

เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับทำแบบทอพรอม Plastic Sheet Punching Machine for Making Carpet Pattern

ณัฐวุฒิ เดไปวา^{1*} และ อุन्नัต พิณโสภณ²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 0-23264197 โทรสาร 0-2364198 , e-mail¹: kdnattaw@kmitl.ac.th และ e-mail²: kpunnat@kmitl.ac.th

Nattawoot Depaiwa^{1*} and Unnat Pinsopon²

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
4-2 Chalongkrung Rd, Ladkrabang, Bangkok 10520 Thailand

Tel: 0-23264197, Fax: 0-23264198, e-mail¹: kdnattaw@kmitl.ac.th and e-mail²: kpunnat@kmitl.ac.th

Tel: 0-23264197, Fax: 0-23264198, e-mail: kdnattaw@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับทำแบบทอพรอม เพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทอพรอม ในขั้นตอนทำแบบทอพรอมนี้โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปยังไม่มีเครื่องมือเฉพาะทางที่ใช้ในการเจาะรูที่แผ่นพลาสติกตามแบบลายเส้นที่ออกแบบไว้ โดยทั่วไปจะเป็นการใช้แรงงานคนในการตอกเพื่อเจาะรูตามลายเส้น เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับทำแบบทอพรอมนี้ประกอบด้วยส่วนหลักๆคือ ระบบเจาะ ระบบดึงสายพาน ระบบป้อนแผ่นพลาสติก โปรแกรมที่ใช้ในการรับข้อมูลรูปภาพเพื่อ คำนวณค่าพิกัดในการเจาะและรับส่งค่าพิกัดที่คำนวณได้ให้กับวงจรควบคุม ชุดวงจรควบคุมเพื่อที่จะรับส่งข้อมูลกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และควบคุมเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกให้ทำการเจาะตามค่าพิกัดที่คำนวณได้ ผลการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสำหรับทำแบบทอพรอม ได้มีการพัฒนาในส่วนของการระบบหัวเจาะ ระบบดึงสายพาน และระบบป้อนแผ่นพลาสติกซึ่งทำให้เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกที่ได้มีเสถียรภาพมากขึ้น และในส่วนของการโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกได้มีการพัฒนาทางด้านโปรแกรมและวงจรควบคุมให้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และได้มีการปรับเปลี่ยนระบบการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องเจาะกับคอมพิวเตอร์จากแบบเดิมที่เป็นการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรมมาเป็นการสื่อสารทางพอร์ตนานซึ่งทำให้ความเร็วในการส่งข้อมูลมากกว่าเดิม 8 เท่าและมีความง่ายต่อการควบคุม

Abstract

This project is a development of design and invention of the plastic sheet punching machine for using as a template in carpet-weave processing. The design based on 2-axis motion as in the printer .The project divided into 2 parts. The first part is the development of the hardware which been developed on punching system, tighten-belt system and plastic sheet feed system. These works result in higher stability of the machine. In the second part , the software and the control circuit have been developed to be able to control the machine more efficient .Furthermore , the communication between the machine and computer have been modified from the transmission via series port to parallel port which results in higher speed of the data transmission (approximately 8 times) and easier to control .

1. บทนำ

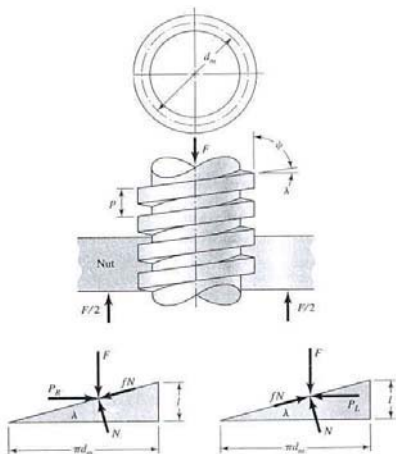
ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โลกอุตสาหกรรมมีการแข่งขันกันมากขึ้น เพื่อที่จะผลิตสินค้าให้เพียงพอและได้คุณภาพตามที่ตลาดต้องการ อุตสาหกรรมการผลิตจึงได้มีการนำระบบการผลิตแบบอัตโนมัติมาใช้มากขึ้น รวมถึงการใช้เครื่องมือการผลิตที่หลากหลาย

อุตสาหกรรมในปัจจุบันได้นำมอเตอร์ไฟฟ้า มาใช้เป็นต้นกำลังในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ตั้งแต่สแต็ปเปอร์มอเตอร์ขนาดเล็กใน

พรีนเตอร์ไปจนถึงมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในโรงงานทำเหล็ก ดังนั้นเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกเพื่อสร้างแบบสำหรับทอพรหม จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของอุตสาหกรรมทอพรหม เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการเจาะแบบทอพรหม ซึ่งประหยัดทั้งแรงงาน ต้นทุนการผลิต และเวลา อันจะยังผลให้ระบบอุตสาหกรรมเกิดความก้าวหน้า และมีอัตราการผลิตที่มากขึ้น งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก เพื่อนำไปใช้เป็นแบบในการทอพรหม โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่แบบ 2 แกน ในเครื่องพรีนเตอร์ มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ[1] ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1.ระบบการเคลื่อนที่แบบ 2 แกน ที่ใช้สเตปเปอร์ มอเตอร์ ในการขับเคลื่อน และใช้สายพานในการส่งกำลัง[2] [3] 2.ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของสเตปเปอร์ มอเตอร์ และตัวเจาะแผ่นพลาสติก[4] 3.โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกจะรับสัญญาณพัลส์จากคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งให้สเตปเปอร์ มอเตอร์หมุน ซึ่งจะใช้ภาษาวิซวลเบสิกในการสร้างโปรแกรมควบคุม[5] การทำงานของเครื่องจะเริ่มเมื่อ โปรแกรมที่สร้างจากภาษาวิซวลเบสิก รับภาพที่เป็นลายเส้น จากนั้นคำนวณหาพิกัดที่ต้องการเจาะ แล้วจึงส่งสัญญาณให้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก ให้เจาะแผ่นพลาสติกตามพิกัดที่คำนวณได้จนครบทุกพิกัดตามรูปภาพ แผ่นพลาสติกที่เจาะเสร็จแล้วจะถูกนำไปใช้เป็นแม่แบบในการทอพรหม โดยนำไปทาบลงบนผ้าที่จะทอเป็นพรหม จากนั้นจึงทาสีลงไป เมื่อนำพลาสติกออกแล้วจะได้แนวเส้นในการทอพรหม

2. ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

2.1 การเลือกใช้สกรู



รูปที่ 1 แสดงทิศทางของแรงกระทำบนเกลียวของสกรู
เมื่อยกโหลดขึ้น(ซ้าย) และยกโหลดลง(ขวา)

$$T_R = \frac{Fd_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl} \right) \quad (1)$$

$$T_L = \frac{Fd_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + fl} \right) \quad (2)$$

T_R : The torque required to raise the load, N.m

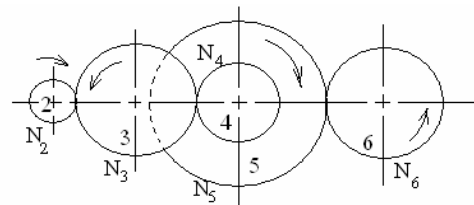
T_L : The torque required to lower the load, N.m

F : The load, N

d_m : Mean diameter, mm

f : The coefficient friction

2.2 การออกแบบเฟือง



รูปที่ 2 แสดงการขับเคลื่อนของระบบเฟือง

$$e = \frac{\text{product of driving tooth numbers}}{\text{product of driven tooth numbers}} \quad (3)$$

$$n_L = e n_F \quad (4)$$

$$P = \frac{N}{d} \quad (5)$$

$$m = \frac{d}{N} \quad (6)$$

$$p = \frac{\pi d}{N} = \pi m \quad (7)$$

$$pP = \pi \quad (8)$$

e : Train value

n_L : The speed of the first gear in the train, rpm

n_F : The speed of the first gear in the train, rpm

P : Diametral pitch, teeth per inch

N : Number of teeth, teeth

d : Pitch diameter, inch

m : Module, mm

p : Circular pitch, mm

2.3 การประยุกต์ใช้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของเครื่องเจาะแผ่นพลาสติก

รูปที่3แสดงเครื่องเจาะแผ่นพลาสติกที่สร้างขึ้นมา โดยมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในโฟลว์ชาร์ตรูปที่ 4ซึ่งควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่มีหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ ลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ ช่วยลดอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้ชิป MCS-51 เป็นตัวประมวลผลการทำงาน

3. หลักการออกแบบ

3.1 หลักการคำนวณหาพิกัดของโปรแกรม

เมื่อมีการนำภาพเข้ามาในโปรแกรมโปรแกรมจะจัดภาพให้เป็นขนาดมาตรฐานเดียวคือไม่ว่ารูปที่เข้ามาจะเป็นรูปเล็กหรือใหญ่ โปรแกรมก็จะทำภาพให้เป็นขนาดมาตรฐานเท่ากับ 4900 * 7500 พิกเซล แต่เครื่องเจาะสามารถทำได้ 169 * 300 รู ดังนั้นจึงทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วนใหญ่ๆให้ได้ขนาด 196 * 300 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะมีขนาดเท่ากับ 25 * 25 พิกเซล ต่อจากนั้นก็ทำการแบ่งภาพออกเป็น 4 ส่วน เพื่อให้ตรงกับหัวเจาะทั้ง 4 หัว จากนั้นก็ทำการสแกนในแต่ละส่วน(ขนาด 25 * 25 พิกเซล)ถ้าพบว่ามีพิกเซลใดพิกเซลหนึ่งเป็นสีดำก็จะทำการบันทึกค่าไว้ พอสแกนครบทุกส่วนแล้วก็จะนำค่าพิกัดเหล่านั้นมาสร้างเป็นโค้ด หลังจากนั้นก็ทำการส่งโค้ดไปยังเครื่องเจาะต่อไป

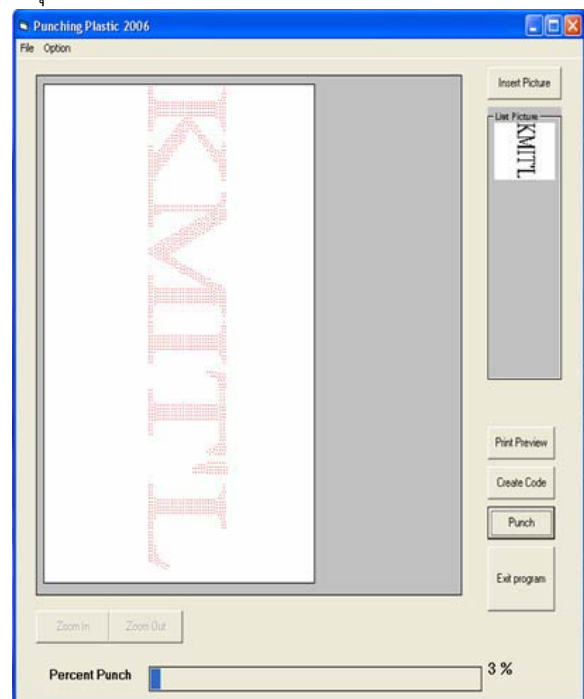
3.2 โค้ดและความหมายของโค้ด

เนื่องจากพอร์ตขนานสามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละ 8 บิต ดังนั้นเราต้องกำหนดความหมายของแต่ละบิตให้สอดคล้องกันสมมติโค้ดเป็น 00101111 ศูนย์สองตัวแรกไม่ใช้งาน หลักที่สามและสี่เป็นการสั่งให้มอเตอร์หมุนซ้ายและหมุนขวาและมอเตอร์หมุนฟีดแผ่นพลาสติก และสี่ตัวสุดท้ายเป็นการสั่งให้โซลินอยด์ทั้งสี่ตัวทำงาน โดยโค้ดที่ส่งจะแปลงจากเลขฐานสองเป็นฐานสิบหก

3.3 การใช้โปรแกรมใช้งาน

หลังจากผู้ใช้เปิดโปรแกรมขึ้นมาแล้ว กดปุ่ม Insert Picture บนโปรแกรม เป็นการเลือกภาพลายเส้นเข้ามาในโปรแกรม แล้วกดปุ่มตกลง ภาพลายเส้นก็จะเข้ามาโชว์ตรงช่องรูปภาพในโปรแกรม ซึ่งแสดงตัวอย่างหน้าจอรูปที่3 ตัวโปรแกรมสามารถรับภาพเข้ามาได้มากถึง 4 ภาพ เมื่อผู้ใช้ต้องการจะเจาะรูปใดก็จะทำการคลิกที่รูปนั้น แล้วรูปที่คลิกก็จะโชว์ตรงช่องที่จะทำการปรับแต่งความละเอียด แล้วรูปภาพนั้นถูกกำหนดความละเอียดโดยผู้ใช้จะคลิกตรงปุ่ม Zoom In หรือ Zoom Out หากผู้ใช้ยังไม่ได้นำรูปภาพเข้า ตัวโปรแกรม

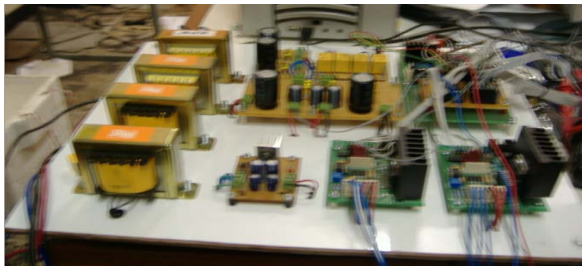
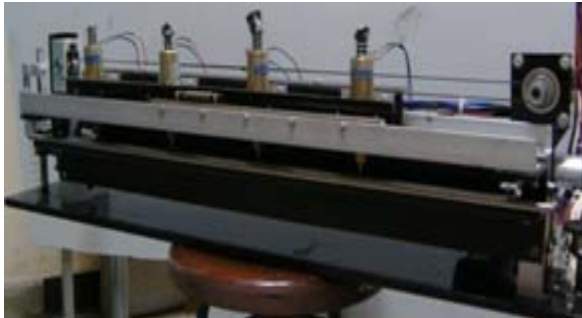
จะแจ้งให้ผู้ใช้ได้ทราบบนจอ เพื่อให้ผู้ใช้ได้กลับไปแก้ไข หากทุกอย่างเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะทำการปรับขนาดรูปภาพ หลังจากปรับขนาดแล้วโปรแกรมจะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นและคุณสมบัติต่างๆที่ต้องใช้ในโปรแกรม รวมถึงตำแหน่งเริ่มต้นของหัวเจาะด้วย จากนั้นถ้าผู้ใช้ต้องการดูตัวอย่างภาพก่อนเจาะ ก็ให้คลิกที่ปุ่ม Print Preview จากนั้นก็คลิกที่ปุ่ม Create Code โปรแกรมจะทำการคำนวณพิกัดต่างๆและแสดงตัวอย่างขึ้นมาเป็นจุดสีแดง หากผู้ใช้ต้องการเจาะก็สามารถคลิกที่ปุ่ม Punch ได้เลย โดยโปรแกรมนำค่าพิกัดที่ได้คำนวณออกมาแล้วส่งออกไปเป็นโค้ดคำสั่งให้เครื่องเจาะ โดยหลังจากส่งคำสั่งแรกออกไปแล้วโปรแกรมจะรอรับสัญญาณจากชุดควบคุมเครื่องเจาะ หากชุดควบคุมได้รับโค้ดแล้ว ชุดควบคุมจะส่งสัญญาณกลับมาให้โปรแกรมได้รับทราบว่ามีโค้ดที่ถูกส่งออกไปได้รับแล้วเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจึงจะส่งพิกัดต่อไป และจะทำงานวนเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนเสร็จการทำงานเมื่อเสร็จการทำงานแล้ว ผู้ใช้ก็สามารถคลิกตรงปุ่ม Exit เพื่อออกจากโปรแกรม



รูปที่ 3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมใช้งาน

3.4 หลักการทำงานของเครื่อง

รูปที่4แสดงรูปเครื่องเจาะที่ได้ออกแบบสร้างและแบ่งควบคุมการทำงานของเครื่องเริ่มจากเครื่องจะทำการรีเซ็ตตัวเองมาอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นในตอนเปิดการทำงานของเครื่อง จากนั้นก็ให้ทำการใส่แผ่นพลาสติกที่เครื่องจะมีปุ่มกดเพื่อฟีดแผ่นพลาสติกเข้าไปแล้วเครื่องก็จะรอคำสั่งจากคอมพิวเตอร์เมื่อเครื่องได้รับโค้ดจากคอมพิวเตอร์ก็จะทำการแปลงโค้ดแล้วสั่งให้มอเตอร์กับโซลินอยด์ให้ทำงานในตำแหน่งตามโค้ดที่ได้รับ



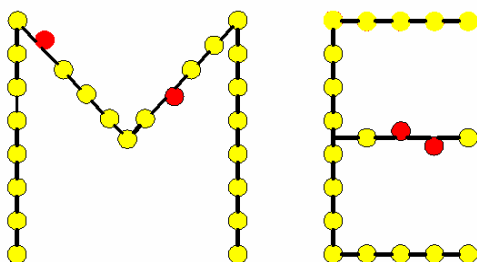
รูปที่ 4 แสดงรูปเครื่องเจาะและแผงควบคุม

4. รูปแบบการทดลอง

รูปแบบการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพรวมของเครื่องสร้างแบบสำหรับทอพรหมนี้ จะแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน คือ

4.1 ส่วนโปรแกรมที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของเข็มเจาะที่จะทำการเจาะแผ่นพลาสติก มีขั้นตอนดังนี้คือ นำรูปลายเส้นเข้าโปรแกรมที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของเข็มเจาะจำนวน 10 รูป ซึ่งรูปลายเส้นแต่ละรูปจะมีรูปแบบแนวเส้นเหมือนกัน จากนั้นจึงสั่งให้โปรแกรมเริ่มต้นทำงานเดินตามแนวเส้นแล้วแสดงพิกัดการทำงานออกมาบนรูปที่นำเข้าไปโดยแสดงเป็นจุด แล้วจึงนับจำนวนพิกัดการทำงานที่แสดงพิกัดไม่ตรงตามรูปลายเส้นที่นำเข้าไปดังแสดงในรูปที่ 5 เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของตัวโปรแกรมที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของเข็มเจาะโดยคำนวณจากสูตร

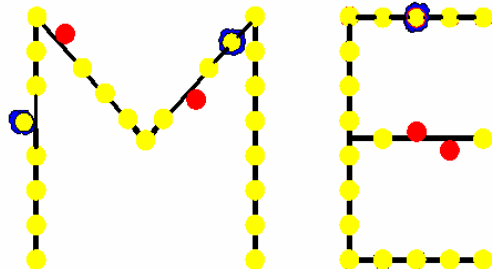
$$\text{ประสิทธิภาพของโปรแกรม} = \frac{\text{จำนวนรูเจาะที่เจาะตรงตามแนวเส้น}}{\text{จำนวนรูเจาะทุกรู}}$$



รูปที่ 5 แสดงถึงพิกัดการทำงานที่เดินตรง และไม่ตรงตามแนวเส้น

4.2 ส่วนของหัวเจาะที่ใช้ในการเจาะแผ่นพลาสติก มีขั้นตอนการทดลองดังนี้ คือ ทดสอบเจาะชิ้นงานจริงโดยใช้เครื่องสร้างแบบสำหรับทอพรหมเจาะชิ้นงานจำนวน 10 ชุด ซึ่งชิ้นงานแต่ละชิ้นจะมีรูปแบบแนวเส้นเหมือนกัน จากนั้นจึงนำชิ้นงานที่ได้มานับจำนวนรูที่เจาะไม่ขาด หรือรูที่เจาะเสียดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของหัวเจาะที่ใช้ในการเจาะแผ่นพลาสติก โดยคำนวณจากสูตร

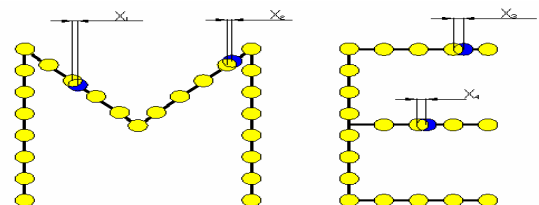
$$\text{ประสิทธิภาพของหัวเจาะ} = \frac{\text{จำนวนรูเจาะไม่เสียทุกรู}}{\text{จำนวนรูเจาะทุกรู}}$$



รูปที่ 6 แสดงถึงตำแหน่งของรูเจาะที่เจาะตรง และไม่ตรงตามแนวเส้น รวมถึงรูเจาะที่เจาะเสีย

4.3 ส่วนของระบบการเคลื่อนที่แบบ 2 แกน มีขั้นตอนการทดลองดังนี้ คือ ทำการกำหนดพิกัด X-Y เข้าเครื่องสร้างแบบสำหรับทอพรหมจำนวน 100 พิกัด เพื่อให้เครื่องทำการเจาะตามพิกัดตามพิกัดที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นจึงนำชิ้นงานที่ได้มาเปรียบเทียบกับพิกัด เพื่อวัดระยะคลาดเคลื่อนตามแนวแกน X และแกน Y ดังแสดงในรูปที่ 7 เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบโต๊ะงานเคลื่อนที่แบบ 2 แกน จากสูตร

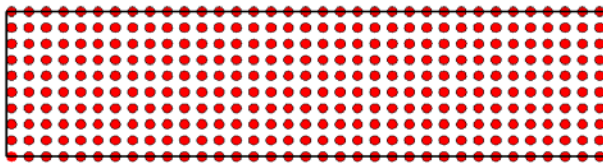
$$\text{ระยะคลาดเคลื่อนต่อรู} = \frac{\sum x}{\text{จำนวนรูเจาะทุกรู}}$$



รูปที่ 7 แสดงถึงพิกัดของรูเจาะที่เจาะตรง และไม่ตรงตามแนวเส้น

4.4 ส่วนของระบบความเร็วของหัวเจาะมี ขั้นตอนการทดลองดังนี้คือ ทำการเจาะแผ่นงานพลาสติกด้วยหัวเจาะ โดยให้ชิ้นงานที่มีแนวเป็นแนวเส้นตรงและมีระยะที่เท่ากันตลอด โดยแต่ละแผ่นจะมีขนาด 10 × 86 รู และทำการเจาะจำนวน 10 ชุดด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 8 และมีการคำนวณจากสูตรหาความเร็วดังต่อไปนี้

$$\text{ความเร็วในการเจาะ} = \frac{\text{จำนวนรูทั้งหมด}}{\text{เวลาในการเจาะ}}$$



รูปที่ 8 แสดงถึงจำนวนของรูเจาะวัดเทียบกับเวลา

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

- 1.การสแกนภาพค่อนข้างใช้เวลาเนื่องจากต้องสแกนทีละพิกเซล
- 2.ตำแหน่งของรูที่ต้องการเจาะมีระยะคลาดเคลื่อนประมาณ 1.15 มิลลิเมตรต่อรูเนื่องจากเกิดการสลิปของสเตปมอเตอร์
- 3.ประสิทธิภาพของตัวโปรแกรมคิดเป็น 97 %
- 4.ประสิทธิภาพของหัวเจาะคิดเป็น 97.95 %
- 5.ประสิทธิภาพของระบบคิดเป็น 95.01% โดยมีระยะคลาดเคลื่อนต่อรูเป็น 1.15 มิลลิเมตรต่อรู
6. ความเร็วในการเจาะคิดเป็น 18.5 รูต่อวินาที

6. ผลที่ได้รับ

- 1.เครื่องเจาะแผ่นพลาสติกสามารถนำไปใช้งานได้
- 2.โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถคำนวณหาพิกัดที่ต้องการเจาะได้อย่างแม่นยำมากขึ้น
- 3.สามารถสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสั่งงาน และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นได้
- 4.ช่วยลดปริมาณงานและเวลาการทำงานของพนักงานลงเพื่อให้พนักงานสามารถทำงานอื่นที่เกิดประโยชน์สูงกว่าได้
5. โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถทำการเจาะรูที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Richard G. Budynas, "Mechanical Engineering Design", Seventh Edition, McGrawHill.
- [2] A.F. Bakker, "Design of a high speed low friction XY-table", Philips Centre For industrial Technology (CFT)

- [3] Hussain Z. Tameem, "Design and development of xy positioning table using stepper motor and belt drive", Department of Mechanical and Production Engineering ,Yeshwantrao Chavan college of engineering, Wanadongri, Nagpur
- [4] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช" ฉบับ AT89C5x ของ Atmel", Innovative Experiment Co.,Ltd.
- [5] อภิชาติ ภูพลับ, "เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ด้วย Visual basic 6", Infopress Develop Book, ปี พ.ศ.2546