# บทที่ 4
# สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

## 4.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การออกแบบถัง Biofilter เป็นการออกแบบภายใต้ข้อจำกัดและความเหมาะสมกับโรงงานของบริษัท ปตท. เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ซึ่งถัง Biofilter เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่น VOCs (Butadiene, Methyl Acetate, Ethyl Acetate, Vinyl Acetate) โดยใช้กระบวนการทางชีวภาพในการย่อยสลายและให้ผลิตผลเป็น $CO_2$ และ $O_2$ และข้อกำหนดทั่วไปที่ใช้ในการออกแบบถัง Biofilter ใช้มาตรฐานตาม American Petroleum Institute (API) API STANDARD 650 สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1.1 การออกแบบผนังและแผ่นพื้น

**ตารางที่ 4.1 สรุปการออกแบบผนังและแผ่นพื้นตามมาตรฐาน API 650**

| Item | Material | Hydrostatic test Thick. (mm) | Design Thick. (mm) | Norm. Thick. (mm) |
|---|---|---|---|---|
| Shell 1 | A 283M Gr.C | 0.4 | 3.5 | 5.0 |
| Shell 2 | A 283M Gr.C | 0.3 | 3.3 | 5.0 |
| Shell 3 | A 283M Gr.C | 0.1 | 3.1 | 5.0 |
| Bottom Plate | A 283M Gr.C | 6.0 | 9.0 | 9.0 |

- จากการคำนวณตามมาตรฐาน API 650 ความหนาของถัง Biofilter ที่ Shell 1, 2 และ 3 มีค่าน้อยกว่าความหนาที่มาตรฐาน API 650 กำหนดไว้ที่ความหนาอย่างน้อย 5 mm. ดังนั้น ต้องเลือกใช้ค่าความหนาตามมาตรฐาน

- จากการคำนวณตามมาตรฐาน API 650 ความหนาของถัง Biofilter ที่ Bottom เท่ากับ 9 mm.

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความหนาของถัง Biofilter ในทุกจุดมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนต่อแรงดันภายในที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน API 650

4.1.2 Intermediate Wind Girder

**ตารางที่ 4.2 สรุปการออกแบบ Intermediate Wind Girder ตามมาตรฐาน API 650**

| Shell Course | $t_s$ (mm) | t (mm) | $H_1$ (mm) | W (mm) | $W_{tr}$ (mm) | $\sum W_{tr}$ (mm) | Judgment $\sum W_{tr} < H_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 5 | 5 | 154600 | 1800 | 1800 | 1800 | YES |
| 2 | 5 | | | 1800 | 1800 | 3600 | YES |
| 1 | 5 | | | 1400 | 1400 | 5000 | YES |

- จากมาตรฐานข้อที่ 3.9.7.1 ใน API 650 (บทที่ 2 ข้อที่ 2.12) $\sum W_{tr} < H_1$ ไม่ต้องมี Intermediate Wind Girder

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การออกแบบถัง Biofilter ไม่ต้องมี Intermediate Wind Girder

4.1.3 การออกแบบหลังคา

**ตารางที่ 4.3 สรุปการออกแบบหลังคา ตามมาตรฐาน API 650**

| Item | Material | $\frac{D^2}{0.432\sin\theta}$ ($mm^2$) | Design Participating Area ($mm^2$) | Norm. Thick. (mm) |
|---|---|---|---|---|
| Roof | A 283M Gr.C | 110.4 | 865.2 | 7.0 |
| Top angle | SS 400 | | 580.2 | 60×60×5 |

- จากมาตรฐานข้อที่ 3.10.5.2 ใน API 650 (บทที่ 2 ข้อที่ 2.13.5) Participating Area จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ $\frac{D^2}{0.432\sin\theta}$

- จากตารางที่ 4.3 พบว่าพื้นที่ Participating ที่คำนวณตามมาตรฐาน API 650 มีค่ามากกว่าค่า $\frac{D^2}{0.432\sin\theta}$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การออกแบบเป็นไปตามมาตรฐาน API 650 สามารถใช้ Top angle ขนาด 60×60×5 mm. พื้นที่หน้าตัด 5.802 $cm^2$ (580.2 $mm^2$) ได้

4.1.4 ภาระเนื่องจากแรงลมที่กระทำกับถัง (Wind load on tanks)

**ตารางที่ 4.4 สรุปการตรวจสอบการพลิกคว่ำของถัง Biofilter ตามมาตรฐาน API 650**

| Item | Tank Weight (kg) | W (Shell+Top Angle+Roof) (kg) | Moment from wind load (kg) | Dead-load resisting moment (kg) |
|---|---|---|---|---|
| overturning and sliding by wind load Check | 1216.4 | 926.4 | 2437.1 | 864.64 |

**ตารางที่ 4.5 สรุปการตรวจสอบการสไลด์ของถัง Biofilter ตามมาตรฐาน API 650**

| Item | Tank Weight (kg) | Sliding Force From wind load (kg) | Resistance Sliding Force (kg) |
|---|---|---|---|
| Sliding Check | 1216.4 | 959.7 | 394.9 |

- จากตารางที่ 4.4 การตรวจสอบตามมาตรฐาน API 650 การพลิกคว่ำของถังพบว่า โมเมนต์เนื่องจากแรงดันลมมีค่ามากกว่าโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักของผนังถังบวกน้ำหนักที่ผนังรองรับ จึงทำให้ถังสามารถถังพลิกคว่ำได้

- จากตารางที่ 4.5 การตรวจสอบตามมาตรฐาน API 650 การสไลด์ของถังพบว่า แรงสไลด์เนื่องจากแรงลมมีค่ามากกว่าแรงต้านการสไลด์เนื่องจากความเสียดทาน จึงทำให้ถังสามารถถังเกิดการสไลด์ได้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การออกแบบถัง Biofilter ถังเกิดการสไลด์และพลิกคว่ำ จึงต้องมี Anchor Bolt ยึดฐานของถัง ตามมาตรฐาน API 650

4.1.5 Anchor Bolt

**ตารางที่ 4.6 สรุปการออกแบบ Anchor Bolt ตามมาตรฐาน API 650**

| Item | Material | No. | W ( Shell+Roof) (kg) | Allow tension stress ($kg/mm^2$) | Allow shear stress ($kg/mm^2$) | Tensile stress ($kg/mm^2$) | Shear stress ($kg/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anchor Bolt | A 307-C | 4 | 1216.4 | 20.25 | 12.15 | 394.9 | 0.16 |

- จากตารางที่ 4.6 การตรวจสอบตามมาตรฐาน API 650 ค่าTension force และ Shear Force พบว่า ค่า Tensile stress จากการรับแรงดึงมีค่าน้อยกว่า Allow tension stress, ค่า Shear stress จากการรับแรงในแนวเฉือน มีค่าน้อยกว่า ค่า Allow shear stress ของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Anchor Bolt A 307-C ที่ใช้ในการออกแบบถัง Biofilter สำหรับยึดฐานของถังนั้นสามารถใช้ได้และเป็นไปตามมาตรฐาน API 650

4.1.6 การออกแบบชั้นรองรับ Media

**ตารางที่ 4.7 สรุปการออกแบบชั้นรองรับ Media**

| Item | Material | Size (mm) | Allow tension stress ($kg/m^2$) | Allow shear stress ($kg/m^2$) | Maximum Bending Stress ($kg/m^2$) | Maximum Shear Stress ($kg/m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Beam | SS 400 | Channel $100\times50\times5$ | $2.4\times10^9$ | $1.44\times10^9$ | $4.66\times10^5$ | $1.19\times10^5$ |

- จากตารางที่ 4.7 การตรวจสอบ Maximum Bending Stress และ Maximum Shear Stress พบว่า ค่า Maximum Bending Stress และ Maximum Shear Stress มีค่าน้อยกว่าค่า Allow tension stress และ Allow shear stress ของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เหล็ก Channel ขนาด $100\times50\times5$ mm. วัสดุเกรด SS 400 พื้นที่หน้าตัด 11.92 $cm^2$ สามารถใช้ในการออกแบบถัง Biofilter สำหรับเป็นชั้นรองรับ Media ได้

4.1.7 Grating

**ตารางที่ 4.8 สรุปการออกแบบ Grating**

| Item | Material | Type | Size (m) | ความสามารถในการรับแรงของ Grating (kg) | น้ำหนัก media ที่กระทำบนGrating (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| Grating | Steel Hot dip Galvanized | Hand Welded Bar Grating | 1×1 | 1511.8 | 84 |

- จากตารางที่ 4.8 การตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของ Grating พบว่า ความสามารถในการรับแรงของ Grating มากกว่า น้ำหนักของ Media ที่กระทำบนGrating

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Grating 12-WH-4-150 สามารถใช้ในการออกแบบถัง Biofilter สำหรับเป็นชั้นรองรับ Media ได้

4.18 Column

**ตารางที่ 4.9 สรุปการออกแบบ Column**

| Item | Material | Type | แรงที่เสาสามารถรับได้ (N) | แรงที่กระทำกับเสา (Column) (N) |
|---|---|---|---|---|
| Column | ASTM A53 Gr.B (Carbon Steel) | Pipe 2 in. Sch. 40 | 10788.8 | 2037.7 |

- จากตารางที่ 4.9 การตรวจสอบภาระที่กระทำกับเสา (Column) พบว่า แรงที่กระทำกับเสาน้อยกว่าแรงที่เสาสามารถรับได้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Column ASTM A53 Gr.B Pipe 2 in.Sch. 40 สามารถใช้ในการออกแบบถัง Biofilter สำหรับเป็นชั้นรองรับ Media ได้

เมื่อทำการออกแบบเสร็จสิ้นสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการออกแบบมาเขียนแบบรายละเอียด(Detail Drawing) ดังแสดงในภาคผนวก ก. เพื่อทำการสร้างต่อไปได้

## วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

4.1.1 การออกแบบตามมาตรฐาน API 650 ให้ได้ครบถ้วนสมบูรณ์นั้นจำเป็นต้องมีประสบการณ์จากการทำงานจริง การอ่านจากมาตรฐาน API 650 ยังไม่เพียงพอที่จะออกแบบถัง Biofilter ได้ครบถ้วนสมบูรณ์

4.1.2 ในการปฏิบัติงานจริง เราไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณรายละเอียดทุกส่วน เนื่องจากรายละเอียดบางส่วนเป็นข้อกำหนดภายใต้ TOC Company's Standard Specifications.

4.1.3 การปฏิบัติงานจริงการออกแบบต้องกระทำร่วมกับแผนกอื่นๆ ซึ่งไม่สามารถกล่าวถึงได้หมดในโครงงานจึงกล่าวเฉพาะขอบเขตการทำงานของ Mechanical

4.1.4 ปัจจุบันการคำนวณตามมาตรฐานมีการเขียนโปรแกรมช่วยในการคำนวณออกมาใช้ หากแต่ยังจำเป็นต้องมีการตรวจสอบจากวิศวกรก่อนนำไปสร้างจริง ดังนั้นการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานการออกแบบยังคงมีความสำคัญอยู่

4.1.5 อันตรายจาก bacteria เนื่องจากมีการศึกษาในยุโรปพบว่า Biofilter มีทั้ง spore ของ bacteria และเชื้อราซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากบางส่วนของ VOCs ที่ผ่านเข้ามาในระบบมีระดับความเข้มข้นสูง และในการทำปฏิกิริยาใน reactor จะเป็นตัวลด (ควบคุม) จำนวนของ bacteria ดังนั้นขณะที่มีการติดตั้งระบบ ตรวจสอบระบบ หรือสัมผัสกับ media จะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของ spore ของเชื้อราสู่บรรยากาศ ผู้ปฏิบัติงานอาจสัมผัสกับ spore ของเชื้อราได้ จึงขอแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (Respirator) ในการปฏิบัติงาน

4.1.6 เครื่องมือและบริษัทผู้สร้างระบบ Biofiltration เนื่องจากยังเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่และในบางครั้งการออกแบบค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นจึงอาจต้องใช้ผู้ที่มีประสบการณ์ในการดำเนินการ

4.1.7 การปรับปรุงและพัฒนาระบบในอนาคต เนื่องจากวิชาการก้าวหน้าและมีการค้นคว้าอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่ม capacity การปรับปรุง media ปรับปรุง model ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณ ปรับปรุงเกี่ยวกับ bacteria หรืออาจมีการปรับปรุงให้ Biofiltration วิธีอื่นๆ มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังควรคำนึงถึงมาตรฐานและข้อกำหนดเกี่ยวกับ Emission standard ของ VOCs ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตด้วย