บทที่ 4
การออกแบบและการสร้างอุโมงค์ลมความเร็วต่ำ

4.1 อุโมงค์ลมความเร็วต่ำ

อุโมงค์ลมความเร็วต่ำสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

1. ประเภทความดันปกติ อุโมงค์ลมประเภทนี้จะใช้อากาศที่มีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ ซึ่งทำได้โดยการใช้พัดลมดูดหรือเป่าอากาศผ่านวัสดุทดสอบ

2. ประเภทความดันสูง อุโมงค์ลมประเภทนี้จะใช้อากาศที่มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศทำได้โดยการใช้ถังลมอัดอากาศแล้วเป่าผ่านวัสดุทดสอบ

นอกจากนี้แล้วอุโมงค์ลมทั้งสองประเภทข้างต้นยังสามารถแบ่งได้เป็นอีก 2 แบบ คือ

1. อุโมงค์ลมแบบเปิด อุโมงค์ลมประเภทนี้จะให้อากาศไหลเข้าที่ปลายข้างหนึ่งผ่านส่วนปฏิบัติงานแล้วไหลออกปลายอีกข้างหนึ่ง

2. อุโมงค์ลมแบบปิด อุโมงค์แบบนี้จะให้อากาศไหลหมุนเวียนอยู่ภายในตลอดเวลา อุโมงค์ลมที่สร้างขึ้นเป็นอุโมงค์ลมประเภทความดันปติและเป็นอุโมงค์ลมแบบเปิดซึ่งเป็นอุโมงค์ลมชนิดดูดลมเข้าสามารถทำความเร็วที่ผ่านส่วนปฏิบัติงานได้อยู่ในช่วง 0-20 m/s หรือประมาณ 0-70 km/h การออกแบบอุโมงค์ลมความเร็วต่ำได้ออกแบบดังรูป 4.1-4.4 ซึ่งการออกแบบใช้เวลาประมาณ 1 เดือน โดยการออกแบบนั้นได้ทำการออกแบบในแต่ละชิ้นส่วนดังนี้

4.2 ส่วนอากาศแพร่เข้า (Effuser หรือ Contraction)

ส่วนอากาศแพร่เข้าจะเป็นส่วนแรกที่อากาศจะไหลเข้าสู่อุโมงค์ลมชนิดดูด ส่วนของอากาศแพร่เข้าจะมีปากทางเข้าที่มีพื้นที่หน้าตัดค่อนข้างใหญ่และจะค่อยๆลดขนาดของพื้นที่หน้าตัดลงอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งถึงส่วนปฏิบัติงานเพื่อให้กระแสอากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะเป็นไปตามสมการแห่งความต่อเนื่องคือ

$$A_1V_1 = A_2V_2 \qquad (4.1)$$

เมื่อ A_1 แทนพื้นที่หน้าตัดของทางเข้า Contraction

A_2 แทนพื้นที่หน้าตัดของทางเข้า Test Section

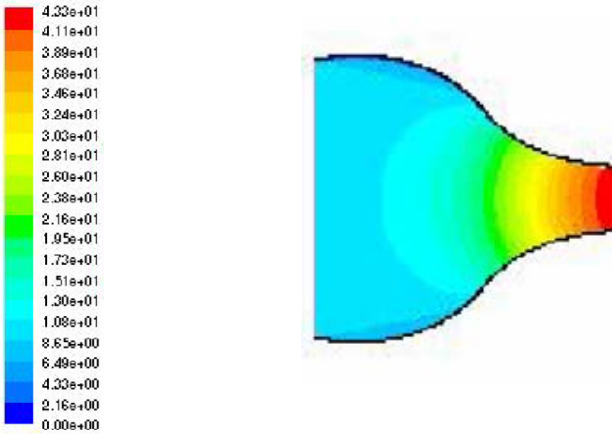
V_1 แทนความเร็วของทางเข้า Contraction

V_2 แทนความเร็วของทางเข้า Test Section

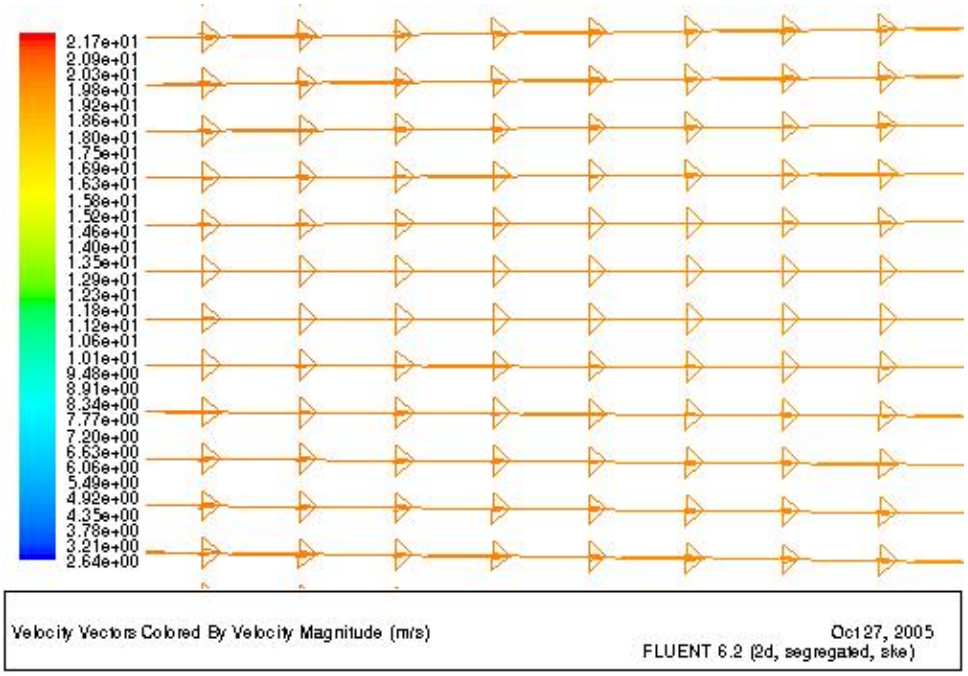
ลักษณะของส่วนที่อากาศแพร่เข้านี้เป็นการยากมากในการออกแบบในส่วนของ ความโค้งต่างๆ ของส่วนที่เป็นด้านยาว เพื่อที่จะลดค่าความดันสูญเสียในส่วนนี้ และทั่ว ๆ ไป ปัจจุบันจึงมีการนิยมใช้ โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบมากกว่าเพื่อจำลองการไหลในส่วนนี้ เพื่อดูเส้นการไหล ความราบเรียบ ความสม่ำเสมอ ที่จะเข้าสู่ห้องทดสอบดังรูปที่ 2 (ก-ค)

โดยในการออกแบบนี้ สามารถทำได้ เมื่อเราทราบขนาดหน้าตัดของ Contraction cone ที่เราต้องการแล้ว คือในการออกแบบนี้เราใช้ $A(x)/ A_{ts} = 10$ ขนาดหน้าตัดของห้อง ทดสอบที่ต้องการคือ 30 cm. $\times$ 30 cm. ดังนั้น เราจะได้ $A(x) = 10 \times (30 \times 30) = 9000$ cm^2. เนื่องจากหน้าตัดของ Contraction cone เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังนั้น ขนาดความกว้าง = ความยาว $\cong$ 95 cm. และพื้นที่หน้าตัดด้านติดกับห้องทดสอบก็มีขนาดเท่ากันกับพื้นที่หน้าตัดห้องทดสอบ

เมื่อเราทราบพื้นที่หน้าตัดทุกด้านของ Contraction cone แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็เป็นก็เป็นการออกแบบและการนำรูปแบบที่ได้ไปทดสอบโดยการใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์จำลองลักษณะรูปแบบนั้น ดังในรูปที่ 4.1



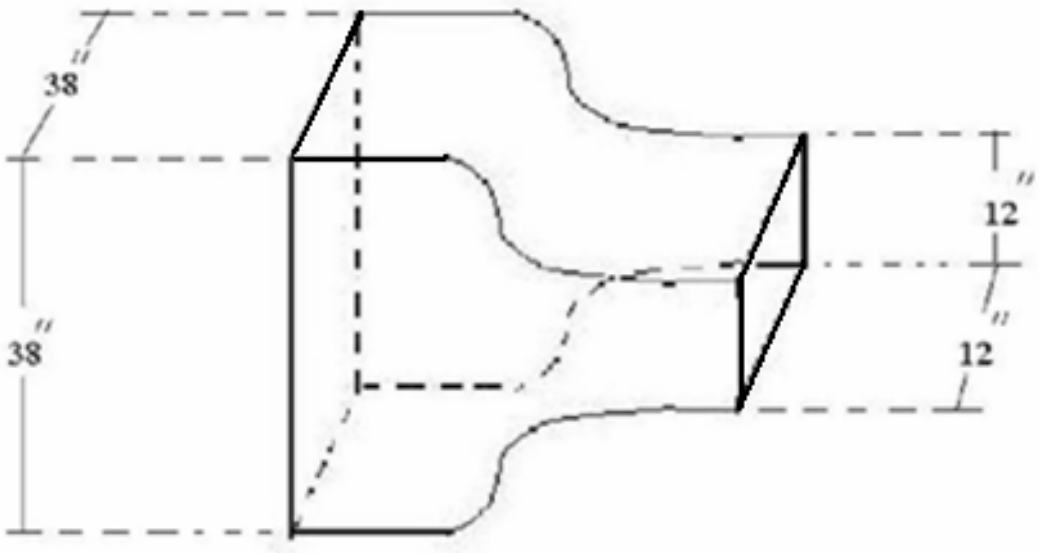
รูปที่ 4.1 การจำลองความเร็วของการไหลภายในส่วน Contraction โดยใช้ขนาดและรูปร่างที่ได้จากการออกแบบจริง ซึ่งผลที่ได้เป็น Velocity Vectors Magnitude



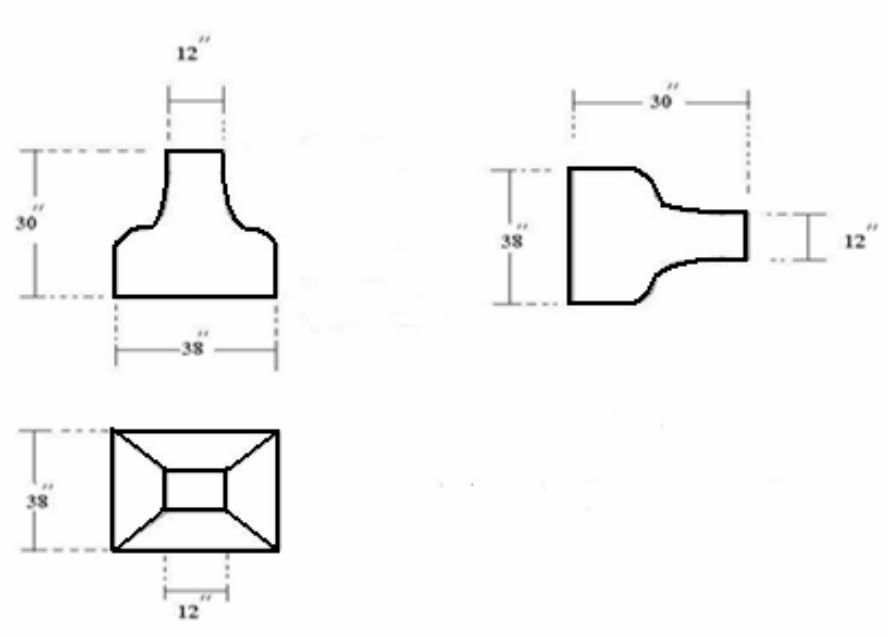
รูปที่ 4.2 ทิศทางและขนาดของเวคเตอร์ความเร็วโดย Velocity Magnitude ซึ่งออกจากส่วนของ Contraction ที่ออกแบบ โดยจำลองได้จากโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

จากผลการจำลองทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ตาม รูปที่ 4.1 จะเห็นว่าความเร็วจะสูงขึ้นตามการลดขนาดของพื้นที่หน้าตัดของ Contraction ความเร็วของอากาศบริเวณการเริ่มเข้าสู่ส่วนของห้องทดสอบนี้จะมีความเร็วสูง ดังนั้นเราควรคำนึงการเกิดการปั่นป่วนของอากาศที่เราไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในส่วนนี้ ดังนั้นเพื่อจะทราบว่า พฤติกรรมของอากาศที่จะเริ่มเข้าสู่ห้องทดสอบเกิดการปั่นป่วนหรือไม่ สามารถพิจารณาจากผลการทดลองในรูปที่ 4.2

จากผลการจำลองทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ตาม รูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าสีและขนาดของเวกเตอร์ความเร็วมีความสม่ำเสมอกันทั่วทั้งบริเวณขอบเขต ดังนั้นสรุปได้ว่าความเร็วที่ออกจากส่วนของ Contraction ที่เราออกแบบนั้นมีความเหมาะสม



รูปที่ 4.3 ขนาดและรูปร่าง 3 มิติ ของ Contraction



รูปที่ 4.4 ลักษณะและรูปร่างของ Contraction ที่ออกแบบ

ส่วนอากาศแพร่เข้าที่สร้างขึ้นทำด้วยเหล็กแผ่นเรียบหนา 1 มม. ด้านหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีพื้นที่หน้าตัดขนาด 38 x 38 ตารางนิ้ว ส่วนหลังเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีพื้นที่หน้าตัดขนาด 12x 12 ตารางนิ้ว ส่วนอากาศแร่เข้ามีความยาว 30 นิ้ว อัตราส่วนของปากทางเข้าต่อทางออกเป็น 10:1

รูปที่ 4.5 Contraction ด้านหน้า

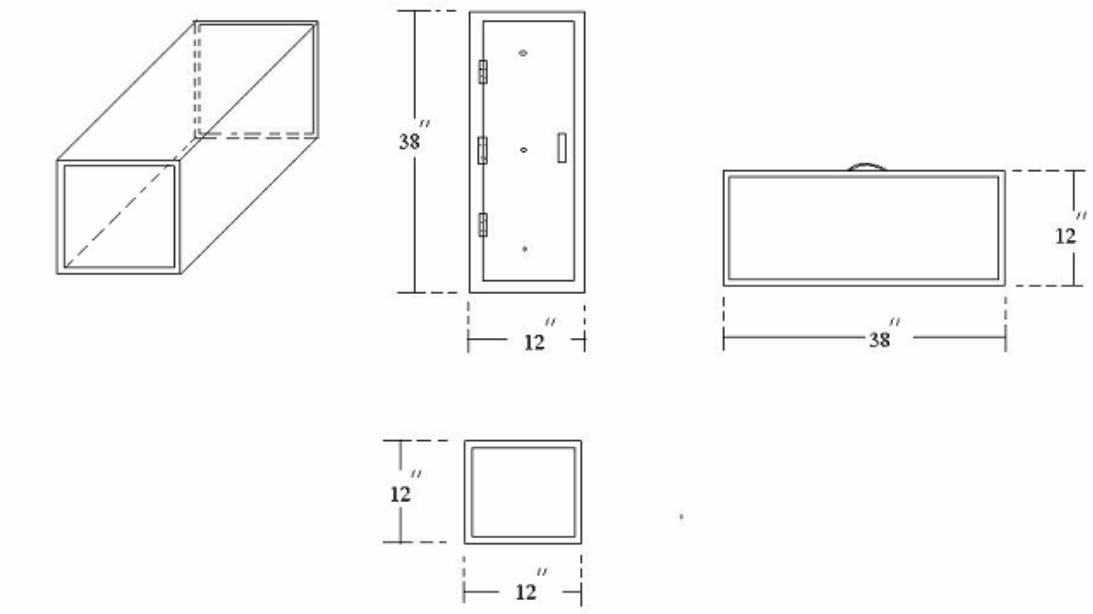
รูปที่ 4.6 Contraction ด้านหลัง

รูปที่ 4.7 Contraction ด้านข้าง

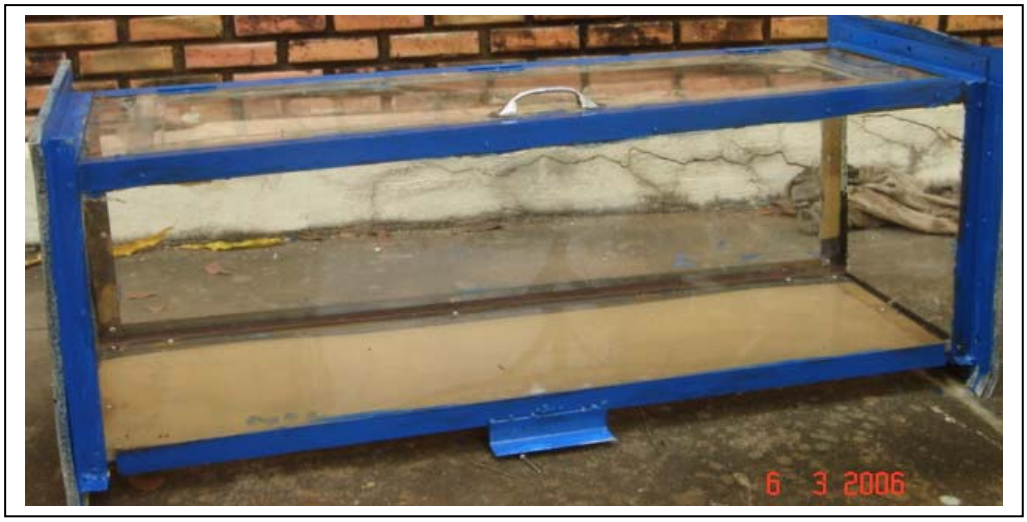
4.3 ส่วนปฏิบัติงาน (Test Section)

ส่วนปฏิบัติงาน (Test Section) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของอุโมงค์ลมเพราะเป็นส่วนที่ใช้ในการทดสอบวัสดุทดสอบหรือแบบจำลอง เพื่อให้กระไหลผ่านส่วนปฏิบัติงานมีค่าคงที่จึงต้องทำให้พื้นที่หน้าตัดส่วนนี้มีค่าสม่ำเสมอตลอดทั้งหน้าตัด ซึ่งอาจมพื้นที่หน้าตัดเป็น รูปวงกลม วงรี หรือรูปสี่เหลี่ยม ก็ได้ และวัสดุที่ใช้ทำนิยมใช้วัสดุโปร่งใสเพื่อให้สามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับวัสดุทดสอบหรือแบบจำลองได้

ส่วนปฏิบัติงานที่สร้างขึ้น ทำด้วยแผ่นอะคิลิคใส หนา 2 มม. ประกอบเป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดพื้นที่หน้าตัด 1 x 1 ตารางฟุต ยาว 36 ฟุต ส่วนบนทำเป็นฝาปิดรูปสี่เหลี่ยม เพื่อเป็นช่องสำหรับใส่ชิ้นงานทดสอบที่ฝาปิดเจาะสามรูที่ตรงหัว ท้าย และตรงกลางของฝาปิด เพื่อใส่เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ บริเวณทางเข้าและทางออกของส่วนปฏิบัติงานจะติดฉนวนยางเพื่อป้องกันรอยรั่วที่เกิดบริเวณรอยต่อของส่วนปฏิบัติงานกับส่วนของ Contraction cone และส่วนของ Diffuser



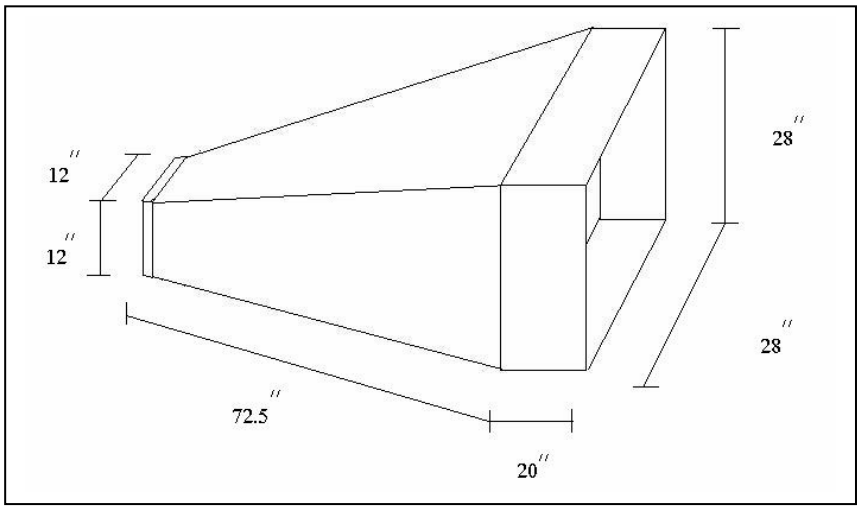
รูปที่ 4.8 แบบส่วนปฏิบัติงาน (Test Section)



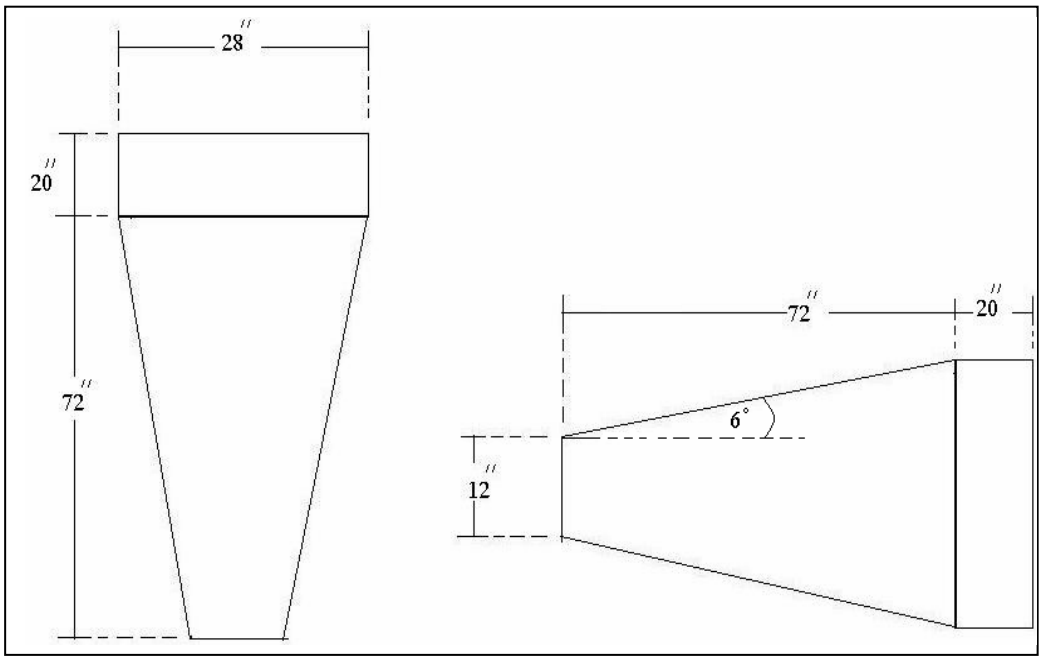
รูปที่ 4.9 ส่วนปฏิบัติงาน (Test Section) ที่สร้างขึ้น

4.4 ส่วนแพร่ออก (Diffuser)

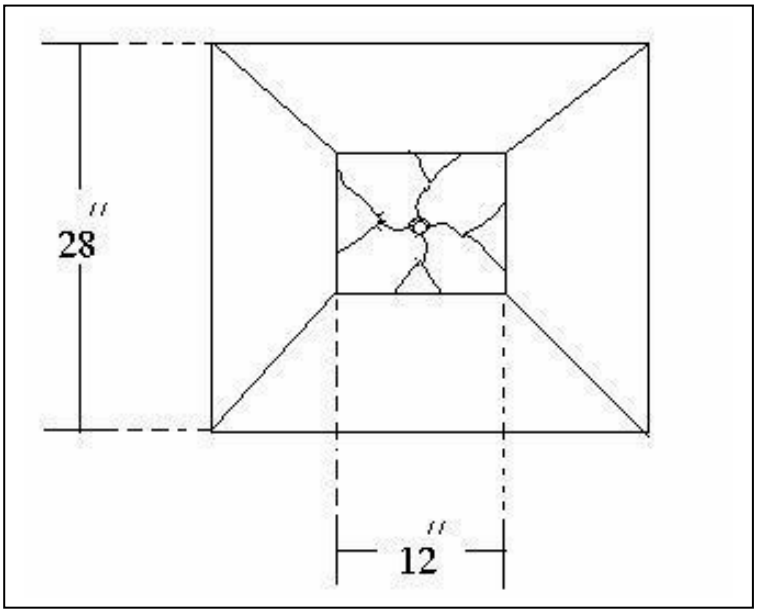
ส่วนแพร่ออกนี้จะเป็นส่วนสุดท้ายที่อากาศจะไหลออกสำหรับอุโมงค์ลมชนิดดูด พื้นที่หน้าตัดของส่วนอากาศแพร่ออกนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอตั้งแต่ส่วนที่ต่อกับส่วนปฏิบัติงานจนถึงปากทางอากาศแพร่ออก



รูปที่ 4.10 DIFFUSER ที่ออกแบบ



รูปที่ 4.11 ลักษณะและขนาดDIFFUSER ด้านบนและด้านข้าง



รูปที่ 4.12 DIFFUSER ด้านหน้า

ส่วนอากาศแพร่ออกที่สร้างขึ้นทำด้วยเหล็กแผ่นเรียบหนา 1 มม. ด้านหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดพื้นที่หน้าตัด 12 x 12 ตารางนิ้ว ส่วนหลังเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดพื้นที่หน้าตัด 28 x 28 ตารางนิ้ว สวนของอากาศที่แพร่ออกนี้มีความยาว 82 นิ้ว ความชันระหว่างปลายทั้งสองข้างมีค่า 6 องศา อัตราส่วนของปากทางเข้าต่อทางออกเป็น 1:6

รูปที่ 4.13 DIFFUSER ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์

4.5 ส่วนกำลัง (Power Section)

ส่วนกำลังนี้จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้แก่อากาศที่ไหลผ่านอุโมงค์ลมประกอบด้วยมอเตอร์พัดลม และอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ ส่วนนี้จะอยู่ท้ายสุดของอุโมงค์ลมชนิดดูด พลังงานที่อากาศได้จากมอเตอร์จะอยู่ในรูปของพลังงานจลน์ ดังนั้น จากหลักการคงตัวของพลังงานและสมการแห่งการต่อเนื่อง (Equation of Continuity) จะได้

$$P = (1/2)\,\rho\, AV_3 \qquad (3.2)$$

P แทนกำลังของมอเตอร์

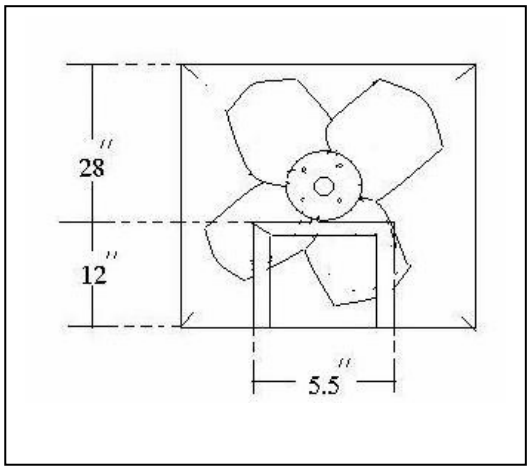
A แทนพื้นที่หน้าตัด

V แทนอัตราเร็วของกระแสอากาศที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด

ρ แทนความหนาแน่นของอากาศ

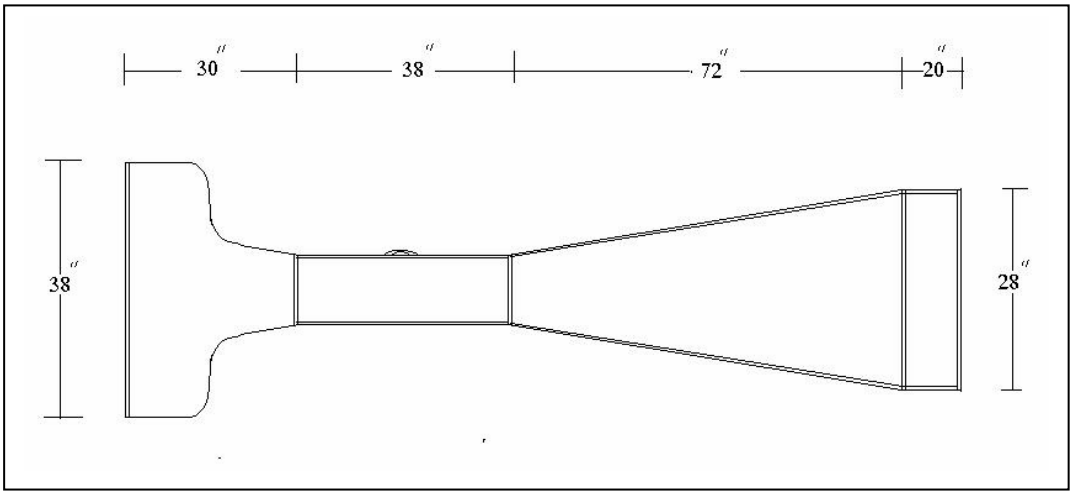
ส่วนกำลังที่สร้างขึ้นประกอบด้วย

- มอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า 220 V 1450 rev/min
- ใบพัดชนิด 4 ใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 นิ้ว
- อุปกรณ์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 4.14 ส่วนกำลัง

รูปที่ 4.15 ส่วนกำลังที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.16 อุโมงค์ลมที่ประกอบแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน

รูปที่ 4.17 อุโมงค์ลมที่สร้างขึ้นเสร็จสมบูรณ์ด้านหน้า

รูปที่ 4.18 อุโมงค์ลมที่สร้างขึ้นเสร็จสมบูรณ์ด้านหลัง

รูปที่4.19 อุโมงค์ลมที่สร้างขึ้นเสร็จสมบูรณ์

อุโมงค์ลมที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.19 เป็นอุโมงค์ลมความเร็วต่ำแบบเปิด โดยขนาดและรูปร่างของอุโมงค์ลมนั้นไม่ได้ถูกจำกัดและถูกตั้งไว้ที่แน่นอนตายตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบเฉพาะของผู้ที่ออกแบบเอง แต่พื้นฐานของการออกแบบอุโมงค์ลมความเร็วต่ำนั้นก็สามารถรวบรวมเป็นข้อมูลหลักพื้นฐานกำหนดไว้ได้ ซึ่งก็เป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาอุโมงค์ลมให้มีสมรรถนะที่ดียิ่งขึ้นไปได้