

ภาคผนวก ข.

การคำนวณแนวทางการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการใช้พลังงานไฟฟ้า

การเปลี่ยนมอเตอร์จากแบบมาตรฐาน (Standard motor) เป็นแบบประสิทธิภาพสูง เพื่อให้ทำงานเท่ากันได้โดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเดิมนั้นจากตามปกติใช้มอเตอร์มาตรฐานมีกำลังที่ป้อนเข้า 12.22 kW และมีค่ากำลังที่ส่งออกออก 11 kW หรือประมาณมีประสิทธิภาพ 90% นั้นเมื่อเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency motor) จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็น 95% เมื่อกำหนดให้กำลังขาออกที่ 11 kW คงที่ทำให้จะสามารถคำนวณหาค่ากำลังขาเข้าได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังที่ส่งออก}}{\text{กำลังที่ป้อนเข้า}} \times 100\% = \frac{(\text{กำลังที่ป้อนเข้า} - \text{ความสูญเสีย})}{\text{กำลังที่ป้อนเข้า}} \times 100\%$$

$$\text{มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง:} \quad 95\% = \frac{11\text{kW}}{\text{กำลังที่ป้อนเข้า}} \times 100\%$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{กำลังที่ป้อนเข้าของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง} = \frac{11\text{kW}}{95\%} \times 100\% = 11.57894737 \text{ kW}$$

ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนจากมอเตอร์มาตรฐานเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงและป้อนกำลังไฟฟ้าขนาด 11.5789 kW ตลอดวัฏจักรชีวิตจะใช้ปริมาณกำลังไฟฟ้าทั้งสิ้น

$$11.5789 \text{ kW} \times 24 \text{ hr} \times 355 \text{ day} \times 10 \text{ year} = 986,526.31 \frac{\text{kWh}}{10 \text{ year}}$$

เมื่อนำไฟฟ้าปริมาณ 986,526 kWh มาประเมินวัฏจักรชีวิตด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธีการ CML 2000 โดยใช้ฐานข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยจะได้ปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 341,645.57 kg CO_{2,eq}

การเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต Filler

การเปลี่ยนวัตถุดิบของ Filler จากเดิมใช้ Polyvinylchloride (PVC) เป็นวัตถุดิบได้
ประเมินตามแนวทางการออกแบบที่ได้กำหนดไว้โดยเปลี่ยนเป็น Polypropylene (PP) หรือ
Bleached kraft paper ซึ่งกำหนดให้ปริมาตรของวัตถุดิบที่ใช้นั้นเท่ากับการใช้วัตถุดิบ PVC โดย
จากการชั่งน้ำหนักของ PVC filler ได้น้ำหนักรวมทั้งหมด 675 kg ต่อ Filler 1 ชุดและ PVC มีความ
หนาแน่น $1,300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาปริมาตรได้ดังนี้

$$\text{Polyvinylchloride (PVC):} \quad \frac{675\text{kg}}{1,300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.5192307692 \text{ m}^3$$

Polypropylene (PP) และ Kraft paper มีความหนาแน่น $900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ และ $830 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
ตามลำดับจะสามารถคำนวณหาน้ำหนักของแต่ละวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ทดแทน PVC ได้ดังนี้

$$\text{Polypropylene (PP):} \quad 0.5192307692 \text{ m}^3 \times 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 467.30769 \text{ kg ต่อ 1 ชุด}$$

$$\text{Kraft paper:} \quad 0.5192307692 \text{ m}^3 \times 830 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 430.9615385 \text{ kg ต่อ 1 ชุด}$$

ซึ่งเมื่อนำไปใช้ตลอดวัฏจักรของหอฝิ่นเย็นจำนวน 3 ชุดจะใช้วัตถุดิบทั้งสิ้น

$$\text{Polyvinylchloride (PVC):} \quad 675 \text{ kg} \times 3 = 2,025 \text{ kg}$$

$$\text{Polypropylene (PP):} \quad 467.30769 \text{ kg} \times 3 = 1,401.923 \text{ kg}$$

$$\text{Kraft paper:} \quad 430.9615385 \text{ kg} \times 3 = 1,292.8846 \text{ kg}$$

เมื่อนำ Filler ที่ผลิตจาก Polyvinylchloride (PVC), Polypropylene (PP) และ Kraft
paper น้ำหนัก 2,025 kg, 1,401.923 kg และ 1,292.8846 kg ตามลำดับมาประเมินวัฏจักรชีวิต
ด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธีการ CML 2000 โดยได้ใส่ข้อมูลการผลิตด้วยวิธีการ Injection

moulding สำหรับ PVC และ PP จะได้ปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 10,114.02 kg CO_{2,eq}, 6,193.51 kg CO_{2,eq} และ 288.42 kg CO_{2,eq} ตามลำดับ

การกำจัดตะกรัน

ตะกรันเป็นสาเหตุหลักประการหนึ่งที่ทำให้ต้องทำการเปลี่ยน Filler เป็นชุดใหม่ เนื่องจากปัญหาการอุดตันจากตะกรันในขณะที่วัสดุของ filler ยังอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานต่อไปได้ ดังนั้นการกำจัดตะกรันระหว่างการใช้งานจึงเป็นวิธีการที่ยืดอายุการใช้งานของ Filler และเป็นผลให้สามารถลดจำนวนชุดของ filler ลงเหลือเพียง 1 ชุดตลอดวัฏจักรชีวิตโดยปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตมีดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำที่หมุนเวียนในระบบ: } 3,250 \frac{\ell}{\text{min}} \times 60 = 195,000 \frac{\ell}{\text{hr}}$$

ในการใช้งานหล่อเย็นจะมีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหย, การถูกอากาศพัดพา และการระบายทิ้งรวมกันประมาณ 1.5% ของปริมาณน้ำที่หมุนเวียนในระบบจึงต้องเติมเพื่อทดแทนน้ำส่วนที่สูญเสียไปมีปริมาณดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำที่สูญเสียไป: } 195,000 \frac{\ell}{\text{hr}} \times 1.5\% &= 2,925 \frac{\ell}{\text{hr}} \\ 2,925 \frac{\ell}{\text{hr}} \times 24 \text{ hr} \times 355 \text{ day} \times 10 \text{ year} &= 249,210,000 \frac{\ell}{10 \text{ year}} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิต: } 195,000 + 249,210,000 = 249,405,000 \ell$$

การกำจัดตะกรัน โดยการเติมไอโซนในน้ำที่หมุนเวียนในระบบหล่อเย็นความเข้มข้น 0.1 ppm ตลอดวัฏจักรชีวิตนั้นมีปริมาณดังนี้

$$0.1 \text{ ppm} = 0.0998859 \frac{\text{mg}}{\ell}$$

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณไอโซนที่ใช้: } 0.0998859 \frac{\text{mg}}{\ell} \times 249,405,000 \ell &= 24,912,042.89 \text{ mg} \\ &= 24.9120 \frac{\text{kg}}{10 \text{ year}}\end{aligned}$$

เมื่อนำปริมาณไอโซนน้ำหนัก 24.9120 kg มาประเมินวัฏจักรชีวิตด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธีการ CML 2000 โดยใช้การกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบจะได้ปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 132.27 kg CO_{2,eq} และเมื่อนำ Filler ที่ผลิตจาก Polypropylene (PP) และ Kraft paper จำนวนอย่างละ 1 ชุดหรือน้ำหนัก 467.30769 kg และ 430.9615 kg ตามลำดับมาประเมินวัฏจักรชีวิตด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธีการ CML 2000 โดยระบุข้อมูลการผลิตด้วยวิธีการ Injection moulding สำหรับ PP และการกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบจะได้ปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 2,064.5 kg CO_{2,eq} และ 96.14 kg CO_{2,eq} ตามลำดับซึ่งเมื่อนำการเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต Filler มาใช้ร่วมกับการกำจัดตะกรันด้วยไอโซนจะมีปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนดังนี้

$$\begin{aligned}\text{Polypropylene (PP) และไอโซน: } &2,064.5 + 132.27 = 2,196.77 \text{ kg CO}_{2,\text{eq}} \\ \text{Kraft paper และไอโซน: } &96.14 + 132.27 = 228.41 \text{ kg CO}_{2,\text{eq}}\end{aligned}$$

การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้วัสดุหุ้มที่ผลิตจาก Fiber reinforce plastic

การเปลี่ยนวัตถุดิบของวัสดุหุ้ม (Casing) จากเดิมใช้ Fiber reinforce plastic เป็นวัตถุดิบเป็น Galvanized steel sheet โดยกำหนดให้พื้นที่ผิวภายนอกของวัสดุหุ้มมีพื้นที่เท่ากันคือ 68.3532 m² และมีความหนาของแผ่น steel sheet ตามที่มีการใช้งานกันจริงและความหนาแน่นของแผ่น steel sheet คือ 3.967 mm และ 7880 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ตามลำดับซึ่งจะคำนวณหาน้ำหนักได้ดังนี้

$$68.3532 \text{ m}^2 \times 3.967 \text{ mm} = 0.2711571444 \text{ m}^3$$

$$0.2711571444 \text{ m}^3 \times 7880 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2,136.718298 \text{ kg}$$

และมีพื้นที่ผิวที่ทำการ Coating เพื่อป้องกันการเกิดสนิมทั้งด้านในและด้านนอกของแผ่นเหล็กดังนี้

$$68.3532 \text{ m}^2 \times 2 = 136.7064 \text{ m}^2$$

เมื่อนำวัสดุหุ้มที่ผลิตจาก Galvanized steel sheet น้ำหนัก 2,136.7183 kg มาประเมินวัฏจักรชีวิตด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธีการ CML 2000 โดยได้ใส่ข้อมูลกระบวนการ Coating พื้นที่ 136.7064 m² และการกำจัดด้วยวิธีการฝังจะได้ปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 667.9595 kg CO_{2,eq}, 85.34 kg CO_{2,eq} และ 1,403.77 kg CO_{2,eq} ตามลำดับ ดังนั้นการเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวัสดุหุ้มจะมีปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนดังนี้

$$667.9595 + 85.34 + 1,403.77 = 2,157.07 \text{ kg CO}_{2,eq}$$

การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ใบพัด Aluminum alloy

การเปลี่ยนวัตถุดิบของใบพัดจากเดิมใช้ Aluminum alloy เป็นวัตถุดิบเป็น Polypropylene (PP) โดยมีดุมและแกนกลางทำจาก Aluminum alloy หนัก 30 kg และใบพัด Polypropylene 4 ใบ น้ำหนักรวม 16.65 kg ซึ่งเมื่อนำไปประเมินวัฏจักรชีวิตด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธีการ CML 2000 โดยระบุข้อมูลการกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบจะได้ปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 489.8455 kg CO_{2,eq}, 62.6188 kg CO_{2,eq} และ 74.9 kg CO_{2,eq} ตามลำดับหรือรวมผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนที่เกิดจากวัตถุดิบของใบพัด 627.36 kg CO_{2,eq}

ผลจากการเปลี่ยนวัตถุดิบของใบพัดส่งผลให้น้ำหนักโดยรวมลดลงหรือเป็นการลดภาระงานของมอเตอร์เหลือเพียง 7.425 kW หรือประมาณ 60% ของมอเตอร์เดิม ซึ่งเป็นการใช้งานมอเตอร์ที่ไม่เหมาะสมกับขนาดของมอเตอร์ซึ่งควรจะมีขนาดไม่น้อยกว่า 75% ของขนาดมอเตอร์ดังภาพประกอบที่ 4.4 และจากการสำรวจและค้นหาพบว่ามอเตอร์ในขนาดใกล้เคียงที่ให้กำลังขาออกมากกว่า 7.425 kW มีเพียงมอเตอร์แบบมาตรฐานขนาด 9.2 kW น้ำหนัก 57 kg เท่านั้นซึ่งเวลาใช้งานจริงจะใช้กำลังไฟฟ้าดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังที่ส่งออก}}{\text{กำลังที่ป้อนเข้า}} \times 100\% = \frac{(\text{กำลังที่ป้อนเข้า} - \text{ความสูญเสีย})}{\text{กำลังที่ป้อนเข้า}} \times 100\%$$

$$90\% = \frac{7.425 \text{ kW}}{\text{กำลังที่ป้อนเข้า}} \times 100\%$$

$$\text{กำลังที่ป้อนเข้า} = 8.25 \text{ kW}$$

$$\text{กำลังที่ป้อนเข้าของมอเตอร์: } 8.25 \text{ kW} \times 24 \text{ hr} \times 355 \text{ day} \times 10 \text{ year} = 702,900 \frac{\text{kWh}}{10 \text{ year}}$$

เมื่อนำมอเตอร์ขนาด 9.2 kW น้ำหนัก 57 kg และไฟฟ้าปริมาณ 702,900 kWh มาประเมินวัฏจักรชีวิตด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธีการ CML 2000 โดยระบุการกำจัดมอเตอร์ด้วยวิธีการฝังกลบและใช้ฐานข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยจะได้ปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 102.88 kg CO_{2,eq} และ 243,422.7048 kg CO_{2,eq} ตามลำดับ ดังนั้นการเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตใบพัดจะมีปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน} &= \text{ผลกระทบจากวัตถุดิบของใบพัด} + \text{ผลกระทบจากวัตถุดิบ} \\ &\quad \text{ของมอเตอร์} + \text{ผลกระทบจากการใช้ไฟฟ้า} \\ &= 627.36 + 102.88 + 243,422.7048 \\ &= 244,152.94 \text{ kg CO}_{2,\text{eq}} \end{aligned}$$