Recuperative Burner และ Regenerative Burners

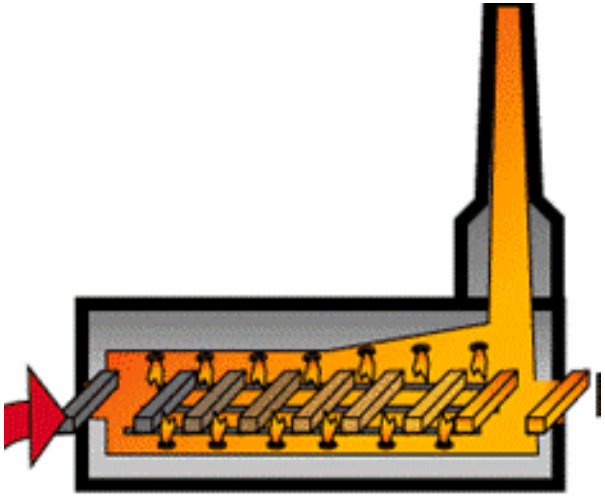
ผศ.มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เตาเผาที่ใช้ในอุตสาหกรรม



เตาอุ่นเหล็ก

การนำความร้อนทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงมาใช้ประโยชน์

- ใช้อุ่นอากาศสำหรับการเผาไหม้ โดยใช้เครื่องอุ่นอากาศแบบ Recuperator , Regenerator หรือ Regenerative Burner
- ใช้ในการผลิตไอน้ำสำหรับผลิตกำลังงานด้วยกังหันไอน้ำ
- ใช้ในการผลิตไอน้ำสำหรับป้อน Absorption Chiller

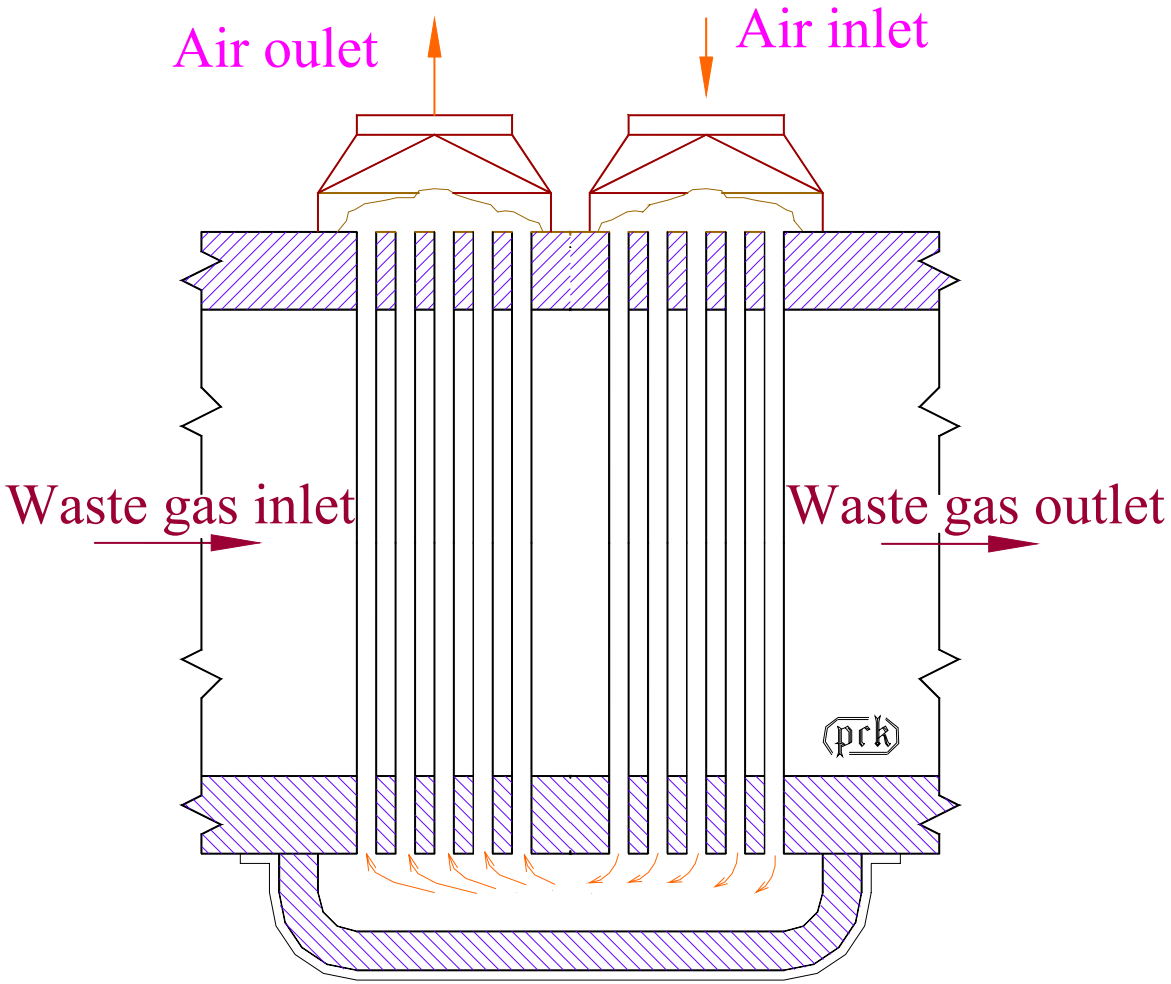
การอุ่นอากาศเผาไหม้

อุปกรณ์อุ่นอากาศมี 2 แบบคือ

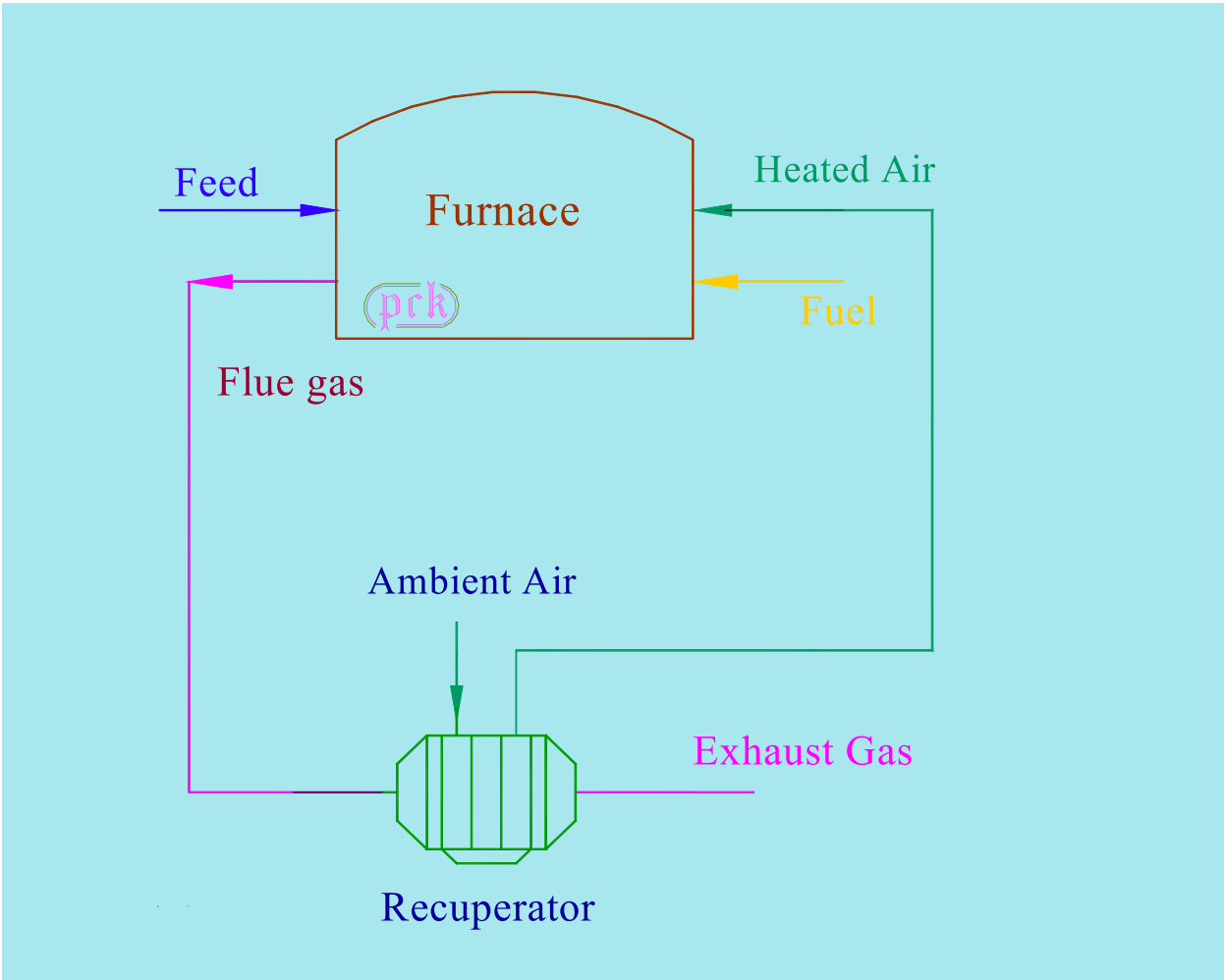
- Recuperator ของไหลแต่ละตัวมีช่องทางการไหลของตัวเองแยกจากกัน

- Regenerator ของการไหลทั้งคู่จะไหลผ่านช่องทางการไหลเดียวกัน แต่จะไหลคนละเวลาสลับกัน

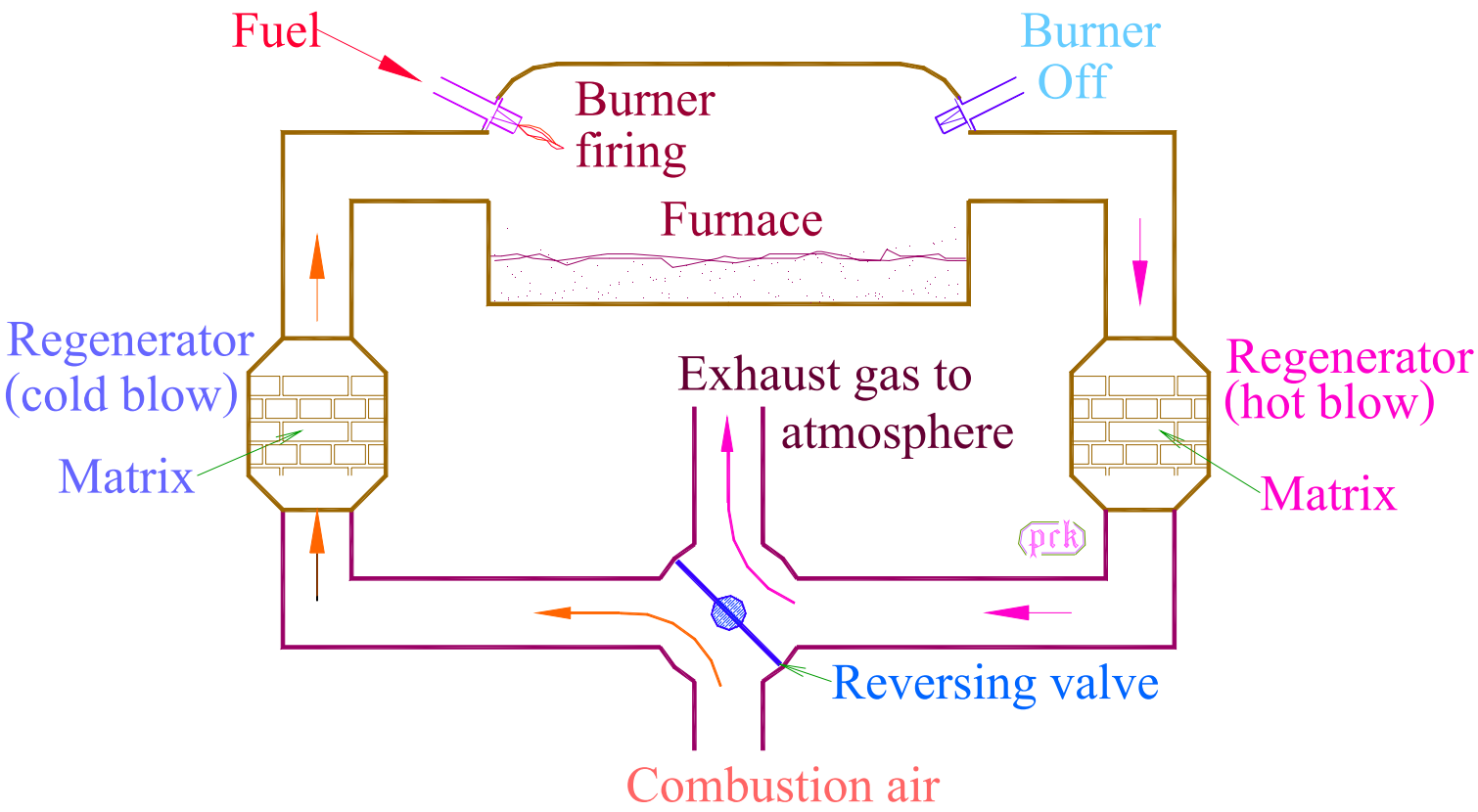
โครงสร้างภายในของ Recuperator ชนิดไหลขวาง



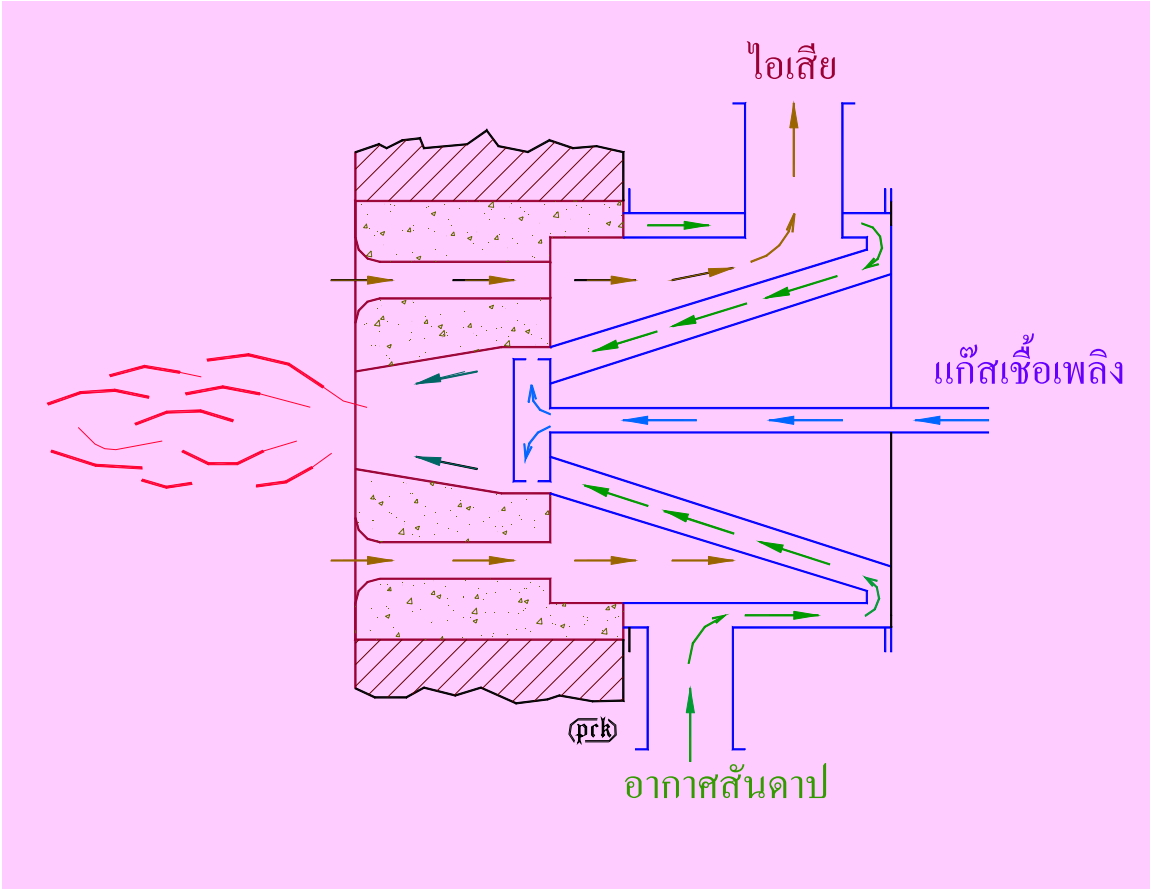
การอุ่นอากาศเผาไหม้ด้วย Recuperator



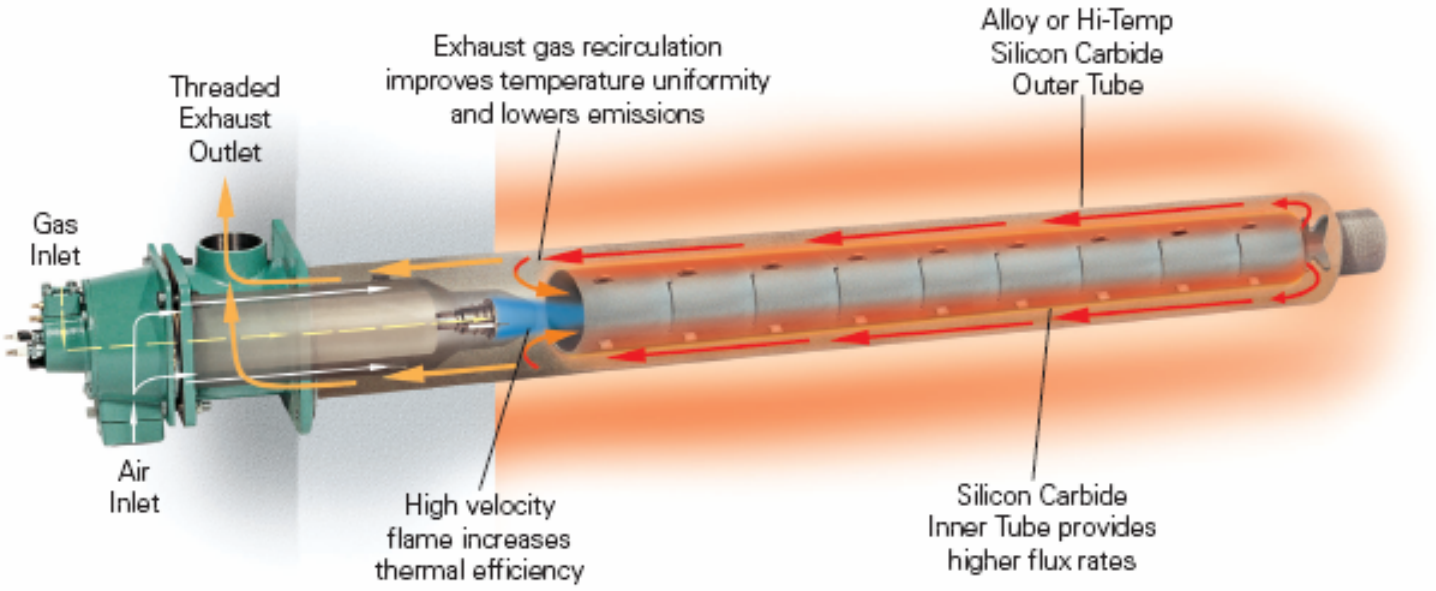
การอุ่นอากาศเผาไหม้ด้วย Regenerator



หลักการทำงาน Recuperative burner



อุปกรณ์ Recuperative burner



AutoRecupe Ultra

Recuperative burners

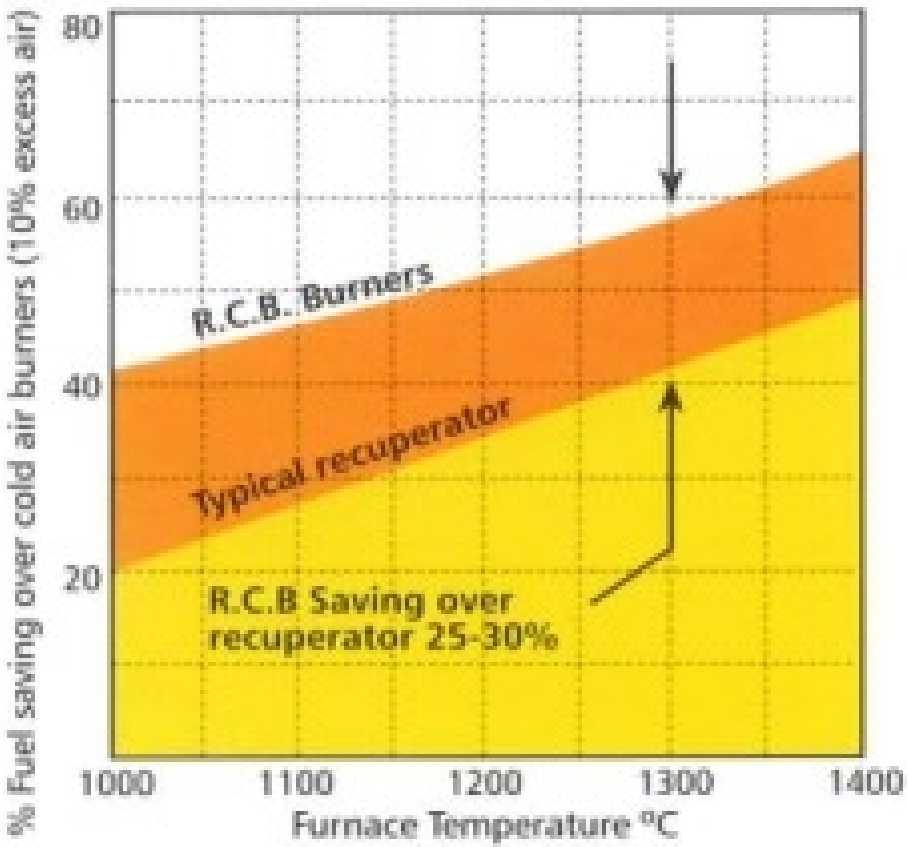
ตัวอย่างการใช้งานของ Recuperative burner

Close-up views of Eclipse AutoRecupe SER burners installed on multi-purpose metal treating furnace.

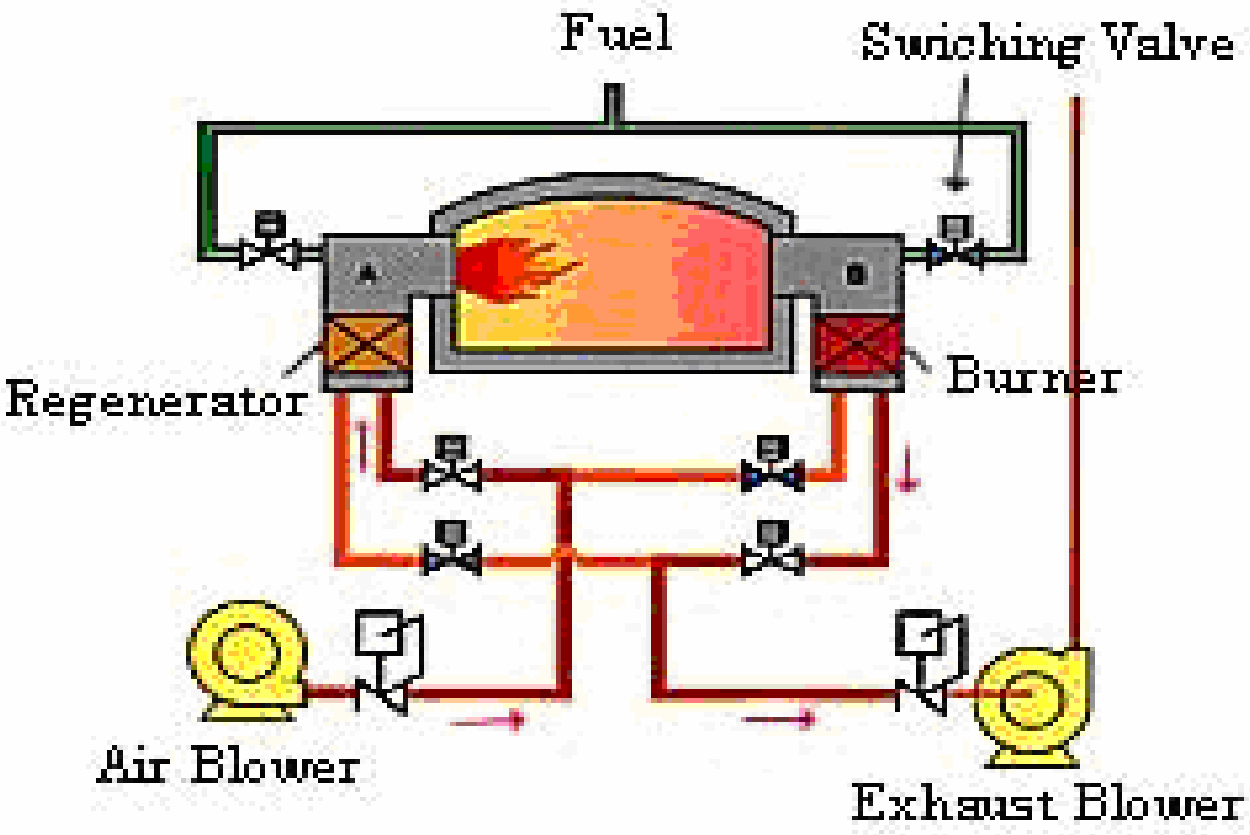
Additional views of Eclipse AutoRecupe SER burners showing valving for pulse firing.

การประหยัดพลังงานของ Recuperative burner

Figure 4: Fuel savings compared with cold air burners and recuperators



การทำงานของระบบ Regenerative Burner



กรณีตัวอย่างจาก

โครงการการศึกษาวิธีปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผาเหล็ก (reheating furnace) โดยการควบคุมปริมาณออกซิเจนให้เหมาะสม

1) โรงงานตัวอย่าง

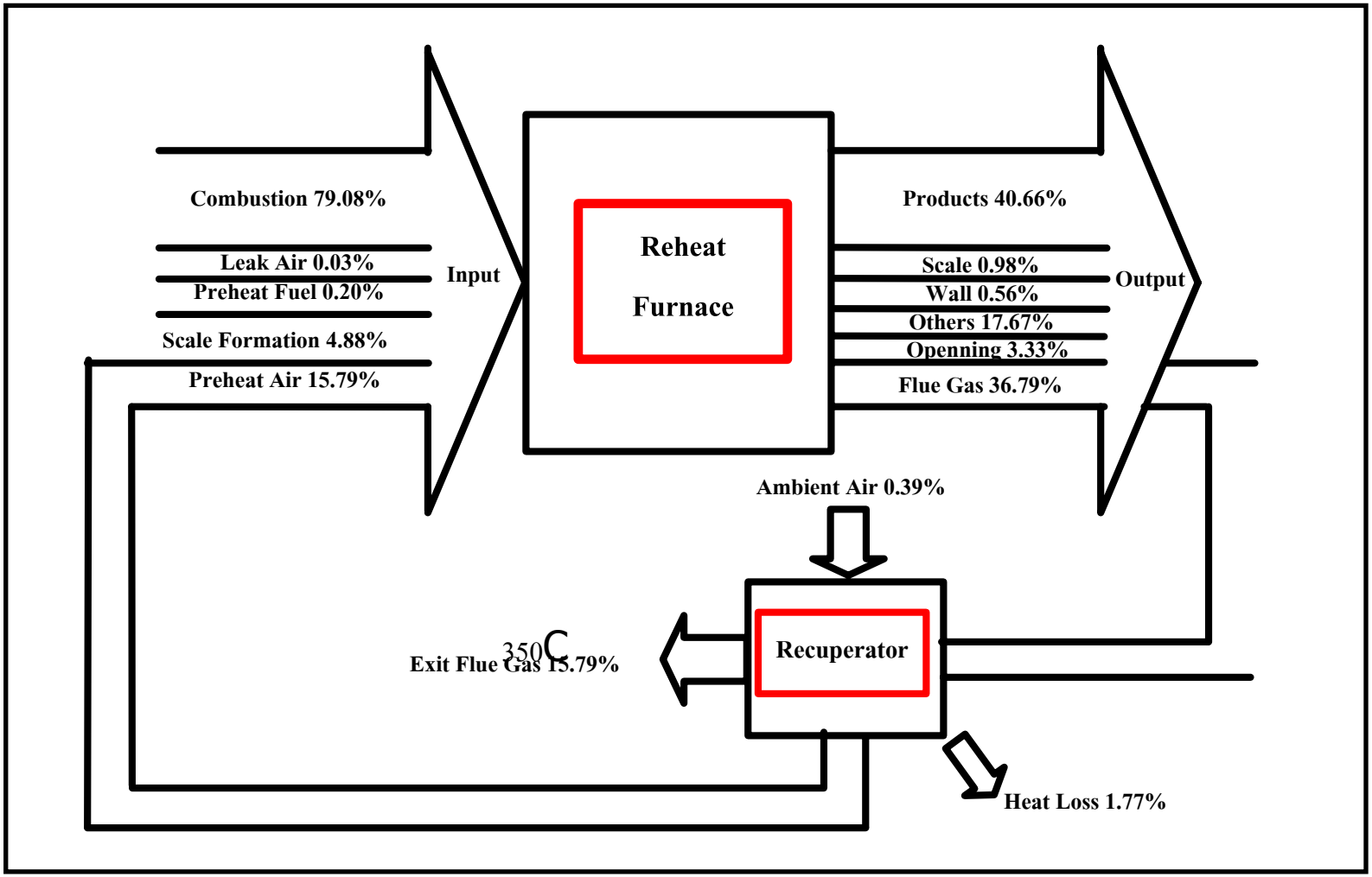
ข้อมูลของเตา reheating furnace

- ขนาด 12 ตัน/ชม. แบบ pusher type
- เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา เกรด C
- อุณหภูมิในเตาประมาณ 900 – 1200 °C

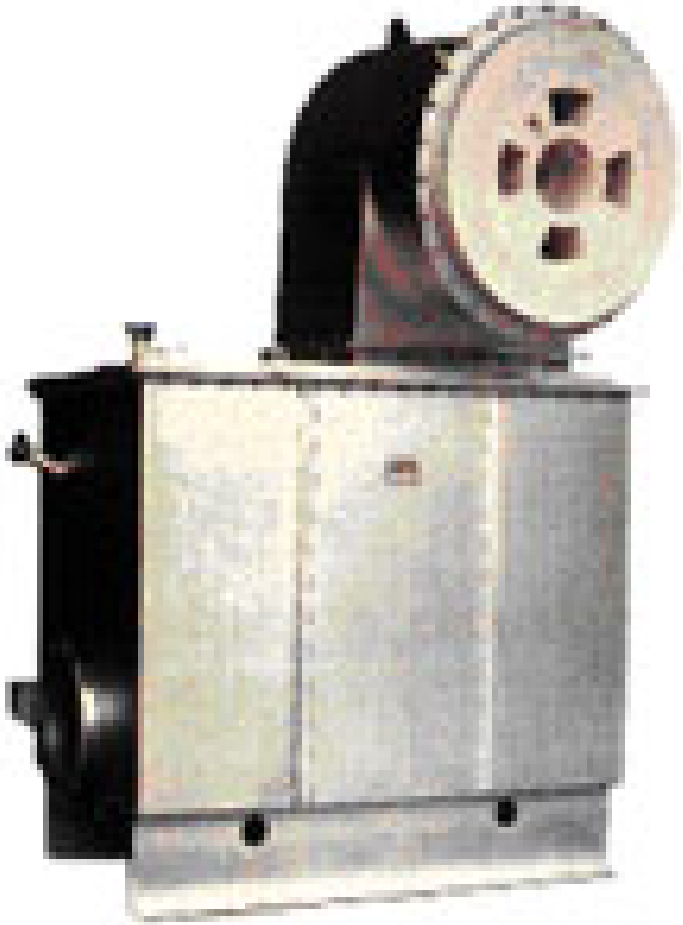
ลักษณะการทำงานของเตา

- ช่วงทำงานปกติ ทุกวัน 22.00 – 18.30 น.
- ช่วงหยุดเตา ทุกวัน 18:30 – 21.00 น. เพื่อหลบ Peak (ค่าไฟแบบ TOD) และเปลี่ยนลูกรีดไปพร้อมกัน
- ช่วงเร่งเตา ทุกวัน 21:00 – 22.00 น. เพื่อทำอุณหภูมิของเตาให้ได้ตามต้องการ

สมดุลพลังงานของเตา Reheating furnace



อุปกรณ์ Regenerative Burner



ตัวอย่างการติดตั้ง Regenerative Burner ในโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก

Table 1 : Specification of ceramic ball regenerative material		
Material	**Alumina (AL2O3 : more than 99.7%)**	
Bulk density of balls	Approx.2160	kg/m^3
Specific heat	0.245 (at 420 'C)	Btu/lb.F
Specific heat	0.294 (at 1,340 'C)	Btu/lb.F
Specific heat	0.302 (at 1880 'C)	Btu/lb.F
Thermal conductivity	3.0 (at 200 'C)	$Btu\text{-}in/ft^2.hr.F$
Thermal conductivity	5.8 (at 600 'C)	$Btu\text{-}in/ft^2.hr.F$
Thermal conductivity	8.7 (at 1,000 'C)	$Btu\text{-}in/ft^2.hr.F$
Thermal conductivity	11.6 (at 1400 'C)	$Btu\text{-}in/ft^2.hr.F$
Average diameter of ball	(13 - 15) average 14	mm
Nominal diameter	13 (1/2)	mm (inch)
Ball room size	700 W x 1250 L x 510H	mm

ที่มา : Royal Institute of Technology ,Stockholm

Table 2 : Measurements results of the three studied cases

Measured parameter	Values			Unit
Cycle time	50	60	70	[s]
Furnace wall temperature	970	950	1000	[C0]
Flue gases temperature inlet, Tgi	1070.4	1058	1100.8	[C0]
Flue gases temperature outlet, Tgo	286.8	279.8	305.1	[C0]
Combustion air temperature outlet, Tao	962.5	939	1006	[C0]
Combustion air temperature inlet, Tai	95.8	90.9	95.7	[C0]
Fuel flow rate, (instantameous)	194.8	195.1	195.6	[L/hr]
Firing rate, (instantameous)	2145	2148	2154	KW
Fuel flow rate (average)	171.5	1674	178.2	[L/hr]
Air flow rate, ma	2520	2518	2521	[Nm3/hr]
Actual O2 content in flue gas	6	6	6	[%]

ที่มา : Royal Institute of Technology ,Stockholm

หลักการควบคุม NO_x

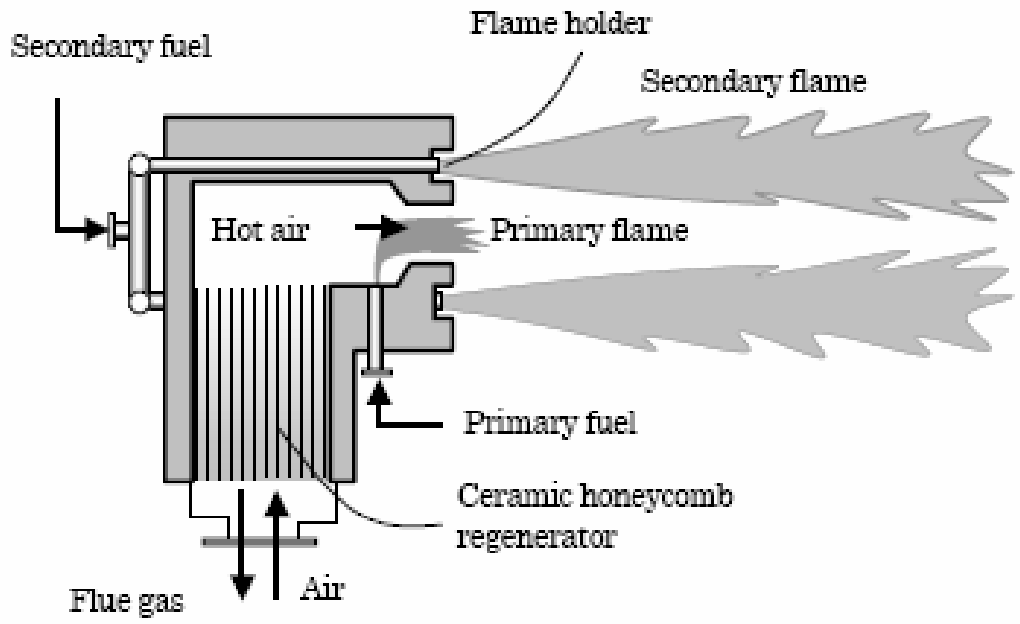
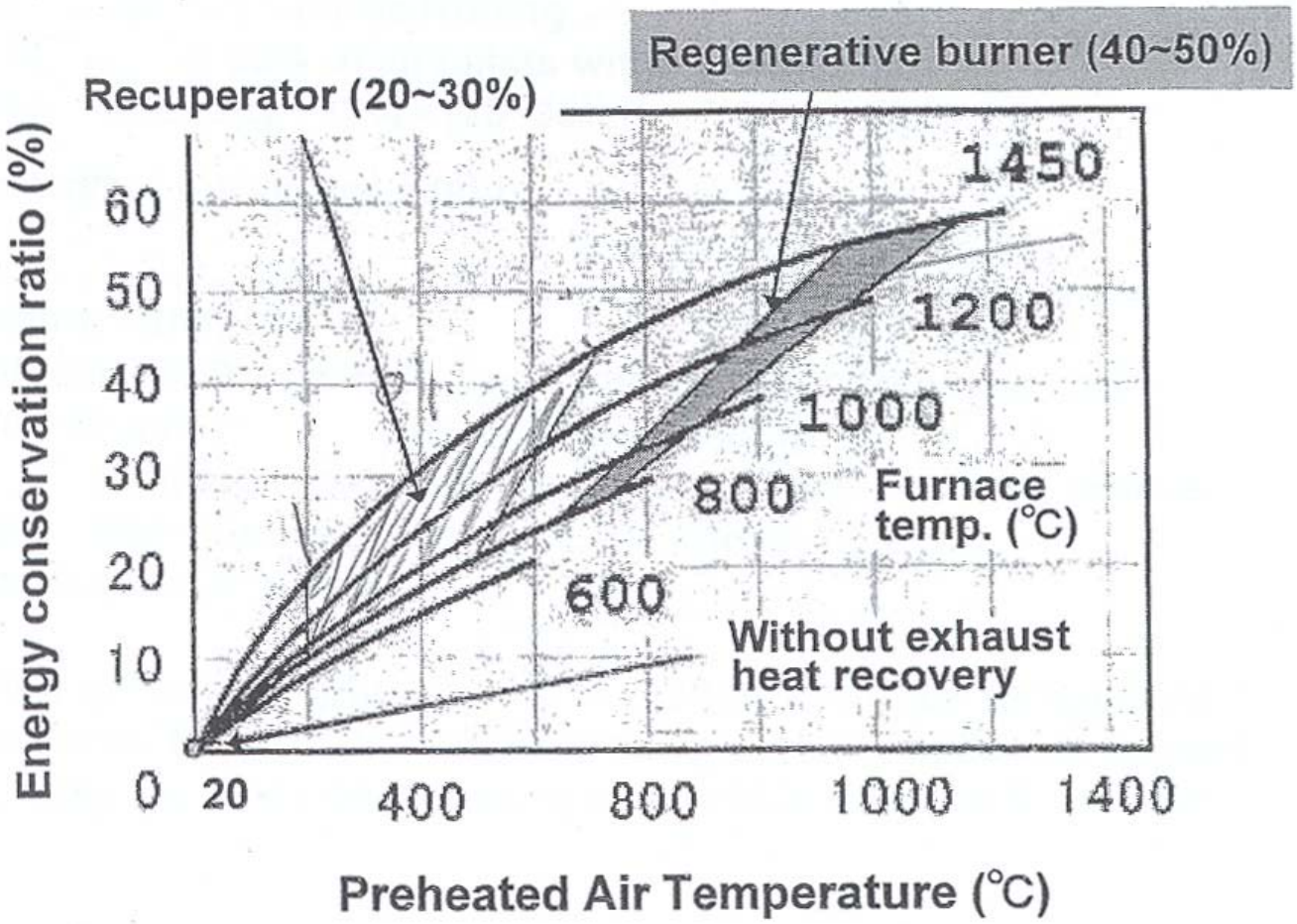


Fig.3 Schematic diagram of the newly developed regenerative burner

การประหยัดพลังงานของ Regenerative burner



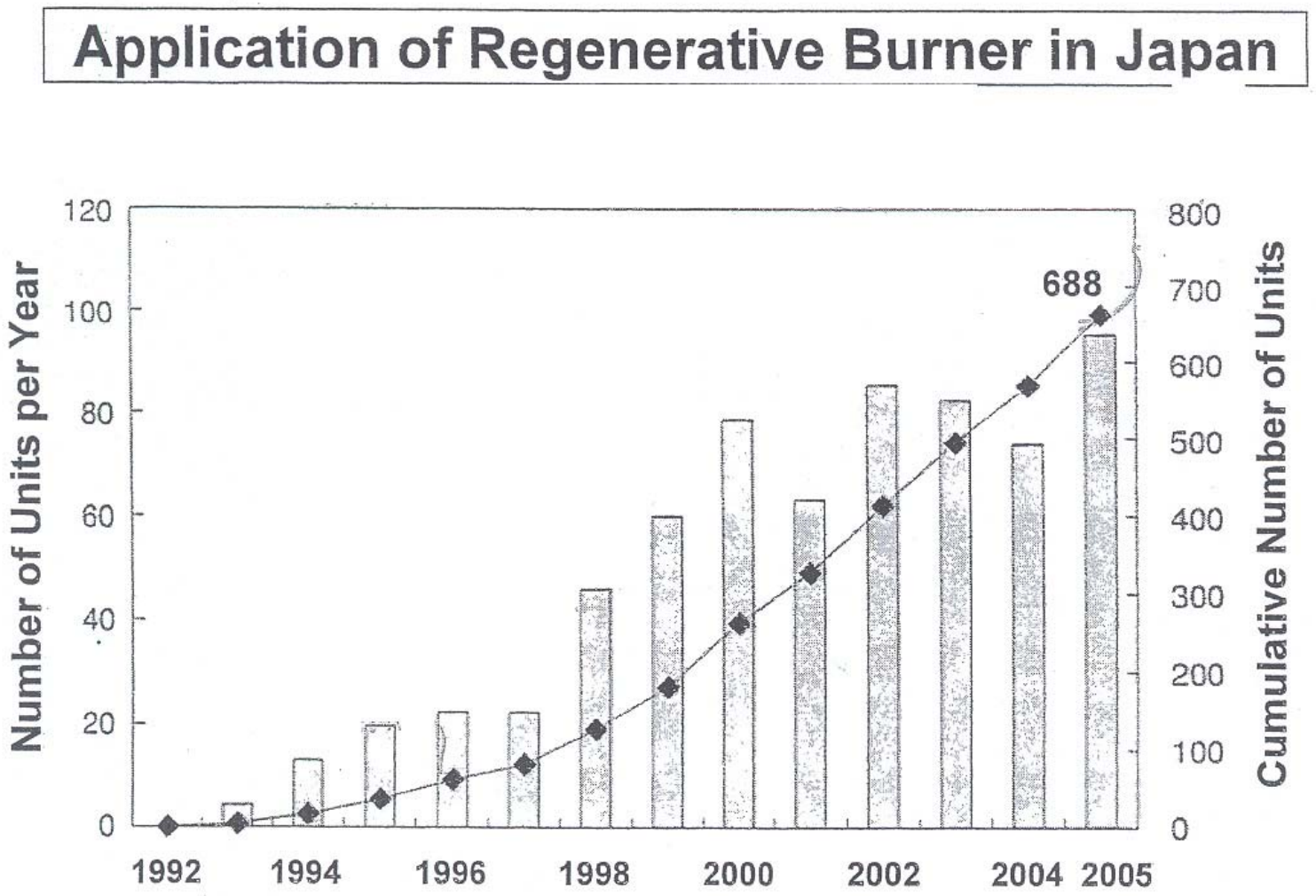
ผลการประหยัดพลังงานจากการติดตั้ง Regenerative Burner

Table 1 List of regenerative burner applications in NKK

Name	Year	Application	Burner units	Fuel cut		NOx cut
				▲%	▲TJ/y	▲%
Fukuyama 1HOT No.3 Continuous Slab Reheating Furnace	1996	Full	76	25	294	80
Keihin Electric Furnace Ladle Heater	1996	Full	2	56	29	-
Keihin Seamless Pipe Continuous Reheating Furnace	1997	Full	60	49	56	52
Fukuyama Plate Mill No.1 Batch-type Reheating Furnace	1998	Full	12	40	111	60
Fukuyama No.3 CAL-RT	1999	Full	176	32	21	35
Keihin Plate Mill No.1 Continuous Slab Reheating Furnace	1999	Partial	16	13	212	31
Fukuyama 1HOT No.2 Continuous Slab Reheating Furnace	2000	Full	76	25	294	80
Fukuyama Plate Mill No.3 Batch-type Reheating Furnace	2000	Partial	6	37	51	53
Keihin Ingot Soaking Furnace	2000	Full	4	23	14	62
Fukuyama Plate Mill No.1 Continuous Slab Reheating Furnace	2001	Partial	30	9	65	44
Fukuyama Plate Mill No.2 Continuous Slab Reheating Furnace	2001	Partial	30	9	6	44

ที่มา: NKK

การใช้ Regenerative Burner ในประเทศญี่ปุ่น



เทคโนโลยี Regenerative Burner

- สามารถอุ่นอากาศได้สูงถึง 1,000 C
- มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน 90%
- ช่วยประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับการใช้ recuperatorได้ 10-20%