เครื่องพิมพ์แบบสามมิติ : ส่วนโครงสร้าง

3D PRINTER : HARDWARE PART

กิตติพันธ์ จันทร์คำ

เจริญศักดิ์ ธนพลเกียรติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เครื่องพิมพ์แบบสามมิติ : ส่วนโครงสร้าง

3D PRINTER : HARDWARE PART

กิตติพันธ์ จันทร์คำ

เจริญศักดิ์ ธนพลเกียรติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3D PRINTER : HARDWARE PART

KITTIPHAN JHANKAM
CHAROENSAK THANAPOLKRIAT

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องพิมพ์แบบสามมิติ : ส่วนโครงสร้าง

3D PRINTER : HARDWARE PART

ผู้จัดทำ นายกิตติพันธ์ จันทร์คำ 53010119

นายเจริญศักดิ์ ธนพลเกียรติ 53010257

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วรุจา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องพิมพ์แบบสามมิติ : ส่วนโครงสร้าง

โดย

นายกิตติพันธ์ จันทร์คำ 53010119

นายเจริญศักดิ์ ธนพลเกียรติ 53010257

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วรุจา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและค้นคว้าแบบของโครงสร้าง และหลักการทำงานของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติเพื่อใช้ในการออกแบบ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks ในการเขียนแบบเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ เมื่อได้แบบโครงสร้างแล้วจึงเลือกวัสดุในการทำโครงสร้าง โดยได้เลือกใช้แผ่นอะคริลิคเป็นโครงสร้างของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ

เมื่อได้ออกแบบโครงสร้างและเลือกวัสดุแล้วจึงส่งแบบ SolidWorks ได้สั่งตัดแผ่นอะคริลิค จากนั้นจึงนำมาประกอบโครงสร้าง ยึดน็อตตามจุดต่างๆ จนสามารถประกอบขึ้นรูปเป็นโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ตามที่ออกแบบไว้ เมื่อได้โครงสร้างแล้วจึงทำการติดรางสไลด์ขึ้น ตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหัวฉีดและฐานรองชิ้นงาน แล้วทำการติดมอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ใน 3 ส่วน คือ ส่วนบนของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติเพื่อใช้ขับเคลื่อนสกรูเกลียวที่ยึดกับส่วนของการเคลื่อนที่ในแกน Z และที่แผ่นยึดของหัวฉีดเพื่อทำการเคลื่อนที่หัวฉีดในแกน Y ส่วนมอเตอร์อีก 1 ตัว ติดที่ฐานของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติเพื่อขับเคลื่อนฐานรองชิ้นงานให้เคลื่อนที่ในแนวแกน X โดยในส่วนของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y จะใช้สายพานเป็นตัวกลางในการขับเคลื่อน เพื่อเตรียมติดตั้งในส่วนของวงจรขับมอเตอร์และหัวฉีด โดยการควบคุมการเคลื่อนที่จะทำงานผ่านโปรแกรมในส่วนของซอฟต์แวร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3D PRINTER : HARDWARE PART

By

Mr.Kittiphan Jhankam 53010119

Mr.Charoensak Thanapolkriat 53010257

Advisors

Prof. Dr. Vanchai Riewruja

Asst. Prof. Thepjit Cheypoca

Asst. Prof. Dr. Wandee Petchmaneelumka

Academic Year 2013

ABSTRACT

This thesis has studied and researched the structure and the principle of 3D printer for designing the structure of 3D printer using Solidworks program. After that acrylic sheet is selected as material of this structure.

After designing the structure and selecting material finish, we order to make acrylic shape from Solidworks program. Then the structure of 3D printer is assembled. After that slide rails are fixed along the position and movement of nozzle and support plate. Then motors for control movement 3 parts are fixed. The upper part of a three-dimensional printer is used to drive lead screw in Z axis. The second part is used to drive the movement of injection in Y axis. Another part is used to propel the substrate of work piece in X axis. The belt is employed for movement in X and Y axes. Finally, we prepared the installation of motor driver circuit and injection by controlling the movement that is processed via the program in the software part.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยได้ดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ศ.ดร.วันชัย ริ้วรุจา อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ในทุกๆ ด้านของปริญญานิพนธ์ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ และความช่วยเหลือในการเตรียมชิ้นงานและการทดสอบชิ้นงานรวมไปถึงคำแนะนำด้านการออกแบบโครงสร้าง จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณาจารย์และผู้ช่วยฝ่ายอาจารย์ (TA) Workshop สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์เครื่องมือช่าง พร้อมทั้งสถานที่ในการจัดทำ Workshop ให้ทางคณะผู้จัดทำ

ขอบคุณครอบครัว ที่ช่วยสนับสนุนด้านการเงิน คอยให้กำลังใจ จนสามารถฟันฝ่าอุปสรรคให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณเพื่อนทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา จนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ
กิตติพันธ์ จันทร์คำ
เจริญศักดิ์ ธนพลเกียรติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการจัดทำ	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ความเป็นมาและหลักการทำงาน	3
2.2 ชุดควบคุม	11
2.2.1 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการเคลื่อนที่	11
2.2.2 ระบบควบคุมความร้อนและหัวฉีด	12
2.3 วัสดุที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูป	12
2.4 โปรแกรมออกแบบชิ้นงานและควบคุมการฉีด	13
2.4.1 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน	13
2.4.2 โปรแกรมแปลงแบบสามมิติเป็นไฟล์ G-code	14
2.5 โครงสร้างและหลักการออกแบบ	15
2.5.1 ทฤษฎีแรง	15
2.5.2 หลักการออกแบบโครงสร้าง	16
2.5.3 วัสดุที่นำมาทำโครงสร้าง	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	**19**
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	19
3.2 การออกแบบโครงสร้าง	19
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	**25**
4.1 ผลการดำเนินงานส่วนโครงสร้าง	25
4.2 ผลการติดตั้งอุปกรณ์และชุดควบคุม	26
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	**34**
5.1 บทวิจารณ์และสรุปการดำเนินงาน	34
5.2 ปัญหาและการแก้ไข	34
เอกสารอ้างอิง	**35**
ภาคผนวก ก ชุดบอร์ดควบคุม	**36**
ก.1 ชุดบอร์ด Ardurino-AT/Mega 1280	37
ก.2 ชุดบอร์ด Reprap Arduino Mega Pololu Shied	43
ก.3 ชุดบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	46
ภาคผนวก ข สเต็ปปิ้งมอเตอร์	**48**
ข.1 การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	48
ภาคผนวก ค โปสเตอร์	**54**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โคมไฟจากเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ	3
2.2 โมเดลบ้านจำลองจากเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ	4
2.3 แบบจำลองฟันของสัตว์จากเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ	4
2.4 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Stereolithography Apparatus (SLA)	5
2.5 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค PolyJet	6
2.6 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Selective Laser Sintering (SLS)	7
2.7 ชิ้นงานที่ได้จากเทคนิค Selective Laser Sintering	7
2.8 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Three Dimensional Printing	8
2.9 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling	9
2.10 โครงสร้างภายในของหัวฉีด	10
2.11 แผนภาพชุดควบคุมและอุปกรณ์ในการทำงาน	11
2.12 ตัวอย่างเส้นพลาสติกที่ใช้ในการขึ้นรูป	13
2.13 โปรแกรมออกแบบชิ้นงาน SolidWorks	14
2.14 โปรแกรม Pronterface ควบคุมและแปลงไฟล์ G-code	15
2.15 ส่วนโครงด้านข้างสี่เหลี่ยมคางหมู	16
3.1 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ Side View	19
3.2 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ Front View	20
3.3 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ Isometric	20
3.4 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ Injection	21
3.5 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแกนสไลด์	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 แบบสกรูเกลียว (Lead Screw)	22
3.7 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแกน Z	22
3.8 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแกน Y	23
3.9 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแกน X	23
3.10 หัวฉีดโดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการป้อนเส้นพลาสติก	24
4.1 โครงสร้างด้าน Front View	25
4.2 โครงสร้างด้าน Top View	26
4.3 โครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติด้าน Side View	26
4.4 โครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติด้าน Front View	27
4.5 หัวฉีดและฟีดเดอร์ (Feeder)	27
4.6 แกนสไลด์ตามแนวแกน Z	28
4.7 Lead Screw สำหรับการเคลื่อนที่แนวแกน Z	28
4.8 มอเตอร์ขับเคลื่อนตามแนวแกน Z	29
4.9 แกนสไลด์และสายพานแนวแกน Y	29
4.10 มอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนสายพานตามแนวแกน Y	30
4.11 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการป้อนเส้นพลาสติก	30
4.12 หัวฉีดวัสดุทองเหลือง	31
4.13 ตัวทำความร้อนแก่หัวฉีด (ประมาณ 180 องศาเซลเซียส)	31
4.14 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)	32
4.15 สายพานและมอเตอร์ขับเคลื่อนในแนวแกน X	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 ฐานรองรับชิ้นงานเคลื่อนที่บนแกนเหล็กตามแนวแกน X	33
4.17 สายพานขับเคลื่อนตามแนวแกน X	33
ก.1 บอร์ดควบคุม Arduino-AT/Mega1280	37
ก.2 การจัดเรียงขาของ ATmega1280	40
ก.3 ผังอธิบายส่วนประกอบชิพ AT-Mega1280	41
ก.4 ผังสถาปัตยกรรม AT-Mega1280	42
ก.5 วงจร RAMPS	44
ก.6 บอร์ด RAMPS	44
ก.7 พอร์ตต่างๆ ของบอร์ด RAMPS	45
ก.8 Driver A4988	46
ก.9 การประกอบชิ้นส่วนของทุกบอร์ด	46
ก.10 วงจรของ Stepper Motor Driver Board A4988	47
ข.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	48
ข.2 โครงสร้างภายในของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	49
ข.3 ขดลวดภายในสเต็ปปิ้งมอเตอร์	49
ข.4 ขดลวดสายเฟสและสายคอมมอน	52
ข.5 การต่อวงจรทดสอบการหมุนโดยกดสวิตช์เรียงลำดับ	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบข้อดีระหว่างอะคริลิคและเหล็ก	17
2.2	การเปรียบเทียบข้อเสียระหว่างอะคริลิคและเหล็ก	18
5.1	ปัญหาในการดำเนินงานและวิธีการแก้ไขปัญหา	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันนวัตกรรมในการสร้างชิ้นงานไม่ว่าจะเป็นการหล่อ กัด เจาะ วัสดุเพื่อทำเป็นแม่แบบขึ้นมา ซึ่งต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญ รวมถึงใช้งบประมาณค่อนข้างสูง กว่าที่จะได้ต้นแบบมาใช้งาน กระบวนการแบบเดิมก็เริ่มเปลี่ยนหากจะมองในเชิงเปรียบเทียบ เครื่องพิมพ์แบบสามมิติก็คือเครื่อง CNC (Computer Numerical Control) แต่มีการเพิ่มเติมและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ โดยมีการเปลี่ยนจากการกัดเป็นการฉีดพลาสติก ซึ่งการศึกษาในระดับปริญญาตรีของหลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้กำหนดให้นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งจะให้นักศึกษาได้ ค้นคว้า วิจัย และสร้างสรรค์ชิ้นงานในเชิงวิศวกรรมขึ้น โดยกำหนดให้มีการรวมกลุ่มเพื่อร่วมกันสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งทางผู้จัดทำได้ลงความเห็นว่าจะสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ ที่สามารถใช้งานได้จริงและลงทุนน้อยกว่าเครื่องที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อค้นหานวัตกรรมในการสร้างสรรค์ชิ้นงานจากวัสดุพลาสติก
2. การสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ เพื่อทำให้เกิดความรวดเร็วในการผลิตชิ้นงาน
3. เพื่อสร้างทางเลือกให้กับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนจากพลาสติก
4. เป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติเพื่อสามารถสร้างชิ้นงานได้หลากหลาย
5. ฝึกการทำงานเป็นหมู่คณะทำให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาโครงสร้างของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติเพื่อออกแบบเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ

2. ศึกษาเกี่ยวกับหลักการของคานรับแรง และสมดุลของแรง เพื่อคำนวณการรับแรงของแต่ละจุดบนโครงสร้าง

3. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ ที่มีในปัจจุบันเพื่อสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติที่สามารถใช้งานได้จริง

5. สามารถผลิตชิ้นงานจากวัสดุพลาสติกได้

6. ใช้ต่อยอดในการจัดทำเครื่องพิมพ์แบบสามมิติที่มีเสถียรภาพและสร้างชิ้นงานได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องพิมพ์แบบสามมิติสามารถใช้งานได้จริงในการสร้างชิ้นงาน

2. สามารถพัฒนาต่อยอดสู่ภาคอุตสาหกรรมเพื่อเป็นทางเลือกในการผลิตชิ้นงาน

3. ทักษะในการทำงานใหม่ๆ เช่น การเจาะ ตัด ต๊าปเกลียว

4. ทักษะทางด้านวิศวกรรมในการคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหา

1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 5 บท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวนำถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎี หลักการ และความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานในการออกแบบและประกอบโครงสร้างของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน นำเสนอผลการทำงานในการประกอบโครงสร้าง

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป สรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

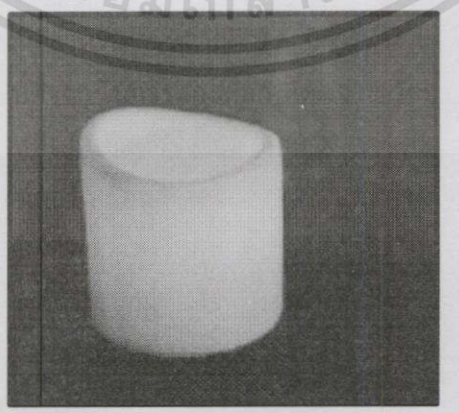
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

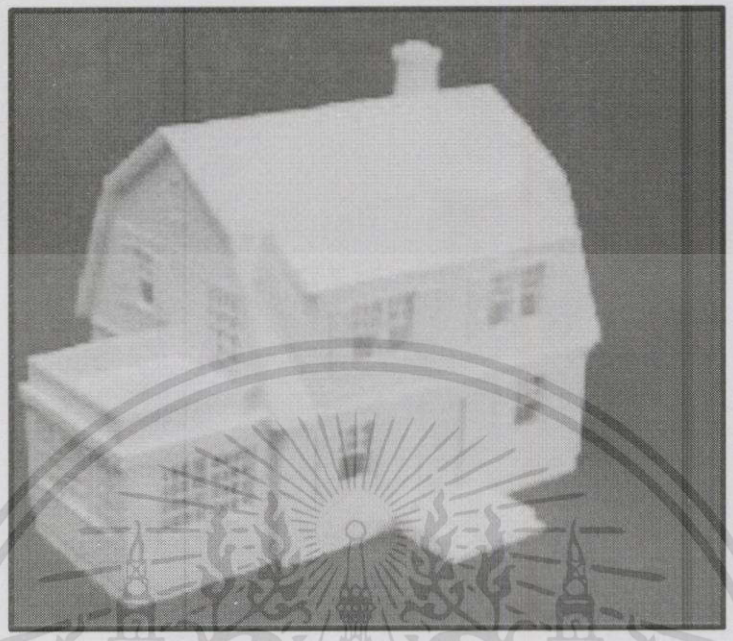
2.1 ความเป็นมาและหลักการทำงานพื้นฐาน

การทำชิ้นงานพลาสติกหรือโลหะต้นแบบหรืองานเฉพาะที่มีจำนวนไม่มาก วิธีการและเครื่องมือที่นิยมใช้กันคือใช้เครื่อง CNC กัดวัสดุทำเป็นแม่แบบขึ้นมา ซึ่งต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญ รวมถึงใช้งบประมาณค่อนข้างสูง กว่าที่จะได้ต้นแบบมาใช้งาน เมื่อมีการพัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติขึ้นมา กระบวนการแบบเดิมๆ ก็เริ่มเปลี่ยนหากจะมองในเชิงเปรียบเทียบ เครื่องพิมพ์แบบสามมิติก็คือเครื่อง CNC แต่มีการเพิ่มเติมและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ โดยมีการเปลี่ยนจากหัวกัดเป็นหัวฉีดพลาสติก (ในกรณีที่เป็นเครื่องพิมพ์แบบสามมิติสำหรับงานพลาสติก) ด้านการทำงานจะต่างกัน โดยเครื่อง CNC ใช้หัวสว่านติดกับดอกสว่านแบบต่างๆ ในการแกะสลัก ตัด เจาะ วัตถุดิบให้เป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ มีระบบมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในทิศทาง 3 มิติ (แกน X, Y และ Z) ในขณะที่เครื่องพิมพ์แบบสามมิติก็ใช้การเคลื่อนที่ของมอเตอร์เหมือนกับเครื่อง CNC แต่ที่ต่างกันคือ มีหัวฉีดที่จะฉีดหรือโรยพลาสติกเป็นชั้นๆ เรียงตัวขึ้นไป โดยการควบคุมมอเตอร์ที่หัวฉีดในการป้อนเส้นพลาสติกสู่หัวฉีดสร้างเป็นรูปทรงต่างๆ ในแต่ละชั้นมีความละเอียดในระดับมิลลิเมตร นอกจากนั้นยังมีการพัฒนาเทคนิคอื่นๆ ทำให้เครื่องพิมพ์แบบสามมิติสร้างสรรค์งานได้จากหลากหลายวัสดุ และมีความละเอียดเพิ่มขึ้น ซึ่งก็ต้องแลกด้วยราคาที่แพงขึ้นด้วย ในการสร้างชิ้นงานด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ เริ่มจากสร้างแบบสามมิติ แล้วส่งข้อมูลให้เครื่องพิมพ์แบบสามมิติฉีดหรือโรยพลาสติกออกมาเป็นรูปร่างตามที่เขียนแบบไว้ได้เลย จึงถือได้ว่าเครื่องพิมพ์สามมิติเป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนแปลงการประดิษฐ์ชิ้นส่วนของนักประดิษฐ์ไปตลอดกาล และถ้าถามว่าเครื่องพิมพ์แบบสามมิติสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานอะไรได้บ้าง คงต้องตอบว่าได้เกือบทุกอย่างที่เขียนมาจากแบบสามมิติ เพียงแต่ต้องเลือกเครื่องพิมพ์ให้เหมาะสมกับชิ้นงาน



รูปที่ 2.1 โคมไฟจากเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



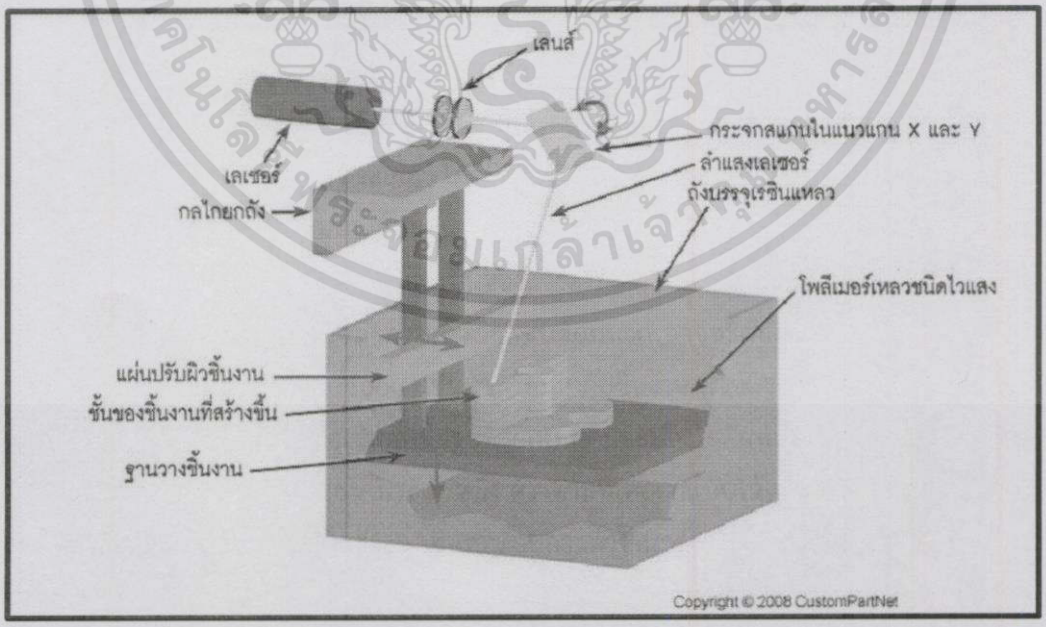
รูปที่ 2.2 โมเดลบ้านจำลองจากเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ

รูปที่ 2.3 แบบจำลองฟันของสัตว์จากเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 2011 เริ่มมีการเปิดตัวจำหน่ายเครื่องพิมพ์ 3 มิติที่ใช้เทคนิคการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว (Rapid Prototype) ออกมา นับเป็นการสร้างปรากฏการณ์ใหม่แก่วงการสร้างโมเดลต้นแบบ จากนั้นมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีเครื่องพิมพ์ 3 มิติออกมาจำหน่ายหลายรุ่น หลายราคา ส่วนเทคนิคการสร้างชิ้นงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติสรุปได้ 3 วิธีดังนี้

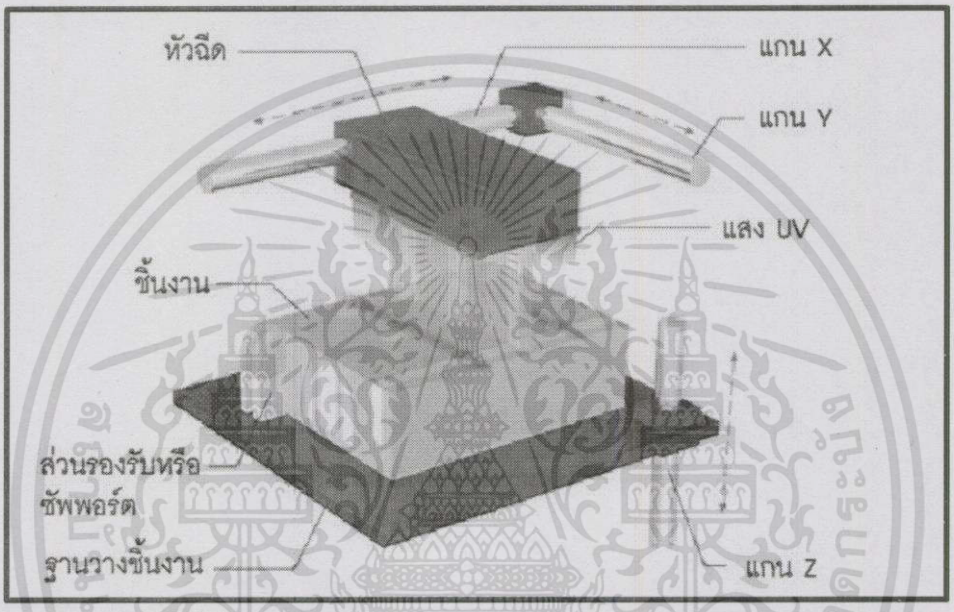
1. การใช้โพลีเมอร์ชนิดไวแสงในการขึ้นรูปชิ้นงาน หรือ Photopolymerization เป็นเทคนิคที่ใช้แสงเพื่อขึ้นรูปจากวัสดุของเหลวให้กลายเป็นของแข็ง โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปชิ้นงานแบบ Stereolithography Apparatus (SLA) ที่คิดค้นโดย Chuck Hull จาก 3D Systems หลักการคือ ใช้วัสดุประเภทโพลีเมอร์เหลวที่สามารถแข็งตัวได้ เมื่อถูกกระตุ้นจากการฉายแสงอัลตร้าไวโอเล็ต หรือ UV (Ultra Violet) จาก UV เลเซอร์ โดยมีกระบะใส่เรซินเหลวและมีระบบควบคุมให้ยกขึ้นและเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เพื่อสร้างชิ้นงานทีละชั้นจากล่างขึ้นบน แล้วสแกนยิงแสง UV เลเซอร์ในแนวราบเพื่อเปลี่ยนให้โพลีเมอร์เหลวชนิดไวต่อแสงเป็นของแข็งตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยชิ้นงานที่มีส่วนโค้งเว้า หรือมีรูปทรงที่แปลกๆ หรือมีความละเอียดซับซ้อนมาก อาจจะต้องสร้างส่วนที่ใช้ค้ำยันและรองรับเรียกว่า “ซัพพอร์ต” (Support) ขึ้นมาพร้อมๆ กับชิ้นงานเมื่อขึ้นรูปชิ้นงานเสร็จก็ตัดส่วนซัพพอร์ตนี้ออกไป ความแข็งแรงของวัสดุที่ขึ้นรูปด้วยเทคนิคนี้จะมีในระดับหนึ่งพอๆ กับพลาสติกทั่วไป ตัวชิ้นงานที่ได้มีความละเอียดเรียบในระดับหนึ่ง ตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรมวาดแบบ 3 มิติ และยังสามารถสร้างชิ้นส่วนกลไกต่างๆ เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบได้ หรือใช้เป็นวัสดุชิ้นส่วนจริงในเครื่องมือต่างๆ ได้เลย



รูปที่ 2.4 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Stereolithography Apparatus (SLA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

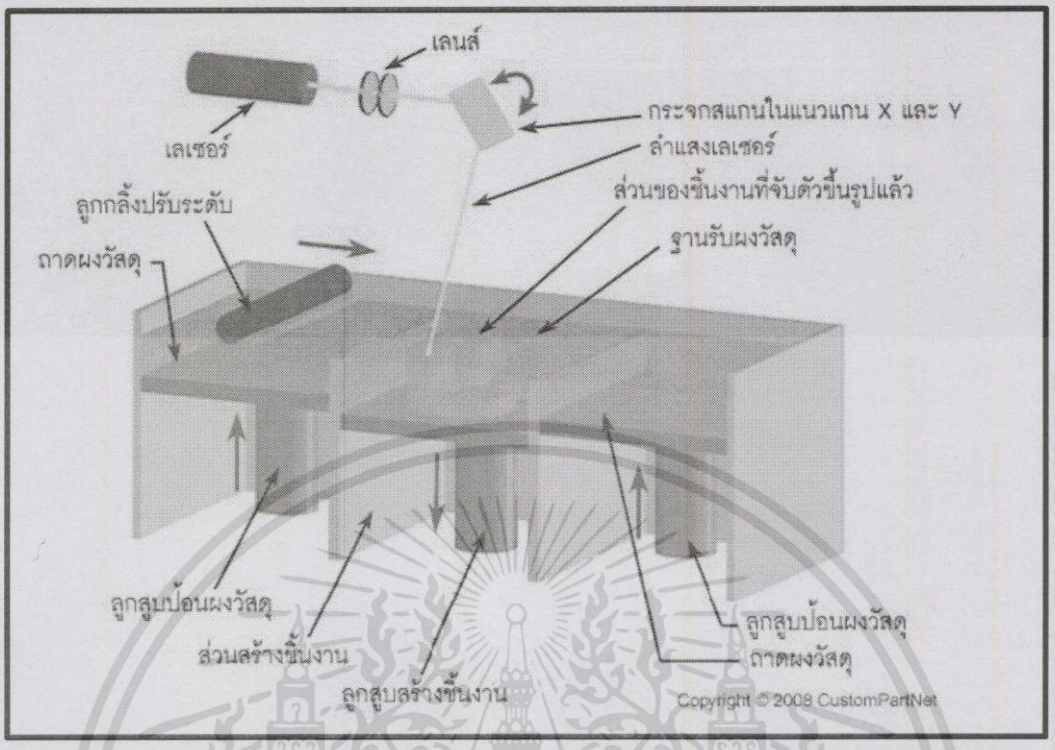
จากเทคนิค SLA มีผู้พัฒนาต่อไปเป็นเทคนิค Micro stereolithography เป็นเทคนิคที่เหมาะสำหรับการสร้างต้นแบบที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งเรียกว่า วิธีการขึ้นรูปวัสดุแบบ PolyJet เป็นการใช้หัวฉีดขนาดเล็กหลายๆ หัวฉีดเรซินเหลวลงไปบนแท่นวางชิ้นงานพร้อมๆ กับการฉายแสง UV เพื่อทำให้เรซินเหลวนี้แข็งตัวทันที ด้วยเทคนิคนี้ทำให้ไม่ต้องมีกระบะโพลีเมอร์เหลวขนาดใหญ่ทำให้มีความสะดวกมากขึ้น



รูปที่ 2.5 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค PolyJet

2. การใช้เลเซอร์หรือกาวในการเชื่อมผงวัสดุให้เป็นชิ้นงานหรือ Granular Materials Binding เป็นเทคนิคที่ใช้วัสดุที่เป็นผงเล็กๆ เมื่อได้รับความร้อนแล้วแข็งตัวโดยเรียกเทคนิคนี้ว่า Selective Laser Sintering (SLS) โดยส่วนมากใช้วัสดุที่เป็นผงพลาสติก เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำ ขึ้นรูปได้ง่าย ใช้ความร้อนจากเลเซอร์ที่ฉายไปยังตำแหน่งที่เป็นส่วนหน้าตัดขวางของชิ้นงาน ทำให้ผงพลาสติกเล็กๆ รอบบริเวณที่ถูกฉายแสงเลเซอร์นี้หลอมละลายและยึดเกาะกัน โดยยึดเกาะกับชั้นที่อยู่ก่อนหน้านี้ด้วย เพื่อให้เกิดเป็นโครงร่างรูปทรง 3 มิติขึ้นมาจากการเลื่อนแท่นใส่ผงพลาสติกลงเล็กน้อยในแนวดิ่ง จากนั้นจะกวาดผงพลาสติกมาคลุมทับส่วนที่ให้ความร้อนไปแล้วทำการฉายแสงเลเซอร์ใหม่ซึ่งจะวนทำกระบวนการนี้ไปเรื่อยๆ จนครบทั้งรูปทรงที่ได้เขียนแบบไว้ จากนั้นผงพลาสติกส่วนอื่นที่ไม่โดนความร้อนจากเลเซอร์จะถูกลมเป่าออกไปเหลือเพียงชิ้นงานที่หลอมละลายแล้วแข็งตัวเป็นรูปทรงที่สมบูรณ์ เทคนิคนี้ใช้เวลามากในการขึ้นรูปชิ้นงาน ผิววัสดุจะหยาบและความแข็งแรงจะน้อยกว่าวัสดุที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Stereolithography

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

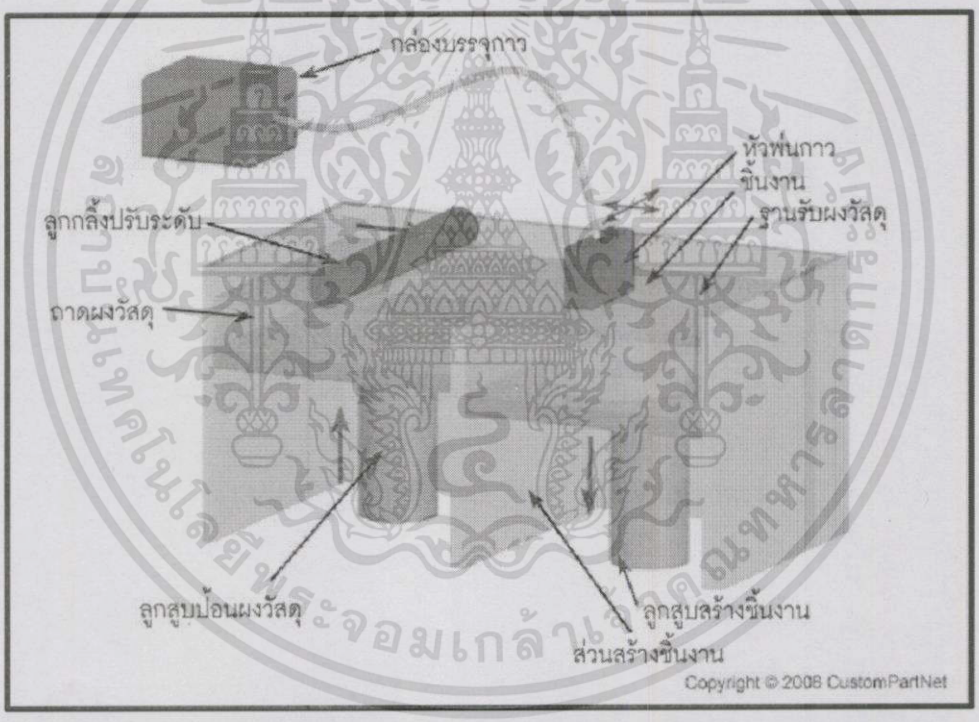


รูปที่ 2.6 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Selective Laser Sintering (SLS)

รูปที่ 2.7 ชิ้นงานที่ได้จากเทคนิค Selective Laser Sintering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการใช้ความร้อนจากเลเซอร์หลอมละลายให้ผงพลาสติกให้เชื่อมติดกันแล้ว อาจใช้ผงโลหะแทนผงพลาสติก แล้วใช้แหล่งกำเนิดความร้อนที่ให้อุณหภูมิสูงขึ้นตามจุดหลอมเหลวของผงโลหะนั้นๆ วิธีการนี้จะทำให้ได้ชิ้นงานที่เป็นโลหะ ซึ่งมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ยังมีอีกเทคนิคหนึ่ง คือ การพ่นกาวลงไปยังผงพลาสติกให้ติดกันเป็นโครงสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ วิธีการแบบนี้เรียกว่า Three Dimensional Printing (3DP) โดยหลักการทำงานของเทคนิคนี้คือ พ่นกาวด้วยหัวฉีดลงไปบนกระบะที่มีผงแป้งที่เกลี่ยหน้าให้เรียบไว้แล้ว ผงพลาสติกบริเวณที่โดนกาวก็จะติดแข็งตัว วิธีนี้สามารถเลือกให้ชิ้นงานมีสีต่างๆ แตกต่างกันได้ โดยผสมสีลงไปในกาวที่ใช้ ซึ่งก็เหมือนกับการพิมพ์หมึกลงไปบนกระดาษของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ต (Ink Jet) นั่นเอง ทำให้รูปทรง 3 มิติที่สร้างขึ้นมีความแข็งตัวและมีสีสันที่แตกต่างกันไปด้วย แต่วัสดุที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะมีความเปราะบางมากกว่าวิธีการขึ้นรูปแบบชิ้นงานอื่น จึงเหมาะกับการทำชิ้นงานต้นแบบมากกว่านำไปใช้งานจริง



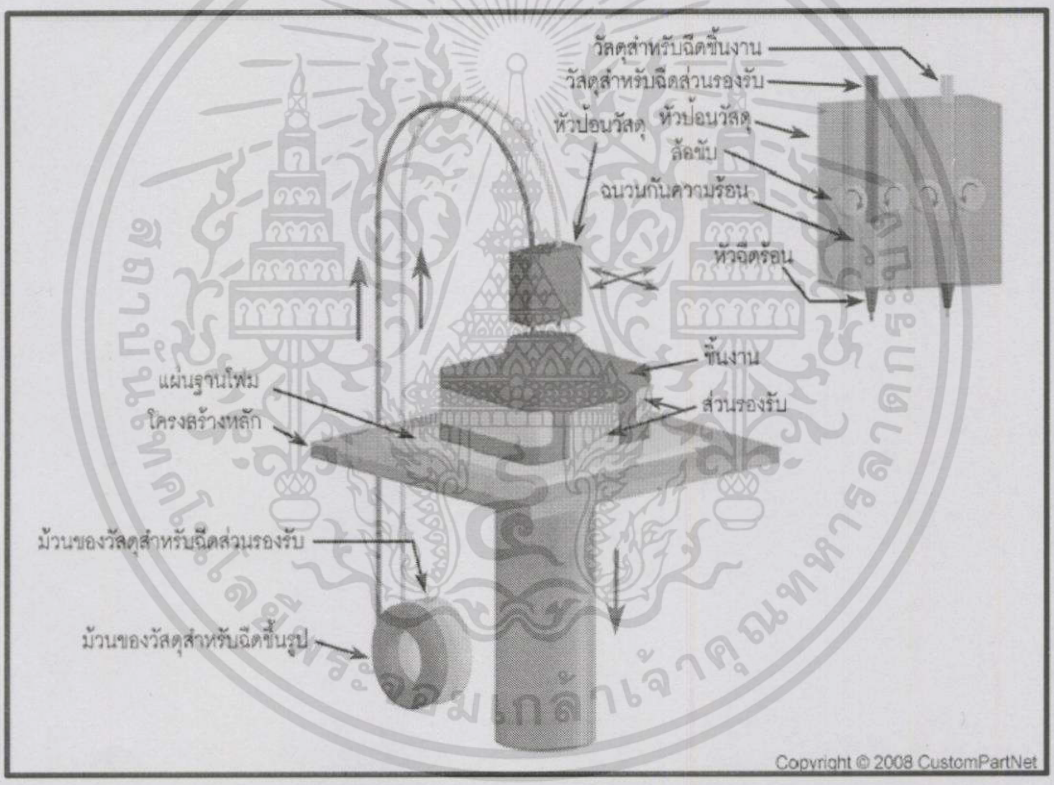
รูปที่ 2.8 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Three Dimensional Printing

3. การใช้พลาสติกร้อนเรียงตัวขึ้นเป็นชิ้นงานหรือ Extrusion Processes เป็นวิธีที่นิยมและมีการพัฒนากันมากที่สุด เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปมีหลากหลาย ราคาไม่แพง มีการพัฒนาชุดควบคุมและซอฟต์แวร์ในแบบโอเพนซอร์ส (Open Source) เทคนิคนี้ใช้เส้นพลาสติกมาผ่านหัวฉีดที่ให้ความร้อน จนพลาสติกละลายเป็นของเหลวแล้วฉีดหรือโรยเรียงเป็นชั้นๆ เรียกเทคนิคการขึ้นรูปแบบนี้ว่า FDM (Fused Deposition Modeling) โดยมีการฉีดส่วนรองรับสำหรับรูปทรงที่โค้งงอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

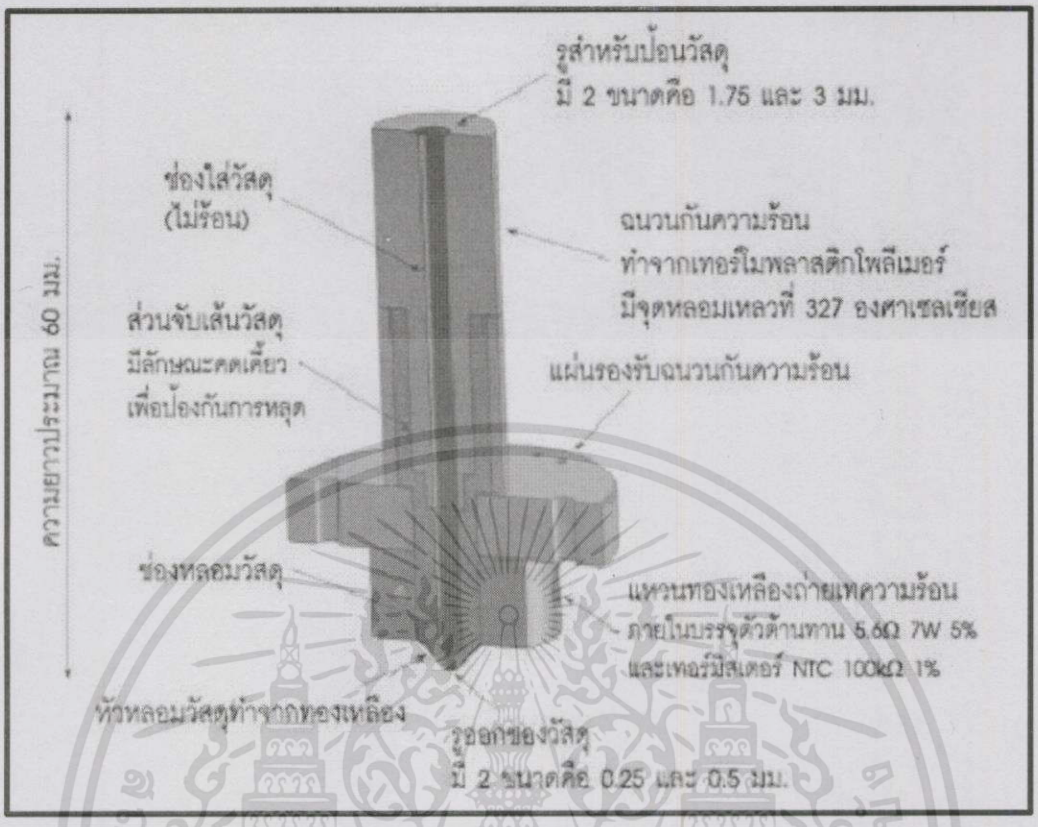
หรือมีความซับซ้อน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงไม่ให้ล้มระหว่างการขึ้นรูปชิ้นงาน เมื่อขึ้นรูปเสร็จแล้ว ก็จะตัดออกได้ในภายหลัง ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยเทคนิคนี้จะมีผิวชิ้นงานที่ไม่เรียบ มีลักษณะเป็นชั้นๆ เนื่องจากขึ้นรูปด้วยการเรียงตัวเชื่อมติดกันของเส้นพลาสติกขนาดเล็กมากๆ ความแข็งแรงของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุของเส้นพลาสติกที่นำมาใช้ ซึ่งก็คือ ABS และ PLA โดย ABS มีความแข็งแรงมากกว่า PLA แต่ PLA ปลอดภัย ไม่ไวไฟ และไม่มีกลิ่นฉุนในขณะขึ้นรูปชิ้นงาน เนื่องจาก PLA ทำมาจากวัสดุธรรมชาติ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบ FDM เป็นที่นิยมและมีการพัฒนากันเป็นจำนวนมาก และในโครงงานนี้ได้ออกแบบเครื่องพิมพ์สามมิติโดยใช้เทคนิค FDM ทางผู้จัดทำจึงขออธิบายในส่วนของการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติแบบ FDM ซึ่งมีรายละเอียดดังในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 2.9 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิค Fused Deposition Modeling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

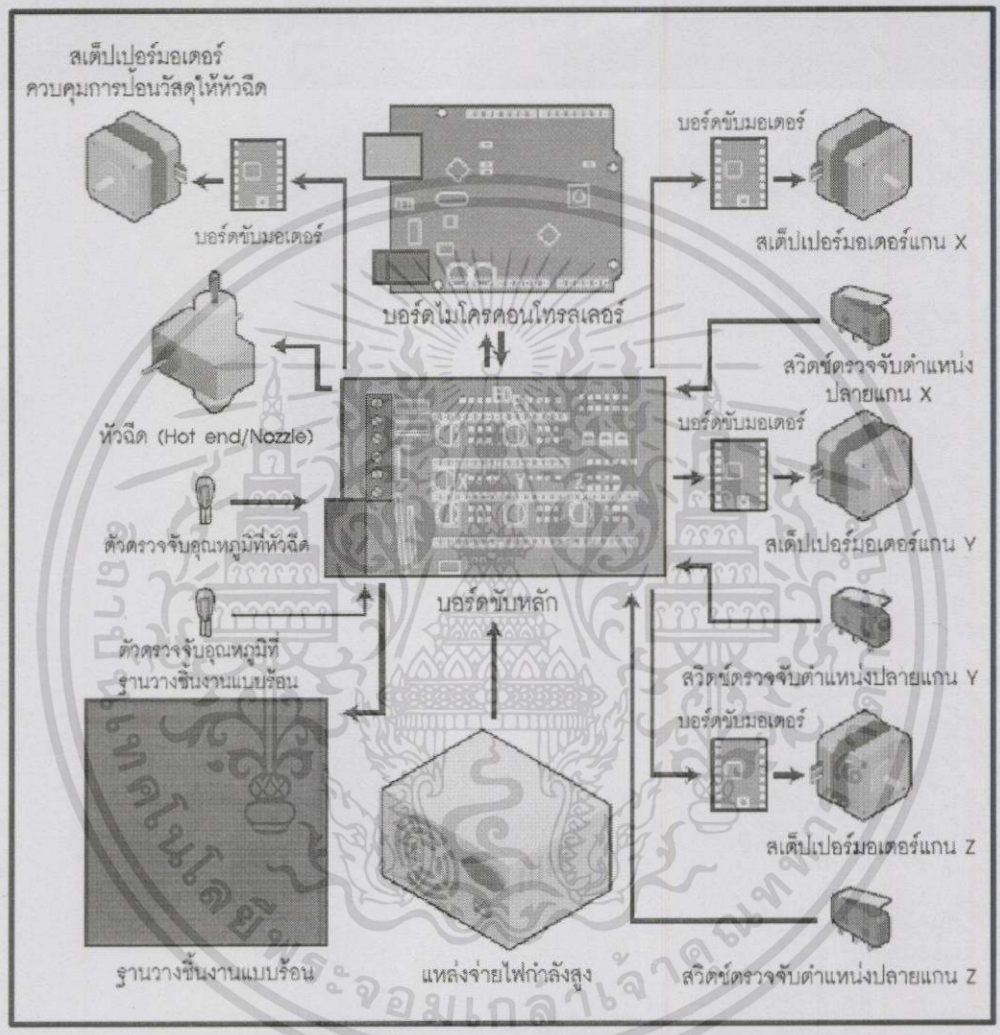


รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชุดควบคุม

2.2.1 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการเคลื่อนที่



รูปที่ 2.11 แผนภาพชุดควบคุมและอุปกรณ์ในการทำงาน

จากรูปที่ 2.11 แสดงให้เห็นถึงระบบและวงจรควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมหลักโดยเชื่อมต่อกับส่วนอื่นผ่านวงจรขับหลัก ซึ่งได้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟตรงกระแสไฟฟ้าสูง เพื่อจ่ายให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) ผ่านบอร์ดขับมอเตอร์ เพื่อควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนตามสเต็ปที่ต้องการ ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของฐานวางชิ้นงาน มีสเต็ปปิ้งมอเตอร์อีกตัวหนึ่งทำงานเพื่อรีดให้เส้นพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านเข้าไปยังหัวฉีด (Hot End) ภายใต้การควบคุมให้มีความร้อนที่เหมาะสมกับชนิดของเส้นพลาสติก โดยมีการตรวจสอบอุณหภูมิที่หัวฉีดด้วย

2.2.2 ระบบควบคุมความร้อนและหัวฉีด

ระบบเชิงกลเป็นส่วนช่วยในการบรรจุเส้นพลาสติกไปยังหัวฉีด ที่มีความร้อนสูงพอที่จะทำให้เส้นพลาสติกหลอมละลาย และถูกฉีดลงสู่ฐานรองชิ้นงานประกอบด้วยส่วนควบคุมการป้อนเส้นพลาสติกสู่หัวฉีด ในส่วนนี้ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมกลไกเพื่อป้อนเส้นพลาสติกเข้าสู่หัวฉีดร้อน ความเร็วของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่หมุนไปมีผลต่อปริมาณการฉีดพลาสติกออกมาจากหัวฉีดติดตั้งอยู่บนแท่นเลื่อนในแนวแกนต่างๆ หรือจะอยู่ด้านข้างของเครื่องขึ้นอยู่กับเทคนิคของเครื่องพิมพ์แต่ละรุ่น

2.3 วัสดุที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูป

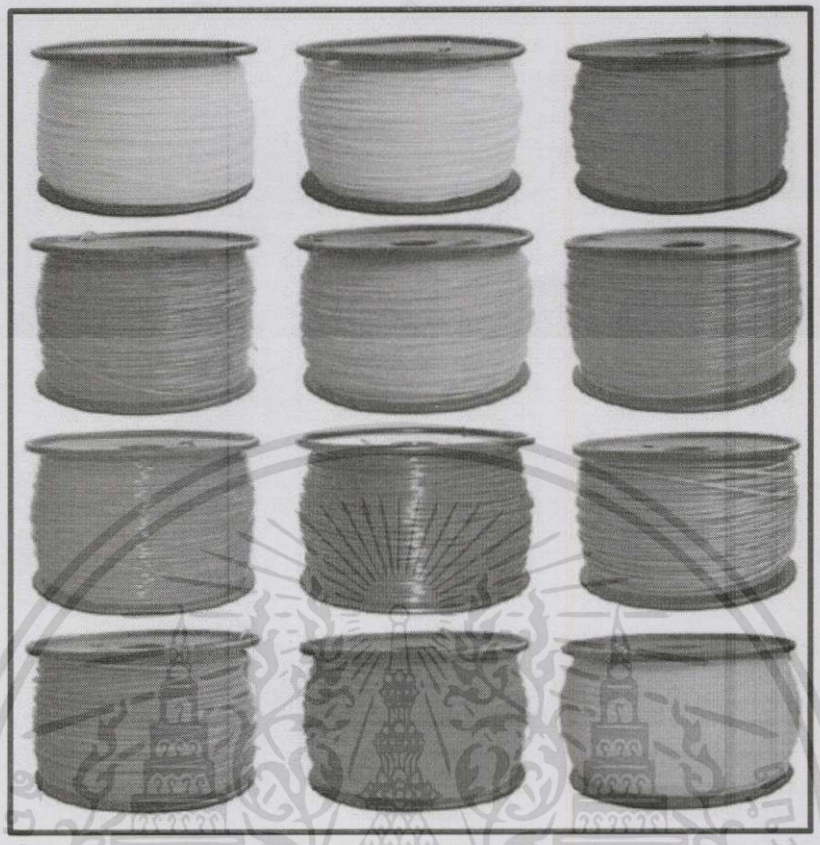
วัสดุที่ใช้ขึ้นรูปชิ้นงานในเครื่องพิมพ์สามมิติแบบ FDM วัตถุดิบที่สำคัญคือ เส้นพลาสติกมีด้วยกันหลายประเภท เช่น

1. เส้นพลาสติกแบบ ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) เป็นเส้นพลาสติกที่ได้รับความนิยมชนิดหนึ่งในงานพิมพ์ชิ้นงาน 3 มิติ โดยใช้อุณหภูมิที่หัวฉีดร้อนอยู่ที่ 215 ถึง 250 องศาเซลเซียส แต่มีข้อเสียคือ เมื่อหลอมแล้วจะเกิดไอระเหยออกมาที่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยง เส้นพลาสติก ABS นี้มีส่วนผสมของอะซีโทน (Acetone) ทำให้พื้นผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปเสร็จแล้ว มีความเรียบเนียน เงางาม

2. เส้นพลาสติกแบบ PLA (Polylactic Acid หรือ Polylactide) เป็นเส้นพลาสติกที่มีส่วนผสมจากวัตถุดิบชีวภาพ เช่น ข้าวโพดหรือมันฝรั่ง ใช้อุณหภูมิที่หัวฉีดพลาสติกอยู่ที่ 160 ถึง 220 องศาเซลเซียส เมื่อเส้นพลาสติก PLA หลอมจะมีกลิ่นคล้ายๆ กับข้าวโพดคั่ว ซึ่งไม่เป็นอันตราย และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นเมื่อใช้ PLA ในการพิมพ์ชิ้นงานก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ฐานวางชิ้นงานแบบร้อน แต่ถ้าใช้ก็จะทำให้ฐานของชิ้นงานเรียบเนียนขึ้น

3. เส้นพลาสติกแบบ PVA (Polyvinyl Alcohol) เป็นเส้นพลาสติกชนิดพิเศษที่มีการผสมผสานกันหลายสีใช้อุณหภูมิที่หัวฉีดพลาสติกอยู่ที่ 190 องศาเซลเซียส วัสดุแบบนี้ละลายน้ำได้ ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยเส้นพลาสติกชนิดนี้อาจจะต้องระวังเรื่องความชื้นเพราะอาจส่งผลใช้ชิ้นงานสลายไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



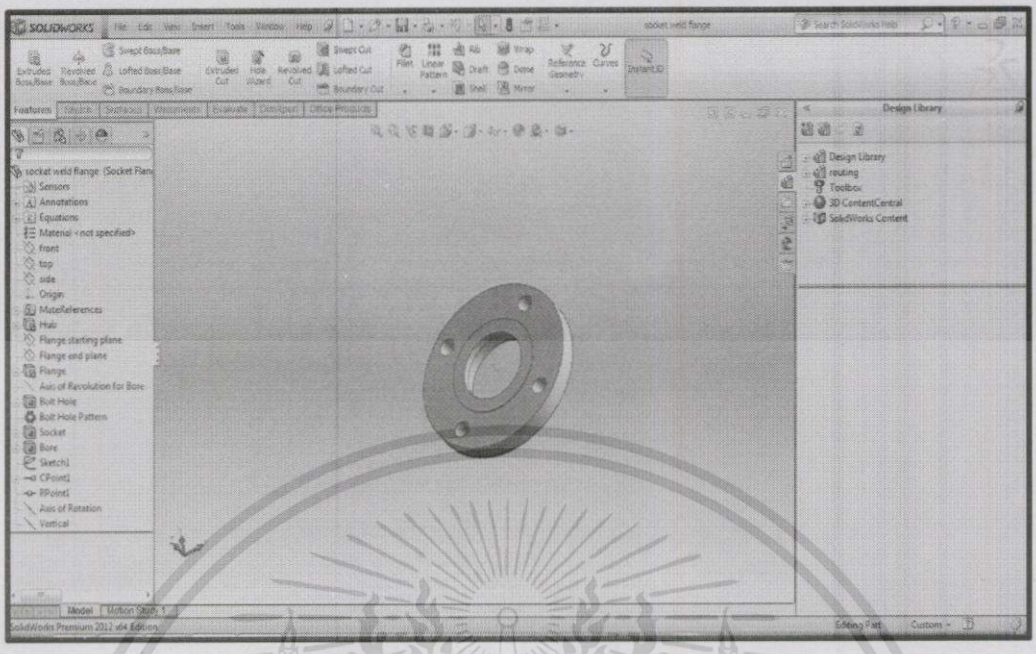
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างเส้นพลาสติกที่ใช้ในการขึ้นรูป

2.4 โปรแกรมออกแบบชิ้นงานและควบคุมการฉีด

2.4.1 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงานมีอยู่หลายโปรแกรมด้วยกัน เช่น SolidWorks, AutoCAD, Autodesk และ Sketchup เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องจัดซื้อเพื่อให้ได้ซอฟต์แวร์เหล่านี้มาใช้งานอย่างถูกต้อง บางตัวอาจมีให้ทดลองใช้งานฟรีในระยะเวลาจำกัดแบบฟรีแวร์ (Freeware) ถ้าถามว่าผู้ใช้งานสามารถออกแบบสร้างชิ้นงานสามมิติ โดยไม่ใช้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ได้หรือไม่ คำตอบคือได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ในกลุ่มฟรีแวร์ หรือแบบโอเพนซอร์ส หากแต่ฟังก์ชันการใช้งานอาจมีไม่ครบถ้วนเท่า แต่ก็ใช้สร้างชิ้นงานสามมิติได้ในระดับหนึ่ง มีผู้พัฒนาหลากหลาย ตัวที่สะดวกมากที่สุดตอนนี้คือ ซอฟต์แวร์วาดชิ้นงานสามมิติผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเก็บข้อมูลไว้ในระบบ Cloud ทำให้เข้าถึงการใช้งานได้ทุกที่ที่มีคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ตโฟนและเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในที่นี้ขอยกตัวอย่างโปรแกรมคือ SolidWorks โดยความละเอียดของชิ้นงานจะอยู่ในระดับ 0.1 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

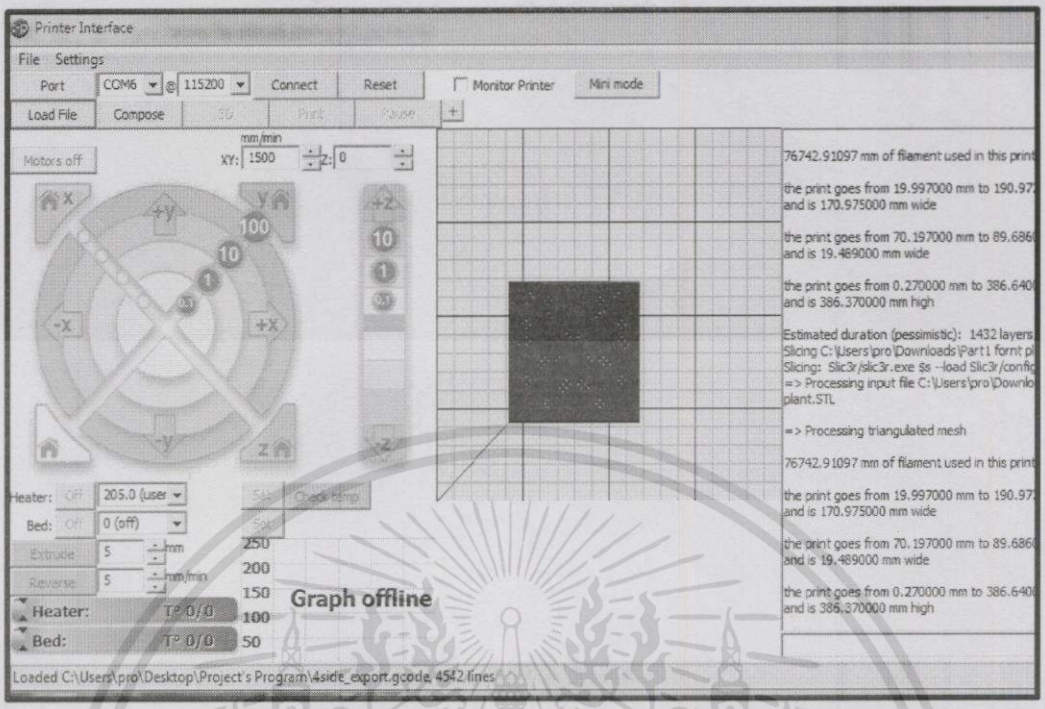


รูปที่ 2.13 โปรแกรมออกแบบชิ้นงาน SolidWorks

2.4.2 โปรแกรมแปลงแบบสามมิติเป็นไฟล์ G-code

ผู้พัฒนาเครื่องพิมพ์ 3 มิติหลายแห่งได้พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับแปลงไฟล์ชิ้นงาน 3 มิติให้กลายเป็นไฟล์ G-code เพื่อนำไปควบคุมเครื่องพิมพ์ 3 มิติให้สร้างชิ้นงานออกมาตามที่ออกแบบไว้ บางตัวสามารถแปลงไฟล์ .STL เป็น G-code อย่างเดียว บางตัวอาจรวมไปถึงการควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องพิมพ์ผ่านพอร์ต USB หรือนำไฟล์ G-code ใส่ลงใน SD การ์ด แล้วนำไปเสียบที่เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แล้วให้เครื่องอ่านไฟล์ G-code เพื่อทำงานเองก็ได้ ตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เช่น Pronterface เป็นอีกหนึ่งซอฟต์แวร์ที่พัฒนาให้มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง ปรับแต่ง ตั้งค่าได้อย่างอิสระ จึงเหมาะกับเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแบบโอเพนซอร์ส หรือรุ่นอื่นๆ เพียงตั้งค่าให้เหมาะสมกับเครื่องพิมพ์ที่ทำการพัฒนาขึ้นเท่านั้น ตัวซอฟต์แวร์มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนตำแหน่ง แนวการวางชิ้นงาน ขนาดของชิ้นงาน แปลงไฟล์ .STL เป็น G-code ควบคุมตำแหน่งของระบบเคลื่อนที่ในระนาบต่างๆ ของเครื่องพิมพ์ ควบคุมการให้ความร้อนและอุณหภูมิของหัวฉีดร้อนและฐานวางชิ้นงานแบบร้อนผ่านซอฟต์แวร์ได้ และมีกราฟแสดงค่าอุณหภูมิตลอดการทำงาน เชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์ผ่านพอร์ต USB หรือนำไฟล์เอาต์พุตคัดลอกลงใน SD การ์ด เพื่อนำไปเสียบที่เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แล้วพิมพ์ชิ้นงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 โปรแกรม Pronterface ควบคุมและแปลงไฟล์ G-code

2.5 โครงสร้างและหลักการออกแบบ

2.5.1 ทฤษฎีแรง

ตามหลักกลศาสตร์แรงที่กระทำต่อโครงสร้างสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. แรงกระทำ (Active Force) แรงกระทำ หมายถึง น้ำหนักของโครงสร้างเองหรือน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้าง ซึ่งน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้างยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ น้ำหนักบรรทุกแบบตายตัว (Dead Load) เช่น น้ำหนักของส่วนที่เป็นโครงของเครื่องพิมพ์ที่กระทำลงบนฐานรองรับ, น้ำหนักของมอเตอร์ที่กระทำต่อแผ่นอะคริลิก (ส่วนหัวฉีด) เป็นต้น และน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) เช่น น้ำหนักของหัวฉีด ที่เคลื่อนที่เวลาขึ้นรูปชิ้นงานและแรงลม เป็นต้น

2. แรงต้านทานแรงกระทำ (Reactive Force) แรงต้านทานแรงกระทำ เป็นแรงที่เกิดขึ้นบริเวณฐานรองรับ เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยทั่วไปจะเรียกว่า แรงปฏิกิริยา (Reaction) ซึ่งแรงปฏิกิริยาจะกระทำในแนวตั้งฉากและแนวขนานกับฐานรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 หลักการออกแบบโครงสร้าง

ฐานรองรับ (Supports) ของโครงสร้างจริงมีหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท ให้โครงสร้างเกิดการสมดุล มีความมั่นคง แข็งแรง ในการวิเคราะห์หาค่าแรงต่างๆ สำหรับลักษณะของฐานตัวเครื่องพิมพ์ที่ได้ออกแบบมานั้นเป็นฐานรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งสามารถที่จะรับแรงกระทำเวลาผลิตชิ้นงานได้มีความเสถียรมากที่สุด

ส่วนโครงด้านบน (Upper Structure) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูดังรูปที่ 2.15 เหตุผลที่ออกแบบส่วนโครงเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อให้ส่วนแกนด้านล่างที่ยึดกับฐานสามารถที่จะรองรับน้ำหนักและสามารถที่จะยึดกับส่วนฐานได้ดีที่สุด และส่วนด้านบนที่มีความกว้างน้อยกว่าด้านล่างก็เพื่อให้ส่วนโครงฐานที่รองรับด้านล่างลงมา (ส่วนที่กว้างกว่า) รับน้ำหนักน้อยที่สุด และยังเป็นการประหยัดวัสดุอีกด้วย

รูปที่ 2.15 ส่วนโครงด้านข้างสี่เหลี่ยมคางหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 วัสดุที่นำมาทำโครงสร้าง

ในการเลือกวัสดุที่จะนำมาทำโครงสร้างนั้นต้องคำนึงถึงความแข็งแรงและความสะดวกในการตัด เจาะ แก้ไข ซึ่งอะคริลิคมีคุณสมบัติครบถ้วน แม้ว่าจะมีความคงทนน้อยกว่าวัสดุที่ทำจากโลหะ แต่ข้อดีหลายๆ ข้อของอะคริลิคยังคงเหมาะกว่าวัสดุที่ทำจากเหล็กซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีระหว่างอะคริลิคและเหล็ก

ข้อดีของอะคริลิค	ข้อดีของเหล็ก
- มีความโปร่งใสคล้ายกระจก ทำให้สามารถเห็นโครงสร้างบางอย่างได้ - ตัดหรือเจาะ วางเกลียวทำได้ง่ายกว่าเหล็ก - ทนทานต่อสภาพอากาศ - ทนทานต่อสารเคมีหลายประเภทยกเว้นตัวทำละลายบางชนิด เช่น คลอโรฟอร์ม - ทนทานต่อการกระแทก - มีจุดอ่อนตัวต่ำ มีความเหนียว - คงรูปดีมาก - น้ำหนักเบาสะดวกในการเคลื่อนย้าย - เป็นฉนวนไฟฟ้าปลอดภัยจากไฟรั่ว - อายุการใช้งานยาวนาน - การเชื่อมต่อแผ่นอะคริลิกพลาสติกสามารถเชื่อมได้ถึงระดับโมเลกุล โดยทาสารเคมีบางชนิด เช่น ไดคลอโรมีเท (Dichloromethane) หรือไตรคลอโรมีเทน (Trichloromethane) ลงที่ผิวพลาสติกทำให้พลาสติกอ่อนตัว - ราคาถูก	- มีความแข็งแรงทนทาน เหนียวไม่โค้งงอง่าย - ทนทานต่อสารเคมีหลายประเภท ยกเว้นตัวทำละลายบางชนิด เช่น กรด - ทนทานต่อการกระแทกไม่เสียรูปง่าย - คงรูปดีมาก - ทนทานต่อการขีดข่วน - อายุการใช้งานยาวนาน - หาซื้อง่ายตามท้องตลาด มีหลากหลายขนาดให้เลือกซื้อ ทำให้สะดวกในการจัดหา - ร้านรับตัดขึ้นรูปหาได้ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบข้อเสียระหว่างอะคริลิคและเหล็ก

ข้อเสียของอะคริลิค	**ข้อเสียของเหล็ก**
- เกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย (แต่สามารถนำเอาอะคริลิคไปเคลือบผิวกันการเกิดรอยขีดข่วนได้) - การจัดหาซื้อมาค่อนข้างลำบาก เนื่องจากร้านจำหน่ายอยู่ค่อนข้างไกลและมีอยู่ไม่มากซึ่งเหล็กจะหาได้สะดวกกว่า - ร้านรับตัดแผ่นอะคริลิคนั้นหายากและไกลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มขึ้นมา	- มีลักษณะทึบแสงทำให้การมองเห็นในเนื้องานนั้นเป็นไปไม่ได้ - การตัดหรือเจาะทำได้ยากเนื่องจากมีความแข็งมาก หัวสว่านหรือใบเลื่อยอาจเสียหายได้ - เหล็กจะเกิดสนิมขึ้นได้และจะทำให้เกิดความเสียหายในภายหลัง (อาจแก้ไข้ได้โดยทาน้ำมันกันสนิม) - เหล็กมีน้ำหนักมากเป็นภาระในการเคลื่อนย้าย - เป็นตัวนำไฟฟ้า ซึ่งหากเกิดไฟรั่วอาจเกิดอันตรายได้ - การเชื่อมต่อต้องใช้ความร้อนสูง ยุ่งยากในการเตรียมงานและหลังจากเชื่อมแล้วชิ้นงานไม่สวยงาม (ต้องนำชิ้นงานไปแก้ไขต่อ) - มีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

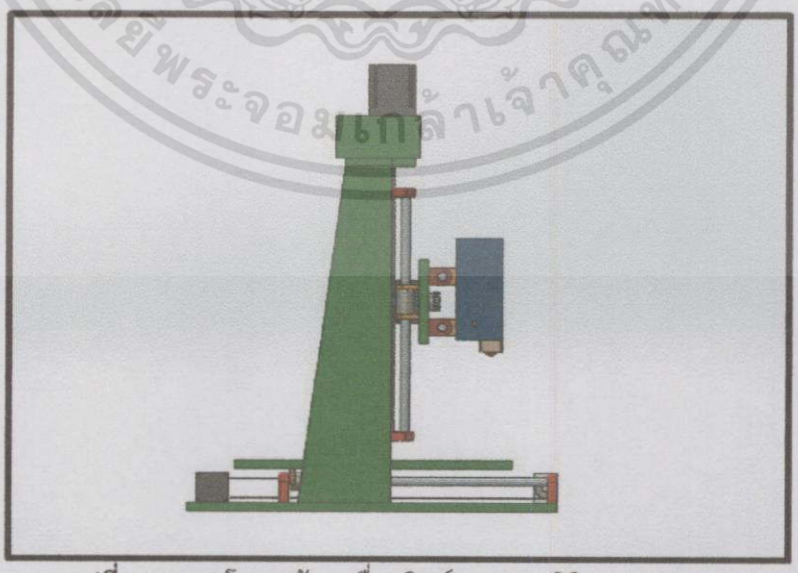
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานทางกลุ่มผู้จัดทำได้มีการวางแผนการดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ออกแบบและศึกษาแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks
2. วิเคราะห์ขนาดของแบบ ขนาดและจำนวนของรูเพื่อทำการประกอบยึดด้วยน๊อตและสกรู
3. เลือกหาวัสดุอุปกรณ์ โดยสมาชิกในกลุ่มตกลงใช้วัสดุอะคริลิค
4. จัดซื้อวัสดุอะคริลิค และตัดตามแบบ
5. เจาะรู ต๊าปเกลียวและประกอบขึ้นรูป
6. เมื่อทำโครงสร้างแล้วจึงนำมาติดตั้ง หัวฉีด มอเตอร์ และชุดควบคุม
7. ส่งมอบให้ผู้จัดทำในส่วน วงจรขับมอเตอร์และโปรแกรมควบคุม ทำการทดลองและฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน

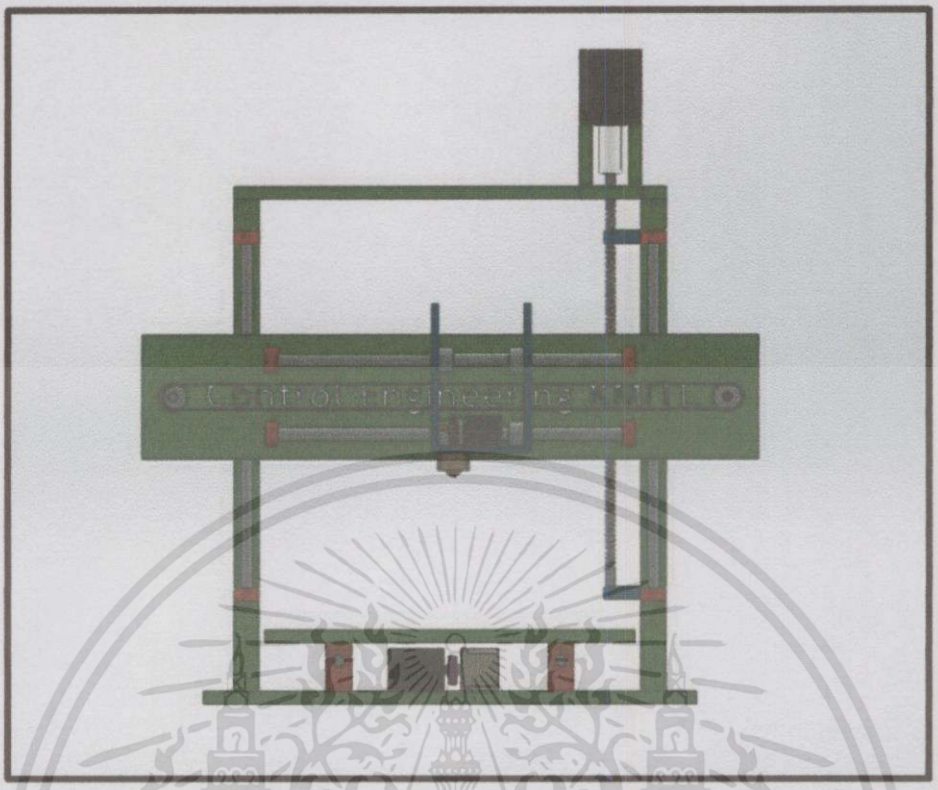
3.2 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างโดยใช้โปรแกรม SolidWorks ซึ่งสามารถกำหนดขนาดและแก้ไขได้สะดวกและชัดเจนกว่าการออกแบบบนแผ่นกระดาษ ซึ่งในรูปที่ 3.1 – รูปที่ 3.10 จะแสดงโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ในด้านต่างๆ ที่ออกแบบจากโปรแกรม SolidWorks

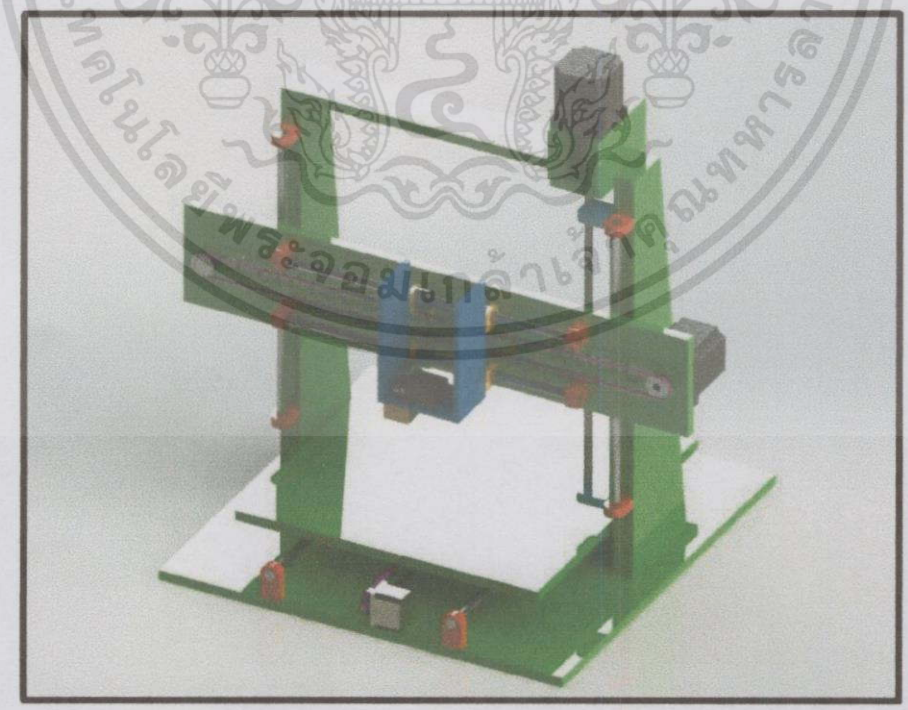


รูปที่ 3.1 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ Side View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

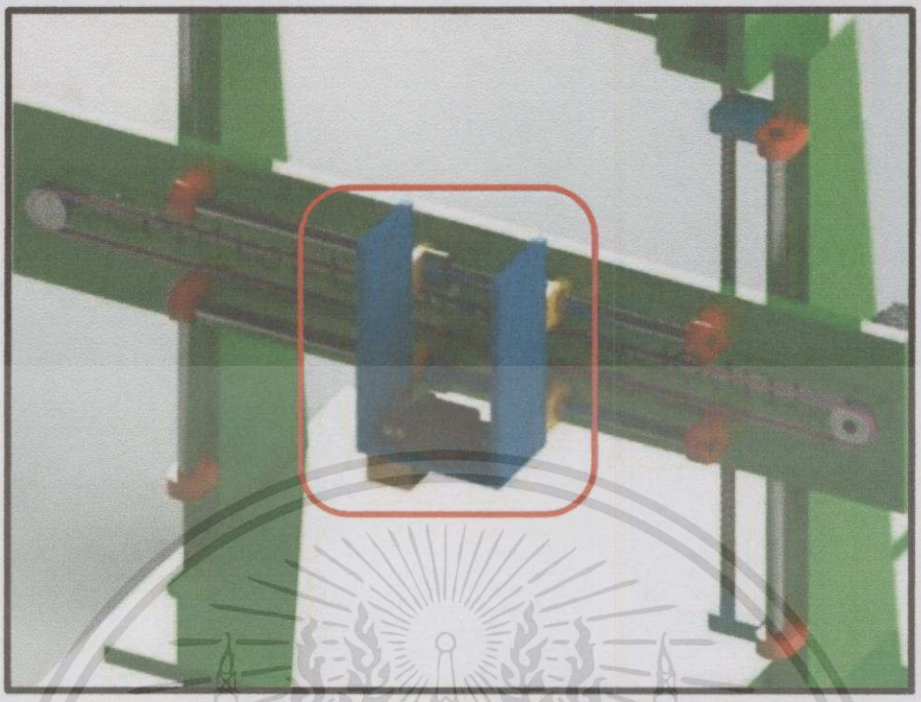


รูปที่ 3.2 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ Front View

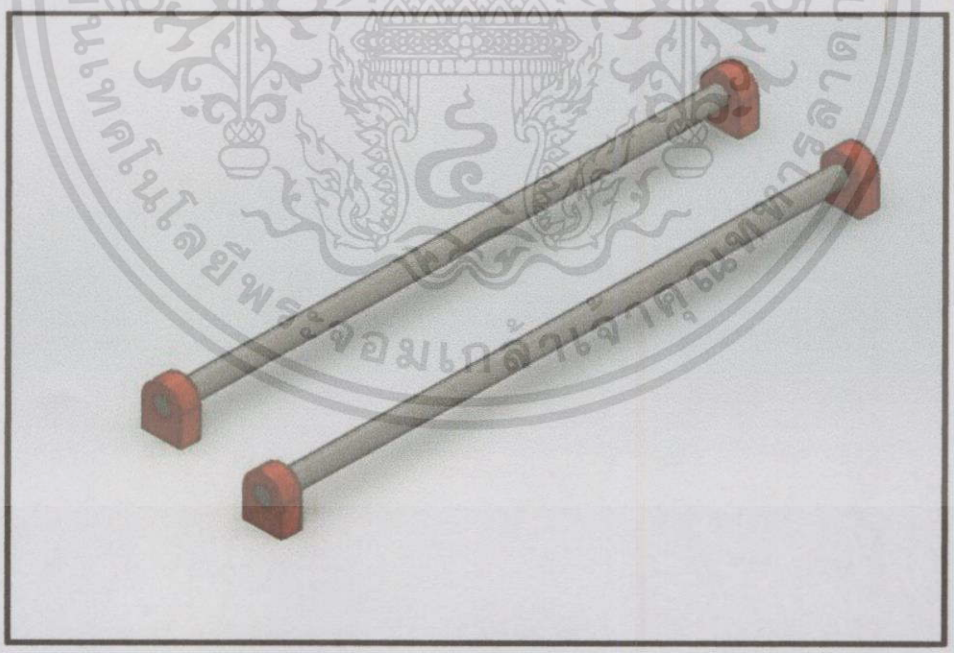


รูปที่ 3.3 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ Isometric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

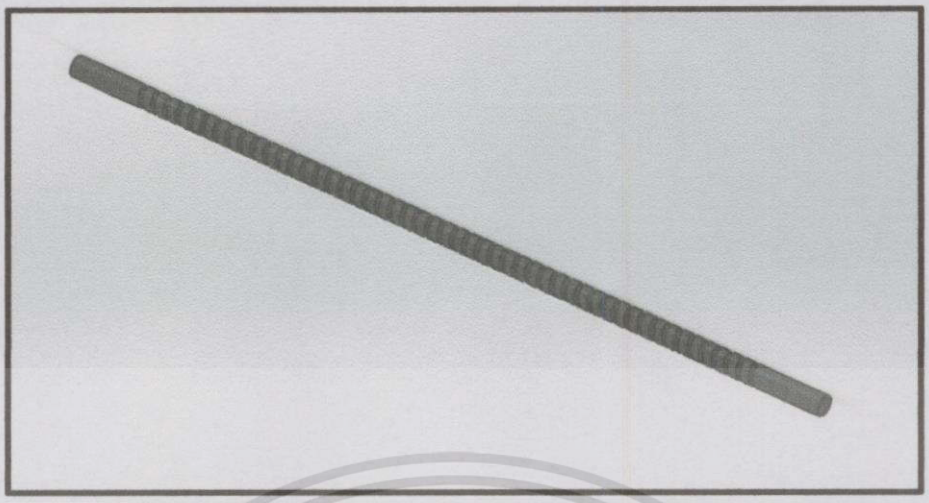


รูปที่ 3.4 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ injection

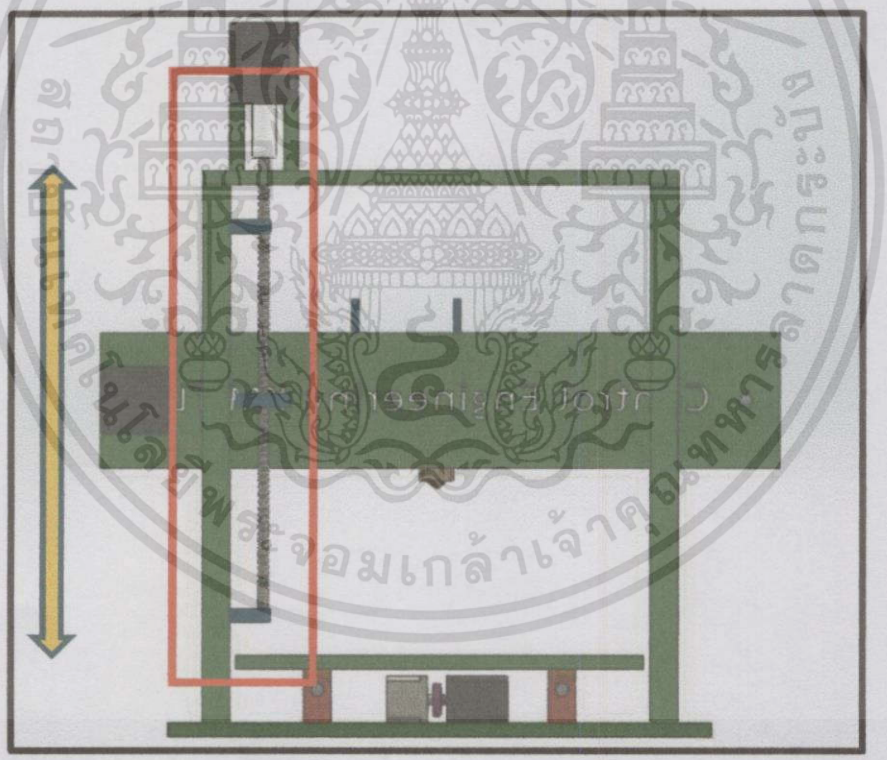


รูปที่ 3.5 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแกนสไลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



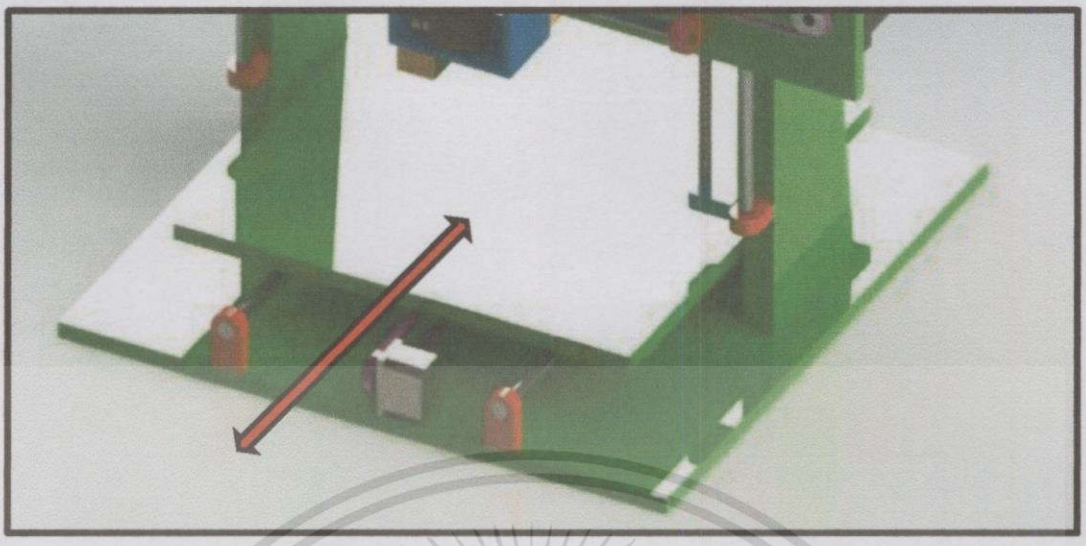
รูปที่ 3.6 แบบสกรูเกลียว (Lead Screw)



รูปที่ 3.7 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแกน Z

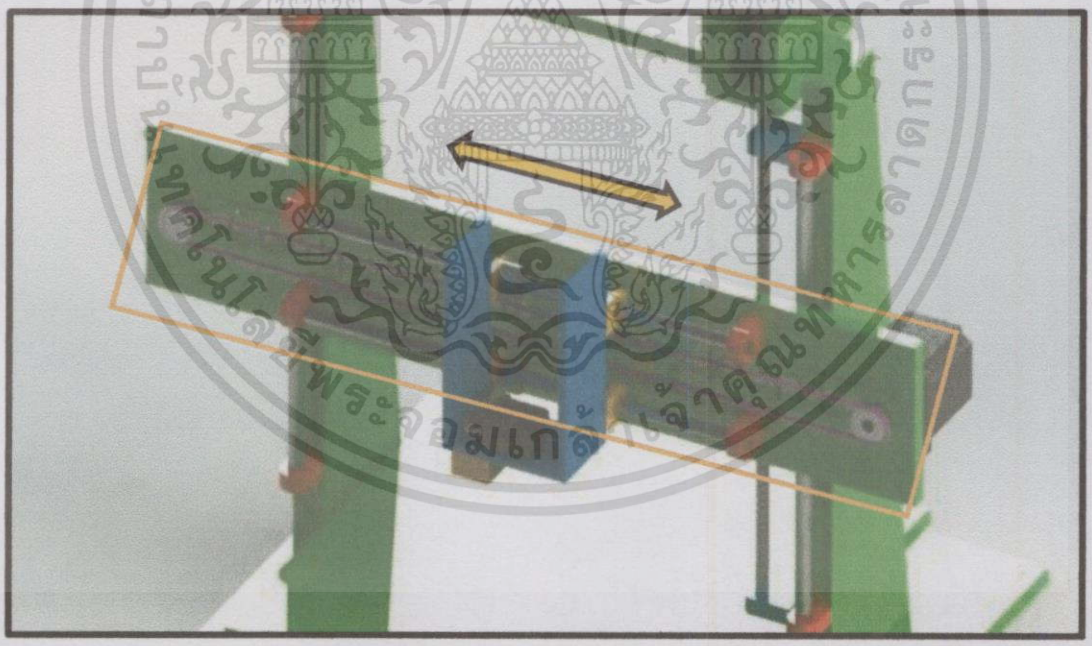
จากรูปที่ 3.7 เปลี่ยนการเคลื่อนที่จากเชิงมุมเป็นเชิงเส้นโดยใช้มอเตอร์ขับ Lead Screw ในแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแกน Y

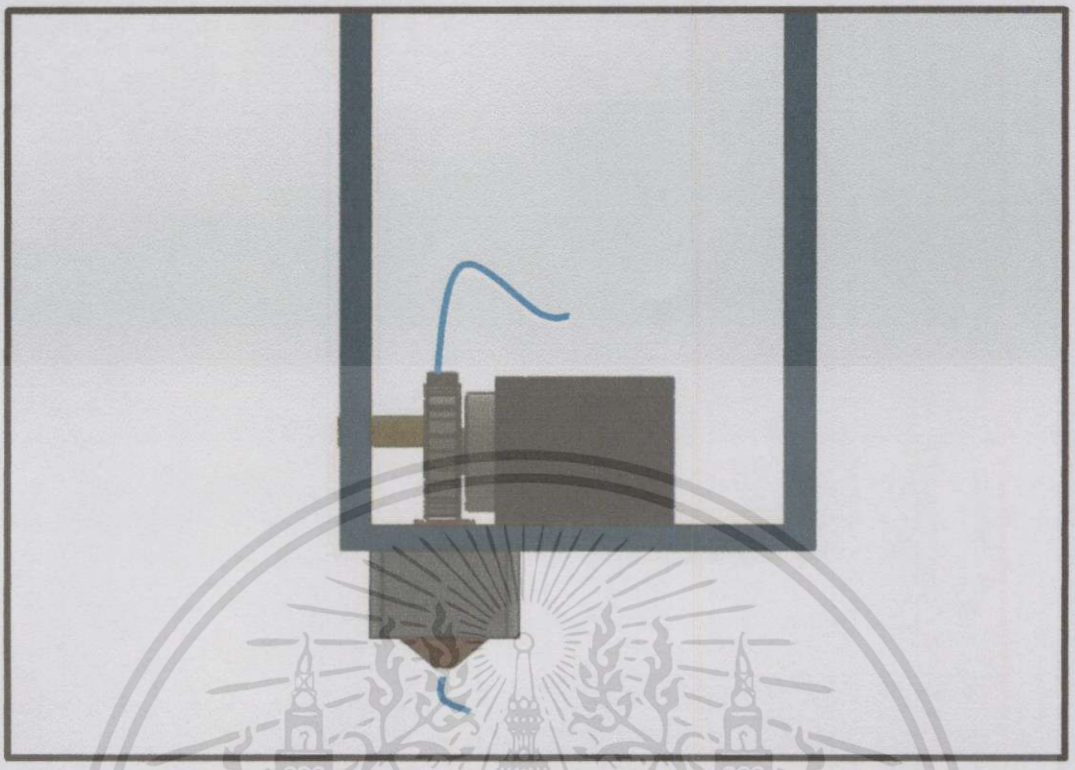
จากรูปที่ 3.8 เปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่จากเชิงมุมเป็นเชิงเส้นโดยใช้มอเตอร์ขับสายพานในแกน Y



รูปที่ 3.9 แบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติแกน X

จากรูปที่ 3.9 เปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่จากเชิงมุมเป็นเชิงเส้นโดยใช้มอเตอร์ขับสายพานในแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 หัวฉีดโดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการป้อนเส้นพลาสติก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

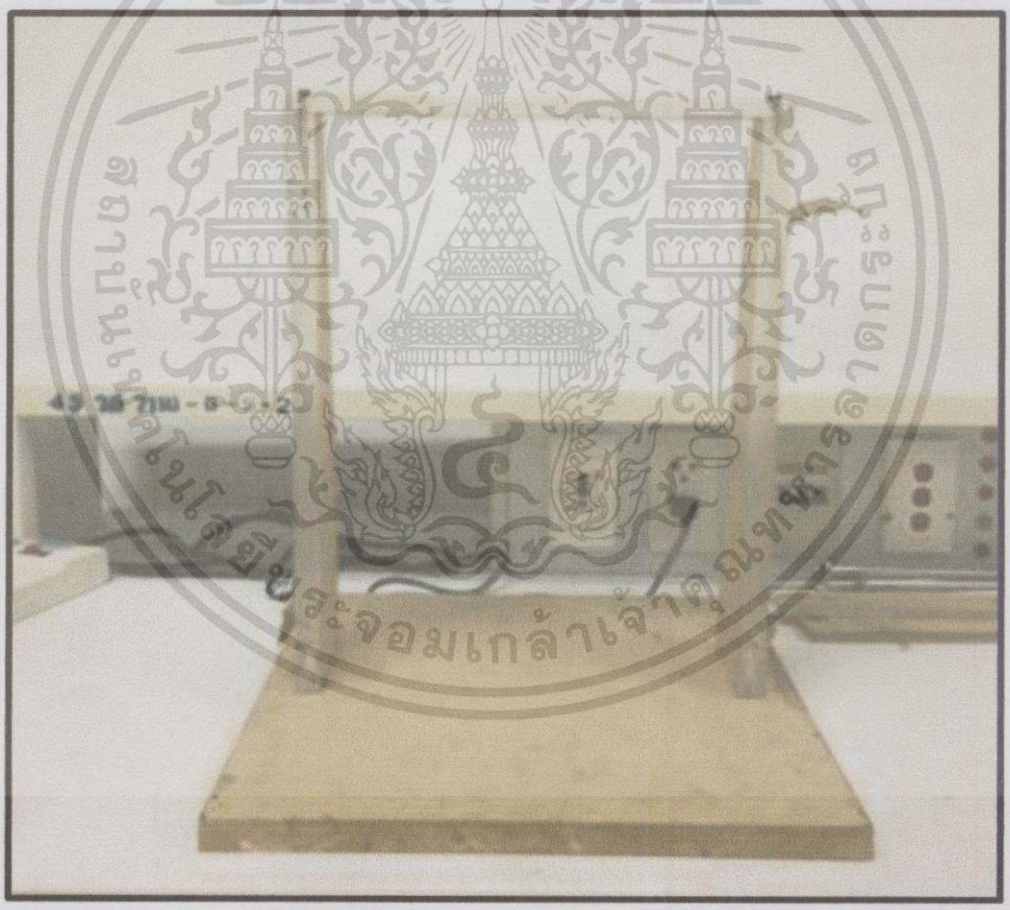
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

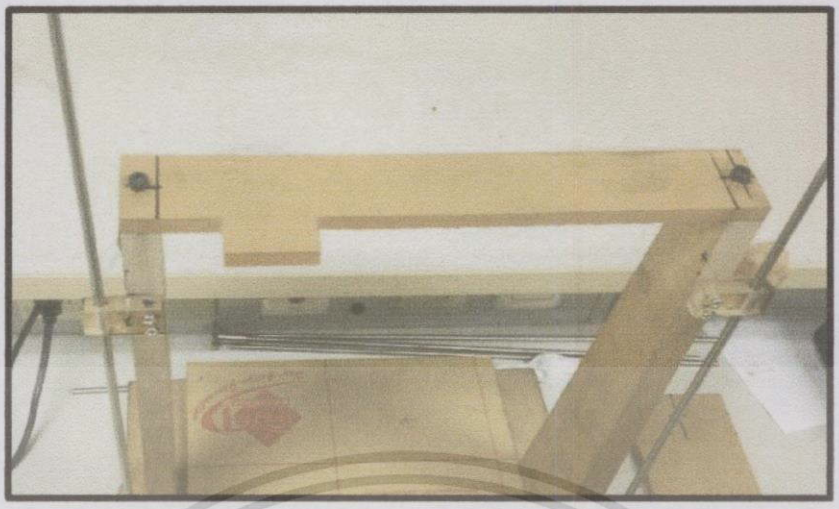
4.1 ผลการดำเนินงานด้านโครงสร้าง

จากการดำเนินงานโดยออกแบบโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยเลือกใช้วัสดุอะคริลิค และนำแผ่นอะคริลิคใสความหนา 10 มิลลิเมตร มาตัดตามแบบเมื่อได้ตามแบบที่ต้องการแล้วจึงนำมาประกอบโดยเจาะรู ต๊าปเกลียว และยึดโครงสร้างด้วยน๊อต แล้วจึงติดตั้งมอเตอร์ ระบบหัวฉีด และวงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 4.1 โครงสร้างด้าน Front View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



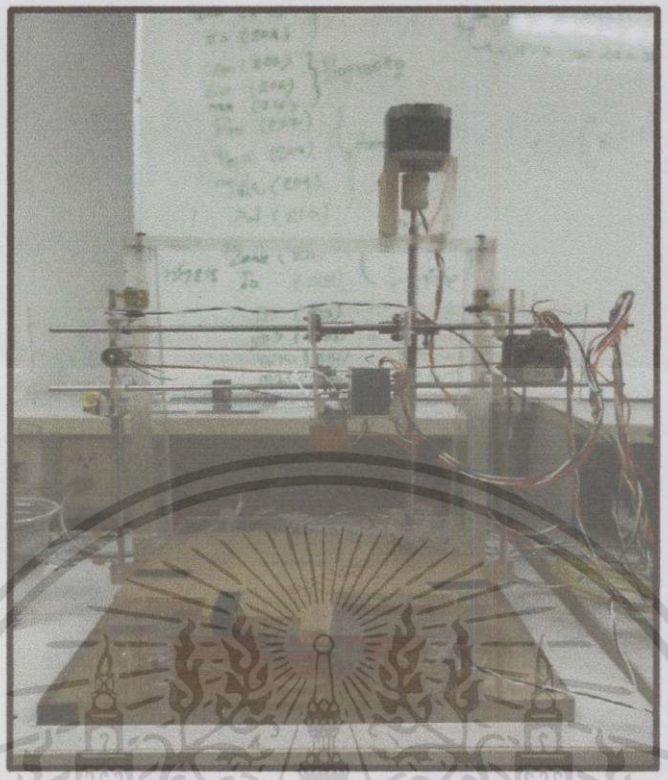
รูปที่ 4.2 โครงสร้างด้าน Top View

4.2 ผลการติดตั้งอุปกรณ์และชุดควบคุม

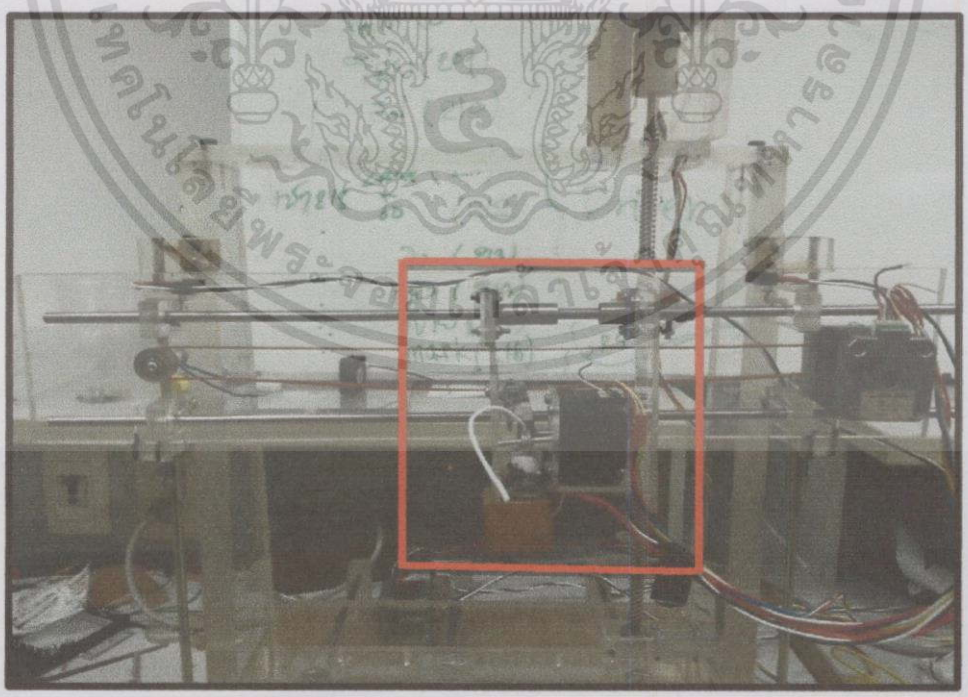
สามารถติดตั้งหัวฉีดและวงจรขับมอเตอร์ได้อย่างสมบูรณ์ และได้ทดสอบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ทั้ง 3 แกนพบว่ามอเตอร์ทำงานได้ดี ทดลองฉีดพลาสติก ขึ้นรูปจริงพบว่าสามารถฉีดสร้างชิ้นงานได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์เพราะความละเอียดในการฉีดและหัวฉีดที่อุณหภูมิยังไม่คงที่

รูปที่ 4.3 โครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติด้าน Side View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 โครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติด้าน Front View



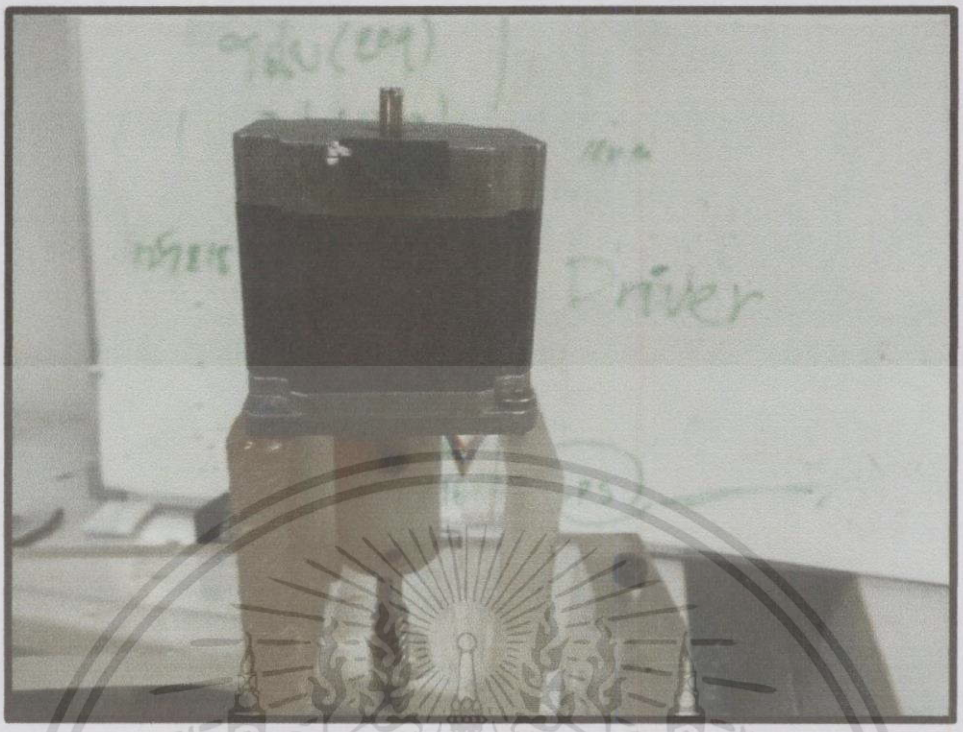
รูปที่ 4.5 หัวฉีดและฟีดเดอร์ (Feeder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

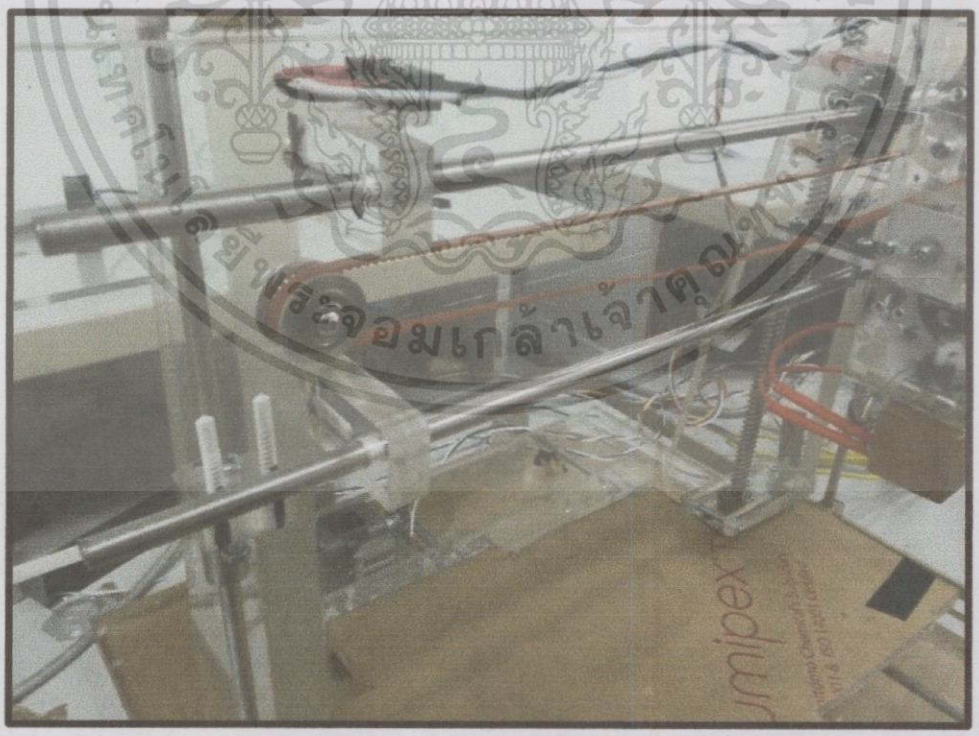
รูปที่ 4.6 แกนสไลด์ตามแนวแกน Z

รูปที่ 4.7 Lead Screw สำหรับการเคลื่อนที่แนวแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

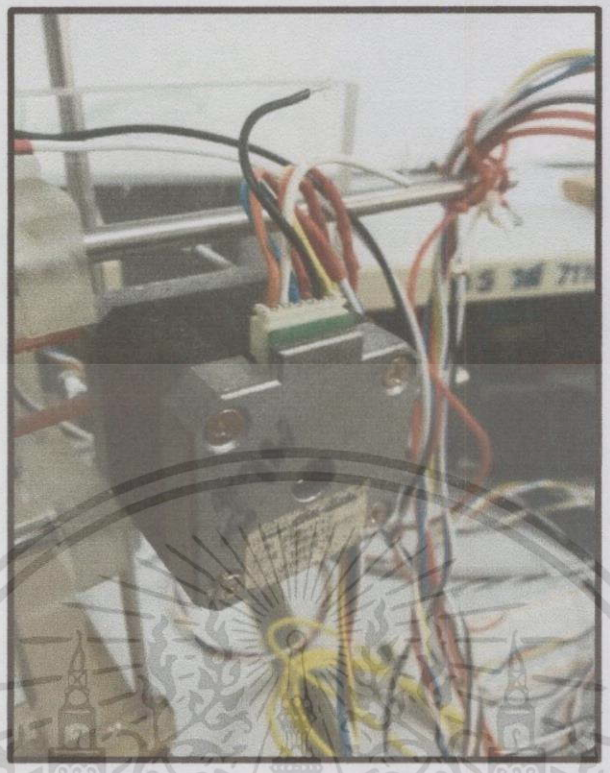


รูปที่ 4.8 มอเตอร์ขับเคลื่อนตามแนวแกน Z

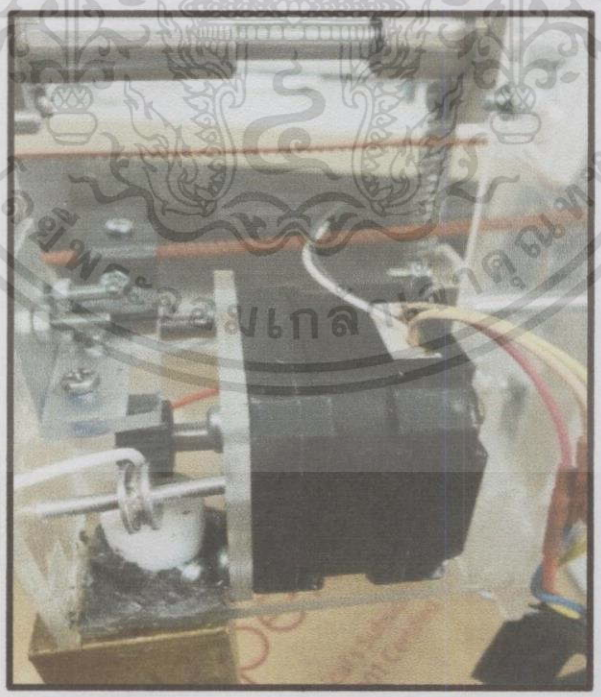


รูปที่ 4.9 แกนสไลด์และสายพานแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

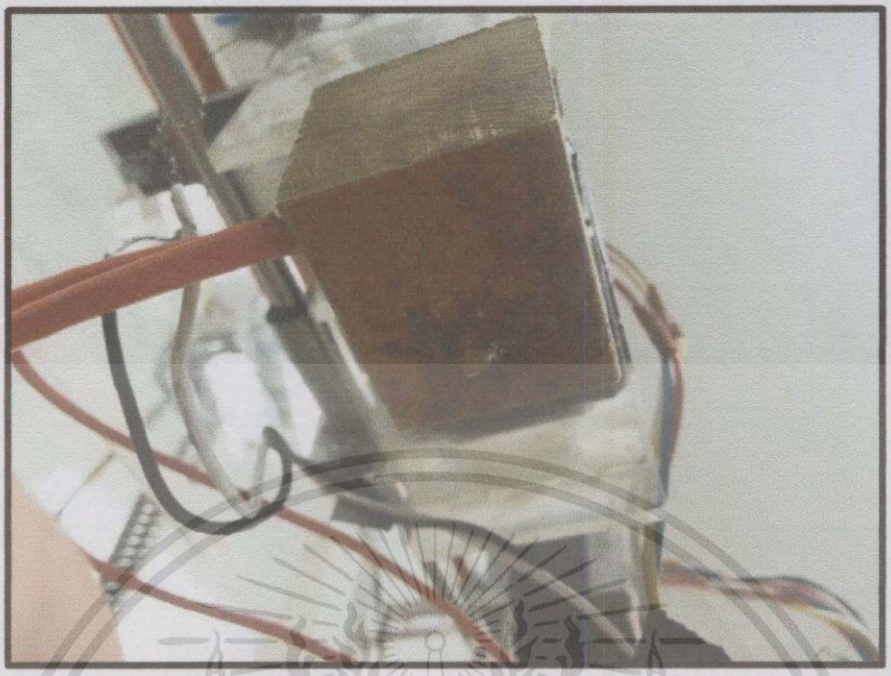


รูปที่ 4.10 มอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนสายพานตามแนวแกน Y



รูปที่ 4.11 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการป้อนเส้นพลาสติก

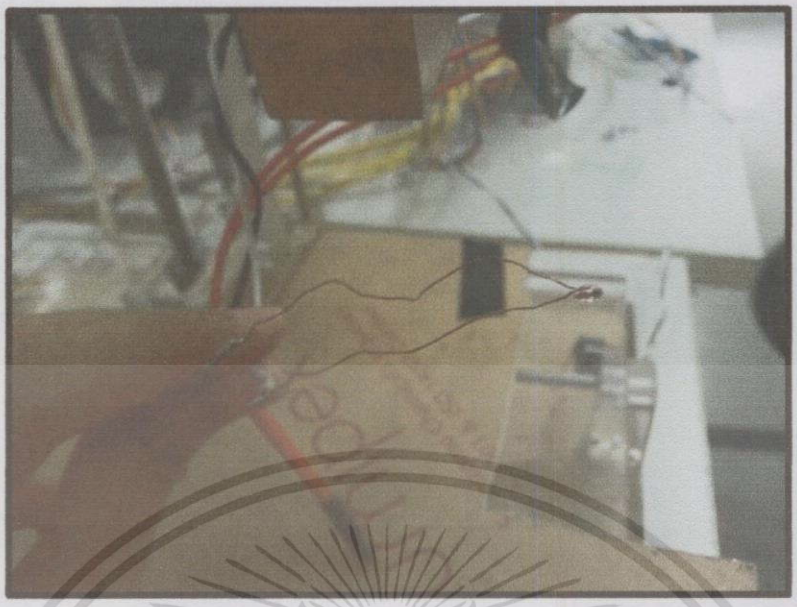
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 หัวฉีดวัสดุทองเหลือง

รูปที่ 4.13 ตัวทำความร้อนแก่หัวฉีด (ประมาณ 180 องศาเซลเซียส)

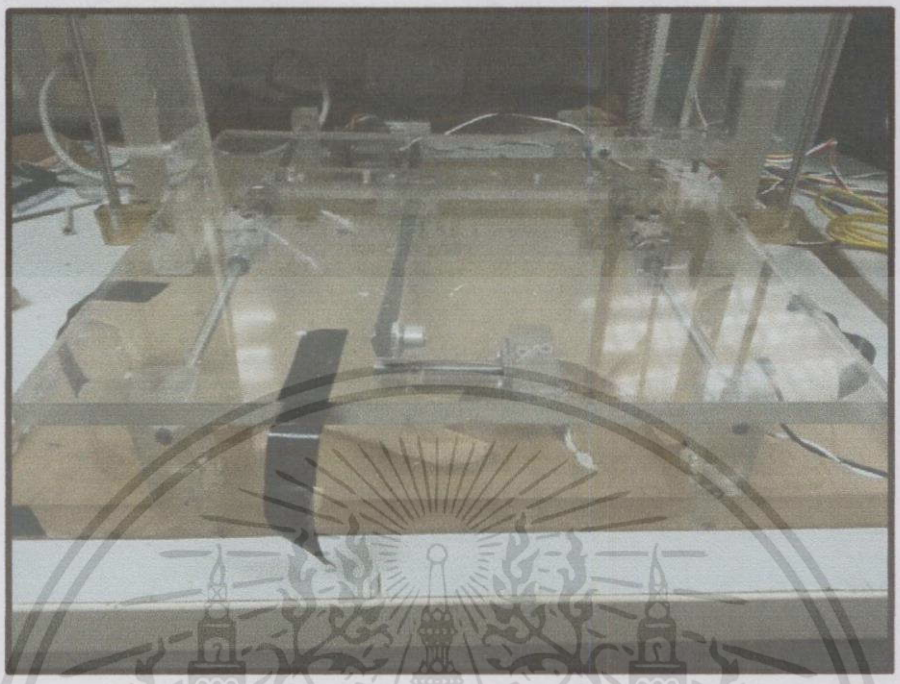
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



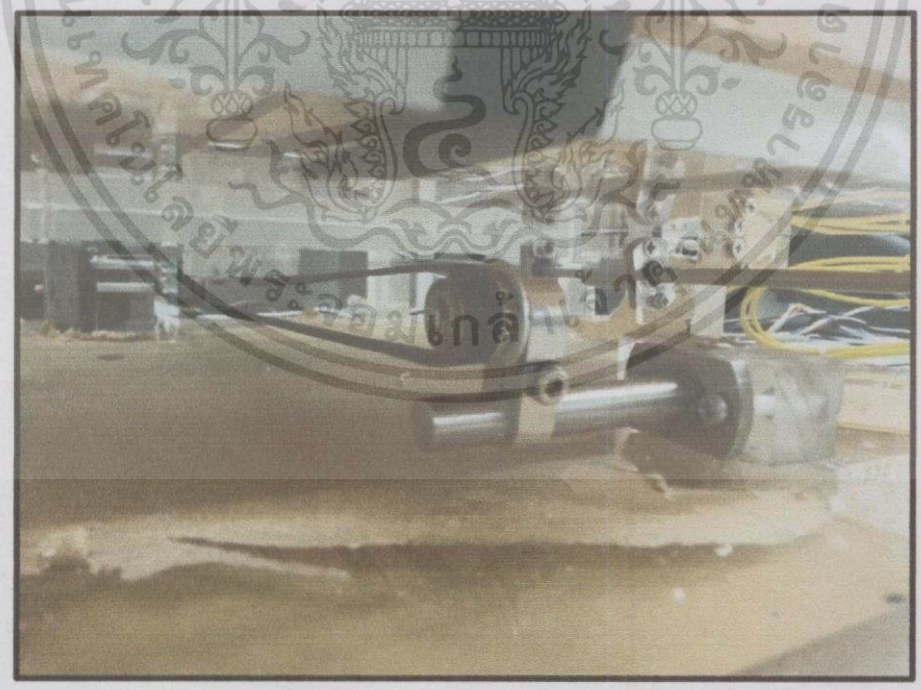
รูปที่ 4.14 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

รูปที่ 4.15 สายพานและมอเตอร์ขับเคลื่อนในแนวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ฐานรองรับชิ้นงานเคลื่อนที่บนแกนเหล็กตามแนวแกน X



รูปที่ 4.17 สายพานขับเคลื่อนตามแนวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปการดำเนินงาน

5.1 บทวิจารณ์และสรุปการดำเนินงาน

ในการสร้างสรรค์เครื่องพิมพ์แบบสามมิตินั้น ในภาคเรียนที่ 2/2556 นี้ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าและจัดทำโครงสร้างของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติโดยใช้วัสดุอะคริลิค โดยคำนึงถึงความคุ้มค่า การใช้งานได้จริง รวมไปถึงคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงที่เกิดขึ้นบนโครงสร้าง จากนั้นผู้จัดทำจึงดำเนินการตามขั้นตอนการปฏิบัติในบทที่ 3 จากนั้นได้ทำการจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานลงใน บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน และสรุปการดำเนินงานซึ่งผลการดำเนินงานเป็นไปตามความคาดหวังคือ ในส่วนของโครางสร้างผู้จัดทำได้ทำออกมาเสร็จสมบูรณ์ และได้ติดตั้งวงจรขับมอเตอร์ และหัวฉีด ซึ่งภาคเรียนที่ 2/2556 นี้ คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการโครงสร้างเครื่องพิมพ์แบบสามมิติเสร็จสมบูรณ์ ของการดำเนินการทั้งหมดแล้ว และส่งมอบให้กับผู้จัดทำในส่วน วงจรขับมอเตอร์ และโปรแกรมการทำงาน ทดลองเครื่องเพื่อสร้างชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์แบบสามมิติต่อไป

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

ทางกลุ่มผู้จัดทำได้สรุปปัญหาที่พบในการดำเนินการและแนวทางการแก้ไขเป็นลำดับดังตาราง

ตารางที่ 5.1 ปัญหาในการดำเนินงานและวิธีการแก้ไขปัญหา

ปัญหาในการดำเนินงาน	วิธีการแก้ไขปัญหา
1. การปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่าง เช่น เครื่องเจาะ หัวเจาะต๊าปเกลียว ซึ่งในสาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม ไม่มีเครื่องมือเหล่านี้	1. ขอความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือจากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
2. จุดยึดเพื่อเชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างกับรางสไลด์ไม่มี	2. ดำเนินการตัดและเจาะแผ่นอะคริลิคที่เหลือมาเป็นชิ้นส่วนยึดโครงสร้างกับรางสไลด์แทน
3. การจ่ายเส้นพลาสติกเข้าสู่หัวฉีดเกิดการติดขัดเนื่องจากเฟืองที่ใช้ในการป้อนเส้นพลาสติกไม่มีแรงเสียดทานมากพอ	3. แก้ไขเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานให้กับเฟืองช่วยให้การดึงพลาสติกเข้าหัวฉีดได้ดีขึ้น
4. อุณหภูมิของหัวจ่ายไม่ถึง 180 องศาทำให้เส้นพลาสติกไหลไม่สะดวกและเกิดการติดขัด	4. พบว่าเทอร์มิสเตอร์ไม่แนบสนิทกับหัวฉีดจึงติดเทอร์มิสเตอร์ให้แนบสนิทกับหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] William F. Smith and Javad Hashemi. **Foundations Of Materials Science And Engineering**. McGraw-Hill Science Engineering. 2005.

[2] Collins, William. **Data Structures and the Java Collections Framework.** Mc-Graw Hill Science Math Engineering. 2001.

[3] Innovative Experiment **"Inventor 3D"** [Online]. Available: http://www.inventor-3d.com/home/3d-printer-introduction/

[4] Reprap **"RAMPs 1.4"** [Online]. Available: http://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

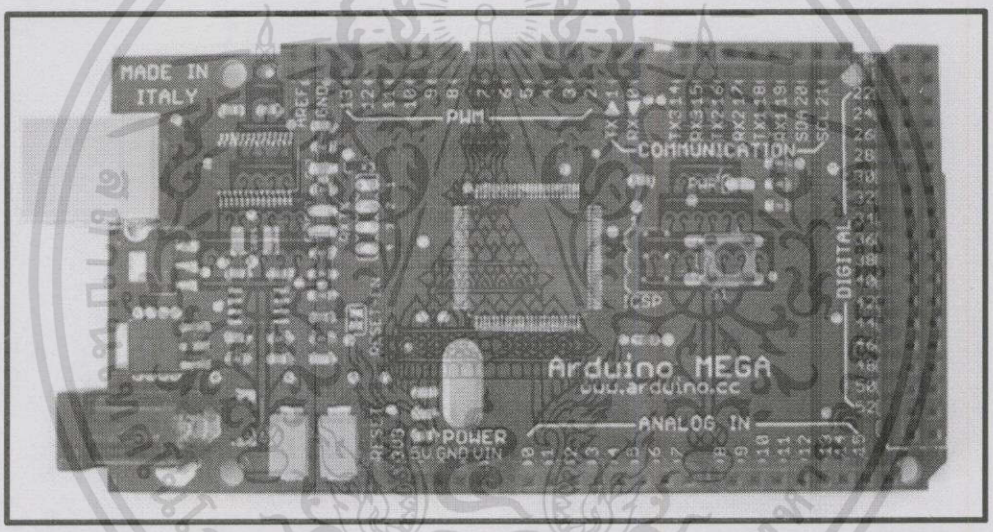
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ชุดบอร์ดควบคุม

ก.1 ชุดบอร์ด Ardurino-AT/Mega 1280

การทำงานของเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ สามารถทำงานได้โดยอาศัยบอร์ดควบคุม Ardurino-AT/Mega 1280 ดังรูปที่ ก.1 ในการรับข้อมูลจากโปรแกรมมาประมวลผลและส่งข้อมูลให้ชุดจ่ายกระแส ดังรูปที่ ก.6 ทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์



Microcontroller	ATmega1280
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	128 KB of which 4 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16MHz

รูปที่ ก.1 บอร์ดควบคุม Arduino-AT/Mega1280

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ก.1 Arduino Mega เป็นพื้นฐานของบอร์ด ET-EASY MEGA1280 ซึ่งบอร์ดนี้มี 54 input/output digital, 16 input Analog, 4 hardware serial ports, 16 MHz Oscillator, การเชื่อมต่อ USB, รูต่อแจ๊คไฟและปุ่มรีเซ็ต บอร์ดนี้ได้บรรจุทุกๆอย่างที่จำเป็นต่อการสนับสนุนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพียงแค่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิลหรือใช้พลังงานไฟฟ้าจากอแดปเตอร์ แบตเตอร์รี่ AC/DC เพื่อที่จะเริ่มต้นใช้งานบอร์ด ซึ่งบอร์ด Mega ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้เข้ากับ Shield for Arduino ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ประสิทธิภาพสูงแต่ใช้พลังงานต่ำ ในตระกูล AVR
- สถาปัตยกรรมแบบ RISC (reduced instruction set computer)
  - มีชุดคำสั่ง 135 คำสั่ง และส่วนใหญ่คำสั่งเหล่านี้จะใช้เพียง 1 สัญญาณนาฬิกาในการประมวลผลคำสั่ง
  - มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัว
  - ทำงานได้สูงสุดที่ 16 ล้านคำสั่งต่อวินาที (MIPS) เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 เมกะเฮิร์ซ (MHz)
- หน่วยความจำ
  - หน่วยความจำแฟลชสำหรับโปรแกรมขนาด 128 กิโลไบต์ เขียน/ลบได้ 10,000 ครั้ง
  - หน่วยความจำแบบ EEPROM ขนาด 4 กิโลไบต์ เขียน/ลบได้ 100,000 ครั้ง
  - หน่วยความจำแรมซนิดเอสแรม (SRAM) ขนาด 8 กิโลไบต์
  - เก็บข้อมูลได้กว่า 20 ปีที่อุณหภูมิ 85°C และกว่า 100 ปีที่อุณหภูมิ 25°C
- มีระบบโปรแกรมตัวเองอยู่ในตัวชิพ
- สามารถทำการอ่านขณะเขียนได้จริง โดยสามารถล็อกการทำงานได้เพื่อความปลอดภัยของซอฟต์แวร์
- มีการเชื่อมประสานกับ JTAG (IEEE std. 1149.1 compliant)
- คุณสมบัติการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก
  - มีตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว ที่สามารถแยกโหมดการทำงานจากกันได้ 2 โหมด คือ Prescaler และ Compare
  - มีตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต จำนวน 4 ตัว ที่แยกโหมดการทำงานได้ 3 โหมด คือ Prescaler, Compare และ Capture
  - มีตัวนับแบบเวลาจริง (Real Time Counter) ที่แยกวงจรกำหนดความถี่ได้
  - มี PWM จำนวน 12 ช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดความละเอียดได้ 16 บิต
  - มีตัวปรับผลการเปรียบเทียบของเอาต์พุต
  - มีตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต จำนวน 16 ช่องสัญญาณ
  - มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมที่สามารถกำหนดอัตราการรับ/ส่งได้จำนวน 4 พอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เชื่อมประสานอนุกรมแบบ SPI ได้ทั้งการเป็นมาสเตอร์และสเลฟ (Master/Slave)
- มีการเชื่อมประสานแบบอนุกรมด้วยสายสัญญาณ 2 เส้นแบบ ส่งข้อมูลแบบเรียงไบต์ (Byte Oriented)
- มีตัวตั้งเวลาแบบวอตช์ด็อกที่สามารถกำหนดการทำงานได้โดยสามารถแยกสัญญาณนาฬิกาได้
- มีตัวเปรียบเทียบสัญญาณแบบอนาล็อกอยู่ในตัว
- มีการรองรับการขัดจังหวะและการเวกอัพ (Wake-up) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับขาของชิพ

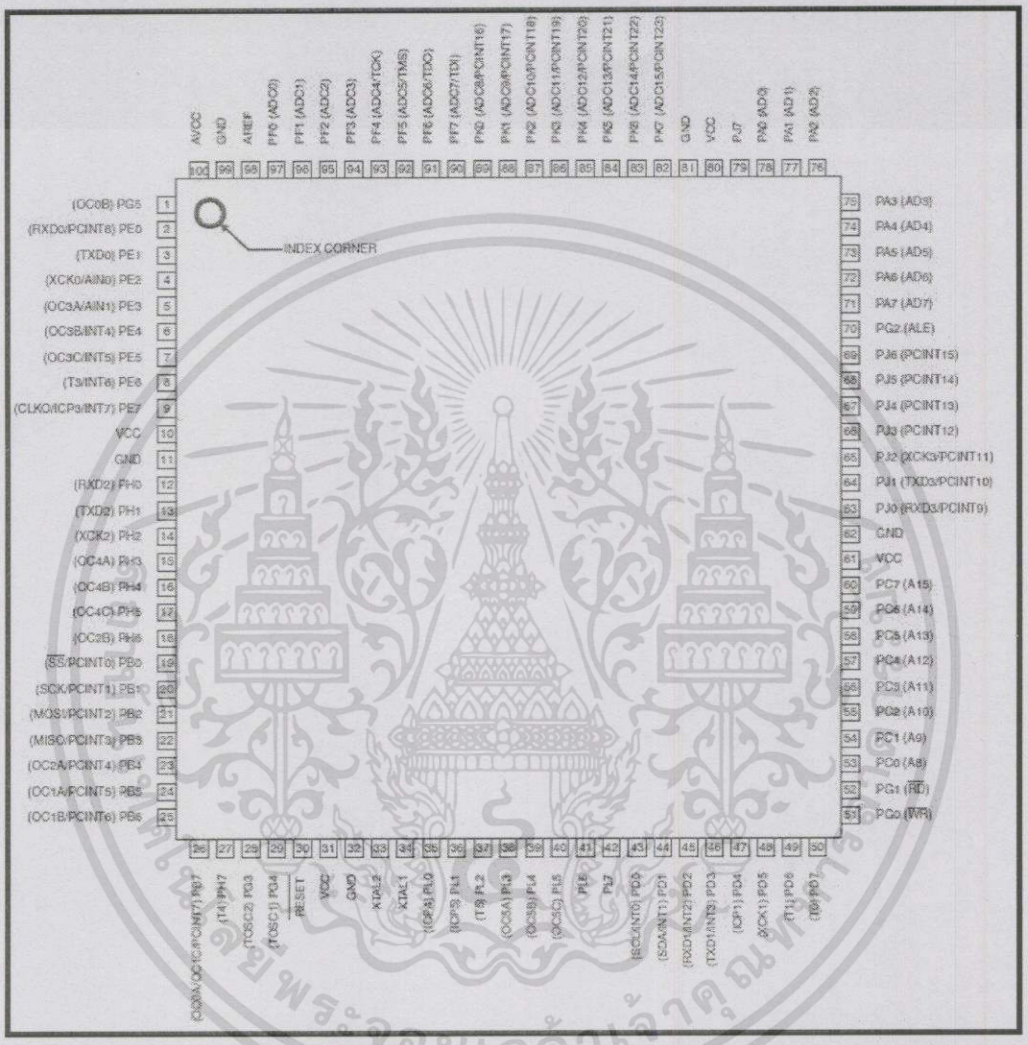
• คุณสมบัติพิเศษ
- มีระบบเริ่มระบบเมื่อมีการรีเซ็ตและมีระบบตรวจจับการเกิดบราวน์เอาท์ (Brown-out) ที่สามารถกำหนดการทำงานได้
- มีตัวตรวจหาความเที่ยงตรงของออสซิเลเตอร์อยู่ในตัว (Internal Calibrated Oscillator)
- มีแหล่งการขัดจังหวะทั้งภายในและภายนอก (External and Internal Interrupt Sources)
- มีโหมดการทำงานสลีป 6 แบบ คือ : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, และ Extended Standby

• อินพุต/เอาต์พุต และตัวถัง
- มีขาของอินพุต/เอาต์พุต ที่สามารถกำหนดการทำงานได้ 86 ขา
- ตัวถังแบบ TQFP ชนิด 100 ขา

• ช่วงอุณหภูมิที่ชิพทำงานได้ -40°C ถึง 85°C

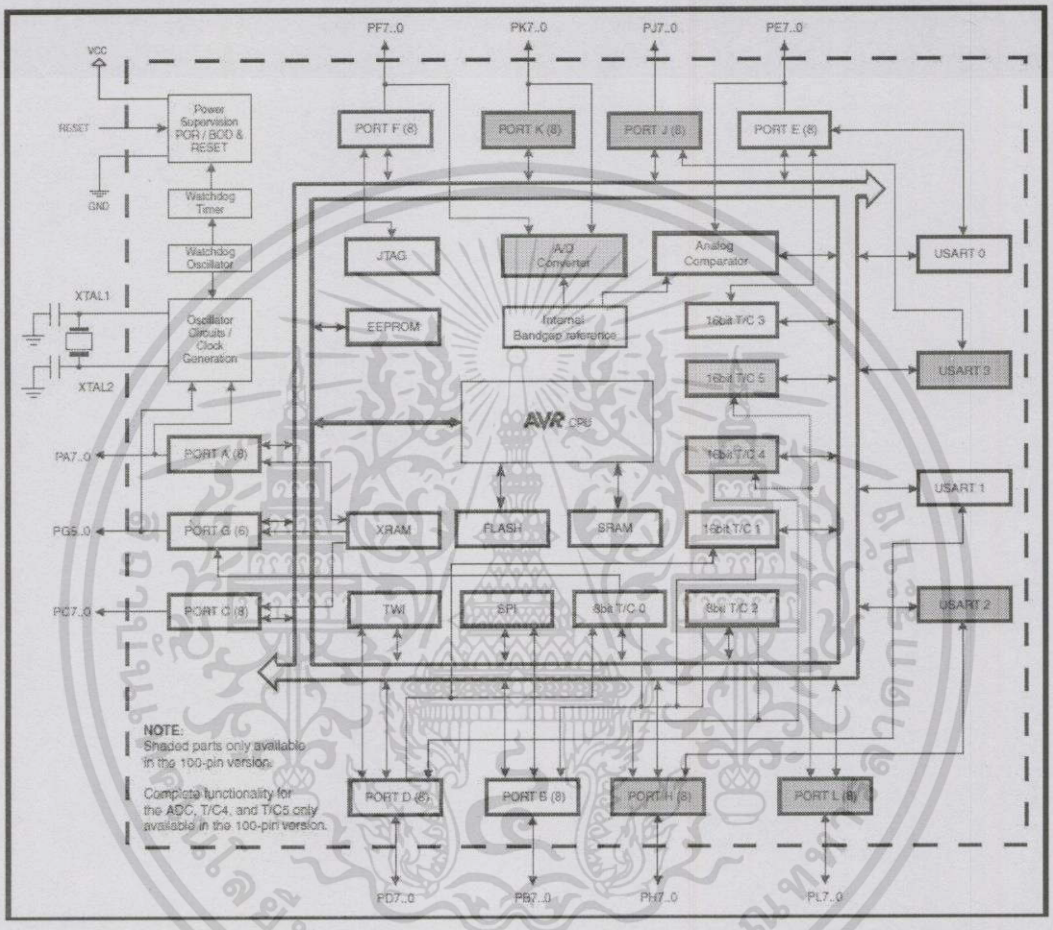
• การใช้พลังงาน
- โหมดการทำงาน: ที่ 1 MHz ต้องการแรงดัน 1.8V กระแส 500 μA
- โหมดเพาเวอร์ดาวน์ (Power-down) ต้องการกระแสเพียง 0.1 μA ที่แรงดัน 1.8V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



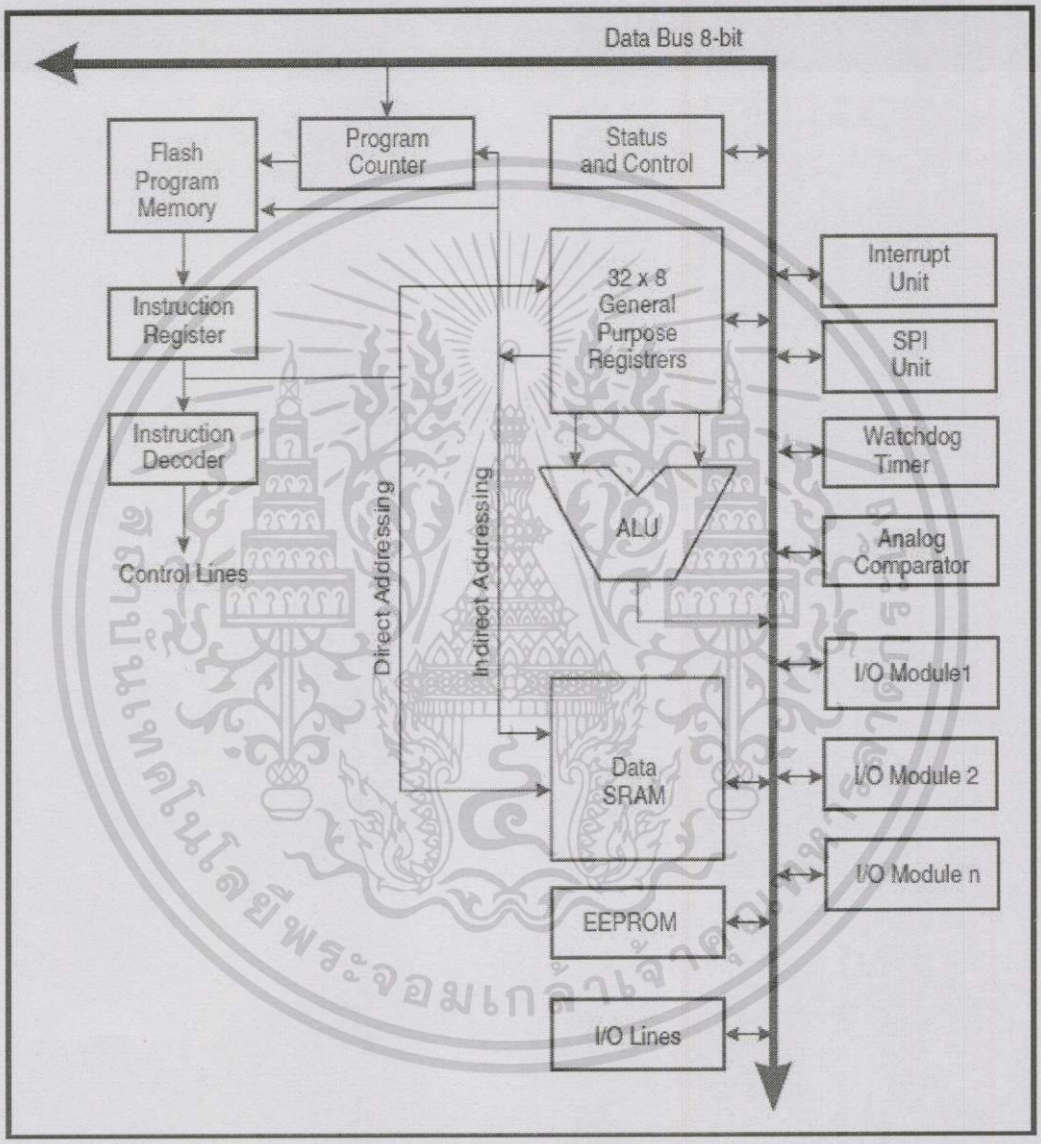
รูปที่ ก.2 การจัดเรียงขาของ AT/Mega1280

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ผังอธิบายส่วนประกอบชิพ AT-Mega1280

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 ผังสถาปัตยกรรม AT-Mega1280

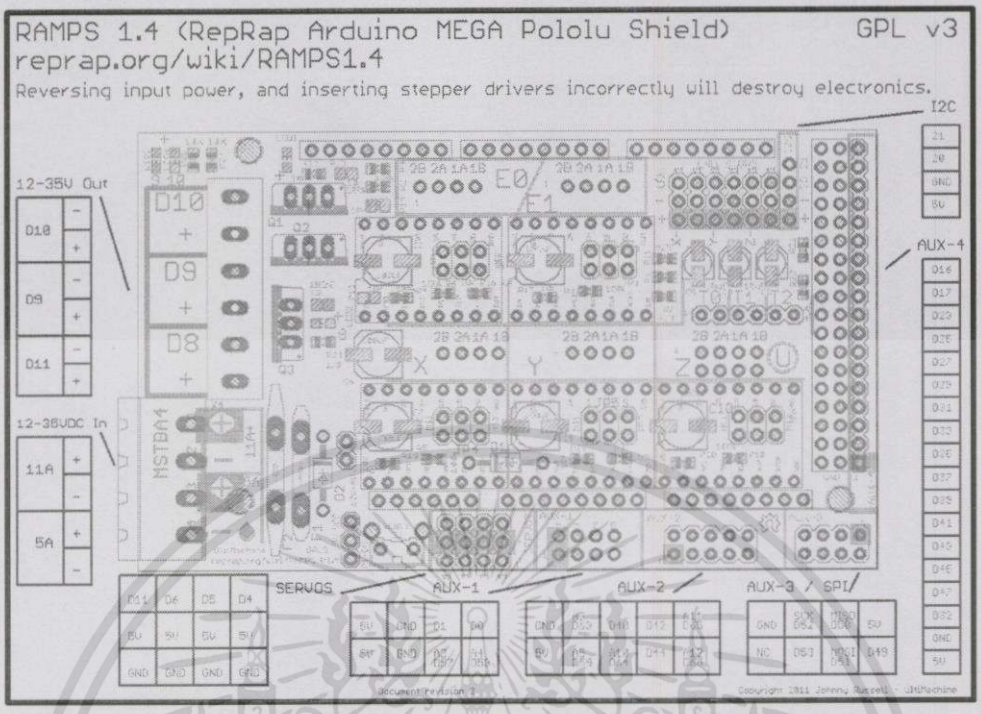
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 ชุดบอร์ด Reprap Arduino Mega Pololu Shied

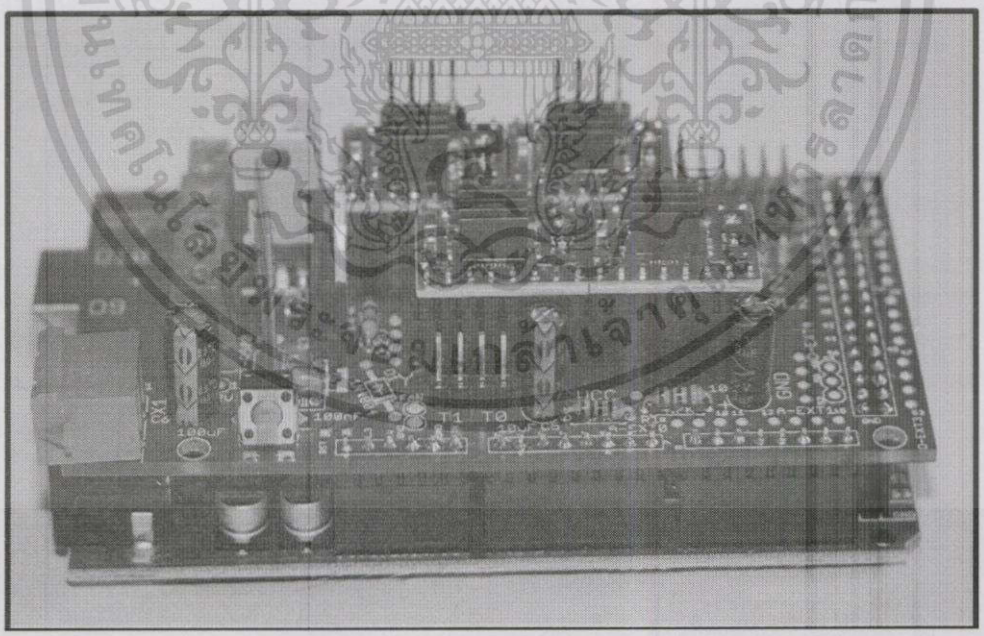
Reprap Arduino Mega Pololu Shied หรือ RAMPs ถูกออกแบบมาเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของ Reprap รวมในแพ็คเกจขนาดเล็ก 1 ชุด ในราคาต่ำ RAMPs เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Mega ด้วยแพลตฟอร์มที่มีประสิทธิภาพ และมีช่องมากมายสำหรับเชื่อมต่อการพัฒนาการต่อไป การออกแบบโมดูลลาร์ได้รวมการเชื่อมต่อการขับเคลื่อนมอเตอร์ และส่วนควบคุมหัวฉีดพลาสติกไว้ในบอร์ด RAMPs เพื่อง่ายต่อการใช้งานมีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้สำหรับเครื่องพิกัด 3 แกน และส่วนหัวฉีด
- สามารถพัฒนาเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์อื่นได้
- มีทรานซิสเตอร์ MOSFETs 3 ตัว สำหรับเครื่องความร้อน พัดลม และวงจรเทอร์มิสเตอร์ 3 วงจร
- ฟิวส์ขนาด 5A เพื่อความปลอดภัย และการป้องกันองค์ประกอบเพิ่มเติม
- การควบคุมการให้ความร้อนฐาน ใช้ฟิวส์ขนาด 11A
- สามารถต่อ Stepper Driver ได้ 5 บอร์ด
- มีขาอยู่ทางด้านบน ทำให้การใส่อุปกรณ์ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง หรือนำออกเพื่อการออกแบบในอนาคต
- มีขา I2C และ SPI ไว้สำหรับการพัฒนาในอนาคตต่อไป
- ทรานซิสเตอร์ MOSFETs ทั้งหมด เชื่อมต่อกับขา PMW เพื่อความเอนกประสงค์
- ลักษณะการเชื่อมต่อกลไกควบคุมใช้ในการต่อกับ End Stops, Motor, LEDs ขาต่อจะถูกชุบด้วยทองเหลือง
- รองรับ USB ชนิด B
- เพิ่ม SD Card ได้
- เพิ่มช่องต่อสำหรับมอเตอร์ในแกน Z อีก 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

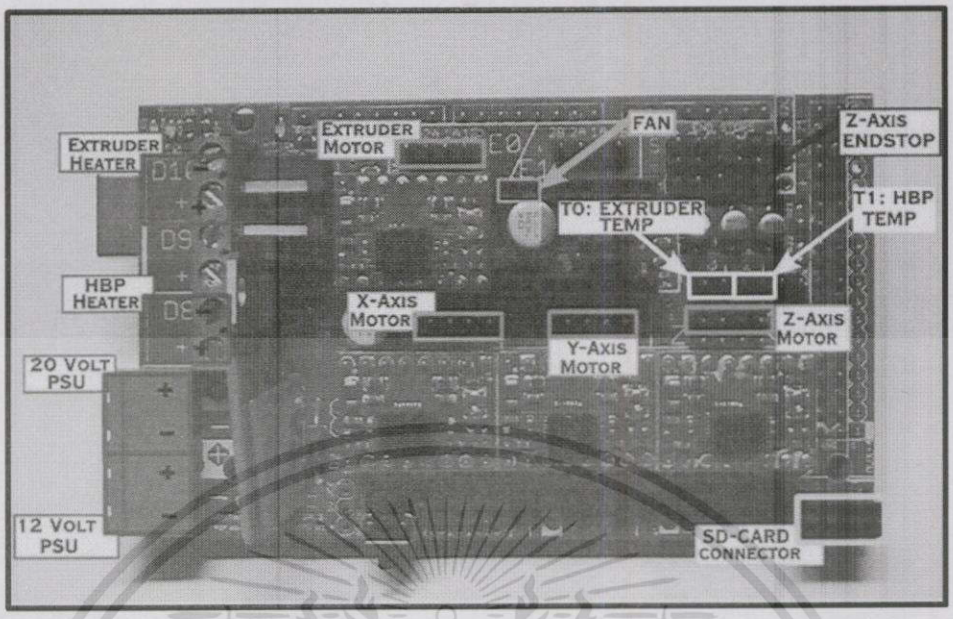


รูปที่ ก.5 วงจร RAMPS



รูปที่ ก.6 บอร์ด RAMPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 พอร์ตต่างๆ ของบอร์ด RAMPS

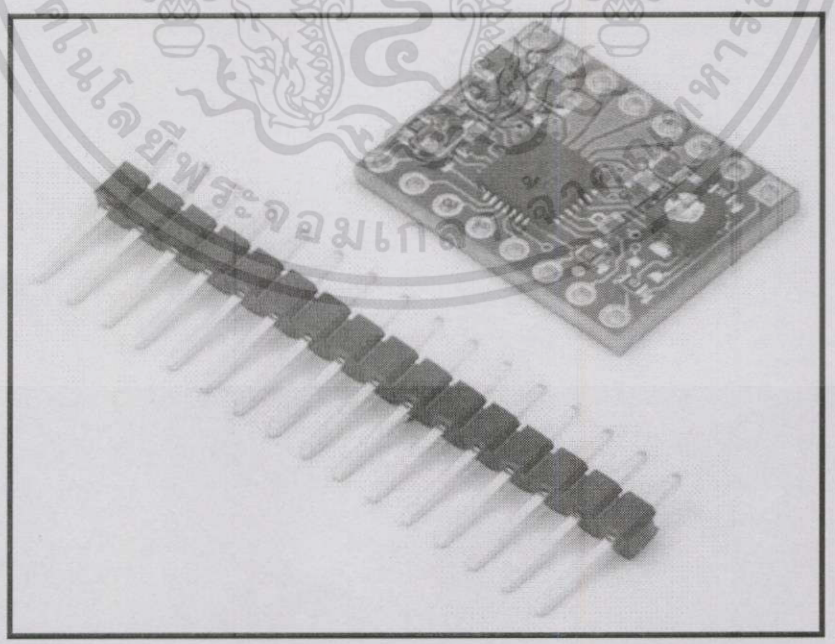
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 ชุดบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

วงจรขับเคลื่อนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยรับคำสั่งการทำงานมาจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น Arduino MEGA1280 โดยผ่าน Shield Board Ramp 1.4

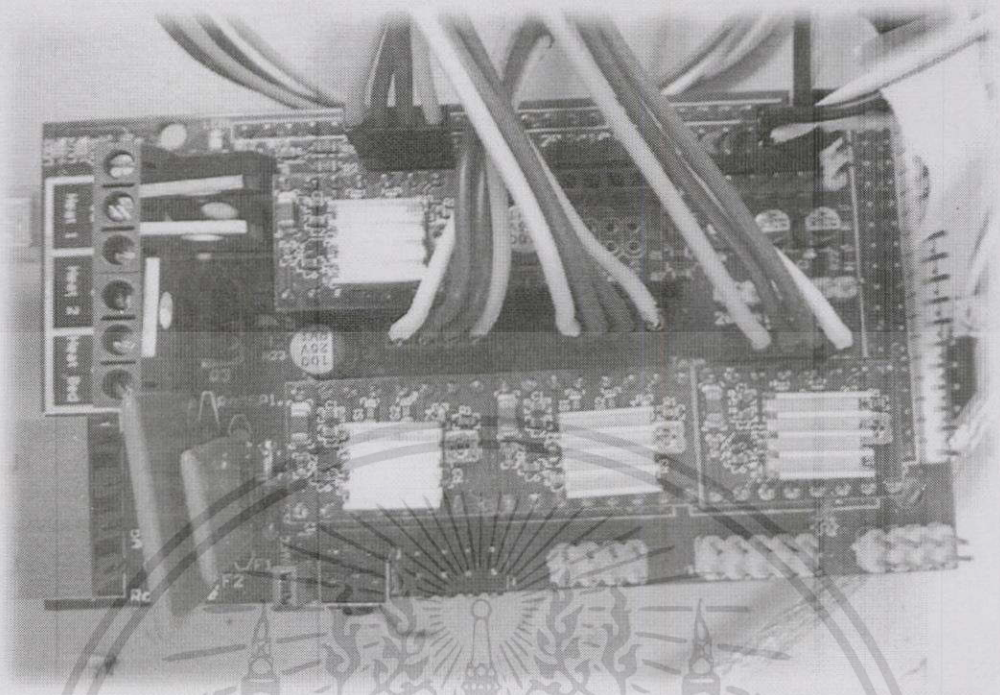
คุณสมบัติที่สำคัญ

- สามารถควบคุมการทำงานขั้นพื้นฐานของ Stepper Motor และควบคุมการทำงานได้โดยตรง
- สามารถควบคุมการทำงานของ Stepper Motor ได้ 5 แบบ ทั้ง Full-step, Half-step, Quarter-step, Eighth-step และ Sixteenth-step
- สามารถปรับกระแสไฟฟ้าควบคุมที่ทำให้เราสามารถปรับกระแสไฟฟ้าขาออกได้ถึงค่าสูงสุดสำหรับใช้ในการปรับความเร็วของ Stepper Motor ซึ่งทำให้เราสามารถใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้า Rated ของ Stepper Motor ได้
- สามารถหยุดการทำงานได้เอง เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่บอร์ดสามารถจะรับได้
- Short-to-ground and Shorted-load Protection
- การจ่ายไฟเลี้ยงให้ Driver จะใช้ไฟฟ้าที่จ่ายจาก Power Supply 12V 5A ให้กับ Arduino MEGA1280 และ Stepper Motor ก็ได้รับไฟเลี้ยง จาก Arduino MEGA1280 Board เช่นกัน

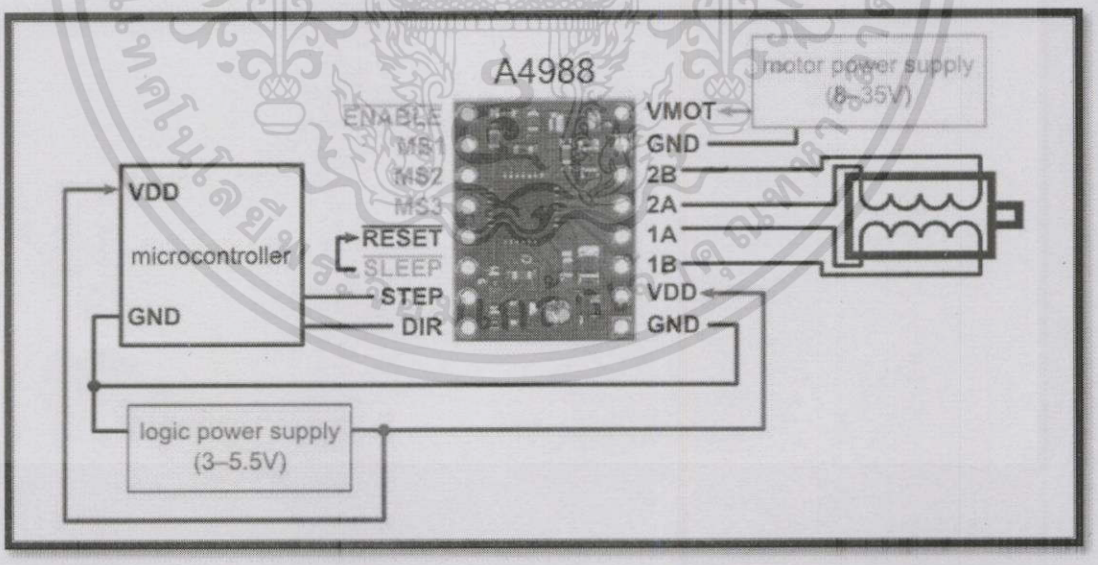


รูปที่ ก.8 Driver A4988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 การประกอบชิ้นส่วนของทุกบอร์ด



รูปที่ ก.10 วงจรของ Stepper Motor Driver Board A4988

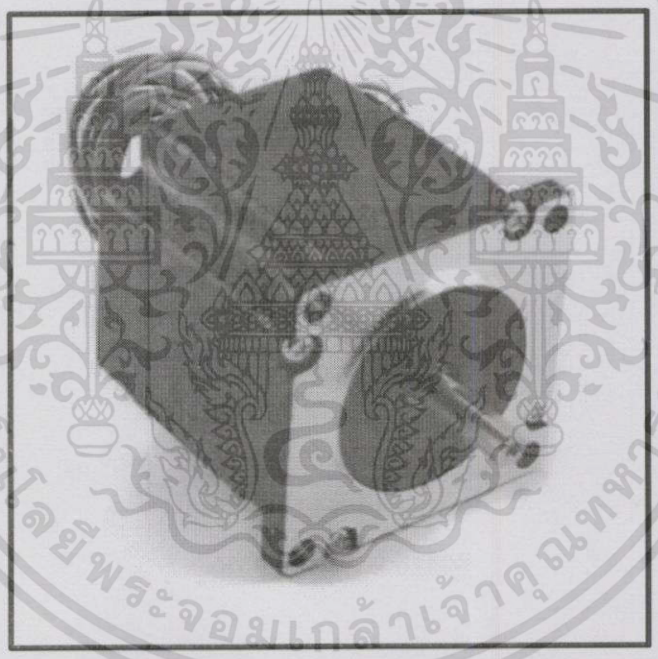
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

สเต็ปปิ้งมอเตอร์

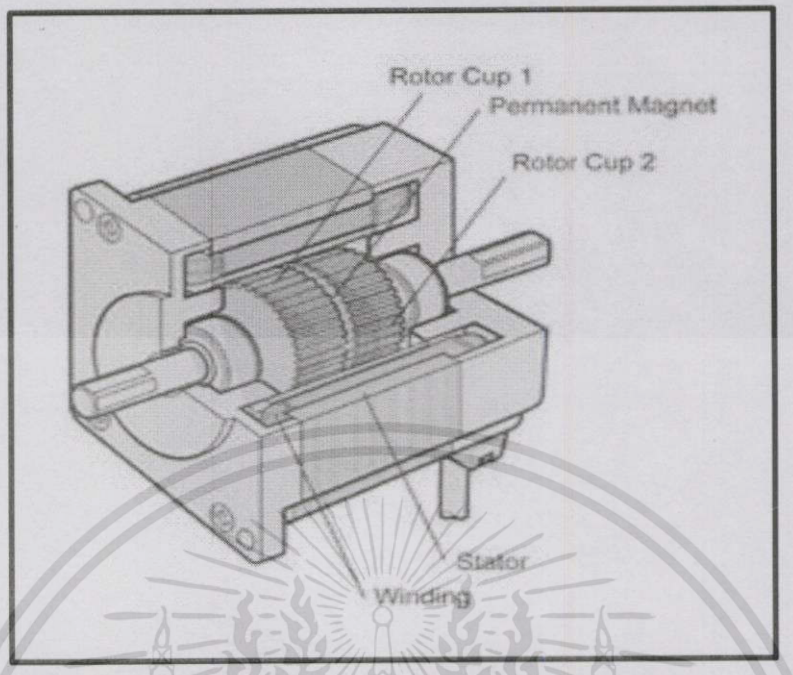
ข.1 หลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยการกระตุ้นเฟสซึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส 6 สาย โดยจะมีสายเฟส (Phase) 4 สาย และสายคอมมอน (Common) 2 สาย



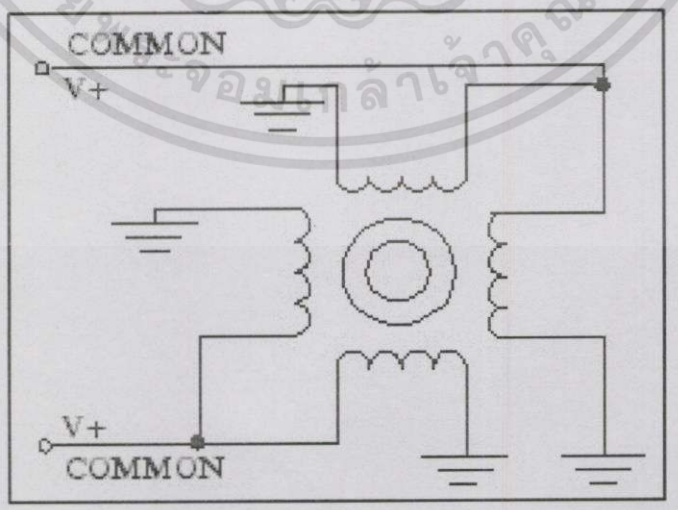
รูปที่ ข.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 โครงสร้างภายในของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ในการควบคุมมอเตอร์เพื่อที่จะให้มอเตอร์หมุน มีวิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของมอเตอร์อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน โดยถ้าหากเราต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆ เป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้นเฟสของมอเตอร์มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ



รูปที่ ข.3 ขดลวดภายในสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเต็ปมอเตอร์ (Full Step Motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

   - การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวดของมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวดจะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของมอเตอร์มีน้อย

Step	#1	#2	#3	#4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

   - การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-Phase Driver) เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขดของมอเตอร์พร้อมๆ กันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

Step	#1	#2	#3	#4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

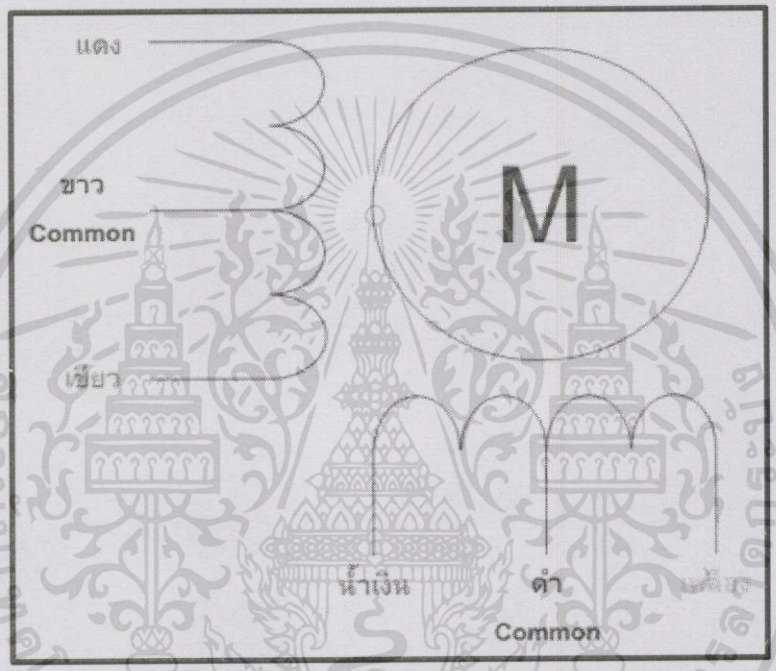
2. การกระตุ้นเฟส แบบฮาล์ฟสเตป (Half Step Motor) หรือ One-Two Phase Driver คือ การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

Step	#1	#2	#3	#4
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาสายเฟสและสายคอมมอน

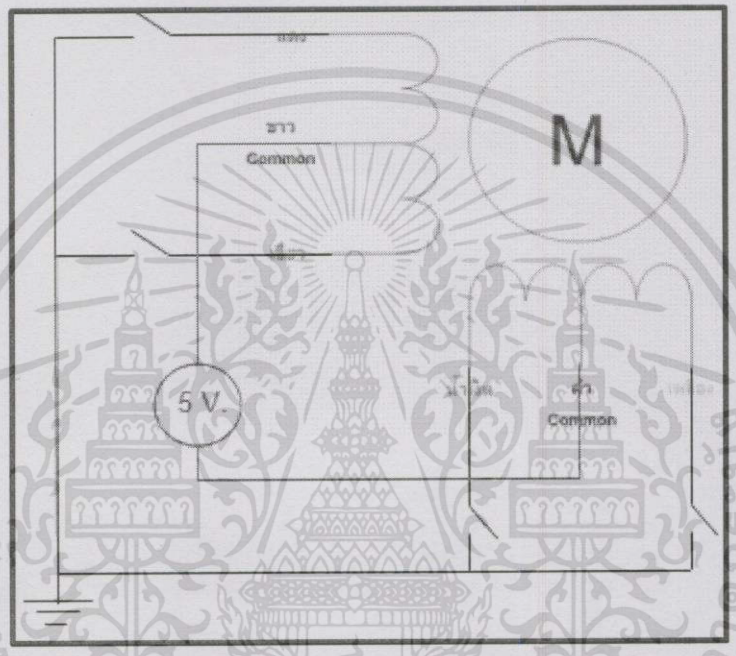
ก่อนอื่นเราจะต้องหาสายเฟสและสายคอมมอนของมอเตอร์ก่อน โดยทำการวัดค่าความต้านทานจับคู่แต่ละสาย ถ้าหากว่าเข้าคู่เฟสกับคอมมอนจะได้ค่าความต้านทานค่าน้อย หากวัดคู่ขาเฟสกับเฟส ค่าความต้านทานจะสูงมาก ดำเนินการวัดโดยจับคู่ทีละคู่ไปเรื่อยๆ และเนื่องจากรุ่นนี้เป็นมอเตอร์แบบ 6 สาย มีสายคอมมอน 2 เส้น เพราะมีขดลวด 2 ชุด ถ้าหากจับคู่ไม่ถูกชุดขดลวด ค่าความต้านทานที่ได้ก็จะมีค่าสูงมากเช่นกัน



รูปที่ ข.4 ขดลวดสายเฟสและสายคอมมอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหาสายเฟสกับสายคอมมอนได้แล้ว เราจะนำสายเฟสมาหาลำดับเฟส โดยต่อสายคอมมอนทั้ง 2 เส้นเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5V และต่อสายเฟสเข้ากับ Ground โดยคั่นกลางด้วยสวิตช์ แล้วทดลองกดสวิตช์ไล่ไปทีละเฟส ถ้าหากลำดับถูกต้องมอเตอร์จะขยับเป็นสเต็ปไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าหากพบมอเตอร์ขยับคนละทิศก็สลับลำดับการกดสวิตช์ไปเรื่อยๆ จนพบลำดับที่ถูกต้อง



รูปที่ ข.5 การต่อวงจรทดสอบการหมุนโดยกดสวิตช์เรียงลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โปสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้