



เรื่องจากปก

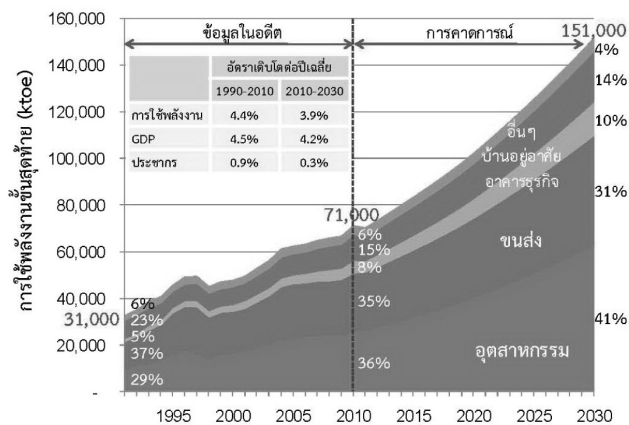
พิศาล บุญเยี่ยมศรี
บริษัท ฟูลซิสเต็ม เอ็นจิเนียริง จำกัด

การอนุรักษ์พลังงานด้วยวิธีการ นำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

(Energy conservation by utilizing the waste heat recovery)

1. บทนำ (Introduction)

การใช้พลังงาน และการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกันตลอดในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2533 ถึง 2553 โดยมีค่าเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ อยู่ที่อัตราเฉลี่ยร้อยละ 4.4 และ 4.5 ต่อปี [1] ตามลำดับ ดังรูปที่ 1.1 โดยภาคอาคารธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานที่สูงกว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจค่อนข้างมาก คือสูงเป็น 3.71 และ 3.0 เท่าของปี 2553 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมที่เพิ่มขึ้นเพียง 2.36 เท่า ดังรูปที่ 1.2 ขณะที่ค่าความยืดหยุ่นพลังงาน (energy elasticity) หรืออัตราส่วนของอัตราการขยายตัวของการใช้พลังงานต่ออัตราการขยายตัวของผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP) ของประเทศ มีค่าอยู่ที่ 0.98 [1] ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้วที่มีการใช้พลังงานที่ประสิทธิภาพสูงกว่า



รูปที่ 1.1 การใช้พลังงาน และแนวโน้มความต้องการพลังงานในอนาคตกรณีปกติ (BAU)

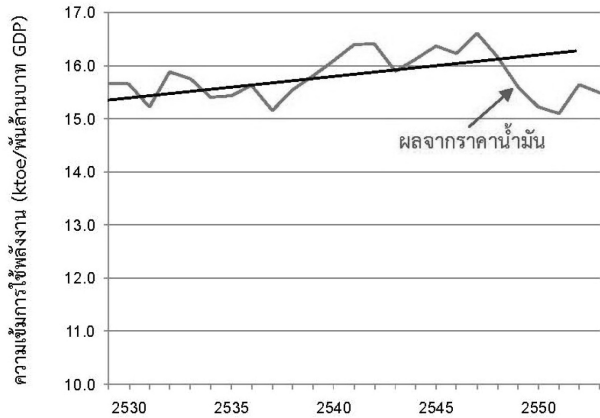
(ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573), กระทรวงพลังงาน)

	อัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงาน		อัตราความต้องการการใช้พลังงาน	
	ปี 2533	ปี 2553	ปี 2533	ปี 2573
ภาคอุตสาหกรรม	100	300	100	245
ภาคอาคารธุรกิจ	100	371	100	262
ภาคบ้านอยู่อาศัย	100	152	100	196
ภาคขนส่ง	100	220	100	188
ภาพรวม	100	232	100	213
GDP (คิดค่าถึงปี 2531)	100	236	100	217

รูปที่ 1.2 การเติบโตของความต้องการพลังงานและเศรษฐกิจของประเทศไทย

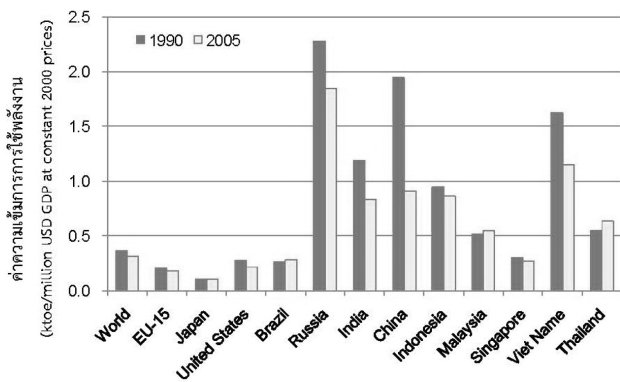
(ที่มา : ดัดแปลงจากข้อมูล แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573), กระทรวงพลังงาน)

นอกจากค่าความยืดหยุ่นพลังงานแล้ว ดัชนีชี้วัดที่สำคัญอีกตัวหนึ่งซึ่งถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศก็คือค่าความเข้มข้นการใช้พลังงาน (energy intensity) หรืออัตราส่วนพลังงานที่ใช้ต่อหน่วย GDP ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 20 กว่าปีที่ผ่านมา ยกเว้นช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึง 2551 ซึ่งเป็นช่วงที่ราคาน้ำมันขึ้นสูงมาก ดังรูปที่ 1.3 ดัชนีดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลกเล็กน้อย แต่สูงกว่าค่าของประเทศพัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น และยุโรป มาก [1] ดังรูปที่ 1.4 ในขณะที่ดัชนีของประเทศกำลังพัฒนาขนาดใหญ่อย่างประเทศจีน แม้จะสูงกว่าของประเทศไทย แต่ก็มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันเชิงเศรษฐกิจของประเทศไทยในอนาคต



รูปที่ 1.3 ค่าความเข้มการใช้พลังงานของประเทศไทยจากปี พ.ศ. 2529-2553

(ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573), กระทรวงพลังงาน)



รูปที่ 1.4 ค่าความเข้มการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ๆ (ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573), กระทรวงพลังงาน)

ส่วนแนวโน้มความต้องการพลังงานในอนาคต ได้มีการคาดการณ์ภายใต้สมมติฐานกรณีธุรกิจปกติ (BAU) ไว้ในระยะ 20 ปีข้างหน้า ที่อัตราการเติบโตของ GDP เฉลี่ยร้อยละ 4.2 ต่อปี และประชากรเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.3 ต่อปี ความต้องการของพลังงานจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2.1 เท่าของปัจจุบัน หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 3.9 ต่อปี (รูปที่ 1.1) โดยที่ค่าเฉลี่ยของค่าความยืดหยุ่นพลังงานคือ 0.93 และความต้องการพลังงานในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรมยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าภาคอื่น ๆ และสูงกว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ (รูปที่ 1.1) โดยมีสัดส่วนความต้องการพลังงานที่คาดการณ์สำหรับภาคเศรษฐกิจต่างๆ แสดงในรูปที่ 1.2 ด้านบน ในขณะที่ปัญหาของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรมจากการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ ก็ยังคงเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก ที่ทุกประเทศจะต้องร่วมมือและตระหนักถึงความจำเป็นในการที่จะแก้ปัญหานี้ร่วมกัน ในปี 2552 ที่ผ่านมามีประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมประมาณ 212 ล้านตัน หรือ 3.12 ตัน ต่อหัวต่อปี ดังนั้น การลดการใช้พลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ยังคงไว้ซึ่งความสามารถในการที่จะพัฒนา และสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจให้กับประเทศไว้เหมือนเดิม จึงเป็นสิ่งท้าทายอย่างยิ่งต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและการกำหนดนโยบายพลังงานของประเทศ ทางเลือกอาจจะมีหลายทางเลือก เช่น การส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน แต่ทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมีความพร้อมกว่าทางเลือกอื่น คือ การอนุรักษ์พลังงาน (energy conservation) โดยเฉพาะการอนุรักษ์พลังงานจากการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

2. การอนุรักษ์พลังงานจากการนำความร้อนทิ้งมาใช้ประโยชน์

2.1 นิยาม

ในทางเทอร์โมไดนามิกนั้น เราไม่อาจสามารถใช้พลังงานของระบบใด ๆ ได้ทั้งหมด 100% โดยจะมีพลังงานส่วนหนึ่งต้องสูญเสียให้กับระบบเสมอ การสูญเสียของพลังงานนี้อาจจะอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดและกระบวนการของการใช้พลังงาน แต่ที่เห็นได้ชัดและพบบ่อยมากที่สุด คือ การสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนทิ้ง (waste heat) ความหมายของความร้อนทิ้งในบทความนี้จะหมายถึง พลังงานที่ถูกปล่อยทิ้งออกจากเครื่องจักรหรือระบบของกระบวนการผลิตที่มีอุณหภูมิและปริมาณมากพอที่จะทำให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และสามารถนำพลังงานนั้นไปใช้ประโยชน์ตามต้องการได้

2.2 ศักยภาพของการนำความร้อนทิ้งในอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ (Potential for Waste-Heat Recovery in Industry)

เราอาจกล่าวได้ว่าทุกธุรกิจ หรืออุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานนั้น จะต้องมีกาปล่อยความร้อนทิ้งออกมาสู่บรรยากาศเสมอ เพียงแต่ว่าความร้อนทิ้งที่ถูกปล่อยออกมานั้น จะมีศักยภาพพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกหรือไม่ ดังนั้น การศึกษาพิจารณาถึงศักยภาพของความร้อนทิ้งก่อนถูกตัดสินใจนำไปใช้ จึงเป็นสิ่งสำคัญและควรทำความเข้าใจให้รอบคอบและครบถ้วนเสียก่อน โดยมีหลักเกณฑ์พื้นฐานที่ใช้พิจารณาศักยภาพของความร้อนทิ้งเบื้องต้น ดังต่อไปนี้

1.) ขนาดหรือปริมาณของความร้อนทิ้ง (Quantity Waste Heat) ขนาดของความร้อนทิ้งนั้น ต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมทั้งปริมาณของความร้อนทิ้ง (Quantity), คุณภาพ (Quality) (ความสะอาด, ความสกปรก และคุณสมบัติทางเคมี) และอุณหภูมิที่สมเหตุสมผลของการนำไปใช้ (Available temperature) ปริมาณของความร้อนทิ้งจากระบบนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการการไหลของพลังงานง่าย ๆ ดังต่อไปนี้

$$H = mh$$

เมื่อ H = อัตราการไหลรวมของเอนทาลปีของความร้อนทิ้ง, kcal/hr

m = อัตราการไหลเชิงมวลของความร้อนทิ้ง, kg/hr

h = เอนทาลปีจำเพาะของความร้อนทิ้ง, kcal/kg

2.) การสมดุลกันระหว่างขนาดของความร้อนทิ้งกับขนาดภาระที่ต้องการ (Matching Loads to Source)

สิ่งที่สำคัญอย่างมากต่อการที่จะสามารถนำความร้อนทิ้งมาใช้ได้อย่างคุ้มค่า และสมเหตุสมผลก็คือ ความสมดุลกันของขนาดความร้อนทิ้งกับขนาดความต้องการพลังงานที่ได้จากความร้อนทิ้ง และช่วงเวลาของการปล่อยความร้อนทิ้งกับช่วงเวลาของความต้องการใช้พลังงานจากความร้อนทิ้ง โดยในความเป็นจริงของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมนั้น ขนาดของความร้อนทิ้งอาจจะมากกว่าขนาดของความต้องการการใช้พลังงานจากความร้อนทิ้ง หรือในทางกลับกันขนาดของความร้อนทิ้งอาจจะน้อยกว่าความต้องการการใช้พลังงานจากความร้อนทิ้งนั้น หรือขนาดของความร้อนทิ้งอาจจะมีความใกล้เคียงกับขนาดของความต้องการการใช้พลังงานจากความร้อนทิ้ง แต่ช่วงเวลาของการปล่อยความร้อนทิ้งอาจจะอยู่คนละช่วงเวลากับความต้องการการใช้พลังงานจากความร้อนทิ้งนั้น ปัญหาและข้อจำกัดเหล่านี้สามารถที่จะแก้ไขหรือหาคำตอบที่เหมาะสมได้ ด้วยวิธีการบริหารจัดการด้านพลังงาน ควบคู่ไปกับการจัดการกระบวนการผลิต

2.3 ขั้นตอนการสำรวจความร้อนทิ้ง (The waste heat survey)

เนื่องจากคุณลักษณะและกระบวนการผลิตของแต่ละอุตสาหกรรมจะมีพฤติกรรมของการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ดังนั้น การประเมินศักยภาพของความร้อนทิ้งจากระบบจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะสามารถใช้ประโยชน์จากความร้อนทิ้งนี้ได้เต็มที่และสอดคล้องกับพฤติกรรมของการใช้พลังงานในโรงงาน การสำรวจความร้อนทิ้งจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องกระทำก่อนตัดสินใจนำความร้อนทิ้งมาใช้ โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

2.3.1 การสำรวจภาคสนามทั่วไป (Background Survey)

การสำรวจนี้จะต้องมีการทำอย่างเป็นระบบ ต้องรู้ความต้องการใช้พลังงานจริงของเครื่องจักร หรือของกระบวนการผลิต, ลักษณะของการใช้พลังงานและพฤติกรรมของการใช้พลังงานตามสภาวะไหลแต่ละช่วงเวลาของการผลิต, ต้นทุนของพลังงานที่สนใจ, คุณสมบัติของความร้อนทิ้งทั้งในรูปแบบของเคมีและฟิสิกส์

2.3.2 การวัด และบันทึกข้อมูล (Data measurement and recoding)

หลังจากมีการสำรวจภาคสนามจนเข้าใจระบบที่สนใจอย่างครบถ้วนแล้ว การวางแผนและการกำหนดจุดวัดเพื่อให้ได้ค่าที่สนใจก็สามารถที่จะกำหนดได้ โดยทั่วไปค่าต่าง ๆ ที่วัดเพื่อคำนวณหาความร้อนทิ้งจะประกอบด้วย การวัดหาอัตราการไหลเชิงมวลหรือเชิงปริมาตร, อุณหภูมิของความร้อนทิ้ง, ความหนาแน่นของสารความร้อนทิ้ง, ข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาใช้อ้างอิงได้, ช่วงเวลาที่ใช้วัดควรมีความยาวพอที่จะใช้เป็นตัวแทนของวัฏจักรได้ครบ เป็นต้น เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดจะต้องมีความเที่ยงตรงได้มาตรฐานและเชื่อถือได้

2.3.3 การสร้างไดอะแกรมของการสมดุลมวลและความร้อน (Heat and mass constructions Balance)

ข้อมูลที่ได้จากการวัดและบันทึกจากภาคสนาม จะถูกนำมาศึกษาและวิเคราะห์ในรูปแบบของกราฟ เพื่อดูรูปแบบ (profile) และพฤติกรรมของการใช้พลังงานในลักษณะต่าง ๆ ของแต่ละช่วงเวลา และคำนวณหาศักยภาพของความร้อนทิ้ง จากกฎอนุรักษ์พลังงานข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิก โดยการคำนวณการสมดุลมวลและความร้อน ในรูปของสมการ steady flow-steady state system (SFSSS) ง่าย ๆ ดังนี้

$$\dot{Q} = \sum_{i=1}^n m_i h_i + \dot{W} = \sum_{1}^n Q_i h_i +$$

เมื่อ

Q = อัตราการสูญเสียความร้อนสุทธิ, Kcal/hr

P_i = ความหนาแน่นของของไหล i ที่เข้าหรือออกในระบบ, kg/m³

Q_i = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของของไหล i ที่เข้าหรือออกในระบบ, m³/hr

h_i = เอนทาลปีจำเพาะของของไหล i ที่ไหลเข้าหรือออกในระบบ, kcal/kg

h'_i = เอนทาลปีจำเพาะของของไหล i ที่ไหลเข้าหรือออกในระบบ, kcal/m³

W = งานสุทธิทางกลหรือไฟฟ้าที่ให้หรือออกจากระบบ, kcal/hr

n = จำนวนทั้งหมดของของไหลที่เข้าหรือออกจากระบบ

2.4 ตัวอย่างการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

ศักยภาพของการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์นั้น มีอยู่เกือบทุกรูทิกอุตสาหกรรม เช่น

- อุตสาหกรรมทอผ้าฟอกย้อม สามารถนำเอาความร้อนทิ้งจากน้ำย้อมในกระบวนการที่ยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ นำกลับมาแลกเปลี่ยนทำน้ำร้อนเพื่อมาใช้ในกระบวนการผลิตอีกครั้งหนึ่ง

- อุตสาหกรรมที่มีการใช้หม้อนึ่ง (Sterilizer) ในกระบวนการผลิต สามารถที่จะนำความร้อนจากไอน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง มาใช้ทำน้ำร้อนหรือทำความเย็นจากเครื่องทำความเย็นแบบ Absorption Chiller ได้

- เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า (genset) ก็สามารถที่จะนำความร้อนทิ้งจากไอเสีย และความร้อนจากการหล่อเย็นของเครื่องยนต์มาใช้ทำน้ำร้อน, ไอน้ำ, อากาศร้อน และทำความเย็นจากเครื่องทำความเย็นแบบ Absorption Chiller ได้ เป็นต้น

- และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่มีการปล่อยความร้อนทิ้งและมีอุณหภูมิที่สูงพอ ในการที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

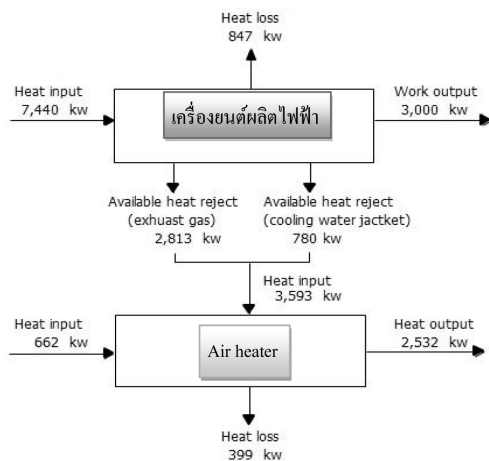
ตัวอย่างกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง มีการใช้เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาด 3 MW โดยใช้ Biogas ซึ่งได้จากน้ำเสียของกระบวนการผลิตเป็นเชื้อเพลิง และปัจจุบันโรงงานใช้เครื่องทำน้ำมันร้อนขนาด 3,000,000 kcal/hr เพื่อผลิตอากาศร้อน (hot air) อุณหภูมิ 150°C ในกระบวนการอบแห้ง โดยใช้ น้ำมันเตาเกรด C เป็นเชื้อเพลิง โดยมีข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

ข้อมูลของเครื่องยนต์ปั่นไฟ	ค่าที่ได้
อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์, °C	450
ค่าความถ่วงจำเพาะของไอเสีย	0.265
อัตราการไหลเชิงมวล, kg/hr	22,000
อุณหภูมิความร้อนจากน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์, °C	90
อัตราการไหลของความร้อนจากน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์, m ³ /hr	85

ค่า Heating Value ของ Biogas เท่ากับ 5,000 kcal/Nm³ และ HFC/Engine เท่ากับ 2.4 kW-h/kW-h

จากข้อมูลเบื้องต้น เราสามารถทำสมดุลมวลและความร้อนอย่างง่าย ได้ดังไดอะแกรมด้านล่าง



หมายเหตุ

- ราคาน้ำมันเตา 20 บาทต่อลิตร
- น้ำมันเตาปลดปล่อยคาร์บอน 0.003124 ตันต่อลิตร
- จำนวนจากชั่วโมงทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 350 วันต่อปี
- ประสิทธิภาพของ Hot Oil Heater ที่ 78%

สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์และคำนวณพบว่า การนำพลังงานความร้อนทิ้งของไอเสียและน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าขนาด 3 MW. มาเพื่อใช้ผลิตอากาศร้อน (hot air) แทนการใช้ น้ำมันร้อนจากเครื่องทำน้ำมันร้อน ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 40% เป็น 74.4% และสามารถลดการใช้ น้ำมันเตาลงได้ปีละประมาณ 2.4 ล้านลิตร หรือสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาลงได้ปีละประมาณ 48 ล้านบาท พร้อมกับช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้อีกประมาณ 7,475 ตันปี

3. unสรุป

การอนุรักษ์พลังงานด้วยการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์นั้น เป็นวิธีหนึ่งของการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ และสามารถทำได้ทันทีจากแหล่งพลังงานที่มีอยู่ทุกวันในกระบวนการผลิตของโรงงาน นั่นหมายถึงว่า เรายังคงสามารถที่จะผลิตผลผลิตได้เท่าเดิม แต่กลับใช้พลังงานต่อหน่วยน้อยลงหรือในทางกลับกันอาจจะหมายถึงเราใช้พลังงานเท่าเดิมแต่กลับได้ผลผลิตมากขึ้น อันจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจในอนาคต และยังช่วยลดหรือบรรเทาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง พร้อมทั้งยังเป็นการสนองตอบและสอดคล้องกับแผนนโยบายพลังงานของประเทศ และของโลกอีกด้วย

ขอข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ “การศึกษาการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้” ได้ที่ บริษัท ฟูลซิสเต็ม เอ็นจิเนียริง จำกัด 349/545 ถนนพหลโยธินซอย 2 แขวงบางไผ่ เขตบางแค กรุงเทพฯ 10160 โทรศัพท์ : 0-2420-6444-5, 0-2497-9280-4 แฟกซ์ : 0-2497-9255 www.fsetech.com, E-mail : fullsystem1@yahoo.com

เอกสารอ้างอิง

- [1] แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573), กระทรวงพลังงาน
- [2] Wayne C. Turner, Steve Doty, 2006, Energy management hand book, sixth edition, The Fairmont Press, Inc. USA.
- [3] Spirax-Sarco, 2007, The steam and condensate Loop, First edition, Published by Spirax Sarco Limited.
- [4] Neil Petchers, 2003, Combined Heating, Cooling and Power, the Fairmont Press, Inc. USA.