บทที่ 2
ทฤษฎี แนวคิด และ ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไอน้ำของหม้อกำเนิดไอน้ำเมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซลเป็นก๊าซแอลพีจีของโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง ผู้ศึกษาได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และ ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้รวบรวมเป็นกรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ทฤษฎีและแนวคิด

2.1.1 ทฤษฎีต้นทุน

การจำแนกต้นทุนตามความสัมพันธ์กับระดับกิจกรรม

การจำแนกต้นทุนตามความสัมพันธ์กับระดับกิจกรรมนี้บางครั้งเรียกว่า การจำแนกต้นทุนตามพฤติกรรมของต้นทุน (Cost behavior) ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญคือ เป็นการวิเคราะห์จำนวนของต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิต หรือระดับของกิจกรรมที่เป็นตัวผลักดันให้เกิดต้นทุน (Cost driver) ในการผลิตทั้งที่เกี่ยวกับการวางแผน การควบคุม การประเมิน และวัดผลการดำเนินงาน การจำแนกต้นทุนความสัมพันธ์กับระดับของกิจกรรมสามารถจำแนกได้ 3 ชนิด ได้แก่ ต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่ และ ต้นทุนรวม

(1) ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

ต้นทุนผันแปร หมายถึง ต้นทุนที่จะมีต้นทุนรวมเปลี่ยนแปลงไปตามสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงในระดับกิจกรรมหรือปริมาณการผลิต ในขณะที่ต้นทุนต่อหน่วยจะคงที่เท่ากันทุกๆหน่วย โดยทั่วไปแล้วต้นทุนผันแปรนี้จะสามารถที่จะควบคุมได้โดยแผนกหรือหน่วยงานที่ทำให้เกิดต้นทุนผันแปรนั้นๆ

ในเชิงการบริหารต้นทุนผันแปรจะเข้ามามีบทบาทอย่างมาก ต่อการตัดสินใจของฝ่ายบริหาร เช่น การกำหนดราคาสินค้าของกิจการ ก็ต้องกำหนดให้ครอบคลุมทั้งส่วนที่เป็นต้นทุนผันแปรและต้นทุนคงที่ทั้งหมด ในกรณีที่กิจการจะทำการผลิตและจำหน่ายสินค้าในส่วนที่นอกเหนือจากกำลังการผลิตปกติ แต่ไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดของกิจการ การตัดสินใจในการกำหนดราคาสินค้าในใบสั่งซื้อพิเศษนี้ไม่ควรที่จะต่ำกว่าต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ต้นทุนคงที่ หมายถึง ต้นทุนที่มีพฤติกรรมคงที่ หรือต้นทุนรวมที่มิได้เปลี่ยนแปลงไปตามระดับของการผลิตในช่วงการผลิตระดับหนึ่ง แต่ต้นทุนคงที่ต่อหน่วยก็จะเปลี่ยนแปลงในทางลดลงถ้าปริมาณการผลิตเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ต้นทุนคงที่ยังแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ต้นทุนคงที่ระยะยาว (Committed fixed cost) และต้นทุนคงที่ระยะสั้น (Discretionary fixed cost)

- ต้นทุนคงที่ระยะยาว เป็นต้นทุนคงที่ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะสั้น เช่น สัญญาเช่าระยะยาว ค่าเสื่อมราคา เป็นต้น

- ต้นทุนคงที่ระยะสั้น เป็นต้นทุนคงที่ที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวจากการประชุมหรือการตัดสินใจของผู้บริหาร เช่น ค่าโฆษณา ค่าใช้จ่ายในการค้นคว้าและวิจัย เป็นต้น สำหรับในเชิงการบริหาร ต้นทุนคงที่ส่วนใหญ่มักจะควบคุมได้ด้วยผู้บริหารระดับสูงเท่านั้น

(3) ต้นทุนรวม (Total cost)

ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนทั้งหมดในการผลิตใดๆ เกิดจากการรวมตัวกันของต้นทุนผันแปร (Variable cost) กับต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ซึ่งสามารถนำมาคิดวิเคราะห์หาต้นทุนต่อหน่วยการผลิตได้ (ชัชวาล, 2550)

2.1.2 แนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจในการลงทุน

การทำงบประมาณรายจ่ายการลงทุน คือ การพิจารณาทางเลือก (Screening decisions) เป็นขั้นการกลั่นกรองทางเลือกที่เป็นไปได้ ในการใช้เงินทุน และการตัดสินใจเลือกลำดับการลงทุน (Preference decisions) ซึ่งจำแนกได้ 2 ประเภท โดยพิจารณาแนวคิดเกี่ยวกับการคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามระยะเวลา (Time value of money) ตามแนวคิดนี้การจ่ายลงทุนควรคำนึงว่า เงิน 1 บาท ในวันนี้มีค่ามากกว่าเงิน 1 บาทในอนาคต คือ ใช้วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value method : NPV) วิธีอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal rate of return : IRR) และพิจารณาแนวคิดที่ไม่คิดคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา คือ ใช้วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback period) รวมไปถึงการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ของการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันต้นทุนหรือผลตอบแทน

ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

ระยะเวลาคืนทุน หมายถึงระยะเวลาเป็นจำนวนปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับเงินที่ลงทุนกลับคืนมา จากความหมายดังกล่าว การคำนวณระยะเวลาคืนทุนต้องนำกระแสเงินสดสุทธิ ที่ได้จากการลงทุนในแต่ละปีสะสมเรื่อยไปจนได้ผลรวมเท่ากับเงินลงทุนพอดีนับจำนวนปีดังกล่าวรวมกัน คือ ระยะเวลาคืนทุน ดังนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน – กระแสเงินสดรับรายปีสะสม จนเงินลงทุน
มีค่าเป็นศูนย์

จำนวนปีที่ต้องสะสมกระแสเงินสดสุทธิเพื่อให้เงินลงทุนได้คืนมาครบ คือ ระยะเวลาคืนทุน

สามารถคำนวณหาค่าได้ดังสมการ (ชาญ, 2550)

$$P = I/R$$

เมื่อ P = ระยะเวลาคืนทุน
I = จำนวนเงินที่ต้องใช้จ่ายไปตั้งแต่เริ่มต้น (เงินลงทุนสะสม) จนถึงระยะเวลาที่กำหนด
R = ค่าเฉลี่ยของผลประโยชน์ที่ได้ต่อปี โดยคำนวณจากรายได้ทั้งหมดหารด้วยจำนวนปีที่มีรายได้

2.1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำ (Boiler) คืออุปกรณ์ที่บรรจุน้ำอยู่ภายใน และใส่เชื้อเพลิงเข้าไปเพื่อเผาไหม้ให้พลังงานความร้อน แล้วถ่ายเทความร้อนให้น้ำจนกระทั่งได้ไอน้ำที่มีความดันตามที่ต้องการ ทำให้ต้องผลิตหม้อไอน้ำเป็นภาชนะความดันเพื่อให้ทนต่อความดันได้ พลังงานจากไอน้ำที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านความร้อนและกำลังงานในกิจการต่างๆ เช่น การทำน้ำร้อนในโรงแรม อบผ้าในโรงพยาบาล การผลิตไฟฟ้า และการฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น (กองทุนเพื่อส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน, 2545ก)

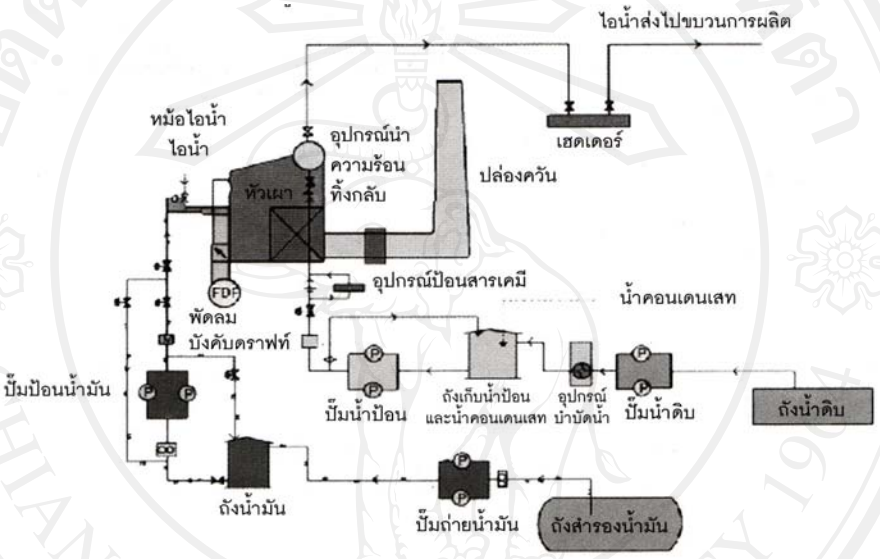
โดยทั่วไปหม้อไอน้ำ จะประกอบด้วยระบบต่างๆดังนี้

ระบบป้อนน้ำ ประกอบด้วย ปั๊มป้อนน้ำ ถังน้ำ ระบบเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ถังน้ำมัน ปั๊มน้ำมัน หัวเผา หรือหัวฉีด ระบบลม ประกอบด้วย พัดลม ปล่อง ระบบวัดและควบคุม ประกอบด้วย อุปกรณ์วัดระดับน้ำ สวิทซ์ความดัน อุปกรณ์ตรวจการติดไฟในห้องเผาไหม้ อุปกรณ์ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ระบบความปลอดภัย ประกอบด้วย อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบวัดและควบคุมรวมทั้งเซฟตี้วาล์ว ระบบต่างๆจะแสดงดังภาพที่ 1 (กองทุนเพื่อส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน, 2545ก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.3.1 โครงสร้างของหม้อไอน้ำ

(1) เตา เป็นที่เผาไหม้ของเชื้อเพลิง ประกอบด้วยอุปกรณ์เผาไหม้เชื้อเพลิง และห้องเผาไหม้ สำหรับเชื้อเพลิงของแข็งส่วนล่างของเตาจะเป็นตะแกรงไฟ (Fire-grate) ส่วนเชื้อเพลิงเหลว ก๊าซ หรือถ่านหินผงจะใช้หัวเผา (Burner) เตาเป็นส่วนซึ่งทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบรูณ์ โดยการทำให้ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง หรือก๊าซที่ถูกฉีดออกจากหัวเตาได้ผสมกับอากาศเป็นอย่างดี ส่วนมากเตาและตัวหม้อไอน้ำจะเป็นตัวเดียวกัน



ภาพที่ 1 ระบบต่างๆของการใช้หม้อไอน้ำ
ที่มา : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2545ก)

(2) ตัวหม้อไอน้ำ เป็นส่วนที่ได้รับความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ และส่งถ่ายความร้อนนี้ให้กับน้ำซึ่งอยู่ภายใน ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ ตัวหม้อไอน้ำประกอบด้วยท่อทรงกระบอกใหญ่ (Drum) และท่อน้ำ (Water-tube) หรือท่อไฟ (Fire-tube) โดยเป็นภาชนะแรงดันสูงที่บรรจุน้ำและไอน้ำอิ่มตัว ส่วนที่ได้รับความร้อนเรียกว่า ผิวนำความร้อน (Heating surface) ประกอบด้วยพื้นผิวที่อยู่ติดกับห้องเผาไหม้ ซึ่งส่วนใหญ่จะรับความร้อนจากเปลวไฟโดยการแผ่รังสีสูง จึงเรียกว่า ผิวนำความร้อนโดยการแผ่รังสี ส่วนพื้นผิวที่อยู่ห่างจากห้องเผาไหม้ จะได้รับความร้อนส่วนใหญ่จากการสัมผัสกับก๊าซเผาไหม้ที่มีความร้อนสูง จึงเรียกว่า ผิวนำความร้อนโดยการพาน้ำจะบรรจุอยู่ในส่วนที่เรียกว่า ชั้นน้ำ (Water space) ส่วนที่เหลือจะเป็นไอน้ำเรียกว่า ชั้นไอน้ำ (Steam space) ขนาดของทั้งสองส่วนนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะพิเศษของตัวหม้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไอน้ำ นอกจากนี้ยังมีช่องลอด (Manhole) สำหรับให้คนลงไปทำความสะอาดหรือตรวจสอบภายในหรือมีช่องมือ (Handhole) สำหรับทำความสะอาดหรือตรวจสอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดหม้อไอน้ำ

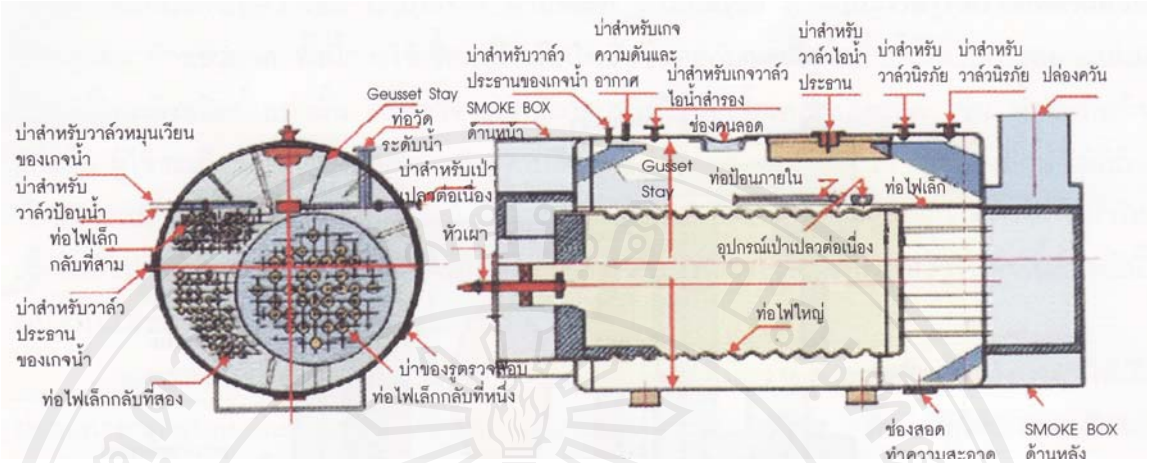
ไอน้ำอิ่มตัวที่ได้จากตัวหม้อไอน้ำ ในบางกรณีนำไปใช้ได้เลย แต่ถ้าต้องการใช้ไอน้ำเพื่อทำให้เกิดแรงฉุดหมุน จำเป็นต้องทำให้เป็นไอร้อนจัด (Superheated steam) ในกรณีเช่นนี้ จะต้องให้ไอน้ำผ่านเครื่องดงไอ (Superheater) เพื่อเพิ่มความร้อนให้ไอน้ำ มีอุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับก๊าซเผาไหม้ซึ่งมีอุณหภูมิลดลง เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนให้แก่ตัวหม้อไอน้ำและเครื่องทำไอร้อนจัดแล้วจะผ่านทางไฟไปยังปล่องไฟ หม้อไอน้ำขนาดกลางขึ้นไปส่วนมากมักจะมีอุปกรณ์เพื่อดูดเอาความร้อนที่เหลืออยู่ของก๊าซนี้ไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดเชื้อเพลิง หรือติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ (Air preheater) ไว้ในทางไฟ เป็นต้น อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วก็มี เครื่องเป่าลม อุปกรณ์ปรุงน้ำป้อนหม้อไอน้ำ และอุปกรณ์ส่งน้ำป้อนหม้อไอน้ำ สำหรับหม้อไอน้ำในปัจจุบัน ส่วนมากมีอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ อุปกรณ์ประกอบย่อยก็มีลิ้นนิรภัย ลิ้นถ่ายน้ำ วาล์วต่างๆ เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดระดับน้ำ และเครื่องขจัดเขม่าเป็นต้น (เชี่ยวเวทย์, 2518)

2.1.3.2 ประเภทของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำสามารถจำแนกออกด้วยเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น ตามโครงสร้าง ตามขนาด ตามความดันและอุณหภูมิ หรือตามชนิดเชื้อเพลิง เป็นต้น และวิธีจำแนกที่นิยมมาก คือ จำแนกหม้อไอน้ำเป็นชนิดท่อน้ำและท่อไฟ โดยดูว่าภายในท่อมีน้ำอยู่หรือมีไฟอยู่ ถ้าท่อมีน้ำอยู่เรียกว่าท่อน้ำ ถ้าท่อมีก๊าซร้อนอยู่เรียกว่า ท่อไฟ

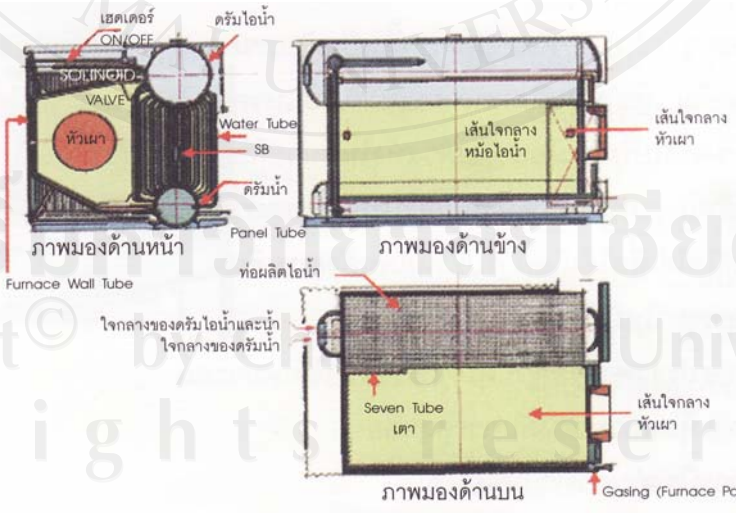
(1) หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ มีส่วนที่สำคัญ คือ เปลือกรูปทรงกระบอกที่ภายในท่อไฟใหญ่และกลุ่มท่อไฟเล็ก ทำหน้าที่เป็นห้องเผาไหม้ โดยก๊าซจะไหลผ่านท่อไฟใหญ่ เรียกว่า กลับที่หนึ่ง จากนั้นก๊าซสันดาปที่ไหลผ่านห้องเผาไหม้ที่เป็นท่อไฟใหญ่แล้วจะเข้าไปยังท่อไฟเล็ก ซึ่งท่อไฟเล็กสามารถจัดแบ่งได้ 2 ถึง 3 กลุ่ม เพื่อบังคับการไหลของก๊าซ โดยกลุ่มที่หนึ่งทำหน้าที่เป็นพื้นผิวถ่ายเทความร้อนที่เป็นกลับที่สอง ท่อไฟเล็กกลุ่มที่สองเป็นกลับที่สาม และท่อไฟเล็กกลุ่มที่สาม เป็นกลับที่สี่ รอบๆท่อไฟใหญ่และท่อไฟเล็กจะล้อมรอบด้วยน้ำที่รับความร้อนเพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นไอน้ำต่อไป โดยทั่ว ๆไปจะมีขนาดไม่เกิน 12 ตัน/ชั่วโมง และความดัน 10 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 โครงสร้างของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟใหญ่และเล็ก
ที่มา : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2545ก)

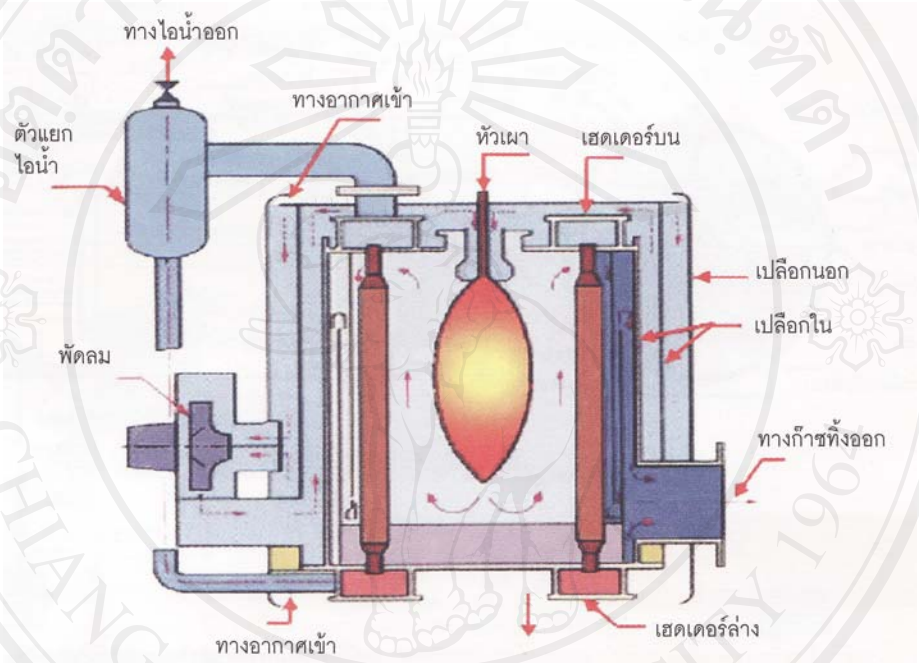
(2) หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่หมุนเวียนโดยธรรมชาติ มีหลายชนิดประกอบด้วยดรัมและท่อน้ำจำนวนมากมาประกอบกันเป็นวงจรรับความร้อน ซึ่งออกแบบเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนเป็นธรรมชาติ เหตุผลของการหมุนเวียนของน้ำนั้นเกิดจากน้ำร้อนจะมีความหนาแน่นน้อยลง คือ เบาลงเคลื่อนขึ้นบน แล้วน้ำที่เย็นกว่ามีความหนาแน่นมากกว่า คือ หนักกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ สามารถผลิตไอน้ำปริมาณมากๆ และความดันสูงๆ ได้ตั้งแต่ 1-1000 ตัน/ชั่วโมง ความดันตั้งแต่ 10 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ไปถึงระดับสูงมากๆ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 หม้อไอน้ำแบบท่อหมุนเวียนโดยธรรมชาติ
ที่มา : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2545ก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) หม้อไอน้ำแบบวันซ์ทรู เป็นแบบท่อน้ำ ประกอบด้วยหม้อเผาไหม้และห้องความร้อน เนื่องจากน้ำที่อยู่ในท่อมีปริมาณน้อย จึงระเหยเป็นไอน้ำได้รวดเร็ว มักจะสร้างเป็นขนาดเล็กๆ 200-2,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง (ภาพที่ 4) โครงสร้างมักจะเป็นแบบตั้ง มีรูปร่างกะทัดรัด พื้นที่ติดตั้งน้อย ถ้าหากต้องการให้ไอน้ำจำนวนมากจะนิยมติดตั้งหลายๆ เครื่อง และใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติรวมเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน (กองทุนเพื่อส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน, 2545ก)



ภาพที่ 4 โครงสร้างของหม้อไอน้ำแบบวันซ์ทรูขนาดเล็ก
ที่มา : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2545ก)

2.1.3.3 การเผาไหม้เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ประกอบด้วยเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง เช่น ลิกไนต์ ฟืน แกลบ หรือเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว เช่นน้ำมันก๊าด น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล หรือเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซชีวมวล ทั้งนี้การใช้เชื้อเพลิงชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับว่าหม้อไอน้ำได้รับการออกแบบมาใช้กับเชื้อเพลิงชนิดนั้นเท่านั้น หรืออาจจะถูกออกแบบให้ใช้กับเชื้อเพลิงสองชนิดเช่น น้ำมันกับก๊าซ เป็นต้น ผู้ใช้จะเลือกใช้ตามความสะดวก ซึ่งเชื้อเพลิงแข็งจะมีประสิทธิภาพต่ำ การเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซสามารถเผาไหม้ได้ง่ายสุด สำหรับการใช้เชื้อเพลิงเหลวในการเผาไหม้นั้นพบว่าประเทศไทยได้รับความนิยมมากสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวจะใช้หัวเผาชนิดต่างๆ ที่มีความสามารถในการทำน้ำมันให้เป็นฝอยและทำการผสมอณูเล็กๆ ของเชื้อเพลิงให้ผสมกันอย่างดีกับอากาศ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการสันดาปอย่างสมบรูณ์ (ภาพที่ 5) การสันดาป คือการออกซิเดชันที่สสารปล่อยความร้อนและแสงสว่างออกมา เชื้อเพลิงเหลวประกอบด้วยธาตุที่สันดาปได้ เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ซัลเฟอร์ และธาตุที่ไม่สันดาป เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน ขี้เถ้า และความชื้นเป็นต้น ธาตุที่สันดาปได้จะทำปฏิกริยากับออกซิเจนในอากาศที่นำเข้าไปผสม และได้สารใหม่ขึ้นมา รวมทั้งได้พลังงานความร้อนออกมาด้วยดังนี้

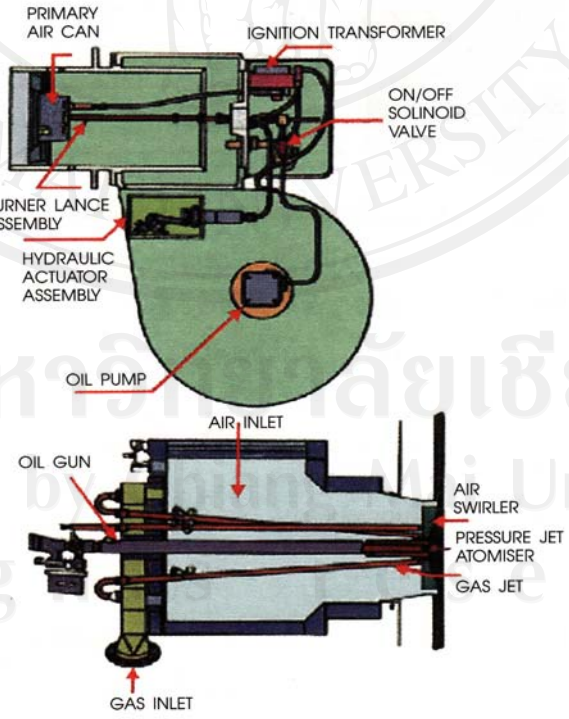
-คาร์บอน ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้คาร์บอนไดออกไซด์

-ไฮโดรเจน ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ไฮโดรเจนออกไซด์และความร้อน

-ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งอยู่ในสภาพไอน้ำ เมื่อเย็นลงและคายความร้อนก็จะกลั่นตัวเป็นน้ำ

-ซัลเฟอร์ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความร้อน

การสันดาปที่สมบรูณ์จะทำให้ได้พลังงานความร้อนสูงสุด แต่ถ้าการสันดาปไม่สมบรูณ์จะเกิดควันดำ และสูญเสียพลังงานอย่างมาก



ภาพที่ 5 หัวเผา

ที่มา : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2545ก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.4 ประเภทของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้งานกันทั่วไปนั้นแบ่งออกตามประเภทของเชื้อเพลิง ประกอบด้วย เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ ในปัจจุบันพบว่าอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังคงนิยมใช้เชื้อเพลิงเหลวกันอย่างมาก ได้แก่ น้ำมันเตาเกรดต่างๆ ในขณะที่ภาครัฐและรัฐวิสาหกิจก็พยายามที่จะรณรงค์ให้อุตสาหกรรมขนาดใหญ่หันมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ ด้วยเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมแม้ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหัวพ่นค่อนข้างสูง สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ เชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม (ภาพที่ 6) สำหรับอากาศที่ได้จากบรรยากาศในสภาวะสิ่งแวดล้อมจะประกอบด้วยออกซิเจนร้อยละ 21 ไนโตรเจนร้อยละ 78 และมีก๊าซเฉื่อยกับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่เล็กน้อย จะถูกนำเข้าไปใช้ในการเผาไหม้ดังกล่าว

ภาพที่ 6 แสดงองค์ประกอบของหลักการเผาไหม้เชื้อเพลิง
ที่มา : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2545ข)

องค์ประกอบหลักที่ทำปฏิกริยาของเชื้อเพลิงแล้วเกิดการเผาไหม้นั้น ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ซัลเฟอร์ และปริมาณอากาศตามทฤษฎีที่ต้องการให้เกิดการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งในทางปฏิบัติจะใช้อากาศมากกว่าค่าทางทฤษฎี ประมาณร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 100 และมักเรียกว่าอากาศส่วนเกิน (Excess air) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ว่าเป็นก๊าซ ของเหลว หรือของแข็ง ตามลำดับ สำหรับเชื้อเพลิงแบ่งออกได้ 3 ประเภทดังนี้

1. เชื้อเพลิงแข็ง หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีลักษณะเป็นของแข็งในสภาวะที่อุณหภูมิและ ความดันบรรยากาศปกติ ตัวอย่างเช่น ถ่านหินลิกไนต์ ถ่านโค้ก ไม้ถ่าน แกลบ ฟืน ซังข้าวโพด และเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นต้น

2. เชื้อเพลิงเหลว หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีลักษณะเป็นของเหลวในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศปกติ ตัวอย่างเช่น น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน และน้ำมันเตา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. เชื้อเพลิงก๊าซ เชื้อเพลิงที่มีลักษณะเป็นก๊าซในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศปกติ ตัวอย่างเช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซชีวมวล และก๊าซหุงต้ม

คุณลักษณะที่แตกต่างกันของเชื้อเพลิงทั้งสามประเภท สามารถนำมาเปรียบเทียบในด้านการขนย้าย การจัดเก็บ คุณสมบัติเฉพาะ อุปกรณ์ที่ต้องการเพื่อการเผาไหม้ มลภาวะและราคาของเชื้อเพลิงดังตารางที่ 1 (กองทุนเพื่อส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน, 2545ข)

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะของเชื้อเพลิงทั้งสามประเภท

คุณลักษณะ	เชื้อเพลิงแข็ง	เชื้อเพลิงเหลว	เชื้อเพลิงก๊าซ
การเก็บรักษา	ใช้เนื้อที่มาก การเก็บไม่ยุ่งยาก	ต้องมีภาชนะที่แน่นอน	ใช้ภาชนะบรรจุพิเศษ
การขนส่ง	ขนส่งง่ายไม่ยุ่งยากเรื่องภาชนะ	ขนส่งง่าย ยุ่งยากเรื่องภาชนะ	ขนส่งต้องใช้ภาชนะบรรจุพิเศษ
คุณสมบัติเฉพาะ 1.ค่าความร้อนต่อหน่วย 2.ปริมาณอากาศที่ใช้ในการสันดาป 3.ปริมาณเถ้าที่เกิดจากการสันดาป	 ต่ำ ใช้อากาศส่วนเกินมาก การสันดาปมีเถ้ามาก	 สูง ใช้อากาศน้อย การสันดาปมีเถ้าน้อยมาก	 ขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซ ใช้อากาศน้อยมาก การสันดาปไม่มีเถ้า
มลภาวะ	ต้องมีระบบป้องกัน	ต้องมีระบบป้องกัน	มีผลกระทบน้อย
อุปกรณ์ที่ใช้ในการสันดาป	ขนาดเล็ก, ไม่ซับซ้อน	ขนาดเล็ก	ขนาดค่อนข้างใหญ่
ราคาเชื้อเพลิง	ราคาถูก	ค่อนข้างแพง	แพงที่สุด

ที่มา : กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2545ข)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.5 คุณสมบัติของแอลพีจี

2.1.5.1 คุณสมบัติทางเคมี

LPG คือคำย่อซึ่งได้มาจากอักษรตัวหน้าของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied petroleum gas) และส่วนประกอบที่เบาที่สุดที่มีอยู่ในน้ำมันปิโตรเลียม แอลพีจีเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มีหลายชนิดด้วยกันขึ้นอยู่กับการรวมตัวของคาร์บอนอะตอมและไฮโดรเจนอะตอม ได้แก่ โพรเพน (C_3H_8) โพรพิลีน (C_3H_6) บิวเทน (C_4H_{10}) บิวทิลีน (C_3H_8) เป็นต้น โดยมีส่วนประกอบสำคัญคือ โพรเพน และบิวเพน ก๊าซเหล่านี้มีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อได้รับความเย็นหรือเพิ่มความดันจะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวได้โดยง่าย ในทางกลับกัน เมื่อให้ความร้อนหรือลดความดันก็จะกลายเป็นก๊าซซึ่งจะมีน้ำหนักประมาณ 1.5–2 เท่าของอากาศ โดยปกติแอลพีจีจะถูกทำให้เป็นของเหลวโดยได้รับความดัน และจะถูกเก็บในภาชนะความดันสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับอุณหภูมิและความดันไอ

แอลพีจีที่บรรจุในถังจะมีโมเลกุลของโพรเพนและบิวเทนเคลื่อนตัวอยู่ และจะไปชนกับผนังของถัง ความแรงของการชน คือค่า ความดันไอของก๊าซ ซึ่งสามารถถือได้ว่าเป็นความดันของแอลพีจีในถัง มักจะมีหน่วยเป็นกิโลกรัม ต่อ 1 ตารางเซนติเมตร

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการเคลื่อนไหวของโมเลกุลจะเร็วขึ้น โมเลกุลจะชนกับฝาผนังของภาชนะแรงขึ้น ผลก็คือความดันจะสูงขึ้น ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลง การเคลื่อนไหวจะช้าลงเรื่อยๆ ตามอุณหภูมิที่ลดต่ำลง

เนื่องจากโมเลกุลของโพรเพนเคลื่อนไหวได้เร็วกว่าโมเลกุลของบิวเทน ดังนั้นในกรณีที่อุณหภูมิเท่ากัน แอลพีจีที่มีส่วนประกอบของโพรเพนมากกว่าจะมีความดันสูงกว่า

ไม่ว่าจะมีแอลพีจีอยู่เต็มถัง หรือมีเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยก็ตาม ถ้าอุณหภูมิและองค์ประกอบไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว ความดันก็ไม่เปลี่ยน ดังนั้นสิ่งที่จะทำให้ความดันภายในถังเปลี่ยนไปจะมีแต่อุณหภูมิและอัตราส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทนเท่านั้น เนื่องจากโดยทั่วไปอุณหภูมิจะเป็นอุณหภูมิของบรรยากาศ ฉะนั้นสิ่งที่ทำให้เปลี่ยนแปลงได้ก็คืออัตราส่วนผสมของก๊าซทั้ง 2 ชนิดเท่านั้น

แอลพีจีมีความถ่วงจำเพาะ 2 ชนิดคือ ในสภาพที่เป็นของเหลวและก๊าซ ความถ่วงจำเพาะในสภาพของเหลวจะเปรียบเทียบกับน้ำที่ 4 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศซึ่งจะให้ความถ่วงจำเพาะเป็น 1

2.1.5.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

ก๊าซแอลพีจีที่ใช้กันอยู่มี 2 สถานะ คือ ของเหลวและก๊าซ ดังนั้นจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลวทั้งสองสถานะ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่ออยู่ในสถานะเป็นของเหลว

จุดเดือด และสภาวะวิกฤติ

เนื่องจากแอลพีจีมีจุดเดือดต่ำมาก คือโพรเพน มีจุดเดือด เท่ากับ –42 องศาเซลเซียส นอร์มัลบิวเทนเท่ากับ -0.5 องศาเซลเซียส ไอโซบิวเทน เท่ากับ –11.7 องศาเซสเซียส ดังนั้น แอลพีจีมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ และความดันบรรยากาศเว้นเสียแต่จะถูกอัดให้เป็นของเหลวอยู่ในถังภายใต้ความดันหรือนำถังไปแช่เย็นเอาไว้ ค่าความดันที่ทำให้แอลพีจีเป็นของเหลวคือ ค่าความดันไอ (Vapor pressure) เช่น ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซสเซียส ความดันไอของโพรเพนเท่ากับ 7.3 บรรยากาศ และที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความดันไอก็จะสูงขึ้นด้วย โพรเพนที่อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส ความดันที่ใช้อัดเท่ากับ 41.94 บรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้ โพรเพนจะไม่เป็นของเหลว แม้ว่าจะอัดด้วยความดันมากกว่า 41.94 บรรยากาศก็ตาม อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส และความดัน 41.94 บรรยากาศ คือสภาวะวิกฤติสำหรับโพรเพน

ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่น คือ อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรเช่น ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซสเซียสความหนาแน่นของโพรเพนมีค่าเท่ากับ 507 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับส่วนกลับของความหนาแน่นก็คือ ปริมาตรจำเพาะ โพรเพนมีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้นถ้าต้องการเก็บโพรเพนไว้ใช้ 10 วัน โดยในแต่ละวันมีความต้องการ 0.5 ตัน จะต้องใช้ถังที่มีขนาดความจุอย่างน้อยที่สุด 10 ลูกบาศก์เมตร สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่อุณหภูมิใด อุณหภูมิหนึ่งกับน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างเช่น ค่าความถ่วงจำเพาะของโพรเพนเหลวที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.5077 ส่วนนอร์มัลบิวเทน เท่ากับ 0.5844 และไอโซบิวเทนเท่ากับ 0.5631 ดังนั้น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นของเหลวจะเบากว่าน้ำ ถ้าเกิดมีก๊าซรั่วขึ้นในขณะที่อุณหภูมิโดยรอบในขณะนั้นต่ำมาก และก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดไหลลงไปในรางระบายน้ำคูคลอง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวก็จะลอยไปกับน้ำ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอัคคีภัยในท้องที่ห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วออกไปได้ นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อค่าความหนาแน่น คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของสารเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวจะลดลง

ความดันไอ (Vapor pressure)

ก๊าซแอลพีจีเมื่อถูกบรรจุอยู่ในภาชนะปิดภายใต้ความดันจะมีสถานะเป็นของเหลว แอลพีจี เหลวจะระเหยเป็นไอเต็มช่องว่างที่อยู่เหนือระดับส่วนที่เป็นของเหลวจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว(Saturation point) จึงจะหยุดระเหย ค่าความดันของก๊าซแอลพีจีที่จุดอิ่มตัวนี้เรียกว่า “ค่าความดันไออิ่มตัว” ค่าความดันไออิ่มตัวเป็นตัวบ่งบอกคุณสมบัติการระเหย (Volatility)ของสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กล่าวคือ ถ้าสารใดมีความดันไอสูง แสดงว่าสารนั้นสามารถระเหยได้เร็ว และเป็นค่าที่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยตรง กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูง ค่าความดันไออิ่มตัวก็สูงขึ้นด้วย

ความร้อนแฝงในการระเหย

ความร้อนแฝงในการระเหย คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยต่อหน่วยน้ำหนักของสารเพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซที่จุดเดือดปกติ (ณ ความดันบรรยากาศ) หรือปริมาณความร้อนที่ต้องถูกดึงออกต่อหน่วยน้ำหนักของสาร เพื่อให้ได้กลั่นตัวเป็นของเหลวที่ความดันบรรยากาศและค่าความร้อนแฝงจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีค่าความร้อนแฝงน้อยกว่าน้ำมาก ดังนั้น เมื่อก๊าซถูกปล่อยออกจากภาชนะเก็บ ก๊าซเหลวจะระเหย การที่ก๊าซเหลวระเหยได้ต้องได้รับความร้อนหรือดึงความร้อนจากบริเวณใกล้เคียงซึ่งจะทำให้บริเวณที่ถูกดึงความร้อนไปจะมีความเย็นจัด เพราะฉะนั้นถ้าก๊าซเหลวรั่วมาถูกผิวหนังหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายจะทำให้ผิวหนังหรือส่วนของร่างกายนั้นได้รับความเย็นจัด จนถึงกับไหม้

ความร้อนจำเพาะ

ค่าความร้อนจำเพาะ คือปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่งองศา มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ปอนด์/องศา-ฟาเรนไฮต์ เช่น เมื่ออยู่ในสถานะของเหลว ความดันคงที่ 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าความร้อน จำเพาะของโพรเพน เท่ากับ 0.6023 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม นอร์มัลบิวเทนเท่ากับ 0.5748 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ไอโซบิวเทนเท่ากับ 0.5824 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

(2) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่ออยู่ในสถานะเป็นก๊าซ

ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อเป็นก๊าซจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซกับอากาศที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นตัวเลขที่ชี้ให้เห็นว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่อเป็นก๊าซจะหนักเป็นกี่เท่าของอากาศ (เมื่อความหนาแน่นของอากาศ = 1) ดังนั้น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นก๊าซจะหนักกว่าอากาศเมื่อเกิดการรั่วไหลขึ้นก๊าซจะไปรวมตัวอยู่ในที่ต่ำ และถ้าบริเวณที่ต่ำนั้นเป็นรางระบายน้ำหรือคูคลอง ก๊าซอาจจะไหลตามน้ำไป ทำให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ ณ จุดซึ่งห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซรั่วได้ ความหนืดก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะของก๊าซจะมีความหนืดสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ความสามารถในการอัดตัวของก๊าซแอลพีจี (Compressibility factor)

สำหรับก๊าซอุดมคติ (ldeal gas) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความดันและปริมาตรสามารถแสดงโดย สมการสภาวะ (Equation of state) คือ PV = nRT (P = ความดัน V = ปริมาตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

n = จำนวนโมล R = gas constant T = อุณหภูมิ) แต่สำหรับก๊าซแอลพีจีจะมีลักษณะเบี่ยงเบนไปจากก๊าซอุดมคติ ดังนั้น เพื่อให้สามารถใช้สมการสภาวะได้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสามารถในการอัดตัวของก๊าซ (Compressibility factor (Z)) เข้าไปในสมการคือ PV = ZnRT สำหรับก๊าซไม่ อุดมคติ โดยที่ Z จะมีค่าน้อยกว่า 1 คือที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ โพรเพน นอร์มัลบิวเทน และไอโซบิวเทน มีค่า Z = 0.984 0.969 และ 0.971 ตามลำดับ

ช่วงการลุกไหม้ (Flammability limits in air)

ก๊าซที่สันดาปได้จะมีช่วงส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้ เพราะมี อากาศผสมอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ช่วงการลุกไหม้ได้จะแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละปริมาตรก๊าซต่ออากาศ ค่าทางด้านความเข้มข้นสูงของช่วงการลุกไหม้ เรียกว่าค่าขอบบนส่วนทางด้านต่ำเรียกว่าค่าขอบล่าง ก๊าซแอลพีจีจะสามารถลุกไหม้หรือติดไฟได้ก็ต่อเมื่อมีก๊าซผสมอยู่ในอากาศร้อยละ 2-9 คือถ้ามีก๊าซแอลพีจีต่ำกว่า 2 ส่วนหรือมากกว่า 9 ส่วนในส่วนผสมของก๊าซกับอากาศกับอากาศ 100 ส่วน ส่วนผสมนั้นก็จะไม่ติดไฟ

อุณหภูมิของจุดติดไฟ (Ignition temperature)

เมื่อค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้ว เชื้อเพลิงก็จะเริ่มลุกไหม้เองแม้จะไม่มีประกายไฟหรือสาเหตุของการติดไฟ อุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่าอุณหภูมิของจุดติดไฟ (Ignition temperature) เนื่องจากอุณหภูมิจุดติดไฟของโพรเพน คือ 460-580 องศาเซลเซียส และของบิวเทนคือ 410-550 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลว จึงติดไฟได้ยากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินซึ่งมีจุดติดไฟ 280-430 องศาเซลเซียสและน้ำมันดีเซล 250-340 องศาเซลเซียส ดังนั้นเกี่ยวกับเรื่องนี้จึงกล่าวได้ว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีความปลอดภัยสูงกว่า

อุณหภูมิของเปลวไฟ (Flame temperature)

อุณหภูมิของเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ของแอลพีจีสูงมากพอที่จะหลอมโลหะต่าง ๆ ได้ เช่น หลอมเหล็ก ทองเหลือง อลูมิเลียมและแก้ว เป็นต้น โดยโพรเพน มีอุณหภูมิของเปลวไฟใน อากาศ 1,930 องศาเซลเซียส และบิวเทน 1,900 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการอบเครื่องเคลือบดินเผาอบสี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ค่าอ๊อกเทน (Octane number)

ก๊าซแอลพีจีมีค่าอ๊อกเทนสูง ประมาณ 95-110 ซึ่งสูงกว่าค่าอ๊อกเทนของน้ำมันเบนซิน จึงเหมาะกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์มาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราส่วนปริมาตรของเหลว/ก๊าซ (Liquid/Vapor volume ratio)

แอลพีจีเหลวเมื่อระเหยและเปลี่ยนสถานะไปเป็นก๊าซ ปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก กล่าวคือที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส โพรเพนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 274 หน่วย ส่วนบิวเทนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 233 หน่วย

ดังนั้น แอลพีจีในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้ารั่วออกมาจะมีอันตรายมากกว่าที่เป็นก๊าซ เพราะจำนวนที่ออกมาเป็นของเหลว เมื่อกลายเป็นก๊าซจะเพิ่มปริมาตรมากขึ้น ปริมาณก๊าซมากอันตรายและความรุนแรงก็ย่อมมีมาก

ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Air requirement)

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีส่วนผสมอยู่ในอากาศร้อยละ 21 โดยปริมาตรและเป็นปัจจัยสำคัญที่ ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ ดังนั้นปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้จะต้องมีปริมาณที่แน่นอนในกรณีที่ก๊าซแอลพีจีเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ทั้งหมดก็จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำและการเปลี่ยนแปลงนี้เขียนเป็นสมการเคมีได้ดังต่อไปนี้

โพรเพน $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

บิวเทน $C_4H_{10} + 6.55O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

ดังจะเห็นได้จากสมการเหล่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นต่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะเป็น 5 เท่าในกรณีของโพรเพน และ 6.5 เท่าในกรณีของบิวเทน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศมีประมาณร้อยละ 21 ฉะนั้นในการเผาไหม้โพรเพนอย่างสมบูรณ์ 1 ลูกบาศก์เมตรจะต้องใช้อากาศ 24 ลูกบาศก์เมตร ส่วนบิวเทน 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้อากาศ 31 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว แอลพีจีต้องการปริมาณอากาศมากกว่าเล็กน้อย

ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of combustion)

ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของก๊าซแอลพีจี หมายถึงค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำเอาก๊าซแอลพีจีหนึ่งหน่วยน้ำหนัก หรือหนึ่งหน่วยปริมาตรมาเผาไหม้ที่ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิปกติ (25 องศาเซลเซียส) ค่าความร้อนเป็นตัวเลขสำคัญที่บอกให้รู้คุณค่าและสมรรถนะของเชื้อเพลิง ค่าความร้อนของแอลพีจี มีประมาณ 50,195 กิโลจูล/กิโลกรัม เมื่อเทียบกันน้ำมันดีเซลแล้วจะมีค่ามากกว่าอยู่ประมาณ 2,507 – 3,343 กิโลจูล/กิโลกรัม เพื่อให้เกิดพลังงานเท่ากัน (กรมธุรกิจพลังงาน, 2551)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไอน้ำ

ไอน้ำถูกนำมาใช้ในการให้ความร้อน และใช้ในกระบวนการผลิต เพราะไอน้ำเป็นตัวกลางที่ดีในการพาและถ่ายเทความร้อน โดยไอน้ำสามารถถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ คุณสมบัติดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการให้ความร้อนกับวัสดุที่มีความไวต่ออุณหภูมิ อุณหภูมิของไอน้ำขึ้นอยู่กับความดันของไอน้ำ จากหลักการนี้ทำให้การควบคุมอุณหภูมิง่ายขึ้นด้วยการควบคุมความดัน ไอน้ำต่อหน่วยปริมาตรสามารถสะสมพลังงานได้เป็นจำนวนมาก ทำให้สามารถใช้ระบบท่อส่งผ่านไอน้ำได้อย่างไม่ยุ่งยาก แต่ถึงแม้ว่าโรงงานจะมีการปรับปรุงการใช้ไอน้ำที่ดีเพียงใดก็จะมีการสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้อยู่จำนวนหนึ่ง โดยมีการสูญเสียหายไปทางกับดักไอน้ำ (Steam trap) ดังนั้นการดูแลหม้อไอน้ำด้วยการระบายน้ำโบวล์ดาวน์ทิ้งด้วยวิธีปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง จะทำให้อุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้ไอน้ำทำงานไม่ได้สมรรถนะที่สูงสุด จากการมีอากาศหรือน้ำอั้นทำให้กับดักไอน้ำทำงานอย่างผิดพลาด ส่งผลให้อัตราการผลิตไอน้ำลดลง ไอน้ำหลังจากคายความร้อนแล้วจะกลั่นตัวเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวซึ่งเรียกว่า คอนเดนเสต (Condensate) คอนเดนเสตนี้ยังคงมีพลังงานเหลืออยู่จำนวนหนึ่งเมื่อสูบคอนเดนเสตกลับเข้าหม้อไอน้ำจะทำให้อุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำสูงขึ้นเป็นการลดพลังงานที่ปล่อยทิ้งและลดเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอ

ในระบบไอน้ำที่มีการดูแลบำรุงรักษาเป็นอย่างดี จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในขบวนการผลิตทั้งในรูปของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและต้นทุนการผลิต ซึ่งโดยทั่วไปการคิดค่าใช้จ่ายไอน้ำจะนำไปคิดรวมกับค่าบริหารงานโดยคิดว่าเป็นรายจ่ายที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ความเป็นจริงค่าใช้จ่ายไอน้ำคือเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลตอบแทนที่ได้กลับคืนจากการปรับปรุงระบบไอน้ำเป็นผลตอบแทนที่สูง ซึ่งคุ้มค่าต่อการลงทุนที่จะทำการปรับปรุงระบบไอน้ำ (ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2533)

ความร้อนที่ทำให้น้ำกลายเป็นไอมีสองชนิด คือ ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง เมื่อเพิ่มความร้อนให้แก่น้ำ ทุกอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 0.50 องศาเซลเซียส จะใช้ความร้อน 2 กิโลจูลต่อกิโลกรัม อุณหภูมินี้สามารถรู้สึกได้และเรียกว่า “ความร้อนสัมผัส” (ความร้อนจำนวน 419 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เพื่อเปลี่ยนน้ำจาก 0 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส) ส่วนการเพิ่มความร้อนให้แก่น้ำที่ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิจะไม่เพิ่มขึ้นแต่จะทำให้น้ำเดือดและน้ำส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่สามารถจะรู้สึกได้จึงเรียกว่า “ความร้อนแฝงของการระเหย” (ความร้อนทั้งหมดที่เปลี่ยนให้น้ำ จาก 0 องศาเซลเซียสกลายเป็นไอ จะใช้ความร้อน 2,676 กิโลจูลต่อกิโลกรัม) หากน้ำมีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ น้ำจะไม่เดือดกลายเป็นไอที่ 100 องศาเซลเซียส โดยจะต้องเพิ่มความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

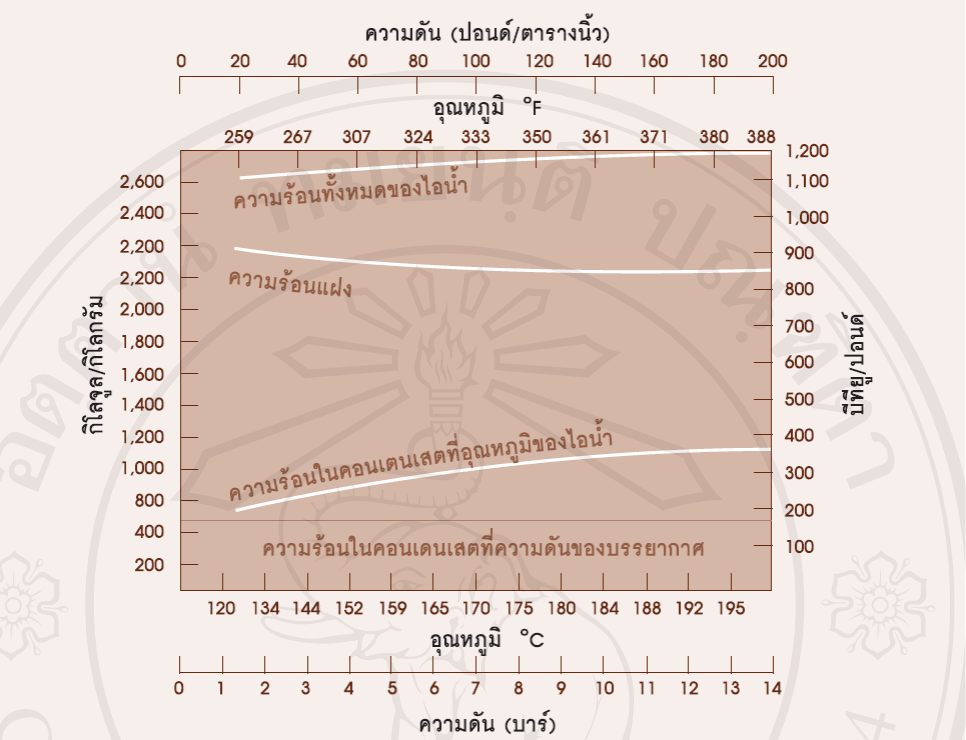
สัมผัสให้สูงกว่าที่บรรยากาศปกติ แต่ความร้อนแฝงของการระเหยกลายเป็นไอจะใช้น้อยลง ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบความร้อนแฝงของไอน้ำที่กลั่นตัวที่ความดันบรรยากาศและที่ 7 บาร์ (100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

ที่มา: ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (2533)

ภาพที่ 8 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของความดันเมื่อสูงขึ้นอุณหภูมิของไอน้ำก็จะเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นตามไปด้วย ความสัมพันธ์นี้สามารถนำไปใช้เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการของกระบวนการผลิต กรณีที่เป็นจุดวิกฤตการใช้ความดันและอุณหภูมิจะต้องสอดคล้องกัน การลดอุณหภูมิเพื่อให้ได้ผลประหยัดจะต้องแน่ใจว่าผลผลิตจะไม่เสียหายเมื่อลดอุณหภูมิลง มีหลายกระบวนการผลิตที่ใช้ไอน้ำเป็นสารตัวกลางในการให้ความร้อนซึ่งใช้ประโยชน์เฉพาะส่วนของความร้อนแฝงเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมในการใช้งาน โดยการควบคุมความดันไอน้ำที่ถูกต้อง ถ้ามีการใช้ความดันไอน้ำสูงในกระบวนการผลิตก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำความร้อนจากคอนเดนเสตกลับมาใช้ เพื่อจะรักษาระดับประสิทธิภาพของการใช้งานให้สูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 8 ความร้อนที่อยู่ในไอน้ำ

ที่มา: ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (2533)

2.1.6.1 การใช้ไอน้ำ

การวัดการใช้ไอน้ำมีสองขั้นตอน ในขั้นแรกวัดไอน้ำที่ออกมาจากห้องหม้อไอน้ำ โดยค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อจำนวนไอน้ำที่ผลิตได้จะเท่ากับค่าใช้จ่ายไอน้ำต่อตัน ขั้นที่สองไอน้ำจะถูกวัด เมื่อไหลเข้าแต่ละแผนกหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ วิธีการนี้จะมีส่วนต่างของผลรวมของการผลิตการจ่ายไอน้ำจะต้องตรวจสอบการสูญเสีย ซึ่งการเพิ่มขึ้นอย่างกะทันหันของการใช้ไอน้ำอาจจะแสดงว่ามีความเสียหายของฉนวนความร้อน ท่อไอน้ำอาจรั่ว กับดักไอน้ำทำงานไม่ปกติ อย่างไรก็ตามสำหรับบางโรงงานการวัดไอน้ำด้วยวิธีนี้ในทางปฏิบัติอาจจะไม่เหมาะสมและวิธีนอกเหนือจากการวัดการใช้ไอน้ำโดยตรง คือ การพิจารณาว่าไอน้ำ 1 กิโลกรัม เมื่อกลั่นตัวกลายเป็นคอนเดนเสตก็ได้เป็นน้ำ 1 กิโลกรัม เช่นกัน ดังนั้นโรงงานสามารถที่จะวัดปริมาณคอนเดนเสตจากโรงงานหรือจากแผนกหนึ่งหรือจากเครื่องหนึ่งแทนที่จะวัดไอน้ำที่จ่ายให้ ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธี “มาตรฐาน” ของการวัดปริมาณใช้ไอน้ำสำหรับแต่ละโรงงานหรือแต่ละอุปกรณ์ที่สามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระทำได้ ไม่เพียงแต่เป็นประโยชน์ในการคิดค่าใช้จ่ายแต่สามารถทำการตรวจสอบผลการประหยัดที่ทำได้หลังมีการปรับปรุงแก้ไข (ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2533)

2.2 การทบทวนวรรณกรรม

สุกิตติ์ ศรีสัจจะเลิศวาจา (2530) ได้ทำการศึกษาและออกแบบเตาเผาเซรามิกส์ ระบบใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี เป็นการศึกษาถึงประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของเซรามิกส์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ รวมทั้งศึกษาถึงเตาเผาเซรามิกส์ชนิดต่างๆในจังหวัดเชียงใหม่ อย่างละเอียด โดยแยกประเภทเตาเผาตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสันดาปเพื่อให้ความร้อน ซึ่งสามารถแยกประเภทเตาเผาตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสันดาปเพื่อให้ความร้อน ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นเตาเผาที่ใช้เชื้อเพลิงไม้ เชื้อเพลิงน้ำมัน เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี และเตาไฟฟ้า ทำการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียและความเหมาะสมในด้านต่างๆ ซึ่งพบว่าจากการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงในเตาเผาเซรามิกส์ เตาเผาที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี เป็นเตาเผาที่มีประสิทธิภาพดี ให้ความร้อนสูง การควบคุมอุณหภูมิทำได้ง่ายโดยใช้แรงงานในการควบคุมน้อย มีความปลอดภัยสูงและไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

ชลธิศ ศรีสัตบุตรและวิวัฒน์ คล่องพานิช (2533) ได้ทำการศึกษาการอบแห้งลำไยโดยใช้ก๊าซหุงต้ม พบว่าจากการดัดแปลงเตาอบแห้งแบบไต้หวัน ให้มีขนาดพอเหมาะสำหรับเกษตรกรโดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นตัวทำให้อากาศร้อน ในระดับ 65-75 องศาเซลเซียส และใช้พัดลมเป่าให้อากาศร้อนผ่านลำไยประมาณ 45–50 ชั่วโมง การทดลองกระทำ 2 วิธี วิธีแรกใส่ลำไยทั้งหมดลงบนตะแกรง และต้องกวนลำไยพลิกกลับไปกลับมาบ่อยๆ เพื่อให้ลำไยแห้งอย่างสม่ำเสมอ วิธีที่สองใส่ลำไยลงบนถาดตะแกรงเป็นชั้นๆ และต้องคอยสลับถาด เพื่อให้ลำไยแห้งอย่างสม่ำเสมอเช่นกัน ผลการทดลองพบว่า วิธีแรกลำไยยังมีคุณภาพไม่พอ เพราะแห้งไม่สม่ำเสมอกันและยากต่อการคัดออก ส่วนวิธีที่สองคุณภาพของลำไยพอใช้ได้ และจากการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์จะมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 2 ปี อัตราผลตอบแทนประมาณร้อยละ 60 แต่ตัวประกอบต้องคำนึงในการลงทุนก็คือต้องคอยดูแลควบคุมเรื่องคุณภาพ และต้องมีตลาดรองรับได้หมด

พรทิพย์ ภัทรประดับวงศ์ (2551) วิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินของการใช้ก๊าซธรรมชาติทดแทนน้ำมันดีเซลในรถประจำทาง เพื่อศึกษาความประหยัด ความคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน ที่ผู้ประกอบการเปลี่ยนเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นก๊าซธรรมชาติ โดยทำการศึกษาเฉพาะรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ (ป.1) กรุงเทพ–สุพรรณบุรี ยี่ห้อ NISSAN รุ่น PE 6 ขนาดของเครื่องยนต์ 11,000 ซีซี เป็นระยะเวลา 5 ปี คือ พ.ศ. 2551-2555 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนเครื่องยนต์ พบว่าการแปลงระบบเครื่องยนต์ (dedicate) จะมีความคุ้มค่ากว่าการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนเครื่องยนต์ (re–powering) คือ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ในการเปลี่ยนแปลงระบบเครื่องยนต์ เท่ากับ 2,687,288 บาท ส่วนการเปลี่ยนเครื่องยนต์ เท่ากับ 2,087,288 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 5.84 และ 2.74 ส่วนระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 0.91 และ 1.83 ตามลำดับ จากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ เพราะมีระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า 2 ปี ดังนั้นรัฐบาลควรส่งเสริมและรณรงค์ให้ผู้ประกอบการหันมาใช้ก๊าซธรรมชาติโดยออกมาตรการส่งเสริมและผลักดันให้มากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved