

การจำลองพฤติกรรมการไหลเพื่อออกแบบหัวดูดที่เหมาะสมสำหรับถังชุบโลหะ

Simulation of Airflow for optimum Hood Design for Planting Tanks

ภัทรพันธุ์ ทมตักแก้ว และ กীরติ สุลักษณ์ *

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

* อีเมล: keerati@sut.ac.th, โทรศัพท์: 044-224410, โทรสาร: 044-224613

บทคัดย่อ

การชุบโลหะเป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของโลหะ เช่น ความเงา ความคงทน สภาพกัดกร่อน ความแข็งแรง เป็นต้น ในระหว่างการชุบมักเกิดไอระเหยของสารเคมีในน้ำยาชุบปนเปื้อนในอากาศ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ การควบคุมไม่ให้ไอระเหยเหล่านั้นฟุ้งกระจายในอากาศมีค่าสูงกว่าที่กำหนดถือเป็นกฎที่ต้องปฏิบัติโดยเคร่งครัด งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและการออกแบบหัวดูดสำหรับดูด ไอระเหยจากการชุบโลหะ หัวดูดถูกออกแบบสำหรับถังชุบโลหะ 3 ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) ได้แก่ 0.62x1.5x1.0 เมตร, 1.0x1.5x1.0 เมตร และ 1.5x1.5x1.0 เมตร เพื่อประเมินความเหมาะสมด้านขนาด ลักษณะการเจาะช่องทางดูด และลักษณะการติดตั้ง บนเงื่อนไขความเร็วจับ (Capture Velocity) ของอากาศที่ทุกจุดบนระนาบปากถังชุบไม่น้อยกว่า 0.5 เมตรต่อวินาที การศึกษาใช้การจำลองทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม ANSYS Fluent14.0 เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของอากาศบนพื้นฐานการไหลแบบปั่นป่วน ผลที่ได้จะทำให้ทราบอัตราการไหลของลมดูด ขนาดของหัวดูด ลักษณะการเจาะช่องทางดูด และลักษณะการติดตั้ง ที่เหมาะสมกับถังแต่ละขนาด ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมชุบโลหะในการใช้ออกแบบกระบวนการชุบที่ปลอดภัย

คำหลัก: การชุบโลหะ, หัวดูด, ความเร็วจับยึด, การจำลองการไหล, การออกแบบ

Abstract

The objective of the metal plating process is to increase the properties of metals, such as shininess, corrosion resistance, and hardness. During the plating process, it usually born as the vapors of chemicals in contaminated plating solutions in the air which are harmful to human health. Thus, it is a rule that must strictly perform in order to control these contaminants not spread in the air higher than limit. Therefore, this research studies and designs hoods for sucking contaminants from the metal plating process. The hoods were designed for metal plating tanks in 3 sizes (width x length x height), including 0.62 x 1.5 x 1.0 m, 1.0 x 1.5 x 1.0 m, and 1.5 x 1.5 x 1.0 m respectively in order to estimate suitability in size, drilling characteristic of sucking channel, and characteristic of installation on capture velocity in the air at every points on tank planes not less than 0.5 m/s. This research uses computer simulation with ANSYS Fluent 14.0 program to analyze the flow behavior on the turbulent flow. The result is to know the flow rate of sucking wind, size of hood, drilling characteristic of sucking channel, and characteristic of

CST-37

installation that is suitable for each size tanks. In additional, it is very useful for the plating industry in designing the safe metal plating process.

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

1. บทนำ

การชุบโลหะเป็นกระบวนการที่ทำเพื่อเพิ่มคุณสมบัติต่างๆ ของโลหะ ซึ่งขั้นตอนของการชุบโลหะหรือเริ่มตั้งแต่การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการชุบโลหะหรือการทำความสะอาดผิวชิ้นงานเพื่อกำจัดคราบไขมันจารบี หรือน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนผิวชิ้นงานให้หมดไป ในกระบวนการทั้งสองขั้นตอนนั้นมีการใช้สารเคมีที่ก่อให้เกิดก๊าซที่เป็นพิษต่อร่างกาย ในการเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการชุบโลหะนั้นมีการใช้สารเคมีที่เป็นกรดได้แก่ กรดบอริก กรดกำมะถัน กรดเกลือ และสารเคมี ที่เป็นต่างได้แก่ โซดาไฟ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ รวมถึงตัวทำละลายคือ โทลูอิน และไตรคลอโรเอทิลีน ส่วนขั้นตอนของการชุบโลหะนั้น เช่น การทองแดง นิกเกิล โครเมียม ซึ่งเป็นที่นิยมนั้น มีการใช้สารเคมีที่เป็นของแข็งได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต คอปเปอร์ไฟโรฟอสเฟต โพแทสเซียมไฟโรฟอสเฟส นิกเกิลซัลเฟต โซเดียมซัลเฟต นิกเกิลคลอไรด์ และสารเคมีอันตรายอันได้แก่ โซเดียมไซยาไนด์ โพแทสเซียมไซยาไนด์ คอปเปอร์ไซยาไนด์ โครมิกแอซิด หรือโครเมียมไตรออกไซด์ และโครมิกแอซิด ซึ่งในปัจจุบันการกำจัดก๊าซพิษที่เกิดจากกระบวนการชุบโลหะนั้นจะใช้การติดตั้งหัวดูดอากาศ (Hood) ที่ขอบถังชุบ ดังรูป



รูปที่ 1 หัวดูดอากาศที่ใช้ในกระบวนการชุบโลหะ

ที่มา www.สก๊อตทอง.com
ซึ่งหัวดูดอากาศ (Hood) แบบเดิมนั้นยังให้ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซพิษที่เกิดขึ้นได้ไม่ดี อาจทำให้เกิดสารพิษตกค้างในอากาศซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อคนที่อยู่ภายในบริเวณนั้นๆ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาพการทำงานในการชุบโลหะด้วยสารเคมีต่างๆ ก๊าซพิษที่เกิดจากการชุบโลหะ และการจำกัดก๊าซพิษโดยใช้หัวดูดอากาศ (Hood) การศึกษาใช้การจำลองปัญหาเพื่อวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่สำคัญในการออกแบบหัวดูดอากาศที่เหมาะสมที่สุดกับถังชุบโลหะ ซึ่งอาจจะนำไปถึงการสร้างหัวดูดอากาศที่ใช้การกระบวนการชุบโลหะเพื่อเป็นการสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีในการทำงาน

2. การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

2.1 สารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะแต่ละกลุ่มโลหะ

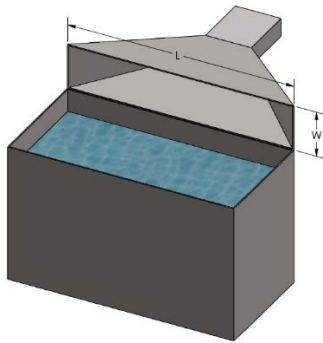
การชุบโลหะแต่ละประเภทนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งจะใช้สารเคมีที่ต่างกันในการชุบ และก๊าซพิษที่เกิดขึ้นก็จะแตกต่างกันไปด้วย ตารางที่ 1 สารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะประเภทต่างๆ

กลุ่มชุบโลหะ	วัตถุประสงค์	สารเคมี
นิกเกิล	นิกเกิลเงา นิกเกิลดำ นิกเกิลกึ่งเงา ซาตินนิกเกิล และนิกเกิลดำ	สารละลายนิกเกิลคลอไรด์ สารละลายนิกเกิลซัลเฟต สารละลายกรดบอริก
โครเมียม	ความแข็งแรง	สารละลายกรดโครมิก สารละลายกรดซัลฟิวริก โครเมียมเฮกซะวาเลนท์ไอออน
ทองแดง	เคลือบผิวชั้นแรกของโลหะ เดิมก่อนที่จะนำไปชุบโลหะ อื่นๆ	-การชุบทองแดงแบบต่าง คอปเปอร์ไซยาไนด์ โซเดียมไซยาไนด์ โพแทสเซียมไซยาไนด์ โซเดียมคาร์บอเนต -การชุบทองแดงแบบกรด คอปเปอร์ซัลเฟต กรดซัลฟิวริก

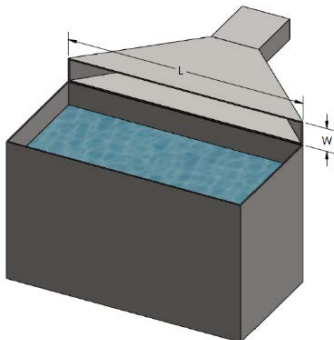
CST-37

2.2 การออกแบบหัวดูดอากาศสำหรับถังชุบโลหะ

ประเภทของหัวดูดอากาศในกระบวนการชุบโลหะนั้นเป็นหัวดูดแบบ Capture Hood ซึ่งแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ Side Draft Hood และ Slot Hood ดังรูป



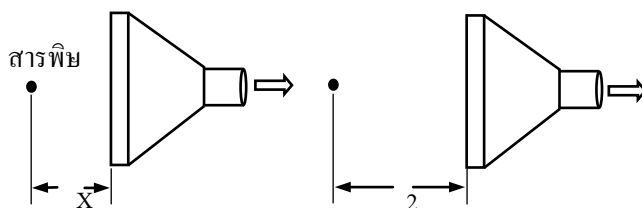
รูปที่ 2 Slide Draft Hood ; $W/L \geq 0.2$



รูปที่ 3 Slot Hood ; $W/L < 0.2$

พารามิเตอร์ที่สำคัญของการออกแบบหัวดูดอากาศคือ Capture Velocity เป็นความเร็วต่ำสุดที่อากาศ ณ จุดกำเนิดสารปนเปื้อน ซึ่งอยู่ไกลสุดที่สุดถูกดูดเข้าสู่ระบบขึ้นอยู่กับ

- อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ชุด
- รูปร่างของชุด



รูปที่ 4 Capture Velocity

ตารางที่ 1 ค่า Capture Velocity ในแต่ละงาน

ประเภทงาน	Capture Velocity (m/s)
การระเหยจากแท่งเคีสารเคมี	0.25-0.5
การเชื่อมโลหะ ชุบโลหะ บรรจุสารเคมี บุรพ่นสี	0.5-1.0
งานบัดด้อย ฟันสีในบุรที่แคบๆ เทสารเคมีลงถัง	1.0-2.5
งานเจียร ขัด	2.5-10.0

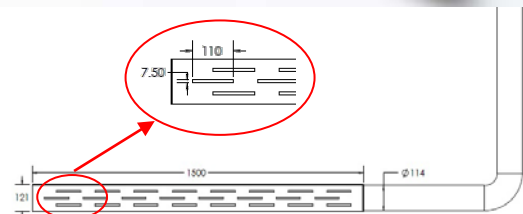
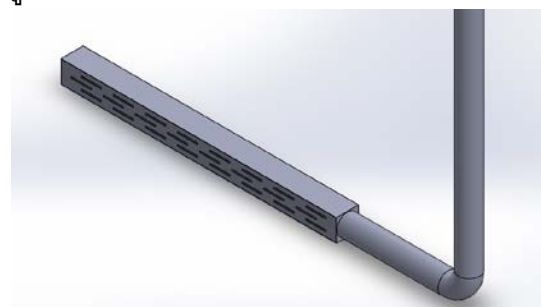
ขนาดถังชุบที่ใช้ในการออกแบบเป็นถังขนาดเล็กมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 0.62x1.5x1.0 เมตร

2.3 การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การจำลองการไหลของอากาศเพื่อออกแบบหัวดูดอากาศแบ่งออกเป็นสองกรณีคือ การจำลองการไหลของอากาศในหัวดูดอากาศ(Hood) แบบเดิมที่ใช้ในปัจจุบันเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการไหลของอากาศที่เกิดขึ้น และนำไปสู่การออกแบบหัวดูดอากาศที่เหมาะสมที่จะใช้กับถังชุบโลหะ

หัวดูดอากาศแบบเดิม

เป็นแบบสลอตดูด หน้าหลักคือทำให้อากาศเคลื่อนที่เข้าและกระจายตัวอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งลักษณะของสลอต(ทางเข้าของอากาศ) เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด ดังรูป (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)



รูปที่ 5 สลอตดูด

CST-37

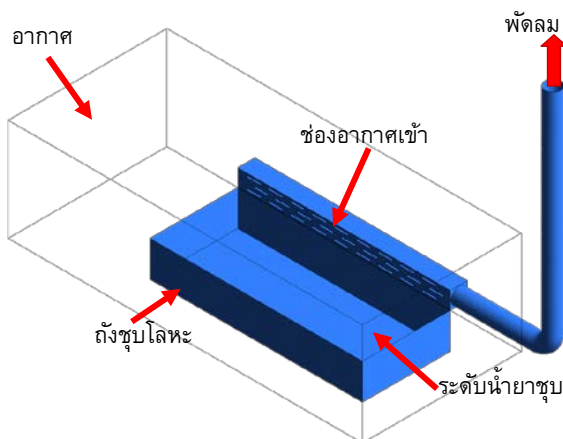
พื้นที่ของช่องอากาศเข้าเท่ากับ 0.0198 ตารางเมตร ซึ่งในการออกแบบชุดดูดอากาศนั้น ใช้พื้นที่ช่องทางเข้าของอากาศเท่ากันในทุกโมเดล

ในการจำลองการไหลทางคอมพิวเตอร์นั้นจำลองโดยใช้โปรแกรม ANSYS Fluent 14.0 ซึ่งจะเริ่มจากการสร้างหัวดูดอากาศและโดเมนของอากาศ จากนั้นจะถูกนำไปสร้างเมชตามกระบวนการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ พร้อมทั้งกำหนดค่าเงื่อนไขขอบสำหรับ การจำลองการไหลของอากาศที่เข้าสู่ชุดดูดอากาศ

การสร้างกริด

- การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ใช้กริดแบบ Tetrahedral(สามเหลี่ยม)
- จำนวนกริดที่ใช้โดยเฉลี่ยในแต่ละแบบจำลองประมาณ 900,000 เอลิเมนต์
- กำหนดให้กริดที่ช่องทางเข้าของอากาศมีความละเอียดโดยใช้ขนาดเอลิเมนต์เท่ากับ 5 มิลลิเมตร

การกำหนดค่าเงื่อนไขขอบ

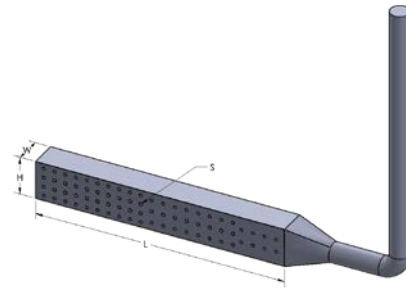


รูปที่ 6 หัวดูดอากาศและโดเมนที่ใช้ในการจำลอง

กำหนดค่าเงื่อนไขขอบสำหรับจำลองการไหลดังนี้

อากาศ	Pressure inlet = 0
ช่องอากาศเข้า (สลีต)	-
ถังซูปโลหะ	Wall
ระดับน้ำยาซูปโลหะ	Wall
พัดลม	Velocity inlet = -40m/s

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบชุดดูดอากาศ



D: ขนาดท่อเท่ากับ 0.114 เมตร

H: ความสูงของหัวดูดอากาศเท่ากับ 1.5, 2 และ 2.5 เท่าของขนาดท่อ

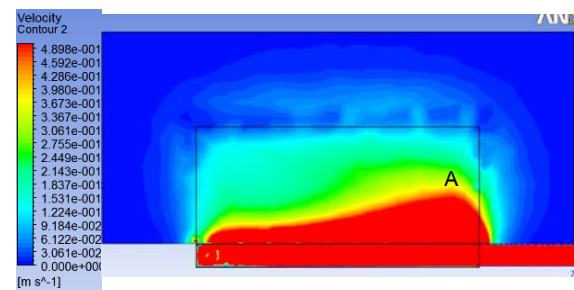
L: ความยาวเท่ากับ 1.5 เมตร

W: ความกว้างของหัวดูดอากาศ 1, 1.5 และ 2 เท่าของขนาดท่อ

3. ผลการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์ผล

3.1 ผลการจำลองการไหลชุดแบบเดิม

เมื่อจำลองการไหลของอากาศของหัวดูดอากาศแบบเดิม ผลที่ได้เป็นดังนี้



รูปที่ 7 Contour ของความเร็วอากาศของชุดแบบเดิม

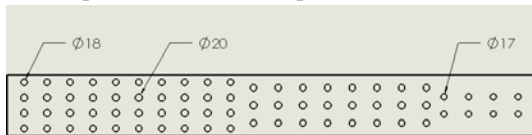
จากผลของความเร็วที่ได้จะเห็นว่าความเร็วที่ระนาบกึ่งกลางของสูงของหัวดูดอากาศ(0.065 เมตร) นั้นการกระจายตัวของความเร็วของอากาศที่เข้าสู่หัวดูดอากาศจะสูงที่ต้นทางด้านที่ติดกับท่อ(จุด A)และความสามารถในการดูดอากาศเข้าสู่ชุดจะสูงที่สุด ในช่วงนี้ และจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงปลายของชุดที่ความสามารถในการดูดอากาศจะต่ำสุด และเมื่อนำค่าความเร็วมาเปรียบเทียบกับค่า Capture Velocity (0.5 เมตร/วินาที) พบว่าความเร็วลมในการดูดไอระเหยนั้นยังต่ำกว่าค่า Capture Velocity อยู่มาก ซึ่งส่งผลให้ไม่

CST-37

สามารถดูดไอระเหยที่เกิดจากซุบโลหะได้หมด ทำให้เกิดสารพิษตกค้างสะสมในอากาศ และเป็นอันตรายต่อบุคคลที่ทำงานอยู่ในบริเวณนั้น

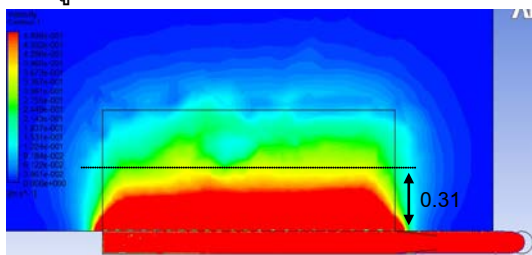
3.1 ผลการออกแบบชุดดูดอากาศ

ลักษณะของสล็อตหรือช่องทางเข้าของอากาศ มีรูปทรงและขนาดดังรูป

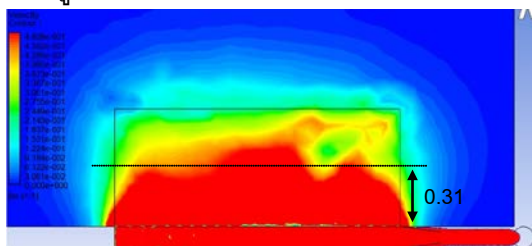


1. ปรับความสูงของหัวดูดอากาศเท่ากับ 1.5, 2, 2.5 เท่าของท่อและกำหนดความกว้างเท่ากับ 0.115 เมตร เท่ากันทุกโมเดล ผลของความเร็วที่ระยะห่างจากขอบถึงเท่ากับ 0.08 เมตรในแนวตั้ง เป็นดังนี้

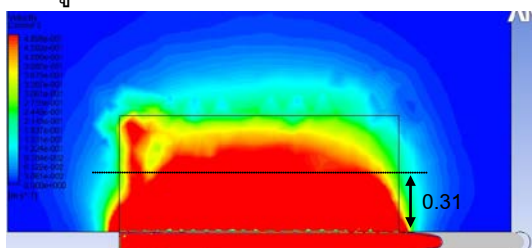
- ความสูง 0.171 เมตร



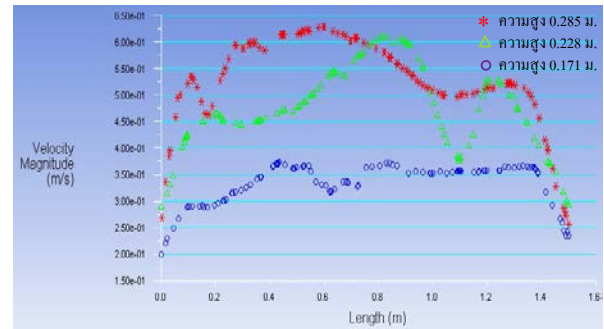
- ความสูง 0.228 เมตร



- ความสูง 0.285 เมตร



เมื่อนำค่าความเร็วบนระนาบดังกล่าว ที่ระยะห่างจากทางเข้าหัวดูดอากาศเท่ากับ 0.31 เมตร (กึ่งกลางถึง) ของหัวดูดทั้งสามขนาดมาแสดงเป็นกราฟ ได้ดังนี้

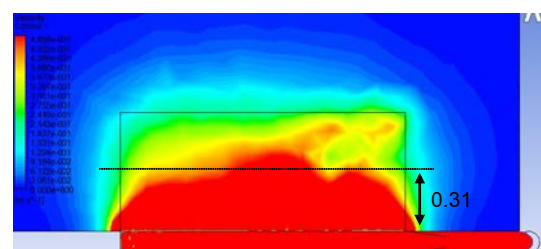


กราฟที่ 1 ความเร็วอากาศที่ระยะห่างจากทางเข้าของอากาศ 0.31 เมตรของหัวดูดอากาศทั้งสามขนาด

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำหนดค่าความกว้างของชุดให้เท่ากันแล้วเพิ่มความสูงของชุดขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดอากาศนั้นสามารถดูดได้ไกลขึ้นด้วย แต่การกระจายตัวของความเร็วที่ระยะห่างจากทางเข้าของอากาศนั้นจะไม่สม่ำเสมอ แต่แรงลมในการดูดจะสูง ดังแสดงในเส้นกราฟของหัวดูดที่มีความสูงเท่ากับ 0.228 และ 0.285 เมตรนั้น ส่วนหัวดูดที่มีความสูงเท่ากับ 0.171 เมตร การกระจายตัวของอากาศค่อนข้างสม่ำเสมอ แต่แรงลมในการดูดอากาศจะต่ำกว่าทั้งสองขนาดข้างต้น

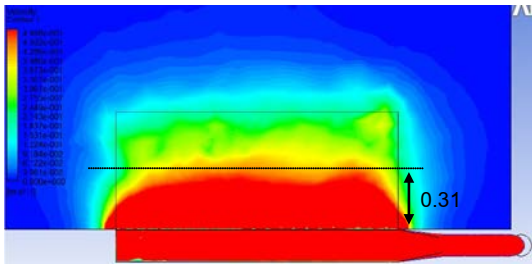
2. ปรับความกว้างของหัวดูดอากาศเท่ากับ 1, 1.5, 2 เท่าของท่อและกำหนดความสูงเท่ากับ 0.228 เมตร เท่ากันทุกโมเดล ผลของความเร็วที่ระยะห่างจากขอบถึงเท่ากับ 0.114 เมตรในแนวตั้ง เป็นดังนี้

- ความกว้าง 0.114 เมตร

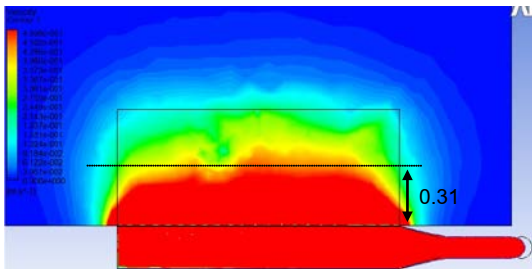


- ความกว้าง 0.171 เมตร

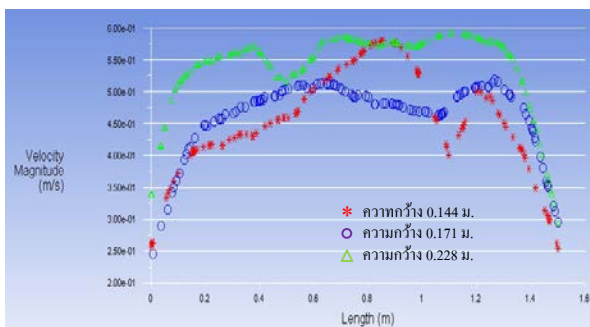
CST-37



- ความกว้าง 0.228 เมตร



เมื่อนำค่าความเร็วบนระนาบดังกล่าว ที่ห่างจากทางเข้าหัวดูดอากาศเท่ากับ 0.310 เมตร (กึ่งกลางถึง) มาแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



กราฟที่ 2 ความเร็วอากาศที่ระยะห่างจากทางเข้าของอากาศ 0.31 เมตรของหัวดูดอากาศทั้งสามขนาด

จากกราฟที่ 2 จะเห็นว่าค่าความเร็วของอากาศที่ได้จากหัวดูดอากาศที่เพิ่มความกว้างทั้งสามแบบนี้มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำหนดค่าความสูงของหัวดูดให้เท่ากันแล้วเพิ่มความกว้างหรือว่าความลึกของหัวดูดขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดอากาศหรือความเร็วของอากาศที่ระยะต่างๆ ในแต่ละระนาบบนทั้งซัพนั้นสามารถดูดใกล้เคียงกัน แต่จะมีที่ระยะความกว้างของหัวดูดที่น้อยที่สุดที่ทำการจำลองนั้นค่าความเร็วจะมีการเปลี่ยนแปลงสูงเมื่อพิจารณาที่ระยะห่างจากหัวดูดเดียวกันดังแสดงในกราฟที่ 2 และความเร็วจะ

สม่ำเสมอขึ้นเมื่อความกว้างของหัวดูดเพิ่มขึ้น แต่ในการใช้งานจริงหัวดูดที่มีความกว้างมากขึ้น อาจจะทำให้เกิดการกีดขวางพื้นที่ทำงาน และทำให้เกิดความไม่สะดวกในการทำงานได้ ดังนั้นจึงควรเลือกความกว้างของหัวดูดให้เหมาะสมกับลักษณะของงานด้วย

4. สรุป

จากการจำลองการไหลของอากาศผ่านชุดดูดอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอุตสาหกรรมชุบโลหะ ผลที่ได้คือแรงลมหรือความสามารถในการดูดไอระเหยในอากาศนั้นจะสามารถดูดได้ในช่วงต้นของชุดด้านที่ติดกับท่อและจะลดลงดังที่แสดงในผลการจำลอง และจากการออกแบบชุดดูดอากาศสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเจาะช่องทางเข้าของอากาศ รูปทรงที่ใช้เป็นวงกลมและ ระยะห่างของช่องรูเจาะแต่ละช่องดังที่แสดงในผลการจำลองนั้น ทำให้ได้ความเร็วของอากาศที่ช่องสลิตแต่ละช่องนั้นเท่ากันตลอดหน้าตัด
2. การเพิ่มความสูงของหัวดูด จะทำให้ความสามารถในการดูดอากาศที่มีสารปนเปื้อนนั้นสามารถดูดได้ระยะที่ไกลขึ้น
3. การเพิ่มความกว้างหรือความลึกของหัวดูด จะทำให้ความสามารถในการดูดอากาศที่มีสารปนเปื้อนนั้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ของหัวดูดซึ่งอาจจะทำให้เกิดการกีดขวางพื้นที่ทำงานได้

อย่างไรก็ตามการนำหัวดูดอากาศไปใช้งานนั้นสิ่งต้องคำนึงถึงคือต้องให้เหมาะสมกับลักษณะงานนั้นๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานสูงสุด

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] (2548). หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาชุบโลหะ, กรุงเทพฯ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

CST-37

[2] (2554). คู่มือการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ประเภทการผลิตโลหะเป็นภาชนะ เครื่องมือเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ต่างๆ, กรุงเทพฯ : กองสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย

[3] ศรีรัตนา วาณิชชิตศักดิ์ และ ชวลิต กิตติชัยการ (2552). การออกแบบระบบระบายอากาศในโรงงานผลิตเคมี กรณีศึกษาการระบายอากาศในห้อง PL-Z, วิศวกรรมสาร มก., ฉบับที่ 69 ปีที่ 22, สิงหาคม – ตุลาคม 2552, หน้า 70 – 79

[4] สุนทรี ฟักเย็น (2551). การออกแบบระบบระบายอากาศเพื่อกำจัดฝุ่น กรณีศึกษาการระบายอากาศสำหรับขั้นตอนการเตรียมผ้าโรงงานฟอกย้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dkivvdc[[ด ต