การปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์อุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กโดยใช้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ

Improvement of Ladle Preheating Apparatus with Regenerative Burners

จักราวุธ จรูญศารทูล[1,2,*] ศิริพงษ์ ชื่นกลิ่น[1,2] พงษ์ธร จรัญญากรณ์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุเทพมหานคร 10330 โทร 02 218 6610
[2]สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร 10110
โทร 02 713 6290 โทรสาร 02 713 6293

Jakkrawut Jaroonsaratul[1,2,*] Siripong Cheanklin[1,2] Pongtorn Charunyakorn[1]
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
Tel: 02 218 6610 * Corresponding Author: Tsuneo_jung@hotmail.com
[2]Iron and Steel Institute of Thailand, Bangkok 10110, Thailand
Tel: 02 713 6290 Fax: 02 713 6293

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมเหล็กเป็นอุตสาหกรรมแขนงหนึ่งที่มีการใช้พลังงานอย่างเข้มข้นและมีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานค่อนข้างสูง บทความนี้เป็นงานศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ แทนหัวเผาแบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไป การอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบธรรมดาจะควบคุมการอุ่นด้วยอุณหภูมิของไอเสียที่ปล่อยทิ้ง โดยตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดของไอเสียไว้ที่ 900-1,000°C จึงมีการสูญเสียความร้อนออกไปกับไอเสียสูงมาก วิธีลดการสูญเสียที่มีความเหมาะสมคือการใช้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟแทนหัวเผาแบบเดิม เพื่อให้มีการนำความร้อนปล่อยทิ้งมาอุ่นอากาศเผาไหม้ ในการทดลองการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาธรรมดาในโรงงานเหล็กแห่งหนึ่งที่สภาวะต่างๆ พบว่าไอเสียที่ปล่อยทิ้งมีอุณหภูมิ 600-1,000°C ซึ่งคิดเป็นความร้อนสูญเสียในไอเสีย 40-45% ส่วนผลการทดลองเมื่อติดตั้งหัวเผารีเจนเนอเรทีฟแทนพบว่าสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ 20-30% ของเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่เดิม นอกจากนี้ จากข้อมูลการทดลองพบว่าการใช้อุณหภูมิในผนังถังถ่ายน้ำเหล็กในการควบคุมการอุ่นแทนอุณหภูมิไอเสียจะมีความเหมาะสมกว่า

Abstract

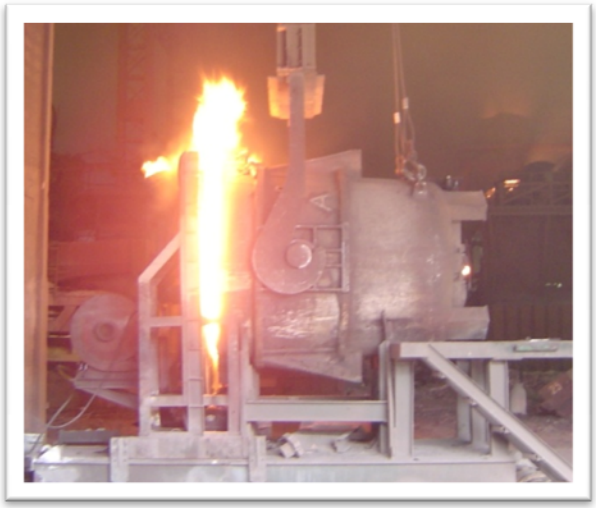
Steel industry is one of the industries that has high potential for energy conservation. This paper presents the study on improvement of energy consumption in ladle preheating by employing regenerative burners in place of conventional burners. Conventional ladle preheating is controlled by exhaust gas temperature which is normally set at 900-1,000°C. The exhaust gas heat loss is evidently very high. One effective method to reduce this loss is to employ regenerative burners in place of conventional burners in order to recover waste heat for combustion air preheating. Experiments on ladle preheating were conducted in a factory under various conditions. It was found that exhaust gas temperature in the case of conventional burner was in the range of 600-1,000°C. This corresponds to heat loss of about 25-45%. By employing a regenerative burner, fuel consumption reduction was in the range of 20-30%. Furthermore, data from the experiments indicates that it is more appropriate to adopt the ladle wall temperature as a control parameter instead of exhaust gas temperature.

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเหล็กเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสูงมาก การศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุปกรณ์และกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนจึงเป็นจุดที่มีศักยภาพการประหยัดพลังงานสูง ในกระบวนการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาหลอมอาร์คไฟฟ้า จะต้องมีการเทน้ำเหล็กจากเตาหลอมไปสู่ถังถ่ายน้ำเหล็กเพื่อเคลื่อนย้ายไปยังแท่นหล่อเพื่อทำการหล่อแบบต่อเนื่อง

ในการนี้ ต้องทำการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมก่อนรับน้ำเหล็ก เพื่อกำจัดความชื้นในผนังถังถ่ายน้ำเหล็ก เพื่อป้องกันการเกิด Thermal shock และ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียความร้อนของน้ำเหล็กให้แก่ถังถ่ายน้ำเหล็กมากจนเกินไปในระหว่างการหล่ออย่างต่อเนื่อง

การอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กที่ปฏิบัติทั่วไป จะควบคุมโดยเวลาที่ใช้ในการอุ่น หรือพิจารณาจากอุณหภูมิไอเสียที่ปล่อยทิ้ง ซึ่งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ประมาณ 900-1,000°C ในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กในปัจจุบันใช้หัวเผาพ่นเปลวไฟเข้าไปในตัวถังถ่ายน้ำเหล็ก แก๊สร้อนจากการเผาไหม้จะไหลย้อนกลับออกมาทางปากถังและระบายทิ้งออกไปทางปล่องบนฝาถัง ไอเสียที่ปล่อยทิ้งมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในช่วงท้ายๆของการอุ่นอุณหภูมิอาจจะขึ้นไปถึง 1000°C [3] และในบางครั้งมีเปลวไฟแลบออกมาจากปากถังด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1 จึงมีการสูญเสียพลังงานในส่วนนี้สูงมาก Worrell และ คณะ [8] ประเมินว่า การใช้พลังงานในส่วนนี้น่าจะลดลงได้อีกถึง 50% ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินข้างต้น



รูปที่ 1 ถังถ่ายน้ำเหล็กที่มีไฟแลบออกมาทางช่องว่างระหว่างปากถังกับฝาปิดขณะที่ทำการอุ่น [1]

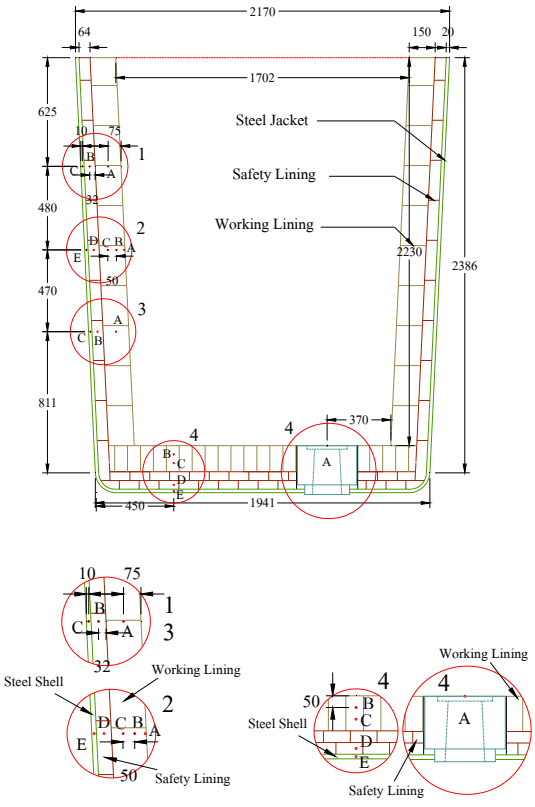
การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังเช่นในกรณีทั่วไป ไม่สามารถทำได้เนื่องจากความจำกัดด้านพื้นที่ การนำความร้อนในไอเสียกลับคืนมาใช้โดยการประยุกต์ใช้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟจึงเป็นแนวทางในการลดการสูญเสียที่มีความเป็นไปได้สูง [4] ซึ่งนอกจากจะให้ผลประหยัดจากการลดการใช้พลังงานในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กแล้ว ยังอาจจะให้ผลประหยัดพลังงานทางอ้อม จากการช่วยให้สามารถลดอุณหภูมิการเทน้ำเหล็ก (tapping temperature) ได้อีกด้วย

นอกจากการทดลองเพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กแล้ว ยังมีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กและช่วงรอที่จะนำถังไปรับน้ำเหล็ก [2],[5],[6] ผลที่ได้จากการทำแบบจำลองนั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็ก ผลที่ได้มีความใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้กับขั้นตอนอื่นๆ เพื่อหาความเหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในแต่ละรอการทำงานของถังถ่ายน้ำเหล็กได้

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาวิจัยในส่วนที่สอง ซึ่งเป็นการทำการทดลองและบันทึกข้อมูลการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กในโรงงานต่อเนื่องจาก จักราวุธ [1] และวิเคราะห์สภาวะทางความร้อนและการใช้พลังงานของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กในปัจจุบันเพื่อเปรียบเทียบกับการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ

2. ถังถ่ายน้ำเหล็ก (Ladle)

ถังถ่ายน้ำเหล็กที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีขนาดความจุ 25 ตัน น้ำเหล็ก มีลักษณะรูปทรงและมิติส่วนต่างๆดังแสดงในรูปที่ 2 [1],[7] การก่ออิฐทนไฟของผนังของถังถ่ายน้ำเหล็กแบ่งเป็น 2 ชั้น ผนังชั้นในเรียกว่า Working lining ก่อด้วยอิฐทนไฟ SK38 ซึ่งมีส่วนผสมของ Alumina 80% ชั้นนี้หนา 150 มิลลิเมตร ชั้นถัดออกมาเรียกว่า Safety liningเป็นอิฐทนไฟชนิดเดียวกัน ซึ่งสำหรับผนังด้านข้างของถังหนา 64 มิลลิเมตร ส่วนผนังก้นถังหนา 100 มิลลิเมตร เปลือกหุ้มชั้นนอกของผนังข้างเป็นเหล็กหนา 20 มิลลิเมตร และที่ก้นถังหนา 50 มิลลิเมตร น้ำหนักถังเปล่าประมาณ 15 ตัน รับน้ำเหล็กได้ครั้งละประมาณ 20-25 ตัน ในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กแบ่งตามลักษณะการใช้งานเป็น 2 แบบ คือ การอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กใหม่หรือถังเย็น และการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กที่ผ่านการใช้งานมาแล้วหรือถังร้อน

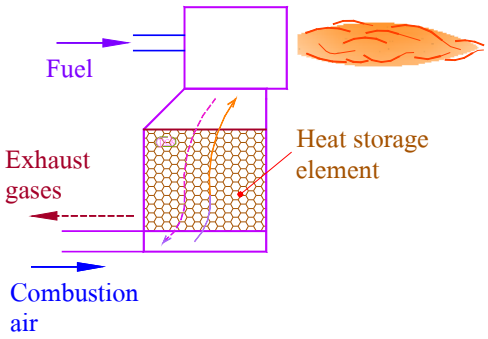


รูปที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลในผนังข้างและผนังส่วนก้นของถังถ่ายน้ำเหล็ก [1]

3. หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative burner)

หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟเป็นหัวเผาที่มีการนำความร้อนที่ปล่อยทิ้งจากไอเสียกลับมาใช้ในการอุ่นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ของหัวเผานั้น หัวเผาแบบนี้มีส่วนประกอบเพิ่มเติมจากหัวเผาธรรมดาทั่วไปคือ มีห้องวัสดุสะสมความร้อน(heat storage element) ดังแสดงในรูปที่ 3 การติดตั้งใช้งานหัวเผาแบบนี้ต้องติดตั้งเป็นคู่ ซึ่งจะทำงานสลับกัน กล่าวคือ ในขณะที่ตัวหนึ่งกำลังทำงานเผาไหม้เพื่อให้ความร้อน อีกตัวหนึ่งจะปล่อยให้ไอเสียไหลผ่านวัสดุสะสมความร้อนเพื่อเก็บความร้อนในไอเสียไว้

ในรอบต่อไป หัวเผาตัวนี้จะทำงานโดยใช้ความร้อนในวัสดุสะสมความร้อนมาอุ่นอากาศเผาไหม้ ส่วนอีกตัวหนึ่งจะหยุดทำงานและทำหน้าที่ระบายไอเสียเพื่อเก็บสะสมความร้อนไว้ในวัสดุสะสมความร้อนแทน ทำงานสลับกันไปเช่นนี้ การทำงานแต่ละรอบจะใช้เวลาประมาณ 50 วินาที



รูปที่ 3 หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ [1]

วัสดุสะสมความร้อนที่ใช้กันโดยทั่วไปมี 3 ชนิดคือ ชนิดลูกบอลเซรามิก(ceramic ball) ชนิดรังผึ้งเซรามิก(ceramic honeycomb) และชนิดรังผึ้งสเตนเลส(stainless honeycomb) รูปที่ 3 เป็นตัวอย่างวัสดุสะสมความร้อนที่ใช้ทั่วไป สำหรับลูกบอลเซรามิกมีข้อดีที่ค่อนข้างทนทาน เปลี่ยนทำความสะอาดง่าย ทนอุณหภูมิได้สูง และราคาถูก รังผึ้งเซรามิกได้เปรียบในแง่ของพื้นที่ถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตรสูงกว่าลูกบอลเซรามิก แต่จะเปลี่ยนทำความสะอาดยากกว่า ราคาแพงกว่า ส่วนรังผึ้งสเตนเลสมีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตรสูงที่สุด แต่ทนอุณหภูมิได้ต่ำกว่าเซรามิก และราคาแพงที่สุดด้วย ในงานศึกษาวิจัยครั้งนี้ เลือกหัวเผาที่ใช้ลูกบอลเซรามิก

รูปที่ 4 ลูกบอลเซรามิก

4. ข้อมูลเบื้องต้นการทำงานของหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ

การใช้งานหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟของทางโรงงานนั้น มีการแบ่งการทำงานของหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟตามชนิดของถังถ่ายน้ำเหล็ก กล่าวคือการใช้งานของหัวเผาขึ้นอยู่กับลักษณะของถัง แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ลักษณะหลักๆ ดังนี้

1. โปรแกรมที่ 1 เป็นโปรแกรมที่เหมาะสำหรับเผาถังถ่ายน้ำเหล็กที่เย็น ขั้นแรกจะเริ่มจากถังถ่ายน้ำเหล็กที่เย็น เผาจนอุณหภูมิในถังสูงถึง 800°C ในระยะเวลา 1 นาที ขั้นที่สองจะเริ่มเผาถังจากอุณหภูมิในถัง 800°C จนถึง 1,050°C ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง 20 นาที จนถึงขั้นสุดท้าย เผาเลี้ยงอุณหภูมิในถังถ่ายน้ำเหล็กประมาณ 1,050°C

2. โปรแกรมที่ 2 เป็นโปรแกรมที่เหมาะสำหรับเผาถังถ่ายน้ำเหล็กที่ร้อน ขั้นแรกจะเริ่มต้นจากถังถ่ายน้ำเหล็กที่ร้อนประมาณ 800°C เผาจนอุณหภูมิในถังสูงถึง 1,050°C ในระยะเวลา 30 นาที ขั้นที่สอง เผาเลี้ยงอุณหภูมิในถังถ่ายน้ำเหล็กประมาณ 1,050°C

5. การอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กโดยใช้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ

ในการทดลองการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กโดยใช้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟนั้น ได้ควบคุมการอุ่นให้ใกล้เคียงกับสภาพการทำงานของโรงงาน กล่าวคือ ได้ทำการทดลองทั้งในถังถ่ายน้ำเหล็กแบบเย็นและแบบร้อนรวม 4 ครั้งโดยการทดลองจะเป็นไปตามแนวทางการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กจริงของโรงงานตามการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กที่ใช้หัวเผาแบบธรรมดาที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันเตาชนิดเอเป็นเชื้อเพลิง [1]

โดยในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟนั้นจะดำเนินตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

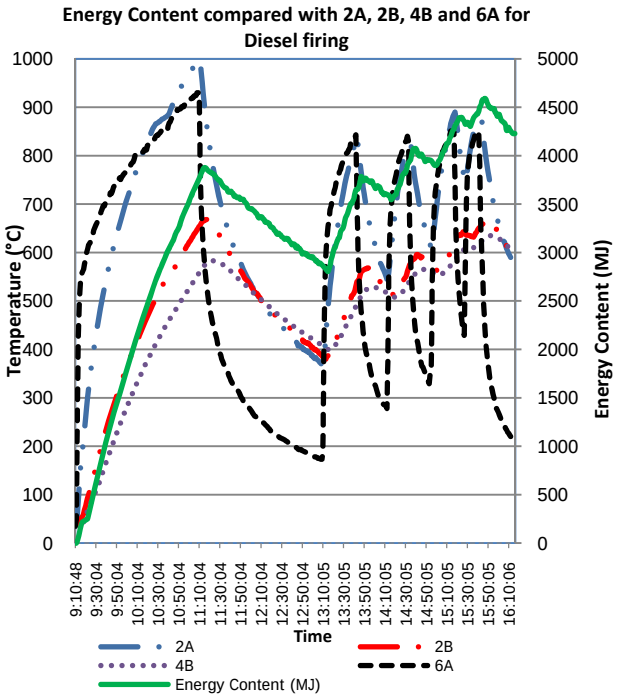
1. ทำการทดลองเพื่อจำลองการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กแบบเย็นโดยตั้งโปรแกรมที่ 1 หรืออุ่นถังประมาณ 2 ชั่วโมงโดยติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูลไว้ทุกๆ 60 วินาที ทำการจดมิเตอร์น้ำมัน หลังจากนั้นทำการหยุดหัวเผาแล้วทำการพักถังทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

2. ทำการทดลองเพื่อจำลองการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กแบบอุ่นโดยตั้งโปรแกรมที่ 2 และใช้ตัวบ่งชี้ตัวอื่นเพิ่มเติมในการพิจารณาคือ อุณหภูมิภายในผนังเบ้าที่ตำแหน่ง 2A และ 2B โดยจะกำหนดความเหมาะสมของอุณหภูมิไว้ที่ 800°C และ 600°C ตามลำดับ ซึ่งจะมีการบันทึกข้อมูลทุกๆ 60 วินาทีและจดมิเตอร์น้ำมัน หลังจากนั้นทำการหยุดหัวเผาแล้วพักถังทิ้งไว้ 30 นาที

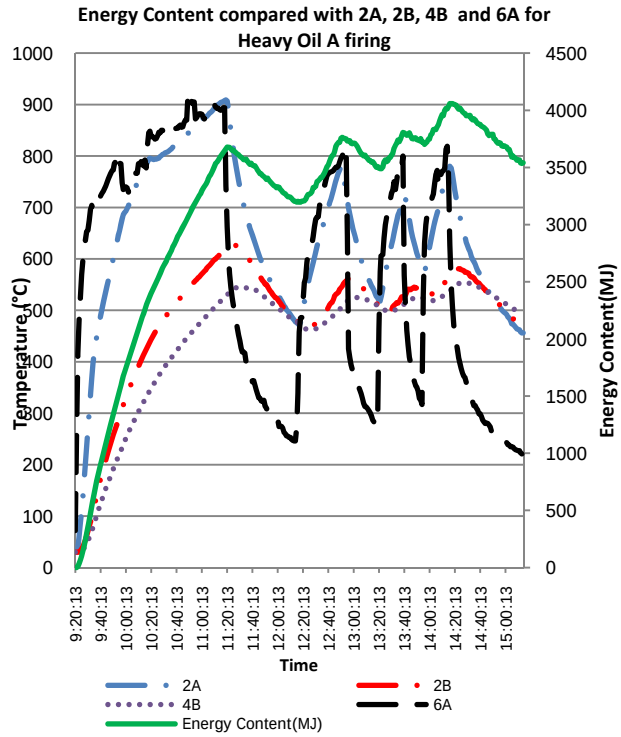
3. ทำการทดลองเพื่อจำลองการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กแบบร้อนโดยทดลองซ้ำแบบเดียวกันกับข้อ 2 ให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วพักถังทิ้งไว้ 15 นาที จึงทำการทดลองซ้ำครั้งครั้งสุดท้าย

6. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลอง เมื่อนำมาพล็อตเพื่อแสดงอุณหภูมิภายในชั้นผนังของถังถ่ายน้ำเหล็กที่เวลาต่างๆ โดยรูปที่ 5 แสดงถึงอุณหภูมิภายในชั้นอิฐทนไฟเปรียบเทียบกับอุณหภูมิไอเสีย โดยที่ตำแหน่ง 2A, 2B นั้นทางผู้วิจัยได้เสนอให้ใช้เป็นตัวบ่งชี้เพื่อการควบคุมการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กแทนการใช้อุณหภูมิไอเสียที่ปล่อยทิ้ง (6A) ดังนั้นอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 2A และ 2B ในส่วนของการอุ่นถังด้วยน้ำมันดีเซลนั้นจะอยู่ในช่วง 800°C และ 600°C ตามลำดับ และเมื่อนำอุณหภูมิภายในผนังของถังถ่ายน้ำเหล็กไปคำนวณค่าความร้อนสะสมภายในถังถ่ายน้ำเหล็ก (Energy Content) ในทุกๆช่วงเวลาของการอุ่นจะสามารถนำค่าความร้อนสะสมมาพล็อตเพื่อแสดงเปรียบกับกับอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 2A, 2B, 4B และ 6A



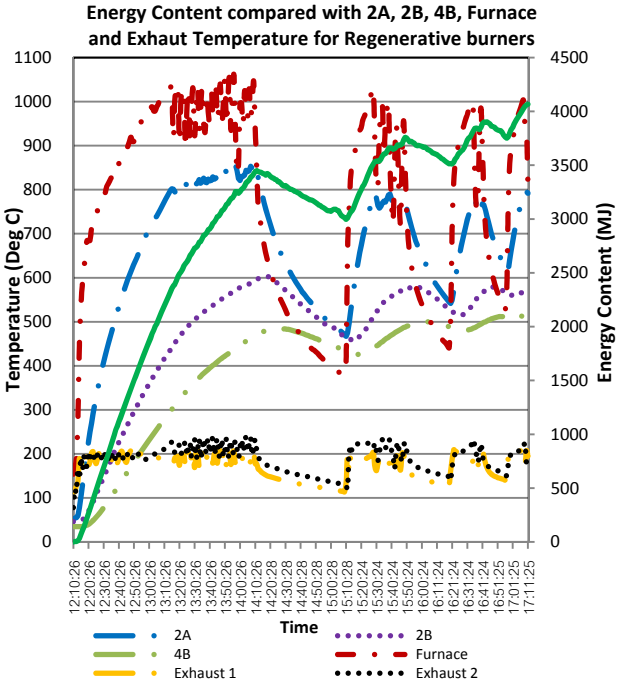
รูปที่ 5 ค่าความร้อนสะสมภายในผนังของถังถ่ายน้ำเหล็กที่อุ่นด้วยหัวเผาที่ใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในผนังและอุณหภูมิไอเสีย



รูปที่ 6 ค่าความร้อนสะสมภายในผนังของถังถ่ายน้ำเหล็กที่อุ่นด้วยหัวเผาที่ใช้น้ำมันเตาชนิดเอเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในผนังและอุณหภูมิไอเสีย

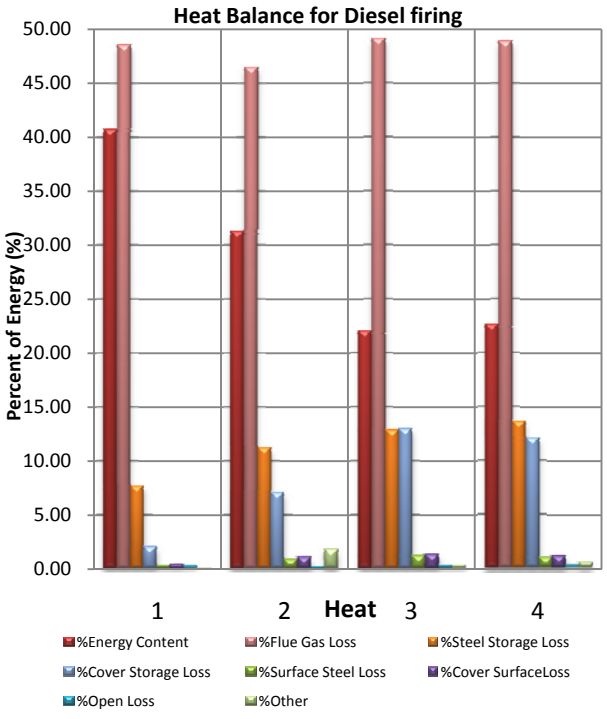
รูปที่ 6 แสดงถึงอุณหภูมิภายในผนังของถังถ่ายน้ำเหล็กเทียบกับอุณหภูมิไอเสียที่เวลาต่าง ๆ โดยที่อุณหภูมิที่ตำแหน่ง 2B และ 4B ยังคงมีความสอดคล้องกันเช่นเดียวกับการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาธรรมดาที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และค่าความร้อนสะสมภายในถังถ่ายน้ำเหล็กที่เวลาต่าง ๆ เทียบกับอุณหภูมิไอเสียเมื่อใช้น้ำมันเตาชนิดเอนั้น มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยน้ำมันดีเซล

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟมาพล็อตเปรียบเทียบกับอุณหภูมิไอเสียตามรูปที่ 7 แล้วนั้น จะสามารถสังเกตเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 2B และ 4B มีการเปลี่ยนแปลงไปจากการอุ่นด้วยหัวเผาแบบธรรมดาเล็กน้อย กล่าวคือ อุณหภูมิที่ตำแหน่ง 4B มีค่าต่ำกว่า 2B ประมาณ 50°C ซึ่งเมื่อนำมาคิดค่าความร้อนสะสมภายในถังถ่ายน้ำเหล็กแล้วนั้น พบว่าค่าความร้อนสะสมภายในถังถ่ายน้ำเหล็กมีความใกล้เคียงกับการอุ่นด้วยหัวเผาแบบธรรมดาที่ใช้ทั้งน้ำมันดีเซลและน้ำมันเตาชนิดเอ อาจกล่าวได้ว่าเมื่อมีการอุ่นถังและเมื่อมีการเปลี่ยนรอบการทำงานของหัวเผาที่ทุก ๆ 50 วินาทีนั้น มีการดูดอากาศร้อนภายในถังเพื่อนำกลับไปผ่านลูกบอลเซรามิกในชุดหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ จึงทำให้อุณหภูมิตรงกันถังนั้นมีค่าน้อยกว่าเล็กน้อย

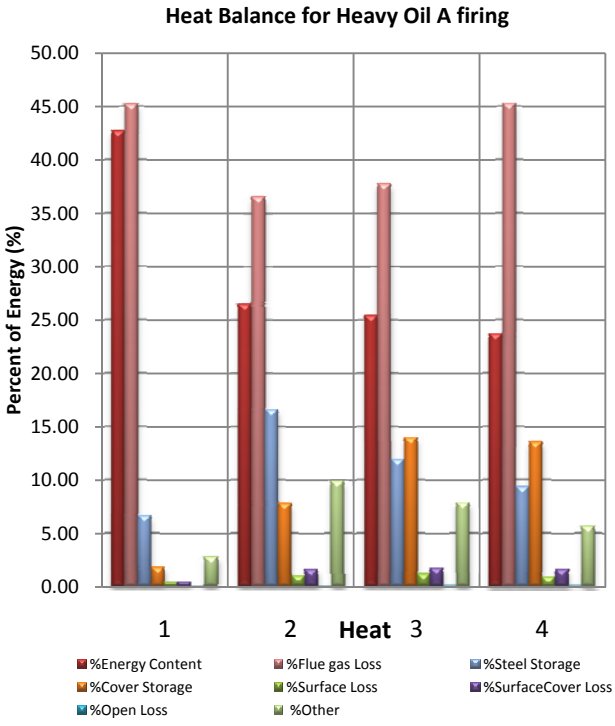


รูปที่ 7 ค่าความร้อนสะสมภายในผนังของถังถ่ายน้ำเหล็กที่อุ่นด้วยหัวเผาที่ใช้น้ำมันเตาชนิดเอเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในผนังและอุณหภูมิไอเสีย

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณสมดุลพลังงาน สมดุลพลังงานของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาที่ใช้น้ำมันดีเซลในแต่ละรอบการอุ่นถูกแสดงไว้ในรูปที่ 8 จากผลการคำนวณสมดุลพลังงานที่ได้พบว่าความร้อนหลักที่สูญเสียมากที่สุดจากกรอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กคือความร้อนสูญเสียผ่านไอเสีย โดยที่ในแต่ละรอบการอุ่นจะอยู่ในช่วง 45-50%



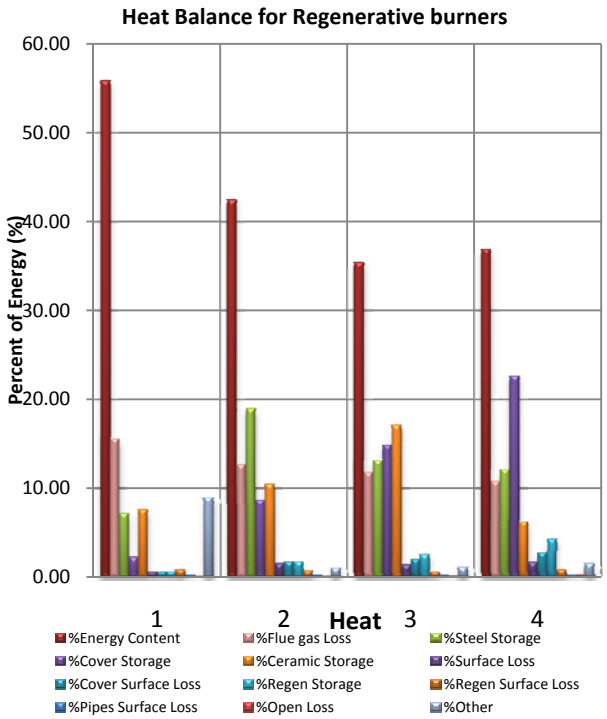
รูปที่ 8 สมดุลพลังงานของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาที่ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 9 สมดุลพลังงานของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาธรรมดาที่ใช้น้ำมันเตาชนิดเอ

รูปที่ 9 แสดงถึงสมดุลพลังงานของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาธรรมดาที่ใช้น้ำมันเตาชนิดเอในแต่ละรอบการอุ่น จากผลการคำนวณสมดุลพลังงานที่ได้ พบว่าความร้อนหลักที่สูญเสียมากที่สุดจากกรอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กคือความร้อนสูญเสียผ่านไอเสีย โดยที่ในแต่ละรอบการอุ่นจะอยู่ในช่วง 35-45%

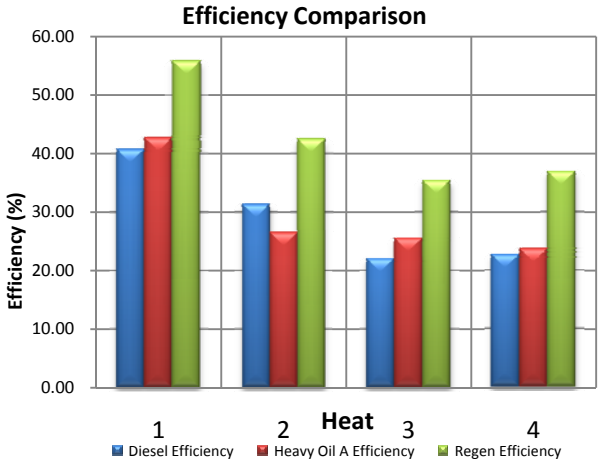
สมดุลพลังงานของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟในแต่ละรอบการอุ่นถูกแสดงไว้ในรูปที่ 10 โดยผลการคำนวณสมดุลพลังงานที่ได้ พบว่าความร้อนที่สูญเสียผ่านไอเสีย จากเดิมที่ทำการอุ่นด้วยหัวเผาธรรมดาในแต่ละรอบการอุ่นซึ่งเดิมจะอยู่ในช่วง 35-45% จะลดลงลดลงเหลือเพียง 10-15% ทำให้ประสิทธิภาพในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กเพิ่มขึ้น



รูปที่ 10 สมดุลพลังงานของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยน้ำมันดีเซล น้ำมันเตาชนิดเอ และหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ ในรูปที่ 11 แสดงถึงประสิทธิภาพของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟที่ดีกว่าของหัวเผาที่ใช้ทั้งน้ำมันดีเซลและน้ำมันเตาชนิดเอ เฉลี่ยแล้วประมาณ 10% เนื่องจากความร้อนสูญเสียจากไอเสียที่ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิไอเสียปล่อยทิ้งที่ต่ำลง และมีการนำความร้อนมาอุ่นอากาศเผาไหม้ให้สูงขึ้น

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กในแต่ละรอบถูกแสดงไว้ในตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบทั้งการอุ่นด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟกับหัวเผาธรรมดาที่ใช้น้ำมันดีเซลและการอุ่นถังด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟกับหัวเผาธรรมดาที่ใช้น้ำมันเตาชนิดเอเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 11 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กที่ใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ

ตารางที่ 1 ศักยภาพการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง

	ผลประหยัดพลังงานเมื่อใช้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟโดยใช้น้ำมันเตาเอเป็นเชื้อเพลิง	
รอบการอุ่น	เมื่อเปรียบเทียบกับหัวเผาธรรมดาใช้น้ำมันดีเซล	เมื่อเปรียบเทียบกับหัวเผาธรรมดาใช้น้ำมันเตาเอ
1	40.74%	28.55%
2	39.14%	14.98%
3	37.61%	9.63%
4	63.32%	42.49%
ค่าเฉลี่ย	45.20%	23.91%

5. สรุป

จากการทดลองอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กซึ่งมีวิธีการทำงานเช่นเดียวกันกับเงื่อนไขของโรงงานเหล็ก การอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบธรรมดา ประสิทธิภาพของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กนั้นจะอยู่ที่ 25-40% ส่วนการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กด้วยหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟนั้น ประสิทธิภาพของการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กจะอยู่ที่ 35-55%

ทั้งนี้ ศักยภาพในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กนั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟกับหัวเผาที่ใช้น้ำมันดีเซล ศักยภาพในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงจะอยู่ที่ 45.20% ส่วนศักยภาพในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟกับหัวเผาที่ใช้น้ำมันเตาชนิดเอจะอยู่ที่ 23.91%

ตัวบ่งชี้เพื่อควบคุมการอุ่นถังถ่ายน้ำเหล็ก จากเดิมทางโรงงานใช้อุณหภูมิไอเสียที่ปล่อยทิ้ง (6A) เป็นตัวบ่งชี้ เมื่อเปลี่ยนระบบการอุ่นมาเป็นหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟแล้ว อุณหภูมิไอเสียมีค่าประมาณ 200°C จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ในการควบคุมได้ เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมของตัวบ่งชี้อื่น พบว่าอุณหภูมิภายในชั้นอิฐทนไฟที่จุด 2A หรือ 2B น่าจะใช้เป็นตัวชี้วัดเพื่อการควบคุมได้ดีกว่า เนื่องจากเป็นตัวสะท้อนสภาวะทางความร้อนของถังถ่ายน้ำเหล็กโดยตรง

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทยและ บริษัท สยามสตีลซินดิเกต จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ อุปกรณ์ และบุคลากรให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. จักราวุธ จรูญศารทูล, “การปรับปรุงประสิทธิภาพของฝาและอุปกรณ์อุ่นถังถ่ายน้ำเหล็กโดยการใช้หัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5, 29 เมษายน-1 พฤษภาคม 2552 มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก
2. ศิริพงษ์ ชื่นกลิ่น, “การจำลองการถ่ายเทความร้อนของเบ้ารับน้ำเหล็กในระหว่างการอุ่นเบ้ารับน้ำเหล็กเพื่อการประหยัดพลังงาน” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5, 29 เมษายน-1 พฤษภาคม 2552 มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก
3. สมศักดิ์ คงโชติ, “การศึกษาปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อนในถังรับน้ำเหล็กในอุตสาหกรรมหลอมโลหะ”, 1993, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4. “ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึกหัวเผาแบบรีเจนเนอเรทีฟ”, โครงการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
5. Jaroonsaratul, J. et al., “A Thermal Modeling of Ladle for Energy Conservation in Steelmaking Process”, Proceeding, World Renewable Energy Congress 2009 – Asia, 19-22 May 2009, Bangkok, Thailand
6. Cheanklin, S. et al., “A Thermal Modeling of Ladle in the Preheating and the Holding Period for Energy Conservation in Steelmaking Process”, Proceeding, SEAISI 2009, 18-21 May 2009, Kualalumpur, Malaysia
7. Zimmer, A., Lima, A.N.C., Trommer, R.M. , Braganca, S.R. and Bergmann C.P., “Heat Transfer in Steelmaking Process” Journal of Iron and Steel Research, International, 2008, 15(3),11-14, 60
8. Worrell, E., Martin, N., and Price, L., “Energy Efficiency and Carbon Dioxide Emissions Reduction Opportunities in the U.S. Iron and Steel Sector” Environment Energy Technologies Division, 1999