

# การออกแบบหัวดูดอากาศแบบสล롯สำหรับกระบวนการชุบโลหะ

## Design of Slot Hood for Plating Process

ภัทรพันธุ์ ทมาตเก็ง กิรติ สุลักษณ์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### บทคัดย่อ

การชุบโลหะเป็นกระบวนการเพิ่มสมบัติ ความเงา ความคงทนสภาพกัดกร่อน ความแข็งแรงให้แก่โลหะ ในระหว่างการชุบโลหะมักเกิดไอระเหยของสารเคมีในน้ำยาชุบโลหะปนเปื้อนในอากาศซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาและออกแบบหัวดูดอากาศสำหรับถังชุบขนาด (กว้าง×ยาว×สูง) 0.62×1.50×1.00 m โดยประเมินความเหมาะสมด้านขนาด ลักษณะการเจาะช่องทางดูดอากาศที่มีผลต่อการกระจายความเร็วของการดูด การศึกษาใช้การจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของอากาศบนพื้นฐานการจำลองแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วน ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขนาดความสูงและความกว้างของหัวดูดอากาศไม่ส่งผลต่อการกระจายความเร็วอากาศด้านหน้าหัวดูดอากาศ ลักษณะรูปทรงการเจาะช่องทางเข้าของอากาศไม่ส่งผลต่อการกระจายความเร็วด้วยเช่นกัน การกระจายความเร็วของอากาศจะสม่ำเสมอขึ้นเมื่อพื้นที่ของช่องทางเข้าของอากาศเพิ่มขึ้นตามระยะ X นอกจากนั้นยังพบว่า การจำลองการไหลที่เหมาะสมสำหรับใช้ออกแบบหัวดูดอากาศคือ การจำลองการไหลแบบราบเรียบ

**คำสำคัญ :** การชุบโลหะ, หัวดูดอากาศ, ความเร็วยึดจับ, การจำลองการไหล, ออกแบบ

### Abstract

Metal plating is a process to improve the properties of metals, such as shininess, corrosion resistance, and hardness. During the plating process, the chemicals in plating solutions will usually evaporate in the air which is harmful to human health. This research aims to study and design a hood for a plating tank size (width×length×height), of 0.62×1.50×1.00 m. The study assesses the suitability in hood size and drilling characteristic of hood slots which are in front to the section speed distribution. The computer simulation has been used to predict the flow behaviors based on laminar and turbulent flow. The study found that the increasing of height and depth of hood are not affect the speed of air flow distribution in front of hood. Furthermore, the slot shape of the hood is also not affect as well. The air flow distribution more regularly when increase the area of hood slot follow longitudinal direction (X). It is found that, moreover, the flow simulation which is suitable for designing the hood is laminar modelling.

**Keywords :** Plating, Hood, Capture Velocity, Flow Simulation, Design

## 1. บทนำ

การชุบโลหะเป็นกระบวนการที่ทำเพื่อเพิ่มสมบัติของโลหะเช่น ความต้านทานการกัดกร่อน ป้องกันการเกิดสนิม เป็นต้น กระบวนการชุบโลหะมีการใช้สารเคมีหลายประเภท อาทิ กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟิวริก โซเดียมคาร์บอเนต คอปเปอร์ไฟโรฟอสเฟต นิกเกิ้ลซัลเฟต นิกเกิ้ลคลอไรด์ เป็นต้น[1] ซึ่งสามารถระเหยเป็นไอลอยปนเปื้อนในอากาศและเป็นอันตราย ดังนั้นจึงต้องมีการระบายอากาศที่ปนเปื้อนออกไป โดยติดตั้งหัวดูดที่ปากถังชุบ ซึ่งมีให้เลือกหลายชนิดแต่ชนิดที่นิยมใช้ในกระบวนการชุบโลหะคือแบบสล๊อต (Slot hood) หัวดูดชนิดนี้จะมีสัดส่วนความกว้างต่อความยาว (W/L) < 0.2 ที่ด้านหน้ามีช่องเจาะสำหรับเป็นทางเข้าของอากาศ และมีท่อดูดดูดเข้าทางด้านข้างของหัวดูดเพื่อไม่ให้กีดขวางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานเข้าออกถังชุบ[2,5] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 หัวดูดแบบสล๊อต

จากการประเมินและทดสอบพบว่าหัวดูดอากาศแบบสล๊อตที่ใช้ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพการดูดอากาศไม่ดีเท่าที่ควร โดยแรงดูดจะมากในบริเวณใกล้ที่ติดกับท่อดูด และจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อระยะห่างมากขึ้น ทางปลายหัวดูดการกระจายแรงดูดจึงไม่สม่ำเสมอ งานวิจัยนี้สนใจออกแบบหัวดูดใหม่โดยใช้การจำลองทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม ANSYS FLUENT 14.0 เพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่สำคัญของหัวดูด ร่วมกับการทดสอบเพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ผลที่ได้จะนำไปสู่แนวทางในการออกแบบหัวดูดที่เหมาะสมกับการชุบโลหะต่อไป

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและหลักการออกแบบหัวดูด

ในการออกแบบหัวดูดอากาศปัจจัยหลักที่ใช้พิจารณามีดังนี้

1) ความเร็วยึดจับ (Capture velocity) เป็นความเร็วต่ำสุดที่อากาศ ณ จุดกำเนิดสารปนเปื้อนถูกดูดเข้าสู่ระบบขึ้นกับอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่หัวดูดและรูปร่างของหัวดูด ค่าความเร็วยึดจับที่ใช้นี้จะขึ้นอยู่กับประเภทของงาน สำหรับงานชุบโลหะค่าความเร็วดังกล่าวอยู่ในช่วง 0.5–1.0 m/s [2-4]

2) อัตราการดูดของอากาศคำนวณค่าตามมาตรฐานการออกแบบหัวดูดอากาศ ACGIH[3-4] ซึ่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของหัวดูดเช่น หัวดูดรูปทรงกลมและสี่เหลี่ยมคำนวณได้จาก

$$Q = V(5X^2 + A) \quad (1)$$

เมื่อ Q เป็นอัตราการดูดของอากาศ ( $m^3/s$ ), V เป็นความเร็วอากาศที่กึ่งกลางหัวดูดที่จุด X ( $m/s$ ), X เป็นระยะตามแนวแกนของหัวดูด (m) และ A เป็นพื้นที่หน้าตัดของหัวดูด ( $m^2$ )

3) ปีก (Flange) เป็นแผ่นวัสดุที่ติดอยู่ที่ขอบด้านหน้าของหัวดูด เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศจากด้านหลังของหัวดูดเคลื่อนที่เข้ามาด้านหน้า

หัวดูดที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีการเจาะช่องทางเข้าที่กระจายเท่ากันตลอดความยาวหัวดูดทำให้การกระจายแรงดูดไม่สม่ำเสมอดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการออกแบบหัวดูดใหม่เพื่อให้ได้การกระจายแรงดูดที่สม่ำเสมอตลอดความยาวของหัวดูด โดยอาศัยหลักการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดกับพื้นที่ทางเข้าของอากาศ

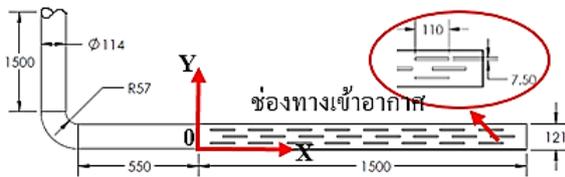
## 3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การวิจัยนี้มีการดำเนินงาน 2 ส่วนคือ 1) การจำลองผลด้วยคอมพิวเตอร์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบหัวดูด พื้นฐานของการจำลองเป็นการแก้สมการควบคุมการไหล ซึ่งประกอบด้วยสมการความต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมเนื่องจากการวิเคราะห์ได้ดำเนินการในรูปแบบการไหลแบบ

ปั่นป่วนร่วมด้วย[6] ดังนั้นจึงมีสมการสำหรับแบบจำลอง ความปั่นป่วนเพิ่มเข้ามาในการแก้สมการ และ 2) การ ทดลองเพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับผลจากการจำลองทาง คอมพิวเตอร์

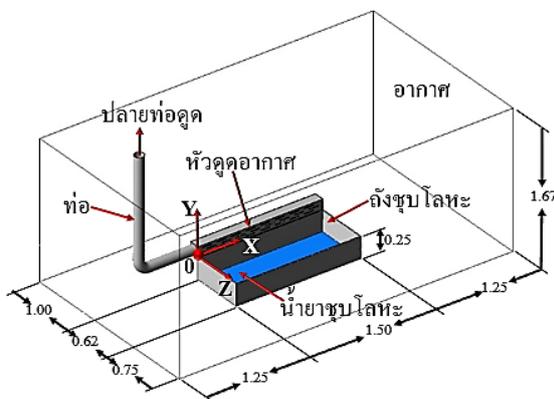
**3.1 การจำลองผลด้วยคอมพิวเตอร์**

การจำลองเริ่มด้วยการสร้างโดเมนของอากาศโดยใช้ โปรแกรม SolidWorks2014 ประกอบด้วย หัวดูดอากาศ ท่อ ถึงขุบโลหะ ระดับน้ำยาขุบโลหะ หัวดูดอากาศแบบเดิมมี ขนาด 0.121×1.500×0.121 m และช่องทางเข้าของอากาศ เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 11.00×0.75 cm ท่อหน้าตัดกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.114 m ต่อเข้ากับด้านข้างของหัว ดูดดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขนาดและลักษณะช่องทางเข้าของหัวดูดแบบเดิม

โดเมนที่เกี่ยวข้องได้แก่ ปริมาตรของอากาศที่อยู่เหนือ ผิวของสารเคมีที่บรรจุในถัง ในทางปฏิบัติระดับของ สารเคมีในถังจะต่ำกว่าปากถังประมาณ 25 cm ดังนั้น โดเมนอากาศส่วนของถังจึงมีขนาด 0.62×1.50×0.25 m เมื่อได้ขนาดของโดเมนของวัตถุ (ท่อ ดูด หัวดูด ถึงขุบ) แล้ว จึงสร้างโดเมนของอากาศครอบระบบดังกล่าวโดย กำหนดขนาดดังแสดงในรูปที่ 3 และเงื่อนไขขอบที่ใช้ใน การจำลองสรุปในตารางที่ 1

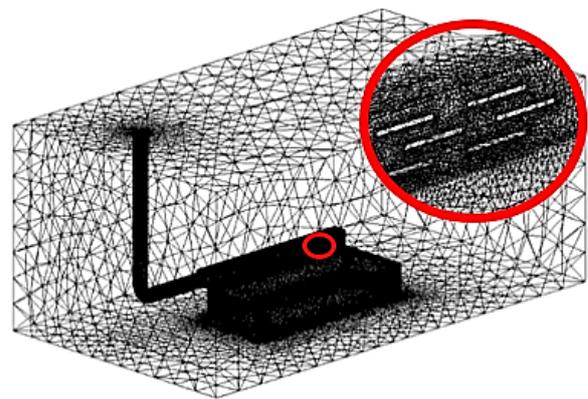


รูปที่ 3 แบบจำลองหัวดูดและ โดเมนของอากาศ

ตารางที่ 1 เงื่อนไขขอบสำหรับการจำลองทางคอมพิวเตอร์

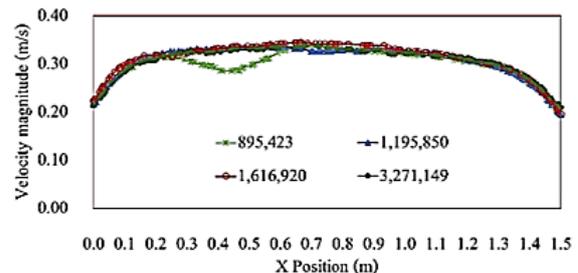
โดเมนอากาศ	Pressure inlet = 0
โดเมนของวัตถุ	
- ผิวด้านหน้าของหัวดูด	Wall (No slip)
- ถึงขุบโลหะ	Wall (No slip)
- ผิวหน้ายาขุบโลหะ	Wall (No slip)
- ผิวด้านข้างของท่อ	Wall (No slip)
- ปลายท่อดูด	Velocity inlet (-40 m/s)

การจำลองผลใช้กริดแบบพีระมิดทรงสี่หน้า (Tetrahedral) โดยกำหนดให้กริดในบริเวณช่องทางเข้าและ ด้านหน้าหัวดูดและถึงมีความละเอียดเท่ากับ 3 mm เพราะ เป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของอากาศสูงดัง แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การสร้างกริด

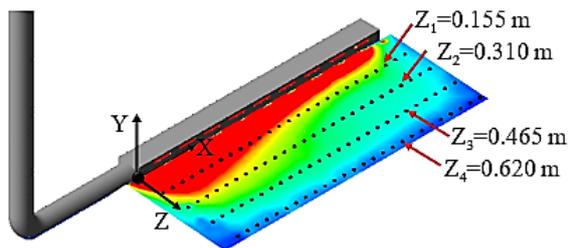
เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากริดที่ใช้มีความเหมาะสมจึง ได้ทำการทดสอบความเป็นอิสระของกริดบนกริด 4 ชุดคือ 895,423, 1,195,850, 1,616,920 และ 3,271,149 เอลิเมนต์ พบว่ากริดขนาด 1,195,850 เอลิเมนต์ ให้ความแม่นยำ เทียบเท่ากับกริดชุดที่ละเอียดกว่าดังแสดงในรูปที่ 5 ดังนั้นจึง เลือกริดชุดดังกล่าวในการใช้งาน



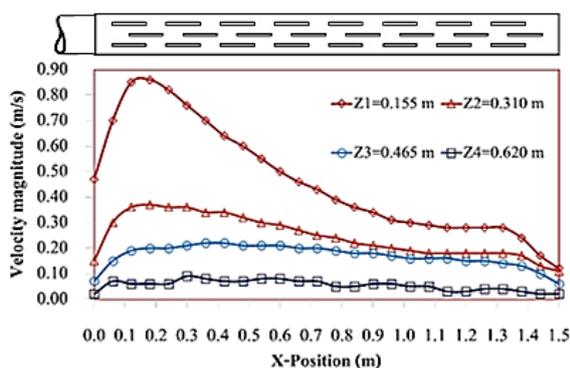
รูปที่ 5 การทดสอบความเป็นอิสระของกริด

การจำลองพฤติกรรมกรไหลใช้โปรแกรม ANSYS FLUENT 14.0 โดยจำลอง 3 แบบ คือ แบบราบเรียบ และแบบปั่นป่วนด้วยแบบจำลอง k- $\epsilon$  และแบบจำลอง k- $\omega$  SST โดยกำหนดค่าคงที่สำหรับแบบจำลอง k- $\epsilon$  เป็น  $C_{\mu} = 0.09$ ,  $C_{1\epsilon} = 1.44$ ,  $C_{2\epsilon} = 1.92$ ,  $\sigma_k = 1$  และค่าคงที่สำหรับแบบจำลอง k- $\omega$  SST เป็น  $\alpha_{\infty}^* = 1$ ,  $\alpha_{\infty} = 0.52$ ,  $\beta_{\infty}^* = 0.09$ ,  $\xi_{\infty}^* = 1.5$  การคำนวณใช้ขั้นตอนวิธี SIMPLE และใช้วิธีผลต่างต้นลม (Upwind differencing scheme) แบบอันดับความแม่นยำสอง กำหนดอันดับการลู่เข้าของการคำนวณทุกสมการเป็น  $10^{-5}$  กำหนดค่าเริ่มต้นการคำนวณของความเร็วและความดันเท่ากับ 0 และค่าเริ่มต้นสำหรับ k,  $\epsilon$ ,  $\omega$  เท่ากับ 1 ทั้งหมด

รูปที่ 6 แสดงคอนทัวร์ของความเร็วยของอากาศบนระนาบ  $Y=0.0605$  m วัดจากขอบถึงขอบ เมื่อนำค่าความเร็วยบนระนาบดังกล่าวที่ระยะห่างจากด้านหน้าหัวคูด  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  และ  $Z_4$  มาแสดงผลได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 คอนทัวร์ความเร็วของอากาศของหัวคูดแบบเดิม



รูปที่ 7 ความเร็วของอากาศของหัวคูดแบบเดิม

จากรูปที่ 7 จะเห็นว่า การกระจายความเร็วของอากาศไม่สม่ำเสมอ โดยความเร็วด้านหน้าหัวคูดจะมีค่าสูงด้านที่ใกล้กับท่อคูด และลดลงเรื่อย ๆ จนถึงปลายหัวคูด ดังนั้นหากมีไอสารเคมีเกิดขึ้นที่บริเวณปลายหัวคูด หัวคูดแบบเดิมจะไม่สามารถคูดไอสารเคมีออกจากระบบได้อย่าง

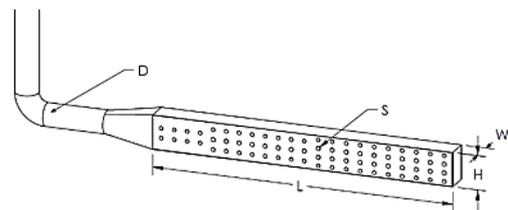
มีประสิทธิภาพ จึงได้นำไปสู่การออกแบบหัวคูดคังแสดงต่อไปนี้

### 3.2 การออกแบบหัวคูดอากาศ

งานวิจัยนี้สนใจออกแบบหัวคูดอากาศใหม่โดยศึกษาพารามิเตอร์ของหัวคูดที่ส่งผลต่อการคูด ดังนี้

- 1) รูปแบบการจัดวางและขนาดช่องทางเข้าของอากาศ โดยศึกษาเปรียบเทียบกับแบบเดิม
- 2) ขนาดความสูงของหัวคูด โดยศึกษาเปรียบเทียบกับ 3 ขนาดคือ 1.5D, 2.0D และ 2.5D
- 3) ขนาดความกว้างของหัวคูด โดยศึกษาเปรียบเทียบกับ 3 ขนาดคือ 1.0D, 1.5D และ 2.0D
- 4) รูปทรงช่องทางเข้าของอากาศ โดยศึกษาเปรียบเทียบกับ 4 รูปแบบ

รายละเอียดของแต่ละพารามิเตอร์แสดงในรูปที่ 8 เมื่อ D เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเท่ากับ 0.114 m, H เป็นความสูงของหัวคูด, W เป็นความกว้างของหัวคูด, L เป็นความยาวของหัวคูดเท่ากับ 1.500 m, S เป็นช่องทางเข้าของอากาศ (พื้นที่รวมของช่องทางเข้าของอากาศเท่ากับ  $0.0198 \text{ m}^2$ )



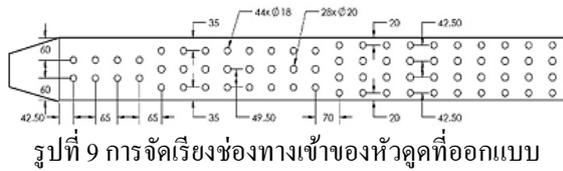
รูปที่ 8 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบหัวคูด

#### 3.2.1 ออกแบบรูปแบบการจัดเรียงช่องทางเข้าของ

##### อากาศ

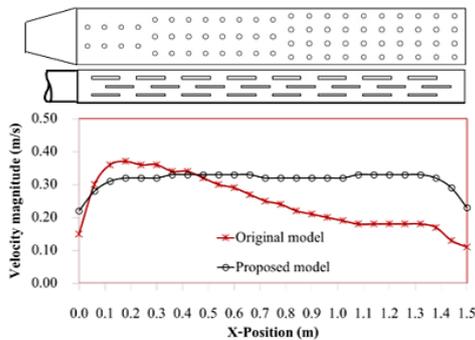
การออกแบบช่องทางเข้าเพื่อให้ได้ความเร็วของอากาศด้านหน้าหัวคูดสม่ำเสมอตลอดความยาวหัวคูดนั้น ในขั้นต้นจะกำหนดให้รูปทรงของช่องทางเข้าของอากาศเป็นวงกลมเพื่อให้ง่ายในการสร้างแบบจำลองและกำหนดพื้นที่ของช่องทางเข้าเท่ากับหัวคูดแบบเดิมคือ  $0.0198 \text{ m}^2$  เนื่องจากหัวคูดด้านที่ต่อกับท่อมีแรงคูดที่สูงและลดลงเรื่อย ๆ จนถึงปลายของหัวคูด ดังนั้นจึงกำหนดให้พื้นที่ทางเข้าเป็นแบบกระจายในลักษณะที่ด้านที่ต่อกับท่อพื้นที่จะน้อยและเพิ่มขึ้นตามความยาวของหัวคูดดังแสดงในรูปที่ 9 เพื่อให้ได้แรงคูดด้านหน้าหัวคูดที่สม่ำเสมอตลอดความยาว

ในการจำลองใช้แบบจำลองการไหลแบบราบเรียบ ผลการออกแบบแสดงในรูปที่ 10



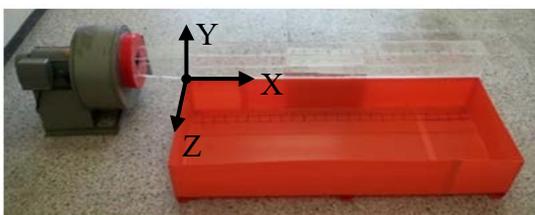
รูปที่ 9 การจัดเรียงช่องทางเข้าของหัวดูดที่ออกแบบ

เมื่อนำการกระจายความเร็วของอากาศด้านหน้าของหัวดูดแบบเดิม และหัวดูดที่ออกแบบช่องทางเข้าแบบใหม่มาเปรียบเทียบกันได้ผลแสดงในรูปที่ 10 จะเห็นว่ารูปแบบที่ออกแบบใหม่ให้การกระจายความเร็วสม่ำเสมอกว่าแบบเดิมอย่างชัดเจน



รูปที่ 10 เปรียบเทียบความเร็วอากาศของช่องทางเข้าของหัวดูดแบบเดิมและหัวดูดที่ออกแบบใหม่

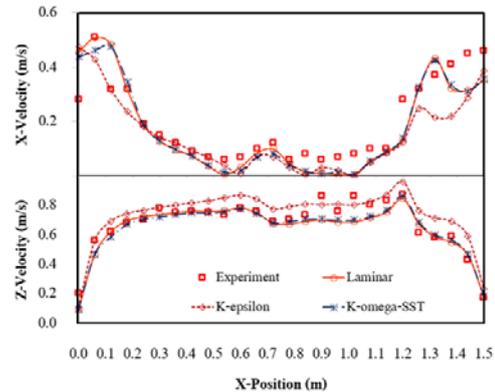
เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการจำลองทางคอมพิวเตอร์และหาแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบหัวดูด จึงได้สร้างชุดทดลองเพื่อใช้ทดสอบ ชุดทดลองประกอบด้วยหัวดูดขนาด 0.114×1.500×0.171 m ถึงขนาด 0.620×1.500×0.250 m และต่อเข้ากับพัดลมดูดอากาศดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ชุดทดลองหัวดูดอากาศ

จากนั้นทำการวัดค่าความเร็วของอากาศในทิศทาง X และ Z (ส่วนทิศทาง Y ไม่สามารถวัดได้จากข้อจำกัดของเครื่องมือวัด) ที่ด้านหน้าของช่องเจาะแต่ละช่องที่ระยะ Z=0.01 m ค่าที่ได้จากการวัดในแต่ละตำแหน่ง X ถูกนำมา

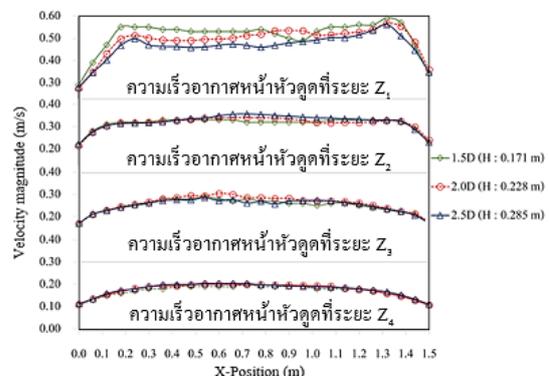
เฉลี่ยแล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลการจำลองทั้ง 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 12 ผลการทดลองพบว่าความเร็วของอากาศทิศทาง Z ในช่วงต้นของหัวดูด (X=0) จะต่ำและเพิ่มขึ้นเมื่อระยะ X เพิ่มขึ้นจนกระทั่งความเร็วมีค่าค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อถึงปลายของหัวดูด (X=1.5) ส่วนความเร็วในทิศทาง X จะสูงบริเวณช่วงต้นและปลายของหัวดูด เนื่องจากมีการดูดเอาอากาศด้านข้างเข้ามาในระบบด้วย ส่วนบริเวณกลางที่เป็นช่วงสมมาตรอากาศมีความเร็วในแนวตั้งฉาก (ทิศ Z) จึงทำให้ความเร็วทิศทาง X มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลการจำลองพบว่ามีความสอดคล้องกันดีและพบว่าผลการจำลองแบบราบเรียบกับแบบปั่นป่วน k- $\omega$  SST มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองมากกว่าแบบจำลอง k- $\epsilon$  แต่เนื่องจากการจำลองแบบราบเรียบใช้เวลาคำนวณน้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกการจำลองแบบราบเรียบในการออกแบบหัวดูดในที่นี้



รูปที่ 12 ความเร็วอากาศที่ตำแหน่งหน้าช่องทางเข้าของอากาศ(บน) แนวแกน X และ (ล่าง)แนวแกน Z

### 3.2.2 ออกแบบความสูงของหัวดูดอากาศ

เมื่อนำค่าความเร็วของอากาศที่ตำแหน่ง  $Z_1, Z_2, Z_3$  และ  $Z_4$  ตามความสูงของหัวดูด ( $Y=0.0855$  m) ของหัวดูดทั้ง 3 ขนาดมาเปรียบเทียบกันได้ผลดังแสดงในรูปที่ 13

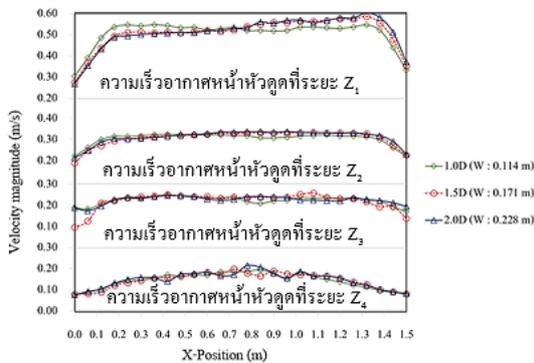


รูปที่ 13 เปรียบเทียบความเร็วของอากาศของหัวดูดทั้ง 3 ขนาดความสูง

จากรูปที่ 13 จะเห็นว่าหัวคูดทั้ง 3 ขนาดให้ลักษณะการกระจายความเร็วของอากาศใกล้เคียงกัน เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเปรียบเทียบขนาดความสูงของหัวคูดในขณะที่ขนาดของท่อคูดเท่าเดิม ย่อมไม่ส่งผลให้อัตราการคูดอากาศที่ถูกคูดเข้าสู่หัวคูดมีการเปลี่ยนแปลงนั่นคือที่อัตราการคูดคงที่ค่าหนึ่งการเปลี่ยนความสูงของหัวคูดไม่ส่งผลต่อการกระจายแรงคูด

**3.2.3 ออกแบบความกว้างของหัวคูดอากาศ**

เมื่อนำค่าความเร็วของอากาศที่ตำแหน่ง  $Z_1, Z_2, Z_3$  และ  $Z_4$  ตามแนวกึ่งกลางความสูงของหัวคูด ( $Y=0.0855$  m) ของหัวคูดทั้ง 3 ขนาดมาเปรียบเทียบกัน ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 14

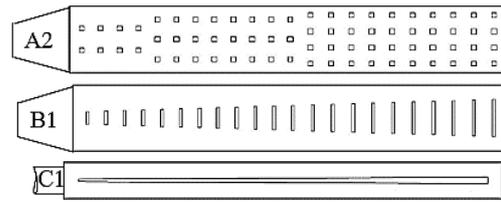
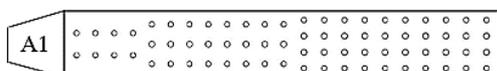


รูปที่ 14 เปรียบเทียบความเร็วของอากาศของหัวคูดทั้ง 3 ขนาดความกว้าง

จากรูปที่ 14 จะเห็นว่าหัวคูดทั้ง 3 ขนาดให้ลักษณะการกระจายความเร็วของอากาศใกล้เคียงกัน เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเปรียบเทียบขนาดความกว้างของหัวคูดในขณะที่ขนาดของท่อคูดเท่าเดิมย่อมไม่ส่งผลให้อัตราการคูดอากาศเข้าสู่หัวคูดเปลี่ยนแปลงเมื่ออัตราการคูดคงที่การกระจายความเร็วของอากาศจึงไม่เปลี่ยนแปลงแม้จะเปลี่ยนความกว้างของหัวคูดก็ตาม

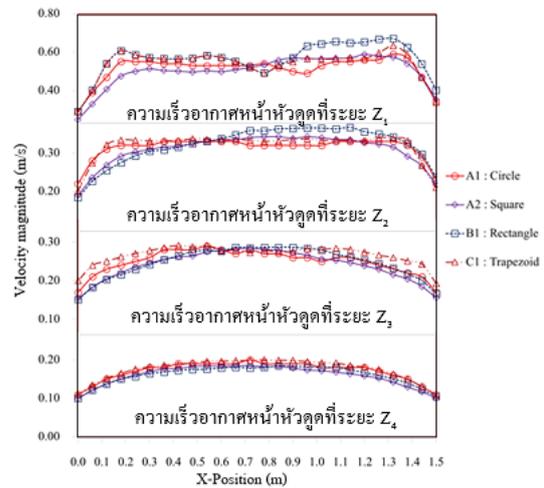
**3.2.4 การออกแบบรูปทรงช่องทางเข้าของอากาศ**

กำหนดให้พื้นที่ทางเข้ารวมของอากาศเท่ากับ 0.0198 m<sup>2</sup> ในทุกโมเดลปรับรูปทรงของช่องทางเข้าเป็น 3 รูปแบบคือรูปแบบ A เป็นการกระจายช่องทางเข้าแบบขั้นบันไดลักษณะช่องมี 2 แบบคือวงกลมและสี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปแบบ B เป็นแบบรวมช่องเข้าด้วยกันเพื่อสร้างการกระจายของพื้นที่ช่องทางเข้าให้ต่อเนื่องมี 1 แบบคือสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปแบบ C เป็นช่องแบบต่อเนื่องรูปสี่เหลี่ยมคางหมูดังแสดงในรูปที่ 15



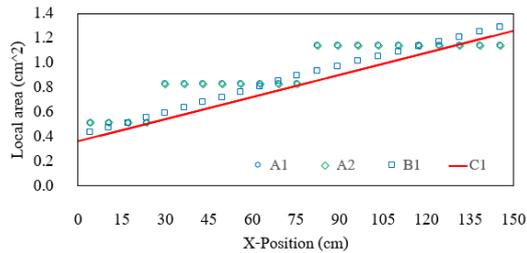
รูปที่ 15 (A1, A2)ช่องแบบกระจาย(B1)ช่องแบบรวม (C1)ช่องแบบต่อเนื่อง

เมื่อนำค่าความเร็วของอากาศที่ตำแหน่ง  $Z_1, Z_2, Z_3$  และ  $Z_4$  ตามแนวความสูงของหัวคูด ( $Y=0.0855$  m) ของหัวคูดทั้ง 4 แบบมาเปรียบเทียบกันได้ผลดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 เปรียบเทียบความเร็วของอากาศสำหรับช่องทางเข้าของอากาศ

จากรูปที่ 16 จะเห็นว่าเมื่อกำหนดพื้นที่ของช่องทางเข้าอากาศให้เท่าเดิมแต่เปลี่ยนรูปทรงของช่องทางเข้าการกระจายความเร็วของอากาศด้านหน้าหัวคูดมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเปลี่ยนรูปทรงช่องทางเข้าของอากาศในขณะที่ขนาดของท่อคูดเท่าเดิมย่อมไม่ส่งผลให้อัตราการคูดเปลี่ยนแปลงการกระจายความเร็วของอากาศจึงไม่เปลี่ยนแปลงดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่ออัตราการคูดคงที่ค่าหนึ่งรูปทรงของช่องเจาะไม่ส่งผลต่อการกระจายแรงคูดเมื่อนำพื้นที่ช่องเจาะทั้ง 4 แบบมาแสดงผลเทียบกับระยะ X ได้ดังรูปที่ 17 จะเห็นว่าแบบ A1 และ A2 มีการกระจายแบบขั้นบันไดส่วนแบบ B1 เป็นการเจาะช่องแบบรวม และ C1 เป็นการเจาะแบบต่อเนื่องรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (ดูรูปที่ 15) ทุกรูปแบบให้ลักษณะการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เทียบกับระยะ X ที่คล้ายกัน ซึ่งพบว่าลักษณะการเจาะช่องทางเข้าที่มีแนวโน้มดังกล่าวจะทำให้การกระจายแรงคูดที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการเจาะช่องแบบ



C1 สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วเพราะใช้การเจาะเพียงครั้งเดียว

รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ช่องเจาะกับระยะ X

#### 4. บทสรุป

1) งานวิจัยนี้ออกแบบหัวดูดโดยใช้การจำลองทางคอมพิวเตอร์และเปรียบเทียบกับผลการทดลองพบว่าผลการจำลองคอมพิวเตอร์สอดคล้องกับผลการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า การจำลองการไหลแบบราบเรียบมีความเหมาะสมในการใช้ออกแบบหัวดูด

2) เปรียบเทียบการกระจายแรงดูดพบว่าหัวดูดแบบเดิมให้การกระจายแรงดูดที่ไม่สม่ำเสมอ ส่วนหัวดูดที่ออกแบบโดยการจัดเรียงช่องเจาะใหม่ให้การกระจายแรงดูดอากาศที่สม่ำเสมอ

3) ที่อัตราการดูดคงที่ค่าหนึ่งการเปลี่ยนแปลงความสูงของหัวดูดไม่ส่งผลต่อการกระจายแรงดูด

4) ที่อัตราการดูดคงที่ค่าหนึ่งการเปลี่ยนแปลงความกว้างของหัวดูดไม่ส่งผลต่อการกระจายแรงดูด

5) ที่อัตราการดูดคงที่ค่าหนึ่งรูปทรงของช่องเจาะไม่ส่งผลต่อการกระจายแรงดูด

6) การกระจายความเร็วของอากาศจะสม่ำเสมอขึ้นเมื่อเจาะช่องใหม่พื้นที่เพิ่มขึ้นตามระยะ X

#### 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Thaphaniyangkul, Industrial Sector Codes of Practice for Pollution Prevention, Department of Industrial Works, BKK, 2005.
- [2] M. Petchmaneechote, Air Pollution Control System Guide Book, Enco Training, BKK, 2006.
- [3] S. Arnold, Industrial Ventilation Manual 22<sup>nd</sup> Edition, ACGIH Worldwide, WA, 1997.
- [4] S. Arnold, Industrial Ventilation Manual 23<sup>rd</sup> Edition, ACGIH Worldwide, WA, , 1998.

[5] H. J. McDermott, Handbook of Ventilation for Contaminant Control, ACGIH Worldwide, CA, 2001.

[6] H. K. Versteeg and W. Malalasekera, Computational Fluid Dynamics, Longman Scientific & Technical, NY, 1995.