# การศึกษาเครื่องพ่นสีแบบเคลื่อนที่ด้วยล้อในแนวแกนนอน เพื่อออกแบบลวดลายบนพื้นผนังโดยการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์

**สถาพร เสือเทศ, กิตติพงษ์ พุ่มโภชนา*, ชาญณรงค์ สิงห์ทองชัย, ศุภชัย วงเจริญเกียรติ, วุฒิไกร บัวแก้ว**

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
96 หมู่ 3 ถ.พุทธมณฑลสาย5 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
*E-mail: kittiphong.p@rmutr.ac.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเครื่องพ่นสีแบบเคลื่อนที่ด้วยล้อในแนวแกนนอน เพื่อออกแบบลวดลายบนพื้นผนัง โดยการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้หลักการนำลวดลายที่ต้องการพ่นสีป้อนให้กับเครื่องพ่นสี ผ่านโปรแกรมการควบคุมเชิงตัวเลข โดยการกำหนดขนาดขอบเขตและทิศทางการเดินของลายเส้น จากนั้นคอมพิวเตอร์จะทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของการพ่นสี ให้สัมพันธ์กันในรูปแบบลวดลายที่ได้ป้อนใส่ให้กับเครื่องพ่นสี จากการทดลองงานวิจัยนี้พบว่า เครื่องพ่นสีนี้สามารถสร้างลวดลายที่มีความเสมือนกับรูปต้นแบบ ประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่าย โดยลดความสิ้นเปลืองปริมาณสีที่ใช้ลง 66.67 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ:** เครื่องพ่นสีผนัง, ระบบอัตโนมัติ, การควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์

## Abstract

This research was a study of painting machine on the wall with the wheels to movement in a horizontal axis by a computer numerical control. The machine operated by transfer the G-code of the picture to the painting machine through the application of numerical control. After that, specified boundary condition for machine moving such as width, height and direction of the contour moving. The computer controls the movement of the spray paint which related to machine movement. This research could paint similar to a master picture, save time and save cost which reduce the color quality to 66.67 percentages.

**Keywords:** Wall Painting Machine, Automatic, Computer Numerical Control

## 1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันธุรกิจก่อสร้างมีการแข่งขันกันสูงมาก บริษัทที่มีต้นทุนด้านแรงงานถูกและคุณภาพงานดีย่อมได้เปรียบในเชิงธุรกิจงานทาสีหรือพ่นสีโดยพื้นฐานเป็นงานที่ต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญและมีฝีมือ นอกจากนี้แล้วบางครั้งอาจมีการจ้างนักออกแบบหรือมัณฑนศิลป์นอกเหนือจากสถาปนิก เพื่อออกแบบลวดลายให้ลูกค้า ซึ่งล้วนเป็นเหตุให้ต้นทุนงานทาสีหรือพ่นสีมีราคาสูง

การพ่นหรือทาสีที่มีการทำเป็นรูปภาพหรือลวดลายนั้นจะมีข้อจำกัดในเรื่องทักษะความเชี่ยวชาญของช่าง อุปกรณ์การพ่นหรือทาสี ซึ่งหากมีปัญหาอย่างหนึ่งอย่างใดแล้วอาจก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองของสี อาจใช้ระยะเวลามากกว่าระยะเวลาตามแผนงานเกินควร จำนวนคนและอุปกรณ์ที่ใช้มากเกินความจำเป็น มีการทำสีหกเลอะเทอะ ทำให้มีการเก็บงานสีในพื้นที่นอกพื้นที่รูปภาพหรือลวดลายที่ออกแบบไว้ เป็นต้น จากปัญหาที่กล่าวมา หากมีการแก้ปัญหาด้านทักษะความชำนาญของช่างก็สามารถลดปัญหาได้ส่วนหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเครื่องพ่น

สีแบบเคลื่อนที่ด้วยล้อในแนวแกนนอน เพื่อออกแบบลวดลายบนพื้นผนังโดยการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีหลักการทำงาน คือ นำลวดลายที่ต้องการพ่นสี ป้อนให้กับเครื่องพ่นสีโดยผ่านโปรแกรมการควบคุมเชิงตัวเลข ทำการกำหนดขนาดขอบเขตและกำหนดทิศทางการเดินของลายเส้น จากนั้นคอมพิวเตอร์จะทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของการพ่นสี ให้เคลื่อนที่สัมพันธ์กันในรูปแบบ ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำให้ได้ลวดลายที่มีความเสมือนกับต้นแบบ ประหยัดเวลา และไม่สิ้นเปลือง

## 2. วัตถุประสงค์

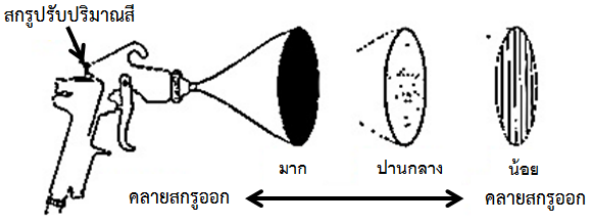
2.1 เพื่อควบคุมการพ่นสีด้วยคอมพิวเตอร์จากการควบคุมเชิงตัวเลขให้ภาพมีความเสมือนจริงเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ

2.2 สามารถลดปริมาณการใช้สีจากการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคน

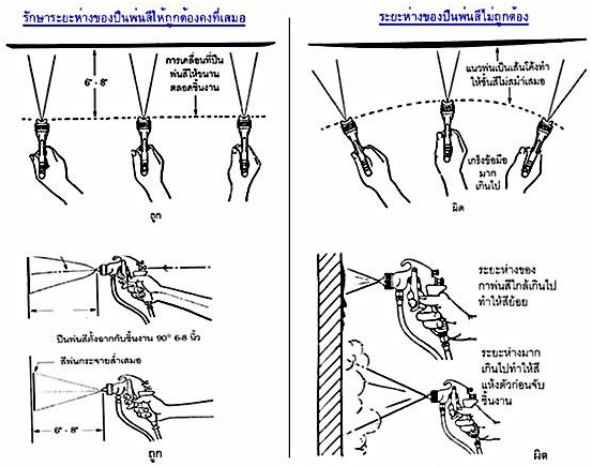
## 3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ส่วนประกอบและกลไกปรับกาพ่นสี

การพ่นสีเป็นอุปกรณ์พ่นสีชิ้นสำคัญที่ทำให้เกิดสเปรย์ งานพ่นสีจะดีมีความสมบูรณ์หรือไม่นั้นสาเหตุอย่างหนึ่งมาจากกาพ่นสี ถ้าใช้กาพ่นสีที่ดีมีคุณภาพ โดยช่างพ่นสีรู้จักการทำงานของส่วนต่างๆ ของกาพ่นสีอย่างดี ก็จะทำให้งานออกมาดีมีคุณภาพ ส่วนประกอบของกาพ่นสีที่สำคัญโดยทั่วไปมีดังนี้ สกรูปรับปริมาณสี สกรูปรับกรวยสี สกรูปรับความดันลม ไกปืน หัวกาพ่นสี และแรงดันที่ทำให้เกิดละอองอากาศ




**รูปที่ 1** : การปรับแต่งปริมาณสีที่ไหลออกมาจากกาพ่นสี



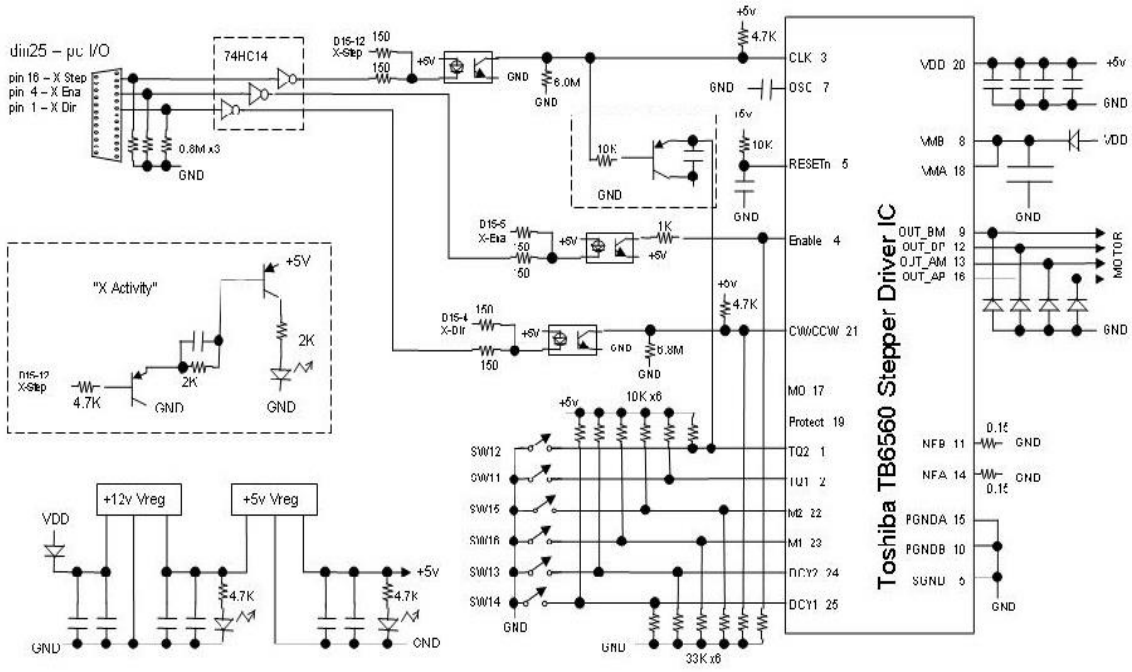

**รูปที่ 2** : การเคลื่อนกาพ่นสีต้องขนานกับผิวหน้างาน ความหนาของสีจึงเท่ากัน

3.2 การควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์

เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อเปลี่ยนแปลงและควบคุมสภาพการทำงานของเครื่องจักรกลพื้นฐานดังกล่าวจากเดิมซึ่งใช้แรงงานคนในการทำงานร่วมกับเครื่องจักร ให้เครื่องจักรเหล่านี้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติด้วยตัวเอง นอกจากนี้ ระบบการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ยังช่วยเพิ่มความสามารถให้เครื่องจักรพื้นฐานเหล่านี้สามารถทำงานลักษณะซับซ้อนได้ด้วยความรวดเร็วและแม่นยำในระดับที่พ้นความสามารถในการรับรู้ของมนุษย์โดยทั่วไปหลายเท่า สำหรับการประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ในเครื่องจักรพื้นฐานดังกล่าว ระบบการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์จะประกอบไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งถูกนำไปใช้ในการหมุนเกลียวขับแทนมือคน และระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ในการควบคุมมุมและความเร็วที่มอเตอร์ไฟฟ้าเหล่านั้นหมุนเกลียวขับ โดยระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวสามารถควบคุมมุมของมอเตอร์ได้ด้วยความละเอียดถึง 0.1 องศา หรือสามารถให้ความละเอียดในการป้อนอุปกรณ์ตัดเข้าสู่ชิ้นงานสูงถึง 0.02 มม.

3.3 หลักการทำงานของบอร์ดคอนโทรล 4 แกน TB6560AHQ

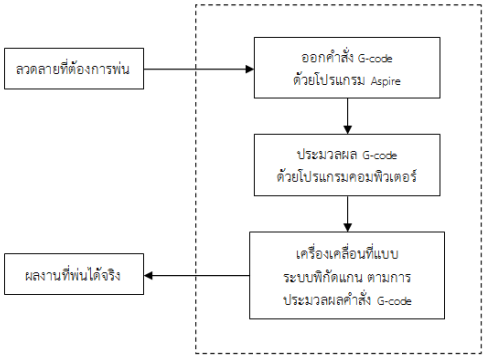
บอร์ดคอนโทรล 4 แกน TB6560AHQ เป็นบอร์ดที่มีการนำวงจรอินเตอร์เฟส และวงจรไดร์ฟสเต็ปมอเตอร์ ทั้ง 4 แกน มารวมกันอยู่ภายในแผ่นพิมพ์ลายวงจร (PCB) ในแผ่นเดียว โดยรูปที่ 3 เป็นการยกตัวอย่างแสดงการต่อของวงจรคอนโทรลซีเอ็นซี 4 แกน ในภาคขับเพียงชุดเดียว ส่วนในภาคขับชุดที่เหลืออีกสามภาคนั้นก็มีการต่อใช้งานในลักษณะเดียวกันเพียงเปลี่ยนขาพิน (PIN) ของพอร์ตขนาน (Parallel Port) เป็นขาอื่นตามค่าโครงแบบ (Configuration) ที่ตั้งไว้ในโปรแกรมควบคุมซีเอ็นซีบนเครื่องคอมพิวเตอร์




**รูปที่ 3** : ตัวอย่างวงจรคอนโทรลซีเอ็นซี 4 แกน TB6560AHQ

Mohamed T. Sorour และคณะ (2011) [1] ได้เสนอแนวคิดในการออกแบบ Roller-Based ซึ่งมีข้อดีคือ เคลื่อนย้ายสะดวก เป็นลักษณะการควบคุมการทาสีด้วยแปรง ใช้ทาสีภายในอาคาร โดยที่ Keerthanaa และคณะ (2013) [2] ได้พัฒนาเครื่องพ่นสีด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ ให้ทำงานได้อัตโนมัติ โดยเน้นการพ่นสีให้ทั่วผนังห้อง ซึ่งลักษณะของเครื่องพ่นสีอัตโนมัติที่ออกแบบและพัฒนาโดยทั่วไปจะยังคงเน้นการพ่นสีผนังอาคารให้ทั่ว แต่ปัญหาที่พบ คือ ความไม่สม่ำเสมอของสีที่พ่น ส่วน Kundan และคณะ (2015) [3] ได้พัฒนาและปรับปรุงระบบพ่นสีให้มีความสม่ำเสมอของสี โดยการควบคุมแรงดันของปั๊ม ซึ่งทำให้สีที่พ่นออกมีมีความสม่ำเสมอ

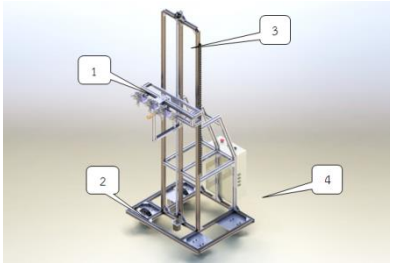
จากรูปแบบและวิธีการต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาที่กล่าวถึงข้างต้น ทีมผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องพ่นสีให้มีลักษณะโดยทั่วไปของเครื่องพ่นสีที่พัฒนาขึ้น ซึ่งจะเลือกใช้มอเตอร์แบบสเต็ป (Step Motor) [4] เนื่องจากมีต้นทุนไม่สูงมากและการออกแบบง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์เซอร์โว (Servo Motor) สำหรับการสร้างลวดลายหรือรูปภาพบนผนัง ได้สนใจแนวิธีการของระบบการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC ) [5] ซึ่งหลักการนี้มีการพัฒนาและนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น เครื่องตัดเลเซอร์ เครื่องพิมพ์สี เครื่องตัดสติ๊กเกอร์ โดยหลักการของระบบควบคุมเชิงตัวเลขที่นำมาประยุกต์กับเครื่องพ่นสีเพื่อสร้างลวดลาย มีหลักการดังรูปที่ 4 โดยเมื่อได้ลวดลายหรือแบบที่ต้องการพ่นแล้ว รูปแบบจะถูกนำไปออกคำสั่งจี-โค้ด (G-code) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นนำคำสั่งจี-โค้ด (G-code) ที่ได้ไปประมวลผลคำสั่งจี-โค้ด (G-code) เพื่อให้โปรแกรมส่งสัญญาณควบคุมไปยังบอร์ดคอนโทรลควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ให้เกิดเป็นลวดลายจริงตรงตามที่ออกแบบไว้




**รูปที่ 4** : ภาพรวมของการสร้างเครื่องพ่นสีอัตโนมัติ

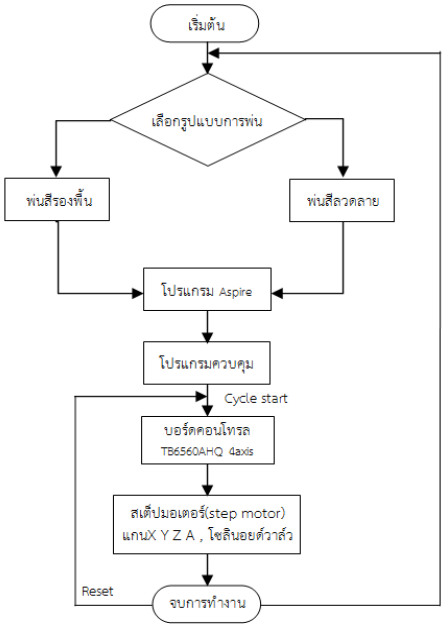
## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ออกแบบโครงสร้างและกลไกการทำงาน




**รูปที่ 5** : รวมโครงสร้างและการวางตำแหน่งอุปกรณ์
(1) ชุดหัวพ่น (2) ชุดล้อเคลื่อนที่แกน Y (3) ชุดเคลื่อนที่แกน X (4) กล่องควบคุม

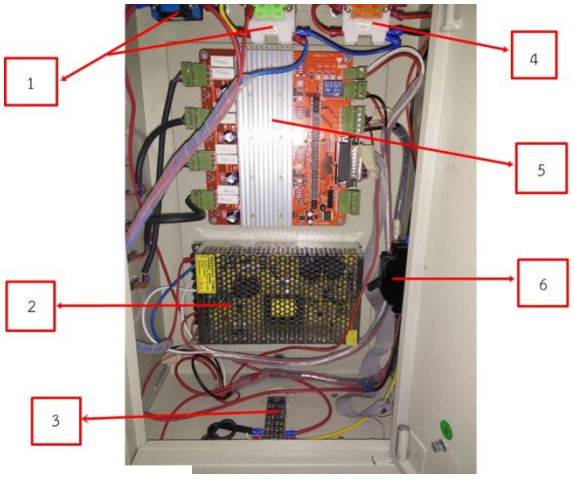
4.2 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่องพ่นสีอัตโนมัติ




**รูปที่ 6** : แผนผังการทำงานของเครื่อง

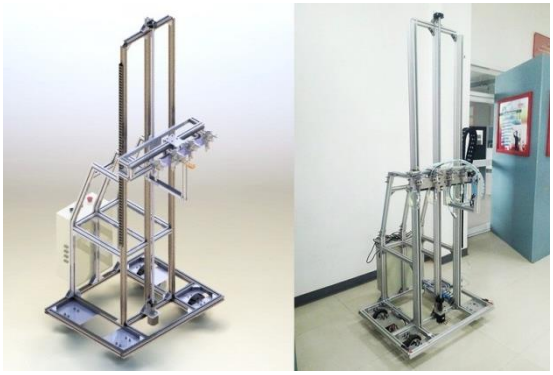
4.3 บอร์ดที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง

บอร์ดที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง คือ บอร์ด TB6560 4 Axis 3.5 A สามารถขับแกนการเคลื่อนที่ได้ 4 แกน คือ แกน X แกน Y แกน Z และแกน A จ่ายกระแสสูงสุดในแต่ละแกนได้ 3.5 A เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ตขนาน (parallel port) หรือพอร์ต DB25 ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรม



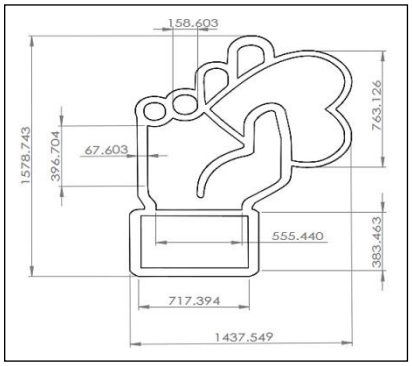

หมายเลข 1 หมายถึง สวิตช์(switch) ทำหน้าที่เปิด-ปิดเครื่อง
หมายเลข 2 หมายถึง สวิตช์ซิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย(switching power supply)
หมายเลข 3 หมายถึง เทอร์มินอล(Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อสายไฟ
หมายเลข 4 หมายถึง Emergency ทำหน้าที่ เป็นปุ่มหยุดการทำงานฉุกเฉินของเครื่อง
หมายเลข 5 หมายถึง บอร์ดคอนโทรลซีเอ็นซี TB6560AHQ 4axis 3.5 A ทำหน้าที่เป็นบอร์ดควบคุมการทำงานของเครื่อง
หมายเลข 6 หมายถึง เบรกเกอร์(Breaker) ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติ

**รูปที่ 7** : แสดงการจัดวางบอร์ดคอนโทรลและอุปกรณ์ภายในตู้



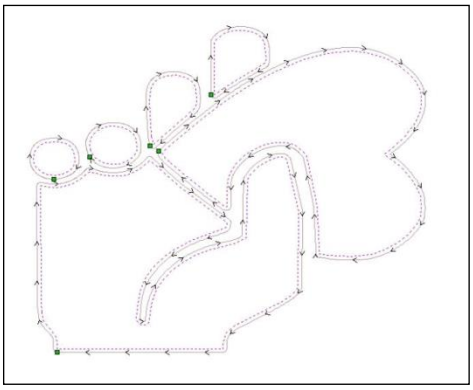
**รูปที่ 8** โครงสร้างโดยรวมของเครื่องพ่นสีอัตโนมัติของจริงเทียบกับแบบ

4.4 ทดสอบการพ่นลวดลาย




**รูปที่ 9** : ขนาดของรูปภาพที่จะนำมาพ่น

*4.4.1 การกำหนดทิศทางการเดินของรูปจากโปรแกรม*



**รูปที่ 10** : แสดงทิศทางการเดินเส้นของรูป

*4.4.2 เมื่อออกแบบเสร็จแล้ว ทำการออกชุดคำสั่ง G-code*

```
( Material Size)
( X= 2250.000, Y= 2250.000, Z= 0.000)
()
(Toolpaths used in this file:)
(Profile 1)
(Tools used in this file: )
(1 = End Mill {0.5 inch})
N100G00G21G17G90G40G49G80
N110G71G91.1
N120T1M06
N130 (End Mill {0.5 inch})
N140G00G43H1
N150(Toolpath:- Profile 1)
N160()
N170G94
N180X0.000Y0.000F3000
N190G00X180.750Y427.106
N200G1F3000
M03
N220G2X168.250Y439.606I0.000J12.500F3000
N230G1Y460.237
N240G1X168.244Y461.911
N250G1X168.226Y463.448
N260G1X168.192Y464.868
N270G1X168.142Y466.173
N280G1X168.073Y467.369
N290G1X167.986Y468.460
N300G1X167.881Y469.454
N310G1X167.757Y470.359
N320G1X167.616Y471.187
N330G1X167.456Y471.952
N340G1X167.276Y472.670
N350G1X167.072Y473.360
N360G1X166.839Y474.041
N370G1X166.570Y474.730
N380G1X166.256Y475.446
N390G1X165.887Y476.203
N400G1X165.453Y477.013
```

**รูปที่ 11 :** คำสั่งจีโค้ด (G-code) ที่ได้จากโปรแกรม

*4.4.3 การพ่นสีทีบตามที่กำหนดไว้*

**รูปที่ 13** : การพ่นสีทีบของรูป

4.5 ทดสอบความสิ้นเปลืองของเนื้อสีระหว่างเครื่องพ่นสีอัตโนมัติกับการใช้แรงงานคน

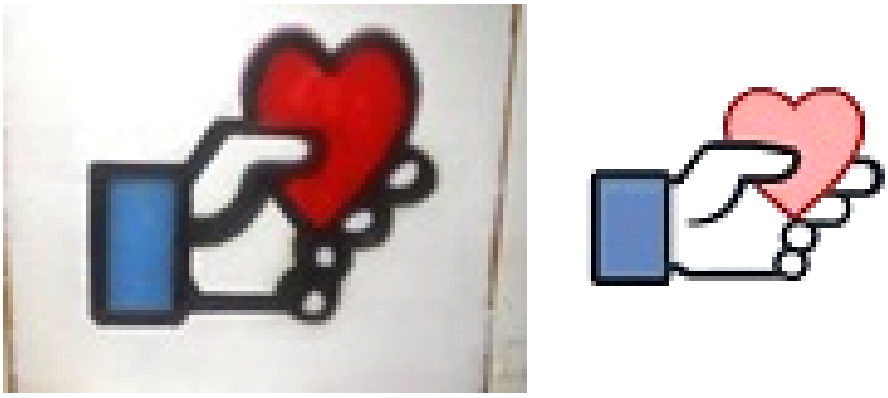
กำหนดพื้นที่ในการพ่นสีให้มีขนาด 80 x 80 ซม. ทั้งเครื่องพ่นสีอัตโนมัติและการใช้แรงงานคน

## 5. ผลและวิจารณ์

จากการออกแบบลวดลายไว้ในโปรแกรมและป้อนให้เครื่องพ่นสีทำงาน พบว่า

- ขนาดของลวดลายที่ทำการทดลอง = 1,500 ม.ม. X 1,700 ม.ม.
- ระยะเวลาการพ่นทั้งหมด = 37 นาที 11 วินาที
- ขนาดความหนาของลายเส้น = 60 ม.ม.

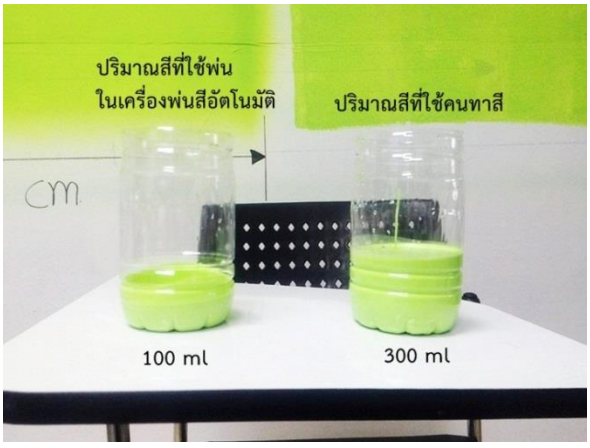
จากการทดลองพ่นสีพบว่า ลวดลายจริงบนผนังที่ได้มีขนาดเท่ากับขนาดที่ออกแบบไว้ในโปรแกรม อาจมีละอองสีตามขอบเส้นเล็กน้อยเพราะเป็นคุณสมบัติของปืนพ่นสีและลายเส้นในบางช่วงมีความหนากว่าปกติ เพราะการเดินเส้นของโปรแกรมมีการเดินทับในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน อาจทำให้ลายพ่นที่ได้มีความหนามากกว่าปกติ



ก. ผลงานที่พ่นได้จริง ข. ลวดลายที่ต้องการพ่น

**รูปที่ 14** : เปรียบเทียบรูปภาพที่พ่นได้จริงกับไฟล์รูปภาพ

จากการกำหนดขนาดพื้นที่การลงสีขนาด 80x80 ซม. เท่ากันระหว่างเครื่องพ่นสีอัตโนมัติกับการใช้แรงงานคน พบว่า ปริมาณสีที่แรงงานคนใช้ไป 300 มิลลิลิตร ส่วนเครื่องพ่นสีอัตโนมัติใช้ไปเพียง 100 มิลลิลิตร ซึ่งน้อยกว่าการใช้แรงงานคน 3 เท่า โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การใช้สีลดลงจากแรงงานคน 66.67 เปอร์เซ็นต์




**รูปที่ 15** : เปรียบเทียบปริมาณสีระหว่างเครื่องพ่นสีอัตโนมัติกับการใช้แรงงานคน

## 6. สรุปผล

การศึกษาและสร้างเครื่องพ่นสีแบบเคลื่อนที่ด้วยล้อในแนวแกนนอนเพื่อออกแบบลวดลายบนพื้นผนังโดยการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถพ่นสีได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ คือ สามารถพ่นได้ทั้งรูปแบบสีพื้นและรูปแบบลวดลาย โดยพบว่าเครื่องพ่นสีอัตโนมัติเคลื่อนที่ในแนวแกน X แกน Y แกน Z และแกน A ได้ค่อนข้างแม่นยำ และจากผลการทดลองพ่นสีอัตโนมัติ ได้ผลลัพธ์ออกมา

น่าพอใจ คือมีรูปภาพที่พ่นได้มีขนาดใกล้เคียงกับรูปภาพที่ได้จากโปรแกรม และเครื่องพ่นสีอัตโนมัติสามารถประหยัดสีจากการพ่นได้ 66.67 เปอร์เซ็นต์

6.1 ปัญหา

6.1.1 เนื่องจากมีงบประมาณในการสร้างเครื่องมีจำนวนจำกัด จึงทำให้ต้องเลือกใช้วัสดุตามงบประมาณที่มี และส่งผลให้การจัดทำล่าช้ากว่ากำหนด

6.1.2 เนื่องจากการสร้างเครื่องพ่นสีอัตโนมัติต้องใช้เครื่องกำเนิดลมหรือปั๊มลมในการทำงาน แต่ปั๊มลมที่ใช้ในการทดลองมีสภาพไม่ค่อยสมบูรณ์ ทำให้เป็นปัญหาในระหว่างการทำงาน เช่น ปั๊มลมไม่ทัน เป็นต้น

6.1.3 เครื่องมีการสะดุดเล็กน้อยเมื่อเครื่องเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น พื้นเป็นหลุม พื้นไม่เท่ากัน เป็นต้น

6.1.4 ลวดลายที่ได้จากการพ่นด้วยปืนพ่นสีอาจมีละอองสีรอบๆเส้น ซึ่งเกิดจากประสิทธิภาพของปืนพ่นสี

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 หากต้องการให้ลายเส้นที่ได้จากการพ่นด้วยเครื่องพ่นสีอัตโนมัติมีความละเอียดและคมชัดมากขึ้นต้องใช้อุปกรณ์ปืนพ่นสีชนิดแอร์บลัช (Airbrush) ซึ่งมีคุณภาพดีกว่า

6.2.3 หากต้องการให้เครื่องเคลื่อนที่ได้รวดเร็วมากขึ้นและเกิดอาการสะดุดน้อยลงควรเปลี่ยนมอเตอร์ให้มีขนาดและแรงบิด (Torque) ที่มากขึ้น เพื่อลดระยะเวลาในการทำงาน

6.2.4 ควรเลือกใช้เครื่องกำเนิดลมหรือปั๊มลมที่มีขนาดถังใหญ่หรือปั๊มลมแบบ 3 เฟส(phase) เพื่อลดระยะเวลาในการปั๊มลมในแต่ละครั้ง ช่วยในการลดระยะเวลาในการทำงานของเครื่องได้ดี

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] Mohamed T. Sorour, Mohamed A. Abdellatif, Ahmed A. Ramadan, and Ahmed A. Abo-Ismail, 2011, “ Development of Roller-Based Interior WallPainting Robot”, World Academy of Science, Engineering and Technology Vol. 5, 2309-2316.

[2] P.Keerthanaa, K.Jeevitha, V.Navina, G.Indira, S.Jayamani, July 2013, “AUTOMATIC WALL PAINTING ROBOT” International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 2, 3009-3023

[3] Kundan Jawale, Ramesh Kumar, Vishal Kale, April 2015, “Design and Development of a Wall Painting Robot for the Houses Wall” International Journal of Multidisciplinary Research and Development, Vol. 2, 397-401.

[4] Step Motor and Servo Motor Systems and Controls.Catalog, Parker Motion and Control. 1996/1997

[5] Peter Smid, CNC Programming Techniques, 2006, An Insider's Guide to Effective Methods and Applications, Industrial Press, Inc.