

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

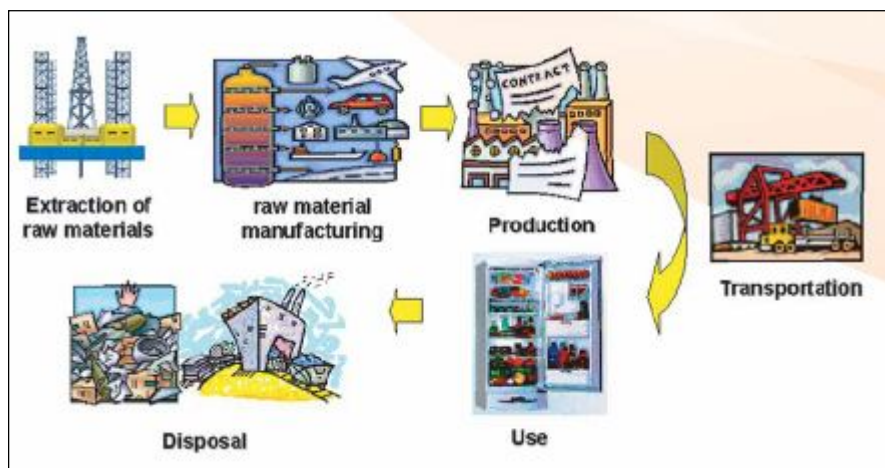
จากสภาพปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ทำให้หลายประเทศเริ่มมีความใส่ใจกับกิจกรรมภายในประเทศที่ก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม และได้มีการรวมกลุ่มเศรษฐกิจของประเทศต่าง ๆ เช่น อาเซียน อาฟต้า สหภาพยุโรป ฯลฯ ผลที่เกิดขึ้นนำไปสู่การสร้างมาตรการต่าง ๆ เพื่อสกัดกั้นทางการค้า สิ่งแวดล้อมก็เป็นมาตรการหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้เป็นประเด็นทางการค้า เนื่องจากเกิดกระแสการเรียกร้องของบริโภคโดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้ว ที่ต้องการบริโภคเฉพาะสินค้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ซึ่งส่งผลทำให้องค์กรธุรกิจต้องมีการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม ประเทศที่พัฒนาแล้วจึงได้สร้างมาตรการทางการค้าที่เข้มงวดมากขึ้น เพื่อป้องกันและคุ้มครองสิ่งแวดล้อมภายในประเทศ อีกทั้งยังพยายามผลักดันให้ประเทศที่กำลังพัฒนาใช้มาตรฐานในระดับเดียวกันด้วย อนุกรมมาตรฐานเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14000 series: Environmental Management) ซึ่งจัดทำโดยคณะกรรมการ วิชาการคณะที่ 207 (Technical Committee: TC207) ขององค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) เป็นมาตรฐานสากลที่ทุกประเทศสามารถใช้แทนมาตรฐานที่ประเทศคู่ค้ากำหนดขึ้นเองซึ่งอาจเกิดความไม่ยุติธรรมต่อประเทศที่กำลังพัฒนา โครงสร้างของมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย 3 ส่วน ซึ่งในส่วนที่ 3 ว่าด้วยเรื่องคุณภาพสินค้าที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) ดังนั้น ในอนาคตการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตจะเข้ามามีบทบาทต่อการผลิตและคุณภาพสินค้ามากขึ้น

2.1 การประเมินวัฏจักรชีวิต

สืบเนื่องจากวิกฤตการณ์พลังงานในช่วงปี ค.ศ. 1970 ทำให้ประเทศต่าง ๆ มีนโยบายการประหยัดพลังงานซึ่งส่งผลต่อการปลูกจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจึงถูกพัฒนาขึ้นและขยายรวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบจากการแพร่มลพิษและของเสียที่เกิดขึ้น ต่อมาภาครัฐของประเทศได้ให้ความสนใจในการศึกษานี้มากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณผลกระทบของผลิตภัณฑ์สำหรับเปรียบเทียบความรุนแรงของปัญหาที่ต่างประเภทกันเช่น การทำให้โลกร้อนขึ้นและการลดลงของทรัพยากร เป็นต้น

2.1.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ และการนำการให้ใหม่หรือแปรรูป ตลอดจนการจัดการกับซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการพิจารณาผลกระทบของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยจะพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมไปถึงระบบนิเวศ สุขอนามัยของชุมชน และปัญหาสิ่งแวดล้อมโลก ทั้งนี้ เพื่อนำผลไปใช้ในการกำหนดนโยบาย การออกแบบผลิตภัณฑ์ การปรับกระบวนการผลิต หรือเพิ่มทางเลือกในการผลิต เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นวิทยาการใหม่ที่คนไทยยังไม่มี ความเข้าใจมากนัก จึงทำให้นักศึกษาวิจัยด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตกับผลิตภัณฑ์มีจำนวนน้อยมาก และเกือบทั้งหมดใช้ฐานข้อมูลของต่างประเทศ (Commercial Software)



ภาพที่ 2.1

วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave)

(ที่มา : National metal and materials Technology Center)

เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นจะแตกต่างจากเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่มีอยู่ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นกระบวนการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของ

ผลิตภัณฑ์(Product) หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Function) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยเน้นผลเชิงปริมาณชัดเจน จึงทำให้การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตมีความซับซ้อนมากกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เพราะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปจนถึงขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทุกประเด็นที่เกิดขึ้น และให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของทรัพยากรที่สิ้นเปลืองไปและสารอันตรายที่ถูกปล่อยออกมา การประเมินวัฏจักรชีวิตจะเป็นการมองผลกระทบในภาพรวมที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้นมากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมา

ประโยชน์ของการประเมินวัฏจักรชีวิตทำให้ทราบถึงข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำมาพิจารณาประกอบกับข้อมูลในประเด็นอื่นๆ เช่น ต้นทุน ความสะดวกสบาย และความปลอดภัยของผู้บริโภค เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจหรือการกำหนดแนวทางดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต เช่น การพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงนโยบายของภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค และการกระตุ้นให้เกิดจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น อนึ่ง การประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นกล่าวถึง ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบผลิตภัณฑ์ภายใต้การศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ นิเวศวิทยา และการหมดไปของทรัพยากร แต่จะไม่ได้กล่าวถึงผลทางเศรษฐกิจและสังคม การประเมินวัฏจักรชีวิต สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมหรืองานวิจัยได้อย่างหลากหลาย โดยกลุ่มของผู้นำไปใช้งานอาจจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ภาครัฐ/สหกรณ์/บริษัทเอกชน ภาครัฐ องค์กรเอกชน (NGOs) และผู้บริโภค



ภาพที่ 2.2

การใช้ประโยชน์ของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

(ที่มา : เอกสารเผยแพร่ชุด “การเตรียมตัวรับมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม”)

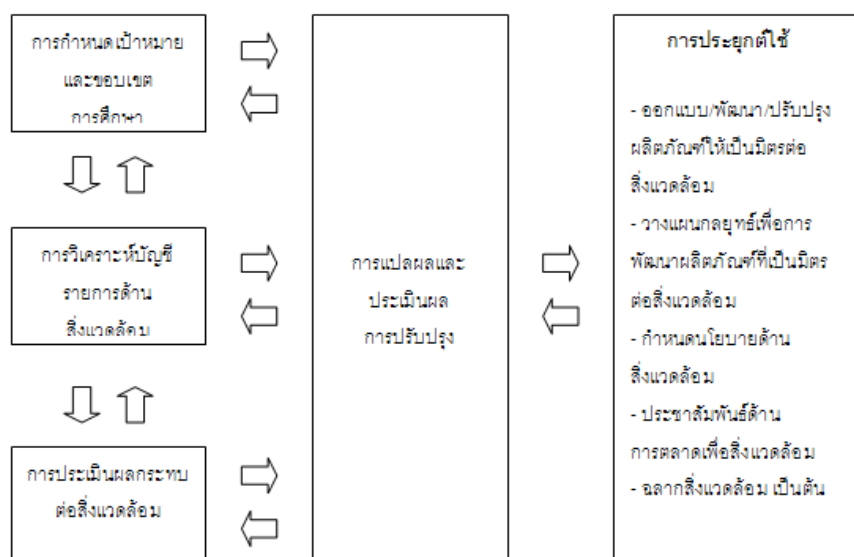
การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เป็นอีกหนึ่งเครื่องมือด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ถูกบรรจุอยู่ในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO14000 โดยมีกรอบการดำเนินงานตามอนุกรมมาตรฐาน 14040 และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิตมีทั้งหมด 7 ฉบับ ดังนี้

- ISO 14040 – Life cycle assessment – Principles and framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- ISO 14041 – Life cycle assessment – Goal and scope definition and Life Cycle Inventory analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต การวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (LCI)
- ISO 14042 - Life cycle assessment – Life Cycle Impact Assessment (LCIA) เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

- ISO 14043 - Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation เป็นมาตรฐานกล่าวถึงการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการทำ LCI และ LCIA
- ISO/TR 14047 - Life Cycle Assessment – Illustrative Examples on how to Apply ISO 14042 – Life Cycle Impact Assessment เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- ISO/TR 14048 - Life Cycle Assessment – LCA Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA
- ISO/TR 14049 - Life Cycle Assessment – Examples of Application of ISO 14041 to Goal and Scope Definition and Inventory Analysis เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

2.1.2 ขั้นตอนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2.3

ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต

(ที่มา : สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, คู่มือการฝึกอบรมการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

และการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ)

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

(Gold and Scope Definition)

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาเป็นขั้นตอนแรกของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะต้องประกอบด้วยประเด็นสำคัญดังนี้

1.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal Definition)

ขั้นตอนแรกในการทำ LCA ก็คือการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ รวมทั้งพิจารณาว่าควรใช้การวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมแบบใดเข้ามาช่วย และในขั้นตอนเดียวกันนี้ เราต้องประเมินว่าการวิเคราะห์ใดสามารถหรือไม่สามารถนำมาใช้ได้ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะเป็นส่วนของวิธีทำ LCA ขึ้นอยู่กับการกำหนดวัตถุประสงค์ ผลการวิเคราะห์แล้วนำไปใช้อย่างผิด ๆ นำไปสู่การสรุปผลที่ไม่ถูกต้อง กล่าวคือผลการวิเคราะห์อาจผิดพลาดถ้าการใช้งานไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสม

1.2 การกำหนดขอบเขต (Scope Definition)

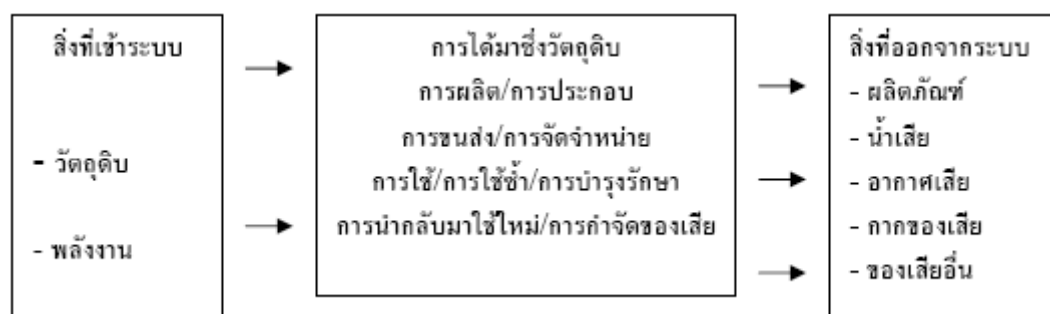
เป็นการระบุสิ่งที่ต้องการประเมินและรายละเอียดภายในระบบซึ่งรวมถึงวิธีการประเมิน โดยการกำหนดขอบเขตต้องครอบคลุมถึง หน้าที่ของระบบ หน่วยหน้าที่ของระบบ ที่ต้องการศึกษา ขอบเขตของระบบ วิธีการบัญชี ข้อมูลที่ต้องการ สมมติฐานที่ต้องใช้ ข้อจำกัดของการศึกษา และคุณภาพของข้อมูลเบื้องต้น

1.3 การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit)

หน่วยหน้าที่จะเป็นตัวอ้างอิงหรือพื้นฐานสำหรับการจัดเก็บข้อมูลเข้าและข้อมูลออกของระบบ หน่วยหน้าที่ของระบบควรจะมีการระบุอย่างชัดเจนและสามารถวัดค่าได้ ซึ่งประโยชน์ของการกำหนดหน่วยหน้าที่คือ การเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตของหลายผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยหน้าที่ประกอบด้วยประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติพื้นฐาน

1.4 ขอบเขตของระบบ (System Boundaries)

เป็นการกำหนดกระบวนการข้อมูลเข้าและข้อมูลออกที่รวมอยู่ในการประเมินวัฏจักรชีวิต ดังนั้นขอบเขตของระบบคือ ขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม โดยระบบของผลิตภัณฑ์ คือหน่วยที่รวบรวมวัสดุ และพลังงานที่มีการเชื่อมโยงกันระหว่างหน่วยงานต่างๆ โดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากร วัตถุดิบหรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบ ก่อนถูกเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่างๆ



ภาพที่ 2.4

ขั้นตอนและขอบเขตของ LCA

1.5 การจัดทำบัญชีรายการ (Data Quality)

คุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการย่อมมีผลต่อคุณภาพของบทสรุปของการประเมินวัฏจักรชีวิตของสิ่งที่สนใจ คุณภาพของข้อมูลสามารถอธิบายและประเมินได้ภายใต้ประเด็นดังต่อไปนี้

- คุณภาพของข้อมูลในบัญชีรายการ
- ช่วงเวลาในการศึกษา
- ระดับพื้นที่ของการศึกษา
- แหล่งที่มาของข้อมูล
- วิธีการได้มาของข้อมูล
- ความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล

2. การทำบัญชีรายการ (Inventory)

จุดมุ่งหมายของการทำบัญชีรายการก็คือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการนิยามไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต (Scope Definition) รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) ซึ่งการจัดทำบัญชีรายการต้องประกอบด้วยประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

- การคัดเลือกข้อมูล (Data Collection)
- การกลั่นกรองของขอบเขตระบบ (Refining System Boundaries)
- วิธีการคำนวณ (Calculation Procedures)

- การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation of Data)
- การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating Data of Specific System)
- การจัดสรรข้อมูล (Allocation)

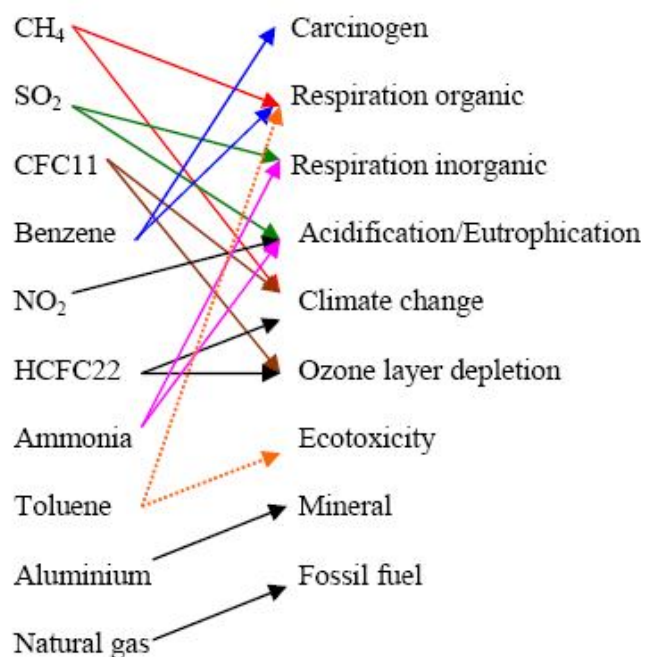
3. การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการ (Inventory) เราจะทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญ แต่บางอย่างไม่ใช่ เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม, แหล่งทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน ต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ ซึ่งการประเมินผลกระทบประกอบด้วยประเด็นสำคัญ คือ

3.1 การเลือกชนิดและประเภทของผลกระทบ (Selection of Impact Categories, Category Indicators, Characterization Model)

3.2 การจำแนกประเภท (Classification)

เป็นการจำแนกข้อมูลเข้าและข้อมูลออกไปยังผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น มีเทน ถูกจัดอยู่ในผลกระทบประเภทการทำให้โลกร้อนขึ้น



ภาพที่ 2.5

การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ

3.3 การกำหนดบทบาท (Characterization)

เป็นขั้นตอนในการแสดงประเภทของผลกระทบให้อยู่ในเทอมของตัวบ่งชี้ โดยใช้ค่าแฟกเตอร์ในการคูณเพื่อเปลี่ยนจากปริมาณน้ำหนักเป็นค่าบ่งชี้ของผลกระทบและทำการรวมค่าทั้งหมดของแต่ละผลกระทบตามสามการ

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij})$$

EP_j (Environmental Impact Potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg substance equivalent)

Q_i (Quantity of Substance) คือ ปริมาณมลภาวะสาร i ที่ปล่อยออกมา (kg Substance i)

EF_{ij} (Equivalency factor) คือค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent / kg substance i)

3.4 การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization)

เป็นขั้นตอนในการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการโดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ต้องการอ้างอิง

$$NP_{j(product)} = EP_j / (T \times ER_j)$$

NP_j (Product) (Normalized Environment Impact Potential) ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ของผลิตภัณฑ์ (Person)

T (Life Time of Product) คืออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Year)

ER_j (Normalization Reference) คือ ค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดขึ้นจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg Substance Equivalent/Person/Year)

3.5 การให้น้ำหนัก (Weighting)

เป็นขั้นตอนในการให้ความสำคัญของลักษณะของผลกระทบทั้ง 3 ประเภท คือ สุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศ การใช้ทรัพยากร และรวมค่าของตัวชี้วัดทั้ง 3 ประเภทให้เป็นคะแนนเดียว

$$WP_j = WF_j \times NP_j$$

Wp_j (Weighting environment impact potential) คือค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j หลังการให้น้ำหนักความสำคัญแล้ว (Person for target year; Pt)

WF_j (Weighting factor) คือ ค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายไว้

4. การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Interpretation)

การแปลผลหรือการตีความเป็นขั้นตอนในการนำผลการทำบัญชีรายการ และการประเมินผลกระทบมารวมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อเสนอแนะตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษาที่ระบุไว้

มาตรฐาน ISO 14000 ได้ให้คำนิยามของการแปลผลไว้ 2 อย่าง คือเพื่อวิเคราะห์ผลให้ได้ข้อสรุป สามารถอธิบายข้อจำกัดและข้อแนะนำโดยใช้ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) หรือการวิเคราะห์บัญชีรายการ เพื่อรายงานผลของการแปลผลวัฏจักรชีวิตในลักษณะที่ชัดเจน โดยนำเสนอผลของการประเมินวัฏจักรชีวิต และการวิเคราะห์บัญชีรายการที่สามารถ

เข้าใจได้สมบูรณ์และถูกต้อง ซึ่งการแปลผลจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เป้าหมายของการศึกษาประเด็นหลักๆ ที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการแปลผลจะเกี่ยวข้องกับประเด็นดังต่อไปนี้

- การระบุประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม
- การประเมินผลที่สมบูรณ์ ละเอียด และเที่ยงตรง
- การตรวจสอบบทสรุปว่าตรงกับวัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา ข้อจำกัดและสมมติฐานหรือไม่

การระบุประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบของข้อมูลจาก 3 ขั้นตอนแรกของกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อที่จะระบุข้อมูลที่ให้ผลกระทบมากที่สุดในการวิเคราะห์บัญชีรายการและการประเมินค่าผลกระทบในแต่ละกระบวนการ ผลิตภัณฑ์ หรือการบริการ การระบุประเด็นสำคัญทางสิ่งแวดล้อมจะรวมถึง

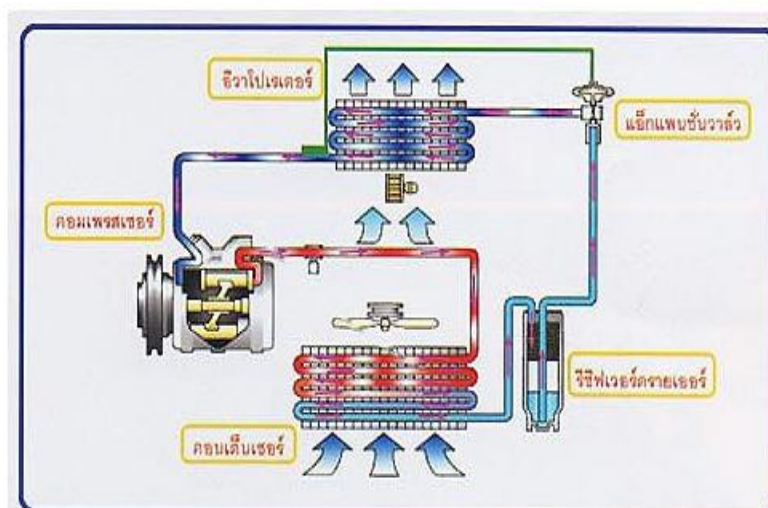
- ชนิดของบัญชีรายการ เช่น พลังงาน ของเสีย
- ประเภทของผลกระทบ เช่น การใช้ทรัพยากร
- กระบวนการที่เป็นผลสำคัญในการวิเคราะห์บัญชีรายการ หรือการประเมินผลกระทบ เช่น ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการใช้ และกระบวนการผลิตวัตถุดิบเป็นต้น

2.2 ทฤษฎีผลิตภัณฑ์คอนเดนเซอร์

เรื่องราวของการทำความเย็น และปรับอากาศในปัจจุบันนี้ แทบจะแยกกันไม่ออกจากเรื่องราวของสิ่งแวดล้อม เพราะเนื่องจาก สารทำความเย็นที่ใช้ทำความเย็นและปรับอากาศที่ใช้มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนี้มีผลทำให้ชั้นโอโซน (Ozone Layer) ในชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) เกิดเป็นช่องโหว่ (Ozone Depletion) ทำให้รังสีอัลตราไวโอเลต (UV-B) ส่งมายังผิวโลก ทำให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนัง ตาเป็นต้อกระจก ซึ่งเป็นอันตรายแก่สรรพสัตว์นำมาซึ่งการสูญพันธุ์ ของสัตว์โลกและยังทำให้โลกเรามีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ซึ่งมีผลทำให้เกิดน้ำแข็งละลายที่ขั้วโลก อาจจะทำให้เมืองบางเมือง ถึงกับจมน้ำ ตามที่เป็นข่าวอยู่ ในปี 1987 องค์การสหประชาชาติ (The United Nations) ได้มีการประชุมประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยที่มอนทรีออล (Montreal) ประเทศแคนาดา และได้ร่วมกันลงนามในพิธีสารมอนทรีออล (The Montreal Protocol) ให้มีการควบคุมการใช้ และการผลิตสารทำความเย็น (CFC) และสารฮาโลเจน (Halogen) ทั่วทั้งโลก เพื่อป้องกันมหันตภัย ที่จะเกิดขึ้น แก่มวลสรรพสัตว์ทั้งโลก ทำให้สารทำความเย็น (CFC 12) และสารฮาโลเจน (Halogen) ต้องหยุดการผลิต และหันมาใช้สารทดแทน และในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งในการผลิตชิ้นส่วนหนึ่งในการปรับอากาศรถยนต์ จึงควรที่จะมีความเข้าใจ และเรียนรู้ว่าในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร และมีผลกระทบมากน้อยแค่ไหน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการร่วมกันรักษาสิ่งแวดล้อม

หลักการทำงานของระบบการทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศรถยนต์เป็นระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System) โดยคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นจากอีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) สารทำความเย็นในขณะนั้นยังมีสถานะเป็นแก๊สและคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ยังทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นออกไปที่คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านคอนเดนเซอร์ (Condenser) จะทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงจากนั้นสารทำความเย็นไหลต่อไปยังรีซีฟเวอร์/ดรายเออร์ (Receiver/Dryer) เพื่อกรองสิ่งสกปรกและความชื้นที่ปนเปื้อนในสารทำความเย็นสารทำความเย็นไหลไปที่ แอ็คเพนชันวาล์ว (Expansion Valve) แล้วฉีดเป็นฝอยละอองเข้าไปใน อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) ทำให้สารทำความเย็นมีความดันต่ำและดูดความร้อนจากภายนอก เพื่อให้ตัวมันเองมีสถานะกลายเป็นแก๊ส ทำให้อุณหภูมิภายนอกลดลง หลังจาก

นั้นสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจะถูกดูดเข้าไปในคอมเพรสเซอร์ (Compressor) เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่อีกครั้งดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6

วงจรพื้นฐานของระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

(ที่มา: หนังสือเครื่องปรับอากาศรถยนต์, สวัสดิ์ บุญเถื่อน, ปี พ.ศ. 2535, หน้า 25)

2.2.1 วงจรพื้นฐานของระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

ระบบทำความเย็นของรถยนต์ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักอยู่ 5 ชิ้นส่วนดังนี้

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นที่เข้ามาทาง ท่อซักชั่น (Suction Line) หรือท่อดูด สารทำความเย็นที่ดูดเข้ามามีสถานะเป็นไออิ่มตัว (Saturated Vapor) มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ แล้วอัดออกไปด้วยกำลังของเครื่องยนต์ หรือมอเตอร์ ออกมาทางท่อท่อดิสชาร์จ (Discharge Line) หรือท่อจ่าย สารทำความเย็นที่ถูกอัดออกไปนี้จะมีสถานะเป็นไอยิ่งยวด (Superheated Vapor) มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง

2. คอนเดนเซอร์ (Condenser)

ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น สารทำความเย็นที่ถูกอัดออกมาจากคอมเพรสเซอร์ เข้ามาทางท่อท่อดิสชาร์จ (Discharge Line) หรือท่อจ่าย มีสถานะเป็นไอยิ่งยวด (Superheated Vapor) มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง หลังจากระบายความร้อนออกแล้ว

สารทำความเย็น จะมีสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัว (Saturated Liquid) มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง คอนเดนเซอร์ ติดตั้งบริเวณส่วนหน้าของรถหน้าหม้อน้ำรถยนต์ มีพัดลมทำหน้าที่ช่วยระบายความร้อน

3. ดรายเออร์และรีซีฟเวอร์ (Drier & Receiver)

สารทำความเย็นที่ออกจาก คอนเดนเซอร์ จะถูกส่งไปที่ ดรายเออร์และรีซีฟเวอร์ เพื่อทำการกรอง, ดูดความชื้น และพักสารทำความเย็นเพื่อจะส่งต่อไปยัง แอ็กชแพนชั่นวาล์ว ผ่านทางท่อลิกวิด (Liquid line)

4. แอ็กชแพนชั่นวาล์ว (Expansion Valve)

ทำหน้าที่ลดความดัน ของสารทำความเย็น และควบคุมสารทำความเย็นที่ฉีดเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ ให้พอเหมาะที่จะกลายเป็นไอในอีวาโปเรเตอร์ การฉีดนั้นเช่นเดียวกับการฉีดน้ำทางท่ออย่างที่บีบปลายท่อไว้ สารทำความเย็นจะถูกฉีดเข้าไปเป็นฝอย จะมีสถานะเป็นไอเปียก มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ เข้าสู่ อีวาโปเรเตอร์

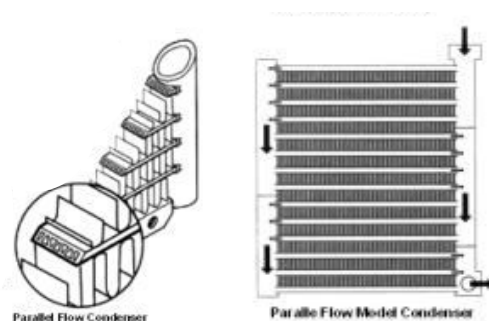
5. อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator)

รับสารทำความเย็นที่ฉีดออกมาจาก แอ็กชแพนชั่นวาล์ว ซึ่งมีลักษณะเป็นฝอย มีสถานะเป็นไอเปียก มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากคุณสมบัติของสารทำความเย็นที่มีจุดเดือดที่อุณหภูมิต่ำ ที่อีวาโปเรเตอร์นี้เองที่สารทำความเย็นจะดูดความร้อนเข้าสู่ตัวเองแล้วกลายเป็นไอ (ไออิ่มตัว มีความดันต่ำ และอุณหภูมิต่ำ) ออกจากอีวาโปเรเตอร์แล้วถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ เมื่อความร้อนของอากาศโดยรอบอีวาโปเรเตอร์ถูกดูดออกไปที่เหลือก็คืออากาศเย็นที่พัดออกมาทางช่องลมเย็นนั่นเอง

ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเฉพาะคอนเดนเซอร์ (Condenser) ซึ่งเป็นแผงระบายความร้อนของระบบปรับอากาศรถยนต์ที่ติดตั้งบริเวณด้านหน้าของรถยนต์

คอนเดนเซอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันมี 2 ชนิด ดังนี้

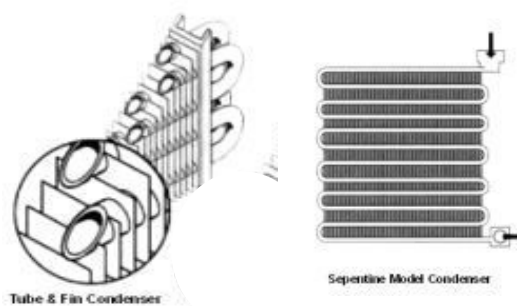
1. คอนเดนเซอร์แบบท่อแบน (Multi-Flow Condenser) ท่อทางวิ่งของน้ำยาแอร์นั้นจะมีลักษณะแบน, เตี้ย ซึ่งน้ำยาแอร์สามารถวิ่งได้เต็มพื้นที่ของท่อ จึงช่วยในการระบายความร้อนได้ดีและเร็วกว่า วัสดุที่นำมาประกอบนั้นมีน้ำหนักเบาและบางกว่าคอยล์ร้อนรุ่นเก่าๆ ความร้อนจากแผงคอยล์ที่ระบายออกมานั้น จะไม่สะสมอยู่บริเวณนั้นนาน (เวลารถติดนานบริเวณแผงคอยล์นั้นจะมีพื้นที่ว่างขึ้น ช่วยในการหมุนเวียนถ่ายเทของอากาศได้เร็วกว่า) ตามรูป



ภาพที่ 2.7

คอนเดนเซอร์แบบท่อแบน

2. คอนเดนเซอร์แบบท่อกลม เป็นคอนเดนเซอร์รุ่นเก่า ท่อน้ำยาในแผงคอยล์ร้อนนั้นจะเป็นท่อทรงกลม ซึ่งน้ำยาแอร์ที่วิ่งในท่อนั้น ปริมาณน้ำยาแอร์อาจวิ่งเพียงครึ่งหนึ่งของท่อน้ำยา จึงทำให้ใช้พื้นที่ในการระบายความร้อนไม่เต็ม 100% ซึ่งคอยล์ร้อนแบบนี้ จะมีรูปทรงหนากว่าแบบคอนเดนเซอร์แบบท่อแบน เพราะท่อทองแดงในแผงนั้นจะเป็นแบบ 2 แถว ซึ่งจะสะสมความร้อนได้มากกว่าและระบายความร้อนออกจากบริเวณนั้นๆ ได้ช้ากว่าเนื่องจากมีความหนาถึง 2 ชั้น (เวลารถติดนานบริเวณคอยล์ร้อนจะสะสมความร้อนสูง ประกอบกับความร้อนของหม้อน้ำ)



ภาพที่ 2.8

คอนเดนเซอร์แบบท่อกลม

ขอบเขตของงานวิจัยทำการศึกษผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์คอนเดนเซอร์แบบท่อแบนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในระบบทำความเย็นในรถยนต์ที่มีความสำคัญ

ชั้นส่วนคอนเดนเซอร์ติดตั้งอยู่ที่ด้านหน้าหม้อน้ำรถยนต์ทำหน้าที่ระบายความร้อน ทำให้สารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำลง เปลี่ยนสถานะจาก แก๊สเป็นของเหลว ดังนั้นจากหน้าที่การทำงานข้างต้น วัสดุที่ที่ใช้ในการผลิตคอนเดนเซอร์ควรมีคุณสมบัติที่นำความร้อนและทนต่อการกัดกร่อนได้ดี วัสดุที่เหมาะสมจึงใช้อะลูมิเนียมเป็นหลัก



ภาพที่ 2.9

ชั้นส่วนคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศรถยนต์

2.2.2 ส่วนประกอบหลักของคอนเดนเซอร์

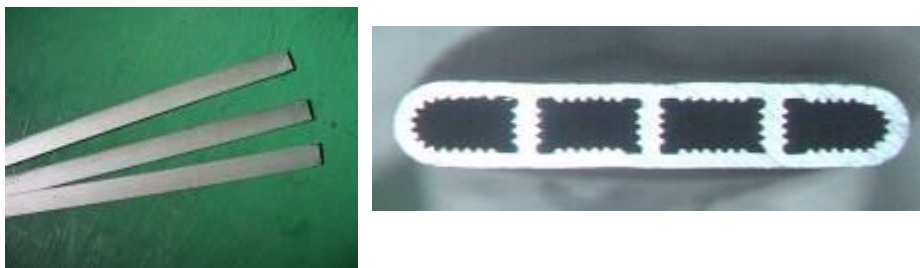
ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์คอนเดนเซอร์ที่มีความสำคัญในวงจรของระบบทำความเย็นรถยนต์ มีอยู่ 6 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ทิวป์ (Tube)

บทบาทและหน้าที่ ใช้เป็นเส้นทางผ่านและลำเลียงสารทำความเย็น ทำหน้าที่ส่งผ่านความร้อนไปยังฟิน และมีหน้าที่กระจายความร้อนด้วยตนเอง โดย 15% ของประสิทธิภาพการทำงานของคอนเดนเซอร์ การกระจายความร้อนจะมาจากทิวป์ โดยตรง ดังนั้นทิวป์ จึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้คือ ต้องไม่ทำให้สารทำความเย็นที่มีแรงดันและอุณหภูมิสูงเกิดการรั่ว และต้องสามารถส่งความร้อนไปยังฟิน ได้อย่างราบรื่น ยิ่งกว่านั้น การที่พื้นที่ในการสัมผัสกับสารทำความเย็นในปริมาณมากจะยิ่งส่งผลดีและเพิ่มประสิทธิภาพได้มากกว่า ดังนั้นจึงได้มีการสร้างให้ภายในทิวป์ มีลักษณะขรุขระ

คุณสมบัติเฉพาะ : มีลักษณะผนึกแน่นไม่ให้อากาศเข้า (Air tight) ทนต่อแรงดัน (Pressure Resistance) เนื่องจากสารทำความเย็นมีแรงดันและอุณหภูมิสูง ทนต่อการผุกร่อน

(Corrosion Resistance) โดยต้องไม่เกิดการรั่ว เมื่อใช้งานในระยะยาวภายใต้สภาวะที่มีแรงดันสูง เป็นงานดัดขึ้นรูป (Extrusion) โดยสามารถขึ้นรูปให้ภายในมีลักษณะขรุขระได้ และมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสาน (Brazing) สามารถเชื่อมประสานกับฟินได้



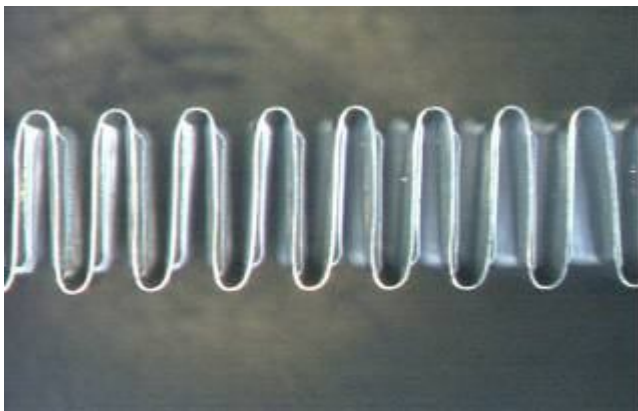
ภาพที่ 2.10

ทิวป์ (Tube) ส่วนประกอบของคอนเดนเซอร์

2. ฟิน (Fin)

บทบาทและหน้าที่ มีหน้าที่ปล่อยความร้อนที่ได้รับมาจากทิวป์ ออกไปสู่อากาศ โดยรับหน้าที่ในระดับ 85% ของประสิทธิภาพทั้งหมด สำหรับรูปทรงของฟินต้องมีลักษณะที่เหมาะสมและถูกต้อง เนื่องจากส่งผลกระทบต่อความต้านทานและทางผ่านของลม อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ เป็นอย่างยิ่ง ในด้านการทนต่อการผุกร่อนต้องมีคุณสมบัติ เป็นวัสดุที่มีลักษณะป้องกันการผุกร่อนในบริเวณพื้นผิว เพื่อเป็นการป้องกันทิวป์ ผุกร่อนด้วยเช่นกัน

คุณสมบัติเฉพาะลักษณะรูปทรง (Forming) และทำการผลิตตามขนาดความยาวของมุม (Louver) ตามที่กำหนด เพื่อให้รูปทรงของฟิน มีคุณสมบัติทั้ง 2 อย่างดังนี้ คือ มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงและความสูญเสียจากแรงดันในอัตราต่ำ มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสาน (Brazing) สามารถเชื่อมประสานกับทิวป์ได้ มีความสามารถในการนำความร้อนอย่างเพียงพอ (Heat Conductivity)



ภาพที่ 2.11

ฟิน (Fin) ส่วนประกอบของคอนเดนเซอร์

3. เฮดเดอร์ (Header)

บทบาทและหน้าที่ใช้เป็นทางผ่านของสารทำความเย็น (Refrigerant) โดยไม่ทำให้สารทำความเย็นที่มีความดันและอุณหภูมิสูงเกิดการรั่วสามารถส่งผ่านไปยังแต่ละทิวป์ได้อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรูปทรงของคอนเดนเซอร์ดังนั้นจึงต้องมีความแข็งแรงทนทานโดยเนื้อวัสดุต้องมีขนาดความหนาอยู่ในระดับประมาณ 1.3 – 2 mm.

คุณสมบัติเฉพาะฉีกแน่นไม่ให้อากาศเข้า (Air tight) เนื่องจากสารทำความเย็นมีแรงดันและอุณหภูมิสูง ทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion-Resistant) เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วเมื่อใช้งานในระยะยาวภายใต้สภาวะที่มีแรงดันสูง สามารถเชื่อมประสาน (Brazing) เข้ากับทิวป์และชิ้นส่วนอื่นๆ ได้



ภาพที่ 2.12

เฮดเดอร์ (Header) ส่วนประกอบของคอนเดนเซอร์

4. แฟรงค์อินเล็ท (Flange inlet)

มีหน้าที่ใช้เป็นทางผ่านสารทำความเย็นเพื่อเข้าสู่ เฮดเดอร์ (Header) เพื่อเข้าสู่ระบบระบายความร้อน



ภาพที่ 2.13

แฟรงค์อินเล็ท (Flange Inlet) ส่วนประกอบของคอนเดนเซอร์

5. แฟรงค์เอาท์เล็ท (Flange Outlet)

ทำหน้าที่ใช้เป็นทางผ่านสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวเพื่อออกไปยังรีซีฟเวอร์ดรายเออร์ (Receiver Dryer)



ภาพที่ 2.14

แฟรงค์เอาท์เล็ท (Flange Outlet) ส่วนประกอบของคอนเดนเซอร์

5. รีซีฟเวอร์ดรายเออร์ (Receiver Dryer)

ทำหน้าที่ กรองสิ่งสกปรกและความชื้นจากระบบ ถ้าสารทำความเย็นมีความชื้นปนอยู่ จะทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนต่างๆ ในระบบ และจะผลให้เกิดน้ำแข็งที่บริเวณอีวาโปเรเตอร์ ซึ่งจะทำให้สารทำความเย็นในระบบไหลไม่สะดวก



ภาพที่ 2.15

รีซีฟเวอร์ดรายเออร์ (Receiver Dryer) ส่วนประกอบของคอนเดนเซอร์