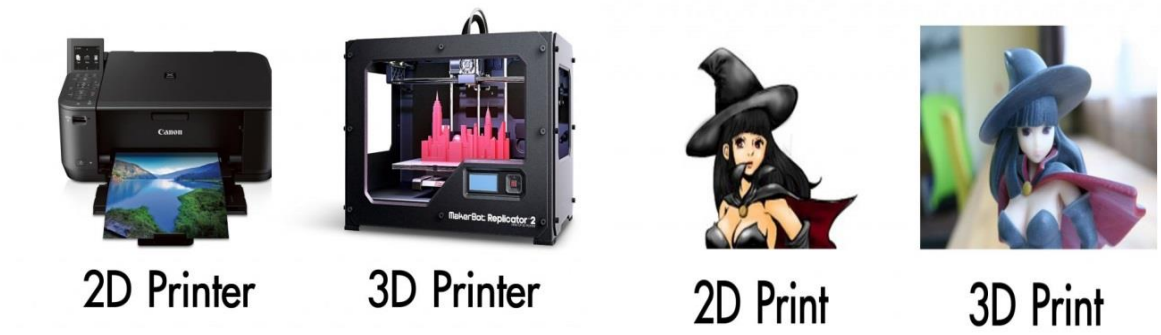
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานการสร้างเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มีเนื้อหาประกอบด้วยรายละเอียดเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ประเภทของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ส่วนประกอบหลักของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) หัวฉีด (Nozzle) เส้นพลาสติก แผ่นความร้อน (Heat Bed) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โปรแกรม (Tinker Cad) และ โปรแกรม (Repetier Host)

2.1 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ [1]

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ถูกสร้างขึ้นตั้งแต่ในคริสต์ศตวรรษที่ 19 (ประมาณปีค.ศ.1984)โดย (Chuck Hull) เป็นผู้ออกแบบเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ให้กับบริษัท 3D Systems Corporation หลังจากนั้นเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ ก็พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ มีวิธีการพิมพ์หลายรูปแบบเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เหมาะกับชิ้นงานและชนิดของวัสดุที่ต้องการขึ้นรูป การทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ใช้หลักการเดียวกัน คือ มีสเต็ปปิ้งมอเตอร์ขับเคลื่อนที่ตามแนวแกน X, Y, Z จะพิมพ์แต่ละชั้นในแนวแกน X และ Y พอพิมพ์เสร็จ เครื่องพิมพ์จะพิมพ์ในชั้นถัดไป พิมพ์ไปเรื่อย ๆ หลาย ๆ ชั้น (Layer) ในแนวแกน Z ของฐานพิมพ์ที่ทำให้เกิดรูปทรง 3 มิติ โดยมีหลักการหลอมละลายของเส้นพลาสติกให้กลายเป็นของเหลวแล้วจะฉีดออกมาเป็นเส้นผ่านหัวฉีด คล้ายกับปืนกาวที่ใช้กันทั่วไป เครื่องพิมพ์ 3 มิติ มีส่วนหลัก ๆ คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมผ่านบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ เพื่อควบคุมให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนตามสเต็ปที่ต้องการ ซึ่งให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของฐานวางชิ้นงาน มีสเต็ปปิ้งมอเตอร์อีกตัวทำหน้าที่เพื่อฉีดให้เส้นพลาสติกผ่านเข้าไปยังหัวฉีดและควบคุมให้มีความร้อนที่เหมาะสมกับชนิดของเส้นพลาสติก โดยมีการตรวจจับอุณหภูมิที่หัวฉีดและฐานวางชิ้นงานให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อพลาสติกที่ถูกฉีดลงไปบนฐานวางชิ้นงาน อ่อนตัวระดับหนึ่งไม่หลุดออก ระหว่างกำลังขึ้นรูปชิ้นงาน เครื่องพิมพ์ 3 มิติ สามารถสร้างชิ้นงานที่เป็นวัตถุแบบจับต้องได้ มีความกว้าง-ลึก-สูง ไม่เหมือนเครื่องพิมพ์ 2 มิติ ที่เราใช้ทั่วไปแบบพิมพ์หมึกลงบนกระดาษ เช่น หากเราพิมพ์ตัวการ์ตูนเราจะได้กระดาษที่พิมพ์เป็นรูปการ์ตูนอยู่ ถ้าเป็นเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เราจะได้ตัวการ์ตูนที่เป็นรูปทรงมาเล่นบนพื้นได้ ดังภาพที่ 2.1



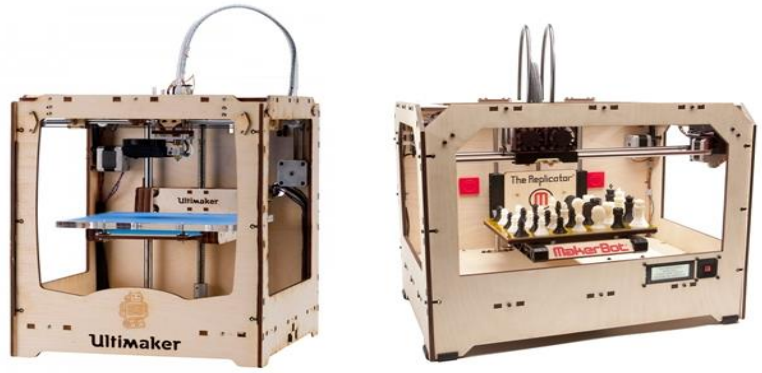
ภาพที่ 2.1 เครื่องพิมพ์ 2 มิติ และ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

2.1.1 ประเภทของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ นั้นมีอยู่หลายแบบ แบบที่นิยมกันใช้มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบ Cartesian และ แบบ Delta

2.1.1.1 แบบ Cartesian

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบ Cartesian แบบฐานวางชิ้นงานเคลื่อนที่ เป็นระบบที่กำหนดให้หัวฉีดเคลื่อนที่ไปในแนวแกน X และ Y ในขณะที่ฐานวางชิ้นงานจะเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวแกน Z เท่านั้น การขึ้นรูปชิ้นงานจะมีความเร็ว เป็นเทคนิคที่ใช้ในเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ดังภาพที่ 2.2



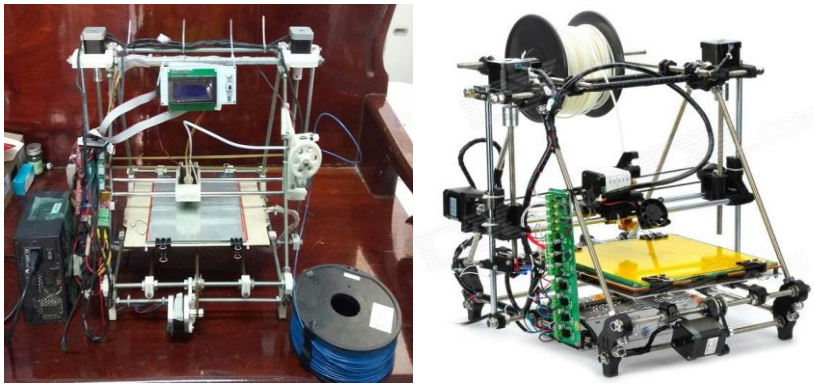
ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบ Cartesian แบบฐานวางชิ้นงานเคลื่อนที่

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบ Cartesian แบบฐานวางชิ้นงานอยู่กับที่ จะมีการเคลื่อนที่ของหัวฉีดในแนวแกน X คือ ซ้าย - ขวา และ ฐานพิมพ์ในแนวแกน Y คือ หน้า - หลัง เมื่อพิมพ์เสร็จใน

ชั้นหนึ่งแล้วเครื่องพิมพ์ 3 มิติ จะยกหัวฉีดทั้งชุดขึ้นในแนวแกน Z เพื่อพิมพ์ในชั้นต่อไป ดังภาพที่ 2.3

- ข้อดี เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ค่อนข้างจะมีความเสถียรมากกว่า เนื่องจากการเคลื่อนที่ของหัวฉีดจะเคลื่อนที่อยู่ใน 1 หรือ 2 แกน

- ข้อเสีย หากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มีขนาดใหญ่ขึ้นจะผลิตค่อนข้างยากและมีน้ำหนักมาก



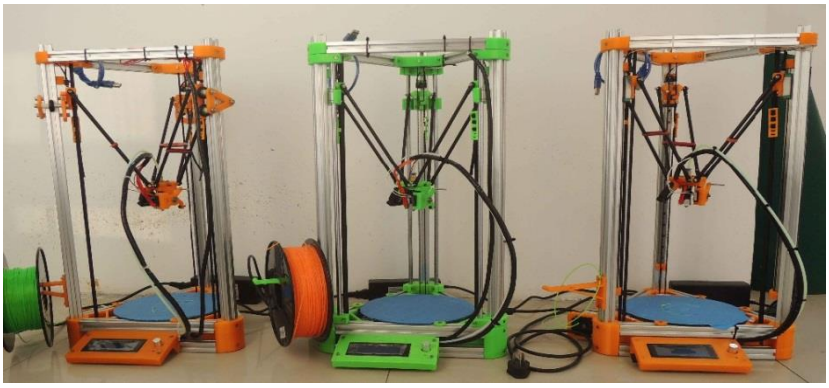
ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบ Cartesian แบบฐานวางชิ้นงานอยู่กับที่

2.1.1.2 แบบ Delta

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบ Delta เครื่องพิมพ์ระบบนี้มีจุดสังเกตได้ง่ายที่สุด คือ มีแกนเสาอยู่ 3 เสา เครื่องพิมพ์แบบ Delta นั้นจะมีฐานพิมพ์อยู่กับที่ หัวฉีดจะเคลื่อนที่อย่างอิสระทั้งสามแกน X, Y, Z โดยควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวฉีดด้วยการทำงานสัมผัสกันของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้งสามตัว เครื่องระบบนี้สามารถสร้างให้มีขนาดใหญ่ได้ ดังภาพที่ 2.4

- ข้อดี สามารถสร้างเครื่องให้พิมพ์ชิ้นงานได้ง่ายมีน้ำหนักน้อยและมีพื้นที่พิมพ์งานทรงกระบอก

- ข้อเสีย คุณภาพงานลดลงเมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลาง



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบ Delta

2.1.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มีดังนี้

2.1.2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.1.2.2 หัวฉีด

2.1.2.3 เส้นพลาสติก

2.1.2.4 แผ่นความร้อน

2.1.2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

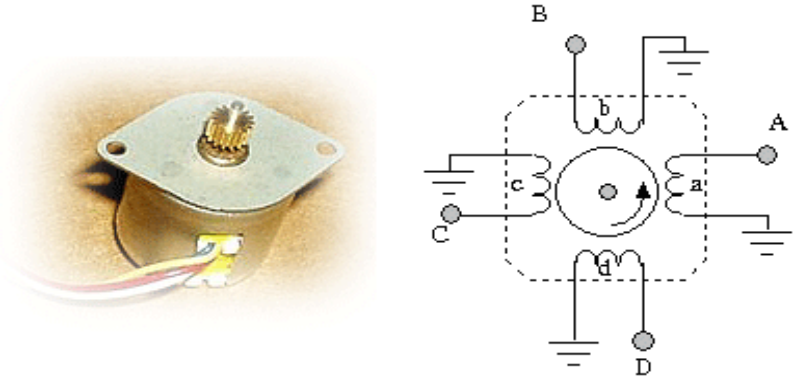
2.1.2.6 โปรแกรมการสร้างชิ้นงาน

2.1.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) [2]

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนแนวแกน X, Y, Z ซึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีโครงสร้าง ดังนี้

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการควบคุมองศาในการหมุนแกนได้ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ในงานได้หลากหลาย โดยความละเอียดในการหมุนนั้นขึ้นอยู่กับโครงสร้างเฉพาะตัวของมอเตอร์และรูปแบบการจ่ายพลังงานให้แก่ขดลวดสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการควบคุมองศาในการหมุนแกนได้ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ได้หลายหลายโดยความละเอียดในการหมุนนั้นขึ้นอยู่กับโครงสร้างเฉพาะตัวของมอเตอร์และรูปแบบการจ่ายพลังงานให้แก่ขดลวดสำหรับสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ซึ่งที่ถูกนำมาใช้ในงานทั่วไปจะมี 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดยูนิโพล่าร์ (Unipolar) และ ชนิดไบโพล่าร์

(Bipolar) โดยจะใช้งานสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิด ยูนิโพล่าร์ เป็นหลัก เช่น แบบฟลูสเต็ป (Full-Step), แบบครึ่งสเต็ป (Half-Step), แบบไมโครสเต็ป (Micro-Step) เป็นต้น



ภาพที่ 2.5 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.1.3.1 ควบคุมแบบฟลูสเต็ป 1 เฟส หรือ แบบเวฟ

ในการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์ จะต้องกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนไปแต่ละสเต็ปโดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดทีละเฟสตามลำดับ หลักการคือเริ่มจากจ่ายกระแสให้กับขดลวด สเตเตอร์ เฟสที่ 1 จากนั้นกระตุ้นเฟสที่ 2 และเฟสที่ 3 ไปเรื่อย ๆ ตามลำดับ จากนั้นก็วนกลับมาที่ขดลวด สเตเตอร์ เฟสที่ 1 อีกครั้งและวนลูปไปเรื่อย ๆ ก็จะทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนและในทางกลับกันถ้าต้องการให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนกลับทางก็ต้องกระตุ้นขดลวดสเตเตอร์ เฟส 4 เฟส 3 เฟส 2 และเฟส 1 ตามลำดับ สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบฟลูสเต็ป 1 เฟส

สเต็ป	**เฟส 1**	**เฟส 2**	**เฟส 3**	**เฟส 4**
สเต็ป 1	ON	OFF	OFF	OFF
สเต็ป 2	OFF	ON	OFF	OFF
สเต็ป 3	OFF	OFF	ON	OFF
สเต็ป 4	OFF	OFF	OFF	ON
สเต็ป 5	ย้อนไปกลับ สเต็ป 1			

2.1.3.2 ควบคุมแบบฟลูสเต็ป 2 เฟส

ในการควบคุมแบบฟลูสเต็ปของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 2 เฟส จะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เพื่อที่จะกระตุ้นขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ครั้งละ 2 เฟส ในเวลาเดียวกันและเรียงกันไปตามลำดับ โดยมีสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะหมุนเหมือนกับการควบคุมแบบเวฟ แต่การควบคุมแบบ 2 เฟส จะให้แรงบิดที่สูงกว่าแบบเวฟ เนื่องจากในแต่ละสเต็ปแกนของมอเตอร์จะถูกดึงด้วยแรงจากขดลวดสองขดในเวลาเดียวกัน

- ข้อดี การที่เราจะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่า แบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรง ดึงแบบเต็ม ๆ แรงจาก ทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน

- ข้อเสีย แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ เราสามารถเขียนลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส ได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบฟลูสเต็ป 2 เฟส

สเต็ป	**เฟส 1**	**เฟส 2**	**เฟส 3**	**เฟส 4**
สเต็ป 1	ON	ON	OFF	OFF
สเต็ป 2	OFF	ON	ON	OFF
สเต็ป 3	OFF	OFF	ON	ON
สเต็ป 4	ON	OFF	OFF	ON
สเต็ป 5	ย้อนไปกลับ สเต็ป 1			

2.1.3.3 ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ปจะทำให้เราสามารถเพิ่มความละเอียดในการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้มากขึ้น ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการควบคุมแบบเวฟและแบบฟลูสเต็ป 2 เฟส เข้าด้วยกันลักษณะการจ่ายกระแสไฟเพื่อที่จะกระตุ้นขดลวด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในบางช่วงเวลาแกนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะถูกดึงด้วยขดลวดสองขดที่อยู่ข้างเคียงกันทำให้เกิดการสมดุลแรงระหว่างขดลวดทั้งสองขดลวดจึงถูกหมุนไปในมุมที่อยู่ระหว่างขดลวดนั้น ๆ ทำให้จำนวนสเต็ปเพิ่มขึ้นมากกว่าการควบคุมแบบฟลูสเต็ปอีกเท่าตัวหนึ่ง

- ข้อดี การกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปที่มีระยะสั้นลงอีกประการหนึ่งแต่ละ สเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันเป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย

- ข้อเสีย ก็คงจะเช่นเดียวกับแบบ 2 เฟส ที่ต้องจ่ายกำลังไฟเป็น 2 เท่า ของแบบเวฟหรือจะใช้เท่ากับแบบ 2 เฟส นั้นเอง ดังนั้นเราสามารถนำลำดับการทำงานของแบบครึ่งเฟสได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

Step	**เฟส 1**	**เฟส 2**	**เฟส 3**	**เฟส 4**
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF
Step 2	ON	ON	OFF	OFF
Step 3	OFF	ON	OFF	OFF
Step 4	OFF	ON	ON	OFF
Step 5	OFF	OFF	ON	OFF
Step 6	OFF	OFF	ON	ON
Step 7	OFF	OFF	OFF	ON
Step 8	ON	OFF	OFF	ON
Step 9	ย้อนไปกลับ Step 1			

2.1.3.5 สูตรคำนวณการหาแรงที่ต้องชนะแรงฝืด (N)

$$F = (M \times g) \qquad (2.1)$$

M = มวลของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มอเตอร์ (Kg)

$g = 9.8\ m/s^2$

2.1.3.4 สูตรคำนวณการหาแรงบิด (Torque)

$$\text{Torque} = \frac{(F) \times (P)}{(2) \times (Pi) \times (e)} \qquad (2.2)$$

โดยที่ Torque คือ แรงบิดที่ต้องใช้

F คือ การหาแรงที่ต้องชนะแรงฝืด (N)

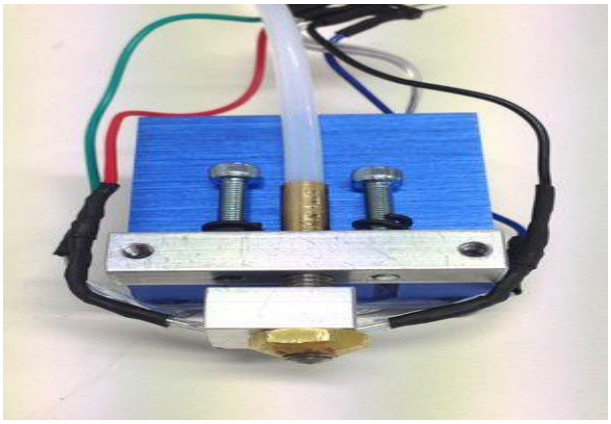
P คือ Screw Pitch ในหน่วยเมตร

e คือ ประสิทธิภาพของ Lead Screw

Pi คือ 3.141

2.1.4 หัวฉีด (Nozzle) [3]

เป็นส่วนควบคุมการป้อนเส้นพลาสติกโดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมกลไกเพื่อป้อนเส้นพลาสติกเข้าสู่หัวฉีด ความเร็วของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่หมุนไปมีผลต่อปริมาณการฉีดพลาสติกออกมาจากหัวฉีดที่ติดตั้งอยู่บนแท่นเลื่อนในแกน X และ Y หัวฉีด เป็นส่วนที่ให้ความร้อนกับเส้นพลาสติกที่ป้อนเข้ามาจากส่วนควบคุมการป้อนเส้นพลาสติกโดยอุณหภูมิที่หัวฉีดนี้จะอยู่ในช่วงที่ทำให้เส้นพลาสติกหลอมละลาย ซึ่งจะมีค่าโดยประมาณที่ 190 - 250 องศาเซลเซียส (จะขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นพลาสติก) มีตัวตรวจจับและวัดอุณหภูมิเป็นตัวตรวจสอบและส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมอุณหภูมิโดยรูของหัวฉีดจะมีขนาดอยู่ที่ 0.2 - 0.8 มิลลิเมตร รูที่มีขนาดเล็กจะทำให้ฉีดพลาสติกออกมาได้ละเอียด ทำให้ได้ชิ้นงานที่เรียบเนียนยิ่งขึ้นดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 หัวฉีด (Nozzle)

2.1.5 เส้นพลาสติก [4]

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบฉีดพลาสติก มีอยู่หลัก ๆ 2 ชนิด คือ ABS และ PLA สิ่งที่เหมือนกันทั้งคู่คือ เป็นพลาสติก หรือ พลาสติกที่หลอมใหม่ได้โดยใช้ความร้อน ที่นิยมใช้กันทั้ง 2 ตัวนี้ เพราะทั้งคู่สามารถทำให้เป็นเส้นและสามารถจัดเก็บเป็นม้วนได้ แต่ ABS กับ PLA มีคุณสมบัติแตกต่างกันในหลาย ๆ เรื่อง เช่น จุดหลอมเหลว, ความแข็งและยืดหยุ่น, ลักษณะภายนอกของชิ้นงาน, การย่อยสลาย และกลิ่น ตัวอย่างชิ้นงานการเปรียบเทียบระหว่าง PLA กับ ABS ดังภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างชิ้นงานการเปรียบเทียบระหว่าง PLA กับ ABS

2.1.5.1 พลาสติก PLA

เป็นพลาสติกที่ได้มาจากส่วนผสมทางธรรมชาติ เช่น ส่วนประกอบของข้าวโพด หรือธัญพืช หากถูกความร้อนสามารถหลอมละลายเปลี่ยนรูปร่างต่าง ๆ ได้ เนื่องจากเป็นวัสดุที่เกิดจากผลผลิตธรรมชาติ จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแต่ข้อเสียก็ย่อยสลายได้ง่ายเช่นเดียวกัน

คุณสมบัติเด่น (ใส-แข็ง-เปราะ)

- มีลักษณะใสและเงา ชิ้นงานที่ออกมามีลักษณะกึ่งใส คล้ายแก้ว และมีมีความเงากว่า จึงเหมาะชิ้นงานพวกโมเดล หรือ วัตถุที่ต้องการความเงา
- ความแข็ง เนื่องจากคุณสมบัติคล้าย ๆ กับแก้ว คือ แข็ง จึงเหมาะกับชิ้นงานที่ต้องการความแข็ง แต่ต้องระวังให้ดีเนื่องจากไม่ทนต่อ การบิด และการดึง
- กลิ่นเป็นมิตร หล่อมละลายจะมีกลิ่นอ่อน ๆ เนื่องจากเป็นส่วนประกอบจากธรรมชาติ กลิ่นจึงไม่เหมือนพลาสติกโดยทั่วไป

- ชิ้นงานสวยกว่า เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 180 - 220 องศาเซลเซียส นำพลาสติกที่ออกจากหัวฉีดนั้นจะมีความหนืดน้อยกว่า PLA ทำให้เกิดชิ้นงานที่มีความคมมากกว่า เก็บลายละเอียดดีกว่า

- ใช้งานง่ายกว่า ขึ้นรูปง่ายกว่า เนื่องจากจุดหลอมเหลวต่ำ จึงเหมาะกับการใช้งานในที่ร่ม

คุณสมบัติด้อย

- เปราะจากที่กล่าวไว้ข้างต้นแข็งแต่เปราะ ไม่ทนต่อแรงบิดนัก หากดึงหรือบิด ABS จะเริ่มงอแล้วค่อยขาด แต่ PLA จะหักก่อนที่จะงอ

- ทนความร้อนได้น้อยกว่า สถานะที่มีคุณสมบัติกึ่งของแข็ง-ของเหลว ที่ 60-65 องศาเซลเซียสเท่านั้น จึงเปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย ๆ อย่าเก็บไปไว้ในที่อุณหภูมิสูง เช่น เก็บไว้ในรถ หรือใกล้เครื่องทำความร้อน

- ย่อยสลายได้ง่ายกว่า เนื่องจากเป็นวัสดุหลักจากธรรมชาติ จึงย่อยสลายได้ง่ายกว่า ไม่เหมาะอย่างยิ่งที่จะเอาไปใช้งานตากแดด

2.1.5.2 พลาสติก ABS

เป็นพลาสติกที่หลอมใหม่ได้ เป็นพลาสติกอีกตัวหนึ่งที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เนื่องจากมีคุณสมบัติทนทานต่อสภาพอากาศ ยืดหยุ่น แข็งแรงทนทาน ทำให้ขึ้นรูปง่าย ใช้การผลิตถ้วย หรือภาชนะ เป็นต้น

คุณสมบัติเด่น (ขุ่น-หยุ่น-เหนียว)

- แข็งแรงยืดหยุ่น ซึ่งมีความแข็งกว่าแต่เปราะ ชิ้นงานที่ทำจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่ใช้ ABS นั้นสามารถทนต่อแรงบีบ ดึง ได้ดี จึงเหมาะในการขึ้นงาน ทางกลไก, วิศวกร หรือ ช่าง เช่น ข้อต่อต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ในงานกลางแจ้งได้เนื่องจากเป็นผลผลิตจากปิโตรเลียม ทำให้ทนต่อสภาพอากาศได้ดี

- มีจุดหลอมเหลวสูง คือ 200 - 250 องศาเซลเซียส (สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ PLA ที่อุณหภูมิ 180 - 220 องศาเซลเซียส) ทำให้สามารถใช้งานในสภาพที่ร้อนกว่าได้ แต่จุดเด่นนี้ก็อาจเป็นจุดด้อยได้เหมือนกัน โดยมันจะเย็นตัวช้ากว่า

- โดยปกติแล้ว ABS จริง ๆ แล้วมีความใส แต่เมื่อใส่สีเข้าไปแล้วจะมีคุณสมบัติคือขุ่น ชิ้นงานที่เกิดจากการพิมพ์ 3 มิติ มีลักษณะขุ่นทึบ เหมาะกับชิ้นงานที่ต้องการคุณสมบัติทึบ เช่น ภาชนะใส่ของเป็นต้น

คุณสมบัติด้อย

- กลิ่นแรง เนื่องจาก ABS มีส่วนประกอบหลักเป็นพลาสติก เมื่อโดนความร้อน ถูกฉีดออกมาจากหัวฉีดจะมีกลิ่นพลาสติกไหม้ แต่เมื่อปล่อยให้เย็นชิ้นงานอาจมีกลิ่นอ่อนเหมือนพลาสติกทั่ว ๆ ไป

- ขอบชิ้นงานไม่คม เนื่องจากมีลักษณะหนืด เวลาถูกฉีดออกจากหัวฉีดจะมีความโค้งมนอยู่ โดยเฉพาะชิ้นงานที่ต้องการขอบคม ๆ ใช้ ABS อาจจะไม่สวยนัก

- มีโอกาสเสียรูปได้ง่ายจากการหดตัว เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวสูง และเย็นช้า ทำให้ชิ้นงานมีโอกาสหดตัว หรือเสียรูปได้ง่ายขณะพิมพ์ด้วย เครื่องพิมพ์ 3 มิติ คือไม่ควรปล่อยทิ้งให้เย็นเร็วเกินไป อาจจะทำให้เสียรูป บิดเบี้ยวได้

ภาพที่ 2.8 เส้นพลาสติก

2.1.6 แผ่นความร้อน (Heat Bed) [5]

เป็นแผ่นความร้อนที่รองรับเส้นพลาสติกที่ถูกฉีดออกมาจากหัวฉีดซึ่งทำจากกระจกหรือวัสดุที่มีการถ่ายเทความร้อนได้ดี ความร้อนนี้มาจากแผ่นขดลวดความร้อนที่ติดอยู่ด้านหลังของฐานวางชิ้นงาน มีอุณหภูมิอยู่ที่ 40 - 110 องศาเซลเซียส มีตัวตรวจจับอุณหภูมิติดตั้งอยู่เพื่อวัดอุณหภูมิของฐานวางชิ้นงาน ณ ขณะนั้น เมื่อเส้นพลาสติกฉีดลงมาถึงฐานวาง เส้นพลาสติกจะอุ่นและติดอยู่

กับฐานวางชิ้นงานโดยไม่หลุดออกไป เครื่องพิมพ์ที่ใช้ฐานวางแบบนี้จะใช้งานได้กับเส้นพลาสติกทั้งแบบ ABS และ PLA ดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 แผ่นความร้อน

2.1.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) [6]

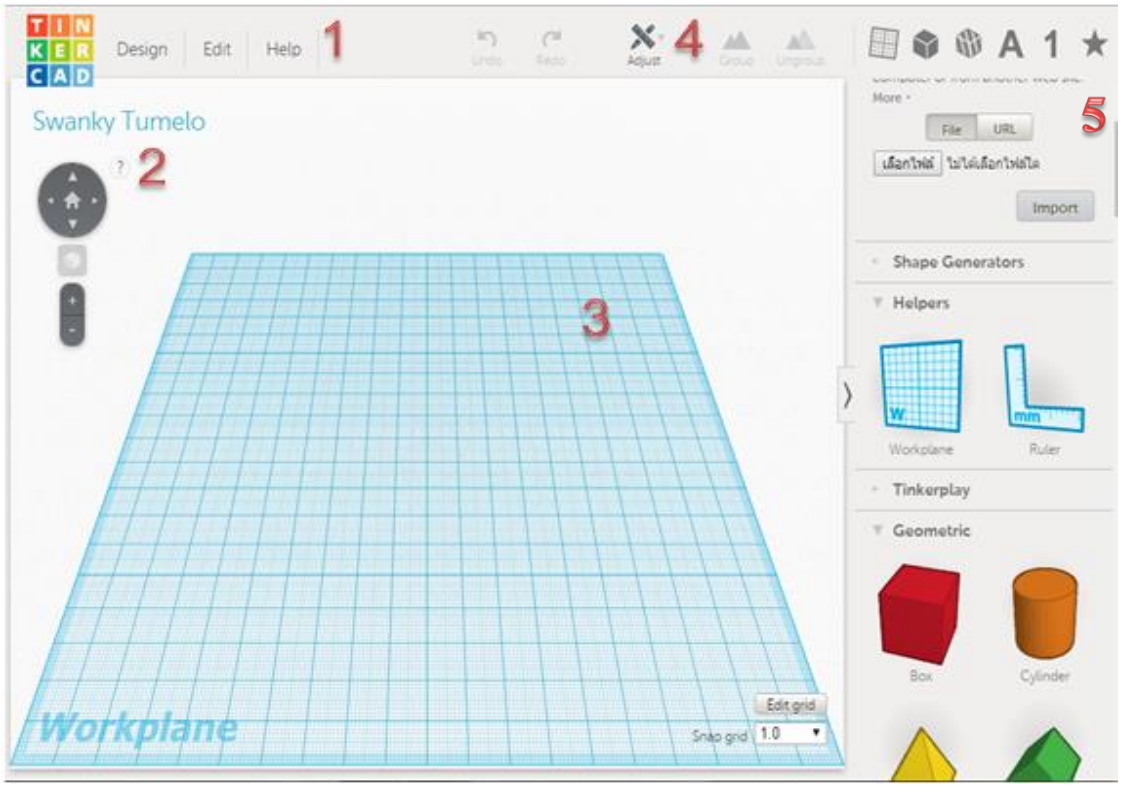
Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduinoถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือ โปรแกรมต่อได้อีกด้วยความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา อินพุต/เอาต์พุต ของบอร์ด เพื่อความสะดวก สามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม ประเภทต่าง ๆ มาเสียบกับบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลยเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ AVR ขนาดเล็กเป็นตัวประมวลผลและสั่งงาน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ อินพุต/เอาต์พุต ได้มากมาย ทั้งในแบบที่เป็นการทำงานตัวเดียวอิสระ หรือเชื่อมต่อสั่งงานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า Arduino สนับสนุนเชื่อมต่ออุปกรณ์ อินพุต/เอาต์พุต ต่างๆ ได้แบบดิจิตอล และ อนาล็อกเช่น การรับค่าสวิตซ์หรือ

อุปกรณ์ตรวจจับเซ็นเซอร์แบบต่าง ๆ รวมไปถึงการควบคุมเอาต์พุตต่าง ๆ ตั้งแต่ LED, หลอดไฟ, มอเตอร์, รีเลย์ ฯลฯ ดังแสดงในภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 บอร์ด Arduino

2.1.8 โปรแกรม Tinker Cad [7]

Tinker Cad ในที่นี้ขอแนะนำซอฟต์แวร์ที่ออกแบบสร้างรูปทรง 3 มิติที่เป็นฟรีแวร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยมีการจัดสรรเก็บไฟล์ของผู้ใช้งานไว้ในระบบคลาวด์ทำให้เรียกไฟล์ออกมาใช้งานได้ทุกที่ ซอฟต์แวร์ตัวนั้นคือ Tinker Cad เมื่อออกแบบรูปทรง 3 มิติเสร็จผู้ออกแบบสามารถแชร์ไฟล์ขึ้นเว็บไซต์ Thing Inverse ได้หรือส่งไปยังบริษัทที่รับพิมพ์งาน 3 มิติ ทำการพิมพ์ชิ้นงานที่เราสร้างสรรค์ขึ้นมาเป็นชิ้นงานจริงได้ หรือดาวน์โหลดเป็นไฟล์ .stl และ .obj เพื่อนำไปแปลงไฟล์ G-Code สำหรับพิมพ์งานด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติในกรณีที่มีเครื่องพิมพ์เป็นของตัวเอง หรือ จะเลือกเป็นไฟล์ .svg ที่เป็นไฟล์แบบ 2 มิติสำหรับใช้กับเครื่องตัดเลเซอร์ก็ได้ โปรแกรม Tinker Cad แบ่งเป็น 5 ส่วนหลักดังภาพที่ 2.11

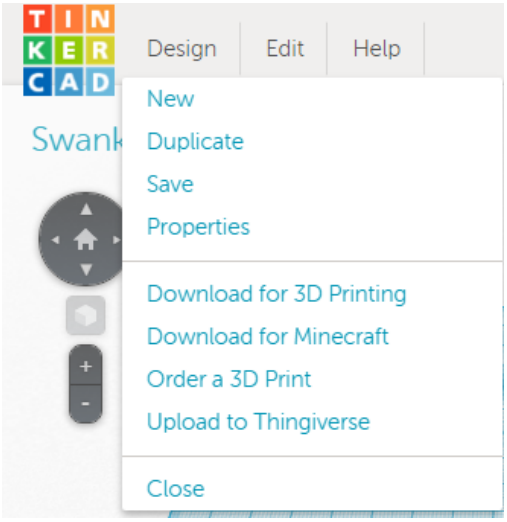


ภาพที่ 2.11 โปรแกรม (Tinker Cad)

2.1.8.1 เมนู (Menu)

เป็นแถบรายการที่รวบรวมฟังก์ชั่นการใช้งานต่างๆ มี 3 เมนูย่อย ดังภาพที่ 2.12

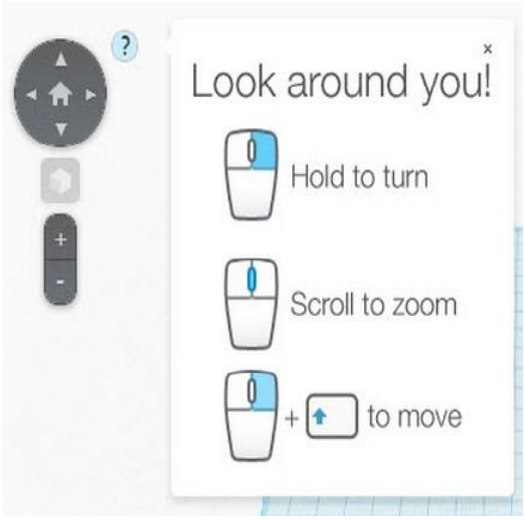
- Design ทำหน้าที่จัดการโปรเจคต์, ดาวน์โหลดไฟล์โมเดล 3 มิติ ที่สร้างขึ้น, ส่งไฟล์ 3 มิติ
- Edit ใช้คัดลอกวางสำเนาซ้ำหรือลบโมเดล 3 มิติ ที่ออกแบบสร้างขึ้น
- Help บรรจุคำอธิบายการสร้างโมเดล 3 มิติ โดยอธิบายเป็นวิดีโอแนะนำ หรือ เรียนรู้ฟังก์ชั่นอื่น Tinker Cad ทำได้



ภาพที่ 2.12 Design , Edit , Help

2.1.8.2 Viewer

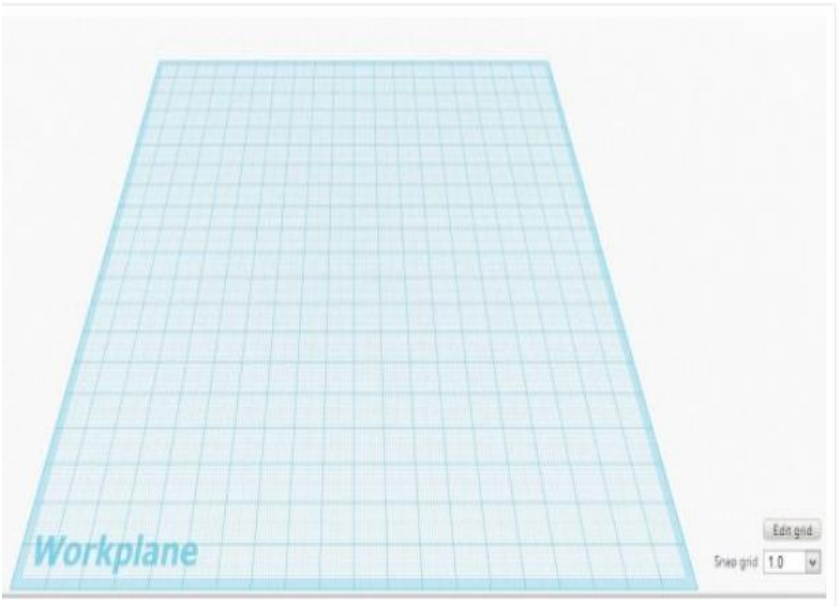
เป็นส่วนที่ใช้ในการปรับแต่งมุมมอง หมุนซ้าย-ขวา-ขึ้น-ลง กลับไปมุมมองตำแหน่งเริ่มต้น ย่อ ขยายส่วนที่มองเห็นและมีปุ่ม ? อธิบายถึงการใช้เมาส์ในการปรับมุมมอง ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 Viewer เป็นส่วนที่ใช้ในการปรับแต่งมุมมอง

2.1.8.3 Work Plane

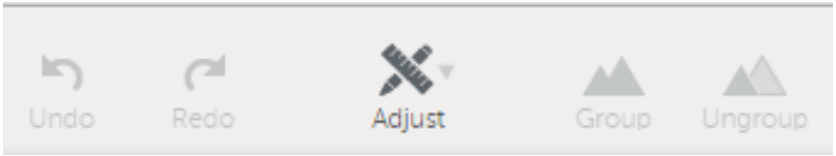
เป็นพื้นที่การสร้างโมเดล 3 มิติ พื้นเป็นสเกลตารางปรับขนาดได้ โดยคลิกที่ปุ่ม Edit Grid ด้านล่าง ขนาดของพื้นที่จะเป็นไปตามขนาดของฐานวางชิ้นงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ การปรับสเกลทำได้โดยกำหนดค่าลงในช่องUnitซึ่งมีค่าตั้งต้นเป็นมิลลิเมตร โดยขนาดของ 1 ช่องเล็กเท่ากับ 1 มิลลิเมตร และ 1 ช่องใหญ่เท่ากับ10 มิลลิเมตรหรือ 1 เซนติเมตร



ภาพที่ 2.14 Work Plane พื้นที่การสร้างโมเดล 3 มิติ

2.1.8.4 Tool Bar

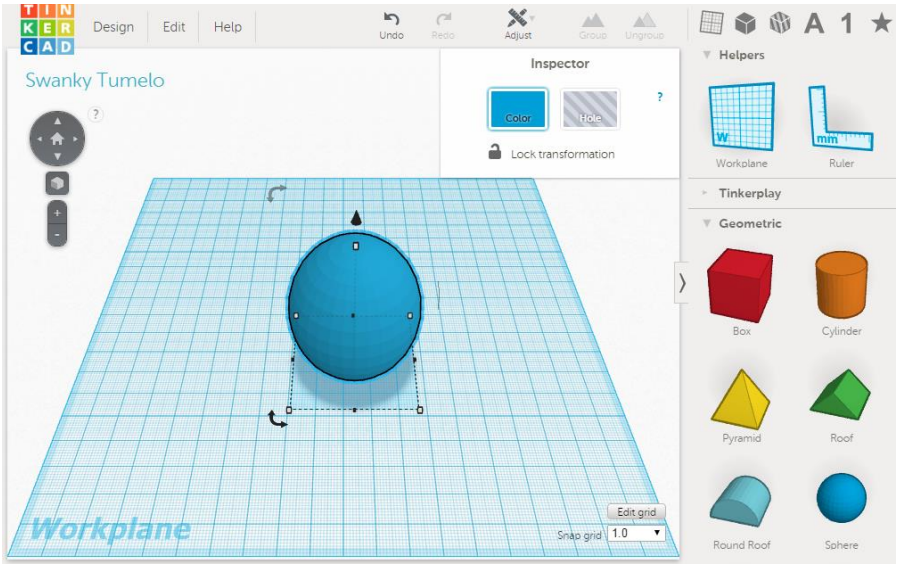
เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการกับรูปทรง 3 มิติ ที่ได้สร้างขึ้นประกอบด้วย การปรับแต่ง การรวมกลุ่มรูปทรงหรือแยกกลุ่มรูปทรงที่เราสร้างขึ้น



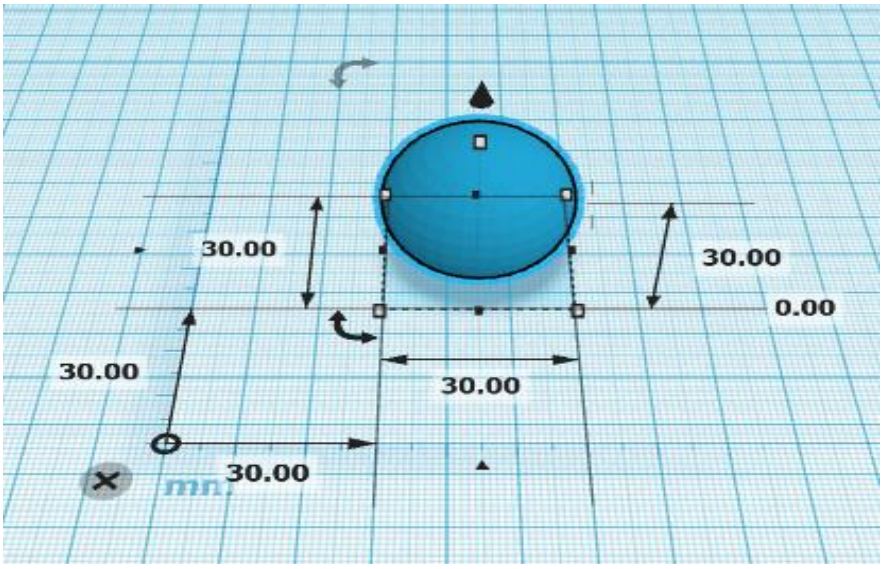
ภาพที่ 2.15 Tool Bar แถบเครื่องมือที่ใช้ในการจัดรูปทรง

2.1.8.5 Library

เป็นส่วนที่ใช้ในการออกแบบโมเดล 3 มิติ ด้วยวิธีการต่าง ๆ การสร้างชิ้นงานเมื่อทำความรู้จักกับเมนูอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ เรียบร้อยแล้ว มาเริ่มลงมือสร้างรูปทรง 3 มิติ ในแบบของตนเองกัน โดยเริ่มจากไปที่ Geometric > Box แล้วลากมาวางบน Work Plane สังเกตว่า ที่กล่องจะมีลูกศรอยู่ที่แต่ละมุมมันใช้ในการปรับขนาดความกว้าว-ยาว-สูง หรือหมุนทำมุม



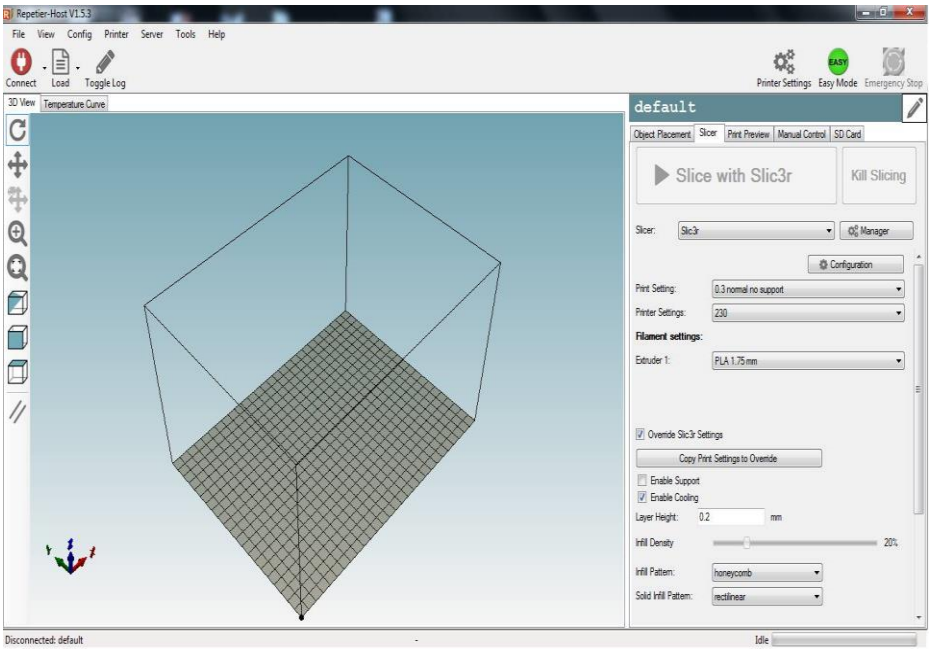
ภาพที่ 2.16 การเลือกสร้างชิ้นงาน



ภาพที่ 2.17 การใช้ลูกศรเปลี่ยนขนาดและหมุนตัวชิ้นงาน

2.1.9 โปรแกรม Repetier Host [8]

โปรแกรม Repetier Host เป็นโปรแกรมที่ไว้สำหรับควบคุมเครื่องพิมพ์ 3 มิติซึ่งถูกพัฒนาโดยบริษัท Hot-World GmbH & Co.KG ตัวโปรแกรมนั้นเป็นแบบ Open Source ซึ่งสามารถใช้ได้ฟรี โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการสนับสนุนโปรแกรมตัวนี้ ก็สามารถที่จะบริจาคเงินเข้าไปได้ ตัวโปรแกรมจะมี 2 ส่วนด้วยกัน ซึ่งจะแบ่งเป็นส่วนของการควบคุมเครื่องพิมพ์ 3 มิติ กับอีกส่วนหนึ่งจะเป็นในส่วนของการสร้างโค๊ดจากโมเดล 3 มิติ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นโปรแกรมที่เรียกว่า Slic3R



ภาพที่ 2.18 Repetier Host โปรแกรมที่ไว้สำหรับควบคุมเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

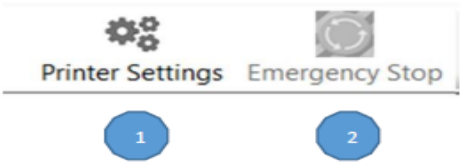
2.1.9.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม Repetier Host เมนูประกอบไปด้วย

File	เป็นเมนูในส่วนของการนำเข้าไฟล์
View	เป็นเมนูในส่วนของการแสดงผล
Config	เป็นเมนูในส่วนของการตั้งค่า
Temperature	เป็นเมนูสำหรับการแสดงค่าอุณหภูมิต่าง ๆ
Printer	เป็นเมนูสำหรับเรียกดูข้อมูลของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ
Tools	เป็นเมนูสำหรับการคำนวณระบบขับเคลื่อนของเครื่องพิมพ์

Help เป็นเมนูสำหรับดูข้อมูลในการใช้โปรแกรม Repetier Host

ภาพที่ 2.19 เมนูรูป Icon

Connect	เป็นปุ่มสำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ
Load	เป็นปุ่มสำหรับโหลดไฟล์ G-Code
Save Job	เป็นปุ่มสำหรับบันทึกไฟล์ G-Code ซึ่งสามารถเลือกให้บันทึกหัวข้อ G-Code ที่ได้ บันทึกไว้ใน G-Code Editor
Run Job	กดปุ่มเพื่อเริ่มพิมพ์งาน
Kill Job	เป็นปุ่มสำหรับหยุดเครื่องพิมพ์จากงานที่พิมพ์อยู่
SD การ์ด	เป็นปุ่มสำหรับการจัดการไฟล์ใน SD การ์ด
Toggle Log	เป็นปุ่มสำหรับเปิด-ปิดแถบแสดงข้อความด้านล่าง ซึ่งสามารถแสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่องพิมพ์ รวมถึงข้อความผิดพลาดต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์ ซึ่งผู้ใช้สามารถเช็คดูว่าเครื่องพิมพ์กำลังทำอะไรอยู่
Show Filament	ไว้สำหรับแสดงเส้นพลาสติกที่ฉีดออกมา
Show Travel	ไว้สำหรับแสดงเส้นทางเดินของหัวพิมพ์

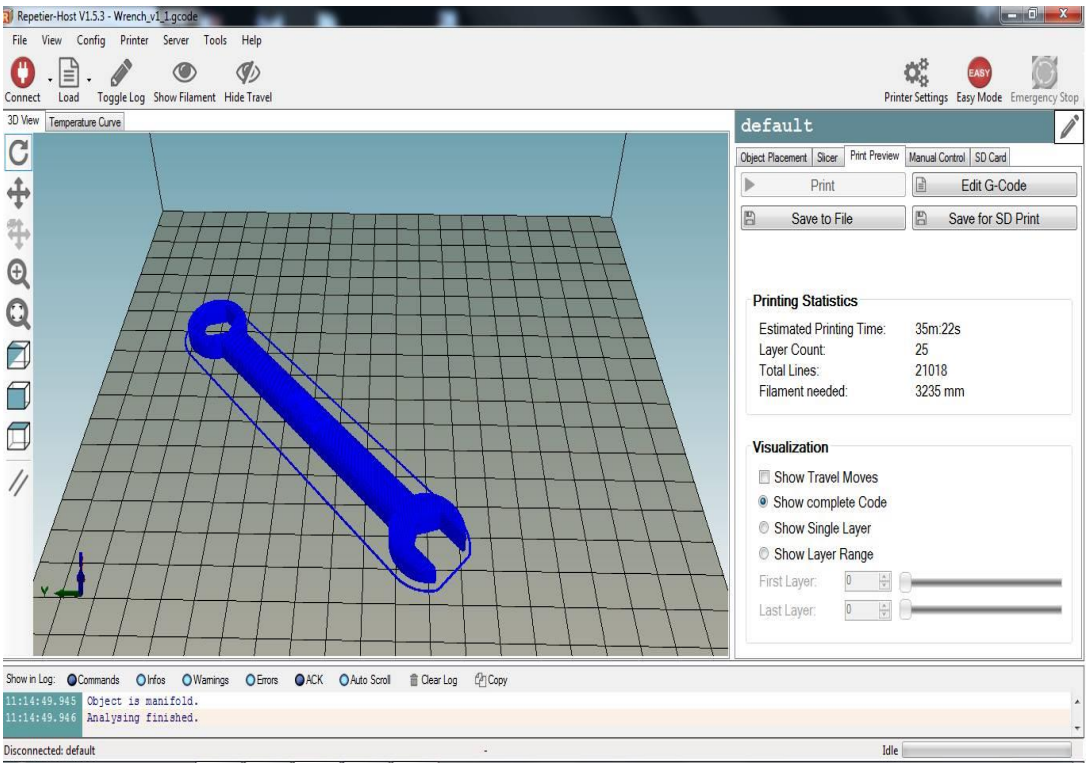


ภาพที่ 2.20 เมนูรูป Icon ด้านขวามือ

2.1.9.2 เมนูรูป Icon ด้านขวามือ

Printer Setting	เป็นปุ่มสำหรับเข้าไปตั้งค่าเครื่องพิมพ์
Emergency Stop	เป็นปุ่มสำหรับหยุดเครื่องพิมพ์แบบฉุกเฉิน ซึ่งจะตัดกระแสไฟทั้งหมดของเครื่อง Toggle Log

2.1.9.3 เปิดโปรแกรม Repetier Host ทำการ Open ไฟล์ .stl



ภาพที่ 2.21 โปรแกรม Repetier Host

ทำการแปลงเป็น G-Code สามารถ สั่งให้เครื่องพิมพ์ 3 มิติทำการพิมพ์ได้เลย หรือ Save ไฟล์ G-Code ใส่ใน SD การ์ด แล้วนำ SD การ์ด ไปต่อกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แล้วสั่งพิมพ์ชิ้นงานได้