

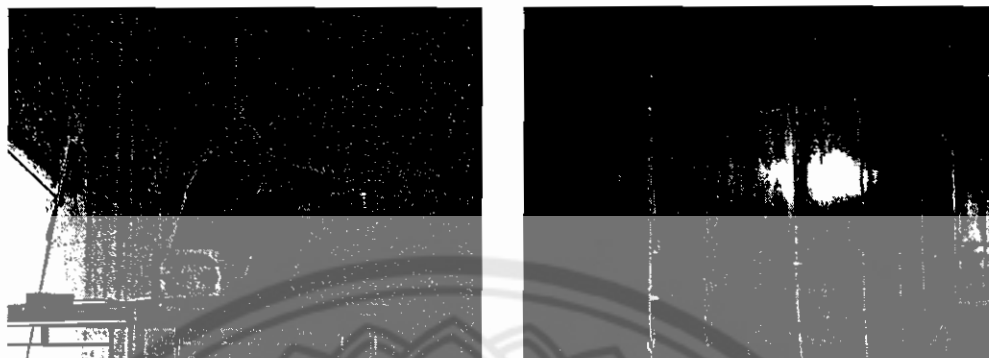
บทที่ 3.

การออกแบบ

โดยทั่วไปการออกแบบห้องพ่นทรายนั้น มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น การป้องกันการสึกหรอของผนังและพื้นห้องที่เกิดจากการพุ่งเข้าชนของสารขัดพ่น(เม็ดซิลิกา) และการดูแลฝุ่นที่เกิดขึ้นออกไปจากห้องพ่น ตลอดจนการนำเอาเม็ดสารขัดพ่นที่ถูกพ่นไปแล้ว กลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

3.1 การออกแบบผนังและพื้นของห้องยิงทราย

ด้วยสาเหตุดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นของการยิงทรายนั้น ความเร็วในการอัดลมเพื่อพ่นเอาสารขัดพ่นออกมานั้น ต้องใช้ความเร็วที่สูงมาก อาจทำให้เกิดการสึกหรอของผนังและพื้นห้องเกิดขึ้นได้ เนื่องจากผนังและพื้นห้องเป็นปูนซีเมนต์ ดังนั้นในการออกแบบการป้องกันการสึกหรอของพื้นห้อง จึงเลือกใช้เหล็กเหนียวธรรมดา (SS - 41) ซึ่งเป็นเหล็กแผ่น PL ขนาด 4 X 5 ฟุต (1,220 X 2,440 มิลลิเมตร) หนา 3 มิลลิเมตร ทำผนังโดยใช้พุกเหล็กขนาด 5/16 นิ้ว ยึดติดไว้ ในส่วนของ การออกแบบพื้นห้องจะประกอบไปด้วยรางครนที่ออกแบบไว้สำหรับการขนถ่ายชิ้นงาน ซึ่งทำจากเหล็กคานเหนียวธรรมดา (SS-41) ขนาด 50 X 50 มิลลิเมตร โดยมีรกลื่นที่สามารถเลื่อนเอาชิ้นงานเข้า-ออกห้องพ่นได้ และใช้เหล็กเหนียวธรรมดา (SS-41) ซึ่งเป็นเหล็กแผ่น PL ขนาด 4 X 5 ฟุต (1,220 X 2,440 มิลลิเมตร) หนา 3 มิลลิเมตร และ 2 มิลลิเมตรปูที่พื้นห้อง โดยเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตรจะพับเป็นรูปคล้ายตัว U) ทั้งนี้ทั้งนั้นเพื่อใช้ในการกวาดเก็บเม็ดสารขัดพ่นที่ถูกพ่นไปแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ เพราะเนื่องจากว่าในการพ่นทรายนั้น เราไม่สามารถควบคุมทิศทางของเม็ดสารที่ถูกพ่นออกไปแล้วได้ ซึ่งอาจจะมีเม็ดสารขัดพ่นจำนวนมากพอสมควรที่กระเด็นไปในทิศทางต่างๆทั่วห้องพ่น ส่วนเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตรใช้ปูพื้น โดยเพิ่มความแข็งแรงของเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตรนี้ด้วยการเชื่อมเหล็กแผ่นที่พับเป็นรูปคล้ายตัว U) เช่นกัน เชื่อมตามติดไว้ที่ใต้แผ่นเหล็ก โดยเหล็กที่จะนำมาพับและนำมาเชื่อมด้านนี้จะหนา 2 มิลลิเมตรด้วยเช่นกัน



รูปที่ 3.1 แสดงผนังห้องยิงทราย

3.2 การออกแบบระบบการยิงทราย

โดยทั่วไปสำหรับการยิงทรายนั้น ไม่ว่างานนั้นจะเป็นงานที่ต้องการความหยาบ-ละเอียด และความสะอาดของผิวชิ้นงาน ที่มากหรือน้อยต่างกันก็ตาม แต่อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการก็พ่นจะเหมือนกัน ซึ่งโดยหลักๆแล้วจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. เม็ดสารขัดพ่น
2. ปืนลม
3. ท่อลม
4. ถังยิงทราย(Blast Burn)
5. สายยิงทราย
6. หัวยิงทราย
7. ชุดสำหรับใส่ในการยิงทราย

3.2.1 การออกแบบเลือกใช้สารขัดพ่นในการพ่น

ในการออกแบบเลือกใช้สารขัดพ่นนั้น ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ และผลตอบแทนที่จะได้รับเป็นหลัก ซึ่งเมื่อก่อนการพ่นทรายของทางโรงงานนั้นยังใช้เม็ดทรายในการพ่น ซึ่งหากดูจากราคาแล้วอาจจะมีราคาค่าต้นทุนที่ถูกต้องก็จริง ซึ่งถือได้ว่าเป็นข้อดีอีกอย่างหนึ่ง แต่การพ่นด้วยเม็ดทรายนั้นหากสารที่เคลือบอยู่บนเม็ดทรายนั้นหลุดออก ก็จะไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ใหม่อีก โดยปรกติแล้วจะมีอายุการใช้งานแค่ครั้งเดียวดังนั้นจึงเลือกเปลี่ยนมาใช้เม็ดเหล็ก(Shot steel) แทน ซึ่งเม็ดเหล็กที่เลือกใช้ นั้น จะประกอบไปด้วยคุณสมบัติต่างๆทางเคมี ดังต่อไปนี้

- ส่วนประกอบของธาตุต่างๆ

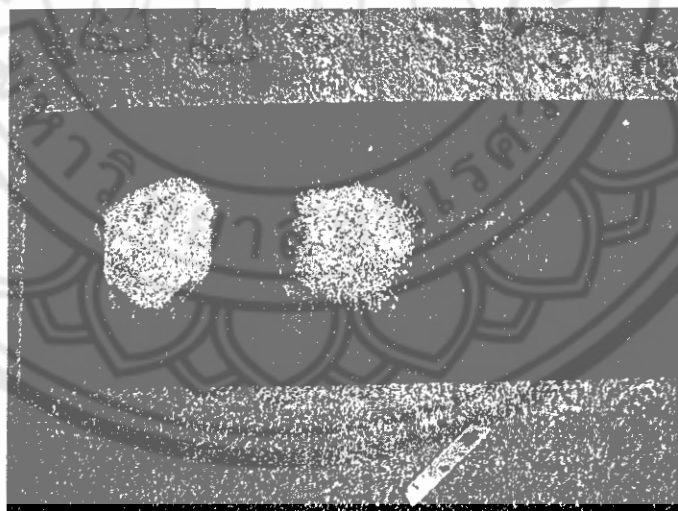
1. Carbon	0.85-1.20%
2. Silicon	0.40-1.50%
3. Manganese	0.35-1.20%
4. Phosphorus	<0.05%
5. Sulfur	<0.05%

- ด้านความหนาแน่น(Density) จะมีค่าประมาณ 7.4 g/cc.

- ความแข็งแรง(Hardness) ของเม็ดชิพเหล็กจะอยู่ที่ 90%

- ขนาด อยู่ในช่วง 0.14 – 0.16 มิลลิเมตร

หากพิจารณาถึงผลตอบแทนระยะยาว จะเห็นได้ว่าสามารถลดการใช้จ่ายลงได้มากกว่าการใช้ทรายพ่น แม้ว่าราคาต้นทุนในการซื้อนั้นจะแพงกว่าเม็ดทรายก็ตาม แต่ข้อดีก็คือเม็ดชิพเหล็กสามารถที่จะนำกลับมาใช้งานได้ใหม่จนกว่าจะเกิดการแตกตัวที่ทำให้ขนาดของเม็ดชิพเหล็กมีขนาดเล็กเกินไปกว่าจะนำกลับไปใช้งานได้ใหม่ ดังนั้นจึงเลือกใช้เม็ดชิพเหล็กในการพ่นแทน

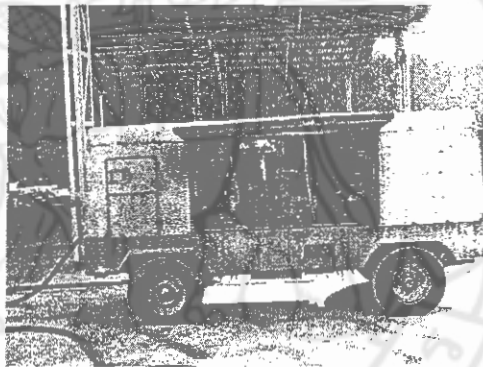


รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบเม็ดทรายที่พ่นแล้วกับเม็ดทรายที่ยังไม่ได้พ่นกับเม็ดเหล็กที่จะใช้แทน
(ที่มา : ฉัตรชัย นิยมผล, ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ)

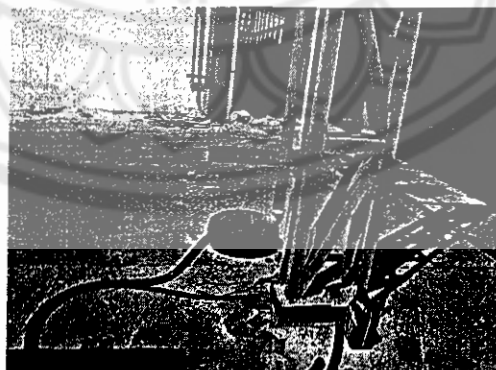
3.2.1 การออกแบบปั๊มลม

เนื่องจากปั๊มลมที่มีอยู่ยังสามารถใช้งานได้ ซึ่งปั๊มลมนี้จะมีกำลังในการผลิตลมให้แก่ระบบได้ตามมาตรฐานของการพันทรายอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเลือกใช้ปั๊มลมตัวนี้ โดยมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

- เป็นปั๊มลมแบบลูกสูบชัก รุ่น PDS 655S
- น้ำหนัก (Weight Dry) 3,540 kg
- Air Receiver Capacity 0.357m^3
- Max: Working Perssure $8.5\text{ kg/cm}^2 = 833.5653\text{ Kpa}$ (120.8984 psi)
- ใช้เครื่องยนต์ 165 แรงม้า (123.0405 KW)



รูปที่ 3.3 ปั๊มลมที่ใช้ในการยิงทราย



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อปั๊มลมเข้ากับท่อ

3.2.3 การออกแบบท่อลม และการเดินท่อลม

ในการออกแบบการเดินท่อลมเข้ามายังห้องพ่นนั้น จะเลือกใช้ท่อ 2 ชนิดคือ ท่อประปา เหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว และท่อยางอ่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใน 1 นิ้ว (เส้นผ่าศูนย์กลางนอก $1 \frac{3}{8}$ นิ้ว) โดยจะเลือกใช้ท่อยางอ่อน ณ บริเวณทางออกของท่อลมจากปั๊มลม ช่วงบริเวณทางเข้าถังพ่น และช่วงบริเวณทางออกจากถังพ่นจนถึงปลายสุดของหัวฉีด เนื่องจากช่วงดังกล่าวมีลมเคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วสูงมาก ซึ่งจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นเพื่อให้เกิดการเสียหายขึ้นกับท่อน้อยที่สุดท่อบริเวณนั้นต้องมีความยืดหยุ่นได้พอสมควร ส่วนท่อประปาเหล็กจะใช้แค่ช่วงเดียวคือช่วงจากท่อยางอ่อนที่ต่อออกมาจากปั๊มลมจนถึงบริเวณก่อนเข้าถังพ่น



รูปที่ 3.5 แสดงท่อและการต่อท่อลม

3.2.4 การออกแบบถังพ่นทราย (Blast Burn)

ถังพ่นทรายถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในการพ่นทราย ซึ่งปรกติแล้วถังพ่นทรายนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะมีส่วนประกอบที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด และปัจจุบันมีหลายบริษัท ที่ผลิตถังพ่นทรายเพื่อจำหน่ายให้แก่ลูกค้า ซึ่งจะมีขนาดของถัง ปริมาตรความจุทราย และ

วัสดุต่างๆที่แตกต่างกันออกไปตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นจึงไม่ใช่เรื่องยุ่งยากสำหรับการออกแบบ ซึ่งเพียงแค่เลือกซื้อถังพ่นทรายให้มีความเหมาะสมกับระบบที่ต้องการใช้เท่านั้น แต่ในโครงการนี้ทางโรงงานมีถังพ่นทรายซึ่งสามารถนำมาใช้งานกับการพ่นด้วยเม็ดสารขัดพื้น (เม็ดเหล็ก) ที่เลือกไว้ก่อนหน้านี้ได้



รูปที่ 3.6 ถังพ่นทราย

3.2.5 การออกแบบสายพ่นทราย

สำหรับสายพ่นทรายนั้นจะเลือกใช้ท่อยางอ่อน ซึ่งเป็นท่อชนิดเดียวกับท่อยางอ่อนที่ใช้ในการเดินท่อลม ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วน of ต้นทุนให้น้อยลง

3.2.6 การออกแบบหัวพ่นทราย

ใช้หัวพ่นทรายเดิม ที่ทางโรงงานมีอยู่

3.2.7 การเลือกชุดสำหรับใช้ในการยิงทราย

ใช้ชุดสำหรับใช้ในการยิงทราย ของ Bullard รุ่น 88E Series Airline Respirator ซึ่งเป็นชุดที่ทางโรงงานมีใช้งานอยู่แล้ว

3.3 การออกแบบระบบกำจัดฝุ่น

ในระบบการกำจัดฝุ่นสำหรับห้องยิงทรายนั้น ต้องออกแบบให้มีฝุ่นเหลือภายในห้องพ่นน้อยที่สุด และเมื่อคุณเอาฝุ่นออกไปจากห้องพ่นแล้ว ต้องทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณนั้นน้อยที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบระบบกำจัดฝุ่น

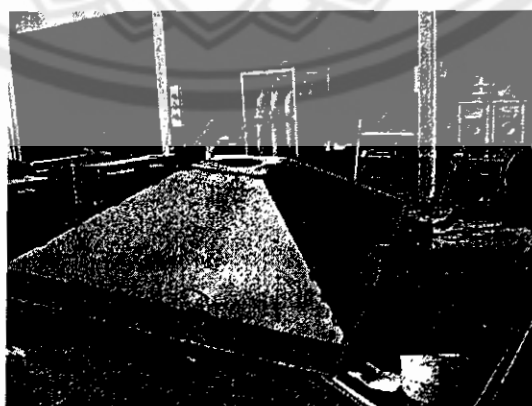
ระบบกำจัดฝุ่น ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. หัวดูด(Hood)
2. ท่อ(Duct)
3. ไซโคลน(Cyclone)
4. พัดลมดูดอากาศ(Blower)

3.3.1 การออกแบบหัวดูด

หัวดูดเป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการช่วยดึงสารปนเปื้อนที่กระจายอยู่บริเวณต่างๆ ให้เข้าสู่ระบบระบายอากาศ หรือระบบกำจัดฝุ่น ก่อนที่สารปนเปื้อนจะเล็ดลอดออกสู่บริเวณทำงานและสิ่งแวดล้อม การออกแบบหัวดูดที่ได้ขนาดที่เหมาะสมกับระบบนั้นจะสามารถช่วยเพิ่มสนามของการไหลของอากาศที่ต้องการดูดได้

สำหรับในการออกแบบหัวดูดเพื่อใช้ในห้องพ่นทรายนั้น เลือกใช้หัวดูดขนาด 2.5×2.35 เมตร ที่ทางโรงงานเลิกใช้จากงานอื่นแล้ว นำกลับมาซ่อมแซมใช้ใหม่ โดยการเชื่อมอุด และใช้เหล็กฉาก ขนาด 50×50 มิลลิเมตร มาเชื่อมติดบริเวณทางเข้าของหัวดูดเป็นหน้าแปลนทางเข้าของหัวดูด และเพื่อเพิ่มความแข็งแรงด้วย อีกทั้งยังสามารถช่วยดึงหน้าตัดด้านทางเข้าของหัวดูดให้ได้ฉาก (รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า) ด้วย



รูปที่ 3.7 การซ่อมแซมหัวดูด

3.3.2 การออกแบบท่อ

สำหรับท่อนั้นจะเลือกใช้ท่อที่ทาง โรงงานเหล็กใช้จากงานอื่นนำมาต่อเข้าด้วยกันกับน้ำ แปลนและหัวคูซึ่งจะประกอบไปด้วยท่อตรง และท่องอ 90° ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใน 300 มิลลิเมตร โดยท่อที่ใช้มีความยาว 5 เมตร ซึ่งอัตราการไหลในท่อเราสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

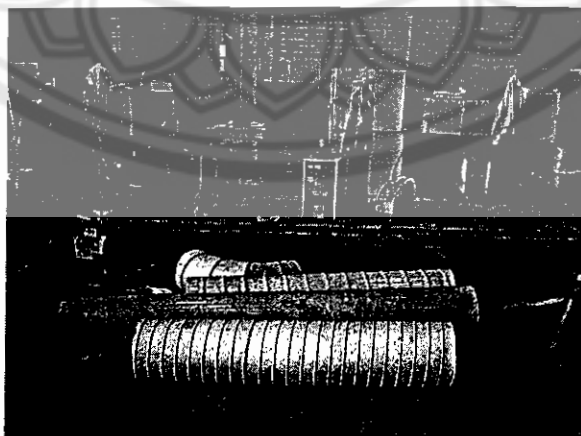
ท่อขนาด ID 300 มิลลิเมตร หาพื้นที่หน้าตัดได้จาก

$$\begin{aligned} A_d &= \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (0.3\text{m})^2}{4} \\ &= 0.070685 \text{ m}^2 \\ &= 0.76 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 2.4 จะพบว่าความเร็วค่าสุดในท่อสำหรับการพ่นทราย (Sand Blast) ที่ลักษณะฝุ่นใหญ่ (ฝุ่นหนัก) จะอยู่ที่ช่วง 4,000-4,500 fpm (20 – 23 m/s) ซึ่งจะเลือกใช้ที่ 4,500 fpm ดังนั้นสามารถหาอัตราการไหลภายในท่อ (Q_d) ได้จาก

$$\begin{aligned} Q_d &= A_d V_d \\ &= 0.76 \text{ ft}^2 \times 4,500 \text{ fpm} \\ &= 3,420 \text{ cfm} \end{aligned}$$

แต่จากคำแนะนำของที่ปรึกษาภายในโรงงานนั้นจะแนะนำให้ใช้ค่าอัตราการไหลของระบบที่ 4,200 cfm



รูปที่ 3.8 ของท่อที่ใช้ในระบบกำจัดฝุ่น

3.3.3 การออกแบบไซโคลน

วัสดุที่นำมาสร้างไซโคลนนั้นจะเลือกใช้เหล็กเหนียวธรรมดา(SS-41) หนา 3 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดของไซโคลนจะออกแบบโดยใช้การคำนวณหาได้จากอัตราการไหลของระบบ ดังนี้

จากอัตราการไหลของระบบที่ 4,200 cfm สามารถนำไปใช้หาขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่ทางเข้าไซโคลนได้จาก

$$A_{C,in} = \frac{Q_c}{V_c}$$

โดยทั่วไปมาตรฐานความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าสู่ไซโคลน มีค่าอยู่ที่ช่วง 3,000 – 4,200 fpm ซึ่งเลือกใช้ที่ความเร็ว 4,000 fpm

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} A_{C,in} &= \frac{Q_c}{V_c} \\ &= \frac{4,200 \text{ cfm}}{4,000 \text{ fpm}} \\ &= 1.05 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

เลือกใช้ไซโคลนมาตรฐานของ Lapple ซึ่งจากตาราง 2.3 จะได้ว่า

$$A_{C,in} = ab$$

และ $a = 0.5D$, $b = 0.25D$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} A_{C,in} &= (0.5D)(0.25D) \\ 1.05 \text{ ft}^2 &= (0.5D)(0.25D) \end{aligned}$$

$$D = \sqrt{\frac{1.05 \text{ ft}^2}{0.125}} = 2.898 \text{ ft} = 0.8811 \text{ m}$$

จากตารางที่ 2.3 ทำให้ได้ขนาดต่างๆของไซโคลน ดังนี้

$$D = 880 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$a = 440 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$b = 220 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$S = 550 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$De = 440 \text{ มิลลิเมตร}$$

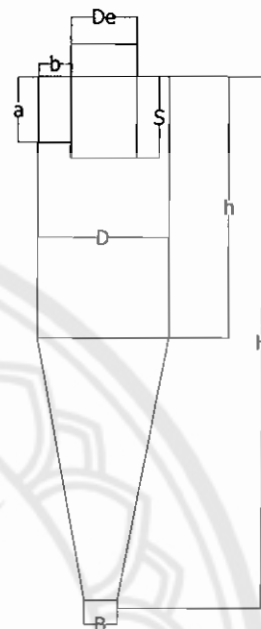
$$h = 1760 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$H = 3520 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$B = 220 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$NH = 8$$

$$Ne = 6$$



ดังนั้นความเร็วจริงที่ทางเข้าของไซโคลนจะมีค่า

$$Q_c = A_{c,in} V_c$$

$$V_c = \frac{Q_c}{A_c} = \frac{4,200 \text{ cfm}}{1.047 \text{ ft}^2}$$

$$\therefore V_c = 4,011.46 \text{ fpm}$$

เมื่อทราบขนาดของไซโคลนและความเร็วที่ทางเข้าเราสามารถหาความดันตกของไซโคลนได้จาก

$$\Delta P = \rho_g \frac{V_i^2}{2g} \times \frac{N_H}{\rho_w} = 0.003 \rho_g V_i^2 N_H$$

แทนค่า

$$\Delta P = 0.003 (0.075 \text{ lbm/ft}^3)^2 (66.86 \text{ fps})^2 (8)$$

$$= 8.046 \text{ in. wg}$$

3.3.4 การเลือกขนาดพัดลมดูดอากาศ

ปัจจัยในการเลือกพัดลม(Blower) ที่ใช้ในการดูดอากาศนั้น มีปัจจัยหลักๆ 2 ปัจจัยได้แก่ อัตราการไหล ที่ 4,200 cfm และความดันตก ซึ่งความดันตกที่ใช้ในการเลือกพัดลมนั้น สามารถหาได้ดังนี้

ท่อตรง

จากรูปที่ 2.1 ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน (h_L) สำหรับท่อกลมที่ทำจากเหล็ก แผ่นเคลือบสังกะสี ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร (11.8 ฟุต) ที่อัตราการไหล 4,200 cfm จะมีค่าความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน (h_L) เท่ากับ 3.472 in.wg ดังนั้นค่าความดันตกของท่อตรง(h_L) ยาว 5 เมตร สามารถหาได้จากสมการ (2.2)

$$\begin{aligned} h_L &= \frac{3.472}{100} \times 5(3.28) \\ &= 0.569 \text{ in. wg} \end{aligned}$$

ท่อนิย (ท่อนิย 90° Elbow)

ค่าความดันสูญเสียของท่อนิย 90° Elbow (h_T) จากสมการ (2.1)

$$h_T = F VP_d$$

โดยหาค่าแฟกเตอร์การสูญเสีย(F) ของท่อนิยหน้าตัดวงกลม จากรูปที่ 2.2 ซึ่งมีชิ้นส่วนประกอบกัน 5 ชิ้น และมีค่ารัศมีต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง(R/D) = 600/300 = 2 ได้แฟกเตอร์ความเสียดทานคือ $F = 0.19$

หาความเร็วภายในท่อ(V_d) จาก

$$\begin{aligned} Q_d &= A_d V_d \\ V_d &= \frac{4,200 \text{ cfm}}{0.76 \text{ ft}^2} = 5,526 \text{ fpm} \end{aligned}$$

หาค่าความดันจลน์จากสูตร

$$\begin{aligned} VP_d &= \left(\frac{V_d}{4,005} \right)^2 = \left(\frac{5,526 \text{ fpm}}{4,005} \right)^2 \\ &= 1.904 \text{ in.wg} \end{aligned}$$

ดังนั้นจากสมการที่(2.1) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} h_T &= 0.19 \times 1.904 \\ &= 0.3617 \text{ in.wg} \end{aligned}$$

ดังนั้นความดันตกของทั้งระบบ(ΔP_{Total}) คือ

$$\Delta P_{\text{Total}} = h_L + h_T + \Delta P_c$$

$$\Delta P_{\text{Total}} = 8.046 + 0.569 + 0.3617 = 8.982 \text{ in.wg}$$

ดังนั้นจากรูปที่ 3.9 กราฟพัดลมของ KRUGER รุ่น BSB 500 แบบซี่ใบพัดเอียงหลัง(backward inclined blade) เมื่อนำอัตราการไหลของระบบที่เลือกใช้คือ 4,200 cfm และความดันตกคร่อมของทั้งระบบคือ 9 in.wg นำไปใช้เลือกขนาดพัดลมที่จะนำมาใช้ในระบบกำจัดฝุ่นจะได้ว่า พัดลมของ KRUGER รุ่น BSB 500 ที่เลือกไว้สามารถทำงานที่ความเร็วรอบ 2,350 rpm ขนาด 7 kW และมีประสิทธิภาพในการทำงาน 70 % สามารถผลิตอัตราการไหลให้กับระบบได้ที่ $2 \text{ m}^3/\text{s}$ (cms)

