

## การอนุรักษ์พลังงานสำหรับเตาเผา

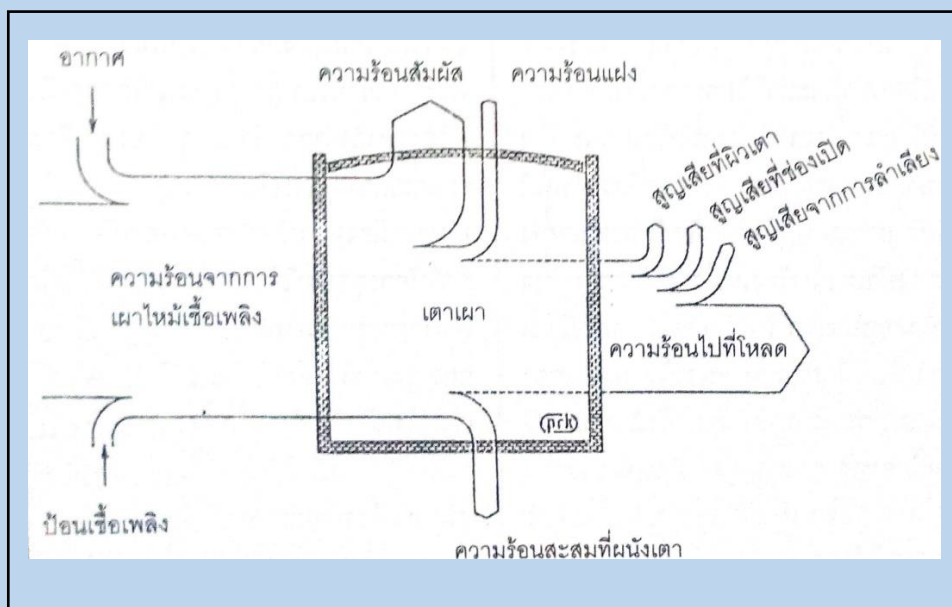
เตาเผาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิงมาก ถ้าสามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพแล้วก็จะช่วยประหยัดพลังงานได้มาก

เตาเผาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับให้ความร้อนกับวัสดุที่อุณหภูมิตามต้องการ โดยใช้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือ ใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีทั้งแบบเตาเปิดและเตาปิด โดยทั่วไปเตาเปิดจะมีการสูญเสียความร้อนสูง ดังนั้นจึงใช้กับงานที่ต้องการอุณหภูมิไม่สูงมากนัก โดยทั่วไปจะเป็นเตาขนาดเล็ก การสร้างเตาและการใช้เตาอย่างไม่ถูกต้อง จะส่งผลให้ต้นทุนในการเผาสูง ดังนั้นควรพิจารณาสร้างและปรับปรุงเตาเผาให้เกิดการสูญเสียให้น้อยที่สุด และใช้เตาเผาอย่างมีประสิทธิภาพ จะส่งผลให้ต้นทุนในการเผาต่ำลงเป็นอันมาก

### ชนิดและหลักการทำงานของเตาเผา

1. ชนิดเตาเผา สามารถจำแนกตามการใช้งานได้หกลักษณะ คือ

1. เตาให้ความร้อนเพื่อการขึ้นรูปโลหะ
2. เตาหลอมโลหะหรือหลอมแก้ว
3. เตาอบบำบัดทางความร้อน เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของโลหะหรือแก้ว
4. เตาอบอุ่นชิ้นงานเพื่อเตรียมการสำหรับการเคลือบ
5. เตาถลุงแร่โลหะ
6. เตาเผาเคลือบเซรามิก



รูปที่ 1 สมดุลพลังงานของเตาเผาโดยทั่วไป

จากรูปที่ 1 เป็นแผนภาพสมดุลพลังงานของเตาเผาโดยทั่วไป ซึ่งเขียนสมการได้ คือ  
ความร้อนจากการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ  
= ความร้อนที่ติดไปกับวัสดุที่เผา + ความร้อนแฝงและความร้อน สัมผัสที่สูญเสียไปกับไอเสีย  
+ ความร้อนที่สะสมในผนังเตา + ความร้อนที่สูญเสียทางผิวเตา + ความร้อนที่สูญเสียทาง  
ช่องเปิดและรูรั่ว + ความร้อนที่สูญเสียไปกับสายพานลำเลียงหรือรถเข็น

## 2. ประสิทธิภาพเตาจะสูงขึ้นเมื่อความร้อนที่สูญเสียไปในทางต่าง ๆ ลดต่ำลง ดังนี้

### 1. การสูญเสียความร้อนออกทางปล่องไอเสีย

1. ควรใช้อากาศเข้าเผาไหม้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ไม่เกิดการบวมมนนอกไซด์ เพราะถ้าอากาศเข้าเผาไหม้มากเกินไปจนเกินความจำเป็น อากาศส่วนเกินดังกล่าวจะนำพาความร้อนออกจากเตา ทั้งนี้ การปรับแต่งอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง จะต้องดูปัจจัยหลายประการ เช่น การอุ่นเชื้อเพลิงให้ได้ความหนืดตามมาตรฐานของหัวเผา มิเช่นนั้นเชื้อเพลิงที่พ่นจะมีขนาดใหญ่ทำให้ต้องใช้อากาศมาก ความดันของน้ำมันหรืออากาศที่ใช้ในการพ่นเชื้อเพลิงต้องได้มาตรฐาน มิเช่นนั้นการกระจายของน้ำมันจะไม่ดี ส่งผลให้การคลุกเคล้าระหว่างน้ำมันกับอากาศไม่ดี ซึ่งทำให้ต้องใช้อากาศมากขึ้นกว่ามาตรฐานการสีกหรือหรือความสะอาดของหัวเผาที่เป็นปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้การเกิดเป็นฝอยละอองดีหรือไม่ดี

2. ควรให้อุณหภูมิไอเสียที่ออกปล่องต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ การออกแบบห้องเผาไหม้ และตำแหน่งติดตั้งหัวเผาจะต้องเหมาะสมและถูกต้อง ถ้าขนาดห้องเผาไหม้เล็ก การออกแบบห้องเผาไหม้และตำแหน่งติดตั้งหัวเผาจะต้องเหมาะสมและถูกต้อง ถ้าขนาดห้องเผาไหม้เล็ก พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนน้อยความร้อนจะใช้เวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนน้อย ดังนั้นอุณหภูมิไอเสียจะสูง เตาเผาควรจะมีควมยาวของเตาเหมาะสมเพื่อให้ไอเสียออกปล่องอุณหภูมิต่ำลง

3. อุณหภูมิในเตาสูงกว่าความต้องการจริงในการเผาไหม้ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียออกทางปล่องสูงด้วยเช่นกัน อีกทั้งบางกรณีที่เกิดจากอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเกิดความผิดพลาด หมายความว่า อุณหภูมิที่แสดงต่ำกว่าอุณหภูมิจริงๆ ภายในเตาส่งผลให้เกิดการสูญเสียออกทางปล่องสูง อีกทั้งคุณภาพในการเผาผลาญต่ำลง

### 2. การสูญเสียความร้อนที่สะสมในผนังเตา

วัสดุที่ใช้ทำผนังเตาควรเป็นวัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำที่สุด (มีค่าความเป็นฉนวนความร้อนที่สูง) ซึ่งจะส่งผลให้ความร้อนจากเชื้อเพลิงไม่ต้องไปเก็บสะสมในเนื้อวัสดุมาก ซึ่งถ้าวัสดุทำผนังเดิมมีค่าความจุความร้อนสูง ควรแก้ไขโดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายใน

เตา โดยเฉพาะเตาที่มีการเดินและหยุดบ่อยๆ (ไม่เดินต่อเนื่อง) การติดตั้งฉนวนภายในจะส่งผลให้การจุดเตาใช้เวลาน้อยลง ดังนั้นจึงสามารถลดปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียในขณะที่จุดเตาได้ แต่เตาที่เดินต่อเนื่องตลอดเวลาไม่จำเป็นต้องติดตั้งฉนวนภายใน ฉนวนที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นฉนวนเซรามิกสีไฟเบอร์ ซึ่งจะทนอุณหภูมิได้สูง

### 3. การสูญเสียความร้อนทางผิวเตา

อุณหภูมิของผิวเตาทั้งด้านบนและด้านข้างไม่ควรสูงเกินอุณหภูมิมาตรฐาน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของก๊าซร้อนภายในเตา วิธีการแก้ปัญหาหลายวิธี เช่น การติดตั้งฉนวนภายนอก หรือเตาบางประเภทขนาดใหญ่มาก การหุ้มฉนวนภายนอกจะไม่เหมาะสม ดังนั้นเมื่อใช้งานเตาไปนานๆ อิฐทนไฟภายในเตาจะสึกหรอ ทำให้อุณหภูมิผิวเราจะสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดหนึ่งควรจะเปลี่ยนอิฐทนไฟภายในเตาใหม่ อุณหภูมิเท่าใดนั้นจะต้องคำนวณดูว่าการสูญเสียดังกล่าวมากพอที่จะควบคุม อุณหภูมิภายในให้คงที่ได้ยาก และไม่คุ้มค่าที่จะใช้งานต่อไป

### 4. การสูญเสียความร้อนทางช่องเปิด และรูรั่ว

เตาเผาควรมีช่องเปิดให้น้อยที่สุด เนื่องจากจะมีการสูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อนออกมาภายนอกมาก และยิ่งกว่านั้นถ้าความดันภายในเตาสูงกว่าความดันภายนอก อากาศเย็นจากภายนอกจะผ่านช่องเปิดหรือรูรั่วต่างๆ เข้าเตา ส่งผลให้ต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นช่องเปิด และรูรั่วต่างๆ ต้องน้อยที่สุด และความดันภายในเตาควรเท่ากับความดันอากาศภายนอก การควบคุมความดันในเตาจะอาศัย แดมเปอร์ที่ปล่องไอเสียเป็นตัวควบคุม

### 5. การสูญเสียความร้อนไปกับสายพานลำเลียงหรือรถเข็น

วัสดุป้อนเข้าเพื่อเผาจะอยู่บนสายพานลำเลียงหรือรถเข็น ซึ่งเป็นโลหะและมีความจุความร้อนสูง ดังนั้นความร้อนจากเชื้อเพลิงบางส่วนจะต้องสูญเสียให้กับอุปกรณ์ลำเลียงดังกล่าว ดังนั้นถ้าวัสดุที่ใช้ทำมีค่าความจุความร้อนต่ำมีมวลน้อยก็จะลดการสูญเสียส่วนนี้ได้ อีกทั้งรูปทรงและการบรรทุกของจะต้องดีและเต็มตลอดที่มีการเผา

หัวเผาควรอยู่ในตำแหน่งที่เปลวไฟไม่พัดโดนวัตถุโดยตรง เพราะจะทำให้อุณหภูมิของวัตถุทั้งก้อนไม่เท่ากัน ดังนั้น ผนังเตาควรสะท้อนความร้อนได้ดี เช่น ผนังด้านบนควรโค้งให้ความร้อนกลับลงสู่ตำแหน่งที่วัตถุอยู่



5. ควรจัดวางวัตถุดิบที่เผาให้เหมาะสม เพื่อให้ความร้อนสัมผัสกับวัตถุดิบได้ทั่วถึงทุกๆ จุด เท่ากัน ซึ่งอาจจะใช้เวลาในการเผาลดต่ำลง นั่นคือ การประหยัดเชื้อเพลิงเช่นกัน

6. ในการเผาแต่ละครั้งจะต้องใส่วัตถุดิบที่เผาให้เต็มเตาไม่มีช่องว่างหลงเหลือ ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อผลผลิตลดต่ำลง เนื่องจากเตาเผาจะมีการสูญเสียต่างๆ ก่อนข้างคงที่ไม่ว่า จะเผามากหรือน้อย

## 2. ลดการสูญเสียความร้อนให้ต่ำที่สุด

1. การสูญเสียออกทางผนังเตา ลดได้โดยการหุ้มฉนวน หรือทำผนังเตาใหม่ถ้าเกิดการสึกหรอ สูงถ้าเตานั้นมีการเดินและ หยุดบ่อย การหุ้มฉนวนที่ดีควรหุ้มฉนวนภายใน ซึ่งจะทำการเดินเตาใหม่ แต่ครั้งอุณหภูมิภายในเตาจะเร็วกว่าการหุ้มฉนวนภายนอก เนื่องจากเราไม่ต้องเสียความร้อนให้กับผนังเตาซึ่งเป็นอิฐทนไฟ และมีมวลมาก

2. การสูญเสียทางช่องเปิดและรูรั่วต่างๆ ของเตา ซึ่งแก้ไขโดยการปรับตั้งความดันภายในเตา ให้สมดุลกับความดันอากาศภายนอกตลอดเวลา โดยใช้แอมเปอร์ที่ปล่อง

3. การสูญเสียความร้อนออกทางปล่อง แก้ไขโดยให้อากาศส่วนเกินในการเผาไหม้เหมาะสม ไม่มากเกินไป และอุณหภูมิภายในเตาไม่สูงจนเกินไป

3. ควบคุมปริมาณอากาศเผาไหม้ส่วนเกิน (excess combustion air) ให้พอเหมาะกับชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ตามภาระ (load) อยู่ตลอดเวลา โดยการติดตั้ง O<sub>2</sub> Sensor วัดปริมาณออกซิเจนส่วนเกินที่ออกจากรูเผาไหม้ แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์และได้ความร้อนจากการเผาไหม้สูงสุด

## 4. นำความร้อนที่สูญเสียจากปล่องกลับมาใช้

1. นำไปใช้อุ่นอากาศเข้าเผาไหม้ จะส่งผลให้เตาใช้เชื้อเพลิงลดต่ำลง

2. นำไปใช้อุ่นเชื้อเพลิงก่อนเข้าหัวเผา จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้น และไม่ต้องเสียพลังงานไฟฟ้าในการอุ่นเชื้อเพลิง

3. นำไปใช้อุ่นวัตถุดิบก่อนเข้าเตาเผา จะส่งผลให้ใช้เชื้อเพลิงลดต่ำลงหรือใช้เวลาในการเผาลดลง

4. นำไปใช้กับกระบวนการผลิตอื่นที่ต้องการอุณหภูมิต่ำกว่า

### ตารางที่ 1 สีของเปลวไฟจากการเผาไหม้กับปริมาณอากาศ

ปริมาณอากาศ	สภาวะภายในเตาเผา (สีของเปลวไฟ)	สีของควัน
ปริมาณพอดี	เปลวไฟมีสีแสดและรูปร่างอยู่ตัว มองเห็นส่วนลึกของเตาเผาได้ต่างๆ	สีเทาอ่อนหรือไม่มีสี
มากเกินไป	เปลวไฟสีขาวสว่างจ้า และภายในเตาเผาสว่าง	สีขาวหรือไม่มีสี
ไม่พอ	ภายในเตาเผาทั้งหมดมีสีแดงคล้ำ	ควันดำ

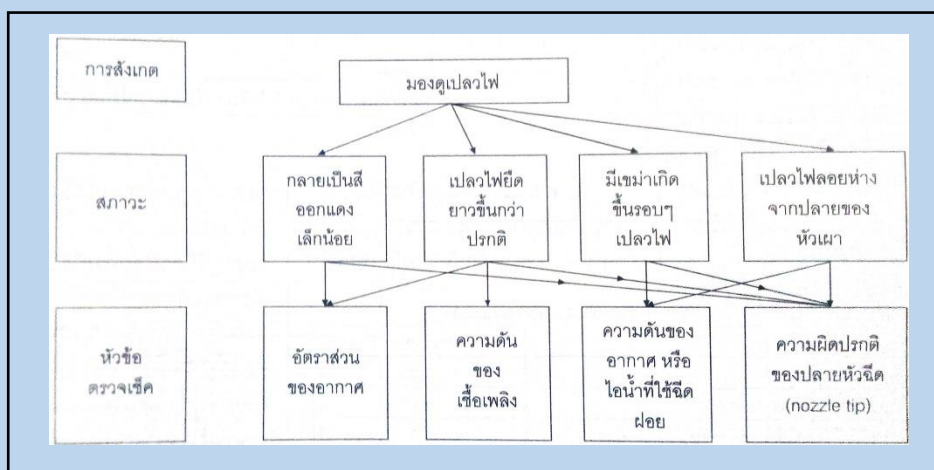
ตารางที่ 2 มาตรฐานอัตราส่วนอากาศสำหรับเตาอุตสาหกรรม (industrial furnace)

ประเภท	อัตราส่วนอากาศมาตรฐาน
เตาหลอมสำหรับหล่อโลหะ	1.3
เตาให้ความร้อนขึ้นเหล็กกล้าอย่างต่อเนื่อง	1.25
เตาให้ความร้อนโลหะที่ไม่ใช่เตาให้ความร้อนเหล็กกล้าอย่างต่อเนื่อง	1.3
เตา heat treatment อย่างต่อเนื่อง	1.3
เตาผลิตก๊าซและเตาให้ความร้อนก๊าซ	1.4
เตาให้ความร้อนแก่น้ำมัน	1.4
เตา thermal cracking และเตาปรุงแต่งคุณภาพ	1.3
เตาเผาซีเมนต์	1.3
เตาเผาอะลูมินาและเตาเผาปูนขาว	1.4
เตาหลอมละลายสยาแก้วอย่างต่อเนื่อง	1.3

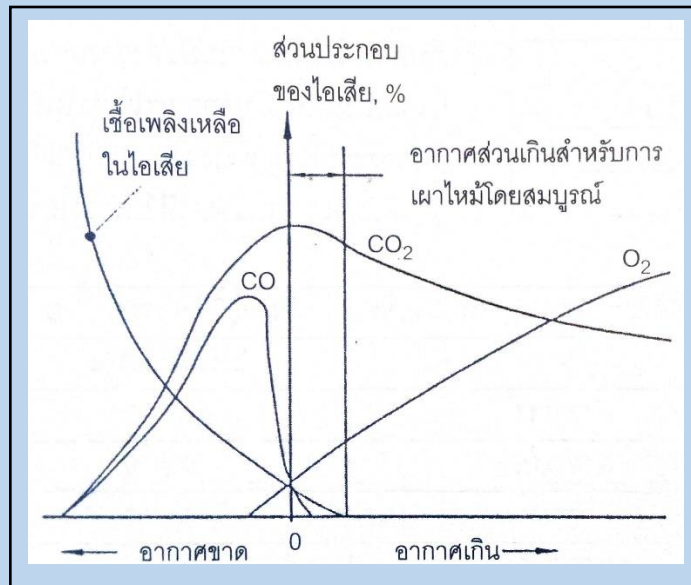
ตารางที่ 3 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงและอุปกรณ์หัวเผาชนิดต่างๆ

เชื้อเพลิง	ชนิดของหัวเผา	ความหนืดที่เหมาะสม <sup>(1)</sup> (ณ หัวเผา), st	อุณหภูมิที่เหมาะสม <sup>(1)</sup> °C
น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซลน้ำมันเตา A		-	ไม่จำเป็นต้องอุ่น
น้ำมันเตา C	แบบพ่นฝอยด้วยลมอัด	0.12-0.17	105-120
น้ำมันเตา C	แบบพ่นฝอยด้วยความดัน	0.12-0.20	100-120
น้ำมันเตา C	แบบพ่นฝอยด้วยไอน้ำ	0.20-0.40	80-100
น้ำมันเตา C	แบบถัวยหมุน	0.30-0.64	70-90

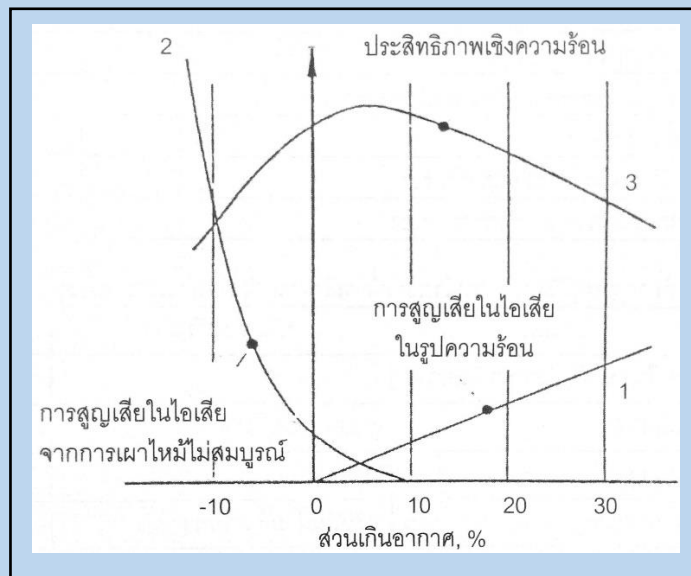
หมายเหตุ [1] เป็นข้อมูลสำหรับน้ำมันเตาของบริษัท Esso สำหรับของบริษัทอื่นอาจจะแตกต่างจากนี้



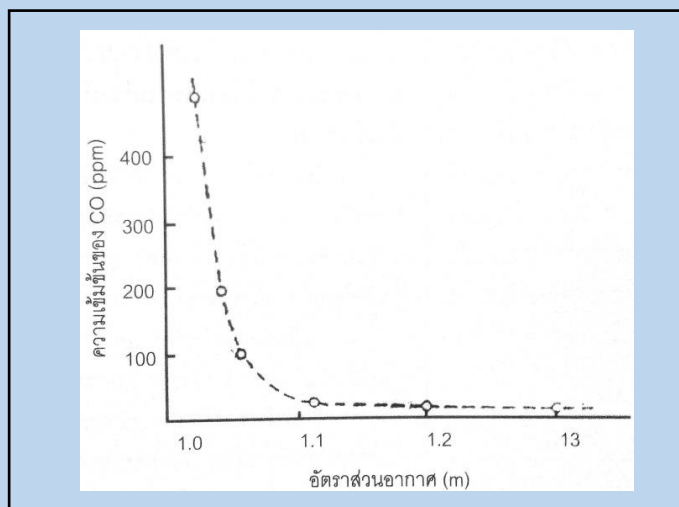
รูปที่ 3 การสังเกตเปลวไฟและหัวข้อการตรวจสอบ



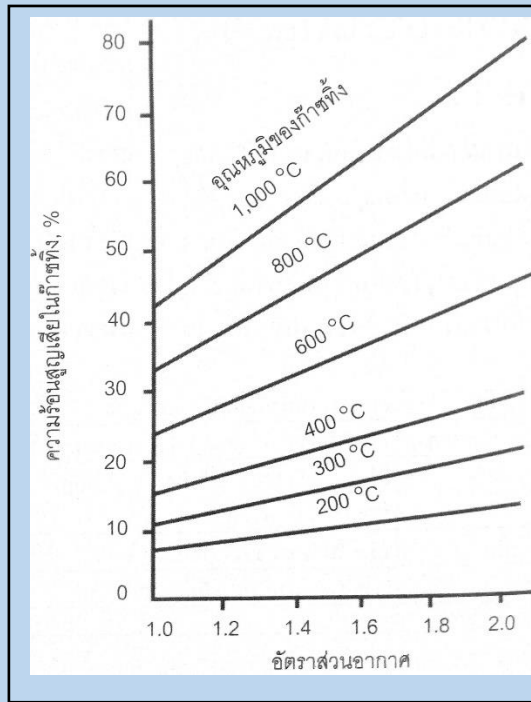
รูปที่ 4 อากาศเผาไหม้ที่เหมาะสมในทางปฏิบัติ



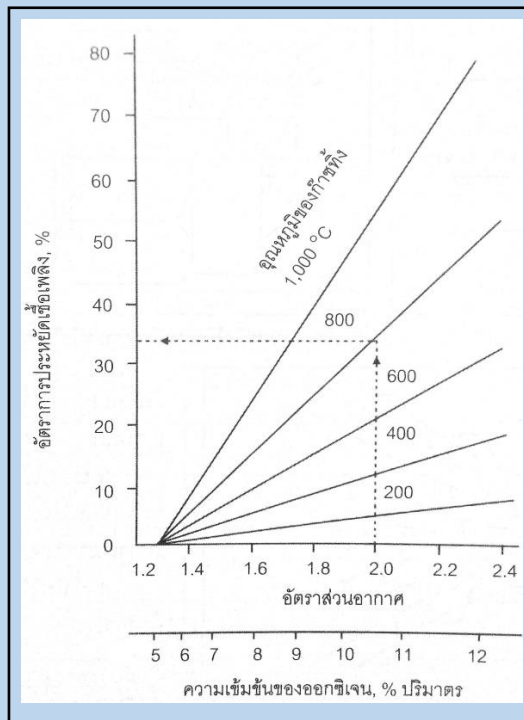
รูปที่ 5 สัดส่วนการสูญเสียพลังงานในการเผาไหม้และประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของการเผาไหม้ ภายใต้สภาวะการป้อนอากาศส่วนเกินค่าต่างๆ



รูปที่ 6 อัตราส่วนอากาศมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณ CO และประสิทธิภาพ เผาไหม้

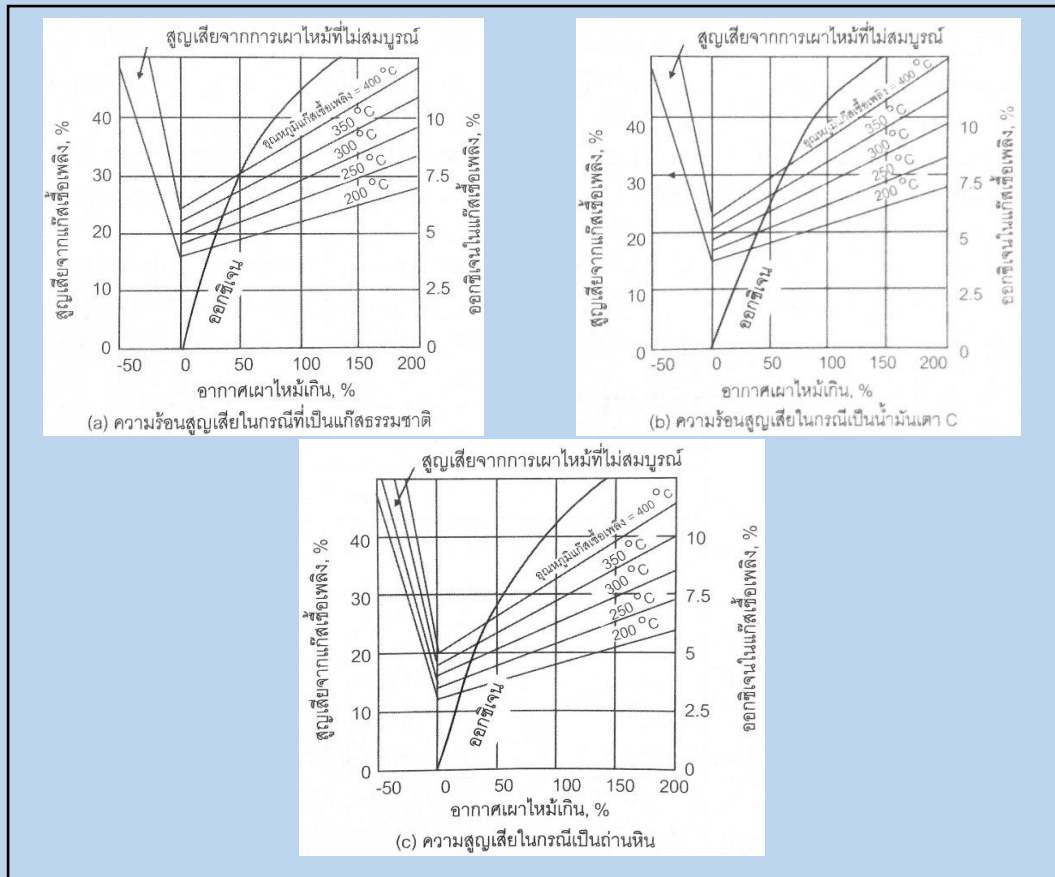


รูปที่ 7 อัตราส่วนอากาศมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณการสูญเสียความร้อนในไอเสีย



รูปที่ 8 อัตราการประหัตเชื้อเพลิง เมื่อปรับค่าอัตราส่วนอากาศให้เป็น 1.3





รูปที่ 9 การสูญเสียความร้อนในไอเสียที่อุณหภูมิ และอากาศส่วนเกินต่างๆ สำหรับ (a) แก๊สธรรมชาติ (b) น้ำมันเตา C และ (c) ถ่านหิน

### ปัจจัยที่มีผลต่อการ เผาไหม้ของเชื้อเพลิง

การเผาไหม้ที่ดีจะได้อุณหภูมิในการเผาไหม้สูงที่สุด ดังนั้นเตาแต่ละเตาหรือห้องเผาไหม้ แต่ละห้องจะมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับ การออกแบบ และการควบคุมการทำงาน ซึ่งการเผาไหม้ที่ดีปริมาณอากาศที่เข้าเผาไหม้ไม่ควรต่ำหรือสูงจนเกินไป ซึ่ง โดยทั่วไปอัตราส่วนอากาศที่เหมาะสมควรประมาณ 1.3 ปัจจัยที่มีผลให้อัตราส่วนอากาศสูงเกินไป ซึ่งเป็นต้นเหตุของการสูญเสียความร้อนออกทางปล่องมีดังนี้

1. การผสมคลุกเคล้ากันอย่างดีระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง ถ้าอากาศกับเชื้อเพลิงผสมคลุกเคล้ากันได้ดีแล้ว การเผาไหม้จะไม่จำเป็นต้องใช้อากาศส่วนเกินมาก ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดเชื้อเพลิงวิธีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ความชื้นของเชื้อเพลิง ชนิดของหัวเผา อุปกรณ์ควบคุมการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ และความเหมาะสมของห้องเผาไหม้

2. อุณหภูมิของเชื้อเพลิงและ/หรืออากาศ เชื้อเพลิงเหลวที่มีความหนืดสูงจะต้องอุ่นให้เหมาะสมตรงตามคุณลักษณะของหัวเผาที่ใช้ มิเช่นนั้นฝอยละอองของเชื้อเพลิงจะมีขนาดใหญ่ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ยาก

และถ้ามีการอุ่นอากาศเข้าเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิสูงด้วย จะช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่ง่ายขึ้น เพราะความล่าช้าทางฟิสิกส์ในการติดไฟลดต่ำลง อีกทั้งปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น

**3. ความดันของเชื้อเพลิงและ/หรืออากาศ** เชื้อเพลิงเหลวมีการใช้หัวเผาช่วยในการคลุกเคล้า และช่วยในการผสมกันอย่างเหมาะสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ซึ่งหัวเผาที่มีการใช้งานทั่วไปนั้น จะมีสองแบบคือ แบบใช้อากาศอัดดันน้ำมันให้แตกเป็นฝอยละอองที่ดี และแบบที่ใช้ความดันน้ำมันผ่านหัวฉีด ดังนั้นความดันของอากาศและ/หรือความดันน้ำมันจะต้องเหมาะสมกับหัวเผาที่ใช้

**4. การบำรุงรักษาอุปกรณ์หัวเผา** หัวเผาต้องทำความสะอาดอยู่ตลอดเวลา เพื่อไม่ให้สิ่งสกปรกต่างๆ เกาะติด ซึ่งจะทำให้ น้ำมันเป็นฝอยละอองไม่ดี อีกทั้งปลายหัวเผาควรมีการสึกหรอน้อยที่สุด

การปรับแต่งส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดปริมาณ  $O_2$  หรือ  $CO_2$  ที่ออกจากห้องเผาไหม้ แต่ถ้าไม่มีเครื่องมือวัดอาจจะใช้วิธีการสังเกตสีของเปลวไฟ และ ความสว่างภายในเตา ประกอบกับสีของไอเสียที่ออกจากปล่องตามตารางที่ 1 นอกจากนั้น ควรสังเกตลักษณะของเปลวไฟ เพื่อหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ประกอบของการเผาไหม้ เช่น ความดันอากาศ ความดันเชื้อเพลิง และความผิดปกติของปลายหัวเผา

การเผาไหม้เชื้อเพลิงในทางปฏิบัติ จำเป็นต้องให้ส่วนผสมบาง คือมีอากาศมากกว่าการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ของเชื้อเพลิงทางทฤษฎี เพื่อให้อากาศสามารถคลุกเคล้าเชื้อเพลิงได้ดี ซึ่งจะไม่เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ และควันดำ ทั้งนี้ปริมาณอากาศส่วนเกินที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเชื้อเพลิง รวมทั้งวิธีการเผาไหม้และห้องเผาไหม้

จากแผนภาพจะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะสูงสุดที่ปริมาณอากาศส่วนเกินสูงกว่าทางทฤษฎีเล็กน้อย ถ้าให้อากาศมากขึ้นหรือน้อยลงประสิทธิภาพในการเผาไหม้จะลดต่ำลง ส่วนการสูญเสียความร้อนเส้นที่ 1 และ 2 จะเห็นว่า ถ้าอากาศน้อยเกินไปจะเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจะสูญเสียความร้อนไปในรูปของการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และถ้าปริมาณอากาศส่วนเกินมากก็จะสูญเสียความร้อนออกทางปล่องเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอากาศนั้นจะพาความร้อนออกจากห้องเผาไหม้มากขึ้น

ถ้าอัตราส่วนอากาศมาก CO จะลดต่ำลง และถ้าอัตราส่วนอากาศน้อย CO จะสูงเพราะปริมาณ  $O_2$  ไม่เพียงพอแก่การเผาไหม้

จะเห็นว่า ถ้าอัตราส่วนอากาศสูงขึ้น % ความร้อนสูญเสียในก๊าซทิ้งจะสูงขึ้น และถ้าอุณหภูมิของก๊าซทิ้งสูงขึ้น เส้นกราฟจะมีความชันมากขึ้น นั่นคือ ผลต่างของการสูญเสียมากขึ้น เมื่ออัตราส่วนอากาศเปลี่ยนแปลงไป

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าเตาแต่ละประเภทจะมีมาตรฐานอัตราส่วนอากาศที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ใช้เตาควรพิจารณาปรับตั้งอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงและ อากาศ เพื่อให้อัตราส่วนอากาศได้ตามมาตรฐานจะส่งผลให้ประสิทธิภาพเผาไหม้สูง และการสูญเสียความร้อนทางก๊าซเสียทิ้งลดต่ำลง

เชื้อเพลิงเหลวที่มีความหนืดสูง เช่น น้ำมันเตาควรอุ่นน้ำมันให้มีความหนืดลดต่ำลง ซึ่งจะส่งผลให้การฉีดเชื้อเพลิงเป็นฝอยละอองที่ดี ประสิทธิภาพการเผาไหม้จะดีขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณอากาศส่วนเกินให้มากเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียทางปล่องสูง การอุ่นเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของหัวเผา ซึ่งสามารถดูได้จากตารางที่ 3 ทั้งนี้ การอุ่นเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูงเกินไปจะส่งผลให้ฮีตเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น

เตาเผาโดยทั่วไปต้องการอัตราส่วนอากาศประมาณ 1.3 ดังนั้น ถ้าทราบว่าอัตราส่วนอากาศขณะนั้นเท่าใด และ ทราบอุณหภูมิไอเสียที่ออกจากห้องเผาไหม้ จะสามารถหาอัตราการประหยัดเชื้อเพลิงจากแผนภาพได้ เช่น เดิมอุณหภูมิไอเสียออก 800 °C อัตราส่วนอากาศ 2.0 ถ้าเราลดอัตราส่วนอากาศเป็น 1.3 จะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ประมาณ 35% เป็นต้น

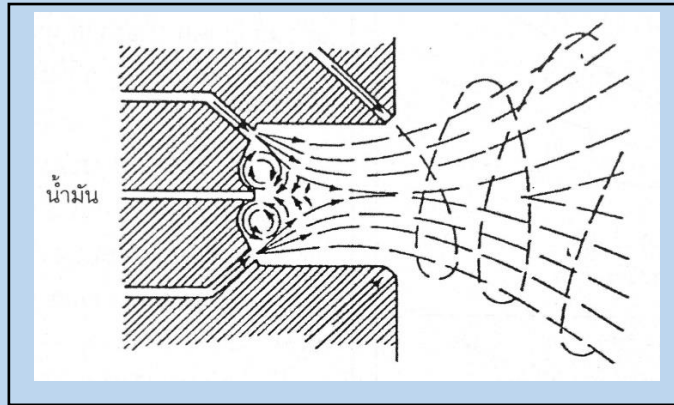
จากรูปที่ 9 สามารถใช้หาเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียความร้อนออกทางปล่องของเชื้อเพลิง แห้ง, เหลว และก๊าซได้คร่าวๆ โดยจะต้องทราบชนิดเชื้อเพลิง อุณหภูมิไอเสีย ปริมาณอากาศส่วนเกินหรือปริมาณออกซิเจนส่วนเกิน เช่น น้ำมันเตาเกรด C อุณหภูมิไอเสีย 400 °C เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน 50% จะมีการสูญเสียจากทางปล่องประมาณ 30%

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในการทำงานของหัวเผาชนิดต่างๆ

ชนิดของหัวเผา	แรงดัน	Turn-down ratio	% การกลายเป็นอนุภาคของอากาศ	ความหนืดน้ำมันที่ปลายหัวเผา (Redwood-Secs.-1)	ความจุ (แกลลอน/ชม.)
ความดันอากาศต่ำ	แรงดันน้ำมัน 8-12 psig แรงดันอากาศ 24" W.G.	1.4 : 1 (without secondary air) 5 : 1 (with secondary air)	20-25%	7-100 Secs.	1/5 ถึง 60
แรงดันอากาศปานกลาง	13 ถึง 15 psig (อากาศ)	6 : 1	3-10%	90-180 Secs.	1/2 ถึง 200
แรงดันอากาศสูง	แรงดันอากาศ 15 psig โดยที่แรงดันน้ำมันมากกว่า	Small 5 : 1 Large 10 : 1	2-3%	120-200 Secs.	5 ถึง 500
ไอน้ำที่พ่นออกมา	ไอแห้ง 25-175 psig ซึ่งใกล้เคียงกับแรงดันน้ำมัน	Small 5 : 1 Large 10 : 1	ไอน้ำ 2.5 % ถึงเอาต์พุตรวม	120-150 Secs.	5 ถึง 40
แรงดันที่พ่นออกมา	แรงดันน้ำมัน 50-200 psig	Variable 2 : 1 Constant 6.1 to 10.1	NIL	70-100 Secs.	มากถึง 3000
Rotary cup	1/4 ถึง 30 psig	4 : 1	15-20%	150-200 Secs.	3/4 ถึง 250

ตารางที่ 5 สาเหตุการขัดข้องในระบบเผาไหม้

ข้อขัดข้อง	สาเหตุ
1. สตาร์ท ติดยาก	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ไม่มีน้ำมันในถัง</li> <li>2. ถังพักน้ำมันมีน้ำและโคลนน้ำมัน (sludge)</li> <li>3. น้ำมันไม่ไหลเนื่องจากน้ำมันมีความหนืดสูงอุณหภูมิน้ำมันต่ำ</li> <li>4. มีสิ่งกีดขวางในหัวเผา</li> <li>5. ตัวกรองน้ำมันตัน</li> </ol>
2. เปลวไฟไม่สม่ำเสมอ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีโคลนน้ำมัน หรือน้ำในน้ำมัน</li> <li>2. ความดันน้ำมันและอากาศในหัวเผาไม่สม่ำเสมอ</li> <li>3. ความดันที่ใช้ในการพ่นน้ำมันให้ฝอยละเอียดสูงมากทำให้เปลวไฟดับได้</li> <li>4. มีอากาศอยู่ในท่อส่งน้ำมัน และรอยรั่วในท่อดูดของปั๊ม</li> <li>5. บล็อกหัวเผาแตกร้าว หรือไม่มีบล็อกหัวเผา</li> </ol>
3. เปลวไฟย้อนกลับ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เวลาหยุดเครื่อง (shut-off) ไม่ได้ปิดวาล์วจ่ายน้ำมันก่อนวาล์วจ่ายอากาศ</li> <li>2. ห้องเผาไหม้มีความดันมากเกินไป (positive pressures)</li> <li>3. ในระหว่างสตาร์ทเครื่อง ภายในเตาเผาเย็นเกินไป (เมื่ออุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้น การเผาไหม้ของน้ำมันน้อยลง)</li> <li>4. น้ำมันมีความดันต่ำเกินไป</li> </ol>
4. เกิดควันและเขม่า	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ปริมาณลมส่งไม่เพียงพอ</li> <li>2. น้ำมันไหลมากเกินไป</li> <li>3. น้ำมันมีความหนืดสูง และไม่มีการอุ่นให้มีอุณหภูมิที่พอเหมาะสม</li> <li>4. อากาศในท่อดูดอุดตัน</li> <li>5. เครื่องส่งลม (blower) เดินที่ความเร็วต่ำมาก</li> </ol>
5. อีฐทนไฟภายในเตาเผาละลาย	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เปลวไฟกระทบกับอีฐทนไฟ เนื่องจากห้องเผาไหม้เผาเล็กเกินไป หรือใช้หัวเผาไม่ถูกต้อง</li> <li>2. มีน้ำมันหยดมาจากหัวฉีดแล้วเกิดลุกไหม้</li> <li>3. เวลาหยุดเครื่อง (shut-off) ไม่ได้ปิดวาล์วจ่ายน้ำมันก่อนวาล์วจ่ายอากาศ</li> </ol>
6. สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศไม่ถูกต้อง</li> <li>2. หัวฉีดขนาดใหญ่เกินไป</li> <li>3. ลมส่งมากเกินไป</li> <li>4. ส่วนผสมน้ำมันกับอากาศที่หัวเผาไม่เหมาะสม</li> <li>5. ความดันอากาศและน้ำมันไม่ถูกต้อง</li> <li>6. น้ำมันไม่ได้อุ่นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม</li> <li>7. น้ำมันมีความหนืดต่ำไม่เหมาะกับหัวเผาที่ใช้</li> <li>8. น้ำมันรั่วที่ท่อส่งน้ำมันและที่อุ่นน้ำมัน</li> </ol>



รูปที่ 12 หัวเผาชนิดใช้ถั่วหมุน

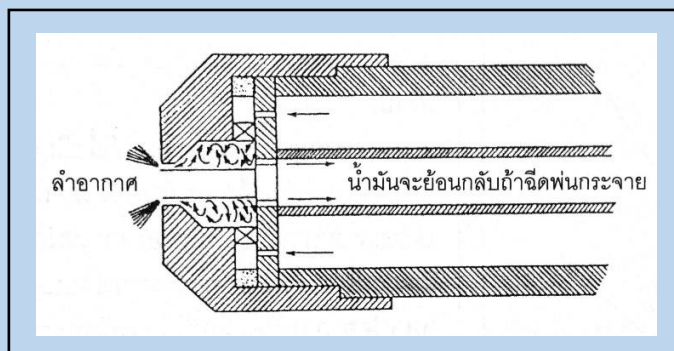
## หัวเผา

ระบบการเผาไหม้ของหัวเผา (burner) ประกอบด้วย

1. การจ่ายอากาศในอัตราและความดันที่เหมาะสม
2. การจ่ายเชื้อเพลิงในอัตราและความดันที่เหมาะสม
3. การควบคุมอัตราส่วนของอากาศ เชื้อเพลิงเหมาะสมทุกๆ ภาระ (load)
4. การผสมกันของอากาศ เชื้อเพลิงเป็นไปได้อย่างทั่วถึง
5. การจุดระเบิดได้เร็วและดี
6. การควบคุมเปลวให้นิ่งอยู่ตลอดเวลา

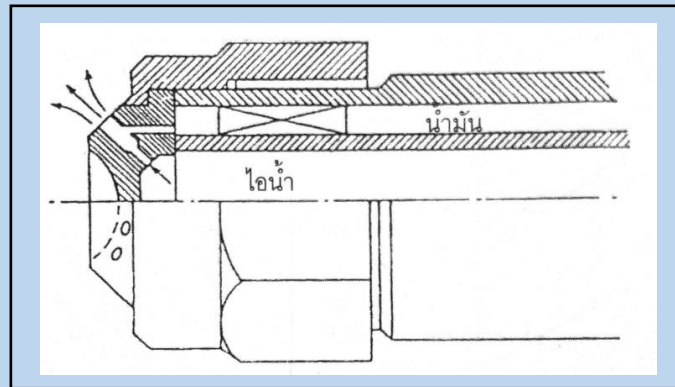
หัวเผาน้ำมัน แบ่งออกเป็นสามชนิด คือ

1. หัวเผาชนิดใช้ความดันน้ำมัน (pressure-jet burner) ความดันน้ำมันที่เกิดจากปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง จะส่งเข้าหัวฉีดในปริมาณที่เหมาะสมกับภาระ (load) แล้วพ่นออกไปผสมกับอากาศในห้องเผาไหม้ ปริมาณน้ำมันที่เหลือจะไหลกลับเข้าสู่ถังเก็บน้ำมัน ดังนั้นสิ่งสำคัญของหัวเผาชนิด นี้คือ น้ำมันจะต้องมีความดันที่เหมาะสม และพ่นเป็นฝอยละเอียดที่ดี



รูปที่ 10 หัวเผาชนิดใช้ความดันน้ำมัน

2. หัวเผาชนิดใช้ความดันอากาศหรือไอน้ำ (air or steam atomizing burner) ความดันของอากาศจากเครื่องอัดอากาศจะพ่นผ่านช่องคอคอด ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะเกิดสุญญากาศดูดเอาเชื้อเพลิง แล้วพ่นออกไปให้แตกกระจาย และจะมีอากาศอีกส่วนหนึ่ง (secondary air) จะเป็นอากาศส่วนใหญ่ที่ใช้สำหรับคลุกเคล้าให้เกิดการเผาไหม้ที่เหมาะสม โดยทั่วไปหัวเผาแบบนี้จะมีหลายรู



รูปที่ 11 หัวเผาชนิดใช้ความดันอากาศหรือไอน้ำ

3. หัวเผาชนิดใช้ถ้วยหมุน (rotary cup burner) หัวเผาแบบนี้จะใช้ถ้วยหมุนที่ความเร็วสูงเหวี่ยงน้ำมันให้แตกกระจายไปผสมกับอากาศหัวเผาดังกล่าวไม่ค่อยมีการใช้งานมากนักในเตาเผา ส่วนใหญ่ใช้ในหม้อไอน้ำขนาดเล็ก

1. ความสามารถในการเร่ง-หรือไฟ ความสามารถในการเร่งหรือไฟหรือที่เรียกว่า Turn Down Ratio คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณสูงสุดของส่วนผสมเชื้อเพลิงอากาศที่ป้อนเข้าเผาไหม้ (Max. fuel-air mixture input rate) ต่อปริมาณต่ำสุด (Min. input rate) โดยที่หัวเผายังทำงานได้อย่างเป็นที่พอใจ (เผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์) ถ้าอัตราที่ป้อนเข้า (input rate) มากเกินไปเปลวไฟอาจดับลงได้ เพราะความเร็วของส่วนผสม (mixture velocity) สูงเกินความเร็วเปลวไฟ (flame velocity) และถ้าอัตราที่ป้อนเข้าน้อยเกินไปอาจเกิดไฟตีกลับได้ (flash back) เพราะความเร็วเปลวไฟสูงเกินกว่าความเร็วของส่วนผสมหัวเผาน้ำมัน มักจะระบุ Turn Down Ratio มาด้วยเช่น 10:1 หมายความว่า หัวเผานี้สามารถหรือน้ำมันลง ได้ 1 ใน 10 ของปริมาณน้ำมันที่ใช้สูงสุดได้ โดยประสิทธิภาพของการเผาไหม้ยังดีเหมือนเดิมตลอดช่วงการทำงาน

2. การควบคุมการทำงานของหัวเผา ในการควบคุมการทำงานของหัวเผามีอยู่ด้วยกันสามวิธี คือ

1. On-Off Control เป็นแบบที่หัวเผาสตาร์ตจุดติดไฟแล้วก็จะทำงานป้อนเชื้อเพลิงเข้าเผาไหม้ในอัตราสูงสุดตามที่ออกแบบไว้ตลอดไป และเมื่อเกินความต้องการของ

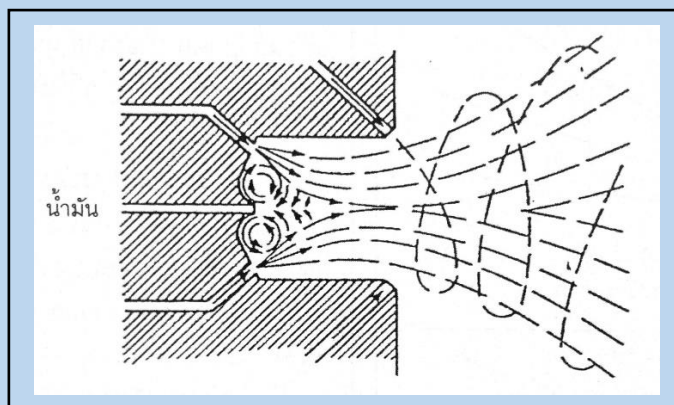
โหลด หัวเผา ก็จะตัดหยุดการทำงาน และเมื่อโหลดต้องการอีก มันก็จะเริ่มจุดใหม่อีก มักจะพบกับหัวเผาที่ใช้กับหม้อน้ำขนาดเล็กๆ และใช้น้ำมันใสๆ พวกน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันเตาใส

2. High Fire-Low Fire Control เมื่อ หัวเผาทำงานจุดติดไฟครั้งแรกแล้ว จะทำงานที่ Low Fire ซึ่งอัตราป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 30% ของ high fire เมื่อโหลดต้องการปริมาณความร้อนมากขึ้น หัวเผาก็จะปรับไปเดินที่ high fire และเมื่อความต้องการลดลงก็จะกลับมาที่ low fire หรือลงไป off ขึ้นอยู่กับโหลด

หัวเผาในปัจจุบันได้มีการพัฒนา ปรับปรุงให้ทำงานได้ในช่วงโหลดกว้างมากๆ ด้วยการจัดให้มี 2 หรือ 3 หัวฉีด (fuel nozzle) ในหัวเผาเดียวกัน โดยหัวที่ 1 ให้ทำงานที่ low fire หัวที่ 2 ทำงานที่ medium fire และหัวที่ 3 ทำงานที่ high fire เป็นต้น

3. Modulating Control เป็นการควบคุมการทำงานของหัวเผาให้ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าเผาไหม้ตั้งแต่ low fire จนถึง high fire ตลอดทั้งช่วงกลับไปมาได้ มักจะใช้กับหม้อน้ำที่มีอัตราการใช้น้ำเพิ่ม-ลดบ่อย

3. สาเหตุการขัดข้องในระบบเผาไหม้ ให้ดูได้จากตารางที่ 5

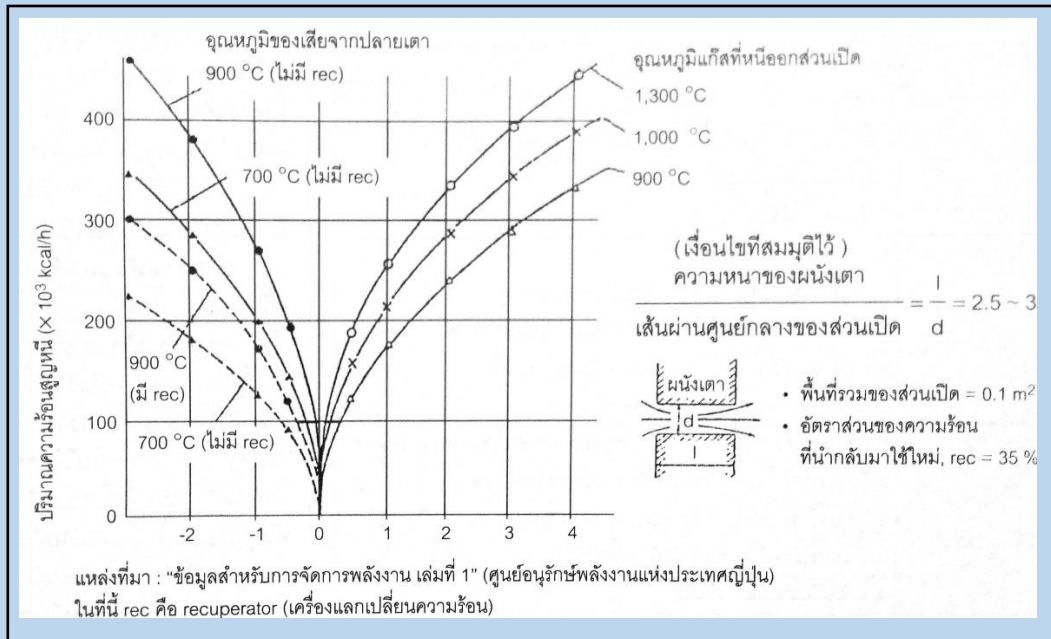


รูปที่ 12 หัวเผาชนิดใช้ถั่วหมุน

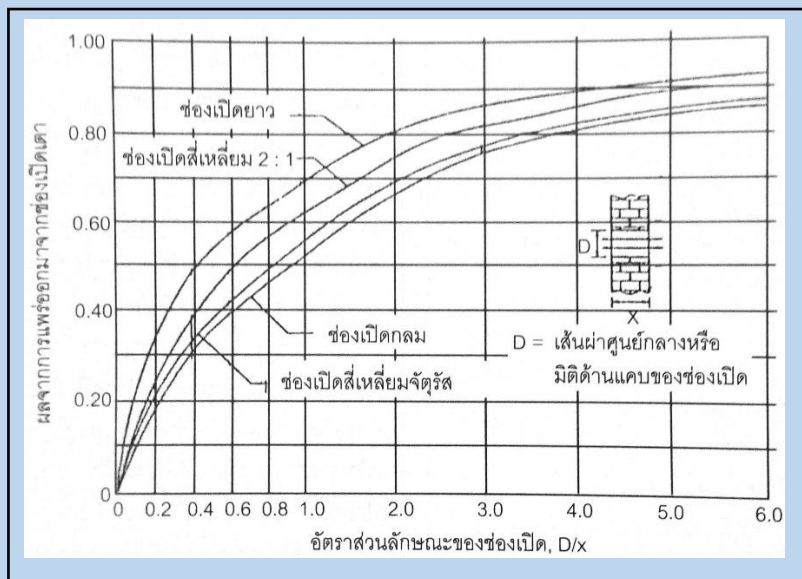
### การปรับค่าความดัน ภายในเตาให้ เหมาะสม

ความดันภายในเตาต้องควบคุมให้ เท่ากับความดันบรรยากาศภายนอกตลอด เวลา เนื่องจากถ้าความดันภายในเตาส่งสูงกว่าภายนอกเปลวไฟ และความร้อนภายในจะสูญเสียสู่บรรยากาศมากขึ้น และใน ทางกลับกัน ถ้าความดันภายในเตาดำ อากาศเย็นจากภายนอกจะถูกดูดเข้าภายในส่งผลให้เตาเย็นลงและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ดังนั้นช่องเปิดหรือรูรั่วต้องน้อยที่สุด จากกราฟจะเห็นว่า การสูญเสียความร้อนจะสูงขึ้น เมื่อความดันภายในเตาส่งหรือต่ำ และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายในเตาส่งขึ้น

จากรูปที่ 14 นี้จะสามารถหาตัวประกอบการแผ่รังสีผ่านช่องเปิดแต่ละลักษณะ ดังนั้น ถ้าเราทราบลักษณะของช่องเปิด และขนาดอัตราส่วน D/X แล้ว จะสามารถหาค่าตัวประกอบการแผ่รังสีความร้อนได้



รูปที่ 13 ปริมาณความร้อนสูญเสียจากส่วนเปิด และความดันภายในเตา



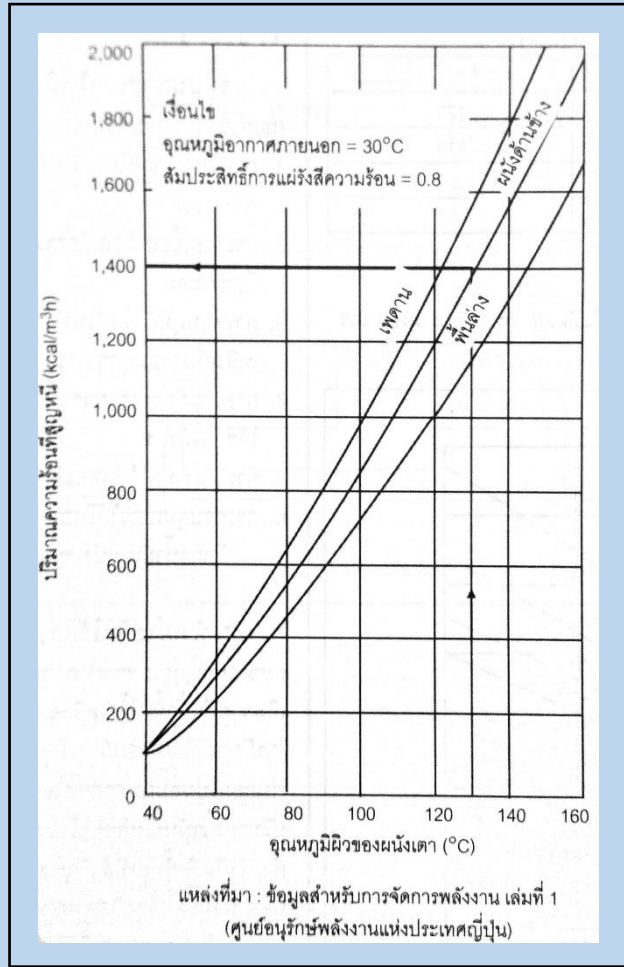
รูปที่ 14 การลดการสูญเสียพลังงานผ่านช่องเปิดเตา

### การหุ้มฉนวนของตัวเตา

1. อัตราการสูญเสียของความร้อนจากผิวผนังเตา จากรูปที่ 15 ถ้าทราบอุณหภูมิผิวจะสามารถประเมินหาปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากพื้นผิวได้ เช่น อุณหภูมิผิวด้านข้าง 130 °C จะได้ปริมาณความร้อนสูญเสีย 1,400 kcal/m<sup>2</sup>h

2. ตัวอย่างของการเสริมฉนวนของผนังเตา ดูได้จากตารางที่ 6





รูปที่ 15 การหนีสูญของความร้อนจากผิวผนังเตา

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการเสริมฉนวนของผนังเตา

ข้อเสนอที่ศึกษา	A	B	C
โครงสร้างผนังเตา			
ปริมาณความร้อนที่สูญเสีย	1.587 kcal/cm <sup>2</sup> h	647 kcal/cm <sup>2</sup> h	849 kcal/cm <sup>2</sup> h
อัตราส่วนของปริมาณความร้อนสูญเสีย	100	41	53

ตารางที่ 7 มาตรฐานอุณหภูมิผนังภายนอกเตา

อุณหภูมิภายในเตา (°C)	อุณหภูมิผิวผนังเตา (°C)	
	ด้านบน	ด้านข้าง
มากกว่า 1,300	140	120
1,100-1,300	125	110
900-1,100	110	95
น้อยกว่า 900	90	80

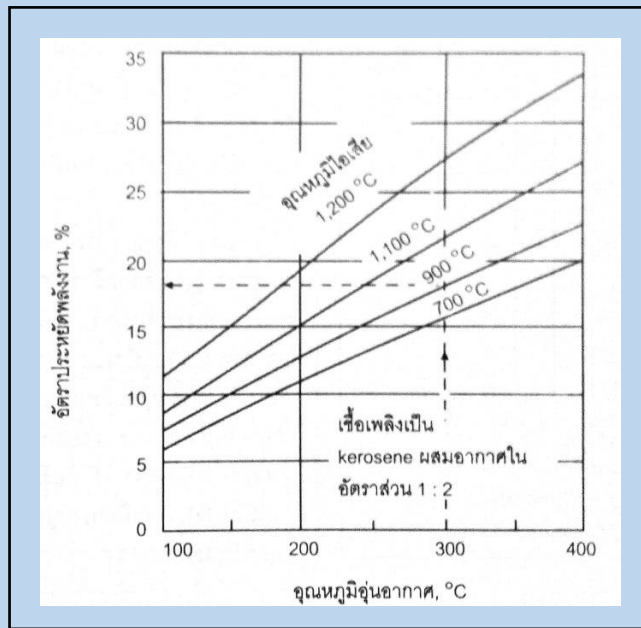
### การอุ่นอากาศก่อน เข้าเผาไหม้

จากรูปที่ 16 จะเห็นว่าถ้าสามารถอุ่นอากาศก่อนเข้าเตาให้สูงขึ้น จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น และถ้าอุณหภูมิไอเสียก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนยิ่งสูงเท่าใด ก็จะได้ผลการประหยัดมากขึ้นเท่านั้น เช่น ที่อุณหภูมิไอ เสีย 900 °C อุ่นอากาศได้อุณหภูมิ 300 °C จะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ประมาณ 18%

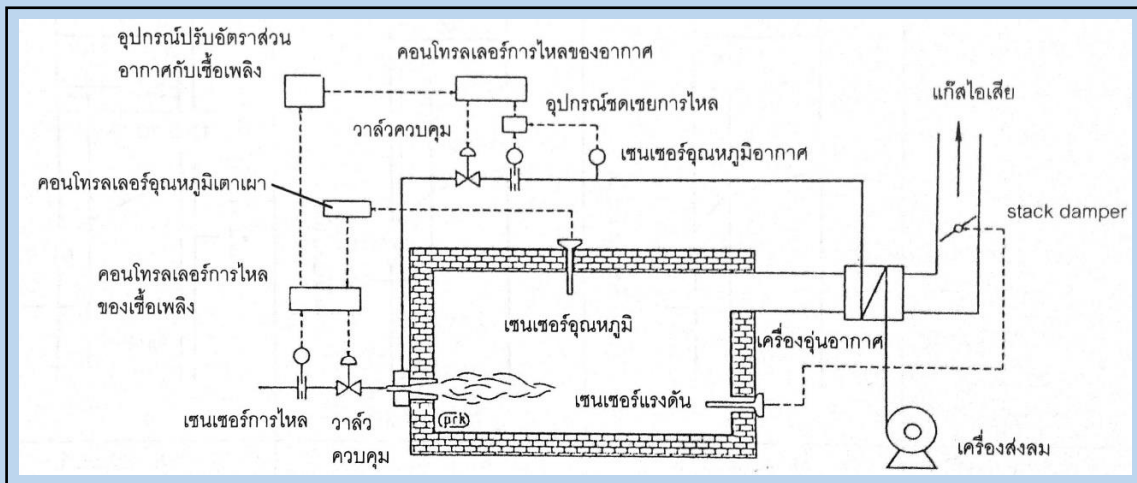
เตาเผาที่ดีจะต้องมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตา และอุปกรณ์ตรวจวัดความดันภายในเตา ซึ่งอุปกรณ์ตรวจวัดความดันภายในเตา ใช้เพื่อควบคุมความดันภายในเตาไม่ให้สูงหรือต่ำกว่าความดันบรรยากาศ โดยไปควบคุมการเปิดของแฉกเปเปอร์ บริเวณท่อไอเสีย ถ้าความดันภายในเตาต่ำ แฉกเปเปอร์จะลดพื้นที่เปิดลง ทำให้ความดันภายในเตาสูงขึ้น ส่วนอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมินั้นจะควบคุมปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงตามภาระ (load) ของเตา เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามต้องการตลอดเวลาไม่ว่าภาระจะสูงหรือต่ำ

### จุดสำคัญของการประหยัดพลังงานของเตาให้ความร้อน

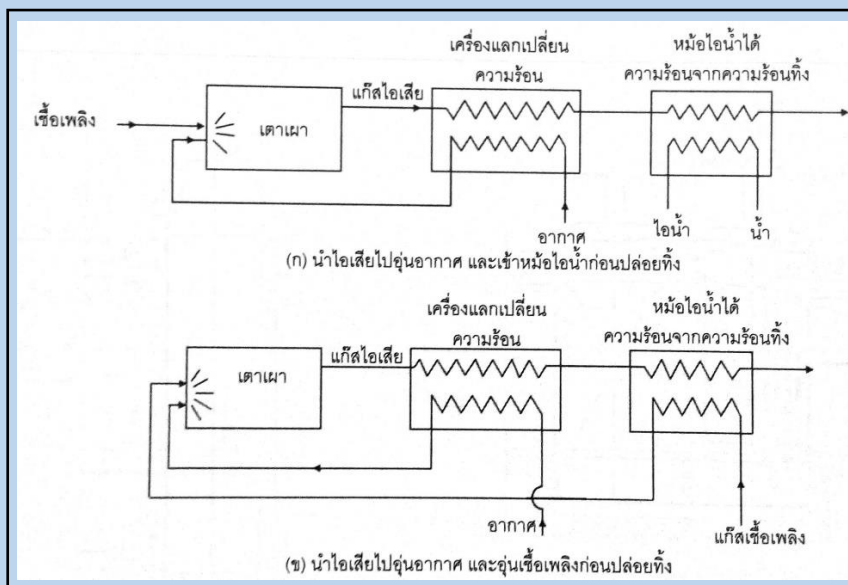
1. อัตราป้อนอากาศและอัตราการเผาไหม้เหมาะสมที่สุดหรือไม่
2. รูปแบบของการเพิ่มอุณหภูมิ (heat pattern) เหมาะสมที่สุดหรือยัง, มีการเพิ่มอุณหภูมิสูงเกินไปหรือไม่
3. มีอากาศแทรกซึมเข้ามาหรือไม่ ความดันภายในเตาเหมาะสมหรือไม่
4. มีลมร้อนพ่นหนีออกมาหรือไม่ ความดันภายในเตาสูงเกินไปหรือไม่
5. ความร้อนที่สูญหนีจากตัวเตามากเกินไปหรือไม่ มีปัญหาเกี่ยวกับฉนวนหรือไม่
6. การสูญหนีเนื่องจากไอเสียมีมากไปหรือไม่, อุณหภูมิของไอเสียสูงเกินไปหรือไม่, อัตราส่วนอากาศสูงเกินไปหรือไม่
7. มีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้เพียงพอหรือไม่
8. การควบคุมดูแลน้ำหล่อเย็นเป็นอย่างไร, ปริมาณน้ำเหมาะสมหรือไม่, การระบายความร้อนเหมาะสมหรือไม่



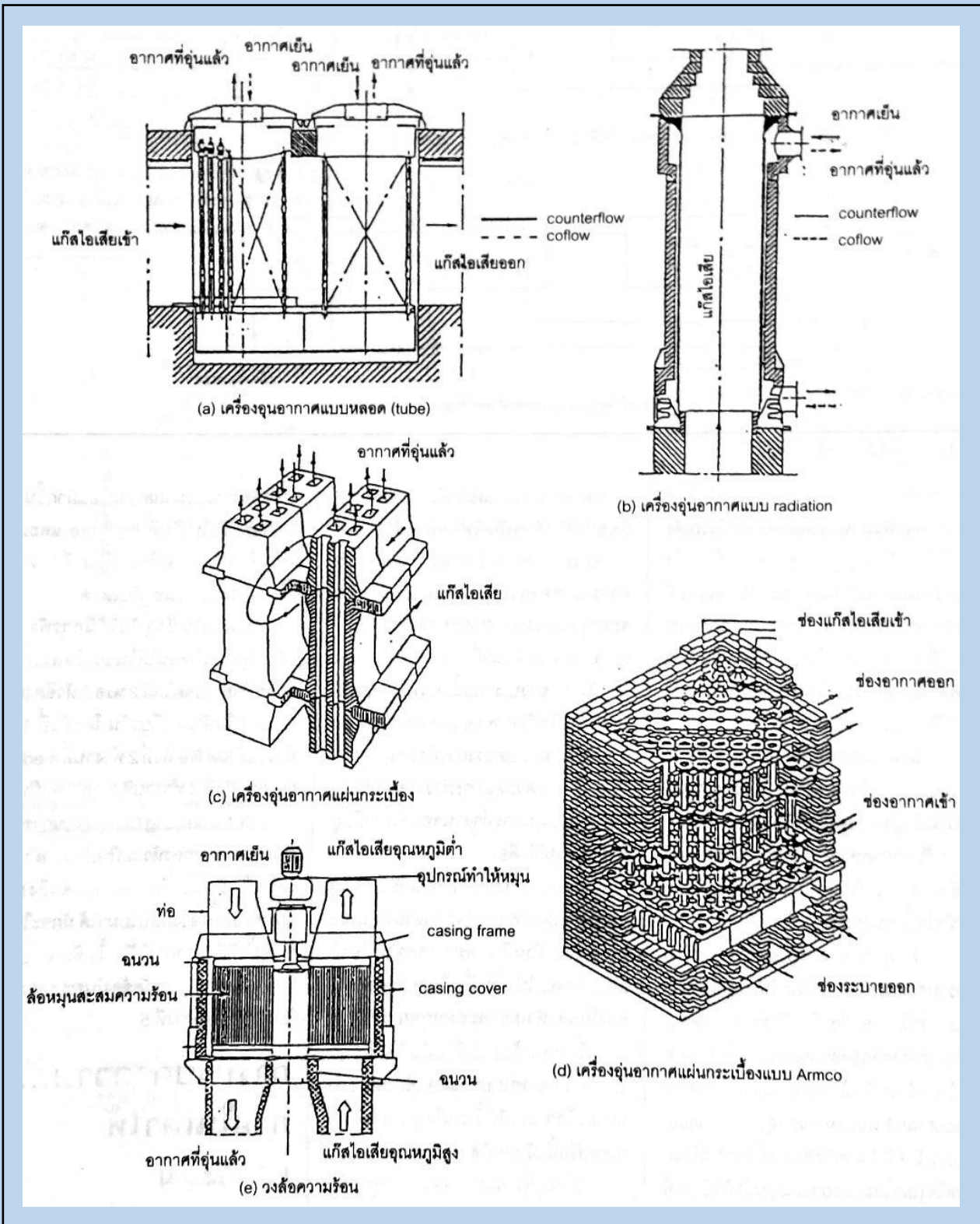
รูปที่ 16 การควบคุมการทำงานในเตาเผา



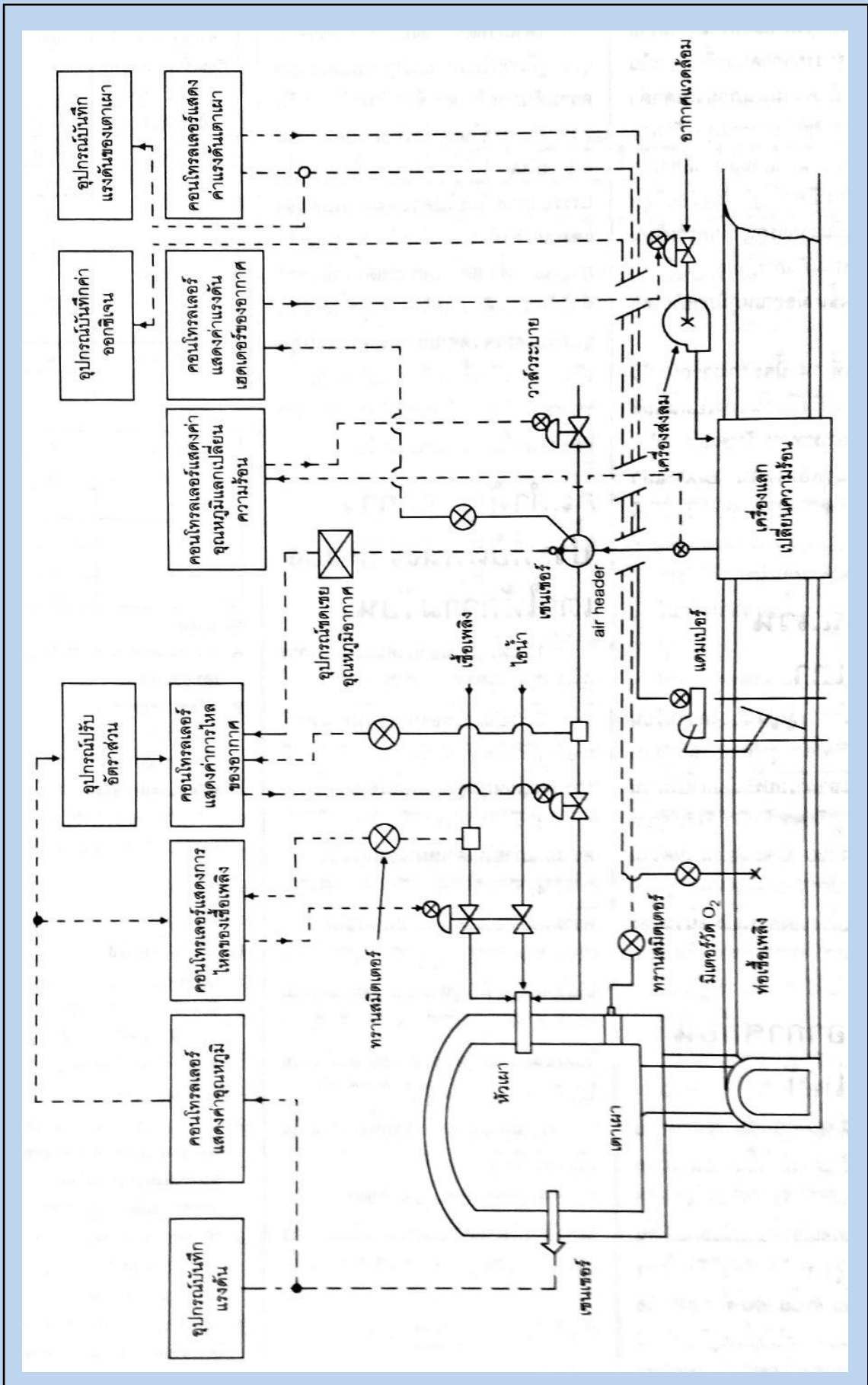
รูปที่ 17 กระบวนการควบคุมการเผาไหม้ในเตาเผา



รูปที่ 18 การนำไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์



รูปที่ 19 ตัวอย่างของอุปกรณ์อุ่นอากาศโดยใช้ไอเสียรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 20 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิความดัน และประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยมีอุปกรณ์อุ่นอากาศ

ตารางที่ 8 มาตรฐานการนำความร้อนสูญเสีย จากทางปล่องกลับมาใช้สำหรับอุตสาหกรรม

อุณหภูมิไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ก่อนเข้ารีคูเปอร์เรเตอร์ (°C)	ขนาดพิกัดเตา	มาตรฐานการนำไอเสียกลับมาใช้ (%)
น้อยกว่า 500	A . B	25
500 – 600	A . B	25
600 – 700	A	35
	B	30
	C	25
700 – 800	A	35
	B	30
	C	25
800 – 900	A	40
	B	30
	C	25
900 – 1000	A	45
	B	35
	C	30
มากกว่า 1000	A	45
	B	35
	C	30