 2

2) การกระตุ้นเฟส แบบฮาล์ฟสเต็ป (Half step motor) คือการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟสเรียงลำดับกันไป แสดงดังตารางแรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้ จะมีเพิ่มมากขึ้นเพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลงในการกระตุ้นแบบนี้เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้น เพียงครั้งเดียว ของแบบฟูลสเต็ป 2แบบแรก ความละเอียดของการหมุน ตำแหน่งศาต่อสเต็ปก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

รูปที่ 2.23 รูปแบบฮาล์ฟสเต็ป 2 เฟส

2.6.2 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)

เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) ทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็ว (speed) , ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ (Direction of Rotation) และตำแหน่งเพลลาของโรเตอร์ (shaft position) แล้วรายงานผลกลับไปยังคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมให้ทรานซิสเตอร์กำลังในวงจรกำลังของชุดขับเคลื่อนเซอร์โวเกิดการตัด-ต่อกระแสไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของโรเตอร์ จากบทบาทของเอ็นโค้ดเดอร์ ซึ่งทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็ว (speed) และตำแหน่ง (position) ของมอเตอร์ จึงทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้ถูกเรียกชื่อตามบทบาทและหน้าที่ว่าตัววัดความเร็ว (speed sensor)ซึ่งมักใช้ในระบบเซอร์โวมอเตอร์

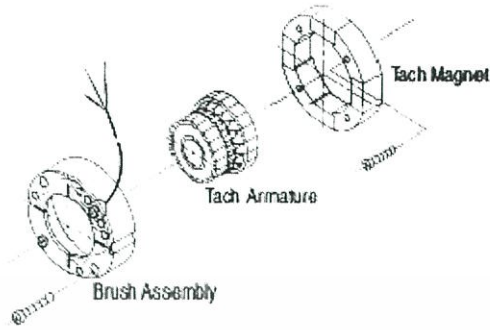


รูปที่ 2.24 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)

ประเภทของเอ็นโค้ดเดอร์ สามารถแยกประเภทตามหลักการได้ 2 กลุ่มคือ ชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่าอะนาลอก เอ็นโค้ดเดอร์ (Analog Encoder) ประกอบด้วย เทคโคเจนเนอเรเตอร์ (Tacho Generator) และรีโซลเวอร์ (Resolver) ส่วนอีกชนิดทำงานโดยอาศัยหลักการออปติคัล หรือดิจิทัล (Digital Encoder) จะแยกเป็นแบบ Incremental encoder และ Absolute encoder ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

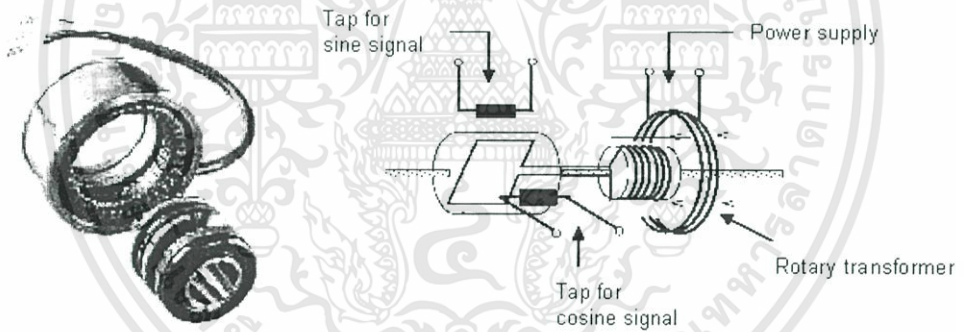
1) อะนาลอก เอ็นโค้ดเดอร์ (Analog Encoder)

- เทคโคเจนเนอเรเตอร์ (TachoGenerator) เทคโคเจนเนอเรเตอร์เป็น Feedback Device ประเภทหนึ่งในระบบควบคุมมอเตอร์ทั่วไปจะใช้เทคโคมิเตอร์เป็นตัวแสดงความเร็วเพื่ออ่านค่าความเร็ว ของเพลลามอเตอร์ หรือเพื่อป้อนความเร็วกลับ (feedback) สำหรับบังคับความเร็วหรือปรับให้เสถียรภาพ ของระบบดีขึ้น



รูปที่ 2.25 โครงสร้างเทคโคเจนเนอเรเตอร์

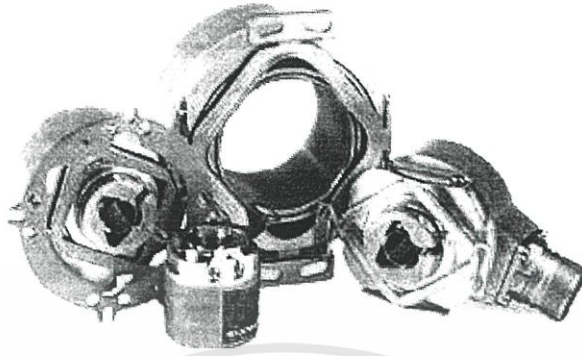
- รีโซลเวอร์ (Resolver) รีโซลเวอร์เป็นเซนเซอร์ชนิดที่มีการใช้งานมากในระบบเซอร์โวเนื่องจากมีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรมได้ดี เช่น แรงสั่นสะเทือน, แรงกระแทก และอุณหภูมิรอบข้าง เป็นต้น รีโซลเวอร์มีลักษณะคล้ายกับหม้อแปลงตัวเล็ก ๆ (small Transformer) หรือ ในหนังสือบางเล่มใช้คำอธิบายในเชิงเปรียบเทียบว่า "Rotary Transformer" ซึ่งต้องการสื่อถึงหม้อแปลงไฟฟ้าแบบหมุนนั่นเอง



รูปที่ 2.26 รีโซลเวอร์

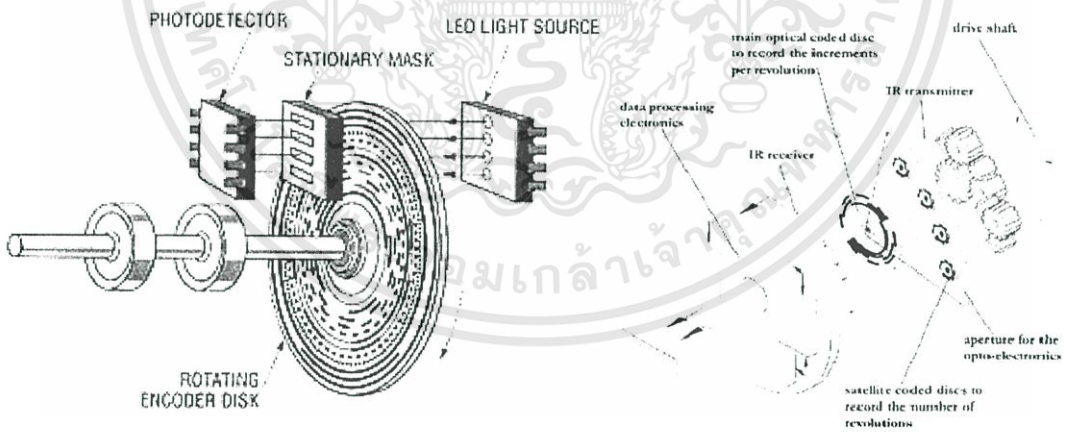
2) ออปติคอลลหรือดิจิตอลเอนโคเดอร์

- Incremental encoder ในระบบการบังคับตำแหน่ง หรือความเร็วของมอเตอร์ใช้อินครีเมนทเอนโคเดอร์ หรือเอนโคเดอร์สำหรับรักษาตำแหน่งและสำหรับสร้างสัญญาณป้อนกลับโดยที่ตัวเอนโคเดอร์จะสร้างสัญญาณพัลส์ที่แปรผันตรงกับการหมุนของเพลลาซึ่งสามารถนำไปใช้ในการรับรู้ความเร็วของเพลลามอเตอร์ในรูปแบบของอัตราจำนวนพัลส์ได้ Incremental encoder ทำงานโดยอาศัยหลักการ ออปติคอลล บ่อยครั้งจึงถูกเรียกตามหลักการว่า Optical encoder หรือบางกรณีก็จะถูกเรียกว่า digital encoder ซึ่งมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 2.27 Incremental encoder

- Absolute encoder จะให้เอาต์พุตในรูปแบบที่เป็นรหัส ที่ตรงกับตำแหน่งที่กลไกเคลื่อนที่ไป หลักการทำงานโดยรวมจะเหมือนกับ incremental encoder แต่ในตัว Absolute encode จะมีหัวอ่านหลายชุดเท่ากับจำนวนบิตเอาต์พุต Absolute encoder เป็นดิจิทัล เอนโคเดอร์ อีกชนิดหนึ่งที่อาศัยหลักการออปติคัล คล้ายกับ incremental encoder โดยประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง, ตัวจับแสงและจานเข้ารหัสดังรูป



รูปที่ 2.28 Circular graduations of incremental rotary encoders

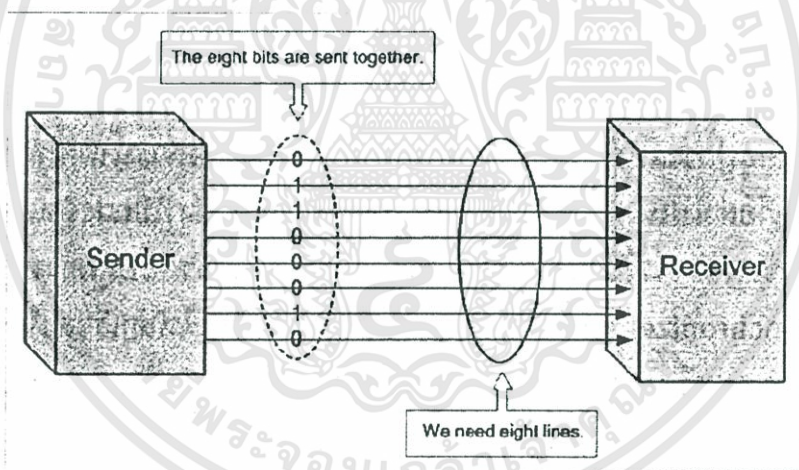
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 26 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การอินเทอร์เฟสและการส่งผ่านข้อมูลดิจิทัล (Computer Interfacing and Digital Data Transfer)

การส่งผ่านข้อมูลเป็นกระบวนการนำข้อมูลข่าวสารจากผู้ส่งผ่านสื่อกลางหรือสายสื่อสาร เพื่อส่งไปยังผู้รับปลายทาง ได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลดิจิทัล จะอยู่ในรูปแบบไบนารี ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 0 และ 1 ที่เรียกว่า บิต ในการส่งข้อมูลจาก อุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์หนึ่งผ่านสายสื่อสารจำเป็นต้องมีวิธีการส่ง ไม่ว่าจะเป็นการส่งข้อมูลที่ละบิตหรือส่งเป็นกลุ่มของ บิต และในการติดต่อสื่อสารกันของอุปกรณ์ทั้งสองฝั่ง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน จำเป็นต้องมีจังหวะการรับส่งข้อมูลที่ สอดคล้องกัน ซึ่งการควบคุมจังหวะให้สอดคล้องกัน เรียกว่า การซิงโครไนซ์ (Synchronize) โดยวิธีการส่งผ่านข้อมูลดิจิทัล มี ดังนี้

1) การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission)

หลักการส่งข้อมูลแบบขนาน ทำได้โดยการนำบิตหลายๆ บิตมารวมกันเป็นกลุ่มของข้อมูลจำนวน n บิต และสามารถส่งข้อมูล n บิตเหล่านั้นไปพร้อมๆ กันในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกา ข้อมูลแต่ละบิตจะถูกส่งไปยังแต่ละช่อง (Channel) ขนาน กัน ไป เช่น การส่งคอมพิวเตอร์ส่งงานไปพิมพ์ที่เครื่องพิมพ์ผ่านพอร์ต LPT

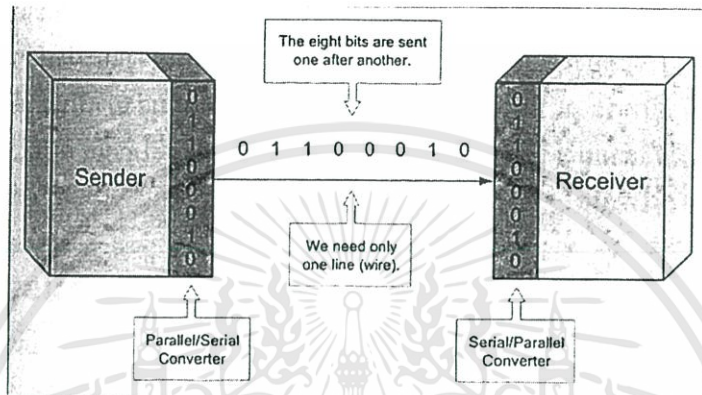


รูปที่ 2.29 กลไกการส่งข้อมูลแบบขนาน

การส่งแบบขนานมีความรวดเร็ว เนื่องจากสามารถส่งกลุ่มบิตจำนวนหลายๆ บิต ไปยังปลายทางพร้อมกันได้ แต่ จะต้นทุนสูง เนื่องจากต้องมีช่องสัญญาณจำนวนเท่ากับจำนวนบิตและไม่เหมาะสมกับการส่งข้อมูลระยะไกลที่จะเสี่ยงต่อความผิดพลาดของสัญญาณ เนื่องจากสัญญาณข้อมูลแต่ละบิตที่ส่งไปในระยะทางไกล อาจมีความเหลื่อมกัน ทำให้ข้อมูลแต่ละบิตเดินทางถึง ปลายทางได้ไม่พร้อมกัน ส่งผลต่อการรับข้อมูลมีความผิดพลาดของได้

2) การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)

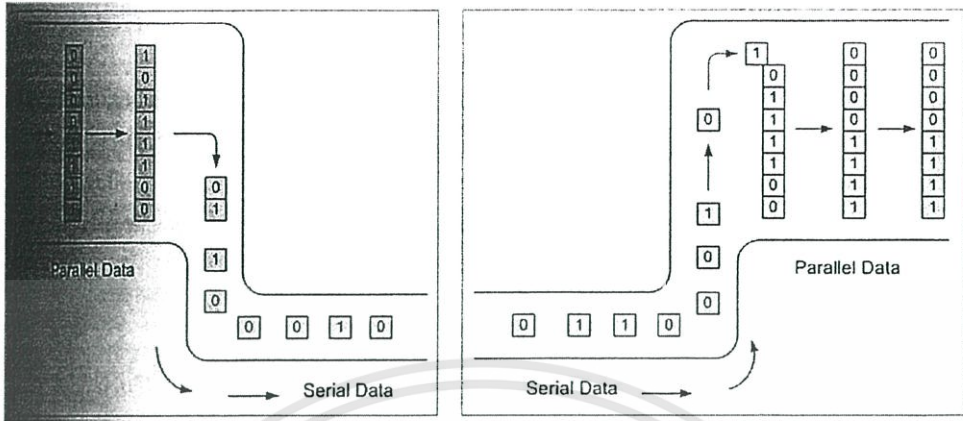
กลไกการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ทำได้โดยจะทยอยส่งสัญญาณข้อมูลไปตามสายสื่อสารเพียงเส้นเดียว ด้วยการส่งทีละบิตในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกา ซึ่งปลายทางจะทำการรวบรวมบิต เพื่อนำไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 2.30 กลไกการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีความประหยัดสายสื่อสาร เนื่องจากใช้สายสื่อสารเพียงเส้นเดียวและสามารถส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ระยะทางสั้นๆ จนถึงระยะทางไกลแต่การส่งข้อมูลจะช้ากว่าการส่งข้อมูลแบบขนาน เนื่องจากมีช่องสัญญาณเพียงช่องเดียวเท่านั้น

ในการแปลงข้อมูลระหว่างแบบอนุกรมและแบบขนานจะอาศัยรีจิสเตอร์เพื่อเป็นที่พักข้อมูล (Buffers) สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว เช่น ถ้าข้อมูลที่ส่งเข้ามาเป็นแบบอนุกรม (ส่งบิตเรียงเข้ามาทีละบิต) เมื่อมาถึงปลายทาง บิตแต่ละบิตจะถูกนำมาจัดเก็บเรียงลำดับกันอยู่ในบัฟเฟอร์ จนกระทั่งครบตามจำนวนบิตที่ต้องการ จากนั้นรีจิสเตอร์ก็จะส่งข้อมูลทั้งหมดออกไปด้วยการส่งสัญญาณให้ซีพียูรับทราบ เพื่อให้โปรแกรมไมโครโพรเซสเซอร์หรือเวิร์กสเตชันนั้นไปประมวลผลหากต้องการแปลงข้อมูลแบบขนานกลับไปเป็นแบบอนุกรม สามารถกระทำได้ด้วยกระบวนการตรงกันข้ามกระบวนการแปลงสัญญาณข้อมูล จะมีวงจรพิเศษเรียกว่า UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) สำหรับแปลงข้อมูลแบบขนานมาเป็นแบบอนุกรมและวงจรที่เรียกว่า USART (Universal Synchronous Receiver Transmitter) สำหรับแปลงข้อมูลแบบอนุกรมมาเป็นแบบขนาน



รูปที่ 2.31 กระบวนการแปลงสัญญาณข้อมูล

การส่งข้อมูลแบบอนุกรม มีวิธีส่งอยู่ 3 วิธี

- ก. การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)
- ข. การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)
- ค. การส่งข้อมูลแบบไอโซโครนัส (Isochronous Transmission)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

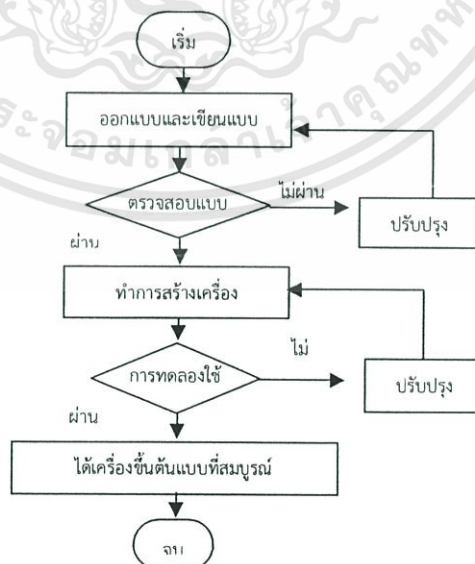
การศึกษาเรื่อง การสร้างเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็วชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป ได้ดำเนินการจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ดำเนินการสร้างเครื่อง ทำการทดลองการขึ้นรูปด้วยผงแป้ง และเก็บรวบรวมข้อมูล และ วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ในการศึกษาเรื่อง การสร้างเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป ผู้ศึกษาได้ศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการสร้างเครื่อง โดยเริ่มจากการศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับหลักการทํางาน และอุปกรณ์ เพื่อกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างเครื่อง ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและสร้างเครื่อง และศึกษาคุณสมบัติของแป้งชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการขึ้นรูปต้นแบบจากการทดลอง ข้อมูลเบื้องต้นนี้ที่ผู้จัดทำโครงการศึกษาได้เป็นแนวทางการสร้างเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป ซึ่งเมื่อสร้างเสร็จจะนำเครื่องไปศึกษาการแข็งตัวของแป้งชนิดต่างๆ ต่อไป

3.2 ดำเนินการสร้างเครื่อง

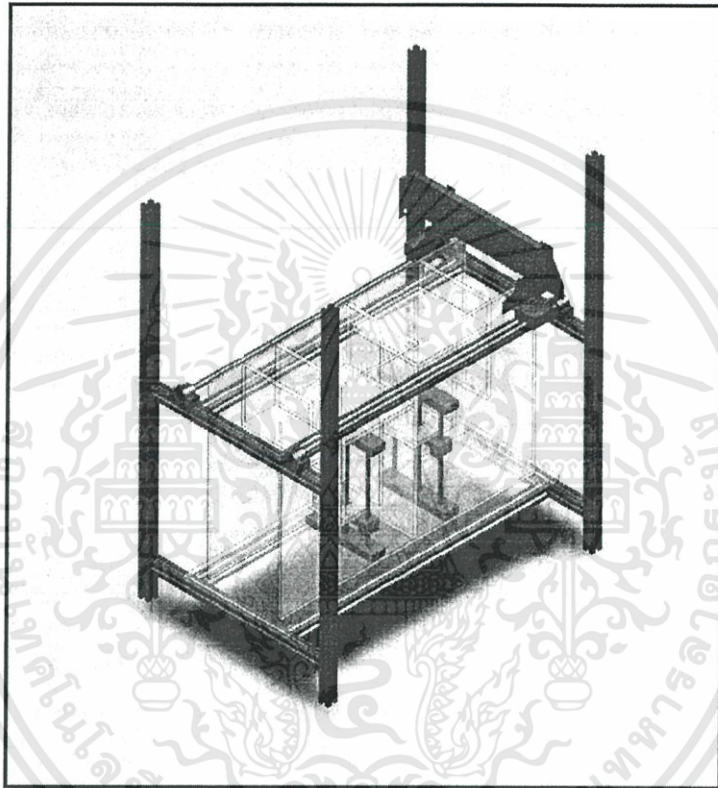
การดำเนินสร้างเครื่องที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการแบ่ง ออกเป็น 2 ส่วน คือ ตัวเครื่อง และ ซอฟต์แวร์ ในการควบคุมเครื่อง โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการสร้างเครื่อง

จากภาพมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 การออกแบบเครื่อง เป็นการออกแบบโดยกำหนดลักษณะต่างๆ ที่ต้องการ ตามข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น โดยการสร้างเครื่องดังกล่าว ได้ออกแบบส่วนต่างๆ ได้แก่ โครงสร้างเครื่อง ชุดกระบะผงแป้ง ชุดปรับระดับกระบะผงแป้ง ชุดพิมพ์หมึกอิงค์เจ็ท (Ink Jet) ชุดเกลี่ยผงแป้ง



รูปที่ 3.2 รูปแสดงภาพจำลองการออกแบบเครื่องพิมพ์สามมิติ

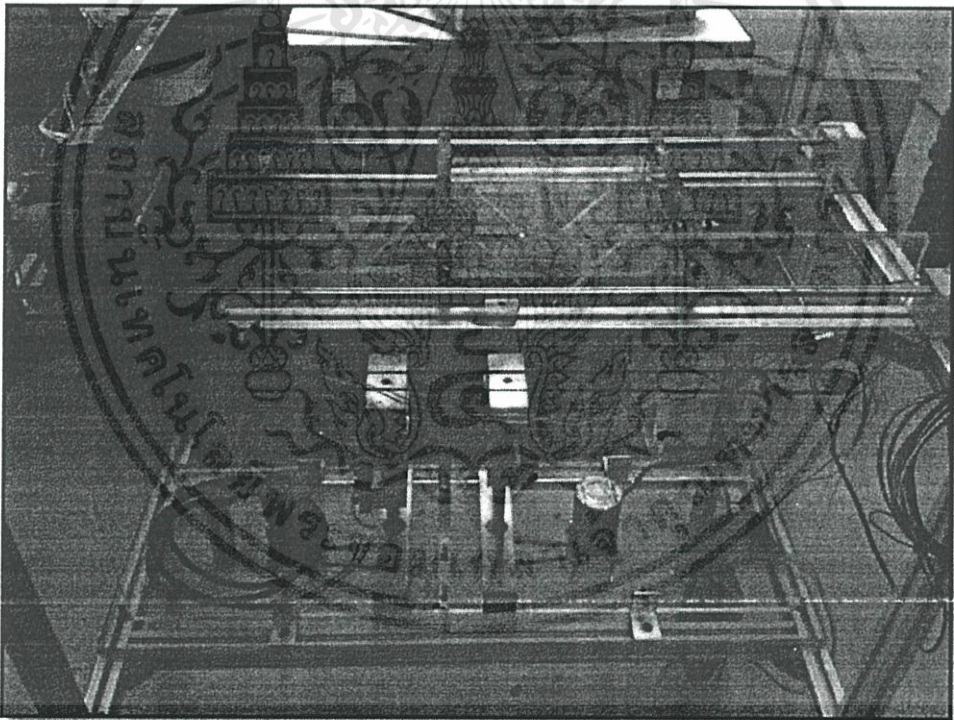
3.2.2 ตรวจสอบแบบ

เพื่อตัดสินใจในการเลือกรูปแบบของเครื่อง และรับคำแนะนำรวมถึงความเป็นไปได้ในการสร้าง พร้อมทั้งหาข้อบกพร่องในการออกแบบ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.2.3 ทำการสร้างเครื่อง

โดยจะต้องคำนึงถึงการเลือกวัสดุ และอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างเครื่อง ความสะดวกในการถอดประกอบ และการเคลื่อนย้าย รวมถึงความปลอดภัยในการใช้งาน

1. โครงสร้างเครื่อง เลือกใช้อะลูมิเนียมโปรไฟล์ เนื่องจากมีความแข็งแรงและง่ายในการถอดประกอบ
2. ถังกระบะแบ่ง และชุดยกผงแบ่ง เลือกใช้อะคลิลิก นำมา ประกอบ
3. ชุดสไลด์ยกกระบะแบ่ง เลือกใช้สกรูเหล็ก และน็อตตัวเมียเป็นทองเหลืองเพื่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ และใช้แปรงแนวตรงช่วยในการควบคุมตำแหน่งให้แม่นยำขึ้น



รูปที่ 3.3 รูปแสดงเครื่องพิมพ์สามมิติที่ได้จากการสร้างตามแบบจำลอง

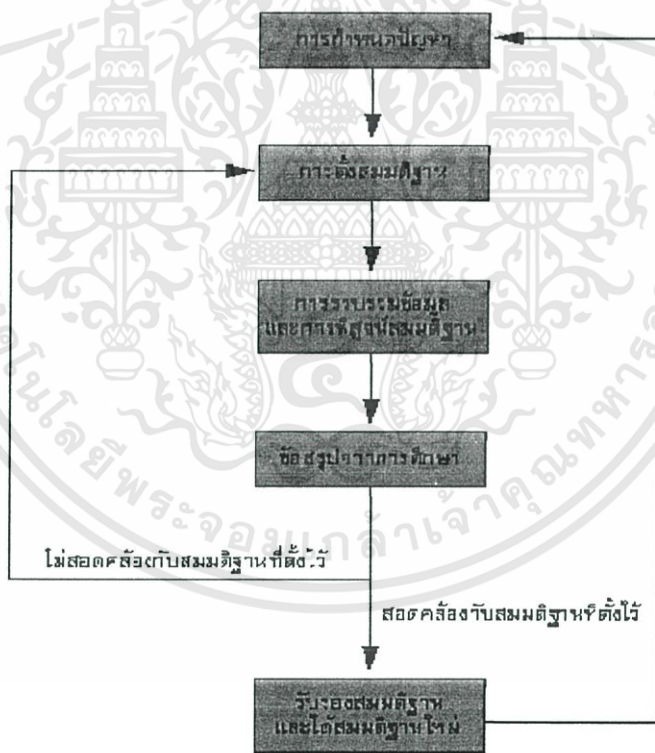
3.2.4 การทดลอง

เพื่อพิจารณาถึงข้อดีข้อเสีย พร้อมทั้งข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องพิมพ์ โดยการทดลองพิมพ์และตรวจสอบความคมชัดของการพิมพ์ด้วยสายตา
- ตรวจสอบการเคลื่อนที่ของกระบะแบ่งด้วย ไดออลเกท(dial gauge)
- ตรวจสอบระบบเกลียวแบ่ง

3.3 ดำเนินการทดลองการขึ้นรูปด้วยผงแบ่ง

หลังจากได้เครื่องที่สมบูรณ์ จะนำไปทดลองขึ้นรูป เพื่อหาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการขึ้นรูปด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



รูปที่ 3.4 รูปแสดงผังขั้นตอนการทดลองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

โดยการทดสอบเพื่อหาวัสดุที่สามารถขึ้นรูปโดยเครื่องขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็วชนิดผงแป้งได้ทำการทดลองการแข็งตัวของผงแป้ง 6 ชนิด และ สารละลายที่เป็นตัวประสาน 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงปัจจัยด้านวัสดุ

ผงแป้ง	ตัวประสาน
1. ยิปซั่ม	1. น้ำหมักพืชมพืงค์เจี๊ยง
2. กาวยาแนว	2. น้ำเปล่า (น้ำดื่ม)
3. กาวผง	3. น้ำกลั่น
4. แป้งมัน	
5. ปูนพลาสติก	
6. แป้งข้าวโพด	

บทที่ 4

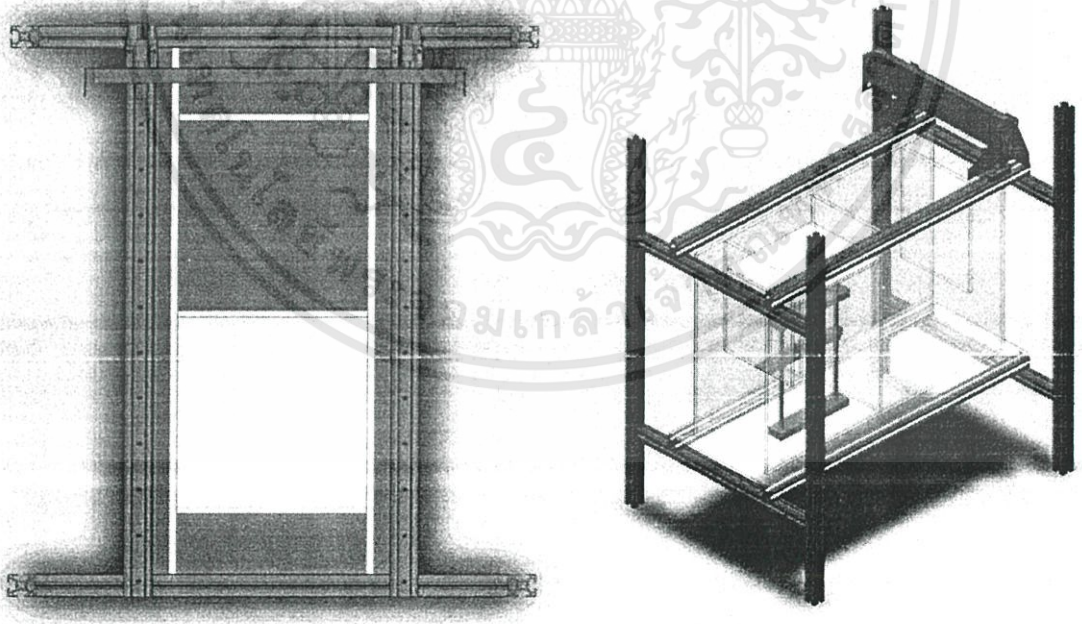
ผลการดำเนินงาน

4.1 ดำเนินการสร้างเครื่อง

ในการสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติได้ทำการออกแบบด้วยโปรแกรมโดยผลการดำเนินงานแสดงตามหัวข้อต่อไปนี้

4.1.1 การออกแบบเครื่อง

จากการศึกษาข้อมูลต่างๆในการออกแบบเครื่อง ผู้จัดทำได้ออกแบบเครื่อง ด้วยโปรแกรมเขียนแบบ โซลิดเวิร์ค (Solid Work) โดยกำหนดส่วนประกอบดังภาพ

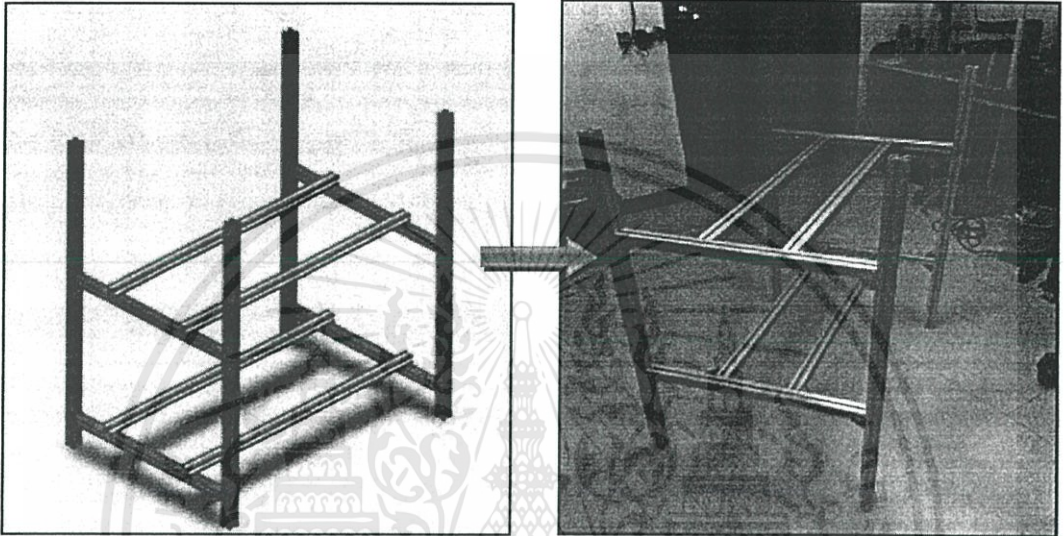


รูปที่ 4.1 ภาพโครงสร้างของเครื่องที่ได้จากการออกแบบในโปรแกรมเขียนแบบ โซลิดเวิร์ค (Solid Work)

4.1.2 การสร้างเครื่อง

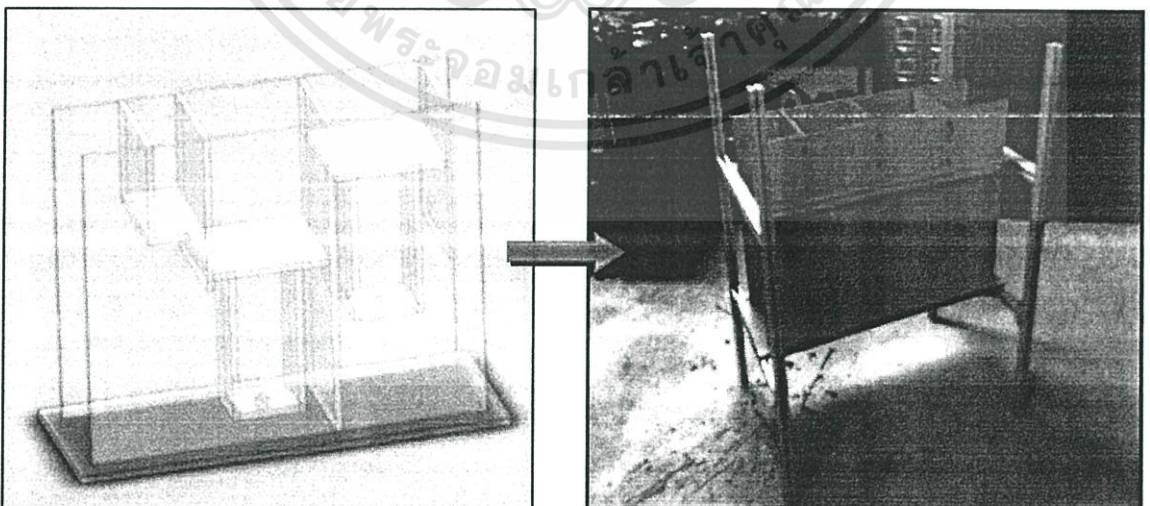
หลังจากการออกแบบและผ่านการตรวจสอบ ก็ได้ดำเนินการทำการสร้างเครื่องตามแบบ ดังนี้

1. โครงสร้างเครื่อง



รูปที่ 4.2 การประกอบโครงสร้างของเครื่องด้วยอะลูมิเนียมโปรไฟล์

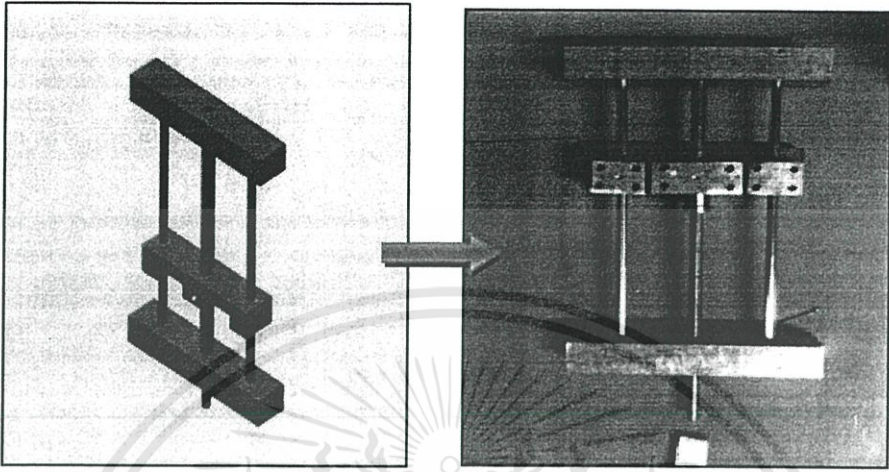
2. ถังกระเพาะแป้ง



รูปที่ 4.3 ภาพการติดตั้งชุดถังกระเพาะแป้งลงบนฐานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

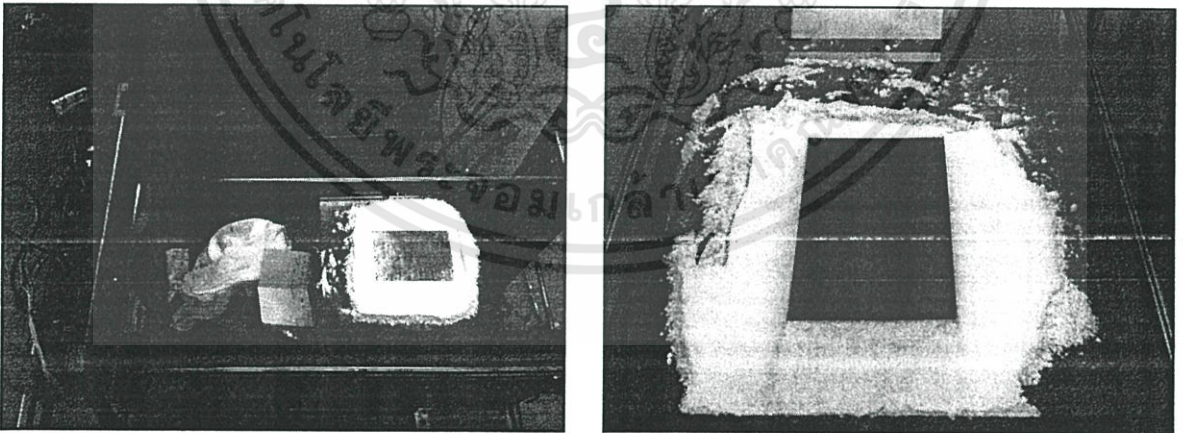
3. ชุดสไลด์ยกกระบะแบ่ง



รูปที่ 4.4 ภาพชุดสไลด์ยกกระบะแบ่ง

4.1.3 ตรวจสอบการใช้งาน

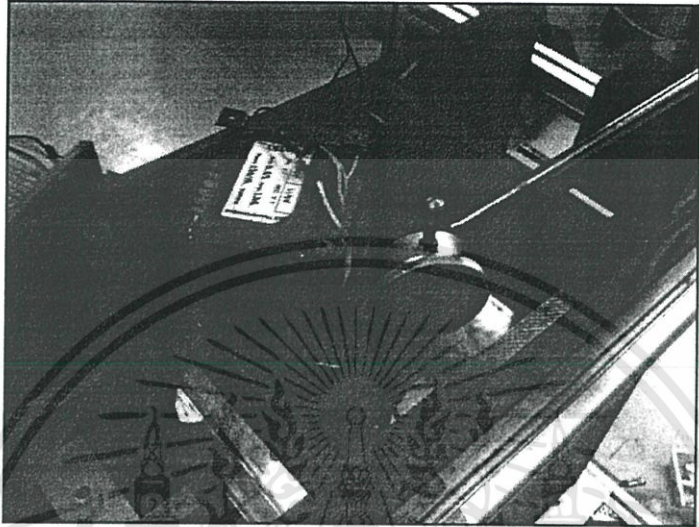
- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องพิมพ์



รูปที่ 4.5 ภาพการทดสอบเครื่องโดยการพิมพ์ลงบนแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตรวจสอบการเคลื่อนที่ของกระบอกแบ่งด้วย ไดออลเกท(dial gauge)



รูปที่ 4.6 ภาพการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของกระบอกแบ่งด้วย ไดออลเกท(dial gauge)

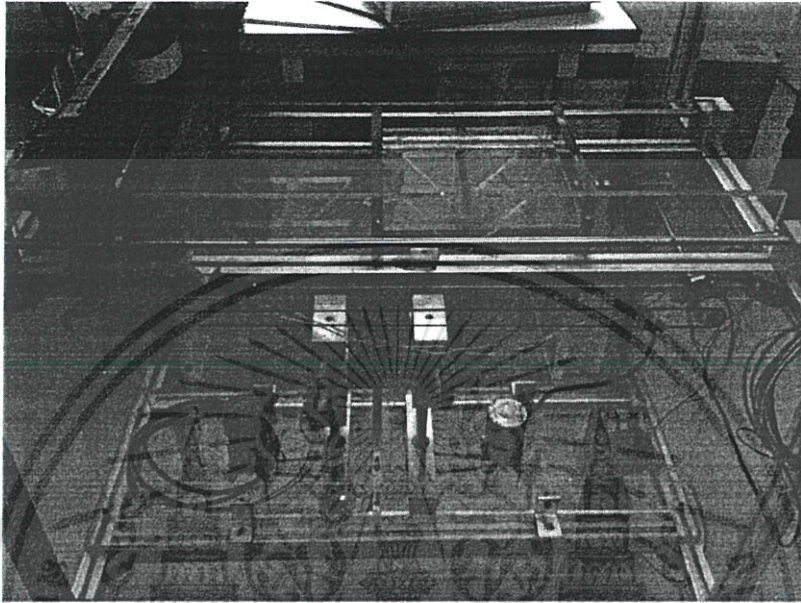
- ตรวจสอบระบบเกลียวแบ่งด้วย ด้วยสายตา



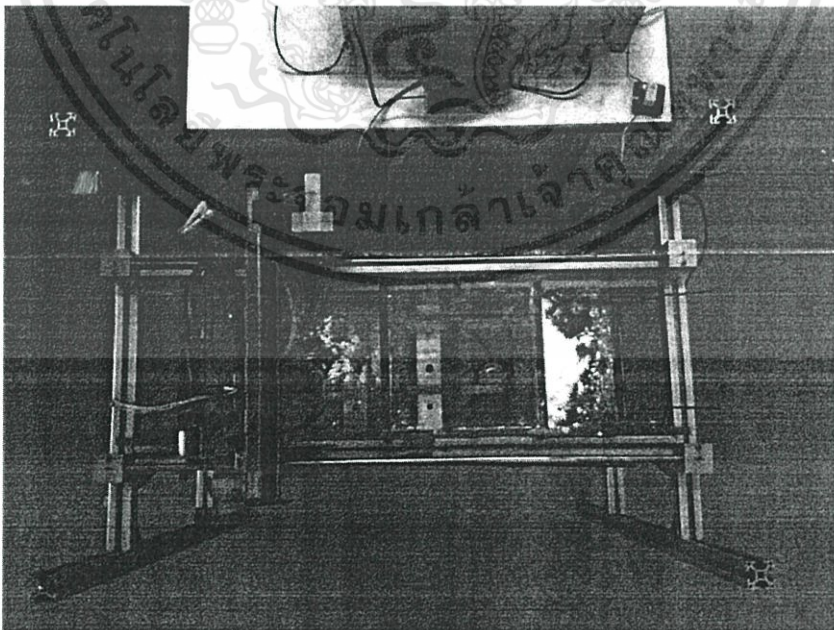
รูปที่ 4.7 ภาพการตรวจสอบระบบเกลียวแบ่งด้วย ด้วยสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 38 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 เครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูปที่สมบูรณ์



รูปที่ 4.8 ภาพเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูปที่สมบูรณ์



รูปที่ 4.9 ภาพเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูปที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



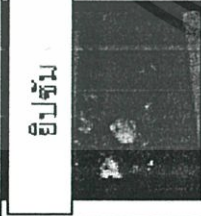
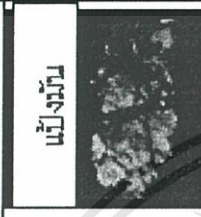



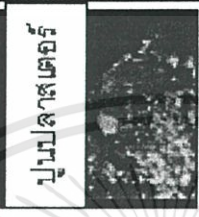
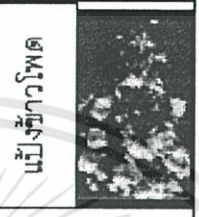
รูปที่ 4.10 ภาพเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็ว ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูปที่สมบูรณ์

4.2 ดำเนินการทดลองการขึ้นรูปด้วยผงแป้งและการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.1 ศึกษาปัจจัยด้านวัสดุ

เป็นการทดสอบเพื่อหาวัสดุที่สามารถขึ้นรูปโดยเครื่องขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็ว ชนิดผงแป้ง ด้วยน้ำหมักพิมพ์อิงค์เจ็ทธรรมดาที่หาได้ในท้องตลาดหรือตัวประสานใดว่าสามารถทำให้ผงแป้งที่หาได้ง่ายขึ้นรูปแข็งตัวได้โดยได้ทำการทดลองการแข็งตัวของผงแป้ง 6 ชนิด และ สารละลายที่เป็นตัวประสาน 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และผลการทดลอง ได้ทำการแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบการแข็งตัวของผงแป้ง

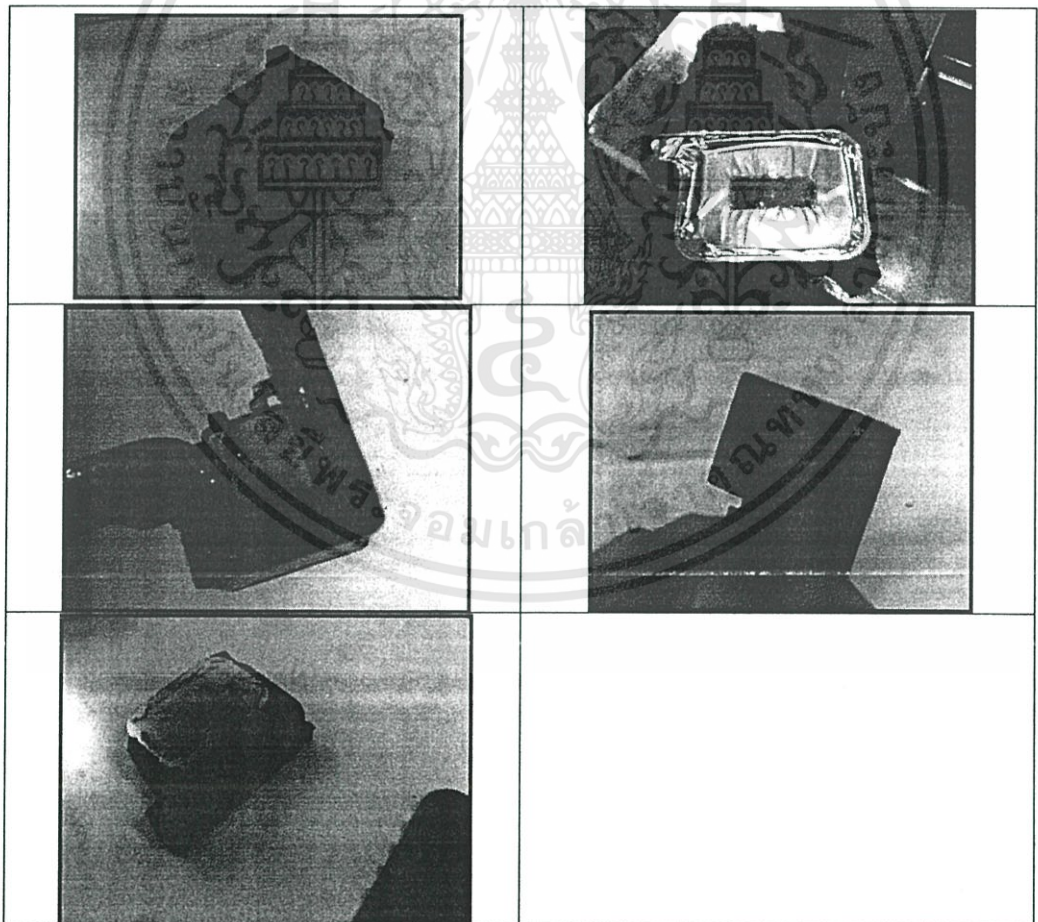
ทดสอบการแข็งตัว		ผลทดสอบการแข็งตัว			ทดสอบการแข็งตัว		ผลทดสอบการแข็งตัว		
		น้ำเปล่า	น้ำกลั่น	น้ำหมัก			น้ำเปล่า	น้ำกลั่น	น้ำหมัก
ยิปซัม		✓	✓	x	แป้งมัน		x	x	x
ยิปซัม					แป้งมัน				
กาวยาแนว		✓	x	x	ปูนปลาสเตอร์		✓	✓	x
กาวยาแนว					ปูนปลาสเตอร์				
กาวผง		x	x	x	แป้งซีกาโพต		✓	✓	x
กาวผง					แป้งซีกาโพต				

จากการทดลองทำให้ทราบว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าน้ำหมักพืชม่วงคังเจ็ดสามารถทำให้ปูนปลาสเตอร์แข็งตัวได้เป็นเท็จ และสามารถสรุปได้อีกว่าน้ำหมักพืชม่วงคังเจ็ดไม่สามารถทำให้ผงแป้งทั้ง 6 ชนิดข้างต้นแข็งตัวได้ มีเพียงน้ำเปล่า และน้ำกลั่นที่สามารถทำให้ยิปซัม ปูนปลาสเตอร์ แป้งข้าวโพด แข็งตัวได้ โดยปูนปลาสเตอร์จะมีความแข็งแรงสูงสุด

จากการศึกษาปัจจัยด้านวัสดุทำให้ทราบว่าน้ำสามารถทำให้ปูนปลาสเตอร์แข็งตัวและมีความแข็งแรงที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปต้นแบบได้ จึงนำไปสู่การศึกษาการนำน้ำเปล่าไปใช้งานร่วมกับหัวพิมพ์

4.2.2 ศึกษาหัวพิมพ์อิงค์เจ็ท

การศึกษาหัวพิมพ์เพื่อหาความเข้ากันได้ระหว่างสารละลายที่สามารถใช้งานร่วมกับหัวพิมพ์อิงค์เจ็ทได้ โดยเป้าหมายใช้น้ำแทนที่หมึกพิมพ์เนื่องจากการทดลองในหัวข้อ 4.2.1 แสดงว่าน้ำหรือน้ำกลั่นเป็นตัวประสานปูนได้ดี และ หมึกไม่สามารถทำให้ปูนขึ้นรูปได้โดยได้ทำการทดลองเติมน้ำเปล่าในหัวพิมพ์อิงค์เจ็ทและทดสอบการทำงาน



รูปที่ 4.11 รูปส่วนประกอบและกลไกของหัวพิมพ์

จากการศึกษาทำให้ทราบกลไกของหัวพิมพ์ สามารถนำน้ำเปล่าไปใส่ในหัวพิมพ์ได้ และสามารถพิมพ์ได้ แต่หลังการพิมพ์ หัวพิมพ์จะร้อนจัด และเสียหายจากการพิมพ์รูปสี่เหลี่ยมขนาด 2*3 นิ้ว ไปได้เพียง “3 ชั้น”จากการทดลองทำให้ทราบว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าน้ำสามารถใช้งานร่วมกับหัวพิมพ์อิงค์เจ็ทได้ไม่เป็นจริงเพราะหัวพิมพ์ร้อนจัดจนได้รับความเสียหาย สรุปได้ว่าหัวพิมพ์อิงค์เจ็ททำให้ทราบว่าหัวพิมพ์ต้องใช้งานร่วมกับสารละลายที่คุณสมบัติเฉพาะเท่านั้น ซึ่งคุณสมบัตินั้นต้องคล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท จึงนำไปสู่การศึกษาเรื่องคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของหมึกพิมพ์และน้ำ

4.2.3 ศึกษาหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท

จากความร้อนของหัวพิมพ์ที่เกิดในการทดลองข้อ 4.2.2 ทำให้ต้องทำการศึกษาที่ตัวหมึกพิมพ์กับน้ำ โดยความร้อนมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดจากการนำไฟฟ้าที่มากเกินไปของน้ำจึงได้ทำการทดลองหาค่าการนำไฟฟ้าของหมึกพิมพ์และน้ำเปล่าและน้ำกลั่น

ผลการทดสอบการนำไฟฟ้าของหมึกพิมพ์ภาพแสดงความต้านทานของหมึกพิมพ์ที่มากกว่าน้ำเปล่าหรือสามารถพูดได้ว่าหมึกพิมพ์มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่าน้ำจาก แต่น้ำกลั่นที่มีการเอาสารละลายต่าง ๆ ออกไปทำให้อ่อนที่เป็นส่วนประกอบในน้ำลดลงไปอย่างมากจึงทำให้น้ำกลั่นมีความต้านทานการนำไฟฟ้ามากที่สุด หรือ นำไฟฟ้าได้แย่มากที่สุดใน 3 ตัวที่นำมาทดลอง

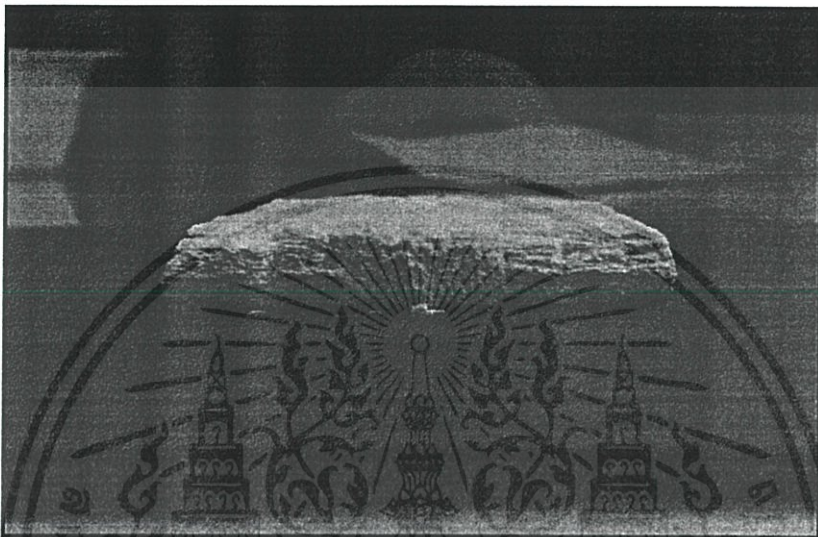


รูปที่ 4.12 ภาพแสดงการทดลองหาค่าการนำไฟฟ้าของหมึกพิมพ์น้ำเปล่าและน้ำกลั่น

จากการทดลองทำให้ทราบว่า การนำไฟฟ้าที่มากเกินไปของน้ำเปล่ามีความเป็นไปได้ที่จะทำให้หัวพิมพ์เกิดความเสียหาย ส่วนน้ำกลั่นมีค่าการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกับหรือมากกว่าหมึกพิมพ์น่าจะเป็นตัวประสานที่ใช้งานได้ จึงได้ทำการทดลองใช้น้ำกลั่นร่วมกับหัวพิมพ์

4.2.4 ทดลองการใช้งานน้ำกลั่นร่วมกับหัวพิมพ์

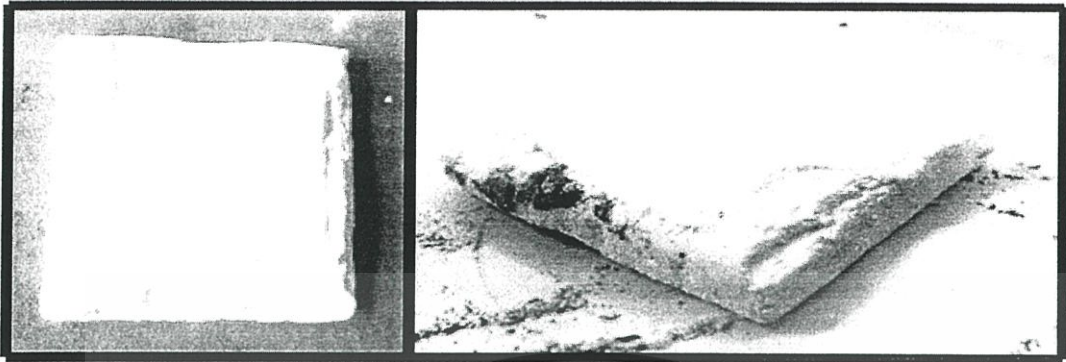
การทดลองน้ำกลั่นใช้งานร่วมกับหัวพิมพ์ว่าจะสามารถใช้งานได้หรือไม่ โดยทำการทดลองพิมพ์ชิ้นงานด้วยน้ำกลั่น



รูปที่ 4.13 ภาพชิ้นงานที่ได้จากการทดลองพิมพ์ด้วยน้ำกลั่น



รูปที่ 4.14 ภาพชิ้นงานที่ได้จากการทดลองพิมพ์ด้วยน้ำกลั่น



รูปที่ 4.15 รูปแสดงชิ้นงานที่ได้จากการทำงานของเครื่อง

ทำการทดลองพิมพ์ได้ 90 ชิ้นของชิ้นงานขนาด 2*3 นิ้ว ใช้เวลาทั้งหมด 6 ชั่วโมง ปรากฏว่าหัวพิมพ์ได้เกิดความร้อนและเสียหายในสุดเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าน้ำกลั่นสามารถใช้งานร่วมกับหัวพิมพ์ไม่ได้ และ ยังมีปัจจัยอื่นนอกเหนือจากการนำไฟฟ้าของตัวประสานที่ต้องคำนึงถึงในการที่จะใช้งานกับหัวพิมพ์

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

4.3.1 ผลการดำเนินการสร้างเครื่อง

สรุปผลการดำเนินการงานการสร้างเครื่องได้ปฏิบัติงานตามข้อมูลที่ได้ศึกษามา โดยการหาข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่อง ตรวจสอบแบบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา ดำเนินการสร้างเครื่อง ตรวจสอบการทำงาน และปรับแต่งเครื่องให้ได้ตามแบบที่วางไว้ โดยผลการดำเนินงาน เครื่องสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ สามารถพิมพ์ได้ถูกต้องและแม่นยำ กระบะแป้งสามารถเคลื่อนที่ได้ตามคำสั่งถูกต้องแม่นยำ สามารถนำเครื่องไปศึกษาการขึ้นรูปผงแป้งได้

4.3.2 ผลการดำเนินการทดสอบผงแป้ง

จากการทดลองทำให้ทราบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปผงแป้ง ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป มีดังนี้

1. ชนิดผงแป้ง
2. ชนิดตัวประสาน
3. ความหนาของชั้นแป้ง
4. ปริมาณของตัวประสาน

จากการทดลองน้ำหมักพืชมพู่ไม่สามารถทำให้ผงแป้งแข็งตัวได้ เพราะฉะนั้นต้องวิจัยหาตัวประสานที่สามารถทำให้แป้งแข็งตัวได้และสามารถใช้งานร่วมกับหัวพืชมพู่ได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ในปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาตัวประสานชนิดน้ำกลั่นและปูนปลาสเตอร์ซึ่งผลออกมาสามารถขึ้นรูปได้ แต่เมื่อทำงานเป็นระยะยาวจะเกิดความเสียหายแก่หัวพืชมพู่



บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.1 การสร้างเครื่องขึ้นต้นแบบรวดเร็วชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป

สรุปผลการดำเนินงานการสร้างเครื่องได้ปฏิบัติงานตามข้อมูลที่ได้ศึกษามา โดยการหาข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่อง ตรวจสอบแบบ ดำเนินการสร้างเครื่อง ตรวจสอบการทำงาน และปรับแต่งเครื่องให้ได้ตามแบบที่วางไว้ โดยผลการดำเนินงาน เครื่องสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ สามารถพิมพ์ได้ถูกต้องและแม่นยำ กระดาษแป้งสามารถเคลื่อนที่ได้ตามคำสั่งถูกต้องแม่นยำ สามารถนำเครื่องไปศึกษาการขึ้นรูปผงแป้งได้

5.1.2 สรุปผลการศึกษาการทดลองขึ้นรูปแป้ง

ผู้ทดลองนำเครื่องที่สร้างขึ้นมาทำการศึกษาปัจจัยในการขึ้นรูปของผงแป้ง จากผงแป้ง 6 ชนิดคือ แป้งมัน แป้งข้าวโพด ยิปซัม ปูนขาว ปูนยาแนว ปูนพลาสติก และ ตัวประสาน 3 ชนิด คือ หมึก น้ำเปล่า น้ำกลั่น ทำให้มีทั้งหมด 18 ชุด การทดลอง และจากผลการทดลองทางกลุ่มสามารถสรุปได้ว่า ผงแป้งและตัวประสานที่มีความน่าจะเป็นไปได้คือ ปูนพลาสติกกับน้ำกลั่น

5.2 ปัญหาแนวทางแก้ไข และ ข้อควรปรับปรุง

การสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติยังมีปัญหาที่ต้องการการแก้ไข โดยในบางชิ้นส่วนไม่สามารถหาที่มีขนาดตามที่ออกแบบไว้ ทำให้ต้องปรับวิธีประกอบเข้าด้วยกันได้ ดังนั้นถ้าได้ทำการออกแบบใหม่จะทำให้เครื่องรูปแบบมีความสมบูรณ์มากขึ้น ในส่วนหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทธรรมดาที่ใช้ไม่สามารถทำให้แป้งแข็งตัวได้ ควรหาสารละลายที่สามารถทำให้แป้งแข็งตัวได้และเข้ากันได้กับหมึกพิมพ์มาเติมลงไป น่าจะทำให้ได้ผลการขึ้นรูปที่ดีขึ้น และ น่าจะทำให้ไม่เกิดความเสียหายกับหัวพิมพ์

การปรับปรุงในรุ่นถัดไปควรพัฒนาโลกให้ทำงานโดยอัตโนมัติมากกว่าเดิม และ ศึกษาปัจจัยอื่น ๆ การขึ้นรูปผงแป้งอย่างความหนาของชั้นแป้ง ความแข็งแรงของชิ้นงาน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] “3D SYSTEMS” [Online]. Available : <http://www.3dsystems.com>
- [2] “การพิมพ์ดิจิทัลลงเครื่องพิมพ์สามมิติ” [Online]. Available : <http://www.km.itfd.rmutp.ac.th>
- [3] “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปูนปลาสเตอร์” [Online]. Available : <http://plaster-che2009.blogspot.com/2010/10/blog-post.html>
- [4] “สแตมป์มอเตอร์” [Online]. Available : http://www.lpc.rmutl.ac.th/library/download_file.php?path=2037
- [5] “คู่มือการพัฒนาและฟื้นฟูสภาพเครื่องจักร” [Online]. Available <http://www.diw.go.th/hawk/attach/news1310111138553.pdf>
- [6] “เทคโนโลยีการทำ Reverse Engineering โดยวิธี Digitizing 3D และการทำ Rapid Prototyping.” [Online]. Available : http://aetf.academy.online.fr/paper_submit/17-Nathawee.doc.
- [7] “การออกแบบเครื่องจักรกล” [Online]. Available : <http://elearning.lcct.ac.th/ajple/download/doc2.doc>
- [8] “RIPITYPES” [Online]. Available : <http://www.rapitypes.com/activities-rapidprototyping.html>

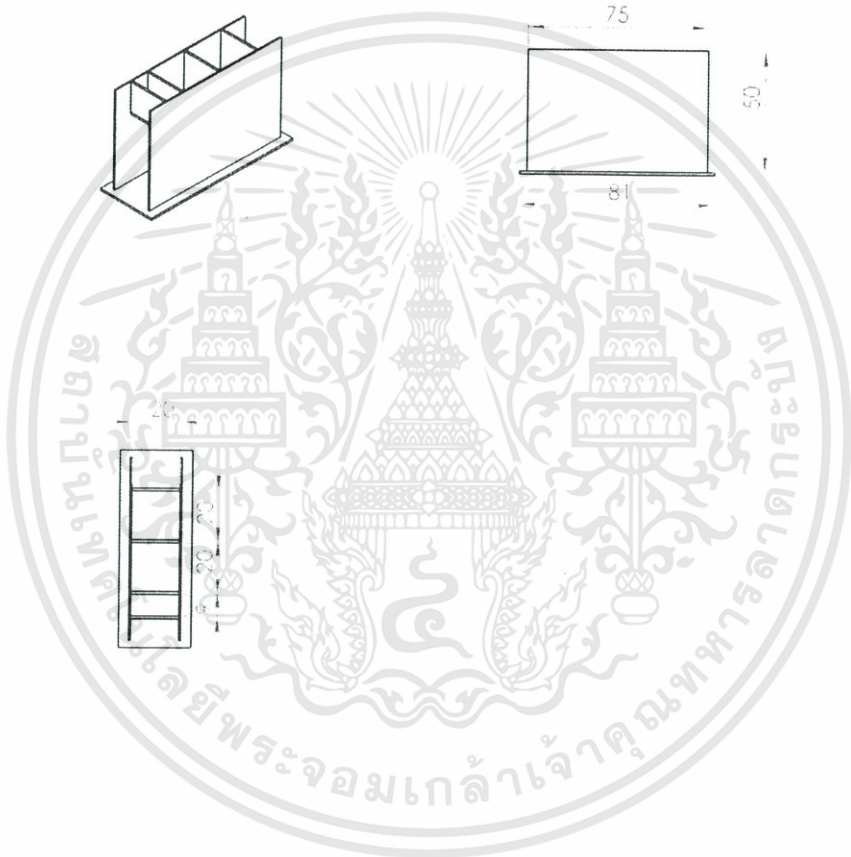


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
แบบโครงสร้างเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว
ชนิดใช้ผงแป้งขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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				
APP'V'D				
MFG				
QA				

MATERIAL

DWG NO

RPT#1f

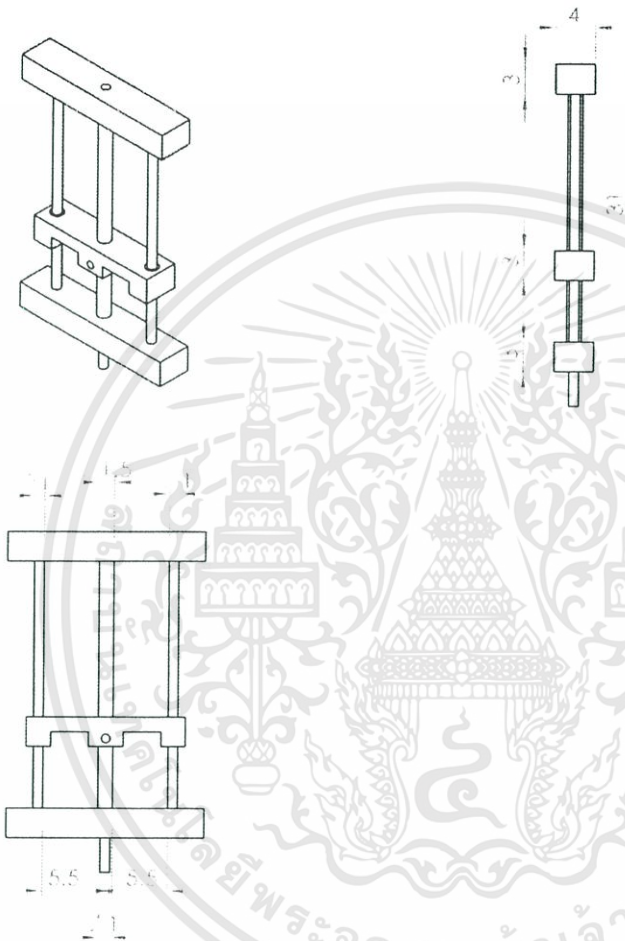
A4

WEIGHT

SCALE 1:10

SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

FINISH

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME SIGNATURE DATE
 DRAWN
 CHECKED
 APPROVED
 MFG
 Q.A.

TITLE

MATERIAL

DWG NO

RPT#1f

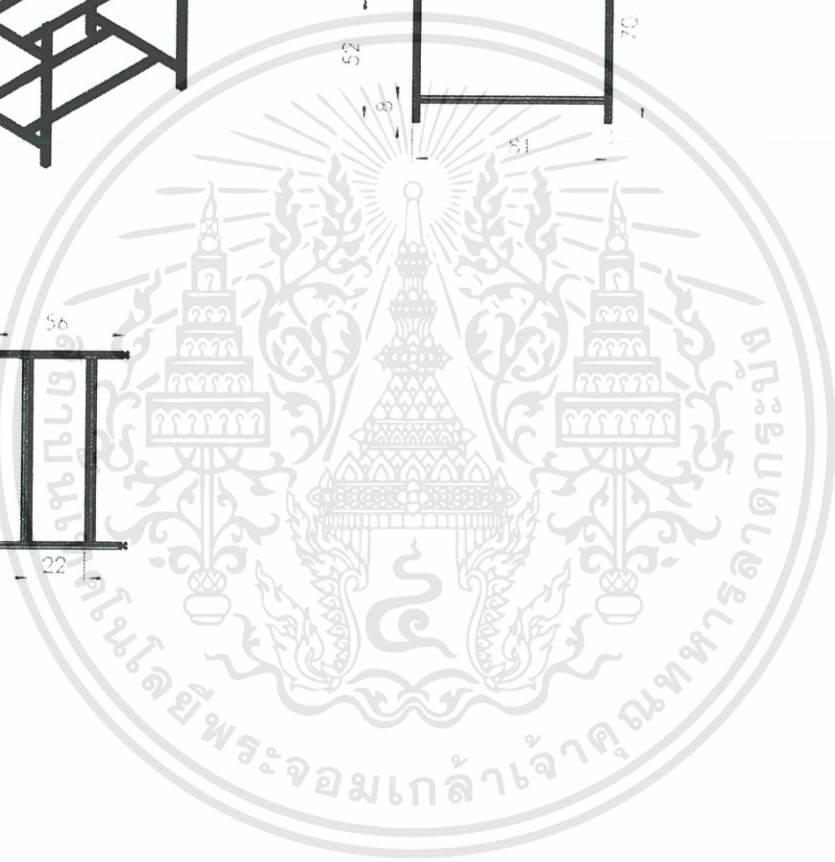
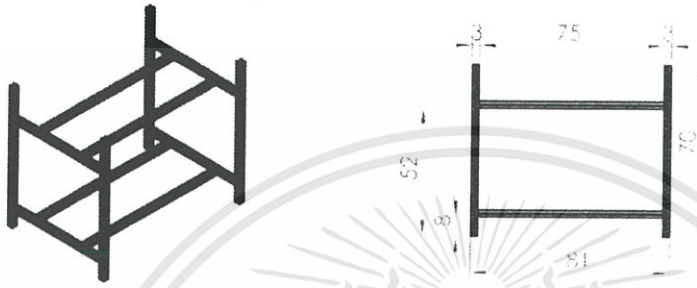
A4

WEIGHT

SCALE 1:5

SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ พท 3 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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
DRAWN				
CHECKED				
APPROVED				
MFG				
Q.A.				
			MATERIAL	DWG NO
			WEIGHT	SCALE:1:20

RPT#1f

A4

SHEET 1 OF 1

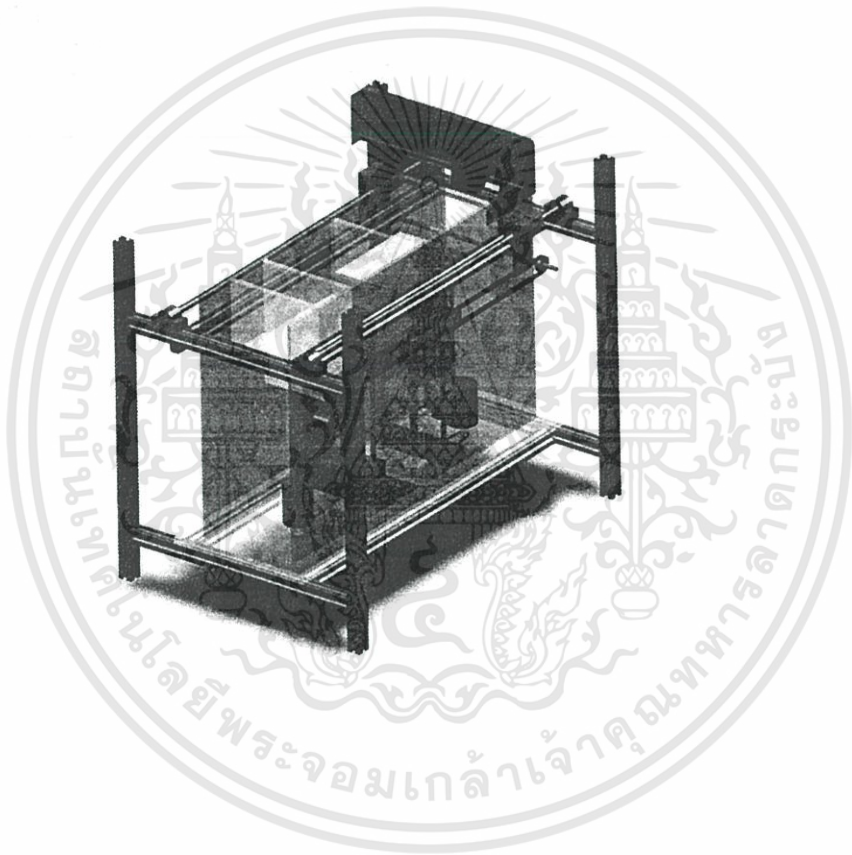
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ **ผข 1** ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อศีกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ **ผช 3** วิชาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

