หอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

Wb 79738

การพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่แบบถัง ขนาด 200 ลิตร

Development Heat Efficiency of the Oven Size 200 Liter

เจษฎา รัศมีศิวโสภา
ไพรวัลย์ แววงค์
วินัย สิงหามาตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หอสมุดสถาบันราชภัฏมหาสารคาม
รับวัน.....
วันลงทะเบียน 3 ธ.ค. 2550
เลขทะเบียน วค. 42355
เลขเรียกหนังสือ ๖๘๘.๑ ศ๕๘๓ก ๒๕๕๐

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ. 2550

เตาอบไก่ - 2021

คณะกรรมการที่ปรึกษาได้พิจารณาโครงงานวิจัยฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามได้

คณะกรรมการการสอบ

..... ประธาน
(อาจารย์พรเทพ ตรีวิริยานุภาพ)

..... กรรมการ
(อาจารย์วิจิตร เชาว์วันกลาง)

..... กรรมการ
(อาจารย์ชลารินทร์ อินสอน)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อนุมัติให้รับโครงงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

.....
(อาจารย์พรเทพ ตรีวิริยานุภาพ)
หัวหน้าโปรแกรม / สาขาวิชาฟิสิกส์

.....
(อาจารย์สมาน ศรีสะอาด)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2550

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์พรเทพ ตรีวิริยานุภาพ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการให้คำแนะนำในการดำเนินการ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์วิจิตร เชาว์วันกลาง ที่ให้คำแนะนำและแก้ปัญหาในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณครรชิต เวียงคำ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณโปรแกรมวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ และให้ความอนุเคราะห์ในการค้นคว้าตำราเอกสารต่างๆ เพื่อนำมาประกอบการทำวิจัย

และที่สุดขอระลึกถึงพระคุณของบิดามารดาของผู้เขียน ที่ช่วยเหลือทุก ๆ ด้าน อาจารย์ทุกท่านที่กรุณาประสาทวิชาให้ผู้เขียน ตลอดจนเพื่อน ๆ โปรแกรมวิชาฟิสิกส์ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา จนงานวิจัยนี้สำเร็จ

เจษฎา รัศมีศิวโสภา
ไพรวัลย์ แววงค์
วินัย สิงหามาตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชื่อเรื่อง การพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่แบบถังขนาด 200 ลิตร
ผู้วิจัย นายเจษฎา รัศมีศิวโสภา
นายไพรวัลย์ แววงศ์
นายวินัย สิงหามาตย์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พรเทพ ตรีวิริยานุภาพ
โปรแกรม / คณะ วิชาฟิสิกส์ / วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปีที่พิมพ์ 2550

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่แบบถังขนาด 200 ลิตร และศึกษาระยะเวลาคุ้มทุนเปรียบกับเตาอบขนาด 60 ลิตร ที่เป็นต้นแบบ ในการประดิษฐ์และพัฒนาใช้สแตนเลสแผ่นบางเพื่อสะท้อนคลื่นความร้อนไว้ในเตาให้ได้มากที่สุดและเพิ่มขนาดของเตาให้ใหญ่กว่าเตาต้นแบบ ในการศึกษาเตาพัฒนาจะใช้ไก่หนัก 4 กิโลกรัม ส่วนเตาต้นแบบใช้ไก่หนัก 2 กิโลกรัม ทำการวัดอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แล้วทำการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่พัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับเตาต้นแบบ

จากการวิจัยพบว่า เตาอบที่พัฒนาแล้วมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยร้อยละ 23.16 มีระยะเวลาคุ้มทุน 1.56 เดือน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาต้นแบบ โดยเตาอบต้นแบบมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยร้อยละ 13.52 มีระยะเวลาคุ้มทุน 3.81 เดือน ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Title	Development heat efficiency of the oven size 200 liter
Authors	Mr. Jedsada Rudsameesiwasopa
	Mr. priwan weawwong
	Mr. Wenai Singhamart
Advisor	Mr. Porntep Treeviriyanupub
Department / Faculty	Physics / Science and Technology
University	Rajabhat Mahasarakham University
Year	2007

ABSTRACT

The purpose this research was to study and design for development heat efficiency of the oven size 200 liter. And study the time of covered the expense of developed oven and compare with the original oven.

The developed oven was design by using stainless steel to cover the inside wall of oven for maximum of heat restoring in the oven. The developed oven bigger than the original oven. The procedure of testing the heat efficiency was conducted by using 4 kilograms of chicken for the oven size 200 liter and 2 kilograms of chicken for the oven size 60 liter, then operated them in the same time (30 minutes) and analyzed their heat efficiency. The average heat efficiency of developed oven and the original oven were 23.16, 13.52 percent, respectively. The period of time to cover the expense of developed oven and original oven were 1.56 months and 3.81months, respectively.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ข
บทคัดย่อภาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 2
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ความร้อน 4
2.2 เชื้อเพลิง 4
2.3 การเผาไหม้ 5
2.4 การเกิดก๊าซมลพิษ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง 9
2.5 การถ่ายเทความร้อน 12
2.6 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านการลงทุน 18
2.7 กลไกการแห้งตัวของวัตถุ 18
2.8 ฉนวน 20
2.9 สเตนเลส 26
2.10 ไก่ 28
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย 36
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 36
3.2 วิธีการวิจัย 36

บทที่ 4 ผลการวิจัย 40
4.1 ตอนที่ 1 การศึกษาเตาอบไก่ต้นแบบ 40
4.2 ตอนที่ 2 การออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพ 41
4.3 ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่ต้นแบบและแบบพัฒนา 43
4.4 ตอนที่ 4 ระยะเวลาคืนทุน 44

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย 45
5.1 สรุปผลการวิจัย 45
5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย 45
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัย 45
5.4 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเตาอบไก่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น 46
บรรณานุกรม 47

ภาคผนวก 49
ภาคผนวก ก ข้อมูลการวิจัย 50
ภาคผนวก ข คำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน 60
ภาคผนวก ค การคำนวณการใช้เชื้อเพลิง 71
ภาคผนวก ง การคำนวณประสิทธาภาพเชิงความร้อนชิงเตาอบไก่ต้นแบบและเตาอบไก่แบบพัฒนา 74

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก จ ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงเตาอบ 76
ภาคผนวก ฉ ภาพการสร้างเตาอบไก่แบบถังขนาด 200 ลิตร ที่พัฒนาแล้ว..... 77
ภาคผนวก ช วิธีดูแล รักษาเตาอบไก่ 81
ประวัติผู้วิจัย 82

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของอบต้นแบบและเตาอบแบบพัฒนา 43
4.2 ระยะเวลาคืนทุน 44
ก - 1 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 1 50
ก - 2 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 2 51
ก - 3 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 3 52
ก - 4 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 4 53
ก - 5 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 5 54
ก - 6 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 1 55
ก - 7 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 2 56
ก - 8 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 3 57
ก - 9 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 4 58
ก - 10 แสดงผลการวิจัยเตาอบไก่ต้นแบบครั้งที่ 5 59
ง – 1 ตารางผลการวิจัยของเตาต้นแบบ 74
ง – 2 ตารางผลการวิจัยของเตาอบแบบพัฒนา 75
จ ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงเตาอบ 76

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

4.1 แสดงเตาอบไก่ต้นแบบ 40
4.2 แสดงแบบเตาอบไก่ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 41
4.3 แสดงแบบลายเส้นเตาอบไก่ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 42
4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้นแบบและเตาแบบพัฒนา 43
ง – 1 กราฟแสดงประสิทธิภาพของเตาอบต้นแบบ 74
ง – 2 กราฟแสดงประสิทธิภาพของเตาอบแบบพัฒนา 75
ฉ – 1 ภาพการวัดถังน้ำมัน 77
ฉ – 2 ภาพถังที่ผ่าครึ่งแล้ว 77
ฉ – 3 การวางฉนวนใยแก้ว 78
ฉ – 4 การประกอบสแตนเลส 78
ฉ – 5 การเชื่อมปิดขอบถัง 78
ฉ – 6 การทำขารองเตาอบ 79
ฉ – 7 ภาพด้านหน้าของเตาอบที่พัฒนาแล้ว 79
ฉ – 8 ภาพด้านซ้ายของเตาอบที่พัฒนาแล้ว 79
ฉ – 9 ภาพด้านขวาของเตาอบที่พัฒนาแล้ว 80
ฉ – 10 ภาพด้านบนของเตาอบที่พัฒนาแล้ว 80
ฉ – 11 ภาพด้านหลังของเตาอบที่พัฒนาแล้ว 80

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 การชั่งน้ำหนักถ่านที่ใช้ในการวิจัย 39
3.2 การชั่งน้ำหนักไก่ก่อนอบ 39
3.3 การติดไฟโดยใช้เตาแก๊ส 40
3.4 การนำไก่เข้าไปอบในเตาแบบพัฒนา 40
3.5 การวัดอุณหภูมิภายนอกเตาอบแบบพัฒนา 41
3.6 การวัดอุณหภูมิภายในเตาอบแบบพัฒนา 41
3.7 การชั่งน้ำหนักไก่สำหรับเตาต้นแบบ 43
3.8 การนำไก่เข้าไปอบในเตาแบบ 43
3.9 การวัดอุณหภูมิภายนอกเตาอบต้นแบบ 44
3.10 การวัดอุณหภูมิภายในเตาอบต้นแบบ 44
4.1 แสดงเตาอบไก่ต้นแบบ 46
4.2 แสดงแบบเตาอบไก่ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 47
4.3 แสดงแบบลายเส้นเตาอบไก่ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 47
4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้นแบบและเตาแบบพัฒนา 49
ง – 1 กราฟแสดงประสิทธิภาพของเตาอบต้นแบบ 81
ง – 2 กราฟแสดงประสิทธิภาพของเตาอบแบบพัฒนา 82
จ – 1 ภาพการวัดถังน้ำมัน 83
จ – 2 ภาพถังที่ผ่าครึ่งแล้ว 83
จ – 3 การวางฉนวนใยแก้ว 84
จ – 4 การประกอบสแตนเลส 84
จ – 5 การเชื่อมปิดขอบถัง 84

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จ – 6 การทำขารองเตาอบ 85
จ – 7 ภาพเตาอบที่พัฒนาแล้ว 85

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ในการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่ มีที่มาและความสำคัญ รวมทั้ง วัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น และประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับจากการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื้อไก่เป็นอาหารอย่างดีสำหรับคนทุกประเภท ตั้งแต่เด็กอ่อน เด็กทั่วไป คนวัยรุ่น คนชรา และคนที่ต้องการรักษาน้ำหนักของร่างกายไม่ให้อ้วนเกินไป ไก่มีส่วนที่ใช้ทำอาหารได้มาก เวลาหุงต้มมีส่วนหดหายน้อย ง่ายต่อการปรุงและเสิร์ฟเป็นอาหาร เนื้อไก่เข้าได้กับรายการอาหารต่างๆ ของภัตตาคาร โรงแรม บริษัท เครื่องบิน โรงพยาบาล โรงเรียน และสถาบันต่างๆ (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529, หน้า 245)

ไก่เป็นสัตว์ปีกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อประเทศไทย และเป็นสัตว์เลี้ยงเกือบทุกครัวเรือนนอกจากจะเลี้ยงไว้เพื่อบริโภคแล้วก็สามารถเลี้ยงเป็นอาชีพหลัก เพื่อสร้างรายได้ หรือนำไก่มาประกอบอาหารเพื่อจำหน่าย ซึ่งการอบไก่ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการประกอบอาชีพหลักหรืออาชีพเสริม จากการศึกษาวิจัยและพัฒนาเตาอบไก่แบบถังขนาด 60 ลิตร ซึ่งประหยัดพลังงานและต้นทุน ใช้เวลาในการอบไก่น้อยลง แต่พื้นที่ในการอบไก่ของเตาอบแบบถังขนาด 60 ลิตร มีน้อย ทำให้ไม่เพียงพอต่อการอบไก่สำหรับคนจำนวนมากหรืออบไก่สำหรับวางขาย นอกจากนี้ส่วนประกอบบางส่วนของเตาอบขนาด 60 ลิตร เช่นสังกะสี ซึ่งง่ายต่อการเกิดสนิม ทำให้สูญเสียคุณสมบัติการสะท้อนคลื่นความร้อน ดูแลรักษาความสะอาดยาก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบลดลง

ดังนั้น การพัฒนาประสิทธิภาพของเตาอบไก่ ในด้านประหยัดพลังงานและเพิ่มพื้นที่การใช้งาน โดยเลือกใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ซึ่งหาได้ง่าย มีรูปทรงที่เหมาะสมและราคาไม่แพงนัก และใช้สเตนเลสแผ่นบางแทนสังกะสี เพื่อให้มีความทนทาน ไม่เกิดสนิม ทำความสะอาดได้ง่าย มีความคงทน จะสามารถลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต เพื่อให้เหมาะสำหรับนำไปประกอบเป็นอาชีพได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อการออกแบบและพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเตาอบไก่แบบถัง 200 ลิตร

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิ์ภาพความร้อนของเตาอบไก่แบบถัง 200 ลิตร ที่พัฒนาแล้ว กับเตาอบไก่แบบถัง 60 ลิตรที่เป็นต้นแบบ

3. เพื่อศึกษาจุดคุ้มทุนของเตาอบไก่แบบถัง 200 ลิตร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร มาปรับปรุงประสิทธิภาพ
2. ใช้ไก่สด ซีพี และใช้ถ่านจากไม้ยูคาลิปตัส ในการวิจัย
3. ใช้สแตนเลสแผ่นบาง เพื่อสะท้อนความร้อนภายในตัวถังเตาอบ

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

ใช้ค่าจากประสบการณ์ขายโดยประมาณวันละ 10 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ไก่สุก คือ ไก่ที่มีลักษณะของเนื้อไก่จะมี สีเหลืองอมน้ำตาลและภายในกระดูกจะมีสีน้ำตาลเข้ม

การอบ คือ กระบวนการที่ทำให้น้ำหรือความชื้นภายในอาหารลดลงหรือสุกโดยที่ผิวของอาหาร จะไม่ได้วางบนถ่านโดยตรง แต่จะเป็นการได้รับความร้อนจากการแผ่ความร้อนของถ่านที่วางอยู่ข้าง ๆ และอาหารจะสุกพร้อมกันโดยไม่ต้องกลับด้าน

เตาอบ คือ เตาที่มีส่วนประกอบเป็นวัสดุทนไฟและสามารถกักเก็บความร้อนไว้เพื่อใช้ในการอบ เตาอบที่มีประสิทธิภาพจะประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงและทำให้อาหารสุกได้อย่างทั่วถึง

เตาต้นแบบ คือ เตาอบไก่ขนาด 60 ลิตร ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

เตาแบบพัฒนา คือ เตาอบไก่ที่ได้พัฒนาโดยใช้สเตนเลสแผ่นบางสะท้อนความร้อน และปรับปรุงส่วนต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน หมายถึง ร้อยละของอัตราส่วน ระหว่างความร้อนใช้ประโยชน์กับความร้อนที่เข้าจากเชื้อเพลิง

ความร้อนที่ใช้ประโยชน์ หมายถึง ความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของเตาอบเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้อง (25 – 28 องสาเซลเซียส) ถึงจุดที่ทำให้ไก่สุก

1.6 ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบลักษณะทั่วไปของเตาอบไก่ต้นแบบ และเตาอบไก่ขนาด 200 ลิตร ที่พัฒนาแล้ว
2. ได้ทราบค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่ที่พัฒนาแล้ว ขนาด 200 ลิตร
3. ได้ทราบจุดคุ้มทุนของเตาอบไก่ขนาด 200 ลิตร ที่พัฒนาแล้วและสามารถนำไปประกอบเป็นอาชีพหลักหรืออาชีพเสริมได้
4. สามารถสร้างเตาอบไก่ที่สามารถนำมาใช้ในเชิงการค้าได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความร้อน

ความร้อน (heat) หมายถึง พลังงานรูปหนึ่งซึ่งถ่ายเทไปมาระหว่างระบบสองระบบซึ่งวางสัมผัสกันเมื่ออุณหภูมิของระบบทั้งสองแตกต่างกัน ความร้อนอาจเปลี่ยนแปลงมาจากพลังงานรูปอื่นหรือเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ ความร้อนอยู่ในวัตถุในรูปของพลังงานจลน์ (kinetic energy) ดังนั้น เมื่อโมเลกุลของวัตถุยังสั่นอยู่แสดงว่าวัตถุนั้นยังมีความร้อนอยู่ เมื่อโมเลกุลของวัตถุนั้นหยุดนิ่งแสดงว่าไม่มีความร้อนเหลืออยู่เลย

ความร้อน (heat) หมายถึง พลังงานรูปหนึ่งที่ถ่ายเทจากวัตถุไปสู่อีกวัตถุหนึ่งเนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ความร้อน (heat) หมายถึง พลังงานรูปหนึ่งที่ถ่ายเทจากวัตถุที่อุณหภูมิสูงไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำอันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง (fuel) หมายถึง สารที่มีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนเป็นพื้นฐาน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะทำให้สารเกิดการเผาไหม้และปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนนี้ปรากฏในทุกเฟสทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เชื้อเพลิงแข็งได้แก่ ถ่านหิน ถ่านโค้ก ไม้และฟืน เป็นต้นเชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าด เป็นต้น และเชื้อเพลิงก๊าซ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และก๊าซไฮโดรเจน เป็นต้น กรณีเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งนั้นมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ C, H และ S นอกนั้นอาจมี N และ O ด้วย ส่วนเชื้อเพลิงก๊าซมีองค์ประกอบพื้นฐานของไฮโดรคาร์บอนในรูปของ $C_m H_n$

2.3 การเผาไหม้

การเผาไหม้ หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ระหว่างออกซิเจนกับสารเผาไหม้ได้ (combustible) ของเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งๆ สารเผาไหม้ได้ในที่นี้มีธาตุหลัก 3 ตัว คือ คาร์บอน ไฮโดรเจนและกำมะถัน สำหรับกำมะถันขณะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนจะให้ความร้อนไม่มากนักเมื่อเทียบกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ในทางตรงกันข้ามกลับเพิ่มปัญหาในด้านการกัดกร่อนชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ รวมทั้งทำให้เกิดปัญหามลพิษในอากาศ (มนตรี พิรุณเกษตร. 2540, หน้า 416)

การเผาไหม้ของสารใด ๆ คือ การที่สารชนิดหนึ่งทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วคายพลังงานออกมา

ซึ่งลักษณะสำคัญของการเผาไหม้ของสาร เป็นดังนี้

1. สารที่เผาไหม้ได้ดีและคายพลังงานออกมามาก ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เกิดการเผาไหม้กับก๊าซ O_2 อย่างสมบูรณ์ จะให้ก๊าซ CO_2 และ H_2O พร้อมกับปล่อยความร้อนออกมาด้วย ดังสมการของการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ดังนี้

$$C_xH_y + (x+y/4)\,O_2 \text{ ----> } xCO_2 + y/2H_2O + \text{พลังงาน}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. การเผาไหม้ของสารใด เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและการเผาไหม้ของสารทุกชนิดมีทั้งการสลายพันธะและสร้างพันธะใหม่ ด้วยเหตุนี้พลังงานที่ดูดเข้าไปทั้งหมดที่ใช้ในการสลายพันธะน้อยกว่าพลังงานที่เกิดจากการสร้างพันธะใหม่คายออกมา และเนื่องจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเผาไหม้ให้ความร้อนออกมามากจึงใช้สารเหล่านี้เป็นเชื้อเพลิง

4. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลเล็ก ๆ จะเผาไหม้กับ O_2 ได้ดีกว่าโมเลกุลใหญ่ เช่น CH_4 เผาไหม้กับ O_2 ได้ดีกว่า $C_{10}H_{22}$ เป็น ต้น

5. ปัจจัยที่มีผลต่อการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ปริมาณก๊าซออกซิเจน ถ้ามีก๊าซออกซิเจนมากจะเกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ติดไฟให้เปลวไฟสว่าง แต่ไม่มีควันและเขม่าให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำและความร้อน แต่ถ้ามีก๊าซออกซิเจนน้อยจะเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ติดไฟให้เปลวไฟสว่างแต่มีควันและเขม่าให้ผงถ่านก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออก ไซด์กับน้ำและความร้อน

อัตราส่วนโดยอะตอมระหว่าง C กับ H ถ้าต่ำไม่มีควันเขม่า และถ้ามีค่าสูงจะมีควันเขม่ามาก ปริมาณควัน เขม่า อัตราส่วน โดยอะตอมของ C กับ H

2.3.1 ปฏิกิริยาเคมีของการเผาไหม้

การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของคาร์บอน และไฮโดรเจนกับออกซิเจนนั้น เขียน เป็นสมการได้ดังนี้

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 32.8\ MJ/kg$$

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 142.1\ MJ/kg$$

พบว่าปฏิกิริยาการเผาไหม้ดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาความร้อน โดยปลดปล่อยความร้อนออกมาประมาณ 32.8 MJ/kg ของคาร์บอนและ 142.1 MJ/kg ของไฮโดรเจน

2.3.2 แฟกเตอร์ที่มีผลต่อการเผาไหม้

กระบวนการเผาไหม้ที่ดีประกอบไปด้วย

1. อัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ตามสมการการเผาไหม้ข้างต้น ปริมาณของอากาศตามทฤษฎี (theoretical air) คือปริมาณอากาศที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง แต่ในทางปฏิบัติจริงแล้วอากาศที่ต้องการตามทฤษฎีนั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ปรากฏการณ์ ที่เห็นชัดสองอย่างของสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ คือ การเกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และคาร์บอนในก๊าซที่ได้เพื่อแก้ปัญหานี้จะต้องใช้ปริมาณอากาศมากเกินพอสำหรับการสันดาปที่สมบูรณ์

$$\text{เปอร์เซ็นต์อากาศมากเกินพอ} = \frac{(\text{อากาศที่ใช้จริง} - \text{อากาศที่ต้องการตามทฤษฎี}) \times 100}{\text{อากาศที่ต้องการตามทฤษฎี}}$$

2. การสัมผัสระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศหรือออกซิเจน คือ การที่อนุภาคของเชื้อเพลิงสัมผัสกับโมเลกุลของออกซิเจนได้อย่างทั่วถึง ในกรณีที่เชื้อเพลิงเป็นก๊าซการผสมกันนั้นจะเป็นไปได้ง่าย แต่ถ้าเชื้อเพลิงเป็นของแข็งหรือของเหลวการสัมผัสกันจะยุ่งยากมากขึ้น ในกรณีที่เชื้อเพลิงเป็นของเหลวส่วนใหญ่จะมีการทำให้เป็นอนุภาคเล็ก ๆ โดยใช้

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวพ่นแล้วจึงทำการเผาไหม้ ซึ่งจะทำให้รวมตัวกับอากาศได้ง่ายและเกิดการเผาไหม้ได้ดีเหมือนเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ

3. อุณหภูมิที่สูงพอต่อการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง หรือการรวมตัวกันทางเคมีของเชื้อเพลิงกับอากาศนั้นจะเกิดขึ้นโดยตรงกับอุณหภูมิ การเผาไหม้จะเกิดช้าในตอนแรกๆ และจะเกิดต่อไปเรื่อยๆ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ก็จะไปเพิ่มอุณหภูมิของเชื้อเพลิงและอากาศให้สูงขึ้นทำให้อัตราการเผาไหม้เพิ่มขึ้นด้วย ฉะนั้นสิ่งที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้แบบเกิดขึ้นได้เองและต่อเนื่อง (spontaneous combustion) นั้นจะต้องมีปริมาณความร้อนจากภายนอกช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้และให้ปริมาณความร้อนออกมามากขึ้น จนมีอุณหภูมิสูงพอต่อการเผาไหม้แบบต่อเนื่องได้ โดยปกติแล้วในการเผาไหม้นั้นต้องการให้มีอุณหภูมิสูงเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดีแต่การที่จะให้อุณหภูมิสูงได้มากน้อยแค่ไหนนั้นข้อจำกัดที่สำคัญคือชนิดของเชื้อเพลิงที่ได้ ซึ่งสามารถให้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในกรณีที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปก็จะทำให้เกิดข้อเสียได้คือทำให้เกิดการรวมตัวกันเป็นสารที่ไม่ต้องการได้เช่นสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน (NOX) หรืออาจจะทำให้เกิดเถ้าหลอมตัวเป็นขี้โลหะ (slag) เกาะติดอยู่บนผนังที่เป็นเหล็กที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

4. เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้สมบูรณ์ เวลาที่เชื้อเพลิงอยู่ในเตาควรจะมีเวลานานพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ได้มากที่สุด แต่การทำให้ได้ผลสมบูรณ์คือเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้จนหมดนั้นย่อมเป็นไปได้ยากมาก เพราะต้องใช้เวลานานมากและทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงมากด้วย เพราะต้องใช้เตาเผาที่มีความร้อนสูงมากหรืออาจจะต้องมีระบบไหลเวียนของเชื้อเพลิงกลับมาใหม่ (recalculating system)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.3.3 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง

กระบวนการเผาไหม้ในเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มต้นด้วยออกซิเจนสัมผัสกับผิวคาร์บอน
2. เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ให้ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์
3. มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มาที่ผิว
4. การทำปฏิกิริยากัน ระหว่างก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์กับออกซิเจนเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง จะเกิดการผสมแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) จะทำให้มีพื้นผิวของเชื้อเพลิงในการสัมผัสกับออกซิเจนมีจำกัด คือจะเกิดปฏิกิริยาเฉพาะที่ผิวของเชื้อเพลิงเข้าไปเรื่อยๆ จากปัญหานี้จะเห็นว่าการออกแบบระบบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งนั้นควรคำนึงถึงเหตุผลต่างๆ ดังนี้

1. พื้นที่ผิวการสัมผัสของอากาศและเชื้อเพลิง ควรมีพื้นที่ผิวการสัมผัสมากพอเพื่อให้เกิดปฏิกิริยามากที่สุด ซึ่งทำได้โดยการบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็กลง การทำให้เชื้อเพลิงไม้มีขี้เถ้าเกาะ โดยการใช้เทคนิคทางฟลูอิดไดเซชั่น เพราะในการเกิดฟลูอิดไดเซชั่น เบสจะมีการเคลื่อนไหวของก๊าซอย่างรุนแรงและปั่นป่วน (turbulence) ทำให้เกิดการสัมผัสกันของอากาศและเชื้อเพลิงเป็นไปได้ดี เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างรวดเร็วและเบสยังทำหน้าที่ช่วยในการขัดขี้เถ้าที่เกาะติดอยู่บนผิวเชื้อเพลิงให้หลุดออกด้วย จึงเกิดพื้นผิวใหม่พร้อมที่จะเกิดการเผาไหม้ต่อไป

2. อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วที่พื้นผิวของเชื้อเพลิงสามารถสัมผัสกับอากาศ ดังนั้นจึงต้องมีเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้อย่างเพียงพอเพื่อให้เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ได้หมด ซึ่งในฟลูอิดไดซ์เบสจะมีเบสที่ทำให้เชื้อเพลิงเกิดการหมุนเวียนในเบส ทำให้เชื้อเพลิงมีเวลาอยู่ในเตาเผาได้นานเพียงพอที่จะทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

3. อุณหภูมิในการเผาไหม้ จะต้องมีค่าสูงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งในเตาฟลูอิดไดซ์เบสจะมีเบสเป็นตัวอมความร้อน (heat storage) ทำให้เมื่อเชื้อเพลิงสัมผัสกับเบสที่ร้อนจะสามารถเกิดการเผาไหม้ได้อย่างรวดเร็ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.3.4 ลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่มีความร้อนและแสงถูกปล่อยออกมา เรียกว่าปฏิกิริยาคายความร้อน พลังงานที่ปล่อยออกมาจะมีผลสืบเนื่องมาจากการจัดรูปพันธะเคมีใหม่ พลังงานที่สามารถนำมาใช้ในการอบแห้งหรือหุงต้มได้ การคำนวณค่าความร้อนจึงเกี่ยวข้องกันโดยตรงกับผลของความร้อนจากการเผาไหม้ ค่าที่คำนวณได้นี้จะเป็นพลังงานที่ปล่อยออกมาทั้งหมดจะมีความร้อนเหลือใช้งานเพียงบางส่วนเท่านั้น ส่วนความร้อนที่สูญเสียจะมีมากเตาเผาทุกชนิดจะเกิดการสูญเสียความร้อน เตาเผาบางประเภทอาจจะมีวิธีควบคุมอัตราการสูญเสียความร้อนได้ดีกว่าประเภทอื่นที่ขีดจำกัดหนึ่ง การควบคุมอัตราการสูญเสียความร้อนให้มีค่าต่ำสุดโดยที่การออกแบบและควบคุมระบบเผาที่ดี ประสิทธิภาพของการเผาไหม้จะสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการออกแบบเตาเผาเพื่อให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูง

และเกิดก๊าซมลพิษที่น้อยที่สุด การควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จึงเป็นสิ่งจำเป็น ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเผาไหม้สมบูรณ์ ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และความปั่นป่วน ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของเตา เราจำเป็นต้องทราบค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (heat value) ความร้อนที่เข้ามากับอากาศและออกไปกับไอเสียและปริมาณความร้อนที่สูญเสีย (heat loss)

2.4 การเกิดก๊าซมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

อธิบายว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ก่อให้เกิดก๊าซมลพิษทางอากาศ ส่วนใหญ่ก๊าซมลพิษที่เกิดขึ้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์(So_2) เป็นต้น การเกิดก๊าซมลพิษหลักๆเนื่องจากเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของธาตุซัลเฟอร์ (S) ไนโตรเจน (N) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) และคาร์บอน (C) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน, 2542 , หน้า 5)

2.4.1 กลไกการเกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

ก๊าซ NO_x เป็นมลพิษทางอากาศที่สำคัญ เพราะเป็นต้นกำเนิดของการเกิดหมอกพิษ โดยเมื่อทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศและมีแสงแดดเป็นแหล่งพลังงานเร่งการเกิดซึ่งเรียกว่าปฏิกิริยาเคมีแสง นอกจากนี้เมื่อรวมกับความชื้นในบรรยากาศทำให้เกิดสภาพฝนกรดขึ้นได้ ดังนั้นก๊าซ NO_x จึงต้องได้รับการควบคุมไม่ให้ปลดปล่อยออกมาสู่บรรยากาศในปริมาณที่มากเกินไปออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้คือ ไนโตรเจน (NO) เมื่อ NO ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศแล้วค่อย ๆ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนต่อไปอย่างช้า ๆ กลายเป็นก๊าซ NO_2 มีเพียงประมาณ 5 % จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซ NO_2 ก่อนออกจากปล่องควัน ออกไซด์ของไนโตรเจนอื่นๆ เช่น ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไนโตรเจนไตรออกไซด์ (N_2O_3) ไนโตรเจนเพนท์ออกไซด์ (N_2O_5) จะเกิดในปริมาณที่เล็กน้อย ออกไซด์ของไนโตรเจนเรียกรวมกันเป็นกลุ่มว่าก๊าซ NO_x

1. การเกิดก๊าซ NO_x ด้วยความร้อน ในอากาศประกอบด้วยไนโตรเจนร้อยละ 77 และออกซิเจนร้อยละ 23 โดยน้ำหนัก เมื่อเกิดการเผาไหม้ในเตาเผาไหม้ที่อุณหภูมิจนถึง 2800 องศาฟาเรนไฮด์ (1,500 องศาเซลเซียส) ไนโตรเจนและออกซิเจน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHANAKORN UNIVERSITY

บางส่วนจะแตกตัว เข้าทำปฏิกิริยากับ N_2 เป็น NO ซึ่งการเกิด NO เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็น ดังนี้

$$O_2 = 2O$$

$$O + N_2 = NO + N$$

$$N + O_2 = NO + O$$

2. การเกิดก๊าซ NO จากไนโตรเจนในเชื้อเพลิง โดยทั่วไปจะมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบซึ่งปริมาณที่มีอยู่จะแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงชีวะมวลโดยส่วนใหญ่ มีไนโตรเจนอยู่ประมาณร้อยละ 0 - 0.35 โดยน้ำหนัก เมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาประมาณร้อยละ 70 – 60 ของไนโตรเจนในเชื้อเพลิง จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็น NO อัตราส่วนที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ถ้าในโซนเผาไหม้มีเชื้อเพลิงอยู่มากโมเลกุลของเชื้อเพลิงจะแตกตัวได้ N_2 แทนที่จะเกิด NO ในทางตรงกันข้าม ถ้าในโซนเผาไหม้มีเชื้อเพลิงน้อย (อากาศมาก) ไนโตรเจนในเชื้อเพลิงจะรวมตัวเป็น NO การลดปริมาณก๊าซ NO ในเชื้อเพลิงชีวะมวลสามารถกระทำได้ โดยการควบคุมปริมาณอากาศในการเผาไหม้ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในกระบวนการปรับปรุงระบบการเผาไหม้เพื่อลดการเกิดก๊าซ NO

2.4.2 กลไกการเกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์

ก๊าซ CO เป็นผลผลิตของการสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ของธาตุคาร์บอน (C) และสารประกอบคาร์บอนในอากาศก๊าซ CO ที่ปล่อยออกจากแหล่งของการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) จะมีปริมาณมากกว่าที่ปล่อยออกมาจากแหล่งอื่นๆทั้งหมดรวมกันเป็นก๊าซ CO เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส แหล่งเกิดหรือแหล่งที่มาที่สำคัญอาจจำแนกเป็นแหล่งธรรมชาติและแหล่งจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหิน ถ่านไม้ และสารอื่นๆที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ก๊าซ CO ไม่ปรากฏเป็นพิษต่อพืชหรือทำให้เสียหายต่อสิ่งก่อสร้าง แต่เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์อย่างมาก เพราะร่างกายไม่มีภูมิต้านทานหรือป้องกันก๊าซนี้ได้เพราะก๊าซ CO สามารถรวม haemoglobin (Hb) ในโลหิตดีกว่าออกซิเจนมากเมื่อก๊าซ CO เข้าสู่ร่างกายจะเข้าไปแทนที่ O_2 ใน haemoglobin ทันทีจึงไปขัดขวางกระบวนการปกติของการลำเลียง O_2 ไปสู่เซลล์ต่างๆ ของร่างกายเป็นเหตุให้เซลล์ของร่างกายขาดออกซิเจน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การเผาไหม้เชื้อเพลิงก่อให้เกิดก๊าซ CO ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงกลาง ของปฏิกิริยาการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงคาร์บอนกับออกซิเจน เมื่อปริมาณของออกซิเจนที่มีอยู่ไม่เพียงพอ ปฏิกิริยาจะให้ก๊าซ CO เป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการเผาไหม้ ในกรณีที่มี O_2 มากเกินพอก๊าซ CO อาจเกิดได้ในสองกรณี คือ

1. การผสมระหว่างเชื้อเพลิงของอากาศไม่ดี ทำให้บางจุดในห้องเผาไหม้ขาดออกซิเจน

2. ก๊าซ CO อาจเกิดได้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงมากๆ สูงกว่า 2,000 เคลวิน ทำให้ก๊าซ CO แตกตัวกลับไปเป็นก๊าซ CO

2.4.3 กลไกการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

การเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกิดจากการสันดาปหรือเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือวัสดุที่มีธาตุซัลเฟอร์ (S) เป็นส่วนประกอบเช่น ถ่านหินและน้ำมัน ซัลเฟอร์ออกไซด์ที่ปล่อยออกมาเกือบทั้งหมดเป็นก๊าซ SO_2 และบางส่วนเป็นก๊าซ SO_3 เมื่อถูกแสงอาทิตย์ก๊าซ SO_3 จะถูกดูดกลืนอย่างรวดเร็วโดยฝนหรือเมฆและกลาย เป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ดังนั้นก่อให้เกิดหมอกน้ำค้างของซัลเฟอร์ เมื่อกรดซัลฟูริกและซัลเฟตตกลงสู่ผิวดินพร้อมกับน้ำฝนเป็นเหตุให้น้ำฝนมี pH ต่ำกว่า 7 โดยทั่วไปเรียกว่าฝนกรดปัญหาสำคัญของการเกิดก๊าซมลพิษทางอากาศ คือ การที่ก๊าซ SO_2 สามารถเกิดปฏิกิริยาภายใต้สภาวะต่างๆได้ เช่น ด้วยเคมีแสง ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาหรือสารมลพิษในอากาศอื่นๆ กลายเป็น SO_3, H_2SO_4 และเกลือของ H_2SO_4 นอกจากนี้ยังมีมลสารในอากาศอื่นๆรวมทั้งออกไซด์ของไนโตรเจนเองที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ด้วยและออกไซด์ของโลหะบางชนิดสามารถออกซิไดซ์ ก๊าซ SO_2 กลายเป็นซัลเฟตได้โดยตรง

ก๊าซ SO_2, SO_3 เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีธาตุซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบที่อุณหภูมิสูง ซึ่งจุดสมดุลจะให้ค่าก๊าซ SO_3 มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำและให้ค่าก๊าซ SO_2 มากกว่าที่อุณหภูมิสูงดังนั้นก๊าซ SO จะถูกพบในปริมาณเล็กน้อยบริเวณโซนเผาไหม้และปริมาณก๊าซ SO_3 จะมากขึ้นเมื่อไอเสียเย็นลงทั้งนี้จุดสมดุลจะเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเย็นลง ในกรณีที่การเผาไหม้ใช้อัตราส่วนของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนสูง อัตราการเปลี่ยนแปลงจากก๊าซ SO_2 ไปเป็นก๊าซ SO_3 จึงเกิดได้น้อยภายใต้สภาวะที่ใช้เชื้อเพลิงเข้มข้นเมื่อผลิตภัณฑ์ของการเผาไหม้ไหลออกจากโซนเผาไหม้ อุณหภูมิจะลดลงอะตอมจะเกิดการรวมตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อไม่มีอะตอมเหลืออยู่การเกิดและการสูญเสียก๊าซ SO_3 จะไม่เกิดขึ้น ก๊าซ SO_3 บางส่วนอาจสลายตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง ด้วยเหตุนี้จึงมีปริมาณก๊าซ SO_3 สูงในบริเวณโซนเผา

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ไหม้เมื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีไฮโดรคาร์บอนต่ำและปริมาณของก๊าซ SO_3 ที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง จากการวัดค่าก๊าซ SO_3/ SO_2 ในเตาเผาอุตสาหกรรมพบว่า จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1/40 และ 1/80 ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีไฮโดรคาร์บอนสูง ปริมาณก๊าซ SO_3 แทบจะวัดค่าไม่ได้เลย ดังนั้นออกไซด์ของซัลเฟอร์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ส่วนใหญ่แล้ว คือ ก๊าซ SO_2

การเปลี่ยนแปลงจากก๊าซ SO_2 ไปเป็น SO_3 ในบรรยากาศโดยปกติจะเกิดได้ช้า เนื่องจากอุณหภูมิของบรรยากาศค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามเมื่อก๊าซ SO_2 ในบรรยากาศไปเกาะบนผิวมวลสารที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารแขวนลอยในอากาศของมวลสารจะไปเร่งอัตราการแปรรูปของก๊าซ SO_2 ไปเป็นก๊าซ SO_3 นอกจากนี้อาจเป็นตัวนำไปสู่การเกิดละอองซัลเฟตลอยอยู่ในบรรยากาศด้วย ออกไซด์ของซัลเฟอร์มีสมบัติเป็นกรดในบรรยากาศจึงเป็นพิษโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตและสามารถทำความเสียหายต่อสิ่งไม่มีชีวิตได้ เช่น เกิดการกัดกร่อนวัสดุและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ

2.5 การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนเคลื่อนที่จากตำแหน่งๆ หนึ่งไปยังตำแหน่งอีกตำแหน่งหนึ่งได้ 3 วิธีด้วยกันคือการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การเคลื่อนที่ของความร้อนทั้ง 3 วิธีนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น โดยความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2542, หน้า 8)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.5.1 การนำความร้อน (Heat Conduction)

การนำความร้อน คือ วิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่อุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำภายในตัวกลางเดียวกัน หรือเป็นการเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของสารโดยที่โมเลกุลไม่เคลื่อนที่ (อยู่นิ่ง) การนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็ง

การเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการนำเกิดขึ้นบ้างในของเหลวและก๊าซ แต่มักจะแยกไม่ออกจากการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบพกพาความร้อนเคลื่อนที่โดยการนำได้ โดยการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำนอกจากนี้ความร้อนยังเคลื่อนที่ไปได้ด้วยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลภายในของแข็ง ในลักษณะของพลังงานความสั่นสะเทือน (vibration energy) อีกด้วย หลักการคำนวณเกี่ยวกับการ

นำความร้อนถูกตั้งขึ้นโดย โจเซฟ โฟริเออร์ (Joseph Fourier) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส โฟริเออร์ ได้เสนอสมการที่ใช้สำหรับคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการนำแสดงดังสมการ (2.1)

$$Q_x = -kA\left(\frac{dT}{dx}\right) \qquad \text{..... (2.1)}$$

โดยที่ค่า k คือการนำความร้อน (thermal conductivity) ของสารที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านมีหน่วยเป็น W/m - K ในระบบ SI และมีหน่วยเป็น Btu/hr – ft - ^{0}F ในระบบอังกฤษ

A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน

$\frac{dT}{dx}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับระยะทาง

2.5.2 การพาความร้อน (Heat Convection)

การพาความร้อน คือ วิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของแข็งและของไหลของไหลจะเป็นตัวพาความร้อนมาให้หรือพาความร้อนจากผิวของของแข็ง กลไกที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพานั้น เกิดการรวมตัวของการนำความร้อนการสะสมพลังงานและการเคลื่อนที่ของของไหล การพาความร้อนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ การพาโดยการบังคับ (forced convection) และการพาตามธรรมชาติ (natural หรือ free convection)

การพาโดยการบังคับ (forced convection) คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งและของไหล โดยที่ของไหลจะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับผิวของของแข็งโดยกลไกภายนอก เช่น พัดลม หรือเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น

การพาตามธรรมชาติ (natural หรือ free convection) คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งและของไหลโดยที่ไม่มีกลไกใด ๆ ที่ทำให้ของไหลเคลื่อนที่ แต่ของไหลที่อยู่กับผิวของของแข็งก็อาจเคลื่อนที่ได้ โดย แรงลอยตัวของของไหลเอง แรงลอยตัวขึ้นนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพานั้นเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก เมื่อพิจารณาแล้วมีหลายสิ่งหลายอย่างที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการพานี้เป็นต้นว่า คุณสมบัติต่างๆของของไหล เช่น ความหนาแน่น ความร้อนจำเพาะ ความหนืด ความเร็วของของไหลความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นผิวของของแข็งและของไหล เป็นต้น นิวตัน (Newton) ได้เสนอสมการสำหรับคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพา แสดงสมการ (2.2)

$$Q = h(T_h - T_c) \qquad \text{..... (2.2)}$$

โดยที่ h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (heat transfer coefficient)

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของของแข็งที่สัมผัสกับของไหล

T_h คือ อุณหภูมิที่ร้อนกว่า (ของของไหลหรือพื้นที่ผิวของของแข็ง)

T_c คือ อุณหภูมิที่เย็นกว่า (ของของไหลหรือพื้นที่ผิวของของแข็ง)

2.5.3 การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation)

การแผ่รังสีความร้อน คือ การที่ความร้อนเคลื่อนที่ได้โดยมิต้องอาศัยตัวกลางดังเช่นในการนำความร้อนและการพาความร้อนในการแผ่รังสีความร้อน ความร้อนจะเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในสุญญากาศ ไอน์สไตน์ (Einstein) กล่าวว่าในการแผ่รังสีความร้อนเคลื่อนที่โดยอาศัยกลไกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเตฟานและโบลซ์แมน (Stefan and Boltzmann) ได้เสนอสมการในการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนสูงสุดโดยการแผ่รังสีความร้อนแสดงดังสมการ (2.3)

$$Q = \sigma A T^4 \qquad \text{..... (2.3)}$$

โดย σ คือ ค่าคงที่ของสเตฟานและโบลซ์แมน (Stefan and Boltzmann Constant)

ซึ่งมีค่า 5.67×10^{-8} W/m^2-K^4 ในระบบ SI และมีค่าเป็น

0.17114×10^{-8} Btu/hr- ft^2-R^4 ในระบบอังกฤษ

A คือ พื้นที่

T คือ ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

พลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งได้จากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก เป็นพลังงานที่นำมาใช้ทดแทนพลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้ วัตถุที่ให้การแผ่รังสีความร้อนสูงสุดตามสมการข้างต้น เรียกว่า วัตถุอุดมคติ (Ideal body) หรือวัตถุดำ (black body) วัตถุที่มีอยู่ทั่วๆไปจะแผ่รังสีความร้อนได้น้อยกว่าวัตถุอุดมคติ การแผ่รังสีความร้อนจากวัตถุโดยทั่ว ๆ ไปที่อุณหภูมิ T และพื้นที่ A แสดงดังสมการ (2.4)

$$Q = \varepsilon\sigma AT^4 \qquad \text{..... (2.4)}$$

โดยที่ ε คือ คุณสมบัติการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุ (emissive)

การเปลี่ยนแปลงความร้อนระหว่างวัตถุที่มีพื้นที่ผิว A และค่าการแผ่รังสีความร้อนกับวัตถุใหญ่ซึ่งครอบคลุมวัตถุเล็กอยู่โดยที่วัตถุเล็กมีอุณหภูมิ T_h และวัตถุใหญ่มีอุณหภูมิ T_c สามารถอธิบายอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนสุทธิของวัตถุทั้งสองได้แสดงดังสมการ (2.5)

$$Q_n = \varepsilon\sigma A(T_h^4 - T_c^4) \qquad \text{..... (2.5)}$$

จากสมการ (2.5) สำหรับอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนสุทธิอาจปรับปรุงแบบได้แสดงดังสมการ (2.6)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$$Q_n = \varepsilon\sigma A(T_h - T_c)(T_h + T_c)(T_h^2 + T_c^2) \qquad \text{..... (2.6)}$$

ในหลาย ๆกรณีเป็นการสะดวกมากถ้าเขียนสมการให้อยู่ในรูปดังสมการ (2.7) โดยที่ค่า h_r สามารถคำนวณได้แสดงสมการ (2.8)

$$Q_n = h_r A(T_h - T_c) \qquad \text{..... (2.7)}$$

$$h_r = \varepsilon\sigma(T_h + T_c)(T_h^2 + T_c^2) \qquad \text{..... (2.8)}$$

เมื่อ h_r คือ สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (radiation heat transfer coefficient)

2.5.4 ผลรวมการถ่ายเทความร้อนโดยการพาและการแผ่รังสีความร้อน (Combined Convection and Radiation)

เมื่อการถ่ายเทความร้อนเกิดจากการพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนพร้อมกันและอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนไม่แตกต่างกันมากนัก การวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนยุ่งยากมากแต่ในบางกรณีเราสามารถประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนได้โดยการรวมอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนเข้าด้วยกัน เช่น การไหลของก๊าซที่ได้จากการสันดาปซึ่งประกอบด้วยก๊าซ CO_2 , CO และ H_2O ที่อุณหภูมิ T_h ในท่อ อุณหภูมิผนัง T_c การถ่ายเทความร้อนจากก๊าซไปสู่ผนังท่อ จะเกิดขึ้นทั้งโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน หากอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนมีค่าไม่มากนัก อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมสามารถหาได้ โดยประมาณจากการรวมอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งสองวิธีเข้าด้วยกันแสดงดังสมการ (2.9)

$$\begin{aligned} Q &= h(T_h - T_c) + h_r(T_h - T_c) \\ &= (h + h_r)(T_h - T_c) \\ &= h_{cr}(T_h - T_c) \end{aligned} \qquad \text{..... (2.9)}$$

โดยที่ h_c คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการพาและการแผ่รังสีความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.5.5 การประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา

การประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา หาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ความร้อนที่ใช้ประโยชน์} \times 100\,\%}{\text{ความร้อนที่เข้าจากเชื้อเพลิง}}$$

ความร้อนที่ใช้ประโยชน์หาได้จากสมการ (2.10)

$$Q_u = mC_p(T_2 - T_1) + (m - m_1)L \qquad \text{..... (2.10)}$$

เมื่อ

m = น้ำหนักของไก่ก่อนอบ (กรัม)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ (1 แคลอรี/กรัม)

T_1 = อุณหภูมิของเตาด้านนอก (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของเตาด้านใน (องศาเซลเซียส)

m_1 = น้ำหนักของไก่ที่เหลือ (กรัม)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ (540 แคลอรี/กรัม)

ความร้อนที่เข้าจากเชื้อเพลิงหาได้จาก สมการ (2.11)

$$Q_w = m_f H \qquad \text{.....(2.11)}$$

เมื่อ

m_t = น้ำหนักถ่าน (กิโลกรัม)

H_t = ค่าความร้อนที่ได้จากถ่าน (7689.6 แคลลอรี/กรัม.เซลเซียส)

จะหาประสิทธิภาพได้จาก สมการ (2.12)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{mCp(T_2-T_1) + (m-m_1)L \times 100\ \%}{m_t H_t} \qquad \text{.....(2.12)}$$

2.5.6 การหาค่าความชื้น

ไก่ที่ใช้ในการอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นนั้น จะหาค่าความชื้นได้จาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไก่} = \frac{(\text{น้ำหนักไก่ก่อนอบ} - \text{น้ำหนักไก่หลังอบ})}{\text{น้ำหนักไก่หลังอบ}} \times 100\ \%$$

2.6 การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการลงทุน

จุดคุ้มทุน หมายถึง ณ ระดับการผลิตหรือการขายระดับใดระดับหนึ่งที่ก่อให้เกิดรายได้รวม (total revenue) เท่ากับต้นทุนรวม (total cost) โดยราคาขายกำหนดให้มีราคาเดียว การประเมินความเหมาะสมทางด้านการลงทุน ของการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่แบบถังขนาด 200 ลิตร จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จะมีค่ามากหรือน้อยเพียงใดค่าเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดได้ หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพ ของเตาอบไก่แบบถังขนาด 200 ลิตร สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ปริมาณเชื้อเพลิงที่สามรถประหยัดได้ = {ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ × (ประสิทธิภาพหลังการปรับปรุง – ประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุง)}/ ประสิทธิภาพหลังการปรับปรุง

ค่าเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดได้ = (ปริมาณเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดได้) × (ราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วย)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)}}{\text{เงินที่สามารถประหยัดได้ (บาท/เดือน)}}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.7 กลไกการแห้งตัวของวัสดุ

จะมีความเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวล (mass transfer) จากวัสดุไปยังอากาศที่ผ่านซึ่งการเคลื่อนที่ภายในวัสดุก็มีผลต่อการถ่ายเทมวลอีกต่อหนึ่งในช่วงต้นๆ เมื่อผ่านอากาศร้อนเข้าไปจะมีฟิล์มของน้ำอยู่สม่ำเสมอที่ผิวของวัสดุ ถ้าวัตถุเป็นชนิดไม่เป็นรูพรุน (non-porous) น้ำที่ถูกนำออกไปจากอากาศเป็นน้ำที่ผิว (ในช่วงนี้) เท่านั้นส่วนวัสดุที่เป็นรูพรุนน้ำส่วนมากที่ถูกนำออกไปจะถูกส่งมาจากภายในของวัสดุ ขบวนการระเหยตัวของน้ำในวัสดุรูพรุนจะมีกลไกเหมือนกับเทอร์โมมิเตอร์กระเปราะเปียก ซึ่งอัตราการระเหยตัวของน้ำในช่วงนี้จะคงที่ตลอดเวลาอุณหภูมิของวัสดุเปียก จะเท่ากับอุณหภูมิของกระเปราะเปียกของอากาศที่เปียกต่อมาเมื่อความชื้นของวัสดุลดลงทำให้น้ำที่ผิวของวัสดุไม่สามารถรักษาฟิล์มของน้ำสม่ำเสมอ

(contain film) ปกคลุมพื้นผิวทั้งหมดอยู่ได้จุดนี้เอง ซึ่งอัตราการระเหยตัวของน้ำจะเริ่มลดลง ซึ่งถ้าเป็นสารที่ไม่เป็นรูพรุนจุดนี้จะเกิดขึ้นเมื่อความชื้นตามพื้นได้ระเหยไป ส่วนสารที่เป็นรูพรุนจะเกิดขึ้น ณ เวลาที่อัตราการไหลของความชื้นมาที่ผิวไม่เท่ากับอัตราการระเหยตัวของน้ำที่ผิวค่าความชื้นที่จุดเริ่มต้นที่มีอัตราการระเหยนี้จะแปรไปตามความหนาของวัสดุและอัตราการทำให้แห้ง ฯลฯ

2.7.1 ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

ช่วงเวลาการอบแห้งคงที่นี้ การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้นจะพบว่าน้ำจะเกาะอยู่ที่ผิวของวัสดุเป็นจำนวนมากตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งก์ คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม โดย

1. เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่าน ทำให้ฟิล์มอากาศนิ่งมีความหนาลดลง ส่งผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนของมวลลดลงด้วย

2. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุ และของกระแสอากาศที่ไหลอย่างมีอิสระมีมากขึ้น (ผลจากการถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น)

3. เมื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นอิ่มตัวที่ผิวของวัสดุและอัตราส่วนความชื้นของกระแสอากาศมีมากขึ้นทำให้มีการถ่ายเทมวลได้ดีขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.7.2 ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง การถ่ายเทความร้อนและมวลจะไม่จำกัดอยู่ที่ผิวของวัสดุแต่จะเกิดขึ้นที่ผิวของวัสดุและเนื้อของวัสดุด้วย

1. เมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่าน ทำให้ฟิล์มอากาศนิ่งมีความหนาลดลง ส่งผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลงเนื่องจากความต้านทานที่ฟิล์มอากาศมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความต้านทานตัวอื่น ดังนั้นไม่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลมากนัก

2. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิมีค่ามากขึ้นและส่งผลถึงค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย

3. เมื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น ส่งผลถึงค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย

2.8 ฉนวน

2.8.1 ความหมายของฉนวน

ฉนวนโดยทั่วไป หมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใด ๆ หรือการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) ระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการถ่ายเทความร้อนนั้น มี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลาย ๆ วิธีพร้อมกัน ได้แก่ การนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation)

การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้ถูกต้อง จำเป็นต้องเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนกันความร้อนประเภทต่าง ๆ ก่อน ฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปแล้วเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงเล็ก ๆ และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ (totally enclosed) เรียกว่า ฉนวนมวลสาร (mass insulation) นั่นเอง ช่องเล็ก ๆ เหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากเกล็ด (flakes) เส้นใย (fibers) ปมแข็ง (nodules of solids) หรือเซลล์ของตัววัสดุนั้นเองยกเว้นฉนวนสะท้อนความร้อน (reflective insulation)

กลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนมวลสารเกิดขึ้นได้โดยช่องเล็ก ๆ ที่อยู่ภายในวัสดุและลักษณะเป็นโพรงอากาศนี้เอง ที่ทำหน้าที่ต้านทานการไหล (flow) ของอากาศหรือก๊าซทำให้มีความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะสามารถถ่ายเทผ่านจากด้านหนึ่งของวัสดุ ไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยกระบวนการพาความร้อนได้

เมื่อพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในฉนวน ที่มีค่าความหนาแน่นค่าหนึ่งของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนใด ๆ นั้น สภาพการนำความร้อนปรากฏ (apparent thermal conductivity) ที่เกิดขึ้นจะลดลงได้ เนื่องจากการพาความร้อน โดยอากาศภายในฉนวนกันความร้อนนั้นลดลงเพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใยที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่ง ไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดีถึงแม้ว่าภายในเซลล์บางส่วนจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นภายในฉนวนนั้นก็ตาม เมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มมากขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ (organic fibrous material) เช่น ไม้ (wood) ชานอ้อย (cane) ฝ้าย (cotton) ขนสัตว์ (hair) เส้นใยเซลลูโลส (cellulose) ใยสังเคราะห์ (synthetic fiber)

3. วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ (organic cellular material) เช่น ไม้ก๊อก (cork) โฟมยาง (foamed rubber) โพลีสไตรีน (polystyrene) โพลียูรีเทน (polyurethane)

4. วัสดุประเภทเซลล์แร่ (mineral cellular material) เช่น แคลเซียมซิลิเกต (calcium silicate) เพอร์ไลท์ (polite) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) โฟมคอนกรีต (foamed concrete)

การแบ่งอีกประเภทหนึ่ง เป็นการจำแนกฉนวนกันความร้อนออกตามลักษณะสมบัติ (Characteristics) ของส่วนประกอบหลัก ที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับทำหน้าที่กันความร้อน โดยแบ่งออก เป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทที่เป็นเส้นใย (fiber) ประกอบด้วยเส้นใยเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก วัสดุเส้นใยเหล่านี้อาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น เส้นใยของพืชต่างๆ หรือเป็นเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยแร่ ฯลฯ

2. ประเภทที่เป็นช่องหรือเซลล์ (cell) โดยแต่ละช่องผนึกแยกจากกันฉนวนประเภทนี้ประกอบด้วยเซลล์ที่ผนังของแต่ละเซลล์จะผนึกติดกัน ผลิตจากวัสดุจำพวกแก้ว พลาสติกหรือยาง ตัวอย่างของฉนวนพวกนี้ ได้แก่ โฟมชนิดยืดหยุ่น โฟมโพลีสไตรีน โฟมโพลีไอโซไซยานูเรต โฟมโพลียูรีเทน

3. ประเภทที่เป็นโพรงหรือช่องกลวง (granule) ซึ่งอากาศสามารถถ่ายเทระหว่างช่องกลวงได้ ฉนวนประเภทนี้ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กซึ่งเป็นโพรง โพรงเหล่านี้ติดต่อกันโดยโพรงอากาศ ดังนั้นความร้อนจึงสามารถถ่ายเทผ่านโพรงอากาศนี้ได้

4. ประเภทที่เป็นเกล็ดหรือแผ่นเล็กๆ (flake) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กอนุภาคเหล่านี้อาจถูกเทเข้าไปในโพรงอากาศ หรือทำให้เกาะตัวกันเข้าเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็ง ลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัดฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ เพอร์ไลท์และเวอร์มิคูไลท์

5. ประเภทที่เป็นแผ่นบาง (sheet) ทำจากวัสดุที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูงหรือมีสภาพการแผ่รังสีต่ำ การใช้งานฉนวนแบบแผ่นบางส่วนใหญ่จะใช้วัสดุหลาย ๆ ชนิดประกอบกันเป็นระบบมากกว่าใช้วัสดุเพียงชนิดเดียว การใช้งานฉนวนแบบแผ่นที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้ร่วมกับฉนวนแบบที่มีช่องว่างอากาศที่มีสภาวะอากาศอยู่นิ่งเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนโดย การนำความร้อนและการพาความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นฉนวนกันความร้อนประเภทใด จุดมุ่งหมายหลักในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนก็คือ การเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไป หรือเข้ามาภายในบริเวณที่กำหนดไว้ ดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้เป็นฉนวนต้องสามารถยับยั้งหรือขัดขวางการถ่ายเทความร้อนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

2.8.3 ฉนวนและสมบัติของฉนวน

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการผลิตฉนวนกันความร้อนในหลายรูปแบบขึ้น เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานประเภทต่าง ๆ เป็นจำนวนมากในที่นี้จะกล่าวถึงฉนวนกันความร้อนบางชนิด ที่สำคัญๆและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนี้

2.8.3.1 ใยแก้ว (glass fiber) ใยแก้วผลิตจากการนำก้อนแก้ว หรือเศษแก้วมาหลอมและปั่นจนเป็นเส้นใยละเอียด แล้วจึงนำมาขึ้นรูปเป็นฉนวนกันความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ฉนวนแบบคลุมห่อ (blanket) ฉนวนแบบแผ่น (board) และฉนวนแบบหุ้มท่อ (pipe cover) ฉนวนประเภทนี้เป็นฉนวนเส้นใยแบบเซลล์เปิด (open cell) มีโครงสร้างภายในเป็นเส้นใยและช่องว่างอากาศ (air gap) จัดเป็นวัสดุประเภทไม่ลามไฟ (noncombustible material) มีทั้งชนิดที่เป็นวัสดุปิดผิวและไม่มีวัสดุปิดผิวขึ้นอยู่กับการใช้งานวัสดุปิดผิวส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อใช้ป้องกันไอน้ำและความชื้น (vapor barrier)

ในปัจจุบันยังพิสูจน์ไม่ได้ว่าใยแก้วเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จึงยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ฉนวนประเภทนี้นอกจากจะสามารถกันความร้อนแล้วหากใช้ผสมผสานกับวัสดุอื่นอย่างถูกต้องจะมีส่วนช่วยในการกันเสียงด้วย ฉนวนชนิดนี้โดยทั่วไปจะกันไฟไม่ได้ โดยมีอุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 700 องศาเซลเซียสแต่ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้นและการควบแน่นเป็นหยดน้ำโดยจะสูญเสียสมบัติในการกันความร้อนไปเมื่อเปียกชื้น

2.8.3.2 ใยแร่ (mineral fiber) ใยแร่อาจเรียกว่า หินแร่ (mineral rock) หรือฝอยขี้โลหะ (slag wool) หรือใยหิน (rock wool) มีกรรมวิธีการผลิตคล้ายคลึงกับฉนวนใยแก้ว โดยการนำวัสดุประเภทแร่ เช่น ขี้โลหะจากการผลิตเหล็กกล้าทองแดง หรือตะกั่วมาใช้เป็นวัสดุหลักแทนฉนวน ใยแร่นี้จะมีรูปแบบและข้อจำกัดในการใช้งานทั่วไปเหมือนกับฉนวนใยแก้ว เช่น ปัญหาการติดไฟของตัวประสาน (binder) และการลุกไหม้ของผิวหน้า

ฉนวนประเภทนี้เป็นประเภทที่ไม่มีสารประกอบของแร่ใยหิน (Asbestos) ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีสมบัติในการกันความร้อนได้เทียบเท่ากับฉนวนใยแก้ว แต่สามารถทนไฟได้ดีกว่า จึงนำมาใช้เป็นฉนวนที่สามารถกันไฟได้ด้วย (ทนความร้อนได้ถึง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

800 องศาเซลเซียส) สมบัติพิเศษอีกประการหนึ่งคือ มีความสามารถในการดูดซับเสียง โดยปกติในการใช้งานจะใช้ฉนวนใยแร่ที่มีความหนาแน่นสูง (high density) และตกแต่งด้วยผ้าเพื่อความสวยงามแต่มีข้อจำกัดคือ ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น ดังนั้นจึงควรห่อหุ้มด้วยวัสดุป้องกันความชื้น

2.8.3.3 ใยเซลลูโลส ใยเซลลูโลสเป็นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตขึ้นมาจากการนำไม้หรือกระดาษที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง (recycle) โดยการแผ่และดึงให้กระจายออก ทำการย่อยจนละเอียด จากนั้นทำการประสานเข้าด้วยกันด้วยบอแร็กซ์ ส่วนผสมทั้งสองนี้จะช่วยให้สภาพต้านทานการลุกไหม้และการดูดซับความชื้น การประยุกต์ใช้งานอาจใช้ในลักษณะของการเทบรรจุ (loose fill) ในช่องผนังหรือเพดานของอาคารใช้ในลักษณะของฉนวนแบบแผ่น (butt) แบบคลุมห่ม (blanket) หรือเป็นโฟมฉีดสำหรับเป็นฉนวนกันความร้อนใต้ดาดฟ้าหรือหลังคา

ข้อจำกัดในการใช้งานของฉนวนกันความร้อนแบบนี้ก็คือ ถ้าไม่สามารถควบคุมให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐานที่กำหนด เช่น มีอากาศพ่นเข้าไปในเครื่องจักรผลิตฉนวนมากเกินไป ทำให้มีความหนาแน่นต่ำกว่ามาตรฐาน ฉนวนนั้นจะยุบตัวลงทีละน้อย ทั้งจากผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือนหรือความชื้น เป็นสาเหตุทำให้สภาพการต้านทานความร้อนลดลงและเนื่องจากวัสดุที่ใช้ผลิตเป็นเส้นใยธรรมชาติซึ่งติดไฟได้ ดังนั้นจึงต้องมีการผสมสารที่หน่วงการไหม้ไฟในอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วย

โดยทั่วไปแล้วฉนวนใยเซลลูโลสที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาด ปัจจุบันมักทำขึ้นจากเยื่อกระดาษที่ใส่สารกันไม่ให้ไฟลามทำให้สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ระดับหนึ่ง เมื่อโดนไฟไหม้จะมีควันและดับไปเองในที่สุด ถ้าเยื่อกระดาษนี้มีสารเคมีผสมอย่างถูกต้องก็สามารถใช้เป็นวัสดุกันไฟได้ สำหรับคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนจะมีค่าใกล้เคียงกันกับใยแร่และใยแก้ว

2.8.3.4 โฟม (foam) โฟมเป็นฉนวนที่กันความร้อนได้ดีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไปโฟมจะไม่ดูดซับความชื้น แต่เนื่องจากโฟมมีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อโดนความร้อนสูงเป็นเวลานาน ๆ โฟมจะเปลี่ยนรูป เช่น บิดงอ บุบสลาย หรือไหม้ไปในที่สุด แต่ในบ้านทั่ว ๆ ไปมักจะไม่มีอุณหภูมิสูงถึงระดับนั้น ยกเว้นกรณีที่นำโฟมไปใช้บุหลังกระจกโดยตรง เช่น กระจกหน้าต่างจะทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งโฟมไม่สามารถคงสภาพเดิมเอาไว้ได้ นอกจากนี้มีความจำเป็นต้องป้องกันการถูกทำลาย เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์โฟมที่นำมาใช้ในปัจจุบันยัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สามารถจำแนกออกได้อีกหลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมนำมาใช้เป็นฉนวนในการก่อสร้าง มี 3 ชนิดได้แก่

1. โฟมโพลีสไตรีน (polystyrene foam) โฟมโพลีสไตรีนมีการผลิตขึ้นมาใช้งาน 2 รูปแบบ คือ แบบรีด (extrude) และแบบหล่อ (mold) แต่เนื่องจากโพลีสไตรีนเป็นวัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติซึ่งสามารถติดไฟและลุกไหม้ได้ ดังนั้นในการนำมาใช้งานจึงต้องมีเปลือกที่ต้านทานเปลวไฟได้หุ้มอยู่ เช่น ยิปซัมบอร์ด นอกจากนี้ยังต้องป้องกันไม่ให้โฟมโพลีสไตรีนกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง เพราะรังสีอัลตราไวโอเลตจะทำให้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมสภาพได้ อุณหภูมิใช้งานสูงสุดประมาณ 80 องศาเซลเซียส ถ้ามีการใช้งานในอุณหภูมิสูงกว่านี้อาจเป็นสาเหตุทำให้อ่อนตัวลงได้ โฟมโพลีสไตรีนเป็นฉนวนประเภทที่นำเอาเม็ดโฟมขนาดเล็ก ๆ มาอัดเข้าด้วยก (interconnecting cell insulation) ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดโฟมแทรกอยู่บ้าง ดังนั้นจึงไม่สามารถกันความชื้นได้ 100 % (คุณสมบัติกันความชื้นของโฟมโพลีสไตรีนจึงขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของโฟม)

2. โฟมโพลียูรีเทน (polyurethane foam) โฟมโพลียูรีเทน เป็นสารฟลูออโรคาร์บอนที่พ่นให้เป็นโฟม โดยมีทั้งการหล่อเป็นแบบแผ่นแข็งแบบฉีดขึ้นรูปหรือแบบพ่นบนพื้นผิว ความแข็งแรงของโฟมโพลียูรีเทนขึ้นอยู่กับการบ่มสภาพการนำความร้อน (k) ของโฟมชนิดนี้จะต่ำมาก เนื่องจากภายในเซลล์เป็นก๊าซฟลูออโรคาร์บอน (ฟรีออน-11) ซึ่งมีสภาพการนำความร้อนต่ำกว่าอากาศ ในการผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อการใช้งานโดยมากต้องมีการหุ้มด้วยวัสดุที่หน่วงการไหม้ไฟ เพราะโฟมโพลียูรีเทนจัดเป็นวัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติที่สามารถลุกไหม้ได้ เมื่อถูกเผาไหม้จะมีควันมากและเกิดก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายถึงชีวิต โฟมโพลียูนีเทนเป็นฉนวนประเภทกึ่งเซลล์เปิด (semi- open cell insulation) การดูดซึมความชื้นจึงมีมากกว่า 10 % หากต้องการให้มีการดูดซึมความชื้นต่ำจะต้องใช้แผ่นวัสดุป้องกันความชื้นร่วมด้วย

3. โฟมชนิดยืดหยุ่น (elastomeric foam) โฟมชนิดยืดหยุ่นมีอีกชื่อหนึ่ง คือ โฟมยางแบบขยาย (expanded rubber foam) เป็นฉนวนที่ยืดหยุ่นได้ด้วยการฉีดให้ขยายตัวในแบบ (mold) โฟมชนิดนี้เป็นฉนวนประเภทเซลล์ปิด (closed cell insulation) มีเซลล์ชิดกันมาก มีค่าการดูดซับความชื้นต่ำทำให้สามารถต้านทานการแทรกซึมของไอน้ำได้ดีจึงเหมาะกับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ในระบบท่อส่งความเย็นหากใช้งานที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะเกิดการหดตัวทำให้สภาพความเป็นฉนวนลดลง

4. แคลเซียมซิลิเกต (calcium silicate) แคลเซียมซิลิเกตเป็นฉนวนกันความร้อนแบบเป็นโพรงหรือช่วงกลวง ประกอบด้วยไฮดรัสแคลเซียมซิลิเกต โดยระหว่าง

กรรมวิธีการผลิตไอน้ำ จะเปลี่ยนรูปหินปูนและซิลิกาไปเป็นไฮดรัสแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งเป็นวัสดุที่แข็งแรงทนทานนิยมนำไปใช้ในการหุ้มท่อและภาชนะในกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูงและจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความทนต่อแรงอัดสูงอีกด้วน

5. เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) เวอร์มิคูไลท์ทำจากแร่ไมกา ซึ่งมีลักษณะเป็นเกล็ด ๆ คล้ายกระจก โดยมีน้ำเป็นส่วนประกอบในกระบวนการผลิตอนุภาคของแร่ไมกาได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วจนเกิดการล่อนเป็นเกล็ด การใช้งานจะเป็นลักษณะของฉนวนกันความร้อนแบบบรรจุเข้าในบร็อคหรือโพรงผนัง ถ้านำไปผสมกับปูนซีเมนต์หรือทรายจะได้เป็นคอนกรีตเวอร์มิคูไลท์ ที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตปกติถึง 10 เท่า โดยทั่วไปจะผสมสารเคมีบางชนิดเพื่อใช้สำหรับพ่นกันไฟให้กับโครงสร้างเหล็กนิยมใช้ใน ยุโรปและอเมริกา

6. ฟอยล์ (foil) การเลือกใช้ฉนวนประเภทต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการกันความร้อนให้กับอาคาร จากการศึกษาพบว่าการใช้ฟอยล์เพียงชั้นเดียวไม่เพียงพอสำหรับกันความร้อนจากหลังคาต้องมีฟอยล์ไม่น้อยกว่า 3 - 4 ชั้น โดยแต่ละชั้นมีช่องว่างอากาศ (air gap) ไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว และต้องป้องกันการรั่วซึมได้ดีด้วยแต่มีข้อแม้ว่าผิวของ แผ่นฟอยล์สกปรกจะสูญเสียค่าการสะท้อนรังสีไป และหากถูกฝุ่นจับจนหนาทึบก็จะไม่สามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนได้อีกต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.9 สเตนเลส

สเตนเลส หรือ เหล็กกล้าไร้สนิมนั้น ในทางโลหกรรมถือว่าเป็นโลหะผสมเหล็กที่มีโครเมียมอย่างน้อยที่สุด 10.5 % ชื่อในภาษาไทย แปลจากภาษาอังกฤษว่า stainless steel เนื่องจากโลหะผสมดังกล่าวไม่เป็นสนิมอันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง ออกซิเจนในอากาศกับโครเมียมในเนื้อสเตนเลส เกิดเป็นฟิล์มบาง ๆเคลือบผิวไว้ ทำหน้าที่ปกป้องการเกิดความเสียหายให้กับตัวเนื้อสเตนเลสได้เป็นอย่างดี ปกป้องการเกิด Corrosion และไม่ชำรุดหรือสึกกร่อนง่ายอย่างโลหะทั่วไป สำหรับในสหรัฐอเมริกาและในหลายประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการบิน นิยมเรียกโลหะนี้ว่า corrosion resistant steel เมื่อไม่ได้ระบุชัดว่าเป็นโลหะผสมชนิดใดและคุณภาพระดับใด แต่ในท้องตลาดเราสามารถพบเห็นสเตนเลสเกรด 18 - 8 มากที่สุดซึ่งเป็นการระบุถึงธาตุที่เจือลงในในเนื้อเหล็กคือ โครเมียมและนิเกิลตามลำดับ สเตนเลสประเภทนี้จัดเป็น Commercial Grade คือมีใช้ทั่วไปหาซื้อได้ง่าย มักใช้ทำเครื่องใช้ทั่วไป ซึ่งเราสามารถจำแนกประเภทของสเตนเลสได้จากเลขรหัสที่กำหนดขึ้นตามมาตรฐาน

AISI เช่น 304 304L 316 316L เป็นต้น ซึ่งส่วนผสมจะเป็นตัวกำหนดเกรดของสเตนเลส ซึ่งมีความต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป สเตนเลสกับการเกิดสนิม ปกติ Stainless steel จะไม่เป็นสนิมเพราะที่ผิวของมันจะมีฟิล์มโครเมียมออกไซด์บาง ๆ เครือบผิวอยู่อันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง Cr ใน Stainless steel กับ ออกซิเจนในอากาศ การทำให้ Stainless steel เป็นสนิมคือการถูกทำลายฟิล์มโครเมียมออกไซด์ ที่เคลือบผิวออกไปในสภาวะที่ Stainless steel สามารถเกิดสนิมได้ ก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมาอีกครั้งเช่น ถ้าสเตนเลสถูกทำให้เกิดรอยขีดข่วน แล้วบริเวณรอยนั้นมีความชื้น ซึ่งสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยากับธาตุเหล็กก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมา ก็จะเป็นสาเหตุให้เกิดสนิมขึ้นได้

2.9.1 ประเภทของสเตนเลส

คนโดยทั่วไปจะไม่ทราบว่าสเตนเลสมีกี่ประเภท และมักจะมีการเข้าใจผิดว่าสเตนเลสแท้ต้องแม่เหล็กดูดไม่ติด แต่จริงๆแล้วการที่แม่เหล็กจะดูดติดหรือไม่ติดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสเตนเลส สเตนเลสแบ่งออกเป็นกลุ่มพื้นฐาน ได้ 5 กลุ่มคือ ออสเทนนิติค, เฟอริติค, ดูเพล็กซ์, มาร์เทนซิติค และ กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยวิธีการตกผลึก

1. กลุ่มออสเทนนิติค (austenitic) หรือสเตนเลสตระกูล 300 เป็นเกรดที่ใช้งานแพร่หลายมากที่สุดถึง 70 % มีคุณสมบัติที่แม่เหล็กดูดไม่ติด (non – magnetic) มีส่วนผสมของโครเมียม 16 % คาร์บอนอย่างมากที่สุด 0.15 % มีส่วนผสมของธาตุนิกเกิล 8 % เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการทำการประกอบ (Fabrication) และเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน เกรดที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและนิยมเรียก 18/10 คือการที่มีส่วนผสมของโครเมียม 18 % และนิกเกิล 10 %

2. กลุ่มเฟอริติค (ferritic) แม่เหล็กดูดติด (magnetic) มีธาตุคาร์บอนผสมปริมาณที่ต่ำ และมีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักที่สำคัญอาจอยู่ระหว่าง 10.5 % - 27 % และมีนิกเกิลเป็นส่วนผสมอยู่น้อยมากหรือไม่มีเลย

3. กลุ่มมาร์เทนซิติค (martensitic) แม่เหล็กดูดไม่ติด (magnetic) มีส่วนผสมของโครเมียม 12 – 14 % และมีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ปานกลาง มีโมลิบดีนัมเป็นส่วนผสมอยู่ประมาณ 0.2 - 1 % ไม่มีนิกเกิล สเตนเลสตระกูลนี้สามารถปรับความแข็งได้โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (quenching) และอบคืนตัว (tempering) สามารถลดความแข็งได้คล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอน และพบการใช้งานที่สำคัญในการผลิตเครื่องตัด, อุตสาหกรรมเครื่องบินและงานวิศวกรรมทั่วไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก (precipitation hardening) เกรดที่เป็นที่รู้จักในตระกูลนี้ คือ 17 – 4 H ซึ่งมีส่วนผสมของโครเมียม 17 % และนิกเกิล 4 % สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ โดยกลไกเพิ่มความแข็งจากการตกผลึก (precipitation hardening mechanism) โดยสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงมาก มีค่าความเค้นพิสูจน์ (proof stress) อยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,500 เมกาปาสคาล (MPa) ขึ้นอยู่กับชนิดและกรรมวิธีปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน (heat treatment)

5. กลุ่มดูเพล็กซ์ (duplex) มีโครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างเฟอริติกและออสเทนนิติกมีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 19 - 28 % และโมลิบดินัมสูงกว่า 5 % และมีนิกเกิลน้อยกว่าตระกูลออสเทนนิติก พบว่ามีการใช้งานมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบรรยากาศแวดล้อมของคลอไรด์

2.9.2 ประโยชน์ของการใช้งานสเตนเลส

1. ใช้ในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive Environment)
2. งานอุณหภูมิเย็นจัด ป้องกันการแตกเปราะ
3. ใช้งานอุณหภูมิสูง (high temperature) ป้องกันการเกิดคราบออกไซด์ (scale) และยังคงความแข็งแรง
4. มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับมวล (high strength vs. mass)
5. งานที่ต้องการสุขอนามัย (hygienic condition) ต้องการความสะอาดสูง
6. งานด้านสถาปัตยกรรม (aesthetic appearance) ไม่เป็นสนิม ไม่ต้องทาสี
7. ไม่ปนเปื้อน (no contamiation) ป้องกันการทำปฏิกิริยากับสารเร่งปฏิกิริยา
8. ต้านทานการขัดถูแบบเปียก (wet abrasion resistance)

2.10 ไก่

ไก่เป็นสัตว์ปีกที่นิยมเลี้ยงไว้บริโภคหรือเพื่อจำหน่าย โดยไก่มีหลายสายพันธุ์ ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.10.1 ไก่พื้นเมือง

ไก่พื้นเมืองเป็นไก่ที่ทำการคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาเป็นเวลามากกว่า 10 ปี มีวัตถุประสงค์ให้ไก่มีการพัฒนาคุณสมบัติให้ดีขึ้นกว่าเดิมหลายประการ เช่น การเจริญเติบโตมีการพัฒนาการเจริญเติบโตสูงกว่าสายพันธุ์ดั้งเดิม ซึ่งเดิมนั้นเติบโตวันละ 9 กรัม เมื่อได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้น สามารถเพิ่มการเติบโตได้วันละ 15 - 21 กรัม ด้วยการให้ผลผลิตไข่ก็สามารถเพิ่มผลผลิตจากเดิม 60 ฟองต่อ ปี เป็น 160 - 180 ฟองต่อปี และยังปล่อยเลี้ยงในชนบทได้ง่าย หากินง่าย ฟักไข่ได้เอง เช่นเดียวกับไก่พื้นเมืองทั่วไป ไก่พื้นเมืองกรมปศุสัตว์มีหลายประเภท ดังนี้

1. ไก่ 2 สายพันธุ์ เป็นไก่ลูกผสมระหว่างไก่พื้นเมือง กับไก่ที่มีขนาดรูปร่างใหญ่ เช่นพื้นเมือง- โร๊ด พื้นเมือง-บาร์

2. ไก่ 3 สายพันธุ์ พันธุ์เซี่ยงไฮ้ - โร๊ด-บาร์ (SRB) พันธุ์พื้นเมือง - โร๊ด - บาร์ (NRB)

3. ไก่สายพันธุ์อื่น ๆ ได้แก่ พันธุ์ NSRB และพันธุ์ NASRB เป็นการนำเอาพ่อพันธุ์พื้นเมืองผสมกับแม่ 3 สายพันธุ์ หรือ 4 สายพันธุ์จะได้ลูกผสมที่เติบโตเร็ว มีคุณภาพเนื้อดี รสชาติใกล้เคียงกับไก่พื้นเมืองที่เป็นที่ต้องการของตลาด

2.10.2 ไก่เซี่ยงไฮ้

ไก่พันธุ์นี้ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยราวปี 2524 โดยรัฐบาลสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนจีนถวายไข่มีเชื้อแด่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ไข่ดกปีละ 180 - 199 ฟอง อายุเริ่มไข่เมื่ออายุ 190 - 195 วัน น้ำหนักเมื่อให้ไข่ฟองแรก 2,079 - 2,212 กรัม น้ำหนักไข่ฟองแรก 31 - 33 กรัม

เพศผู้และเพศเมีย มีลักษณะทั่วไปคล้ายๆ กับไก่โรดไอแลนด์แดง แต่มีรูปร่างและน้ำหนักตัวมากกว่าไก่โรดฯ สีขนมีสีเหลืองเข้มขนปลายคอมีสีดำ หงอนจักร แข้ง และผิวหนังสีเหลืองเปลือกไข่สีน้ำตาล แข้งมีขน เพศผู้หนัก 4,000 กรัม เพศเมียหนัก 3,100 กรัม

2.10.3 ไก่เบตง

เป็นไก่ที่พบมากในอำเภอเบตง จังหวัดยะลา และบางอำเภอในจังหวัดนราธิวาสซึ่งเป็นไก่ที่มีเชื้อสายมาจากไก่พันธุ์แลนชาน ของประเทศสาธารรัฐประชาธิปไตยประชาชนจีน น้ำหนักแรกเกิด 41.95 กรัม น้ำหนัก 4 สัปดาห์ 198.15 กรัม น้ำหนัก 8 สัปดาห์ 589.91 กรัม น้ำหนัก 12 สัปดาห์ 1,017 กรัม น้ำหนัก 16 สัปดาห์ 1,573.3 กรัม เริ่มไข่เมื่ออายุ 169 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
PIBULSONGKRAM RAJABHAT UNIVERSITY

ขนมีสีเหลืองทอง ถึงเหลืองอ่อนตลอดลำตัว ขนที่ขึ้นเป็นประเภทขนอ่อนและสั้นปกคลุมตลอดลำตัว ทำให้มองดูเหมือนไก่ไม่มีหาง ไม่มีปีก ปากสีเหลืองจะงอยปากงองุ้มแข็งแรง ผิวหนังสีเหลืองหรือสีแดงเรื่อๆ แข้งและนิ้วสีเหลือง หงอนจักร เพศผู้หนัก 3,000 กรัม เพศเมียหนัก 2,700 กรัม

2.10.4 ไก่ชี้ฟ้า

เป็นไก่พื้นเมืองในท้องถิ่น ของชาวเขาในเขตอำเภอภูชี้ฟ้า แม่ฟ้าหลวงเถิงและเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย ไก่พันธุ์นี้กรมปศุสัตว์ได้รวบรวมพันธุ์มาทำการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ ตั้งแต่ปี 2544 น้ำหนักแรกเกิด 25.1 - 28.3 กรัม น้ำหนัก 12 สัปดาห์ 849.2 - 972.6 กรัม น้ำหนัก 16 สัปดาห์ 1,259.1 - 1,476.3 กรัม อายุเริ่มไข่เมื่ออายุ 151.4 - 158.2 วัน น้ำหนักเมื่อให้ไข่ฟองแรก 1,388.3 - 1,566.7 กรัม น้ำหนักไข่ฟองแรก 30.7 - 32.7 กรัม

เพศผู้ มีขนหลังและขนสร้อยสีเหลืองอ่อน ขนหางมีสีดำ หงอนจักร ขนตา ปาก แข้ง ผิวหนัง เนื้อ กระดูกและ เครื่องในมีสีดำ เพศเมีย มีขนสีเหลืองอ่อนสลับดำทั่วทั้งตัวคล้ายกับลายนกคุ้ม หงอนจักร ขอบตา ปาก แข้ง ผิวหนัง เนื้อ กระดูกและเครื่องในมีสีดำ เพศผู้หนัก 2,500 กรัม เพศเมียหนัก 1,800 กรัม

2.10.5 ไก่แม่ฮ่องสอน

เป็นไก่พื้นเมืองท้องถิ่นที่เลี้ยงกันมากในชนบท เกือบทุกอำเภอของจังหวัดแม่ฮ่องสอน รวมถึงหมู่บ้านต่างๆของชาวเขาบางครั้งเรียกว่า ไก่ตอ กรมปศุสัตว์ได้รวบรวมพันธุ์ คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ตั้งแต่ปี 2544 น้ำหนักแรกเกิด 19.9 - 22.7 กรัม น้ำหนัก 4 สัปดาห์ 106.2 - 130.3 กรัม น้ำหนัก 8 สัปดาห์ 310.3 - 378.6 กรัม น้ำหนัก 16 สัปดาห์ 837.8 - 998.3 กรัม น้ำหนักเมื่อให้ไข่ฟองแรก 1,388.3 - 1,566.7 กรัม อายุเริ่มไข่เมื่ออายุ 148.8 - 175 วัน น้ำหนักเมื่อให้ไข่ฟองแรก 829.7 - 943.3 กรัม น้ำหนักไข่ฟองแรก 26.7 - 29.7 กรัม

เพศผู้ มีขนหลังและสร้อยคอมีสีเหลืองเข้ม ขนลำตัวและหางมี สีดำมีปุยขาวที่โคนหาง หงอนจักร แข้งสีดำเรียวเล็กเหมือนไก่ป่า ผิวหนังสีขาว เพศเมีย ขนทั้งตัวมีสีเหลืองกระหรือสีน้ำตาลอ่อนลายป่า หงอนจักร แข้งสีดำเรียวเล็กเหมือนไก่ป่า ผิวหนังสีขาว เพศผู้หนัก 1,400 กรัม เพศเมียหนัก 900 กรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.10.6 ไก่ฟ้าหลวง

เป็นไก่พื้นเมืองในท้องถิ่นของชาวเขาในเขตอำเภอภูชี้ฟ้า แม่ฟ้าหลวงเถิง และเวียงแก่นจังหวัดเชียงราย ไก่พันธุ์นี้กรมปศุสัตว์ได้รวบรวมพันธุ์มาทำการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ตั้งแต่ปี 2544 น้ำหนักแรกเกิด 25.3 - 28.2 กรัม น้ำหนัก 4 สัปดาห์ 142.0 - 174.2 กรัม น้ำหนัก 8 สัปดาห์ 439.0 - 531.7 กรัม น้ำหนัก 16 สัปดาห์ 1,253.9 - 1,541.2 กรัม เริ่มไข่เมื่ออายุ 153.3 - 160.6 วัน น้ำหนักเมื่อให้ไข่ฟองแรก 1,376.6 - 1,569.8 กรัม น้ำหนักไข่ฟองแรก 30.6 - 32.7 กรัม

เพศผู้ ขนหลังและขนสร้อยคอสีเหลืองเข้ม ขนหางมีสีดำ งอนจักร ขอบตา ปาก แข้ง ผิวหนัง เนื้อ กระดูก และเครื่องในมีสีดำ เพศเมีย มีขนสีเหลืองเข้มสลับดำตลอดลำตัว หงอนจักร ขอบตา ปาก แข้ง ผิวหนัง เนื้อ กระดูกและเครื่องในมีสีดำ เพศผู้หนัก 2,300 กรัม เพศเมียหนัก 1,700 กรัม

2.10.7 ไก่สามเหลือง

ถิ่นกำเนิดในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนน้ำหนักที่อายุ 4 สัปดาห์ 254.34 - 276.73 กรัม น้ำหนักที่อายุ 8 สัปดาห์ 758.34 - 825.75 กรัม น้ำหนักที่อายุ 12 สัปดาห์ 1,418.00 - 1,631.55 กรัม อายุเมื่อให้ไข่ฟองแรก 150 - 155 วัน น้ำหนักตัวเมื่อให้ไข่ฟองแรก 2,070.33 - 2,154.95 กรัม น้ำหนักไข่ฟองแรก 41.67 - 50.9 กรัม ไข่ปีละ 150 - 154 ฟอง

ขนสีเหลือง ขาเหลือง หนังมีสีเหลือง เลี้ยงง่าย โตเร็ว หากินเก่ง มีความทนทานต่อพยาธิ ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี เนื้อมีรสชาติดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.10.8 ไก่ลูกผสม 3 สายพันธุ์

กรมปศุสัตว์มีนโยบายด้านการวิจัยและพัฒนาพันธุ์สัตว์ปีกและเทคโนโลยีการจัดการต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและการเลี้ยงดูของเกษตรกรรายย่อยในท้องถิ่นและเป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งในปัจจุบันความนิยมของผู้บริโภคเน้นไปที่ไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ เพราะรสชาติดี เนื้อแน่นไขมันต่ำและเนื้อมีกลิ่นหอม ซึ่งตรงกันข้ามกับไก่เนื้อ ดังนั้นกองบำรุงพันธุ์สัตว์ จึงได้ทำการวิจัยผสมพันธุ์ไก่สามสายพันธุ์ขึ้นมา เพื่อทำเป็นสายแม่พันธุ์ น้ำหนักแรกเกิด 33 - 36 กรัม น้ำหนัก 4 สัปดาห์ 314 - 336 กรัม น้ำหนัก 8 สัปดาห์ 861- 936 กรัม น้ำหนัก 12 สัปดาห์ 1,457 - 1,467 กรัม น้ำหนัก 16 สัปดาห์ 1,608 - 1,858 กรัม ไข่ดกปีละ 175 – 180 ฟอง อายุเมื่อให้ไข่ฟองแรก 180 – 192 วัน

2.10.9 ไก่พันธุ์

2.10.9.1 ไก่พันธุ์บาร์พลีมัธร็อก กรมปศุสัตว์ได้อนุรักษ์และวิจัยพันธุ์มาอย่างต่อเนื่องควบคู่กับไก่พันธุ์รัดไอแลนด์เรด เป็นพันธุ์ที่ให้ทั้งเนื้อและไข่นิยมใช้เป็นสายแม่พันธุ์พื้นฐานในการผลิตลูกผสมไฮบริดโร๊ดบาร์ หรือรู้จักกันในนาม ฮาร์โก ไข่ตกปีละ 220 - 240 ฟอง เริ่มไข่เมื่ออายุ 180 - 187 วัน น้ำหนักเมื่อให้ไข่ฟองแรก 2,069 – 2,261 กรัม น้ำหนักไข่ฟองแรก 31 - 33 กรัม

มีขนสีเหลืองทองถึงเหลืองอ่อนตลอดลำตัว ขนที่ขึ้นเป็นประเภทขนอ่อนและสั้นปกคลุมตลอดลำตัวทำให้มองดูเหมือนไก่ไม่มีหางไม่มีปีกปากสีเหลือง จะงอยปากงองุ้มแข็งแรง ผิวหนังสีเหลืองหรือสีแดงเรื่อๆ แข้งและนิ้วสีเหลือง หงอนจักร เพศผู้หนัก 3,000 กรัม เพศเมียหนัก 2,700 กรัม

2.10.9.2 ไก่พันธุ์ไทยบาร์ เป็นไก่พันธุ์ใหม่ที่เกิดจาก การวิจัยพันธุ์ไก่พันธุ์บาร์พลีมัธร็อค ซึ่งปกติจะขนเป็นสีลายดำ เมื่อผสมข้ามกับพันธุ์ไก่พันธุ์โร๊ดไอแลนด์เรด ลูกที่เกิดมาสามารถแยกเพศได้ตั้งแต่แรกเกิดด้วยสีขน เพศผู้ขนสีขาว เพศเมียขนสีน้ำตาลไหม้ เป็นไก่พันธุ์ไข่ได้ดีเลิศ ไข่ดกปีละ 225 - 248 ฟอง อายุเริ่มไข่เมื่ออายุ 172 - 185 วัน น้ำหนักเมื่อให้ไข่ฟองแรก 1,948 - 2,150 กรัม น้ำหนักไข่ฟองแรก 36 - 40 กรัม

ขนลำตัวและปีกสีขาว ปลายปีกลายดำ สร้อยคอและหางลายขาว หางดำหรือลายดำ หงอนจักร เหนียงใหญ่สีแดง แข้งสีเหลือง ผิวหนังสีเหลือง เพศผู้หนัก 3,400 กรัม เพศเมียหนัก 2,300 กรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.10.9.3 ไก่พันธุ์โร้ดไอแลนด์เรด ไก่พันธุ์โร๊ดไอแลนด์เรด ไก่พันธุ์นี้นับว่าเป็นไก่พันธุ์แท้ที่มีประโยชน์ ต่อวงการอุตสาหกรรมไก่เนื้อและไก่ไข่ในโลกปัจจุบัน กรมปศุสัตว์ได้อนุรักษ์และวิจัยพันธุ์มาอย่างต่อเนื่อง ด้วยวิธีผสมพันธุ์แบบเลือดชิดสูง ไข่ดก ปีละ 241 - 265 ฟอง เริ่มไข่เมื่ออายุ 165 - 182 วัน น้ำหนักเมื่อให้ไข่ฟองแรก 2,134 - 2,318 กรัม น้ำหนักไข่ฟองแรก 40 - 47 กรัม

สีขนสีแดงตลอดลำตัวยกเว้นปลายปีและหางมีสีดำ หงอนจักร เหนียงยานตุ้มหูแดง ลำตัวใหญ่ยาวและกว้าง ผิวหนังเหลือง เปลือกไข่สีน้ำตาล เพศผู้หนัก 3,600 กรัม เพศเมียหนัก 2,400 กรัม

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) ร่วมมือกับกรมป่าไม้ได้ประดิษฐ์คิดค้นเตาอบแบบใหม่ เพื่อช่วยประหยัดพลังงานฟืนและถ่าน เรียกว่า เตาประสิทธิภาพสูง ซึ่งสามารถลดค่าเชื้อเพลิงลงได้จำนวนมาก

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2546) ได้ศึกษาการใช้พลังงานของเตาต้มขนมจีนพบว่า เตาต้มขนมจีนแบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนร้อย 11.53 โดยมีการสูญเสียความร้อนจากการพา และการแผ่รังสีจากผนังเตาร้อยละ 54 และการสะสมในโครงสร้างร้อยละ 31.47 จึงได้ทำการออกแบบโครงสร้างเตาใหม่โดยทำการเพิ่มส่วนที่เป็นผนังเตาให้หุ้มเพิ่มบริเวณด้านข้างให้มากที่สุด เพื่อเป็นการลดความร้อนสูญเสียจากเปลวไฟ ดังนั้น เตาแบบใหม่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น เป็นร้อยละ 41.96 ความร้อนสูญเสียผ่านผนังเตาลดลงเป็นร้อยละ 32.5 ความจุความร้อนของเตาเพิ่มเป็นร้อยละ 5.54 ความร้อนสูญเสียจากก๊าซทิ้งลดลงเป็นร้อยละ 20

จำนง กรุพิมาย และสรพงษ์ จำปาบุรี (2544) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มน้ำแบบเดิม และแบบปรับปรุงโดยได้ออกแบบสร้างเตาฟืนต้มน้ำโดยปรับจากเตาแบบเดิมแล้วทำการทดลอง ต้มน้ำเพื่อเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพความร้อนและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้พบว่า เตาแบบปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้สูงกว่าเตาแบบเดิมโดยเตาแบบปรับปรุงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ย 23.19 % เตาแบบเดิมประสิทธิภาพเชิงความร้อน 15.29 % เตาแบบปรับปรุงใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 43 กิโลกรัมต่อการต้มหนึ่งครั้งซึ่งน้อยกว่าเตาแบบเดิมที่ใช้เชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย 56 กิโลกรัมต่อการต้มหนึ่งครั้ง

ชนินท์กานต์ ไชยทองศรี และวัลยา บุญพิคำ (2545) งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อสำรวจลักษณะทั่วไปของเตาย่างไก่ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดมหาสารคาม พบว่าเตาที่นิยมใช้กันมากที่สุดมี 5 แบบ จึงทำการประดิษฐ์เตาขึ้นมาให้เหมือนกับเตาทั้ง 5 แบบนี้ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อน แล้วนำเตาที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุดมาวิเคราะห์หาจุดบกพร่อง และปรับปรุงเตาขึ้นมาใหม่ แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน ผลปรากฏว่า เตาที่พัฒนาขึ้นใหม่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด คือ 11.86 %

รองลงมาเป็นเตาแบบ ที่ 3 , 1, 2, 5 และ 4 โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเป็น 7.56, 6.15, 5.60, 5.16 และ 4.73 % ตามลำดับ

ดาราพร หาญกล้า และวันทนีย์ ประจะนัง (2549) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาออกแบบพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่แบบถัง ขนาด 60 ลิตร และศึกษาระยะเวลาคุ้มทุนของเตาที่พัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับเตาต้นแบบ

ซึ่งในการประดิษฐ์เตาพัฒนาทำการโดยเพิ่มฉนวนใยแก้วกั้นผนังภายใน เพื่อเก็บความร้อนไว้ในเตาให้ได้มากที่สุดแล้วทำการทดลองพร้อมกันทั้งสองเตา แต่ละครั้งจะทำการทดลองพร้อมกันโดยใช้ไก่หนัก 2 กิโลกรัม แล้วทำการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาทีแล้วทำการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาที่พัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับเตาต้นแบบพบว่า

เตาอบไก่ที่พัฒนาแล้วมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยถึง 19.26 % มีระยะเวลาคุ้มทุน 0.79 ปี และเตาอบไก่ต้นแบบมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยเพียง 7.66 % และมีระยะเวลาคุ้มทุน 0.53 ปี ตามลำดับ

ธนิดา หนูทอง และปิยะนันท์ ห้ามไธสง (2543) งานวิจัยได้ออกแบบตู้อบมีขนาดกว้าง 100 cm ยาว150 cm สูง 150 cm มีแผ่นรับรังสีกว้าง 150 cm ยาว 244 cm ทาด้วยสีดำด้านตัวตู้ทำด้วยเหล็ก มีแผ่นพลาสติกใสคลุมรอบตู้ ภายในตู้อบมีชั้นวางผลิตภัณฑ์ 3 ชั้น แต่ละชั้นมีพื้นที่ 150 cm^2 รวมพื้นที่ในการตาก 450 cm^2 มีประตูเปิด – ปิดด้านหลัง มีปล่องระบายอากาศด้านบน จากการทดลองศึกษาวัดอุณหภูมิภายในตู้เปล่าพบว่า อุณหภูมิภายในตู้เฉลี่ย 56.4 องศาเซลเซียส และกลางแจ้งเฉลี่ย 40 องศาเซลเซียส จากการทดลองศึกษาตากกล้วยน้ำว้าในตู้เปรียบเทียบกับกลางแจ้งพบว่า อุณหภูมิในตู้อยู่ในช่วง 40 - 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในตู้เฉลี่ยสูงสุด 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในตู้เฉลี่ยต่ำสุด 37.9 องศาเซลเซียส และการตากกลางแจ้งจะอยู่ในช่วง 30 - 40 องศาเซลเซียสอุณหภูมิกลางแจ้งเฉลี่ยสูงสุด 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางแจ้งเฉลี่ยต่ำสุด 30.4 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบประมาณ 3 - 4 วัน กล้วยที่ได้จากการอบภายในตู้จะมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าการตากกลางแจ้งและอ่อนนุ่มกว่าการตากกลางแจ้ง จากการทดลองศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจะมีผลต่างมากที่สุดคือ 0.64 kg / hr และผลต่างน้อยที่สุด คือ 0.08 kg / hr

นิยม จันทร์เทพา และธีระมนัสธรรม (2537) ได้ทำการศึกษาการผลิตและใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง โดยได้รับความร่วมมือกับกรมป่าไม้ ตั้งแต่ปี 23 - 27 สามารถปรับปรุงเตาฟืนให้มีประสิทธิภาพเฉลี่ย จาก 20 % สูงขึ้นจากเดิมเป็น 27 % และเตาถ่านให้มีประสิทธิภาพเฉลี่ย จาก 27 % สูงขึ้นจากเดิมเป็น 34 % จากการส่งเสริมให้มีการใช้อย่างแพร่หลายครัวเรือนหนึ่ง ๆ จะประหยัดการใช้ฟืน, ถ่าน คิดเป็นเนื้อไม้ประมาณ 1.32 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

นุศาสตร์สิทธิ์ หรเพลิน และอุดมศิลป์ ปะมาระเต (2545) งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาลักษณะทั่วไปของเตานึ่งเชื้อเห็ด และทำการวัดประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตานึ่งเชื้อเห็ด โดยในการวัดประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตานึ่งเชื้อเห็ด จะไม่บรรจุก้อนเชื้อเห็ดในตู้อบเชื้อจากการทดลอง

ศูนย์พัฒนาและเผยแพร่พลังงานภูมิภาค (2540) จังหวัดมหาสารคาม ได้ทำการทดลองศึกษาและสร้างระบบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง โดยทำการออกแบบระบบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดและทำการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้ ซึ่งพบว่าเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบใหม่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน สูงขึ้นกว่าแบบเดิม 44 % ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง คือ ฟืนไม่น้อยกว่า 50 % ลดระยะในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด และมีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยเตาอบไก่ทั้งสองแบบ ใช้เครื่องมือในการวิจัยและมีขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องชั่งน้ำหนักสปริง สิงห์คู่ แบบชั่งได้ 7 กิโลกรัม
2. เทอร์คับเปิล รุ่น HY 72D ย่านการวัด 0 – 799 องศาเซลเซียส
3. โมเดิลดิจิตอลมัลติมิเตอร์ Instek รุ่น GDM - 396
4. นาฬิกาจับเวลา รุ่น HS - 30W
5. ถ่านไม้ (ใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัส พลังงานความร้อนคือ 7689.60 แคลอรี/กรัม)

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ศึกษาลักษณะเชิงกายภาพทั่วไปของเตาอบต้นแบบที่พัฒนาแล้ว

1. ศึกษาลักษณะทั่วไปของเตาต้นแบบ โดยจะทำการวัดขนาดของถังตะแกรงย่าง ช่องใส่ถ่าน ความสูงของขาตั้ง

2. สำรวจจุดบกพร่อง เช่น พื้นที่ในการใช้งาน ความสะดวกในการขนย้าย การประหยัดพลังงาน ความคงทนถาวร โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ และความเหมาะสม

ตอนที่ 2 การออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพ

จากตอนที่ 1 เป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงเตาอบไก่ และนำมาทำการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพ ในจุดต่างๆ ดังนี้

1. พื้นที่ในการใช้งานมีน้อย ไม่เพียงพอต่อการอบเพื่อจำหน่าย หรือเพื่อคนปริมาณมาก จึงใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร เพื่อให้มีพื้นที่การใช้งานเพิ่มขึ้น

2. ใช้สแตนเลสแผ่นบาง แทนแผ่นสังกะสีที่ใช้ในเตาต้นแบบ เพื่อป้องกันการเกิดสนิมภายในเตาอบ และทำให้การสะท้อนความร้อนดีขึ้น

3. เพิ่มล้อหมุน ที่ขารองเตาอบ เพื่อให้การขนย้ายทำได้สะดวก

4. เพิ่มช่องใส่ถ่านอีก 1 ช่อง เนื่องจากตัวถังเตาอบมีขนาดใหญ่และยาวขึ้น ในส่วนของตะแกรงรองไก่สามารถถอดออกมาทำความสะอาดได้ และช่องใส่ถ่านก็สามารถถอดออกมาก่อไฟที่ข้างนอกเตาได้เช่นกัน

5. ทาสีกันสนิมขารอง และตัวถังเตาอบ

ตอนที่ 3 การศึกษาและวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่

โดยจัดการศึกษาเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 การศึกษาเตาอบไก่แบบพัฒนา

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ โดยชั่งน้ำหนักไก่สดซีพีและถ่านเชื้อเพลิงในที่นี้ใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัส 1.5 กิโลกรัม

2. นำช่องใส่ถ่านออกมาจุดไฟข้างนอกเตา ให้ถ่านติดไฟแล้วนำถ่านเข้าไปในเตาอบ

3. นำไก่ที่เตรียมไว้ข้างนอกเตาเข้าไปอบ แล้วเริ่มจับเวลา 30 นาที

4. วัดปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากผนังเตาและบันทึกผล

5. วัดอุณหภูมิภายในของเตาอบและบันทึกผล

6. ชั่งน้ำหนักของไก่ที่เหลือ และน้ำหนักของถ่านที่เหลือจากการอบ โดยถ่านนั้นยังคงติดไฟอยู่ บันทึกผล

7. คำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา จากสมการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ความร้อนที่ใช้ประโยชน์}}{\text{ความร้อนที่เข้าจากเชื้อเพลิง}} \times 100\ \%$$

ความร้อนที่ใช้ประโยชน์ $= mC_p(T_2 - T_1) + (m - m_1)L$

m = น้ำหนักไก่ก่อนอบ (กรัม)

m_1 = น้ำหนักของไก่ที่เหลือ (กรัม)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ (1 แคลอรี / กรัม)

T_1 = อุณหภูมิภายนอกเตาอบ (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิภายในเตาอบ (องศาเซลเซียส)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ (540 แคลอรี / กรัม)

ความร้อนที่เข้าจากเชื้อเพลิง $= m_t H_t$

m_t = น้ำหนักถ่าน (กรัม)

H_t = ค่าความร้อนที่ได้จากถ่าน (7689.6 แคลอรี / กรัม. เซลเซียส)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จะหาประสิทธิภาพได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{mC_p(T_2 - T_1) + (m - m_1)L}{m_t H_t} \times 100\ \%$$

ส่วนที่ 2 การศึกษาเตาอบไก่ต้นแบบ

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ โดยชั่งน้ำหนักไก่สดซีพี 2 กิโลกรัม และถ่านเชื้อเพลิงในที่นี้ใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัส 1 กิโลกรัม

2. ทำการศึกษาเช่นเดียวกับในส่วนที่ 1 จากข้อ 2 - ข้อ 7

ตอนที่ 4 ศึกษาระยะเวลาคุ้มทุนของเตาอบ

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในตอนที่ 3 มาหาระยะเวลาคุ้มทุน โดยข้อมูลที่นำมาคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิงของเตาอบ ในการอบต่อวันใช้ค่าจากประสบการณ์ขายโดยประมาณวันละ 10 กิโลกรัม ซึ่งเตาอบต้นแบบทำการอบ 5 ครั้ง เตาอบแบบพัฒนาทำการอบ 3 ครั้ง จะได้เงินที่สามรถประหยัดได้ต่อวันของเตาต้นแบบ 13.9 บาท และเตาแบบพัฒนา 86.6 บาท แล้วจึงนำมาคำนวณค่า ๆ ดังสมการ

ปริมาณเชื้อเพลิงที่สามรถประหยัดได้ = {ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ × (ประสิทธิภาพหลังการปรับปรุง – ประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุง)} / ประสิทธิภาพหลังการปรับปรุง

ค่าเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดได้ = (ปริมาณเชื้อเพลิงที่สามารถประหยัดได้) × (ราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วย)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)}}{\text{เงินที่สามารถประหยัดได้ (บาท / เดือน)}}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY