Scan

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก

นางกัญญาภัทร สุขหนุน

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2552

Clean Technology applying for Ceramics Manufacturing

Mrs. Kanyapat Suknoon

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Public Health in Industrial Environment Management

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2009

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก

ชื่อและนามสกุล นางกัญญาภัทร สุขหนุน

แขนงวิชา สาธารณสุขศาสตร์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ปีติ พูนไชยศรี)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ อนุมัติให้รับการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ)

ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

วันที่ 19 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก
ผู้ศึกษา นางกัญญาภัทร สุขหนุน **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ **ปีการศึกษา** 2552

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการอบผลิตภัณฑ์ระหว่างวิธีการอบโดยใช้เทคโนโลยีเดิมคือการใช้แก๊สแอลพีจี กับวิธีการอบโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด คือ การใช้ความร้อนและการใช้แก๊สแอลพีจีร่วมกับความร้อนในการอบ (2) เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตจากการอบผลิตภัณฑ์ระหว่างการใช้เทคโนโลยีเดิมกับการใช้เทคโนโลยีสะอาด (3) เปรียบเทียบจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดระยะเวลาในการอบและต้นทุนการผลิตด้านเชื้อเพลิงระหว่างเทคโนโลยีดังกล่าว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ เตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้แก๊ส แอลพีจี ในการอบผลิตภัณฑ์ เตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และเตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลวิธีละ 5 ซ้ำ สถิติที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและสถิติทดสอบเอฟ

ผลการวิจัยพบว่า (1) ประสิทธิภาพของวิธีการอบผลิตภัณฑ์ด้านต้นทุนการผลิต การใช้ความร้อนในการอบมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด ด้านระยะเวลาในการอบ การใช้แก๊สในการอบและการใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบใช้ระยะเวลาในการอบน้อยที่สุด และด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การใช้แก๊สบวกกับความร้อนมีผลิตภัณฑ์ชำรุดน้อยที่สุด (2) เมื่อนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ต้นทุนการผลิตลดลงจาก 2.13 บาทต่อชิ้นจากการใช้แก๊สแอลพีจี เป็น 1.04 บาทต่อชิ้นจากการใช้ความร้อนและ 1.96 บาทต่อชิ้นจากการใช้แก๊สแอลพีจีร่วมกับความร้อน เนื่องจากต้นทุนการผลิตคงที่ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณการผลิตต้นทุนการผลิตจะลดลงเรื่อยๆ (3) มีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเฉลี่ยลดลงจากร้อยละ 5.81 จากการใช้แก๊สแอลพีจี เป็น 4.61 จากการใช้ความร้อนและ 4.05 จากการใช้แอลพีจีร่วมกับความร้อน ด้านระยะเวลาในการอบ การใช้แก๊สแอลพีจีในการอบและการใช้แก๊สแอลพีจีบวกกับความร้อนในการอบใช้ระยะเวลาในการอบเท่ากันที่ 240 นาที เปรียบเทียบการใช้ความร้อนอย่างเดียวใช้เวลาในการอบที่ 300 นาที และวิธีการใช้แก๊สแอลพีจีร่วมกับความร้อนสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับอบผลิตภัณฑ์เดือนละประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 5 ล้านบาท

คำสำคัญ อุตสาหกรรมเซรามิก เทคโนโลยีสะอาด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความกรุณาดูแลในการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระเสมอมา ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ บริษัทผู้ประกอบอุตสาหกรรมเซรามิกแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง ประธานบริษัทผู้ประกอบอุตสาหกรรมเซรามิก ช่างซ่อมบำรุงและผู้รับเหมา ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล จนทำให้การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี เป็นประโยชน์ต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงสภาพการทำงานของบริษัท ช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและสร้างโอกาสในการพัฒนาการศึกษาไปพร้อมๆ กันและศึกษาค้นคว้าอิสระนี้จะสำเร็จไม่ได้ถ้าขาดข้อมูลเทคโนโลยีสะอาด และตัวอย่างการนำเอาเทคโนโลยีสะอาดไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งที่เกี่ยวข้องโดยตรงและปรับใช้ตามสภาพการณ์ที่เหมาะสม ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ หน่วยงานต่างๆ ที่ได้จัดทำเอกสารด้านเทคโนโลยีสะอาดออกเผยแพร่เป็นวิทยาทาน และเป็นแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยเรา

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ผู้มีพระคุณ รวมถึงผู้ให้กำลังใจทุกท่าน ที่ช่วยสนับสนุนให้ได้รับการศึกษาจนจบ

กัญญาภัทร สุขหนุน

ตุลาคม 2552

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

กรอบแนวคิดของการวิจัย 3

สมมติฐานการวิจัย 4

ขอบเขตการวิจัย 4

นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 6

แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีสะอาด 7

ข้อมูลการผลิตเซรามิก 16

ประวัติและวิวัฒนาการของเตาเผา 22

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรม 29

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 38

การเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้เวลาในการอบผลิตภัณฑ์ 39

การเก็บรวบรวมข้อมูล 41

การวิเคราะห์ข้อมูล 41

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 43

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 50
สรุปการวิจัย 50
อภิปรายผล 53
ข้อเสนอแนะ 53
บรรณานุกรม 54
ภาคผนวก 57
ก โครงสร้างตู้อบผลิตภัณฑ์ 58
ข ภาพถ่ายอุปกรณ์การติดตั้งท่อเดินแก๊สแอลพีจี 62
ค ภาพถ่ายอุปกรณ์การติดตั้งท่อเดินความร้อน 68
ประวัติผู้ศึกษา 72

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงจำนวนโครงการด้านเทคโนโลยีสะอาดที่ดำเนินการ ในอุตสาหกรรมรายสาขาต่างๆ 30
ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ของวิธีการอบที่ใช้แก๊ส ในการอบผลิตภัณฑ์ 44
ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ของวิธีการอบที่ใช้ความร้อน ในการอบผลิตภัณฑ์ 45
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ของวิธีการอบที่ใช้แก๊ส บวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ 46
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านต้นทุนการผลิต โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยต่อชิ้น 47
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านระยะเวลาในการอบ 48
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด 48
ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด 49

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ 59
ภาพที่ 2 ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ 60
ภาพที่ 3 ใช้ความร้อนและแก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ 61
ภาพที่ 4 ปุ่มควบคุมปริมาณแก๊ส 63
ภาพที่ 5 ตู้คอนโทรลแก๊สที่ใช้ในการอบ 63
ภาพที่ 6 การยึดซัพพอร์ตการเดินท่อแก๊ส 64
ภาพที่ 7 การติดน็อตระหว่างท่อที่สำหรับเดินแก๊ส 64
ภาพที่ 8 เบอร์นเนอร์ลักษณะเป็นกรวยเพื่อแก๊สเข้าตู้อบ 65
ภาพที่ 9 จุดที่ดูแก๊สเข้าตู้อบ 66
ภาพที่ 10 ก่อนที่จะนำความร้อนท้ายเตาเผามาใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ 67
ภาพที่ 11 ตู้คอนโทรลที่มีการนำแก๊สและความร้อนมาใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ 69
ภาพที่ 12 หลังการเดินท่อความร้อนท้ายเตาเผามาใช้ในการอบ 69
ภาพที่ 13 แผ่นสแตนเลสหุ้มท่อ 70
ภาพที่ 14 ลักษณะการเดินท่อความร้อนท้ายเตาเผาไปยังตู้อบ 70
ภาพที่ 15 พัดลมเล็กใช้ดูดความร้อน 71
ภาพที่ 16 ลักษณะของการปล่อยความร้อนในตู้อบ 71

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมเซรามิกจัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญที่ภาครัฐให้การสนับสนุนและส่งเสริม เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่เชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆ มีประวัติศาสตร์และฐานการผลิตในประเทศมานาน ใช้วัตถุดิบในประเทศเป็นส่วนใหญ่ และใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก สามารถส่งออกและทำรายได้ให้กับประเทศสูงถึงปีละ 20,000 ล้านบาท ซึ่งจังหวัดลำปางเป็นจังหวัดหนึ่งที่ผลิตเซรามิกเป็นสินค้าส่งออก ที่นำรายได้เข้าจังหวัดและประเทศเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีแหล่งแร่ดินขาวซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตเซรามิกมากที่สุดในประเทศไทย ถึง 65% โดยขั้นตอนหรือกระบวนการผลิตเซรามิกนั้นเริ่มจาก การเตรียมวัตถุดิบ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ การอบแห้ง การตกแต่งก่อนเผา การเผาเซรามิก และการเคลือบ โดยเฉพาะขั้นตอนการเผาเป็นกระบวนการสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตเซรามิก ทั้งนี้เนื่องจากการเผาเป็นกระบวนการเปลี่ยนสภาพวัตถุดิบไปเป็นเนื้อผลิตภัณฑ์ที่แข็งแกร่งอยู่ตัว และไม่สามารถเปลี่ยนกลับคืนสู่สภาพเดิมได้อีก ซึ่งหากเกิดความผิดพลาดในการเผา อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้แตกหักเสียหาย หรือมีคุณภาพไม่ได้ตามต้องการ รวมทั้งการเผายังเป็นขั้นตอนที่มีต้นทุนสูงกว่าขั้นตอนอื่นๆ อีกด้วย ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพในการเผาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ โดยใช้เชื้อเพลิงน้อยที่สุด ก็จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลงได้

อุปกรณ์ที่จำเป็นและขาดไม่ได้ในการเผาผลิตภัณฑ์คือ เตาเผา (Kilns) เตาเผาเป็นอุปกรณ์ด้านคุณภาพที่ต้องมีการควบคุม การใช้เตาเผาที่ดีมีคุณภาพจะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพด้วย เตาเผาควรมีโครงสร้างประกอบด้วย ผนังเตา พื้นเตา ปล่องเตา กำแพงไฟ หัวพ่น หลังคาเตา ประตูเตา รถบรรทุกผลิตภัณฑ์ แผ่นบังคับความร้อน เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ช่องดูไฟ และอุปกรณ์เตา โดยเชื้อเพลิงที่นิยมใช้ในการเผาและอบผลิตภัณฑ์คือ แก๊สแอลพีจี เพราะสามารถจัดหาได้ง่าย แต่แก๊สแอลพีจี มีราคาค่อนข้างแพงเนื่องจากส่วนหนึ่งของราคาแก๊สใช้จ่ายไปในการขนส่งและการจัดจำหน่าย และที่สำคัญ แก๊สแอลพีจี ถ้าไม่ได้ผ่านกระบวนการจัดการที่เหมาะสมจะเกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนได้

ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิต และสร้างมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากลก็คือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาเข้าสู่มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14000) จะช่วยทำให้ประเทศไทยก้าวเข้าสู่การแข่งขันทาง

อุตสาหกรรมและธุรกิจในระดับสากลได้อย่างมี ประสิทธิภาพและประสิทธิผล ผลิตสินค้าแข่งขันในตลาดโลกระดับ Mass Production กับประเทศเพื่อนบ้านที่กำลังพัฒนาอยู่ได้ การพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้กับมาตรฐานสากล และการนำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ธุรกิจอุตสาหกรรมให้ทันต่อสถานการณ์ปัจจุบัน จึงเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้บริหารประเทศ สถาบันการศึกษา หน่วยงานทั้งภาคราชการ รัฐวิสาหกิจ ธุรกิจเอกชน และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริษัทธุรกิจอุตสาหกรรมที่ได้รับการชักชวนให้ใช้ "ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม" มากขึ้น ทั้งนี้เพื่อที่จะร่วมกันรักษา ป้องกัน ปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม ลดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีเหตุผลและรอบคอบ ป้องกันผลกระทบจากการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมต่อสิ่งแวดล้อม (ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์, 2542) เพื่อให้เกิดการพัฒนาประเทศที่บรรลุเป้าหมายคือ การพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืน และการพัฒนาว่าเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการแข่งขันในประชาคมโลก (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

อุตสาหกรรมเซรามิกแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่นำแก๊สแอลพีจี มาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเผาและอบผลิตภัณฑ์เดือนละประมาณ 20 ล้านบาท บริษัทเห็นว่าเตาเผาเป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อน ควบคุมความร้อน และกระจายความร้อน จึงได้นำความร้อนจากเตาเผามาใช้ประโยชน์ในการอบผลิตภัณฑ์ โดยอุตสาหกรรมแห่งนี้ได้นำความร้อนจากเตาเผามาอบผลิตภัณฑ์ด้วยการเดินท่อความร้อนแล้วนำไปอบผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องจุดเตาเบิร์นเนอร์และไม่ต้องใช้พลังงานแก๊สแอลพีจี ในการอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งวิธีนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศด้วย แต่ปัญหาที่พบคือ ขั้นตอนในการอบผลิตภัณฑ์ใช้เวลานานขึ้นทำให้มีปัญหาในการส่งมอบสินค้าที่ล่าช้า ซึ่งการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกให้มีศักยภาพสามารถทัดเทียมสู่ตลาดโลกได้ ผู้ผลิตเซรามิกจะต้องสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยคำนึงถึงคุณภาพของสินค้าที่ได้มาตรฐาน มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ทันสมัย และสามารถเข้าใจตลาด มีการส่งมอบที่ตรงต่อเวลา เพื่อสร้างความเชื่อมั่นไว้วางใจแก่ลูกค้า ได้รับการยอมรับ และมีชื่อเสียงทั้งในด้านคุณภาพ บริการ และตราสินค้า ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาทั้งในด้านวัตถุดิบ และอุตสาหกรรมสนับสนุน พัฒนากระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ พัฒนากำลังคน และพัฒนาให้เกิดการรวมกลุ่มวิสาหกิจอุตสาหกรรมเซรามิก ตลอดจนต้องได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมการส่งออก

จากประเด็นปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยในฐานะที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาบริษัท จึงมีความสนใจที่จะศึกษา การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก โดยทำการทดลองเปรียบเทียบการใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดคือ การใช้

ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการวิจัยจะเป็นแนวทางให้กับผู้บริหารในการทบทวนวิธีดำเนินการที่สามารถลดต้นทุนการผลิต สามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลา และเป็นการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไปด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

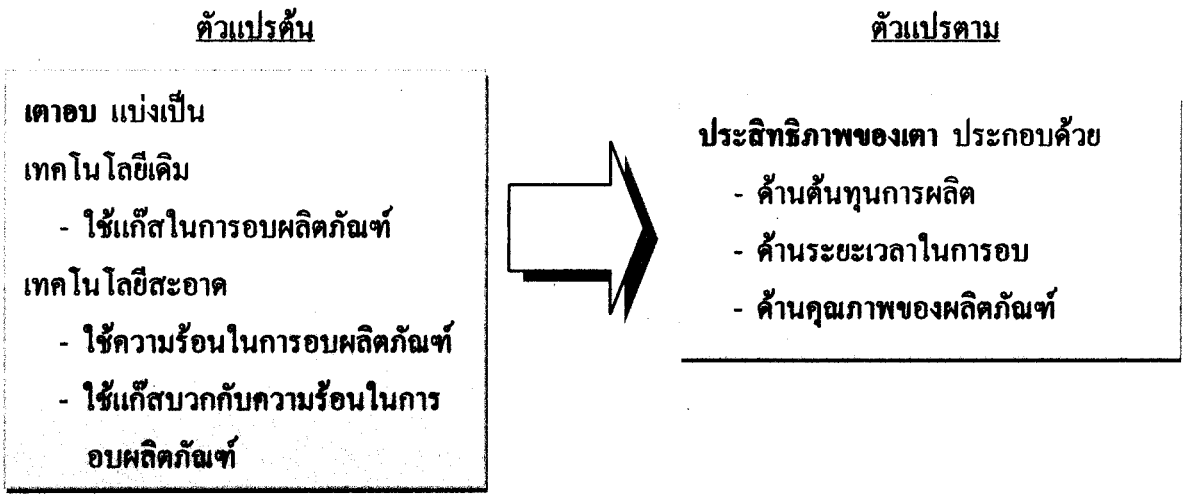
2.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการอบผลิตภัณฑ์ระหว่างวิธีการอบโดยใช้เทคโนโลยีเดิมคือการใช้แก๊สแอลพีจี กับวิธีการอบโดยใช้เทคโนโลยีสะอาดคือการใช้ความร้อนและการใช้แก๊สแอลพีจีร่วมกับความร้อนในการอบ

2.2 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตจากการอบผลิตภัณฑ์ระหว่างการใช้เทคโนโลยีเดิมกับการใช้เทคโนโลยีสะอาด

2.3 เปรียบเทียบจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด ระยะเวลาในการอบ และต้นทุนการผลิตด้านเชื้อเพลิงระหว่างเทคโนโลยีดังกล่าว

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาประสิทธิภาพของเตาอบจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน จากนั้นนำมาวิเคราะห์คำสำคัญที่เกี่ยวข้องและใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



แผนภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ที่อบโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการอบโดยใช้เทคโนโลยีเดิม

4.2 ประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ที่อบโดยใช้เตาอบต่างกัน มีค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดแตกต่างกัน

5. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตครอบคลุมเฉพาะในส่วนของกระบวนการอบผลิตภัณฑ์ โดยนำเทคโนโลยีสะอาดมาปรับใช้ เพื่อพิจารณาหาแนวทางการลดต้นทุนการผลิต ลดระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ และลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด ทำการเก็บข้อมูลจากเตาอบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3แบบ ได้แก่ เตาอบผลิตภัณฑ์ใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดคือ เตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และเตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ โดยทำการทดลองกับโรงงานผลิตเซรามิกแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง

6. นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ

6.1 เทคโนโลยีสะอาด หมายถึง กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมที่ดำเนินอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ป้องกันมลพิษทางอากาศ น้ำ และดิน และคงความเป็นมาตรฐานในการผลิต โดยการใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์

6.2 เทคโนโลยีเดิม หมายถึง กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมที่ใช้ ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานอย่างสิ้นเปลือง ซ้ำยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ น้ำ และดิน โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหามลพิษ และกากของเสียภายหลังกระบวนการผลิต ซึ่งหมายถึงการใช้แก๊สแอลพีจีในการอบผลิตภัณฑ์

6.3 เตาอบ หมายถึง เตาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์หลังจากที่ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แล้ว ซึ่งมีวิธีการอบอยู่ 3 วิธีคือ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์

6.4 ประสิทธิภาพของเตาอบ หมายถึง เตาอบที่สามารถลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ น้ำ และดินน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ชิ้นงานที่ผลิตได้มีคุณภาพ และใช้เวลาในกระบวนการอบน้อยลงทำให้สามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลาประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ ต้นทุนการผลิต ระยะเวลาในการอบและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 ผลการวิจัยจะเป็นการทบทวนถึงความเหมาะสมของการดำเนินการ และเพื่อปรับปรุงแก้ไขแนวทางการดำเนินการในระยะต่อไป

7.2 ใช้เป็นแนวทางให้กับผู้บริหารในการลดต้นทุนการผลิต ลดมลพิษ เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และสามารถส่งมอบสินค้าได้ตรงต่อเวลา

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้านำแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ตามรายละเอียดดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีสะอาด
    1.1 ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด
    1.2 ความเป็นมาของเทคโนโลยีสะอาด
    1.3 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด
    1.4 ประโยชน์ของเทคโนโลยีสะอาด
    1.5 ขั้นตอนสู่ความสำเร็จในการทำเทคโนโลยีสะอาด
    1.6 วิธีการลดการสูญเสียของเทคโนโลยีสะอาด
    1.7 แนวคิดของเทคโนโลยีสะอาด
2. ข้อมูลการผลิตเซรามิก
    2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเซรามิก
    2.2 ขั้นตอนการผลิตเซรามิก
3. ประวัติและวิวัฒนาการของเตาเผา
    3.1 เตาเผาของไทย
    3.2 การแบ่งประเภทของเตา
    3.3 โครงสร้างของเตา
4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรม
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    5.1 งานวิจัยต่างประเทศ
    5.2 งานวิจัยในประเทศ

1. แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีสะอาด

1.1 ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด

เทคโนโลยีสะอาด เป็นแนวความคิดในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตที่สะอาด ซึ่งมีนักวิชาการให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาดไว้หลายท่าน ดังนี้

สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2541) ให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด (CT) ดังนี้คือ การพัฒนาเปลี่ยนแปลงปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิต การบริการและการบริโภค โดยก่อให้เกิดผลกระทบหรือความเสี่ยงอันจะเกิดขึ้นต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ในขณะนั้น และต้องมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทำได้โดยการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด และการใช้ซ้ำและ/หรือการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยได้รับความร่วมมือจากทุกคนในองค์กร บ้าน และชุมชน

ศูนย์ข้อมูลเทคโนโลยีสะอาด ฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาดไว้ว่า เทคโนโลยีสะอาด คือ กลยุทธ์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์บริการและกระบวนการอย่างต่อเนื่องเพื่อจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพให้เปลี่ยนของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดจึงเป็นทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อม และการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตไปพร้อมๆ กันด้วย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548) กล่าวว่า เทคโนโลยีสะอาด คือ การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ การนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมกัน

สุเทพ ธีระศาสตร์ (2540) กล่าวว่า เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology) หมายถึง วิธีผสมผสานการป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ และบริการอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสี่ยงที่จะมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ชุมพล ใยยวง (2541) ให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาดว่าคือ กลยุทธ์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ บริการ และกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนนั้นมีการเปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดจึงเป็นทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อม และการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตไปพร้อมๆ กันด้วย จึงเป็นการส่งเสริมขีดความสามารถและประสิทธิภาพของการประกอบธุรกิจ เพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืน

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ และคณะ (2539) กล่าวว่า เทคโนโลยีสะอาด หมายถึง กลยุทธ์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ บริการ และกระบวนการอย่างต่อเนื่อง เพื่อจัดการทรัพยากรอย่างมี

ประสิทธิภาพ ให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย นั่นหมายถึง การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและการนำกลับมาใช้ใหม่ จึงเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมและการลดค่าใช้จ่ายในการผลิต พร้อมกันนั้นเป็นการเพิ่มสมรรถนะในการแข่งขันทางการค้าและการพัฒนาที่ยั่งยืน

จากที่มีหลายหน่วยงานและนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาดไว้ สามารถสรุปส่วนที่คล้ายกันได้คือ เป็นแนวความคิดในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตโดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด ลดการเกิดของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ซึ่งการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดนั้นนอกจากเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้วย และมีการนำกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า เทคโนโลยีสะอาด คือ แนวความคิดในการปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ ตลอดจนกระบวนการผลิตและการบริการ เพื่อให้สามารถจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากที่สุด และเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องได้รับการร่วมมือจากทุกฝ่าย และเป็นจุดเริ่มต้นของการก้าวไปสู่มาตรฐาน ISO 14000 ของภาคอุตสาหกรรมด้วย

1.2 ความเป็นมาของเทคโนโลยีสะอาด

ธเรศ ศรีสถิตย์ (2549 : 1-2) กล่าวถึงความเป็นมาของเทคโนโลยีสะอาดว่า เทคโนโลยีสะอาด เข้าใจว่าเริ่มมาจากโครงการ Industry and Environment : Programme Activity Centre อันเป็นงานของ United Nations Environment Programme หรือที่มีชื่อย่อว่า UNEP IE/PAC มีสำนักงานอยู่ที่ปารีส ซึ่งเป็นหน่วยงานจัดทำหลักการของเทคโนโลยีสะอาดขึ้นและใช้เฉพาะในกลุ่มอุตสาหกรรมเป็นสำคัญ กิจกรรมได้เริ่มในปี พ.ศ. 2532 เป็นต้นมาและได้แพร่ขยายเป็นวงกว้างมากขึ้นไปทั่วโลก โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมทั้งในยุโรป อเมริกา และเอเชีย เทคโนโลยีสะอาดเริ่มมีบทบาทมากขึ้นและได้หยิบยกขึ้นเป็นประเด็นสำคัญในระเบียบวาระการประชุมที่ 21 (Agenda 21) ของการประชุมระดับโลกเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (UNCED) ที่กรุงริโอ เด จาเนโร ประเทศบราซิล ในปี พ.ศ. 2535 ที่กำหนดให้ประเทศสมาชิกตระหนักถึงการรักษาสภาพแวดล้อมควบคู่ไปกับการพัฒนา โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าแต่กลับปล่อยมลพิษในรูปแบบต่างๆ ที่ทำลายสภาพแวดล้อม อาทิ การระบายน้ำเสีย การปล่อยมลพิษอากาศหรือการทิ้งกากของเสียอันตรายสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งการก่อปัญหาภาวะโลกร้อนที่รุนแรงมากขึ้น ที่ประชุมมุ่งหวังให้ประเทศสมาชิกร่วมกันลดการก่อมลพิษ ลดการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตให้น้อยลง เน้นการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติในการผลิต เช่น การใช้น้ำในปริมาณที่เหมาะสมและลดการสูญเสียน้ำ การประหยัดพลังงานทุกรูปแบบ อาทิ การประหยัดพลังงานไฟฟ้า การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

ดังนั้น เทคโนโลยีสะอาดจึงได้มีการนำไปใช้กันทั่วโลกแต่อาจจะใช้ชื่อต่างกันไป โดยหัวใจสำคัญของเทคโนโลยีสะอาดนั้นเหมือนกัน คือ ในกระบวนการผลิตจะต้องดำเนินการทุกรูปแบบในการลดการเกิดของเสีย ประหยัดการใช้ทรัพยากรและการใช้พลังงาน

สำหรับประเทศไทยเริ่มการใช้เทคโนโลยีสะอาดตั้งแต่ พ.ศ. 2533 ในกลุ่มอุตสาหกรรม และมีการใช้มากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา เพราะช่วงนั้นประเทศไทยเกิดวิกฤตทางเศรษฐกิจจึงต้องหามาตรการประหยัดทุกวิถีทาง ซึ่งหลักการเทคโนโลยีสะอาดจึงได้นำมาใช้อย่างเหมาะสมกับเหตุการณ์

ปัจจุบันเทคโนโลยีสะอาดได้นำมาใช้อย่างกว้างขวางซึ่งไม่เฉพาะแต่ภาคอุตสาหกรรมเท่านั้น ยังปรากฏว่ากลุ่มโรงพยาบาลของภาครัฐ โดยเฉพาะกรุงเทพมหานครได้นำหลักการนี้มาใช้ในการลดการเกิดขยะติดเชื้อและขยะทั่วไปเพื่อลดภาระการกำจัดและค่าใช้จ่าย รวมทั้งกลุ่มธุรกิจโรงแรมที่มุ่งการประหยัดการใช้พลังงานทุกรูปแบบเพื่อลดต้นทุนในการให้บริการ

1.3 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด

สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2547) กล่าวถึงหลักการของเทคโนโลยีสะอาดว่า แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด (Source Reduction) และการนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling)

1.3.1 การลดที่แหล่งกำเนิด

1.4.1.1 การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น การทำผลิตภัณฑ์ขึ้นมาใหม่เพื่อลดปริมาณของเสียจากตัวผลิตภัณฑ์ การประหยัดผลิตภัณฑ์ โดยออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการใช้งานยาวนาน และการเปลี่ยนองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้สามารถแยกส่วน และนำกลับมาใช้ใหม่ได้

1.4.1.2 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต

(1) การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ สามารถช่วยลดของเสียได้ โดยการลดหรือกำจัดวัสดุอันตรายที่เข้าสู่กระบวนการผลิต โดยใช้วัตถุดิบที่สะอาด และมีสารพิษน้อย รวมถึงการใช้วัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ลดปริมาณวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพเข้าสู่โรงงาน เพื่อลดเวลาการคัดคุณภาพทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ

(2) เปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี มุ่งเน้นที่การดัดแปลงกระบวนการ และเครื่องมือเพื่อลดของเสียในกระบวนการ เช่น ติดตั้งเครื่องจักรระบบอัตโนมัติ เปลี่ยนกระบวนการผลิต รวมถึงการเปลี่ยนผังการติดตั้งเครื่องจักร

(3) ปรับปรุงกระบวนการดำเนินการ โดยเน้นการบริหารการปฏิบัติงานให้มีขั้นตอนการผลิตที่เหมาะสม เช่น มีกระบวนการทำงานและขั้นตอนบำรุงรักษาชัดเจน วางแผนให้การไหลของงานเป็นไปโดยสะดวก

1.3.2 นำของเสียนั้นกลับมาใช้ซ้ำ หรือนำกลับมาใช้ใหม่

การนำของเสียกลับคืนมาใช้ประโยชน์ เป็นการจัดการของเสียที่ต้องพิจารณาในขั้นตอนหลังจากการเลือกใช้วิธีการต่างๆ ในการลดปริมาณของเสีย โดยอาศัยเทคนิคการใช้ซ้ำหรือผ่านกระบวนการเพื่อนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงนำผ่านกระบวนการเพื่อทำให้เป็นผลพลอยได้ เพื่อให้มีของเสียที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ที่ต้องนำไปบำบัดหรือทิ้งทำลายเหลืออยู่น้อยที่สุด

1.4.2.1 การใช้ซ้ำ

การใช้ซ้ำ หมายถึง การนำมาเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตเดิม หรือนำไปใช้ในกระบวนการอื่น

1.4.2.2 การเปลี่ยนแปลงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

การเปลี่ยนแปลงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หมายถึง การนำไปผ่านกระบวนการเพื่อนำทรัพยากรกลับมาใช้อีก หรือนำไปผ่านกระบวนการเพื่อทำให้เป็นผลพลอยได้

1.4 ประโยชน์ของเทคโนโลยีสะอาด

ชนะ ภูมี (2545) กล่าวว่า สำหรับประโยชน์ของการดำเนินการเทคโนโลยีสะอาดมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อภาคอุตสาหกรรมที่ดำเนินการ และต่อภาครัฐที่ให้การส่งเสริมสนับสนุน โดยสามารถสรุปเป็นประเด็นๆ ดังนี้

1.4.1 ประโยชน์ของเทคโนโลยีสะอาดต่อภาคอุตสาหกรรม

1) ช่วยทำให้เกิดการประหยัดการใช้น้ำ วัตถุดิบ พลังงาน และลดการเกิดมลพิษโดยกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่และใช้ซ้ำ

2) การปรับปรุงสภาพการทำงาน เทคโนโลยีสะอาดจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคนงานมีสุขอนามัยดีขึ้น และลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุต่างๆ

3) การปรับปรุงคุณภาพของสินค้า คุณภาพของสินค้าเป็นสิ่งสำคัญของผู้ผลิตภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากต้องแข่งขันในระดับสากล การลดมลพิษ ณ แหล่งกำเนิดทำให้คุณภาพสินค้าดีขึ้น

4) การเพิ่มประสิทธิภาพและกำไรจากการประหยัดวัตถุดิบและพลังงาน นำไปสู่การลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นการเพิ่มกำไรและขีดความสามารถในการแข่งขัน

5) เทคโนโลยีสะอาด ทำให้โรงงานเกิดของเสียน้อยลง ง่ายต่อการจัดการและยังปฏิบัติได้ตามมาตรฐานกฎหมายบ้านเมือง

6) การลดต้นทุนการบำบัดของเสีย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทำให้มลพิษมีปริมาณลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนการบำบัดของเสียลดลงด้วย

7) การมีภาพพจน์ที่ดีต่อสาธารณชน เทคโนโลยีสะอาดทำให้โรงงานหรือสถานประกอบการสะอาด และทำให้เป็นเพื่อนบ้านที่ดีกับชุมชนรอบข้าง

8) เทคโนโลยีสะอาดจะลดจำนวนมลพิษจากอุตสาหกรรมลง และเป็นการลดการสะสมตัวของความเป็นพิษต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม

1.4.2 ประโยชน์ของเทคโนโลยีสะอาดต่อภาครัฐ

1) เทคโนโลยีสะอาดช่วยแบ่งเบาภาระในการติดตามตรวจสอบของภาครัฐ

2) บรรลุตามเป้าหมายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

3) ส่งเสริมภาพพจน์ของประเทศไทยในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก

1.5 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด

การประสบความสำเร็จในการทำเทคโนโลยีสะอาดนั้นต้องดำเนินการอย่างมีขั้นตอนดังที่สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2547) ได้แบ่งขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ การวางแผนและจัดองค์กร การประเมินเบื้องต้น การประเมินละเอียด การศึกษาความเป็นไปได้ และการลงมือปฏิบัติ

1.5.1 การวางแผนและการจัดองค์กร (Planning and Organization)

เพื่อให้องค์กรได้เข้าใจในหลักการของเทคโนโลยีสะอาด จึงต้องให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสะอาดแก่ผู้บริหารหรือผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบ รวมถึงชี้แจงให้เห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับทางเศรษฐศาสตร์ และให้ตระหนักถึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นทางสิ่งแวดล้อม หลังจากนั้นจึงวางแผนงาน กำหนดเป้าหมาย และจัดตั้งทีมดำเนินโครงการ เพื่อความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการเข้าปฏิบัติงาน ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมากเนื่องจากต้องได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารในองค์กรเป็นอย่างดี การดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสะอาดาจึงจะประสบผลสำเร็จ

1.5.2 การประเมินเบื้องต้น (Pre-Assessment)

รวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการตรวจประเมินเบื้องต้น อาทิ ข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิต ข้อมูลวัตถุดิบ ข้อมูลของเสีย ซึ่งได้จากการสอบถามหรือจากแบบประเมินเบื้องต้น จากนั้นทำการสำรวจกระบวนการผลิตอย่างละเอียด พร้อมทั้งเขียนแผนผังกระบวนการผลิตโดยแสดงสารเข้าและสารออกเพื่อนำไปใช้ในการประเมินหาประเด็นปัญหาหลักที่จะศึกษา

1.5.3 การประเมินละเอียด (Assessment)

โดยการนำประเด็นปัญหาหลักที่ได้จากการประเมินเบื้องต้นมาศึกษาโดยละเอียด เริ่มจากการทำสมดุลมวลและพลังงานเพื่อเข้าใจโดยละเอียดถึงแหล่งและปริมาณของเสีย หรือการสูญเสียจากหน่วยการผลิต ในการทำสมดุลต้องนำมาพิจารณาสิ่งที่ใส่เข้าไป (Input) และออกมาจากกระบวนการ (Output) ไม่ว่าจะเป็น วัตถุดิบ น้ำ ไฟฟ้า และพลังงาน ในขั้นตอนนี้จะสามารถบอกได้ว่าความสูญเสียและความไม่สมดุลอยู่ที่จุดใดในกระบวนการผลิต และมีปริมาณเป็นเท่าใด เมื่อได้สาเหตุการสูญเสียทรัพยากร/พลังงานหรือสาเหตุของของเสีย/มลพิษแล้ว จึงสร้างทางเลือก/ข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาดเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

1.5.4 การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Studies)

นำข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาดที่ได้จากขั้นตอนการประเมินละเอียดไปประเมินความเป็นไปได้โดยละเอียด ได้แก่ การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค ทางเศรษฐศาสตร์ และทางสิ่งแวดล้อม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค จะคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ อัตราการผลิต ความปลอดภัย เป็นต้น โดยถ้าข้อเสนอนั้นทำให้เกิดกรเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติในกระบวนการผลิต อาจต้องลองทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ หรือเฉพาะส่วนการผลิตก่อน หรือถ้ากรณีเดียวกันซึ่งเป็นข้อเสนอที่มีการนำไปปฏิบัติมาแล้วอย่างได้ผลในโรงงานอื่น ก็ไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบ

(2) การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ จะพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งตัวชี้วัดที่สำคัญที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าเงินในปัจจุบันสุทธิในการลงทุน (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เป็นต้น

(3) การประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป้าหมายหนึ่งของการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสะอาดคือการปรับปรุงเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องนำข้อเสนอมาพิจารณา เช่น การเปลี่ยนจำนวนและความเป็นพิษของของเสีย และวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โอกาสในการเปลี่ยนวัตถุดิบ การเปลี่ยนผลทางสิ่งแวดล้อมโดยเลือกใช้วัสดุหรือสารเคมีอื่น การเปลี่ยนความสามารถในการนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำ เป็นต้น

1.5.5 การลงมือปฏิบัติ (Implementation)

ข้อเสนอที่ผ่านการพิจารณาทบทวนความเป็นไปได้ทั้งด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อมควรนำมาดำเนินการในกระบวนการผลิตนั้น จากนั้นจะขึ้นกับคณะผู้ทำการประเมินโอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาด โดยการสนับสนุนจากผู้บริหารในการ

ติดตามของเสียต่างๆ อย่างต่อเนื่อง และชี้บอกโอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาดของกระบวนการผลิตนั้น โดยการประเมินซ้ำเป็นระยะ รวมถึงติดตามปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

1.6 วิธีการลดการสูญเสียของเทคโนโลยีสะอาด

ธเรศ ศรีสถิตย์ (2549) กล่าวว่า วิธีการลดการสูญเสียของเทคโนโลยีสะอาด คือ การลดการสูญเสียต่างๆ ด้วยการ ลดที่แหล่งกำเนิด และลดโดยการนำไปใช้หมุนเวียน ทั้ง 2 วิธีเป็นหลักการสำคัญของเทคโนโลยีสะอาด มีรายละเอียดดังนี้

1.6.1 วิธีการลดที่แหล่งกำเนิด

สามารถทำได้ 3 วิธี คือ การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ การปรับเปลี่ยนเทคนิคการผลิต และขั้นตอนการทำงาน และการปฏิบัติงานที่ดี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ : อาจเริ่มด้วยการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาดขึ้น เช่น การใช้เกลือที่บริสุทธิ์ 99.99% หรือสารที่มีพิษน้อยลง เช่น ใช้สารประกอบเกลือ แทน เป็นต้น ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยลง

2) การปรับเปลี่ยนเทคนิคการผลิต และขั้นตอนการทำงาน : เป็นกระบวนการลดการสูญเสีย โดยติดตั้งหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตหรืออุปกรณ์การผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งกระบวนการผลิตใหม่ๆ นอกจากจะลดปริมาณของเสียแล้ว ยังมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นด้วย ในบางครั้งอาจจะต้องมีการลงทุนบ้าง แต่เป็นการลงทุนที่ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่ม ลดปริมาณวัตถุดิบและพลังงานลง รวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสียที่น้อยลง ซึ่งเมื่อนำมาคิดประเมินรวมแบบเบ็ดเสร็จแล้วก็อาจทำให้มีกำไรเพิ่มมากขึ้นได้

ตัวอย่างการปรับเปลี่ยน เช่น การลดการสูญเสียของน้ำยาที่ติดชิ้นงานชุบออกไปโดยการเพิ่มเวลายกและหยดคืนถังน้ำยาให้นานขึ้น ลดขั้นตอนการล้างถังปฏิกิริยาด้วยการผลิตสีขาวก่อนผลิตสีดำต่อ หรือปิดถังล้างชิ้นงานกับน้ำยาล้าง (solvent) ระเหยออก รวมทั้งการใช้ลมหรือแรงสั่นสะเทือน ตลอดจนการฉีดพ่นน้ำล้างแรงๆ เพื่อลดปริมาณน้ำใช้

3) การปฏิบัติงานที่ดี : เพื่อลดการสูญเสียต่างๆ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่ รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นของเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่องค์กรใช้อยู่ จะเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับองค์กรขนาดกลางและขนาดเล็กเพราะเป็นวิธีการง่ายๆ และไม่ต้องลงทุนมากนัก

นอกจากนี้ การลดการสูญเสียที่แหล่งกำเนิดนั้น องค์กรก็ยังสามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายๆ ด้วยการเพิ่มการอบรมพนักงาน ทำบัญชีควบคุมวัตถุดิบและวัตถุต่างๆ หรือแยกสาร/ประเภทของเสีย เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดและกำจัด เช่น แยกของเสียเข้มข้นออกจากของเสียเจือจาง หรือแยกของเสียอันตรายออกจากของเสียธรรมดา เป็นต้น

1.6.2 วิธีการลดโดยการนำไปใช้หมุนเวียน

โดยปกติควรดำเนินการลดการสูญเสียก่อนที่จะคิดนำกลับมาใช้หมุนเวียน หรือนำไปสกัดของมีค่ากลับคืน ซึ่งการหมุนเวียนอาจทำได้ทั้งการนำไปใช้หมุนเวียนใหม่ในองค์กร เช่น น้ำหล่อเย็นเครื่องจักร หรือการแยกน้ำมันหล่อลื่น น้ำยาล้างไขมัน ในอุตสาหกรรมรีดหรือพบเหล็ก สำหรับการส่งไปสกัดของมีค่าคืนนอกองค์กรจะได้แก่ น้ำยาทำละลาย (solvent) ต่างๆ ที่หมดอายุการใช้งาน กากตะกอนที่สามารถขายให้โรงงานทำอิฐ หรือเศษกระดาษ กล่องเปล่าพลาสติก เศษไม้ เป็นต้น

1.7 แนวคิดของเทคโนโลยีสะอาด

เจริญชัย แย้มแขไข (2543) กล่าวว่า ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมมีการแข่งขันทั้งด้านการผลิตและการตลาดมากขึ้น ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมของประเทศทั้งทางตรงและทางอ้อม ภาคเอกชนและรัฐจึงพยายามหาเครื่องมือที่จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม และมีการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน

เทคโนโลยีสะอาดจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มผลผลิต และการบริการให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยใช้วัตถุดิบน้อยลง อันเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตและลดภาระค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสีย รวมทั้งลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการลดการใช้พลังงานวัตถุดิบและทรัพยากรธรรมชาติ โดยมีผลผลิตที่เท่าเดิมหรือมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อการดำเนินธุรกิจสำหรับภาคอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อมของประเทศ ดังมีแนวคิดพื้นฐานมาจาก

1.7.1 การลดต้นทุน เทคโนโลยีสะอาดเป็นการลดการเกิดมลพิษ และของเสียที่แหล่งกำเนิดจากการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้มีการจัดการภายในโรงงานที่ดีขึ้น ซึ่งไม่ต้องมีค่าใช้จ่าย และการลงทุนสูง ตลอดจนการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นมาใช้

1.7.2 การพัฒนาด้านเทคโนโลยีและขีดความสามารถในการแข่งขัน กระบวนการทางเทคโนโลยีสะอาดจะบ่งชี้ให้ทราบถึงกระบวนการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการลงทุน

1.7.3 ความต้องการของตลาด ประเด็นในด้านสิ่งแวดล้อมและคุณภาพผลิตภัณฑ์ มีความสำคัญเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในและต่างประเทศ เทคโนโลยีสะอาดสามารถช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมตอบสนองความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นในประเด็นดังกล่าว

1.7.4 ความสมัครใจที่จะกำกับดูแลตนเอง ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมพร้อมและสมัครใจที่จะรับข้อกำหนดหลักเกณฑ์ด้านเทคโนโลยีสะอาดไปใช้แทนการควบคุมและบังคับจากรัฐ ซึ่งผู้ใช้สามารถควบคุม และปรับปรุงการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมเองได้

1.7.5 ฐานข้อมูล การใช้เทคโนโลยีสะอาดต้องสามารถเข้าถึงข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีสะอาดที่มีอยู่ทั้งหมดได้โดยสะดวก เช่น กฎระเบียบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหรือข้อมูลด้านเทคโนโลยีเฉพาะสำหรับแต่ละรายสาขาอุตสาหกรรม

1.7.6 การสนับสนุนของภาครัฐและเอกชน เทคโนโลยีสะอาดยังสอดคล้องกับแผนหลักด้านการป้องกันมลพิษของประเทศ ซึ่งจัดทำโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม โดยแผนหลักครอบคลุมกิจกรรมต่อไปนี้

1) ภาคราชการส่วนกลาง และส่วนท้องถิ่นกับองค์กรเอกชน

2) ภาคอุตสาหกรรม กับการเงินการธนาคารและการตลาด

3) ภาคการศึกษา กับการวิจัยพัฒนาและศูนย์ข้อมูลเครือข่าย

4) ภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรมเกษตร

5) ภาคการท่องเที่ยว

1.7.7 นโยบายด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน เทคโนโลยีสะอาดถูกกำหนดให้เป็นนโยบายที่มีความสำคัญต่อการส่งเสริมการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม ดังนี้คือ

1) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544)

2) แผนปรับโครงสร้างอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2541-2545) ของกระทรวงอุตสาหกรรม

3) ร่างแผนแม่บทการพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

4) โครงการอนุรักษ์พลังงาน ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

1.7.8 เน้นมวลเข้าและกระบวนการผลิต แทนการปล่อยของเสียและกากอุตสาหกรรม การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด โดยคำนึงถึงมวลเข้าสู่กระบวนการผลิต (Inputs) มากกว่ามวลออกจากกระบวนการผลิต (Outputs) เพื่อหาวิธีที่จะให้มีของเสียหรือมีการปล่อยมลพิษน้อยลง การใช้มวลเข้า อันได้แก่ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ ผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิตภายใต้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และวิธีปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด ได้แก่

1) วัตถุดิบ ใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ มีการปนเปื้อนของมลพิษหรือของเสียน้อย และมีการตรวจสอบคุณภาพหรือมาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ

2) วิธีปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องมีคุณภาพ มีระเบียบวินัย มีการฝึกอบรมอย่างสม่ำเสมอ และผู้บริหารต้องให้ความสำคัญกับการจัดการด้านทรัพยากรมนุษย์

3) เทคโนโลยี จัดหาและเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต เช่น

ก. ซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ

ข. ออกแบบเครื่องจักรอุปกรณ์ และการจัดการกระบวนการผลิตให้เหมาะสม

ค. วางผังและแผนการผลิตให้เหมาะสม และสอดคล้องกับกระบวนการผลิต

4) ผลิตภัณฑ์ ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสม มีมาตรฐานไม่สูงมาก

5) ของเสีย จัดแยกของเสียแต่ละชนิดออกจากกัน มีการหมุนเวียนไปใช้ใหม่ หรือใช้ซ้ำ และจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. ข้อมูลการผลิตเซรามิก

2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเซรามิก

วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกบางอย่างได้มาจากแร่ธรรมชาติ เช่น ดินต่างๆ หิน ฟันม้า หินควอทซ์ และทรายทะเล เป็นต้น นอกจากนี้วัตถุดิบบางอย่างได้มาจากการสกัดดินแร่จากธรรมชาติ และนำมาทำให้สมบูรณ์ด้วยกระบานการทางเคมี เช่น อลูมินา (Alumina) ซึ่งได้จาก แร่บอกไซท์ (Bauxite) วัตถุดินที่ได้จากการสังเคราะห์เช่น แบเรียมทิตาเนต (BaO. Tio_2) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพวกเฟอร์ไรท์ และสารอินทรีย์บางชนิดที่ใช้เป็นตัวขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์เซรามิกสมัยใหม่ต้องการวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูง เพราะสิ่งสกปรกเพียงเล็กน้อยซึ่งอาจจะน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ก็มีผลต่อโครงสร้างซึ่งเชื่อมโยงไปถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์นั้นๆด้วยเช่น การผลิตเซรามิกกึ่งตัวนำสิ่งสกปรกต้องมีน้อยกว่า 1 ใน 10 กล่าวโดยทั่วไปสิ่งสกปรกไม่เป็นที่ปรารถนาในทุกขั้นตอนการผลิต การควบคุมขนาดและรูปร่างของวัตถุดิบที่มีความสำคัญไม่น้อยกว่าการควบคุมความบริสุทธิ์ของวัตถุดิบ เพราะมักจะมีผลต่อการขึ้นรูป การเกิดปฏิกิริยาระหว่างกันของวัตถุดิบต่างๆ ในขณะที่เผา หรือระหว่างการทำการสังเคราะห์สารต่างๆ

ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก โดยเฉพาะภาชนะรองรับอาหาร พวกสุขภัณฑ์ พวกกระเบื้อง และอื่นๆ ดินมีหลายชนิดแตกต่างกันออกไปอาจแตกต่างกันในเรื่องสีหรือต่างกันในเรื่องของโครงสร้าง รวมทั้งต่างกันเรื่องของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ เป็นต้นว่า มีความเหนียวต่างกัน มีปริมาณ ซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) ต่างกัน ดินอาจจำแนกเป็น 2 ชนิด คือ ดินขาวกับดินเหนียว

2.2.1 ดินขาว (Kaolin , China Clay)

ดินขาว หมายถึงดินที่มีสีขาวหรือสีซีดจางทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาและเผาแล้ว ดินขาวมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่กลุ่ม Kaolinite แหล่งดินชนิดนี้มี 2 แบบ

1. แหล่งต้นกำเนิด (Residual Deposits) ดินขาวแหล่งนี้ มักพบในลักษณะที่เป็นภูเขาหรือที่ราบที่ซึ่งเคยเป็นแหล่งแร่หินฟันม้า เมื่อหินฟันม้าผุพังโดยบรรยากาศ (Weathering) ผลสุดท้ายก็จะเหลือดินขาวอยู่ ณ ที่นั้น กระบวนการเกิดดินขาว (Kaolinization) นี้มีขั้นตอนของปฏิกิริยาต่างๆดังนี้

$KAlSi_3O_8 + H_2O \longrightarrow HAlSi_3O_8 + KOH$

$HAlSi_3O_8 \longrightarrow HAlSiO_4 + 2SiO_2$

$2HAlSiO_4 + H_2O \longrightarrow (OH)_4Al_2Si_2O_5$

$KAlSi_3O_8$ = หินฟันม้าชนิดโปแตซ

$(OH)_4Al_2Si_2O$ = ดินขาว

สิ่งสกปรกที่พบเสมอในดินแหล่งนี้ คือ ซิลิกา (SiO_2) นอกจากนี้ยังมี หินฟันม้าและผลิตผลอื่นๆ ที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์ และอาจมีสิ่งสกปรกอื่นๆ ที่เข้าไปปะปน

2. แหล่งสะสมลุ่ม (Sedimentary Deposit) หมายถึงแหล่งดินขาวที่เกิดจากแหล่งแรก ถูกกระแสน้ำพัดพาไป และไปสะสมในที่ลุ่มในประเทศไทยมีแหล่งดินขาวหลายจังหวัด มี จังหวัดลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เป็นต้น

ส่วนประกอบทางเคมีของดินขาว

ผลึกที่บริสุทธิ์ของดินขาวมีส่วนประกอบทางเคมีเป็น $(OH)_4Al_2O_32SiO.2H_2O$ ดินขาวที่พบตามแหล่งมีส่วนประกอบต่างกันไปด้วยเหตุผล 2 ประการ

1. เนื่องจากโครงสร้างของดินขาวที่มีการแทนที่กันของโลหะธาตุที่เป็นประจุบวก

2. เนื่องจากมีสารประกอบอื่นๆ ที่ปะปนอยู่ ได้แก่ ควอทซ์ (Quartz) เฟลสปาร์ (Feldspar) ไพไลต์ (Pyrite) และฟลูออไรท์ (Fluorite) เป็นต้น

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว

การทราบคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว จะช่วยทำให้เราสามารถทำนายคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นซึ่งมีแร่ดินเหล่านั้นผสมอยู่ได้ดีพอสมควร คุณสมบัติที่ควรจะได้ศึกษาคือ

1. ขนาด (Particle Size) คุณสมบัติชนิดนี้มีความสำคัญมากอันหนึ่งเพราะว่ามันมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางด้านความเหนียว (Plasticity) ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Dry

Strength) ความสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูล และการหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage) กล่าวโดยทั่วไปดินเม็ดที่มีความละเอียดจะให้มีความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าเม็ดดินที่หยาบ

2. รูปร่าง (Particle Shape) แร่ดินขาว อนุภาคของมันมีรูปร่างเป็นแผ่นหกเหลี่ยม มีขนาดตั้งแต่ 0.05 ถึง 10 ไมครอน โดยเฉลี่ยมีขนาด 0.5 ไมครอน

3. คุณเมื่อแห้ง (Drying Properties) การหดตัวเมื่อแห้งของแร่ดินล้วนๆ เราไม่ค่อยสนใจ เพราะเนื้อดินปั้นประกอบด้วยแร่หลายอย่าง แต่อาจกล่าวได้กว้างๆ ว่าดินที่ละเอียดกว่ามีการหดตัวมากกว่าดินหยาบเมื่อทำการปล่อยให้แห้ง

4. ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Green Strength) คุณสมบัตินี้สำคัญมากโดยเฉพาะเมื่อจะนำแร่ดินขาวไปใช้ในเนื้อดินปั้นซึ่งไม่มีดินเหนียวอยู่เลย เพราะว่าดินขาวเท่านั้นที่จะเป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดิบมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงใด ดินละเอียดหรือดินที่มีมอนท์มอริลโลไนท์จะให้ความแข็งแรงมากที่สุด

5. คุณสมบัติหลังเผา (Firing Properties) แร่ดินขาวมีการหดตัวมากหลังจากการเผาไม่ควรแช่แร่ดินขาวล้วนเป็นเนื้อดินปั้น แร่ดินขาวเมื่อเผาแล้วจะหดตัวประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

2.2.2 ดินเหนียว (Ball Clay)

ดินขาวเป็นดินที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ แต่มีดินอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีความสำคัญเช่นกัน ดินชนิดนี้มีสีดำ แต่เมื่อเผาแล้วจะมีสีขาว ดินชนิดนี้มีความเหนียวมากกว่าและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผามีความแข็งแรงมากกว่าดินขาว

ดินเหนียว อาจให้คำจำกัดความได้ว่า หมายถึงดินที่มีสีขาว ขาวคล้ำจนดำสนิทมีแหล่งสะสมอยู่ที่ลุ่ม มีเม็ดละเอียด มีอินทรีย์สารเจือปน มีความเหนียวดี ให้ความแข็งแรงต่อผลิตภัณฑ์ก่อนเผาดีกว่าดินขาว มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของเนื้อดิน ดินเนื้อแก้วค่อนข้างยาว หลังเผาจะมีสีขาวจาง ดินเหนียวมีการเปลี่ยนแปลงมากในแต่ละแห่ง

เหตุผลที่ต้องนำดินเหนียวมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกมีด้วยกัน 4 ประการคือ

1. ช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปของเนื้อดินปั้นให้ดีขึ้น

2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ก่อนเผาให้มีความแข็งแรงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผาขณะมีการเคลื่อนย้ายลดลง

3. ช่วยทำให้น้ำดินที่ใช้ในการเทแบบมีการไหลดีขึ้น

4. ดินเหนียวบางนิดมีความสามารถช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่าง มวลสารในเนื้อดินปั้นในขณะทำการเผา เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน

การนำดินเหนียวมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกก็มีข้อเสียคือ

1. ในดินเหนียวมักมีสิ่งสกปรก เช่น Fe_2O_3 และ TiO_2 ซึ่งเป็นตัวทำให้ความขาวของเนื้อผลิตภัณฑ์เสียไป โดยเฉพาะถ้ามีปริมาณ TiO_2 มาก

2. ทำให้ความโปร่งแสงของผลิตภัณฑ์นั้นน้อยลง

3. ดินเหนียวมีส่วนประกอบไม่แน่นอน ฉะนั้นทำให้เกิดความยุ่งยากในการควบคุมน้ำดินสำหรับเทแบบ

ธรรมชาติของดินเหนียว ดินชนิดนี้ประกอบด้วย Kaolintie แต่มีผลึกขนาดเล็กกว่าชนิดอื่นๆและผลึกมักไม่สมบูรณ์และบางครั้งก็พบแร่ดินอื่นๆ เช่น Montmorillonite เป็นต้น แร่ที่มักพบปนอยู่ในดินเหนียวเสมอ เช่น ควอทซ์ ไมก้า และไอออนซัลไฟต์ ดินเหนียวมีลักษณะพิเศษคือ มีสารอินทรีย์ปนอยู่เสมอ สารอินทรีย์นี้มีส่วนประกอบคล้ายลิกไนท์มาก ดินเหนียวเมื่อแห้งมีความแข็งสูงและมีการหดตัวสูงเช่นกัน ดินเหนียวหลายชนิดมีช่วงอุณหภูมิกว้างที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นแก้ว ซึ่งประโยชน์คือช่วยปรับปรุงเนื้อผลิตภัณฑ์หลังเผาได้ดีขึ้น ในประเทศไทยมีการนำดินเหนียวมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์หลายแห่ง เช่น ปราจีนบุรี แม่เมาะ ลำปาง เชียงใหม่ เป็นต้น

ส่วนประกอบของดินเหนียว

ส่วนประกอบทางเคมีของดินเหนียวแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มันสะสมส่วนประกอบโดยประมาณอาจจำแนกได้ดังนี้

1. SiO_2 อยู่ระหว่าง 40-60 เปอร์เซนต์
2. Al_2O_3 ประมาณ 30 เปอร์เซนต์
3. H2O ในผลึกและสารอินทรีย์สาร 10 เปอร์เซ็นต์
4. TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O เล็กน้อย

แร่ดินต่างๆ ที่พบในดินเหนียวพอสรุปได้ คือ Kaolinite ซึ่งมีทั้งหยาบและละเอียดเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ก็มี Montmorillonite แร่อื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ก็มี ควอทซ์ ไมก้า เป็นต้น

คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียว

1. ขนาด ดินเหนียวมีขนาดเล็กกว่าดินขาว ขนาดของดินเหนียวจะมีขนาดละเอียดแค่ไหนและมากเพียงใดจะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งที่พบ คือแหล่งดินที่ถูกพัดพาไปไกลจากแหล่งเดิมมากจะมีการเสียดสีมาก และการบดตามธรรมชาติมาก ขนาดของเม็ดดินจะมีความละเอียดมากขึ้นตามลำดับ

2. ความเหนียว กล่าวโดยทั่วไปแล้ว ดินเหนียวมีความเหนียวกว่าดินขาวการผสมดินเหนียวลงไปในเนื้อปั้นจะช่วยทำให้การขึ้นรูปดีขึ้น

3. การหดตัวเมื่อแห้ง ดินเหนียวมีการหดตัวมากน้อยแตกต่างไปตามแหล่งหรือชนิดของดินเหนียวนั้น เช่น ดินเหนียวที่มีซิลิกอนออกไซด์สูงแทบไม่มีการหดตัวเลย แต่ดินเหนียวที่มีอินทรีย์สารสูงจะมีการหดตัวมากประมาณ 15 เปอร์เซนต์ แต่อย่างไรก็ตามเราไม่ได้ใช้ดินเหนียวอย่างเดียวในการผสมเนื้อดินปั้น เราสามารถที่จะทดลองเนื้อดินปั้นขึ้นมาหาส่วนผสมเนื้อดินปั้นที่การหดตัวที่เหมาะสมได้

4. ความแข็งแรงก่อนเผา ปกติดินเหนียวจะมีความแข็งแรงกว่าดินขาว ดินเหนียวที่ความแข็งแรงสูงเมื่อผสมในเนื้อดินปั้นจะช่วยทำผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย

5. คุณสมบัติหลังการเผา ถ้าเป็นดินเหนียวล้วนๆ คุณสมบัติหลังการเผา เช่น ลักษณะเนื้อเป็นอย่างไร เนื้อดีหรือไม่ดีอย่างไร เป็นต้น ซึ่งไม่ค่อยสำคัญนัก แต่คุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลกระทบกระเทือนเมื่อผสมดินเหนี่ยวลงไปในเนื้อดินปั้น ดินเหนียวบางอย่างมีไมก้าประกอบอยู่ เมื่อผสมในเนื้อดินปั้นเมื่อเผา ไมก้าจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาในเนื้อดินปั้นทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียนมากขึ้นตามลำดับ

2.2.3 หินฟันม้า (Feldspar)

เป็นสารประกอบของอะลูมิโนซิลิเกตของอัลคะไลน์ และอัลคะไลน์เออร์ทโดยเฉพาะสารประกอบของ Na , K ,Ca พบมากและใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ส่วนประกอบบริสุทธิ์ของ Na , K ,Ca หาได้ยาก ในแร่หินฟันม้าจะมีทั้ง Na , K ,Ca ซึ่งมีอัตราส่วนที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากว่า สารประกอบของสามตัวนี้มีการละลายซึ่งกันและกันในขณะที่เป็นของแข็ง หินฟันม้าใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในผลิตภัณฑ์ ดังนั้น หินฟันม้าจึงเป็นตัวส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแก้ว และช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น หินฟันม้าเป็นแหล่งให้อัลคะไลน์และอลูมินาแก่เคลือบและแก้ว ข้อดีที่ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์นำมาใช้คือหินฟันม้ามีราคาถูก และเป็นสารประกอบอัลคะไลน์ที่ไม่ละลายน้ำ

ในประเทศไทยมีแหล่งหินฟันม้าหลายแห่ง เช่น ที่จังหวัดตาก อุทัยธานี และราชบุรี หินฟันม้ามีส่วนใหญ่มีส่วนประกอบคงที่พอสมควร เว้นแต่อัตราส่วน Na และ K เท่านั้นที่เปลี่ยนไป หินฟันม้าที่มีเปอร์เซ็นต์ Na สูงจะใช้ในการผลิตแก้วและเคลือบ ส่วนหินฟันม้าที่มีเปอร์เซ็นต์ K สูงจะใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้น

2.3 ขั้นตอนการผลิตเซรามิก

2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิก ได้แก่ แร่ดินชนิดต่างๆ เช่น ดินแดง ดินขาว ดินดำ และส่วนผสมต่างๆ นำมาเข้าสู่ระบบการบดและขนาดของอนุภาค ต่อจากนั้นจึงนำน้ำดินไปรีดน้ำออกหรือกรองอัดน้ำดิน เพื่อให้ได้ดินนำไปขึ้นรูปต่อไป

2.3.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- แบ่งตามลักษณะของดิน
- แบ่งตามลักษณะวิธีของการขึ้นรูป

การขึ้นรูปตามลักษณะของดิน สามารถทำได้ 5 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การขึ้นรูปโดยใช้ดินในสภาพของเหลว
2. การขึ้นรูปโดยใช้ดินในสภาพของเหลวข้น
3. การขึ้นรูปโดยใช้ดินในสภาพก้อนดินนุ่ม
4. การขึ้นรูปโดยใช้ดินในสภาพกึ่งแห้ง
5. การขึ้นรูปโดยใช้ดินในสภาพแห้ง

การขึ้นรูปตามวิธีการขึ้นรูป สามารถทำได้ 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การขึ้นรูปด้วยมือ การปั้น/แป้นหมุน
2. การขึ้นรูปด้วยการหล่อ
3. การขึ้นรูปด้วยจิ๊กเกอร์ แบบกึ่งอัตโนมัติ และแบบอัตโนมัติ
4. การขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ (Roller Machine)

2.3.3 การอบแห้ง

หลังจากที่ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แล้วจะนำผลิตภัณฑ์ไปอบแห้ง โดยพิจารณาจากองค์ประกอบของเนื้อดิน เช่น

การอบแห้งแบบ ฮอท ฟลอร์ ดรายเวอร์

การอบแห้งแบบอาศัยความชื้นสัมพัทธ์

การอบแห้งแบบใช้รังสีอินฟราเรด

การอบแห้งโดยการใช้คลื่นความถี่สูง

การอบแห้งโดยใช้กระแสไฟฟ้า

2.3.4 การตกแต่งก่อนเผา

1. การแต่งผิว
2. การแต่งขอบ
3. การติดส่วนประกอบของงาน
4. การเช็ดด้วยฟองน้ำ และการตกแต่งด้วยด้าย

2.3.5 การเผาเซรามิก

การเผา อาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การเผาดิบ การเผาเคลือบ และการเผาตกแต่ง

2.3.6 การเคลือบ

การเคลือบ คือ กระบวนการปกปิดหรือปกคลุมเนื้อผลิตภัณฑ์ไว้ด้วยแก้วบางๆ ด้วยส่วนผสมซองเคลือบที่ถูกบดอย่างละเอียดแล้วทำเป็นของเหลว และนำมาเคลือบเนื้อผลิตภัณฑ์และถูกทำให้แห้งโดยการเผา จะเกิดสภาวะของแก้วในระหว่างการเผา

3. ประวัติและวิวัฒนาการของเตาเผา

เวช หกพันนา (2542) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (Ceramics) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินและแร่ธาตุ ซึ่งมีกระบวนการเผาด้วยอุณหภูมิที่สูง เพื่อให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนไป ดังนั้น เตาเผา (Kilns) จึงเป็นสิ่งจำเป็นและขาดไม่ได้ นอกจากนั้นเตาเผายังเป็นอุปกรณ์ด้านคุณภาพที่ต้องมีการควบคุมด้วยดังนั้นการใช้เตาเผาที่ดีมีคุณภาพจะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพอีกด้วย

เตาเผา (Kilns) เป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อน ควบคุมความร้อน การกระจายความร้อน ซึ่งจะต้องมีการศึกษาและออกแบบให้ถูกหลักวิชาการ สามารถเผาให้อุณหภูมิสูง รวมทั้งประหยัดและปลอดภัย ตลอดจนวัสดุที่ใช้ในการสร้างเตาต้องมีคุณภาพดี เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นเตาแก๊ส (Gas Kiln) เตาน้ำมัน (Oil Kiln) เตาฟืน (Wood Kiln) หรือเตาไฟฟ้า (Electric Kiln) ก็ตาม

หลักทั่วไปที่ควรคำนึงเกี่ยวกับเตาเผา ไม่ว่าจะเป็นประเภทใดก็ตามที่จะนำมาใช้ในการปฏิบัติเพื่อความเหมาะสม ควรพิจารณาในหลักการต่างๆ คือ

1. เป็นเตาที่สามารถเร่งรัดและสามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูงตามความต้องการ
2. เป็นเตาที่สามารถกระจายความร้อนได้สม่ำเสมอทั่วทั้งเตา ไม่ว่าจะเป็นส่วนบน ส่วนกลางและส่วนล่างของเตา
3. เป็นเตาที่มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในเตาได้อย่างดี
4. เป็นเตาที่สามารถควบคุมความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. เป็นเตาที่ประหยัดเชื้อเพลิง มีความปลอดภัยสูง

6. เป็นเตาที่ดูและบำรุงรักษาง่าย

7. เป็นเตาที่มีอุปกรณ์เครื่องมือประจำเตาที่มีประสิทธิภาพ

8. เป็นเตาที่บรรจุผลิตภัณฑ์ (Loading) และการนำออก (Unloading) ได้สะดวก คล่องตัว

9. เป็นเตาที่มีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน

10. เป็นเตาที่ใช้ได้สะดวก คล่องตัว เหมาะกับงานทุกประเภท

เตาเผา (Kiln) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน นับได้ว่าประสบความสำเร็จก้าวหน้ามาตามลำดับ สามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูงและสามารถเผาต่อเนื่องกันได้ตลอดเวลา ซึ่งผลสำเร็จทั้งหลายได้มาจากการวิวัฒนาการมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่าพันๆ ปี โดยเริ่มตั้งแต่เตาเผาแบบขุดหลุมตื้น (Primitive Shallow – Pit Kiln) บนพื้นดินและต่อมาก็ขุดเป็นโพรงตามแหล่งธรรมชาติ เช่นหน้าผา (Bank Kiln) ตลิ่ง ตลอดจนเผาในถ้ำ เตาเผาจอมปลวกที่มีชื่อเสียงมากของญี่ปุ่นเรียกว่าแอนกามา (Angama) ภายหลังต่อมาเมื่อมนุษย์เรามีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น รู้จักการควบคุมความร้อน การให้ความร้อน ตลอดจนเทคนิคต่างๆ จึงได้มีการสร้างเตาเผาขึ้นตามข้อสันนิษฐานเตาเผาที่เก่าแก่ที่สุดและสร้างก่อนคริสตกาลที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีลักษณะรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกในประเทศอียิปต์โบราณ แต่เป็นเตาที่ใช้เผาอุณหภูมิไม่สูงมากนัก

ประมาณว่าในศตวรรษที่ 10 การทำเครื่องปั้นดินเผาของจีนได้ประสบความสำเร็จเจริญก้าวหน้าเป็นอันมาก สาเหตุทั้งนี้เนื่องจาก จีนมากออกแบบก่อสร้างเตาชนิดที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง สามารถเผาได้เป็นอุณหภูมิสูง จึงทำให้เครื่องปั้นดินเผาของจีนมีชื่อเสียงมาก และเป็นชาติแรกในโลกที่สามารถทำผลิตภัณฑ์ชนิด ปอร์สเลน (Porcelain) ได้เป็นผลสำเร็จงดงาม

ต่อมาในศตวรรษที่ 18 การทำเครื่องปั้นดินเผาได้ขยายตัวในรูปแบบอุตสาหกรรม ได้มีการออกแบบการสร้างเตาแบบระบายลมร้อนขึ้น (Up draft Kiln) และภายหลังต่อมาก็สร้างเตาแบบทางลมร้อนลง (Down draft Kiln) เป็นครั้งแรกในประเทศอังกฤษ มีชื่อว่าเตามินตัน (Minton) เป็นเตาชนิดที่สามารถเผาในอุณหภูมิสูงอีกแบบหนึ่ง

การออกแบบก่อสร้างเตาเผา ได้กระทำกันอย่างกว้างขวาง ได้มีการศึกษาเทคนิคต่างๆ ตลอดจนฝึกทักษะอย่างชำนาญ พอมาในสมัยกลางศตวรรษที่ 19 ได้มีผู้ออกแบบสร้างเตาแบบต่อเนื่องเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกเป็นเตาแบบวงแหวน (Ring Kiln) ในปี ค.ศ.1899 โดย Mr. Fangeron เป็นชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาค้นคว้าสร้างเตาแบบอุโมงค์ขึ้น (Tunnel Kiln) เป็นผลสำเร็จ เป็นเตาที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถเผาได้ติดต่อกันโดยไม่ต้องหยุดเลย

3.1 เตาเผาของไทย

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศที่มีผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่รู้จักกันทั่วโลก ซึ่งได้แก่ เครื่องสังคโลก ทำขึ้นในสมัยสุโขทัย ซึ่งมีอายุประมาณหลายร้อยปีมาแล้ว โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ก็ย่อมหมายถึงต้องมีเตาเผาดี เผาในอุณหภูมิสูง ซึ่งในสมัยนั้นได้แก่

1. เตาเวียงกาหลง
2. เตาสันกำแพง
3. เตาทุเรียง

3.1.1 เตาเวียงกาหลง

เป็นเตาที่ค้นพบในจังหวัดเชียงราย เขตอำเภอเวียงป่าเป้า ลักษณะโดยทั่วไปของเตาเผาใช้อิฐก่อเป็นเตายาวสร้างขนานกับพื้นดิน มีปล่องไฟ หลังคาเตาโค้งตามหลักฐานที่สำรวจตัวเตามีขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 4.40 เมตร ปล่องไฟเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.92 ผนังเตาหนา 0.42 เมตร ภายในเตามีฐานกว้างไว้บรรจุผลิตภัณฑ์เผาเคลือบ

ผลิตภัณฑ์เตาเวียงกาหลง เขียนลวดลายด้วยสีดำใต้เคลือบ (Under Glaze Decoration) ลวดลายที่เขียนตกแต่งเป็นลวดลายเรียบแบบธรรมชาติ (พันธุ์พฤกษา) ภาชนะที่ทำขึ้นส่วนใหญ่เป็นถ้วยชาม คนโท กระปุก ไห

3.1.2 เตาสันกำแพง

เป็นเตาที่ค้นพบในภาคเหนือ ในเขตสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะของเตาโดยทั่วไปมีลักษณะยาวเป็นรูปไข่ ตามหลักฐานที่สำรวจ กว้าง 1.55 เมตร ยาว 3.60 เมตร ผนังเตาหนา 0.6 เมตร ใช้อิฐก่อตัวเตาเป็นอิฐชนิดปนทราย โครงสร้างหลังคาเตาเป็นรูปโค้งพื้นที่ภายในเตาแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือที่ใส่ไฟและที่วางภาชนะเคลือบ พื้นเตาสร้างลาดเอียงประมาณ 30 องศา มีปล่องติดตัวเตา

เตาสันกำแพง เป็นเตาที่สามารถเผาให้อุณหภูมิสูงมาก สังเกตได้จากเนื้อผลิตภัณฑ์เคาะเสียงกังวานขั้นสโตนแวร์ (Stone Ware) เตาสันกำแพงเท่าที่ค้นพบประมาณ 200 เตา เป็นเตาชนิดเดียวกันหมด

ลักษณะของผลิตภัณฑ์สันกำแพง เนื้อดิน (Body) หยาบกว่าเตาสุโขทัย เคลือบมีลักษณะเป็นเคลือบด้าน ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือเวลาเคลือบปากและก้นถ้วยภาชนะจะไม่มีการเคลือบเลย ลวดลายที่ตกแต่ง นิยมเขียนเป็นรูปปลาคู่ กลับหัวกลับหางกัน ลวดลายออกแบบวงกลม แบบพฤกษชาติและบุปชาติ นอกจากนี้ยังมีลวดลายเป็นรูปสัตว์ต่างๆ

การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ตามข้อสันนิษฐานพบว่าใช้บรรจุทางด้านช่องไฟ เวลานำออกจากเตาก็เช่นเดียวกัน ปัจจุบันเตาสันกำแพงถูกทอดทิ้ง เหลือแต่ซาก และยังถกเถียงกันอยู่ว่าเตาสันกำแพงกับเตาสุโขทัย อันไหนมีอายุมากกว่ากัน

3.1.3 เตาทุเรียง

เป็นเตาที่เกิดขึ้นในสมัยสุโขทัย เป็นเตาที่เผาผลิตภัณฑ์มีชื่อเสียงไปทั่วโลก เรียกว่าเครื่องสังคโลกอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาได้เจริญรุ่งเรืองในสมัยสุโขทัยจนถึงอยุธยาตอนต้น ตรงกับประเทศจีนในสมัยราชวงศ์ซ้อง ราชวงศ์หงวน ราชวงศ์เหม็ง

แหล่งที่พบเตาเผาในสมัยสุโขทัยมี 3 แหล่งด้วยกัน คือ

1. เตาที่เมืองสุโขทัยเก่า ตั้งอยู่บริเวณริมแม่น้ำโจน ตามที่สำรวจพบมีอยู่ประมาณ 49 เตา เรียงรายเป็นกลุ่ม เป็นเตาที่เผาผลิตภัณฑ์ภาชนะใช้สอยเป็นส่วนใหญ่ นิยมเขียนลวดลายใต้เคลือบ ตกแต่งด้วยสีดำ สีน้ำตาล เคลือบสีเขียวไข่กา นิยมเขียนลวดลายด้วยพู่กัน มีลวดลายเป็นปลา ลายดอกไม้ ใบไม้ และลายจักร

2. เตาเผาที่ป่าซาง (อำเภอสวรรคโลก) ศรีสัชนาลัย เป็นเตาที่ก่อขึ้นนอกกำแพงเมือง เป็นเตาที่มีขนาดใหญ่ ก่อด้วยอิฐ เป็นเตาเผาภาชนะถ้วยชาม เครื่องประกอบสถาปัตยกรรม เช่น ยักษ์ มังกร นิยมใช้ตกแต่งลวดลายใต้เคลือบด้วยสีดำ ฝีมือประณีต เป็นสินค้าส่งออกจำหน่ายในต่างประเทศ

3. เตาเผาที่ตั้งอยู่บนเกาะน้อยสวรรคโลก ตั้งอยู่ริมแม่น้ำยม นอกเมืองศรีสัชนาลัย เขตอำเภอสวรรคโลก มีแหล่งเตาเป็นจำนวนมาก มีการเผาเครื่องถ้วยชาม เคลือบเป็นสีน้ำตาลล้อมเหลือง เป็นแหล่งผลิตที่สำคัญ และเป็นที่นิยมทั่วไปในอาเซียอาคเนย์ ภาชนะที่ผลิตขึ้นเป็นชาม จาน จานเชิง โถ ขวด นิยมใช้เคลือบด้วยสีต่างๆ สีเคลือบที่เรียกว่า ผลิตภัณฑ์เซลาดอนของสวรรคโลก มีคุณภาพดี เป็นมันแวววาว มีสีเขียวไข่กาและสีเขียวอมฟ้า (Turquoise)

เตาทุเรียงที่บ้านเกาะน้อย มีลักษณะเป็นเตานอน ก่อยาว 9.80 เมตร กว้าง 3.18 เมตร เป็นเตาสร้างบนเนินดิน มีคันกั้นไฟสูง 0.85 เมตร ความหนาผนังเตา 0.30 เมตร เอียงลาดประมาณ 85 องศา ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง เตาเผาสวรรคโลกใช้เผาไม่ต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียส

โดยเฉพาะปล่องเตาทุเรียงมีขนาดใหญ่มาก เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.80 เมตร ยาว 1.88 เมตร การเผาผลิตภัณฑ์ของเตาทุเรียงไม่ปรากฏพบจ้อหรือหีบทนไฟ (Sagger) ในเตาเลย พบแต่ชิ้นส่วนรูปทรงกระบอกใช้รองรับผลิตภัณฑ์เวลาเผาเคลือบ

3.2 การแบ่งประเภทของเตา

เตาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้มีผู้ออกแบบตลอดจนรูปร่าง ขนาด ให้เหมาะสมกับความต้องการและมีประสิทธิภาพสูง ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย ควบคุมสะดวก ได้แบ่งประเภทเตาตามลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. แบ่งตามประเภทการใช้งานของเตา
2. แบ่งตามประเภททางเดินของลมร้อน
3. แบ่งตามลักษณะของเปลวไฟ
4. แบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิง

3.2.1 แบ่งตามประเภทการใช้งานของเตา (Periodic Kiln)

ซึ่งหมายถึงเตาชนิดต่างๆ จะเป็นเตาน้ำมัน เตาแก๊ส เตาไฟฟ้า เตาฟืน โดยเผาเป็นครั้งคราวเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง หรือเผาตลอดเวลา (Continuous Kiln) แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิตที่จะต้องการจะสนองความต้องการของอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ คือ

1. เตาเผาที่ไม่ต่อเนื่อง (Uncontinuous Kiln) เป็นเตาที่เผาเป็นครั้งคราว โดยเผาไม่ติดต่อกัน ต้องใช้เวลานานพอสมควรเพื่อรอให้เตาเย็นจึงจะมีการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาใหม่ เป็นเตาที่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมภายในครอบครัว งานค้นคว้าวิจัย งานทดลองต่างๆ

2. เตาเผาชนิดกึ่งต่อเนื่อง (Semi Continuous Kiln) เป็นเตาที่สามารถเผาเกือบจะติดต่อกันไป ทำให้เป็นการประหยัดเชื้อเพลิง โดยอาศัยความร้อนส่วนหนึ่งของเตาเผา และควรเป็นเตาชนิดที่ใช้รถบรรจุผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอีกคันหนึ่ง หมุนเวียนสลับกันไป ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป

3. เตาเผาชนิดที่เผาต่อเนื่อง (Continuous Kiln) เป็นเตาแบบอุโมงค์ (Tunnel Kiln) หรือเตาแบบวงแหวน เป็นเตาที่ออกแบบให้เผาติดต่อกันได้ตลอดเวลา เป็นเตาที่มีระบบการควบคุมอย่างดี ลงทุนสูงใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

3.2.2 แบ่งตามประเภททางเดินของลมร้อน

เป็นการออกแบบเตาเผาที่ให้ความร้อนเดินไปในทิศทางที่ต้องการ และได้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี มีประสิทธิภาพสูงในการใช้งาน กล่าวคือ

1. เตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนในแนวนอน (Horizontal draft kiln) เป็นเตาชนิดที่มีรูปร่างยาวขนานกับพื้นดิน หลังคาโค้ง ตลอดจนถึงแนวปล่อง เป็นเตาที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง และสามารถเผาได้อุณหภูมิสูง ซึ่งได้แก่ เตาจีน เตากูบ เตาเผาเคลือบเซราดอนที่เชียงใหม่ เตาเผาสังคโลกที่มีชื่อเสียงในสมัยสุโขทัย ปัจจุบันเตาแบบนี้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมเนื่องจากต้นทุนในการผลิตสูง และเชื้อเพลิงที่ใช้ก็หายากขึ้น และอีกประการหนึ่งต้องคอยควบคุมตลอดเวลา

2. เตาเผาชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up draft kiln) เป็นเตาที่ลงทุนสร้างไม่สูงนัก เป็นเตาที่สร้างง่าย แต่อุณหภูมิเผาได้ไม่สูงมากนัก เป็นเตาเผาเคลือบไฟต่ำได้ดี เตาชนิดนี้ผู้สร้างจะต้องเรียงตะกรับ (Checker work) หลายๆ ชั้น จะช่วยให้ความร้อนภายในเตาสม่ำเสมอ ความร้อนเท่ากันทั้งเตา

3. เตาเผาชนิดทางลมร้อนลง (Down draft kiln) เป็นเตาที่มีบทบาทสำคัญมาก เป็นเตาเผาที่สามารถเผาในอุณหภูมิสูง เป็นเตาเผาที่ใช้เทคนิคสูง และการลงทุนค่อนข้างแพง โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเตาต้องเป็นวัสดุที่มีคุณภาพดีสามารถทนต่อสภาวะต่างๆ ปัจจุบันเตาประเภทนี้นิยมสร้างเป็นเตาน้ำมัน เตาแก๊ส สำหรับเตาแก๊สใช้อิฐประเภทเบา (Insulating Brick) ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้ดี

3.2.3 แบ่งตามลักษณะของเปลวไฟ

เตาที่เผาผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันนี้ บางประเภทมักออกแบบให้เปลวไฟสัมผัสผลิตภัณฑ์โดยตรงก็มี แต่บางชนิดออกแบบไม่ให้เปลวไฟสัมผัสได้เลย ซึ่งการออกแบบเตาเผามีลักษณะแตกต่างกัน คือ

1. เตาเผาชนิดเปลวไฟสัมผัสผลิตภัณฑ์โดยตรง (Direct firing kiln) เป็นเตาขนาดใหญ่ ใช้เผาผลิตภัณฑ์ประเภทสิ่งก่อสร้าง (Terra - cotta) อิฐ กระเบื้อง ท่อ อิฐทนไฟ เป็นเตาเผาที่ให้อุณหภูมิสูง ส่วนมากใช้เผาผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบ

2. เตาเผาชนิดกึ่งป้องกันเปลวไฟ (Semi Baffle kiln) เป็นเตาชนิดที่ออกแบบให้มีกำแพงไฟ (Baffle wall) ให้เปลวไฟสัมผัสกำแพงโดยตรง โดยสร้างกำแพงไฟอยู่เหนือช่องเผา (Firing chamber) เตาชนิดนี้ใช้เผาเคลือบได้ดี

3. เตาเผาชนิดเตาปิด (Baffle kiln) เป็นเตาที่ออกแบบให้มีระบบป้องกันเปลวไฟ

3.3 โครงสร้างของเตา

3.3.1 ผนังเตา (Fire Wall)

โดยปกติผนังเตาก่อด้วยอิฐ 2 ชั้น ทำหน้าที่ควบคุมความร้อน อิฐผนังภายในเตา (Lining) จะใช้อิฐทนไฟที่มีคุณภาพดี ถ้าเป็นเตาไฟฟ้าหรือเตาแก๊ส จะใช้อิฐทนไฟชนิดเบา (Insulating brick) ส่วนภายนอกจะหุ้มด้วยอิฐทนไฟธรรมดาหรืออิฐก่อสร้างก็ได้ ถ้าเป็นเตาชนิดที่ต้องเผาในอุณหภูมิสูง อาจจะหุ้มด้วยฉนวนทนความร้อนอีกชั้นหนึ่ง

3.3.2 พื้นเตา (Floor)

ทำหน้าที่รับน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่เข้าเตาเผาในสมัยโบราณ เตาที่สร้างบนพื้นดิน เช่น เตาสมัยสุโขทัย เตาจีน นิยมใช้ทราย (Silica) รองพื้นเตา ใช้ป้องกันน้ำเคลือบไหลติดพื้นเตา ปัจจุบันเตาเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะเตาทางลมร้อนลง (Down draft kiln) ต้องออกแบบพื้นเตา

ให้มีช่องระบายลมร้อนลงเป็นแบบตาหมากรุกทั่วๆ ไปบนพื้นเตา ส่วนเตาชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up draft kiln) จะต้องเจาะพื้นเตาให้ความร้อนขึ้นได้สะดวก เตาชนิดทางลมร้อนขึ้นควรสร้างตะกรับ (Checker wark) หลายชั้น เพราะจะช่วยให้ความร้อนสม่ำเสมอดีทั่วทั้งเตา

3.3.3 ปล่องไฟ (Chimney)

เตาที่ใช้ฟืน แก๊ส น้ำมัน ถ่าน ต้องออกแบบเตาให้มีปล่องไฟ เพื่อช่วยให้การลุกไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดี โดยเฉพาะเตาฟืนปล่องต้องมีขนาดโต ส่วนเตาแก๊ส น้ำมันมีขนาดเล็กกว่า ส่วนเตาไฟฟ้าจะไม่มีปล่องเตาเหมือนเตาชนิดอื่น

3.3.4 กำแพงไฟ (Baffle wall)

โดยเตาน้ำมัน เตาแก๊สจะต้องมีกำแพงไฟเป็นตัวการป้องกันไม่ให้เปลวไฟที่ออกจากหัวพ่นไปสัมผัสผลิตภัณฑ์แต่จะสัมผัสกำแพงไฟ อิฐทนไฟที่ใช้ก่อกำแพงไฟต้องเป็นอิฐทนไฟแทน

3.3.5 หัวพ่น (Burner)

ปัจจุบันหัวพ่นมีทั้งชนิดที่ใช้น้ำมันและแก๊ส หัวพ่นที่ใช้กับน้ำมันชนิดที่ใช้พัดลม (Blower) ในตัวก็มี ชนิดที่แยกต่างหากก็มี แต่ที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้งานเผาได้ติดต่อกันตลอดเวลา ส่วนหัวพ่นแก๊สนิยมใช้หัวพ่นแบบเวนจูรี่(Venturi) ใช้อากาศปรับได้ในตัว

3.3.6 หลังคาเตา (Crown)

เตาเผาขนาดใหญ่ หลังคาต้องออกแบบให้โค้ง (Arch) เพราะทรงตัวได้ดี เนื่องจากการเผามีความร้อนสูงและเป็นจุดอ่อน โอกาสที่จะพังทลายมีอยู่มาก จึงนิยมออกแบบในเตาขนาดใหญ่มีหลังคาโค้งทุกเตา การเรียงอิฐหลังคาเตาก็ต้องมีเทคนิคสูงเกี่ยวกับการหดตัวและขยายตัวของอิฐ ซึ่งสำคัญมากและอาจทำให้หลังคาเตายุบพังได้ง่าย

3.3.7 ประตูเตา (Door)

ใช้ทำหน้าที่ปิด-เปิดเพื่อการบรรจุของเข้าเตา การเอาของออกจากเตา เตาชนิดที่ใช้รถบรรจุของเข้าเตา (Kiln car) มักจะออกแบบประตูติดกับตัวรถ บางแบบออกแบบติดกับเตา ประตูเตามักจะเจาะช่อง (Peep hole) ไว้สองระดับไว้สังเกตสีของไฟ ส่วนเตาไฟฟ้าประตูเตานั้นก็คือฝาเตานั่นเอง โดยเฉพาะฝาเตาที่ดีต้องป้องกันความร้อนไม่ให้รั่วได้ ต้องปาดเป็นลิ้นให้เข้ากันได้สนิท สำหรับเตาฟืน เตาจีน ประตูเตาจะใช้อิฐเรียงบังไม่ให้ความร้อนออกในการเผาผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง

3.3.8 รถบรรทุกผลิตภัณฑ์ (Kiln car)

เตาเผาชนิดที่ใช้รถ ส่วนมากเป็นเตาที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน แก๊ส ไฟฟ้า โดยการออกแบบเตาชนิดที่ใช้รถบรรทุกผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ส่วนมากได้แก่เตาชนิด Shuttle Kiln, Tunnel

Kiln โดยเฉพาะรถมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ส่วนบน (Car top) ล้อ และที่ป้องกันความร้อน (Sand seal) การบรรจุของในรถก็เช่นเดียวกับการบรรจุของเข้าเตาแบบที่ไม่มีรถ ต้องมีขารองและชั้นรองเช่นเดียวกัน แต่จะคล่องตัวกว่า และกำลังเป็นที่นิยมในงานอุตสาหกรรม

3.3.9 แผ่นบังคับความร้อน (Damper)

ส่วนมากเป็นเตาแก๊ส เตาน้ำมัน จะมีแผ่นซึ่งมักจะอยู่ในช่องที่ความร้อนจะไหลขึ้นสู่ปล่อง ทำหน้าที่คอยบังคับไม่ให้ความร้อนไหลเร็วจนเกินไป

3.3.10 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Pyrometer)

เป็นเครื่องมือบอกความร้อนภายในเตาซึ่งสามารถบอกเป็นองศาเซลเซียสหรือองศาฟาเรนไฮต์ได้ เครื่องมือวัดอุณหภูมิสามารถบอกเป็นตัวเลขหรือตารางกราฟก็ได้ หรือจะใช้ตั้งแบบอัตโนมัติก็มี เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดที่เทียบสีเรียกว่า Optical Pyrometer Cone ชนิดที่ใช้วัตถุเข้าเผาในเตาเรียกว่า Pyrometric cone ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ดีชนิดหนึ่ง

3.3.11 ช่องดูไฟ (Fire hole)

เตาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ผู้ที่ออกแบบสร้างเตาทุกชนิดทุกแบบจะต้องมีช่องดูไฟ ซึ่งมักจะเจาะไว้ 3 ระดับ เพื่อเปรียบเทียบสีของไฟ ใช้ดู Cone ในการเผา ในเตาไฟฟ้าอาจใช้ทำหน้าที่ระบายแก๊สไปในตัวด้วย

3.3.12 อุปกรณ์เตา (Kiln Furniture)

เตาทุกชนิดต้องมีอุปกรณ์โดยเฉพาะชั้นรองไว้สำหรับวางผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาเคลือบที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ Silicon Carbide และ Cordierite เตาบางชนิดใช้หีบทนไฟ Sagger ก็ได้ ส่วนมากนิยมในเตาฟืน

4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรม

4.1 การดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสะอาดภาคอุตสาหกรรม ก่อนแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการผลิตที่สะอาด ในระหว่างปี 2533 - 2544

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2548) กล่าวว่า หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีการจัดทำโครงการและกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสะอาดในกลุ่มอุตสาหกรรมเป็นภาคแรก โดยริเริ่มในอุตสาหกรรมรายสาขาที่สำคัญ ได้แก่ อุตสาหกรรมฟอกหนัง น้ำมันปาล์ม แป้งมัน เยื่อกระดาษและกระดาษ อาหาร ฟอกย้อม เหล็กรีดเย็น หล่อหลอมโลหะ ตกแต่งผิวโลหะ อิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมเคมีเกษตร สามารถสรุปโครงการด้านเทคโนโลยีสะอาดที่ดำเนินการในอุตสาหกรรมรายสาขาต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงจำนวนโครงการด้านเทคโนโลยีสะอาดที่ดำเนินการในอุตสาหกรรมรายสาขาต่างๆ

ประเภทอุตสาหกรรม	จำนวนโครงการ
1. อุตสาหกรรมตกแต่งผิวโลหะ	7
2. อุตสาหกรรมอาหาร	4
3. อุตสาหกรรมสิ่งทอฟอกย้อม	7
4. อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม	2
5. อุตสาหกรรมฟอกหนัง	3
6. อุตสาหกรรมแป้งมัน	2
7. อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ	7
8. อุตสาหกรรมการหลอมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	2
9. อุตสาหกรรมแปรรูปเหล็ก	1
10. อุตสาหกรรมเคมีเกษตร	2
11. อุตสาหกรรมการรีดโลหะ	1
12. อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีน	3
13. อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์	2
14. อุตสาหกรรมอาหารแปรรูป	3
15. อุตสาหกรรมโรงสีข้าว	1
16. อุตสาหกรรมเคมี	3
17. อุตสาหกรรมเหล็ก	1
18. อุตสาหกรรมปิโตรเลียม	1
19. อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์	3
20. อุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์	1
21. อุตสาหกรรมน้ำตาล	1
22. อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	3
23. อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์	1
24. อุตสาหกรรมผลิตสินค้าอุปโภค	2
25. อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	2
26. อาหารและยา	1

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงจำนวนโครงการด้านเทคโนโลยีสะอาดที่ดำเนินการในอุตสาหกรรมรายสาขาต่างๆ

ประเภทอุตสาหกรรม	จำนวนโครงการ
27. อุตสาหกรรมพลาสติก	2
28. อุตสาหกรรมยาง	1
29. อุตสาหกรรมเซรามิกส์	1
30. อุตสาหกรรมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก	1
31. อุตสาหกรรมผลิตเครื่องจักรกลอุตสาหกรรม เครื่องจักรกลการเกษตร	1
32. อุตสาหกรรมรองเท้า	1
33. อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์และวัสดุก่อสร้าง	1
34. อุตสาหกรรมสี	1
35. อื่นๆ	2

ที่มา : สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย พ.ศ. 2548

การดำเนินงานโครงการระยะแรกได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากหน่วยงานระหว่างประเทศผ่านหน่วยงานต่างๆ ในภาครัฐ เอกชน สมาคม และสถาบันการศึกษา เช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยต่างๆ โดยเป็นการฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านโครงการสาธิต อย่างไรก็ตาม โครงการส่วนใหญ่เป็นการดำเนินงานระยะสั้นทำให้ขาดความต่อเนื่องทั้งทางด้านนโยบาย การดำเนินงาน การพัฒนาบุคลากร และการพัฒนาเทคโนโลยี ด้วยเหตุนี้กระทรวงอุตสาหกรรมโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงได้จัดทำนโยบายและแผนงานส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด พ.ศ. 2543-2549 ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเพื่อลดต้นทุนการผลิตและปัญหาสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน และสร้างกลไกเพื่อรองรับและสนับสนุนการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมรายสาขาต่างๆ ซึ่งจะสอดคล้องกับนโยบายที่ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมภายใต้แผนปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรม แผนแม่บทการพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

ของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และโครงการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

4.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในประเทศไทย

โครงการเทคโนโลยีสะอาดได้เริ่มขึ้นในปี 2532 โดย Industry and Environment Programme Activity Center หรือ IE/PAC ได้ดำเนินการเรื่อยมา โดยจัดประชุมนานาชาติทุก 2 ปี และจัดอบรมเผยแพร่ทางวิชาการ ปัจจุบันมีการจัดตั้งศูนย์เครือข่ายเทคโนโลยีสะอาดไปทั่วโลก

สำหรับประเทศไทยได้มีการริเริ่มกิจกรรมที่ส่งเสริมเทคโนโลยีสะอาดมาเป็นเวลาหลายปี ภายใต้การสนับสนุนจากองค์การต่างประเทศ เช่น โครงการ USAID-FTI/IEM เป็นความร่วมมือระหว่าง สำนักพัฒนาระหว่างประเทศของสหรัฐอเมริกา (United States – Asia Agency for International Development, USAID) กับสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย จัดตั้งโครงการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม โครงการ GRZ/DIW เป็นความร่วมมือทางเทคนิคระหว่างไทย-เยอรมัน โดยสถาบัน GTZ กับกรมโรงงานอุตสาหกรรม ศึกษาการลดของเสียและการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับอุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมปลากระป๋อง อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น โครงการ CSG โดยสถาบัน Council of State Governments (CSG) ร่วมกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เน้นการศึกษาส่งเสริมการควบคุมและลดมลพิษในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กในอุตสาหกรรมสิ่งทอ (ฟอกย้อม) อุตสาหกรรมชุบเคลือบผิวโลหะ และอุตสาหกรรมฟอกหนัง (สิรินทร ลิ่มปนาท และคณะ, 2541)

ในช่วงปี 2542-2543 กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้มอบหมายให้สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ดำเนินการจัดทำโครงการเทคโนโลยีสะอาด เพื่อช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยมีเป้าหมายหลัก 4 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร สิ่งทอ กระดาษและเยื่อกระดาษ และแป้งมันสำปะหลัง จำนวน 40 โรงงานด้วยกัน ซึ่งจำแนกตามประเภทอุตสาหกรรมได้ดังนี้คือ อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร 32 แห่ง อุตสาหกรรมสิ่งทอ 15 แห่ง อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษและกระดาษ 8 แห่ง และอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง 4 แห่ง และอุตสาหกรรมอื่นๆ อีก 11 แห่ง

เมื่อพิจารณาตามขนาดของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการกับสถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ของโรงงานทั้ง 70 แห่ง สามารถแบ่งได้เป็นโรงงานขนาดใหญ่ 46 แห่ง ขนาดกลางและย่อมอีก 24 แห่ง จากการตรวจประเมินเบื้องต้นและประเมินโดยละเอียดโรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ ทั้ง 70 แห่ง สามารถรวบรวมโอกาสการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด 1,081 โอกาส โดยแบ่งเป็นทางด้านการจัดการ 605 โอกาส คิดเป็นร้อยละ 56 ทางด้าน

เทคนิค 476 โอกาส คิดเป็นร้อยละ 44 และแบ่งตามปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมต่างๆ ในโรงงาน ดังนี้

1. น้ำ ร้อยละ 33
2. พลังงาน ร้อยละ 24
3. วัตถุดิบ ร้อยละ 14
4. ผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 11
5. ความปลอดภัย ร้อยละ 6
6. สารเคมี ร้อยละ 5
7. อาชีวอนามัย ร้อยละ 4
8. การฝึกอบรม ร้อยละ 2
9. การเพิ่มมูลค่าทางกากอุตสาหกรรม ร้อยละ 1

ถ้าโรงงานทั้ง 70 แห่งในโครงการฯ ดำเนินกิจกรรมเทคโนโลยีสะอาดอย่างต่อเนื่อง มียอดรวมความเป็นไปได้จากการประหยัดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมเทคโนโลยีสะอาดในโครงการฯ ส่งผลให้เกิดการลดปริมาณของมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) จำนวนประมาณ 118 ตัน/ปี ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) จำนวนประมาณ 8 ตัน/ปี และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จำนวนประมาณ 11,857 ตัน/ปี (ชุมพล ยวงใย, 2544)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยต่างประเทศ

Paltier and Ashford (1998 : Abstract) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเทคโนโลยีสะอาดของประเทศอุตสาหกรรม (ฝรั่งเศส) กับประเทศที่กำลังพัฒนา (จีน) ภายใต้โครงการสาธิตของธนาคารโลก โดยประเมินจาก

1) ระดับของนวัตกรรม
2) ชนิดของเป้าหมายกระบวนการ
3) การทบทวนจัดลำดับกระบวนการของเทคโนโลยี

และพบว่า การใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์เข้ามาจูงใจในการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นกลยุทธ์ที่ง่ายที่สุด แต่วิธีการอื่นๆ ก็ควรจะคำนึงถึง เช่น การให้การศึกษา อบรมผู้บริหารระดับผู้จัดการ การสร้างโครงการสาธิต และการเก็บรวบรวมข้อมูลของเทคโนโลยีต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม

Luken and Freij (1995 : Abstract) ได้สำรวจศักยภาพทางการส่งออกสำหรับอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีสะอาดจากประเทศพัฒนาไปสู่ประเทศที่กำลังพัฒนา เทคโนโลยีใน

การผลิตของอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีสะอาดนั้นมีอยู่แล้ว และเป็นส่วนหนึ่งของตลาดการส่งออกเครื่องมือที่ใช้ไฟฟ้าและไม่ใช้ไฟฟ้า สารเคมีต่างๆ และภาคบริการอื่นๆ จากประเทศพัฒนาไปยังประเทศที่กำลังพัฒนา แต่ปรากฏว่า ข้อมูลด้านขนาดของตลาดยังมีอยู่น้อย งานเขียนเกี่ยวกับเรื่องนี้มีไม่มาก รายงานนี้ทำการเปรียบเทียบมูลค่าของการส่งออกของเทคโนโลยีที่เน้นการแก้ปัญหามลภาวะที่ปลายทาง (end-of-pipe) กับเทคโนโลยีที่เน้นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีสะอาด (สร้างสิ่งตกค้างจากแหล่งต้นตอต่อหน่วยน้อยลง) ที่ประเทศพัฒนาส่งไปยังประเทศที่กำลังพัฒนา มูลค่าของการส่งออกเทคโนโลยีที่แก้ปัญหาปลายทางนั้นได้มากจากรายงานของ OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) ซึ่งประมาณว่ามีมูลค่าถึง 6.7 พันล้านดอลลาร์ ในปี 2553 ส่วนมูลค่าของการส่งออกเทคโนโลยีสะอาดนั้น ประเมินมาจากส่วนแบ่งการตลาดของกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีสะอาด ในการส่งออกอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศในกลุ่ม OECD ที่เลือกมา มูลค่าการส่งออกของทั้งสองส่วนนี้มีมูลค่าถึง 132.5 พันล้านดอลลาร์ ในปี 2533 (47.6% ของการผลิตทั้งหมด) หากร้อยละ 5 ของมูลค่าการส่งออกของทั้งสองส่วนนี้มีการใช้เทคโนโลยีสะอาดก็จะมีมูลค่าเท่ากับมูลค่าการส่งออกของเทคโนโลยีที่แก้ปัญหาที่ปลายเหตุ รายงานนี้มุ่งเปรียบเทียบทำนองเดียวกันนี้เกี่ยวกับขนาดมูลค่าโดยเปรียบเทียบระหว่างการส่งออกเทคโนโลยีที่เน้นการแก้ปัญหาปลายเหตุกับเทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม จากเนเธอร์แลนด์และเดนมาร์กไปยังประเทศที่กำลังพัฒนา รายงานจบลงโดยให้ข้อเสนอแนะบางประการเกี่ยวกับวิธีขยายตลาดการส่งออกของอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีสะอาด

Roeckel and Aspe (1994 : Abstract) ได้ทำการศึกษาและทดลองใช้เทคโนโลยีสะอาดกับกระบวนการผลิตอาหารแปรรูป ที่ใช้ปลาทะเลเป็นวัตถุดิบ โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตและมีการควบคุมการใช้น้ำและการนำน้ำมาบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่จากวิธีการให้น้ำผ่านตะแกรงแยกชิ้นส่วนกากหยาบขององค์ประกอบอินทรียวัตถุ ทำให้ค่าของ COD (Chemical Oxygen Demand) ลดลงถึง 91.6% และมูลค่าของผลผลิตต่อตันเพิ่มขึ้นถึง 7% และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียลดลงถึง 5.6% ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมทำให้คืนทุนที่ใช้เทคโนโลยีสะอาดได้ถึง 52.89% ภายใน 5 ปี

5.2 งานวิจัยในประเทศ

เจริญชัย แย้มแขไข (: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้เทคโนโลยีสะอาด ผลการศึกษาพบว่า ผลประโยชน์โดยรวมจากการใช้เทคโนโลยีสะอาด ถ้าใช้กลยุทธ์สร้างความตระหนัก มีการลงทุน 49,033 บาท ถ้าใช้กลยุทธ์สร้างแรงจูงใจทางเศรษฐศาสตร์ มีการลงทุน 231,923 บาท สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายการดำเนินการผลิตลง 77,342

บาท จากกลยุทธ์แรก หรือ 107,790 บาท จากกลยุทธ์หลัง โดยมีระยะเวลาคืนทุน 0.63 ปี กับ 2.15 ปี ตามลำดับ คุณภาพน้ำทิ้งมีแนวโน้มดีขึ้น ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) และสารแขวนลอย (SS) มีอัตราที่ลดลง และมีการใช้ทรัพยากรน้ำลดลงร้อยละ 22.46 ถึง ร้อยละ 35.76 ลดปริมาณดินที่จะลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ 90.4 ตัน ถึง 303.1 ตันต่อปีในระดับการผลิตปัจจุบัน

ชนะ ภูมี (2545 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดวัตถุดิบที่สูญเสียในกระบวนการบดวัตถุดิบในโรงงานปูนซีเมนต์ ผลการวิจัยพบว่า

1. การสูญเสียวัตถุดิบมากที่ถังทรายต่อตันผลผลิตลดลงประมาณ 140 เท่า คือ จาก 0.4303 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต เป็น 0.003 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต

2. การสอบเทียบเครื่องวัดชุดสายพานป้อนวัตถุดิบวิธีใหม่ที่ใช้โซ่มาตรฐาน ทำให้ไม่มีการสูญเสียวัตถุดิบเลย

3. การปรับการควบคุมระดับถังพักวัตถุดิบสูญเสีย และวงจรการบด ทำให้ปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบผสมต่อตันผลผลิตลดลง 8 เท่า คือจาก 4.22 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต เหลือ 0.5367 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต

4. การดำเนินการในข้อ (1)-(3) ข้างต้น สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากการสูญเสียวัตถุดิบได้ประมาณ 792,000 บาทต่อปี

พัชรี ธรรมเดชศักดิ์ (2545 : บทคัดย่อ) ได้ประเมินการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในอุตสาหกรรมนม โดยศึกษาปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานตลอดจนปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดมลพิษ (น้ำเสีย) ของอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการพัฒนาการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อนำไปสู่การใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่าที่สุดและเกิดมลพิษน้อยที่สุด โดยเลือกศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมนม 3 โรงงาน ที่มีการผลิตนมสดพาสเจอร์ไรซ์เป็นหลัก โดยมีขนาดกำลังการผลิตอยู่ในกลุ่มโรงงานขนาดเล็ก (4.88 ตัน/วัน) โรงงานขนาดกลาง (17.42 ตัน/วัน) และโรงงานขนาดใหญ่ (70.08 ตัน/วัน) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้น้ำต่อปริมาณน้ำนมดิบที่ใช้ในการผลิตของโรงงานขนาดใหญ่มีค่าสูงสุด คือ 7.95 ลบ.ม./ตันน้ำนมดิบ และมีปริมาณน้ำเสียต่อปริมาณน้ำนมดิบที่ใช้ผลิตสูงสุดเช่นกันคือ 6.11 ลบ.ม./ตันน้ำนมดิบ โดยน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ และปริมาณน้ำนมที่สูญเสียไปในระหว่างการผลิตนั้น โรงงานขนาดใหญ่มีการสูญเสียสูงสุดคือร้อยละ 6.66 ขณะที่โรงงานขนาดเล็กมีการสูญเสียในปริมาณต่ำสุดเพียงร้อยละ 1.14 น้ำนมสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากการหกหล่นของน้ำนม การทำความสะอาด ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพและผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ ส่วนการใช้พลังงานนั้นในโรงงานขนาดเล็กมีการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์สูงสุดคือ 1.977 เมกกะจูลต่อลิตร

ผลิตภัณฑ์ ขณะที่โรงงานขนาดกลางมีการใช้พลังงานต่ำสุดเท่ากับ 0.829 เมกกะจูลต่อลิตรผลิตภัณฑ์ สำหรับคุณสมบัติน้ำเสียรวมจากส่วนการผลิตของโรงงานขนาดใหญ่มีค่าสูงสุด โดยค่าความสกปรกที่เกิดขึ้นสูงถึง 10.84 กิโลกรัม/ตันน้ำนมดิบที่ใช้ในการผลิต โรงงานขนาดใหญ่ใช้ระบบบำบัดแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD 99.16%

จากการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบว่า การใช้ทรัพยากรและพลังงาน รวมถึงมลพิษที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและขนาดของกำลังการผลิตเป็นหลัก รวมทั้งในอุตสาหกรรมนมมีการใช้น้ำในการทำความสะอาดเป็นจำนวนมากและน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีการปนเปื้อนของน้ำนมดิบและผลิตภัณฑ์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น การนำเอาเทคโนโลยีสะอาดมาใช้คงต้องมุ่งเน้นที่การใช้น้ำและพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุดเป็นหลัก รวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อให้เกิดการสูญเสียน้ำนมน้อยที่สุด เช่น การพัฒนาระบบการล้างด้วยการติดตั้งหัวฉีดเพิ่มแรงดันและวาล์วเปิดปิดที่สายยางซึ่งสามารถลดการใช้น้ำได้ 50% การใช้ระบบอัตโนมัติในการควบคุมการใช้น้ำ น้ำนมและการใช้ไฟฟ้า การหมุนเวียนน้ำนมสูญเสียและน้ำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้การใช้ฉนวนกันความร้อนอาจประหยัดพลังงานได้ 90%

จุฑารัตน์ อริยะธรรมถาวร (2546 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการนำเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ โดยการนำน้ำเสียจากกระบวนการจากกระบวนการย้อมสีผ้ากลับไปใช้ซ้ำ และนำไปบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ได้วิเคราะห์คุณภาพและสำรวจปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเพื่อนำไปตรวจสอบเพื่อหาวิธีการรวบรวมและการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม วิธีแรกคือการนำน้ำล้างผ้าขั้นสุดท้ายไปใช้โดยตรงเพื่อล้างผ้าในขั้นตอนแรก โดยออกแบบขนาดถังพักเพื่อเก็บรวบรวมน้ำเสียสำหรับการนำไปใช้ซ้ำ วิธีที่สองคือการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนการนำกลับไปใช้ใหม่ น้ำย้อมผ้าและน้ำล้างผ้าขั้นตอนแรกหลังจากขบวนการย้อมจะนำไปบำบัดโดยขบวนการออสโมซิสผันกลับ จากการทดสอบคุณภาพของน้ำที่บำบัดแล้วโดยขบวนออสโมซิสผันกลับมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในขบวนการผลิตหรือใช้ในหม้อต้มไอน้ำ

กระบวนการนำน้ำล้างผ้ากลับมาใช้ซ้ำ และการนำน้ำย้อมและน้ำล้างผ้าเที่ยวแรกผ่านกระบวนการออสโมซิสผันกลับ จะสามารถประหยัดน้ำได้ 18,235 และ 10,500 ลบ.ม./ปี ซึ่งสามารถประหยัดเงินเมื่อนำมาใช้แทนการใช้น้ำบาดาลได้ 16.52 บาท/ลบ.ม. และ 14.13 บาท/ลบ.ม. โดยมีเงินลงทุนก่อสร้างทั้ง 2 ระบบคือ 555,040 และ 674,600 บาท ระยะเวลาคืนทุน 1.84 และ 6.30 ปี ตามลำดับ

ศิริอร ศักดิ์วิไลสกุล (2542 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัท อาหารสากล จำกัด (มหาชน) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด มี 2 ขั้นตอนคือ ขั้นเตรียมการและขั้นปฏิบัติการ การจัดทำเทคโนโลยีสะอาดในโรงงานเน้นให้ความสำคัญในเรื่องของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้แช่เย็น กลับเข้ามาใช้ในกระบวนการ

2. ระดับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรม ประสบความสำเร็จเป็นอย่างสูง ทั้งในขั้นตอนของการเตรียมการและขั้นปฏิบัติการ

3. ปัจจัยภายในและภายนอกที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับระดับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด ปัจจัยภายใน ได้แก่ ความพึงพอใจที่มีต่อการปฏิบัติงาน ความต้องการในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การมีส่วนร่วมของผู้บริหารและพนักงาน ส่วนปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความเป็นสมาชิกของสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย การกระจายผลประโยชน์ต่อชุมชนในด้านของการรักษาสิ่งแวดล้อมทางอากาศ น้ำ และกากของเสีย และมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000

4. ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไขของบริษัท ได้แก่มีปัญหาทางด้านบุคลากร งบประมาณในการเบิกซื้อเครื่องจักรอุปกรณ์ ซึ่งได้แก้ไขปัญหาโดย จัดให้มีการอบรมให้ความเข้าใจในวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องแก่พนักงาน ปรับปรุงระบบการบริหาร งบประมาณในการเบิกซื้อเครื่องจักรอุปกรณ์ที่บานปลายเนื่องจากค่าเงินบาทลอยตัว โดยใช้งบประมาณสนับสนุนจากสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เพื่อลดภาระทางด้านค่าใช้จ่ายลงได้

สรุป จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ หันมาให้ความสนใจในการอนุรักษ์ทรัพยากรชาติและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยการนำเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในองค์กร เทคโนโลยีสะอาดที่นำมาใช้ส่วนมากใช้ในการบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งให้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ โดยมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 นอกจากนี้ยังศึกษาถึงความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน ซึ่งการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในโรงงานปรากฏว่ามีระยะเวลาคืนทุนในระยะสั้นและยังช่วยประหยัดต้นทุนการผลิตในระยะยาวอีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก เป็นการศึกษากึ่งทดลอง และเปรียบเทียบข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการรวบรวมจากการทดลอง โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก ได้ถูกเลือกเพื่อวัตถุประสงค์ในการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง การลดระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ และการรักษาคุณภาพของชิ้นงานให้ได้มาตรฐาน ประกอบด้วย

1. เตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีเดิมในการอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งหมายถึงการใช้แก๊สแอลพีจีในการอบผลิตภัณฑ์ การติดตั้งท่อเดินแก๊สแอลพีจี มีดังนี้ (รายละเอียดปรากฏในรูปภาพภาคผนวก ก)

1) อุปกรณ์ในการเดินท่อแก๊ส ประกอบด้วย ท่อเดินแก๊ส น๊อตยึดท่อต่อ ซัพพอตสำหรับท่อแก๊ส และเบอร์นเนอร์จุดแก๊ส

2) การเดินท่อเดินจากคลังแก๊สแล้วมีเมนแยกจากเมนหลัก เป็นลักษณะสามทางแยกเพื่อเดินท่อไปยังตู้อบผลิตภัณฑ์

2. เตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการอบผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์

2.1 การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ การติดตั้งท่อเดินความร้อน มีดังนี้ (รายละเอียดปรากฏในรูปภาพภาคผนวก ข)

1) อุปกรณ์ในการเดินท่อความร้อน ประกอบด้วย ท่อนำความร้อนสแตนเลสเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว พัดลมดูดอากาศตัวเล็ก ฉนวนกันความร้อน ใยแก้ว แผ่นตะแกรงเหล็กฉากสำหรับทำซัพพอต และพัดลมดูดอากาศตัวใหญ่

2) นำอุปกรณ์ในข้อที่ 1 มาประกอบเป็นท่อดูดความร้อนจากท้ายเตาเผาเข้าสู่เตาอบผลิตภัณฑ์เป็นระยะทาง 30 เมตร

2.2 การใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการใช้แก๊สแอลพีจีในการอบผลิตภัณฑ์กับการใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ โดย

ขั้นตอนการอบจะทำการปล่อยแก๊สแอลพีจีในการอบผลิตภัณฑ์ก่อนหลังจากนั้นค่อยปล่อยความร้อนมาอบผลิตภัณฑ์ต่อ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้เวลาในการอบผลิตภัณฑ์

2.1 การคำนวณหาเวลาในการอบแต่ละวิธีใช้การทดสอบวิธีตรวจสอบการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์ (Water Absorption) ดังอธิบายได้ดังนี้

2.1.1 ผู้ตรวจสอบนำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำการตรวจสอบมาวัดขนาด 5x6 เซนติเมตรและตีเส้นกรอบไว้โดยผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้นจะทำการวัดขนาดและตีเส้นกรอบไว้ 2 อัน

2.1.2 ผู้ตรวจสอบนำผลิตภัณฑ์ที่ตีเส้นกรอบไว้ไปเข้าเครื่องตัดตามเส้นกรอบที่ตีกรอบเอาไว้

2.1.3 เมื่อตัดเสร็จผู้ทำการตรวจสอบจะนำชิ้นส่วนที่ตัดออกมาเจียเปิดผิวเคลือบออก 1 ด้านทุกชิ้นจนครบ

2.1.4 ผู้ตรวจสอบนำชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่เปิดเคลือบออกแล้วมาชั่งน้ำหนักและใช้ปากกาเคมีเขียนน้ำหนักที่ชั่งได้ด้านที่ไม่มีเคลือบโดยชั่งและเขียนทีละชิ้นจนครบทุกชิ้น

2.1.5 ผู้ตรวจสอบนำชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการชั่งน้ำหนักมาต้มให้น้ำเดือด 2 ชั่วโมง

2.1.6 เมื่อต้มครบ 2 ชั่วโมง ผู้ทำการตรวจสอบจะแช่ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ไว้ในน้ำอีก 4 ชั่วโมง

2.17 เมื่อแช่ครบ 4 ชั่วโมงผู้ตรวจสอบนำชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ขึ้นมาจากน้ำแล้วใช้ผ้าซับน้ำออกจากผลิตภัณฑ์และนำมาชั่งน้ำหนักทีละ 1 ชิ้น เขียนน้ำหนักไว้เหมือนข้อ 4 จนครบทุกชิ้น

2.1.8 ผู้ตรวจสอบนำน้ำหนักที่ชั่งได้มาคำนวณหาผลลัพธ์ของการดูดซึมน้ำโดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักหลังต้ม} - \text{น้ำหนักก่อนต้ม} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}}$$

2.2 วิธีตรวจสอบการรานตัว (Thermal Shock)

ผู้ตรวจสอบปรับตั้งอุณหภูมิเตาอบ 120 ◌ C นำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบเข้าเตาอบตั้งเวลาอบ 1ชั่วโมง

2.2.1 เมื่อครบ 1 ชั่วโมงผู้ตรวจสอบปรับอุณหภูมิน้ำในภาชนะ (กาละมัง)ให้ได้อุณหภูมิ 17 ◌ C โดยใช้เครื่อง Infrared Thermometer(IRT - 100 -TA) เป็นตัววัดอุณหภูมิ

2.2.2 นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาอบลงใส่ในน้ำเย็น 17 องศา ◌ C ที่ปรับเตรียมไว้

2.2.3 ผู้ตรวจสอบนำผลิตภัณฑ์ขึ้นจากน้ำมาตรวจดูรอยแตกรานทีละ 1 ชิ้นจนครบทุกชิ้น หากชิ้นไหนตรวจพบรอยแตกรานจะแยก ออกและ บันทึกผลลงในใบบันทึกการตรวจสอบการรานตัว และการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์

2.2.4 ผู้ตรวจสอบนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบเข้าอบในเตาอบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ตามข้อที่ 1 แต่จะทำ การเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุกรอบโดยตรวจสอบรวมทั้งหมด 7 รอบ แต่ละรอบจะปรับตั้งอุณหภูมิดังนี้

รอบที่ 1 120 ◌ C

รอบที่ 2 135 ◌ C

รอบที่ 3 150 ◌ C

รอบที่ 4 165 ◌ C

รอบที่ 5 177 ◌ C

รอบที่ 6 190 ◌ C

รอบที่ 7 204 ◌ C

2.2.5 ผู้ตรวจสอบทำซ้ำ ข้อ 1 - 4 จนครบ 7 รอบ

2.2.6 ผู้ตรวจสอบรายงานผลการตรวจสอบให้หัวหน้างานตรวจสอบผลิตภัณฑ์รับทราบและส่งใบบันทึกผลการตรวจสอบคืนไปยัง ผู้แจ้งตรวจสอบ

2.3 เก็บข้อมูลการรานตัวของผลิตภัณฑ์ว่าได้อุณหภูมิตามที่สเปกกำหนด โดยใช้แบบทดสอบการรานตัวที่ได้อธิบายข้างต้น

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เก็บรวบรวมจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิดังนี้

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตของเตาอบที่ใช้แก๊ส LPG ในการอบผลิตภัณฑ์ในวันที่ 9 กันยายน พ.ศ.2552 ความถี่ในการเก็บข้อมูลทั้งหมด 5 ครั้ง ในการอบแต่ละครั้งใช้เวลาทั้งสิ้น 240 นาทีที่อุณหภูมิ 100 – 150 องศาเซลเซียส ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้แก่ ปริมาณแก๊สที่ใช้อบ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบและจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดหลังการอบ

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตของเตาอบที่ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ในวันที่ 10 กันยายน พ.ศ.2552 ความถี่ในการเก็บข้อมูลทั้งหมด 5 ครั้ง ในการอบแต่ละครั้งใช้เวลาทั้งสิ้น 300 นาที ที่อุณหภูมิ 100 – 150 องศาเซลเซียส วิธีการอบโดยใช้ความร้อนจะไม่มีปริมาณการใช้แก๊สในการอบเนื่องจากใช้ความร้อนจากท่อเดินความร้อนอย่างเดียว ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้แก่ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบและจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดหลังการอบ

3.3 เก็บรวบรวมข้อมูลของการผลิตของเตาอบที่ใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ในวันที่ 11 กันยายน พ.ศ.2552 ความถี่ในการเก็บข้อมูลทั้งหมด 5 ครั้งในการอบแต่ละครั้งใช้เวลาทั้งสิ้น 240 นาที ที่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้แก่ ปริมาณแก๊สที่ใช้อบ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบและจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดหลังการอบ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

4.1 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รวบรวมและบันทึก

4.2 คำนวณข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณแก๊สที่ใช้อบ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบ และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดหลังการอบ เป็นร้อยละ และค่าเฉลี่ย

4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบด้านต้นทุนการผลิต วิธีการอบที่ใช้แก๊ส LPG ในการอบผลิตภัณฑ์ นำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สมาเฉลี่ยต่อชิ้น วิธีการอบที่ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ นำข้อมูลการติดตั้งท่อเดินความร้อนมาเฉลี่ยต่อชิ้น และวิธีการอบที่ใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ นำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สบวกกับข้อมูลการติดตั้งท่อเดินความร้อนมาเฉลี่ยต่อชิ้น แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกัน โดยราคาแก๊สขณะที่ทำการทดลองราคากิโลกรัมละ 15.35 บาท

4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบด้านระยะเวลาในการอบ โดยนำค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการอบแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกัน

4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยนำค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในการอบแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกัน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดหรือไม่ได้มาตรฐานหลังการอบ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก วิธีการลดต้นทุนการผลิตจากการอบผลิตภัณฑ์ด้วยแก๊สแอลพีจี โดยการใช้เทคโนโลยีสะอาด และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการอบผลิตภัณฑ์ระหว่าง วิธีการอบโดยใช้เทคโนโลยีเดิม และวิธีการอบโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เสนอผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตของเตาอบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย

ตอนที่ 2 เสนอผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านต้นทุนการผลิต ด้านระยะเวลาในการอบ และด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และสถิติทดสอบเอฟ

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 เสนอผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตของเตาอบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย (ดังตารางที่ 4.1-4.3)

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ของวิธีการอบที่ใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้อบผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม)	ระยะเวลาในการอบ (นาที)	จำนวนผลิตภัณฑ์		
			ที่นำเข้าเตาอบ (ใบ)	ที่ชำรุด	
				จำนวน (ใบ)	ร้อยละ
1	359.17	240	2,584	173	6.69
2	398.23	240	2,865	179	6.24
3	636.48	240	4,579	285	6.22
4	535.42	240	3,852	175	4.50
5	534.59	240	3,846	210	5.40
รวม	**2,463.89**	**1,200**	**17,726**	**1,022**	**29.05**
$\bar{X}$	**492.77**	**240**	**3,545**	**204**	**5.81**

จากตารางที่ 4.1 การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ ทำการทดลองเก็บข้อมูล 5 ครั้ง พบว่าปริมาณแก๊สที่ใช้อบผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 492.77 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้ง 240 นาที จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบเฉลี่ย 3,545 ใบ และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเฉลี่ย 204 ใบ คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 5.81

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวน ร้อยละและค่าเฉลี่ยของวิธีการอบที่ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์

ครั้งที่	ระยะเวลาในการอบ (นาที)	จำนวนผลิตภัณฑ์		
		ที่นำเข้าเตาอบ (ใบ)	ที่ชำรุด	
			จำนวน (ใบ)	ร้อยละ
1	300	8,727	524	6.00
2	300	8,198	432	5.27
3	300	7,750	511	6.59
4	300	7,440	225	3.02
5	300	5,400	119	2.20
รวม	**15,00**	**37,515**	**1,811**	**23.08**
$\bar{X}$	**300**	**7,503**	**362**	**4.61**

จากตารางที่ 4.2 การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ทำการทดลองเก็บข้อมูล 5 ครั้ง พบว่า ใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้ง 300 นาที จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบเฉลี่ย 7,503 ใบ และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเฉลี่ย 362 ใบ คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 4.61

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ของวิธีการอบที่ใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้อบผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม)	ระยะเวลาในการอบ (นาที)	จำนวนผลิตภัณฑ์		
			ที่นำเข้าเตาอบ (ใบ)	ที่ชำรุด	
				จำนวน (ใบ)	ร้อยละ
1	609.86	240	8,775	342	3.89
2	569.06	240	8,188	332	4.05
3	625.36	240	8,998	323	3.58
4	625.5	240	9,000	459	5.10
5	593.53	240	8,540	312	3.65
รวม	**3,023.31**	**1,200**	**43,501**	**1,768**	**20.27**
$\bar{X}$	**604.66**	**240**	**8,700**	**353**	**4.05**

จากตารางที่ 4.3 การใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ทำการทดลองเก็บข้อมูล 5 ครั้ง พบว่า ปริมาณแก๊สที่ใช้อบผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 604.66 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้ง 240 นาที จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบเฉลี่ย 8,700 ใบ และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเฉลี่ย 353 ใบ คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 4.05

ตอนที่ 2 เสนอผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านต้นทุนการผลิต ด้านระยะเวลาในการอบ และด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และสถิติทดสอบเอฟ (ดังตารางที่ 4.4 - 4.7)

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านต้นทุนการผลิต โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยต่อชิ้น

วิธีการอบ	ต้นทุนการผลิต (บาท)	จำนวนชิ้นที่ผลิต (ใบ)	ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้น (บาท)
ใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์	37,820.71	17,726	2.13
ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์	39,000.00	37,515	1.04
ใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์	85,407.81	43,501	1.96

จากตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านต้นทุนการผลิต พบว่า วิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นต่ำที่สุดคือ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ($\bar{X}$ = 1.04) รองลงมาคือ การใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ($\bar{X}$ = 1.96) และวิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นสูงที่สุดคือ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ ($\bar{X}$ = 2.13)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านระยะเวลาในการอบ

วิธีการอบ	ระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ (นาที/ต่อครั้ง)
ใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์	240
ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์	300
ใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์	240

จากตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ พบว่า วิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการอบน้อยที่สุดคือ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ (240 นาที) และการใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ (240 นาที) และวิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการอบมากที่สุดคือ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ (300 นาที)

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด

วิธีการอบ	จำนวนผลิตภัณฑ์		
	ที่นำเข้าเตาอบ (ใบ)	ที่ชำรุด	
		จำนวน (ใบ)	ร้อยละ
ใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์	3,545	204	5.81
ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์	7,503	362	4.61
ใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์	8,700	353	4.05

จากตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า วิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดน้อยที่สุดคือ การใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 4.05 รองลงมาคือ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 4.61 และวิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดมากที่สุดคือ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 5.81

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*P-value*
ระหว่างกลุ่ม	2	8.042	4.021	2.520	.122
ภายในกลุ่ม	12	19.145	4.021		
รวม	14	27.186			

จากตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด พบว่า วิธีการอบทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ผู้วิจัยขอเสนอ สรุปผลวิจัยตั้งแต่วัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลของการวิจัย การอภิปรายผล ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ตามลำดับดังนี้

1. สรุปการวิจัย

สรุปผลการวิจัยครั้งนี้ขอเสนอเป็น 4 หัวข้อ คือ วัตถุประสงค์ของการวิจัย สมมติฐานการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย และสรุปผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการอบผลิตภัณฑ์ระหว่างวิธีการอบโดยใช้เทคโนโลยีเดิมคือการใช้แก๊สแอลพีจี กับวิธีการอบโดยใช้เทคโนโลยีสะอาดคือการใช้ความร้อนและการใช้แก๊สแอลพีจีร่วมกับความร้อนในการอบ

1.1.2 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตจากการอบผลิตภัณฑ์ระหว่างการใช้เทคโนโลยีเดิมกับการใช้เทคโนโลยีสะอาด

1.2.3 เปรียบเทียบจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด ระยะเวลาในการอบ และต้นทุนการผลิตด้านเชื้อเพลิงระหว่างเทคโนโลยีดังกล่าว

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านต้นทุนการผลิต

1.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากเป็นการวิจัยกึ่งทดลองในกระบวนการผลิตจริง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเตาอบผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีเดิมในการอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งหมายถึงการใช้แก๊สแอลพีจี ในการอบผลิตภัณฑ์ และเตาอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการอบผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์

1.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยกึ่งทดลองนี้ ผู้วิจัยได้การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตของเตาอบที่ใช้แก๊สแอลพีจี ในการอบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลการผลิตของเตาอบที่ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และข้อมูลการผลิตของเตาอบที่ใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์

1.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ตรวจสอบความสมบูรณ์แล้วไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 13 และใช้ตารางกรอกข้อมูลที่สร้างขึ้นในการคำนวณดังนี้

1) การคำนวณข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณแก๊สที่ใช้อบ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบ และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดหลังการอบ เป็นร้อยละ และค่าเฉลี่ย

2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบด้านต้นทุนการผลิต โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยต่อชิ้นผลิตภัณฑ์

3) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบด้านระยะเวลาในการอบ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการอบแต่ละวิธี

4) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในการอบแต่ละวิธี และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดหรือไม่ได้มาตรฐานหลังการอบ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance)

1.4 สรุปผลวิจัย

1.4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตของเตาอบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์

1) การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ ทำการทดลองเก็บข้อมูล 5 ครั้ง พบว่า ปริมาณแก๊สที่ใช้อบผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 492.77 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้ง 240 นาที จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบเฉลี่ย 3,545 ใบ และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเฉลี่ย 204 ใบ คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 5.81

2) การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ทำการทดลองเก็บข้อมูล 5 ครั้ง พบว่า ใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้ง 300 นาที จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบเฉลี่ย 7,503 ใบ และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเฉลี่ย 362 ใบ คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 4.61

3) การใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ทำการทดลองเก็บข้อมูล 5 ครั้ง พบว่า ปริมาณแก๊สที่ใช้อบผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 604.66 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้ง 240 นาที จำนวนผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาอบเฉลี่ย 8,700 ใบ และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเฉลี่ย 353 ใบ คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 4.05

1.4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านต้นทุนการผลิต ด้านระยะเวลาในการอบ และด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านต้นทุนการผลิต พบว่า วิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นต่ำที่สุดคือ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ($\bar{X} = 1.04$) รองลงมาคือ การใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ ($\bar{X} = 1.96$) และวิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นสูงที่สุดคือ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ ($\bar{X} = 2.13$)

2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ พบว่า วิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการอบน้อยที่สุดคือ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ (240 นาที) และการใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ (240 นาที) และวิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการอบมากที่สุดคือ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ (300 นาที)

3) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์ ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า วิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดน้อยที่สุดคือ การใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 4.05 รองลงมาคือ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 4.61 และวิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดมากที่สุดคือ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 5.81

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด พบว่า วิธีการอบทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สร่วมกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. อภิปรายผล

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ถือว่าสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า วิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นต่ำที่สุดคือ การใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ วิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการอบน้อยที่สุดคือ การใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์ และการใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์และวิธีการอบผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดน้อยที่สุดคือ การใช้แก๊สบวกกับความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการอบทั้ง 3 วิธี ก็มีค่าเฉลี่ยของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดไม่แตกต่างกัน ในการวิจัยครั้งนี้จะมีจุดเด่นคือเป็นการทำการวิจัยกึ่งทดลองในอุตสาหกรรมการผลิตจริง ทำให้ผลที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงและเกิดประโยชน์โดยตรงต่ออุตสาหกรรม ซึ่งชนะ ภูมี (2545) กล่าวว่า ทิศทางนโยบายของบริษัทที่แสดงถึงความมุ่งมั่นในการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องและจริงจัง มีส่วนช่วยผลักดันการวิจัยและการดำเนินการโครงการต่างๆ ด้านการรักษาสิ่งแวดล้อม รวมถึงโครงการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตสำเร็จด้วยดี แสดงให้เห็นว่างานวิจัยที่ส่งเสริมการดำเนินงานของอุตสาหกรรมและมีการวางแผนที่เหมาะสมจะช่วยให้โอกาสการปรับปรุงทางการศึกษาควบคู่ไปกับการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม

3. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์เซรามิก และการลดต้นทุนด้านพลังงานเชื้อเพลิงที่มีมูลค่าสูงให้ลดลงจนเป็นศูนย์ได้รับการกำหนดเป็นนโยบายของบริษัทที่กำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจน เช่น โครงการอบผลิตภัณฑ์เซรามิกโดยใช้ความร้อนท้ายเตา เป็นต้น ซึ่งมีแนวทางที่สามารถทำได้ คือ ลดอุณหภูมิการเผาลง ลดขั้นตอนการผลิตโดยการลดขั้นตอนการเผาลง จากการเผา 2 ครั้ง เป็นการเผาเพียงครั้งเดียว และนำความร้อนท้ายเตาที่มีอยู่นำไปอบผลิตภัณฑ์ก่อนเผาครั้งที่หนึ่ง โดยปัจจุบันได้นำแนวทางเทคโนโลยีสะอาดมาดำเนินการปรับใช้ในบางส่วนแล้ว และติดตามรายละเอียดผลทางอ้อมเพื่อหาโอกาสด้านอื่นๆ สำหรับในส่วนของการวิจัยเห็นว่าควรจะต้องทำการทดลองและศึกษาทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกจนครบหนึ่งรอบของฤดูกาลผลิต เพื่อที่จะได้ทราบถึงประสิทธิภาพของเตาอบผลิตภัณฑ์เซรามิกอย่างสมบูรณ์ และศึกษาการประเมินการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548) *หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมสาขาชุบโลหะ* กรุงเทพมหานคร กรมโรงงานอุตสาหกรรม

จุฑารัตน์ อริยะธรรมถาวร (2546) *การนำเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เจริญชัย แย้มแขไข (2543) *ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้เทคโนโลยีสะอาด* วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชนะ ภูมี (2545) *การใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดวัตถุดิบที่สูญเสียในกระบวนการบดวัตถุดิบในโรงงานปูนซีเมนต์* สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ชุมพล ยวงใย (2544) โครงการศูนย์เทคโนโลยีพลังงานและเทคโนโลยีสะอาด; อีซีเทค, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย *วารสารสิทธิภาพพลังงาน* ฉบับที่ 56

ธเรศ ศรีสถิตย์ (2549) *เทคโนโลยีสะอาดและการนำไปใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิต* กรุงเทพมหานคร สามลดา

ธรรมนูญ โรจนบุรานนท์ (2542) การป้องกันผลกระทบจากการพัฒนาอุตสาหกรรมต่อสิ่งแวดล้อม *วารสารสิ่งแวดล้อม*

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และพีรพร พละพลีวัลย์ (2539) เทคโนโลยีสะอาดกับวิศวกรรมเคมี *เอกสารประชุมการทางวิศวกรรมเคมีแห่งประเทศไทย* ครั้งที่ 6 สมาคมวิศวกรรมและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร

พัชรี ธรรมเดชศักดิ์ (2545) *การประเมินการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในอุตสาหกรรมนม* ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เวช หกพันนา (2542) *การวิจัยเพื่อพัฒนาเตาเผาเซรามิกส์ชนิดที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง* ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิตอุตสาหกรรมศิลป์ สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี

ศิริอร ศักดิ์วิไลสกุล (2542) *การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัทอาหารสากล จำกัด (มหาชน) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง* วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศูนย์ข้อมูลเทคโนโลยีสะอาด ฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2542) กลยุทธ์สู่มาตรฐาน การจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 *นิตยสารไฟฟ้าและอุตสาหกรรม* ปีที่ 6 ฉบับที่ 7

สถาบันสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2547) *คู่มือตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร* สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กลุ่ม IN US-AEP และ The Asia Foundation (2541) *คู่มือเทคโนโลยีสะอาดสำหรับประชาชน* สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2538) *โครงการ"การศึกษาและประเมินความก้าวหน้าของการจัดการเทคโนโลยีสะอาดของประเทศไทยด้วยดัชนีชี้วัดที่เหมาะสม"* สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

สรินทร ลิ่มปนาท และคณะ (2541) *การป้องกันและควบคุมมลพิษ* กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์

สุเทพ ธีรศาสตร์ (2540) *ISO 14000 มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม* กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540) "นโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติ ฉบับที่5" *ข่าวสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ* ปีที่ 38 ฉบับที่ 417

Luken, Ralph A. and Freij, Ann – Christin. (1995). "Cleaner Industrial Production in Developing Countries : Market Opportunities for Developed Countries." *Journal of Cleaner Production* 3 : 1-2 : 71-78

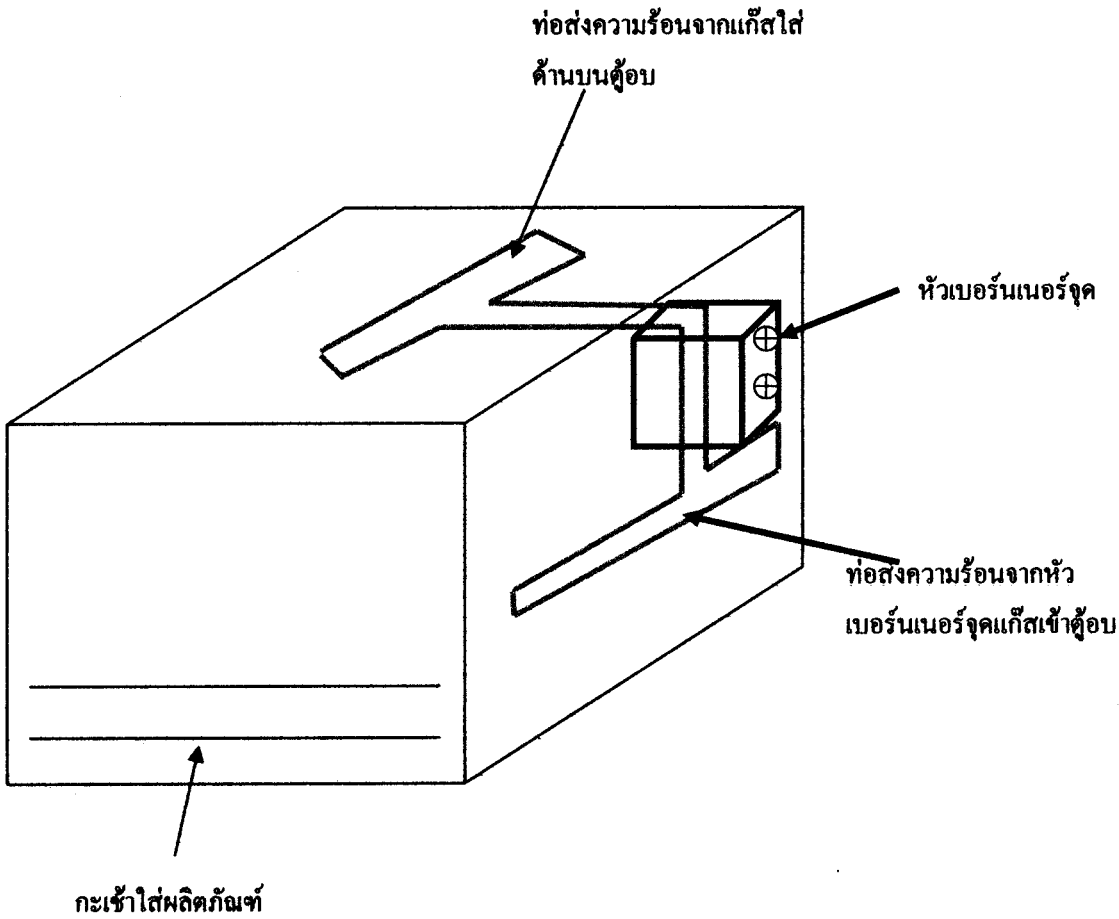
Peltier, Nicolas – Pierre and Ashford, Nicolas A. (1998). "Assessing and Rationalizing the Management of a Portfolio of Clean Technology : Experience from a French Environmental Fund and a World Bank Cleaner Production Demonstration Project in China." *Journal of Cleaner Production* 6 : 111-117.

Roeckel, Marlene and Aspe, Eshella. (1996). "Achieving Clean Technology in the Fish-Meal Industry by Addition of a New Process Step." *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 67 : 96-104.

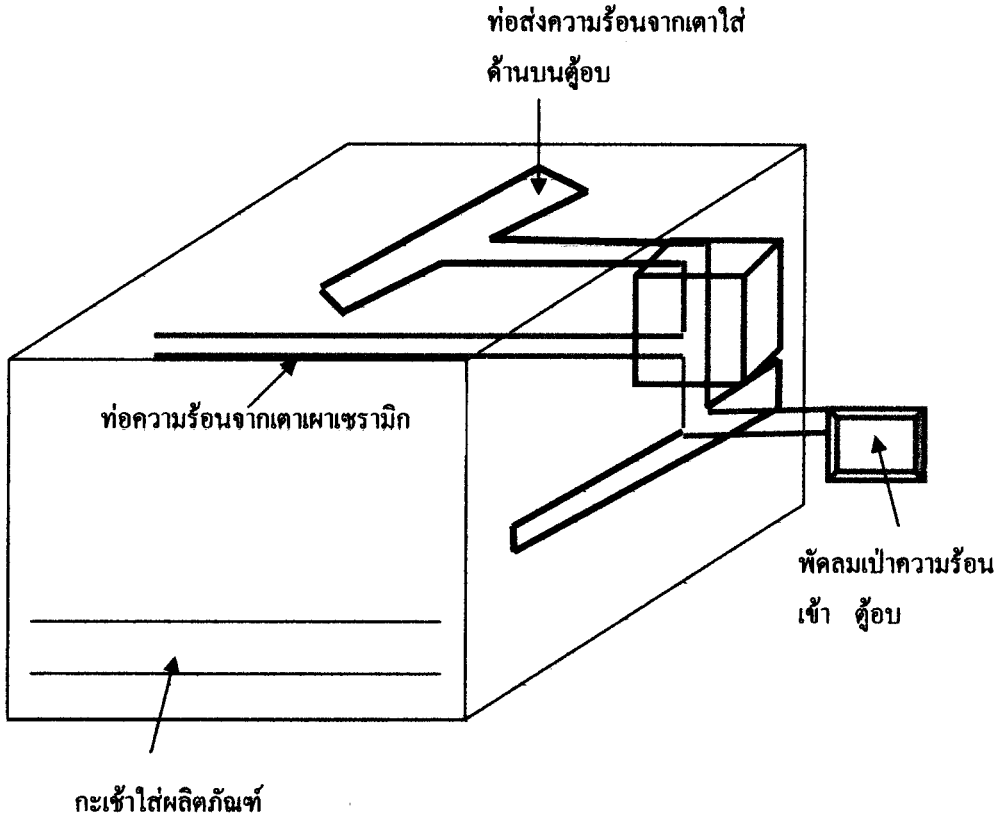
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

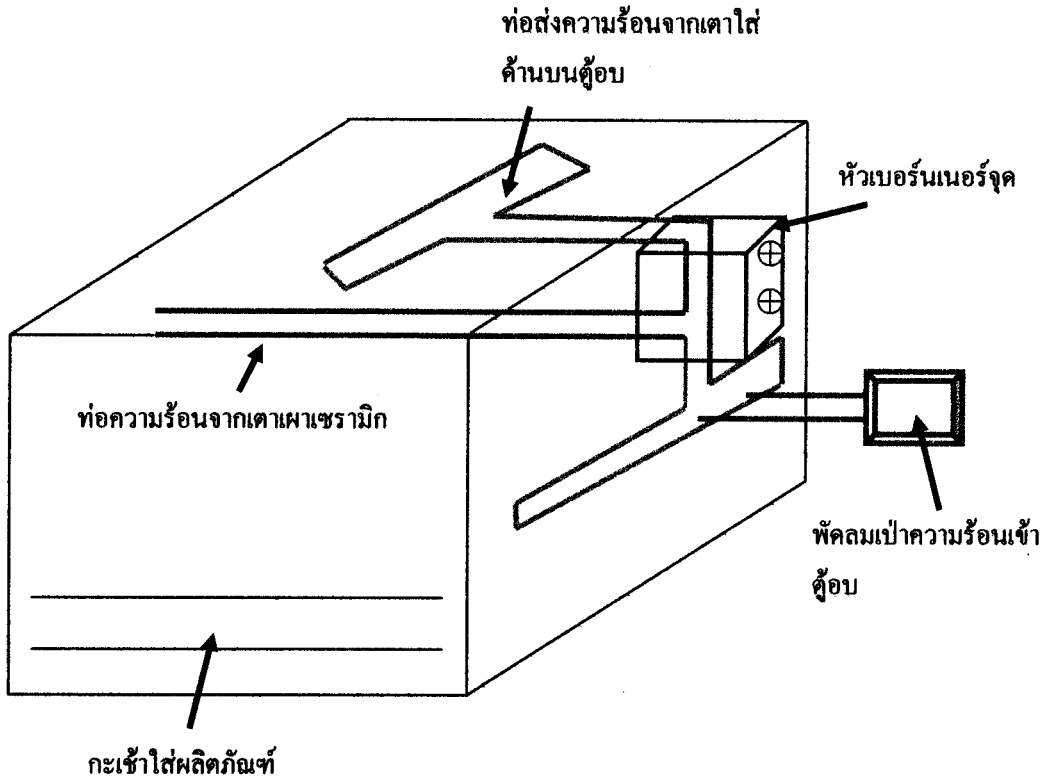
โครงสร้างของตู้อบผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1 ใช้แก๊สในการอบผลิตภัณฑ์



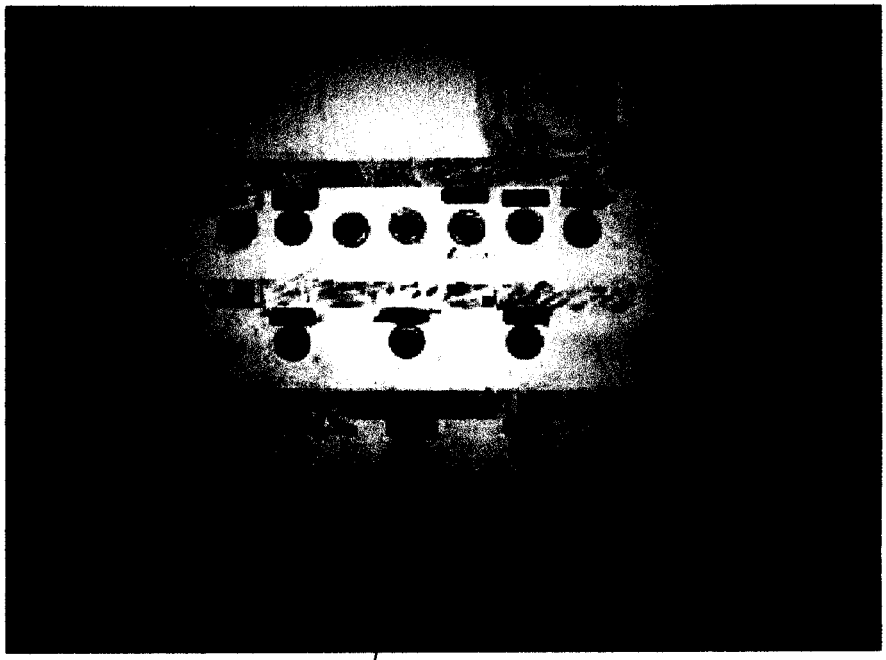
ภาพที่ 2 ใช้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์



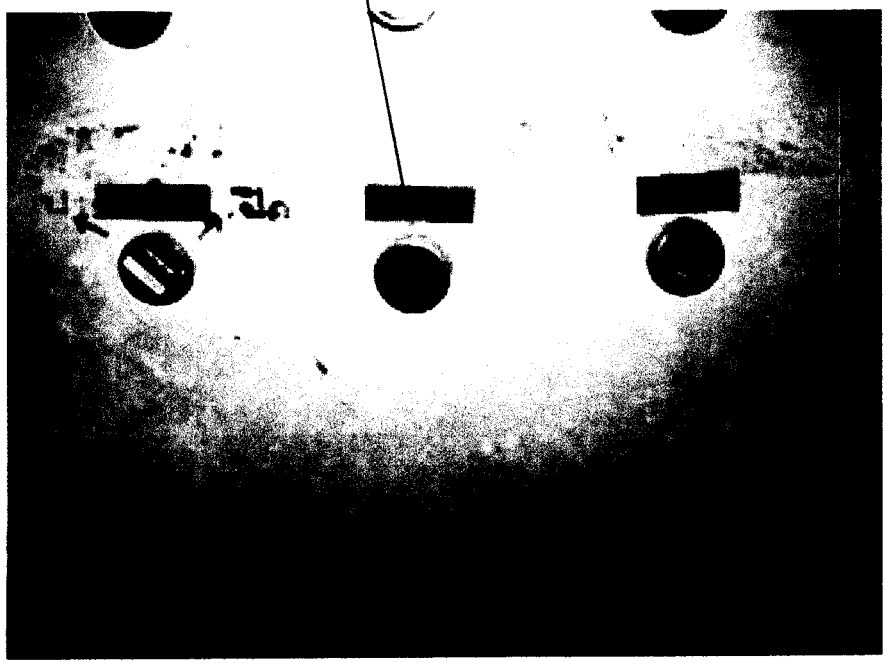
ภาพที่ 3 ใช้ความร้อนและแก๊สในการอบผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ข

ภาพถ่ายอุปกรณ์การติดตั้งท่อเดินแก๊สแอลพีจี

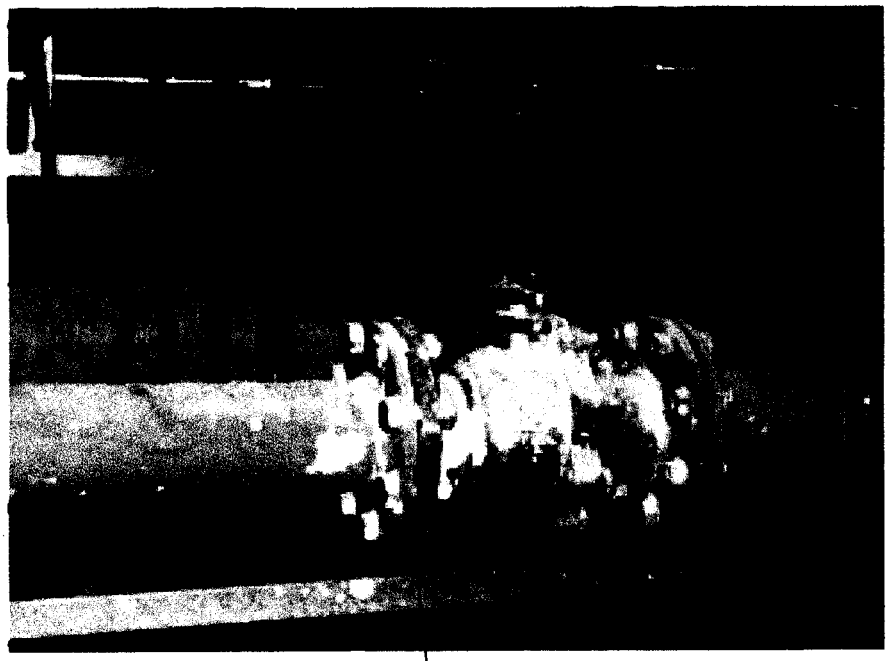


ภาพที่ 4 ปุ่มควบคุมปริมาณแก๊ส

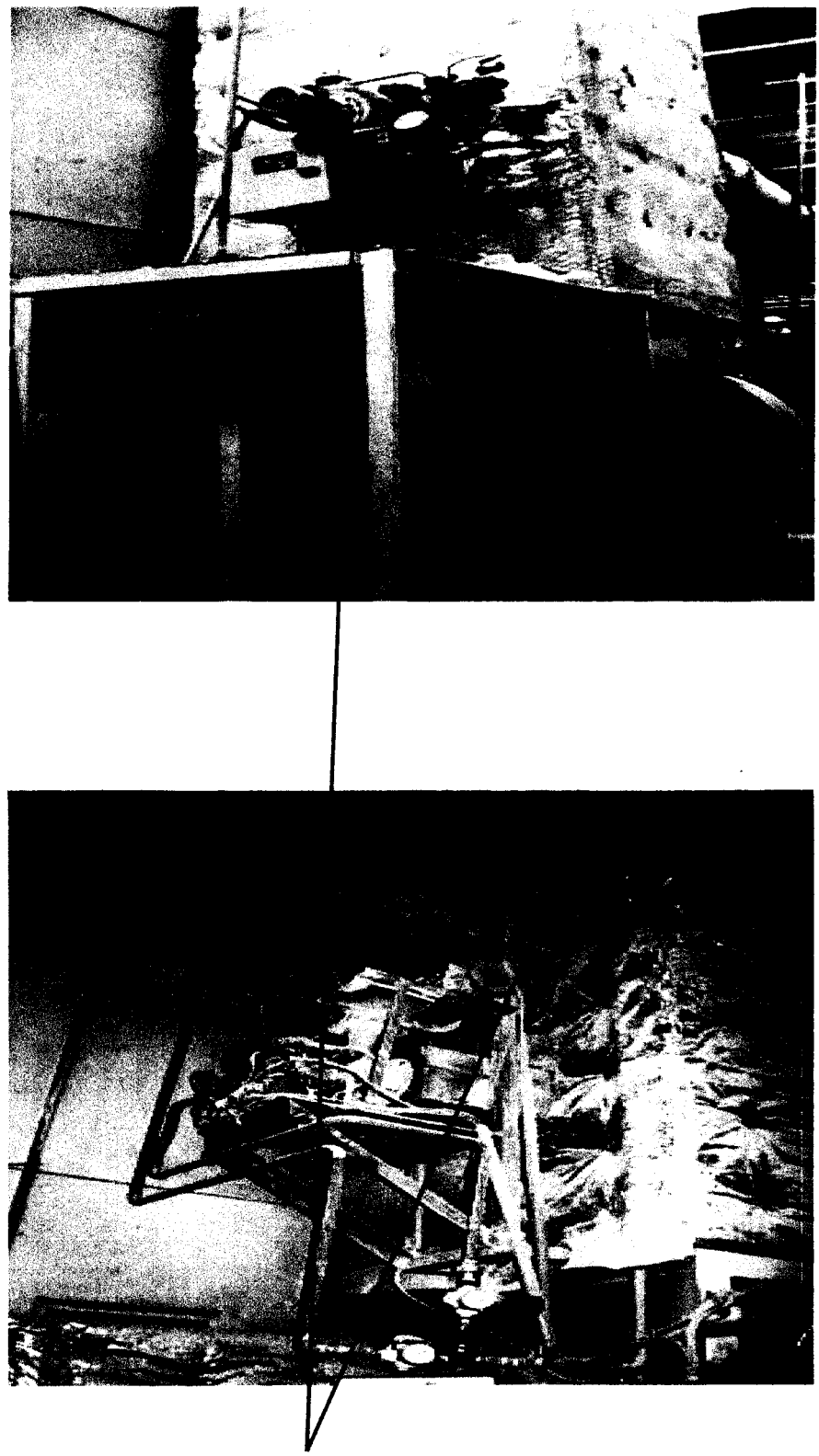


ภาพที่ 5 ตู้คอนโทรลแก๊สที่ใช้ในการอบ

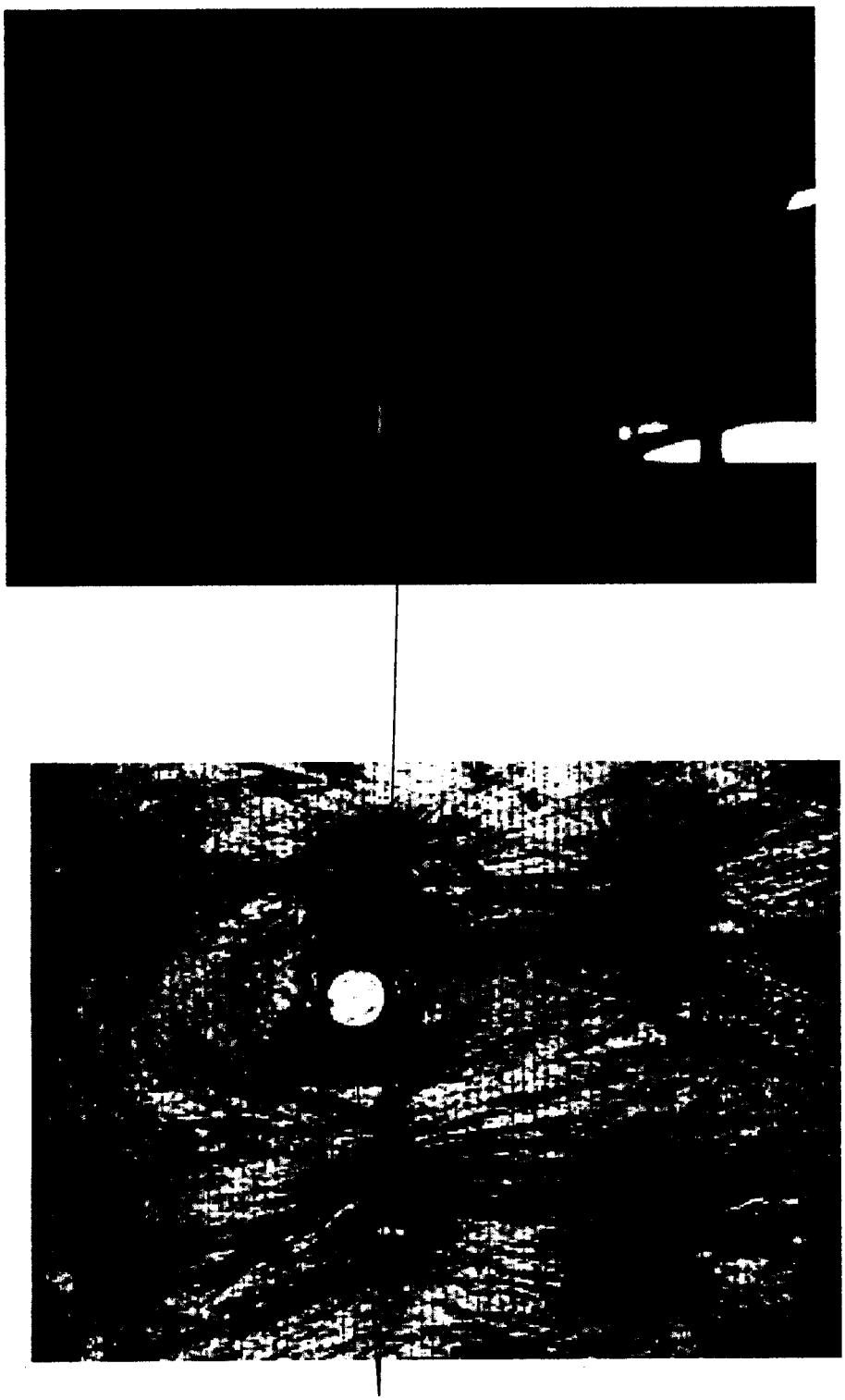
ภาพที่ 6 การยึดซัพพอร์ตการเดินท่อแก๊ส



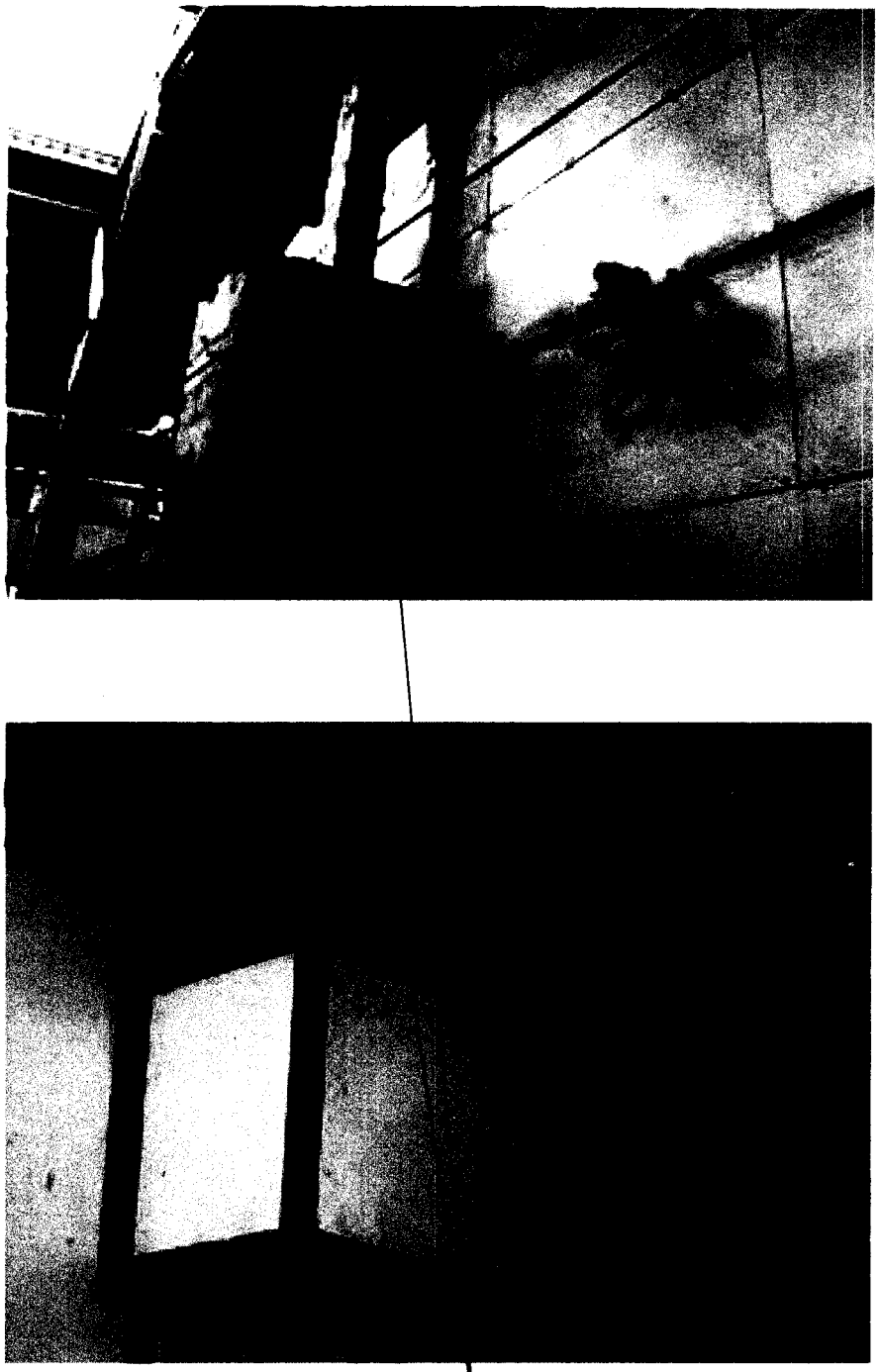
ภาพที่ 7 การติดน๊อตระหว่างท่อที่สำหรับเดินแก๊ส



ภาพที่ 8 เบอร์นเนอร์ ลักษณะเป็นกรวยเพื่อเป่าแก๊สเข้าตู้อบ



ภาพที่ 9 จุดที่ดูแก๊สเข้าตู้อบ

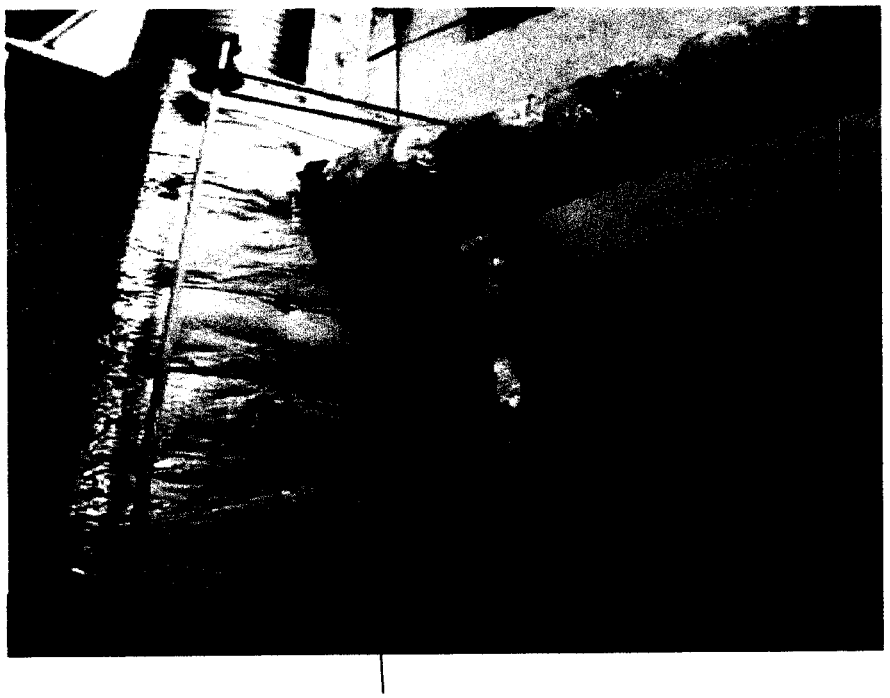


ภาพที่ 10 ก่อนที่จะนำความร้อนท้ายเตาเผามาใช้ในการอบผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ค

ภาพถ่ายอุปกรณ์การติดตั้งท่อเดินความร้อน

ภาพที่ 11 ตู้คอนโทรลที่มีการนำก๊าซและความร้อนมาใช้ในการอบผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 12 หลังการเดินท่อความร้อนท้ายเตาเผามาใช้ในการอบ

ภาพที่ 13 แผ่นสแตนเลสหุ้มท่อ

ภาพที่ 14 ลักษณะการเดินท่อความร้อนท้ายเตาเผาไปยังตู้อบ

ภาพที่ 15 พัดลมเล็กใช้ดูดความร้อน

ภาพที่ 16 ลักษณะของการปล่อยความร้อนในตู้อบ

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นางกัญญาภัทร สุขหนุน
วัน เดือน ปีเกิด	25 กุมภาพันธ์ 2523
สถานที่เกิด	อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย
ประวัติการศึกษา	สังคมสงเคราะห์ศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2545
สถานที่ทำงาน	บริษัทกาสะลองเซรามิคส์ จำกัด
ตำแหน่ง	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ระดับวิชาชีพ