บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

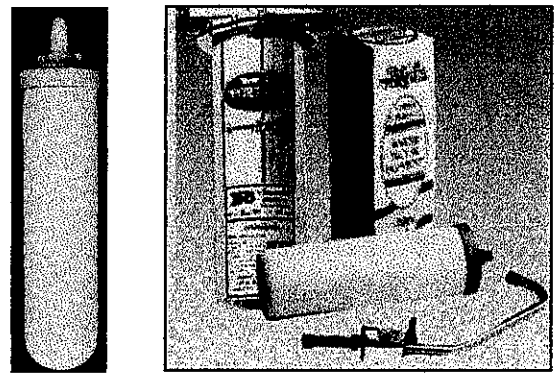
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสารและตำรางานวิจัย โดยแยกหัวข้อดังต่อไปนี้

1. มาตรฐานไส้กรองน้ำเซรามิก
2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
   - 2.1 ไดอะทอไมท์
   - 2.2 ดินขาว
   - 2.3 อะลูมิน่า
   - 2.4 โดโลไมท์
3. การหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส
4. การเตรียมส่วนผสม
5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อ
6. เตาไฟฟ้า
7. อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
8. การเผาผลิตภัณฑ์
9. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพภายหลังการเผา
   - 9.1 การดูดซึมน้ำ
   - 9.2 การหดตัว
10. คุณสมบัติของน้ำและมาตรฐานน้ำบริโภค
11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. มาตรฐานไส้กรองน้ำเซรามิก

ไส้กรองน้ำเซรามิก เป็นสารกรองชนิดหนึ่ง ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 7) กล่าวว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์กรองของเหลว น้ำให้ไหลซึมผ่านได้ ช่วยกรองตะกอน และทำให้น้ำสะอาดได้โดยการเตรียมคุณสมบัติของเนื้อดินเป็นพิเศษเผาให้มีความพรุนตัว

มีคุณสมบัติ คือ มีความพรุนตัวสูง ดูดซึมน้ำ สีขาวขุ่นเปราะแตกง่ายส่วนใหญ่มีรูปทรงเป็นกระบอกกลวงมีหลายขนาด ราคาสูง



ภาพ 1 แสดงรูปไส้กรองน้ำเซรามิก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรองน้ำเซรามิก มอก.1420 – 2540

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด รูปร่าง มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน คุณลักษณะที่ต้องการ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบไส้กรองน้ำเซรามิก

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

2.1 ไส้กรองน้ำเซรามิก ซึ่งต่อไปในมาตราฐานนี้จะเรียกว่า "ไส้กรองน้ำ" หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องกรองน้ำ ใช้สำหรับกรองสี กลิ่น และความขุ่นออกจากน้ำ

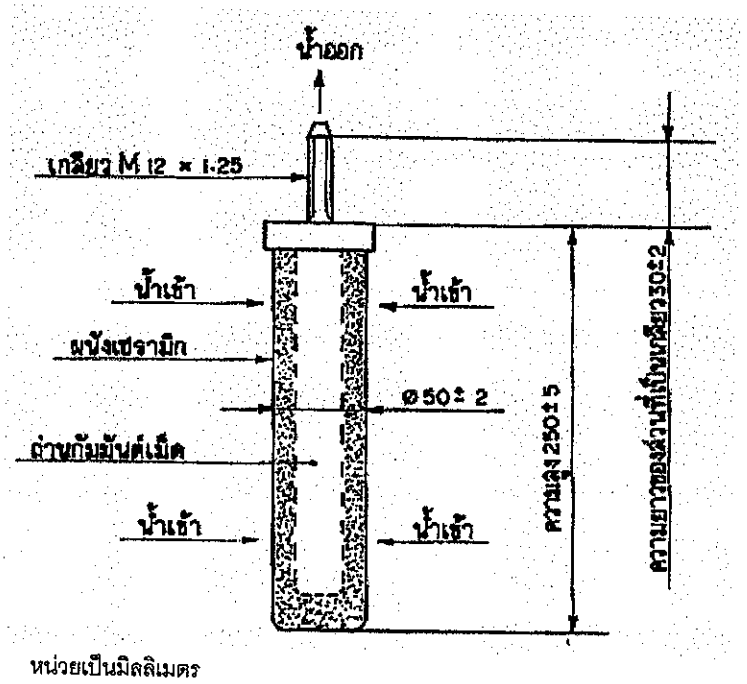
มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก ทำด้วยเซรามิกที่ผ่านการเผาโดยไม่เคลือบ มีความพรุน ภายในบรรจุถ่านกัมมันต์เม็ด

2.2 หน่วยเอ็นทียู (NTU, nephelometric turbidity unit) หมายถึง หน่วยวัดความขุ่นในน้ำ โดยวิธี เนฟีโลเมตรี

3. รูปร่างและมิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

3.1 รูปร่างโดยทั่วไปของไส้กรองน้ำ ให้เป็นไปตามรูปที่ 1

3.2 มิติของไส้กรองน้ำ ให้เป็นไปตามรูปที่ 1 ขนาดของเกลียวต้องเป็นเกลียว M 12 x 1.25 ตาม มอก.159 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.1



ภาพ 2 รูปร่างโดยทั่วไปและมิติของไส้กรองน้ำ (ข้อ 3.1 และข้อ 3.2)

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

4.1.1 ผิวไส้กรองน้ำต้องไม่แตก ร้าว หรือกะเทาะ ส่วนที่เป็นรอยต่อต้องแข็งแรงการทดสอบให้ทำโดยการพินิจ

4.1.2 เมื่อทดสอบตาม IS : 7402 แล้ว ต้องไม่ปรากฏฟองอากาศบริเวณส่วนที่เป็นรอยต่อ และบนผิวไส้กรองน้ำต้องไม่ปรากฏฟองอากาศหนาแน่นเกินพื้นที่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไป

4.2 ถ่านกัมมันต์เม็ด

4.2.1 ต้องเป็นถ่านกัมมันต์เม็ดที่มีค่าไอโอดีน ไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AWWA B604

4.2.2 ปริมาณถ่านกัมมันต์เม็ด ต้องไม่น้อยกว่า 75 กรัม การทดสอบให้ทำโดยการชั่งด้วยเครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.3 ขนาดรูพรุน (pore size) ต้องไม่เกิน 0.3 ไมโครเมตร การทดสอบให้ทำโดยการวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดอิเล็กตรอนกราดวิเคราะห์ (Scanning Electron Microscope) หรือเครื่องมืออื่นที่เทียบเท่า

4.4 ความทนความดัน เมื่อทอสอบตามข้อ 8.2 แล้ว ไส้กรองน้ำต้องทนความดัน 700 +-10 กิโลพาสคัล ได้ โดยไม่เกิดความเสียหายใดๆ เช่น แตก หัก ร้าว

4.5 อัตราการกรอง อัตราการกรองเฉลี่ย ต้องไม่น้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อชั่วโมง การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.3

4.6 การกรอง สี กลิ่น และความขุ่น เมื่อทดสอบตามข้อ 8.4 แล้วน้ำกรองที่ได้ต้องมีคุณลักษณะดังนี้

4.6.1 สี ต้องไม่เกิน 5 หน่วย แพลทินัมโคบอลต์

4.6.2 กลิ่น ต้องไม่เป็นที่รังเกียจ

4.6.3 ความขุ่น ต้องไม่เกิน 5 หน่วย เอ็นทียู

5. การบรรจุ

5.1 ให้หุ้มห่อไส้กรองน้ำด้วยวัสดุหุ้มห่อที่เหมาะสม แล้วบรรจุลงในกล่อง เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งและเก็บรักษา

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่กล่องบรรจุไส้กรองน้ำทุกกล่อง อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

6.1.1 ชื่อผลิตภัณฑ์

6.1.2 เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ

6.1.3 คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้และการดูแลรักษา ซึ่งอย่างน้อยต้องมี

- วิธีทำความสะอาดไส้กรอง
- คำแนะนำว่าเมื่อใดควรเปลี่ยนไส้กรองใหม่
- ข้อปฏิบัติหลังการเปลี่ยนไส้กรองใหม่

6.1.4 คำเตือน "ไส้กรองน้ำนี้สามารถกรองได้เฉพาะ สี กลิ่น ความขุ่น เท่านั้น"

6.1.5 ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง

6.1.6 ประเทศที่ทำ

6.2 ไส้กรองน้ำทุกอันต้องมีคู่มือการใช้และการดูแลรักษา ซึ่งอย่างน้อยต้องมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.2.1 ชื่อผลิตภัณฑ์

6.2.2 คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้และการดูแลรักษา ซึ่งอย่างน้อยต้องมี

- รูปและคำบรรยายวิธีทำความสะอาดไส้กรอง
- คำแนะนำว่าเมื่อใดควรเปลี่ยนไส้กรองใหม่
- ข้อปฏิบัติหลังการเปลี่ยนไส้กรองใหม่

6.2.3 คำเตือน "ไส้กรองน้ำนี้สามารถกรองได้เฉพาะ สี กลิ่น ความขุ่น เท่านั้น"

6.3 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

6.4 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ไส้กรองน้ำที่ทำจากวัสดุอย่างเดียวกัน โดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการ กับแผนที่กำหนดไว้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบมิติ คุณลักษณะที่ต้องการ (ยกเว้นข้อ 4.2.1) การบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก

7.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตาราง 1

ตาราง 1 แผนการการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบมิติ คุณลักษณะที่ต้องการ(ยกเว้น ข้อ 4.2.1) การบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก (ข้อ 7.2.1)

ขนาดรุ่น/อัน	ขนาดตัวอย่าง/อัน	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 500	2	0
เกิน 500	8	1

7.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 3.2 ข้อ 4. (ยกเว้นข้อ 4.2.1) ข้อ 5. และข้อ 6. ในแต่ละรายการ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 1 จึงจะถือว่าไส้กรองน้ำรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับ การทดสอบ ค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์เม็ด

7.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่นเดียวกันไม่น้อยกว่า 2 อัน นำถ่านกัมมันต์เม็ดออกจากทุกตัวอย่างนำมารวมกันให้ได้ปริมาณไม่น้อยกว่า 150 กรัม แล้วบรรจุในภาชนะที่สะอาด แห้ง และปิดสนิท

7.2.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.2.1 จึงจะถือว่าไส้กรองรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์การตัดสิน ตัวอย่างไส้กรองน้ำต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1.2 และข้อ 7.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าไส้กรองน้ำรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

8. การทดสอบ

8.1 มิติ

8.1.1 ให้ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร วัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่บริเวณกึ่งกลางและบริเวณใกล้ปลายทั้งสองด้านของไส้กรองน้ำตัวอย่าง โดยวัดตำแหน่งละ 2 ครั้งในแนวตั้งฉากกันแล้วรายงานค่าเฉลี่ยจากค่าที่วัดได้ทั้ง 6 ค่า และวัดความสูงและความยาวของส่วนที่เป็นเกลียวโดยวัดมิติละ 2 ตำแหน่งแล้วรายงานค่าเฉลี่ย

8.1.2 ให้ใช้เครื่องวัดผ่านและไม่ผ่าน (go, no – go gauge) วัดขนาดของเกลียว

8.2 ความทนความดันประกอบไส้กรองน้ำตัวอย่างเข้ากับตัวเครื่องกรองน้ำ แล้วนำไปติดตั้งกับเครื่องมือที่สามารถอัดน้ำให้มีความดัน 700 +- 10 กิโลพาสคัล ไล่อากาศภายในระบบออกให้หมด ปิดทางน้ำออกให้สนิท และอัดน้ำเข้าเครื่องกรองน้ำจนความดันภายในเครื่องกรองน้ำ เท่ากับ 700 +- 10 กิโลพาสคัล คงความดันนี้ไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นลดความดันลง นำไส้กรองน้ำตัวอย่างออกจากตัวเครื่องกรองน้ำ แล้วตรวจพินิจ

8.3 อัตราการกรอง

8.3.1 น้ำที่ใช้ทดสอบให้ใช้น้ำที่มีความขุ่นไม่เกิน 5 หน่วยเอ็นทียู

8.3.2 ประกอบไส้กรองน้ำตัวอย่างเข้ากับตัวเครื่องกรองน้ำ แล้วนำไปติดตั้งกับเครื่องมือที่สามารถอัดน้ำให้มีความดัน 300 +-10 กิโลพาสคัล

8.3.3 อัดน้ำที่ใช้ทดสอบ ให้ไหลผ่านเครื่องกรองน้ำ และปล่อยให้น้ำกรองไหลทิ้งเป็นเวลาประมาณ 10 นาที

8.3.4 ปล่อยให้น้ำกรองไหลลงอ่างเก็บน้ำ เป็นเวลา 1 ชั่งโมง

8.3.5 บันทึกปริมาตรน้ำกรองที่ได้ (ข้อ 8.3.4) เป็นอัตราการกรอง

8.3.6 ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 8.3.4 และ ข้อ 8.3.5 อีก 2 ครั้ง โดยไม่ต้องทำความสะอาดไส้กรองน้ำตัวอย่าง

8.3.7 รายงานค่าเฉลี่ยของอัตราการกรอง

8.4 การกรอง สี กลิ่น และความขุ่น

8.4.1 น้ำที่ใช้ทดสอบให้ใช้น้ำที่เมื่อทดสอบตาม มอก.257 เล่ม 2 หรือวิธีวิเคราะห์อื่นที่เทียบเท่าแล้วมีคุณลักษณะดังนี้

8.4.1.1 สี 15 +- 1 หน่วยแพลทินัมโคบอลต์

8.4.1.2 กลิ่น มีกลิ่นคลอรีน โดยการเติมโซเดียมไฮโปคลอไรด์ หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ จนน้ำที่ใช้ทดสอบมีกลิ่นคลอรีนที่เริ่มสัมผัสได้ว่าเป็นที่รังเกียจ

8.4.1.3 ความขุ่น 20 +- 1 หน่วยเอ็นทียู

8.4.2 วิธีทดสอบ

8.4.2.1 ประกอบไส้กรองน้ำตัวอย่างเข้ากับเครื่องกรองน้ำ แล้วนำไปติดตั้งกับเครื่องมือที่สามารถอัดน้ำให้มีความดัน 300 +- 10 กิโลพาสคัล

8.4.2.2 อัดน้ำที่ใช้ทดสอบให้ไหลผ่านเครื่องกรองน้ำ และปล่อยให้น้ำกรองไหลทิ้งเป็นเวลา 10 นาที

8.4.2.3 ปล่อยให้น้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

8.4.2.4 นำน้ำกรองจากข้อ 8.4.2.3 มาทดสอบ สี กลิ่น และความขุ่น ตาม มอก.257 เล่ม 2 หรือวิธีวิเคราะห์อื่นที่เทียบเท่า

8.4.3 การรายงานผล ให้รายงานปริมาณ สี กลิ่น และความขุ่น

2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ไดอะทอไมท์ (Diatomite)

เกิดจากการสะสมตัวของสารจำพวกซิลิกา ซึ่งเป็นเปลือกของพืชเซลเดียวชนิดหนึ่งเรียกว่า ไดอะตอม (Diatom) ไดอะตอม เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ในทะเลหรือในทะเลสาบน้ำจืด เมื่อมันตายลงไป เปลือกของมันจะสะสมตัวกันเป็นดินเบา สีครีม สีเทาหรือสีขาว (สุวิทย์ โมนะตระกูล. 2515 : 99) เนื้อละเอียดคล้ายชอล์ก ซึ่งเนื้อจริง ๆ ของไดอะทอไมท์ มีส่วนประกอบของโอปอ มีสูตรทางเคมี $SiO_2 \cdot nH_2O$ มีปฏิกิริยาเคมีคล้ายกับควอซ์ต แหล่งที่พบไดอะทอไมท์ในประเทศไทยมีหลายแห่งใน จ.ลำปาง แหล่งที่พบในต่างประเทศ อยู่ที่แคลิฟอร์เนีย (ประสิทธิ์ สุวรรณประทีป. 2526 : 233) ซึ่งผู้วิจัยใช้ ไดอะทอไมท์ จังหวัดลำปาง เป็นวัตถุดิบในการทำวิจัยครั้งนี้ มีผลวิเคราะห์ทางเคมี คือ

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Cl	P_2O_5	Na_2O	LOI
70.88	0.35	15.77	4.45	0.24	1.35	1.87	1.81	1.75	0.61	0.82

2.2 ดินขาว (kaolin)

ดินขาว หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือขีดจางทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาและเผาแล้ว ดินขาวมีส่วนประกอบใหญ่เป็นแร่ดินกลุ่ม Kaolinite และมีความสัมพันธ์กับมัสโคไวท์ ไมก้า อิลไลท์ ควอซ์ต และอาจมีมอนต์มอริลโลไนท์ (ปรีดา พิมพ์ขำขาว. 2535 : 44)

ดินขาวมีแหล่งกำเนิดตามบริเวณที่ราบสูง ตามภูเขาที่มีแหล่งแร่หินฟันม้า (Feldspar) เมื่อหินฟันม้าเกิดการผุพังจากความชื้น ก็จะกลายสภาพเป็นดินขาว ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสภาพหินฟันม้าเป็นดินขาวเรียกว่า ปฏิกิริยา "Kaolinization" (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 9) ดินขาวที่เกิดในที่ราบสูง เนื้อดินหยาบมีความทนไฟสูง ถึง 1,800 องศาเซลเซียส นำมาขึ้นรูปโดยตรงยากแก่การทรงตัวและมีความเหนียวน้อย การนำไปใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ เป็นดินที่มีการหดตัวน้อย พบในธรรมชาติเป็นดินสีขาวหม่น ซึ่งประโยชน์ของดินขาว ใช้เป็นวัตถุดิบทำอุตสาหกรรมชนิดอื่น ๆ อีก เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสี อาหารสัตว์ อุตสาหกรรม

วัตถุทนไฟ ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 66 - 67) กล่าวว่า ดินขาวหาดส้มแป้น จังหวัดระนอง เป็นดินขาวชนิดดี เท่าที่พบแห่งแรกในประเทศไทยมีอะลูมิน่าสูง (Alumina) และมีปริมาณของเหล็ก (Iron Oxide) น้อยเหมาะสำหรับผสมทำเนื้อดินปั้น ที่ต้องการความขาวมาก

กระบวนการเกิดดินขาว (Kaolinization) นี้มีขั้นตอนของปฏิกิริยาต่าง ๆ ดังนี้

$KAlSi_3O_8 + H_2O \longrightarrow HAlSi_3O_8 + KOH$ ปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส (hydrolysis)

$HAlSi_3O_8 \longrightarrow HAlSiO_4 + 2SiO_2$ ปฏิกิริยาการสลายตัวให้ซิลิกา (desilication)

$2HAlSiO_4 + H_2O \longrightarrow (OH)_4Al_2SiO_5$ ปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำ (hydration)

$KAlSi_3O_8$ = หินฟันม้าชนิดโปรแตช (potash feldspar)

$(OH)_4Al_2Si_2O_5$ = ดินขาว (kaolinite)

(ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 44)

เราสามารถจำแนกดินขาว ตามลักษณะการเกิดได้ 3 แบบด้วยกัน (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาภาคเหนือ. ม.ป.ป. : 10) คือ

1. แบบที่เกิดอยู่ที่เดิม (Residual Clay) ได้แก่ดินขาวที่อยู่ในตำแหน่งเดิม ซึ่งมีการผุพังอยู่กับที่ หินเดิมอาจจะเป็น แกรนิต ไรโอไรต์ เพกมาไทต์ อัลไบท์ หรือหินอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น ดินขาวจากแหล่งแร่ดีบุกทางภาคใต้

2. แบบที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Transported 'Clay) เกิดจากดินขาวในแบบแรกและถูกกระแสน้ำพัดพาไปสะสมตัวยังแหล่งใหม่

3. แบบที่ได้มาจากการแทนที่ด้วยน้ำร้อน (Hydrothermal Replacement) ได้แก่ ดินขาวที่พบบริเวณแหล่งน้ำแร่แบบน้ำร้อน

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว

การทราบ คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว จะช่วยทำให้เราสามารถ ทำนายคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น ซึ่งมีแร่ดินเหล่านั้นผสมอยู่ได้ดีพอสมควร คุณสมบัติที่เราควรจะได้ศึกษา (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 53 - 54) คือ

ขนาด (particle size) คุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากอันหนึ่ง เพราะว่ามันเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางด้านความเหนียว (plasticity) ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (dry strength) ความสามารถ

แลกเปลี่ยนอนุมูล และการหดตัวเมื่อแห้ง (drying shrinkage) กล่าวโดยทั่วไปดินเม็ดละเอียดจะให้ความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าดินเม็ดหยาบ

รูปร่าง (particle shape) แร่ kaolinite อนุภาค ของมันมีรูปร่างเป็น แผ่นหกเหลี่ยม มีขนาดจาก 0.05 ถึง 10 ไมครอน โดยเฉลี่ยขนาดอยู่ระหว่าง 0.5 ไมครอน

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูล (base exchange capacity) คุณสมบัติข้อนี้สำหรับแร่ kaolinite มีน้อยมาก

คุณสมบัติเมื่อแห้ง (drying properties) การหดตัวเมื่อแห้งของแร่ดินล้วน ๆ เราไม่ค่อยสนใจ เพราะว่าเนื้อดินปั้นมักประกอบด้วยแร่หลายอย่าง แต่อาจกล่าวได้กว้าง ๆ ว่าดินที่ละเอียดกว่า มีการหดตัวมากกว่าดินหยาบเมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง

ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (green strength) คุณสมบัตินี้สำคัญมากโดยเฉพาะเมื่อจะนำแร่ดินขาวไปใช้ในเนื้อดินปั้น ซึ่งไม่มีดินเหนียวอยู่เลย เพราะว่า ดินขาวเท่านั้นที่จะเป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดิบมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงไร

คุณสมบัติหลังจากเผา (firing properties) แร่ดินขาว มีการหดตัวมากหลังการเผาไม่ควรใช้แร่ดินขาวล้วนเป็นเนื้อดินปั้น แร่ดินขาว เมื่อเผาแล้วจะหดตัวประมาณ 20%

แหล่งดินขาวในประเทศไทย ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 66 - 68) ได้รวบรวมแหล่งดินขาวที่สำคัญ ในประเทศไทย ที่นิยมใช้กันในวงการ อุตสาหกรรมเซรามิกส์ พร้อมทั้งรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1. ดินขาวลำปาง จากการสำรวจพบว่า เป็นดินขาวที่เกิดจากการผุพัง สลายตัวของแร่เฟลด์สปาร์ แต่การสลายตัวยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ปริมาณของหินแข็งปะปนอยู่มาก แต่เป็นดินขาวที่สามารถขึ้นรูปทรงได้ โดยไม่ต้องผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น เป็นดินที่ได้จากเขาปางขาม อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง ซึ่งมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,690 องศาเซลเซียส (3,074 องศาฟาเรนไฮต์)

2. ดินขาวระนอง พบในบริเวณเหมืองดีบุก เกิดจากการแปรสภาพ ของหินแกรนิต มาเป็นดินขาวปะปนอยู่กับหินควอทซ์ หินแกรนิตและแร่ดีบุก มีผู้ผลิตดินขาวแหล่งนี้เป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก ในขณะฉีดน้ำ เพื่อแยกแร่ออกจากหิน ตามภูเขา ดินขาว จะละลายออกมากับดีบุก ไหลตามน้ำมาด้วย จะตกอยู่ตามราง ที่น้ำไหลผ่าน แล้วแยกดินขาว ออกจากหินและทราย ที่ติดมาโดย ใช้เครื่องมือ ไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) ปล่อยให้ดินจมตัวอยู่ในบ่อพัก แล้วสูบเข้าเครื่องอัดดินเป็นแผ่นใช้งานต่อไป ดินขาวชนิดนี้เป็นดินขาวชนิดดีเท่าที่พบแห่งแรกในประเทศไทยมีอลูมินาสูงและมีปริมาณของเหล็กน้อย เหมาะสำหรับผสมทำเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ดีมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,780 องศาเซลเซียส (3,245 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งผู้วิจัยใช้ดินขาว

การนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาจะบดให้เป็นผงสีขาว ซึ่งมีจุดหลอมตัวสูงถึง 2,050 - 2,240 องศาเซลเซียส (3,722 - 4,064 องศาฟาเรนไฮต์) อะลูมิน่าเป็นสารที่มีความเฉื่อย (Inert) และทนต่อปฏิกิริยาของกรดและด่าง อีกทั้งเป็นวัตถุดิบ ที่มีความบริสุทธิ์สูงชนิดหนึ่งในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยจะมีส่วนผสมอื่น ๆ บ้างเล็กน้อย เช่น โซเดียมออกไซด์ร้อยละ 0.1 - 0.2 แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 0.1 นอกจากนี้ยังมีเหล็กออกไซด์อยู่เพียงเล็กน้อย (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 30) ซึ่งผู้วิจัยใช้ อะลูมิน่า บริษัทเซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด เป็นวัตถุดิบในการทำวิจัยครั้งนี้ มีผลวิเคราะห์ทางเคมี คือ

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Na_2O	LOI
99.60	0.02	0.02	0.35	0.10

สารที่ให้ อะลูมิน่า (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 11 - 12) ได้แก่

อะลูมิเนียมไฮเดรต (Aluminium Hydrate) สูตรทางเคมี คือ $Al(OH)_3$ เมื่อผ่านการเผา (Calcine) แล้วจะได้อะลูมิน่า สารประกอบทั้งสองรูปนี้มีความบริสุทธิ์สูง แต่นิยมใช้ในรูปของอะลูมิเนียมไฮเดรตมากกว่า เพราะมีคุณสมบัติทำให้เคลือบลอยตัวได้ดี และการเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ก็ดีด้วย แต่อาจทำให้เกิดผิวเคลือบทึบหรือเป็นเคลือบด้านได้

ดิน (Clay) มีสูตรทางเคมี คือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ ดินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในน้ำเคลือบ เพราะว่าช่วยทำให้น้ำเคลือบลอยตัวไม่ตกตะกอนง่าย ช่วยให้น้ำเคลือบเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี ช่วยควบคุมการหดตัวของน้ำเคลือบ บนผลิตภัณฑ์ ที่ยังไม่ได้เผาและเป็นตัวให้อะลูมิน่าและซิลิกา (SiO_2) แก่น้ำเคลือบตัวหนึ่ง ดินที่นิยมใช้ ได้แก่ ดินขาว

2.4 โดโลไมท์ (Dolomite)

โดโลไมท์ สูตรทางเคมี คือ $CaMg(CO_3)_2$ โดโลไมท์ ใช้ผสมในเคลือบ เพื่อที่จะให้แคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งก็ให้คุณสมบัติเหมือนกับแคลเซียมและแมกนีเซียมรวมกัน แต่ราคาถูกว่า (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 8) เมื่อทดสอบโดโลไมท์ ด้วยกรดเกลือจะเกิดปฏิกิริยาช้ามาก (สุวิทย์ โมนะตระกูล. 2515 : 97)

นอกจากนี้ โกมล รักษ์วงศ์ (2531 : 48) กล่าวเพิ่มเติมว่า โดโลไมท์ เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3.CaCO_3$) มีความถ่วงจำเพาะ 2.8 - 2.9 มีความแข็ง 3.5 - 4 ทนความร้อนได้ถึง 1,700 องศาเซลเซียส (3,092 องศาฟาเรนไฮต์) ใช้เป็น

ส่วนผสมของเนื้อดินปั้น น้ำเคลือบ และวัตถุทนไฟ ซึ่งผู้วิจัยใช้ โดโลไมท์ บริษัทเซอร์นิคอินเตอร์เนชั่นแนลจำกัดเป็นวัตถุดิบในการทำวิจัยครั้งนี้ มีผลวิเคราะห์ทางเคมี คือ

CaO	$MgCO_3$	Fe_2O_3
30.70 %	21.09%	0.06 %

โดโลไมท์มีน้ำหนักโมเลกุล 184

$$CaMg(CO_3)_2 \xrightarrow[500 - 1{,}000^{\circ} C]{\text{Heat}} CaO + MgO \xrightarrow{+ H_2O} Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2$$

โดโลไมท์ (Dolomite)

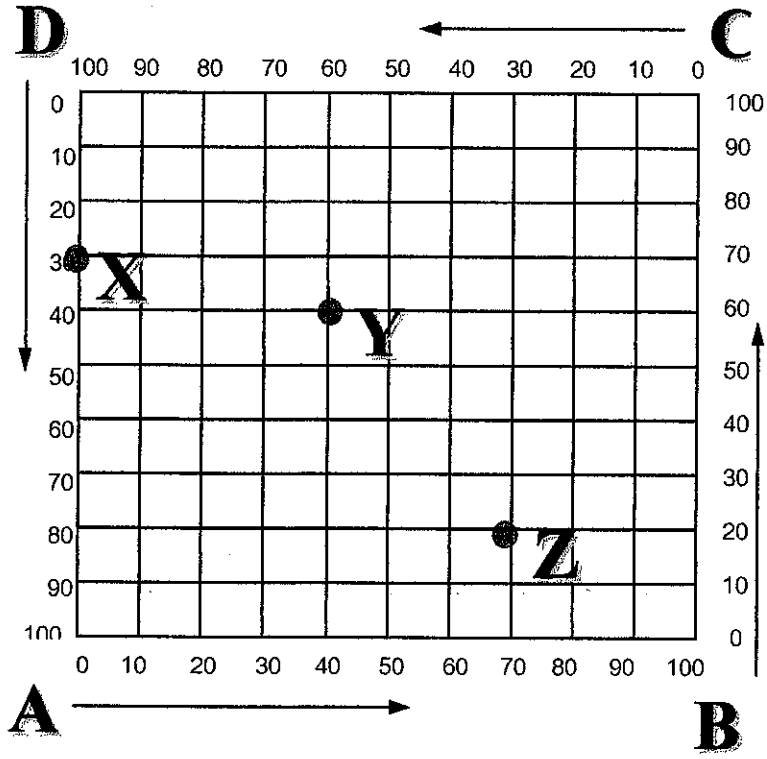
ตะกรัน โดโลไมท์ (Slaked Dolomite)

แหล่งโดโลไมท์ในประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณี (2526 : 133) ได้สำรวจพบว่า แหล่งโดโลไมท์ในประเทศไทย ได้แก่ อำเภอท่าม่วง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี และที่เขารักเกียด อำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 76) กล่าวเพิ่มเติมว่า แหล่งที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี มีปริมาณมากและค่อนข้างบริสุทธิ์กว่าแหล่งอื่น

3. การหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Quadraxial Diagram)

ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการหาส่วนผสมของน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น โดยใช้วัตถุดิบ 4 ชนิด หรือมากกว่า มาผสมกัน



ภาพ 3 แสดงตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส

จากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส เราหาจำนวนส่วนผสมของวัตถุดิบ โดยอ่านค่าของวัตถุดิบตามทิศทางของหัวลูกศรที่ชี้ไป สมมติให้ A B C และ D เป็นวัตถุดิบ 4 ชนิด ที่ใช้สำหรับทำเนื้อดินปั้น บนด้านของสี่เหลี่ยมจัตุรัสทุกด้านทุกจุด จะมีส่วนผสมของวัตถุดิบเพียง 3 ชนิด เท่านั้น เช่น ทุกจุดบนเส้น AB จะมีส่วนผสมของวัตถุดิบ A C และ D เท่านั้น ไม่มีวัตถุดิบ B ทุกจุดบนเส้น BC จะมีส่วนผสมของวัตถุดิบ A B และ D เท่านั้น ไม่มีวัตถุดิบ C สำหรับที่มุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะมีเพียงวัตถุดิบ 2 ชนิดผสมกัน เช่น ที่มุม A จะมีวัตถุ C และ D เท่านั้น หรือ มุม B จะมีวัตถุ D และ A เท่านั้น เป็นต้น ส่วนจุดตัดของเส้นภายในสี่เหลี่ยมจัตุรัสทุกจุด จะแสดงส่วนผสมของวัตถุดิบ A B C และ D โดยการเพิ่มลดส่วนผสมของวัตถุดิบช่วงละ 10 และผลรวมของวัตถุดิบทั้งหมดตามวิธีการนี้ จะเป็น 200 เสมอไป ตัวอย่าง เช่น ที่จุด X จะมีส่วนผสมของวัตถุดิบ A เป็น 0 วัตถุดิบ B เป็น 70 วัตถุดิบ C เป็น 100 และวัตถุดิบ D เป็น 30 ที่จุด Y จะมีส่วนผสมของวัตถุดิบ A เป็น 40 วัตถุดิบ B เป็น 60 วัตถุดิบ C เป็น 60 และวัตถุดิบ D เป็น 40 และที่จุด Z มีส่วนผสมของวัตถุดิบ A เป็น 70 วัตถุดิบ B เป็น 20 วัตถุดิบ C เป็น 30 และวัตถุดิบ D เป็น 80

การหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสนี้ จะทำให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีความแตกต่างของสีผิวผลิตภัณฑ์หลากหลาย เพื่อความเหมาะสมสำหรับการเลือกนำมาใช้งานมากขึ้น แต่วิธีการแบบนี้จะมีข้อจำกัดอยู่ตรงที่ไม่สามารถใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดเกินกว่า ร้อยละ 50 ได้

การนำวัตถุดิบต่าง ๆ มาผสมทำเนื้อดินปั้น มีหลายวิธี ผู้ผลิตสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาใช้ เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่เหมาะสมกับวิธีการผลิต ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดวัตถุดิบที่ใช้ทดลองไส้กรองน้ำเซรามิก 4 ชนิด คือ ไดอะทอไมท์ ดินขาวจังหวัดระนอง อะลูมิน่า โดโลไมท์ ในการหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส และใช้ผงถ่านละเอียดเป็นสารเพิ่มเติม

ผู้วิจัยได้เลือกเอาตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสมาใช้หาจำนวนส่วนผสมของวัตถุดิบ เพราะเห็นว่าตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสนี้ สามารถใช้วัตถุดิบได้หลายชนิด งานที่เผาออกมาจะมีความหลากหลายของสีและลักษณะผิว และถ้าแบ่งการเพิ่มลดของวัตถุดิบให้ถี่ขึ้น เช่น เป็นช่วงละ 5 หรือน้อยกว่า จะยิ่งทำให้มีจำนวนส่วนผสมเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีโอกาสได้เลือกมาใช้ให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

4. การเตรียมส่วนผสม

การเตรียมส่วนผสมที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ สามารถเตรียมได้ 2 วิธี

1. การเตรียมเนื้อดินแบบแห้ง
   - 1.1 นำวัตถุดิบมาบดย่อยให้ละเอียด ซึ่งผ่านการกรองมาแล้ว
   - 1.2 นำส่วนผสมมาบดเข้าด้วยกัน
   - 1.3 นำส่วนผสมไปทำการขึ้นรูป เช่น การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระเบื้อง
2. การเตรียมเนื้อดินแบบเปียก
   - 2.1 นำวัตถุดิบมาทำการบดล้าง เพื่อแยกสิ่งเจือปนออก
   - 2.2 นำวัตถุดิบที่บดล้างมาแล้วมาทำการบดละเอียดกับน้ำในส่วนผสมที่กำหนด
   - 2.3 นำส่วนผสมนั้นไปใช้งาน

การเตรียมส่วนผสมเป็นน้ำดินสำหรับการหล่อพิมพ์

การเตรียมน้ำดินสำหรับหล่อที่ดีต้องมีลักษณะน้ำดิน ไหลเป็นสาย น้ำดินจะต้องไม่ตกตะกอนง่ายในขณะที่ทำการหล่อ และเนื้อดินไม่หดตัวมากนัก ตามธรรมดาการผสมดินกับน้ำเท่านั้นไม่ถือว่าเป็นน้ำดินที่ดี น้ำดินที่ดีจะขึ้นอยู่กับจำนวนที่พอเหมาะ เนื้อดินจะลอยตัวได้ดี แต่ถ้าใส่น้ำมากไป ดินก็จะเหลวมาก เมื่อเทลงในพิมพ์จะทำให้ถอดแบบได้ช้า ดินจะตกตะกอนโอกาสแตกมีมากขึ้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 85)

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดิน มีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ คือ

1. เพื่อต้องการปรับปรุงสีของเนื้อดิน
2. เพื่อให้เนื้อดินมีความเหนียวมากขึ้น หรือไม่เหนียวมากนัก
3. เพื่อต้องการควบคุมการหดตัวของเนื้อดิน เพื่อไม่ให้ แตกร้าว บิด งอ
4. เพื่อลดอุณหภูมิของเนื้อผลิตภัณฑ์ไม่ให้สูงมากนัก
5. เพื่อให้มีความเหมาะสมกับน้ำเคลือบ

การเตรียมเนื้อดินปั้น มีมากมายหลายชนิด ดังนั้นการกำหนดคุณสมบัติ ที่สำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติ จะทำให้การเตรียมดิน เป็นไปตามต้องการ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 77 - 78)

การเตรียมน้ำดินสำหรับการหล่อพิมพ์มี 2 วิธี (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 136) คือ

1. การผสมเนื้อดินปั้นที่เตรียม มาเรียบร้อยแล้วกับสารละลาย ระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัวและลอยตัวในน้ำในปริมาณที่เหมาะสม วิธีการนี้ช่วยลดปริมาณเกลือที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ติดมากับพวกวัตถุดิบที่ใช้ผสมทำเนื้อดินปั้น นอกจากนี้การร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงจะสะดวกขึ้น

2. วัตถุดิบที่จะใช้เป็นเนื้อดินปั้นกับสารละลาย ระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวและลอยตัวในน้ำในปริมาณที่เหมาะสม โดยทำให้น้ำดินมีความถ่วงจำเพาะ 1.80 แล้วร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงร่อนและผ่านน้ำดินไปผ่านเครื่องแยกสารแม่เหล็กเพื่อแยกเอาสารประกอบของเหล็กออก การเตรียมน้ำดินโดยวิธีนี้ประหยัด เพราะว่าไม่ต้องเตรียมเนื้อดินปั้นมาก่อน แต่การควบคุมน้ำดินค่อนข้างลำบาก

สาเหตุต่าง ๆ ที่เป็นตัวทำให้น้ำดิน มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลง (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 133)

1. การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบต่าง ๆในส่วนผสมของวัตถุดิบ ซึ่งรวมถึงน้ำที่ใช้ด้วย
2. การชั่งน้ำหนักไม่ถูกต้องและความชื้น เป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สัดส่วนเนื้อดินปั้น
3. ความละเอียดของหินแก้วและหินฟันม้า
4. เวลาที่กวนผสม ปริมาณตัวช่วยทำให้เกิดการกระจายลอยตัว และความหนืดของน้ำดินมีผลต่อการกระจายตัวของดินเหนียว
5. ความถูกต้องของการเติมตัวช่วยทำให้เกิดการกระจายลอยตัว
6. การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วน และคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำดิน และเศษดินที่นำกลับมาใช้ใหม่

7. สิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่ติดมากับเศษน้ำดิน และวัตถุดิบต่าง ๆ
8. ผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักน้ำดินในถังเก็บ

5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อ (Slip Casting)

น้ำเนื้อดินปั้นทุกชนิดที่ใช้สำหรับขึ้นรูปโดยวิธีเทแบบมีคุณสมบัติไหลตัวได้ดีมีปริมาณเปอร์เซนต์ของแข็งสูง การกระจายลอยตัวอยู่ในของเหลวปกติแล้วใช้น้ำ โดยมีสารเคมีเป็นตัวช่วยทำให้เกิดการกระจายลอยตัวได้ดี การเทแบบเป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยการเทน้ำเนื้อดินปั้นลงไปในแบบ ซึ่งเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ก่อตัวขึ้น เมื่อแบบที่ใช้เริ่มดูดของเหลวเข้าสู่เนื้อแบบ เนื้อผลิตภัณฑ์เริ่มด้วยมีความเหนียวเกาะกัน และเริ่มแข็งขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากปล่อยให้แห้งแกะออกจากแบบ อบให้แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 110)

วิธีการหล่อที่นิยม แบ่งออกเป็น 2 วิธี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2532 : 43) คือ

1. การหล่อสลิปแบบตัน (Solid Cating) หมายถึง การหล่อสลิปลงในพิมพ์ให้เป็นแท่งตัน ข้อแตกต่างกันก็คือ จะต้องทำแบบพิมพ์ไม่เหมือนกันกับแบบกลวง พิมพ์แบบนี้จำกัดความหนาของผลิตภัณฑ์ นิยมใช้ในการหล่อจานเปล เครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ

2. การหล่อสลิปแบบกลวง (Drain Casting) หมายถึง การหล่อเมื่อได้ความหนาพอสมควรของผลิตภัณฑ์ก็เทน้ำสลิปออกจากพิมพ์ เทคนิคในการเทสลิปต้องค่อย ๆ เทและคว่ำไว้จนหมดสลิปในแบบมิฉะนั้น จะทำให้ผิวภายในขรุขระพิมพ์ที่ใช้อาจจะเป็นพิมพ์ชิ้นเดียวหรือหลาย ๆ ชิ้นก็ได้

การหล่อพิมพ์ผลิตภัณฑ์อาจแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 136)

1. การเทน้ำดินลงในแบบ ถ้าแบบขนาดเล็กใช้เหยือกหรือขันตักน้ำดินเทลงในแบบได้อย่างรวดเร็ว ถ้าแบบขนาดใหญ่ การเทน้ำดินลงในแบบใช้หัวสูบ ในขั้นนี้ปัญหาที่พบ คือการเทน้ำดินลงในแบบเร็วไป อากาศจะแทรกเข้าไปในน้ำดินและแทรกตัวอยู่ในเนื้อดินปั้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดรูเล็ก ๆ บนผิวของผลิตภัณฑ์

ปัญหาอีกอันหนึ่งที่เกิดขึ้นในขณะที่เทน้ำดินลงไปในแบบก็คือที่ผิวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นเส้นวงกลมรอบรูปเกิดจากเทน้ำดินแรงและเร็วเกินไป ทำให้น้ำดินในแบบกระเพื่อมคล้ายการเกิดระลอก เนื้อดินปั้นที่สะสมในแบบจึงไม่ราบเรียบ

2. การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบ ในกรณีแบบขนาดเล็ก คว่ำแบบลงอาจใช้ไม้ระแนงรองรับแบบเอาไว้ ช่วยเขย่าหรือเคาะแบบให้น้ำดินไหลออกมาได้เร็ว การที่เราจะเทน้ำดิน

ออกเมื่อใด ขึ้นกับความหนาของผนังผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการ ปริมาณน้ำในแบบและอายุการใช้งานของแบบ ในกรณีที่เป็นแบบใหญ่ ๆ เช่น แจกันขนาดใหญ่ หรือเครื่องสุขภัณฑ์ การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบจะกระทำโดยวิธีคว่ำแบบไม่ได้ เพราะว่าจะเกิดสูญญากาศขึ้นระหว่างที่น้ำดินไหลลง จะทำให้เกิดแรงดึงผลิตภัณฑ์ให้หลุดตามออกมาด้วย หรือไม่ก็ด้วยน้ำหนักตัวของผลิตภัณฑ์เอง จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร่างได้ ฉะนั้นการเทแบบขนาดใหญ่ต้องเทน้ำดินเข้าทางส่วนล่างของแบบและการเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบก็ให้ไหลออกทางส่วนล่างของแบบเช่นกัน

3. การตกแต่งผลิตภัณฑ์ การตกแต่งผลิตภัณฑ์จะกระทำได้ง่าย ถ้าแบบของเราออกแบบไว้ดี การตกแต่งควรกระทำในขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในแบบ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวจนเสียรูปร่างไป และการตกแต่งควรกระทำในเวลาที่เหมาะสม คือ ถ้าตกแต่งเร็วไปผลิตภัณฑ์ยังอ่อนนิ่มไม่แข็งแรงพอ จะทำให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวเสียรูปร่าง หรือถ้าตกแต่งช้าไปผลิตภัณฑ์จะแข็งไปซึ่งจะเปราะเป็นเหตุทำให้แตกหักได้ง่าย

4. การตากผลิตภัณฑ์ให้แห้ง ผลิตภัณฑ์เล็ก ๆ ไม่ค่อยมีปัญหา ผลิตภัณฑ์ใหญ่ต้องกระทำในห้องซึ่งมีการควบคุมความชื้นการตากแบบให้แห้งเป็นปัญหาใหญ่จะต้องควบคุมอย่างดีเพื่อจะได้มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ

แบบปูนปลาสเตอร์

การทำแบบปลาสเตอร์ ต้องอาศัยความชำนาญ ประสบการณ์ และความสามารถเฉพาะตัว ไม่สามารถสอนกันโดยวิธีการพรรณนาเป็นตัวหนังสือ แบบที่ใช้หล่อดินขึ้นเป็นรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทำมาจากวัสดุที่ได้มาจากการเผาแร่ $CaSO_4 . 2H_2O$ (Gypsum) วัสดุนี้ที่เหมาะกับการนำมาใช้ทำแบบ ก็เพราะมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์หลายประการ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 127) คือ

1. สามารถรักษารายละเอียดต่าง ๆ ของแม่แบบไว้ได้

2. แบบจะมีความคงทนทั้ง คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ เป็นระยะเวลานาน

3. เราสามารถที่จะทำให้แบบมีความสามารถดูดซึมได้ตามที่ต้องการรูพรุนในเนื้อแบบไม่ดูดยึดเนื้อดินไว้แน่ ทำให้ผลิตภัณฑ์หลุดจากแบบได้ง่าย

4. แบบที่ทำขึ้นจะมีผิวเรียบและคงทน

5. สามารถรักษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแบบให้คงที่และสม่ำเสมอ

6. วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมือนวุ้นไม่สามารถเข้าไปอุดรูพรุนในแบบได้ง่าย ๆ

7. มีราคาถูก

6. เตาไฟฟ้า (Electric Kiln)

ทวี พรหมพฤกษ์ (2532 : 148 - 149) กล่าวว่า เตาไฟฟ้าเป็นเตาเผาสะอาดที่สุด เผาได้ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำ ไปจนกระทั่งอุณหภูมิสูง เร่งอุณหภูมิให้ช้าหรือเร็วตามต้องการ เนื่องจากมีสวิทช์อยู่หลายตัวสับเปลี่ยนกันในการเผาไม่มีเปลวไฟ ไม่มีควัน และเผาได้อย่างสะอาด เราอาจจำแนกเตาไฟฟ้าออกได้ คือ

1. เตาเผาที่ใช้ความร้อนไม่เกินอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

ภายในเตาเผาใช้ขดลวด Nickle - chromium หรือบางทีเรียกว่า Ni - chrome เป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งโดยทั่วไปใช้ในการเผาดิบ เผาเคลือบไฟต่ำ หรือการเผาตกแต่งเท่านั้น เพราะถ้าเผาอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ลวดอาจจะขาดได้เนื่องจากทนความร้อนไม่สูงมากนัก โดยปกติลวด Ni - chrome นี้จะเผาได้อุณหภูมิสูงสุดเพียง 1,090 องศาเซลเซียส

2. เตาเผาที่ใช้ความร้อนอุณหภูมิสูง

เป็นเตาเผาที่ใช้ Heating element ที่เป็นแท่งซึ่งทำจาก Silicon Carbide เรียกว่า แท่ง Grobar ซึ่งจะให้ความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 1,538 องศาเซลเซียส หรือ อาจจนถึง 1,600 องศาเซลเซียส เตาเผาที่ใช้อุณหภูมิสูงชนิดนี้ส่วนใหญ่เผาประเภท High fire porcelain อาจจะเป็น Electrical insulator หรือเผาทดลองวิจัยต่าง ๆ เหล่านี้เป็นต้น โดยปกติแล้วการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาทั่วไปมักจะเผาที่อุณหภูมิสูงไม่มากนัก อาจจะต่ำลงมาเล็กน้อย เช่น ประมาณ 1,230 - 1,280 องศาเซลเซียส ดังนี้เตาเผาที่ใช้ Heater element ชนิดเป็นแท่งจึงมีน้อย มักจะเปลี่ยนมาใช้ประเภทที่ใช้ Kanthal Wire เนื่องจากราคาถูกกว่ากันมาก และ Kanthal Wire ก็สามารถให้ความร้อนได้จนถึงอุณหภูมิประมาณ 1,375 องศาเซลเซียส ซึ่งนับว่าสูงพอสมควร

เตาไฟฟ้าปัจจุบันเป็นเตาที่มีผู้สนใจใช้กันมาก โดยเฉพาะในวงการทำอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากผู้ใช้มีความสะดวกสบาย ควบคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูงและค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนัก ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 63)

เตาไฟฟ้าในปัจจุบันมีหลายขนาด สามารถเผาได้อุณหภูมิสูง นอกจากจะใช้เผาผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเคลือบ (Glost firing) เผาดิบ (Biscuit Firing) และใช้เผาสีบนเคลือบ (Over Glaze) ยังใช้เป็นเตาสำหรับทดลองวิจัยงานต่าง ๆได้เป็นอย่างดี อำพน วัฒนรังสรรค์ (2531 : 35) กล่าวเพิ่มเติมว่า เตาไฟฟ้าเป็นเตาที่มีบรรยากาศการเผาที่สะอาดที่สุด เป็นเตาที่สามารถควบคุมแหล่งพลังงานความร้อนได้ง่ายที่สุด เตาไฟฟ้านี้เป็นเตาที่มีลักษณะต่างจากเตาที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ เป็นอันมาก เพราะเตาชนิดอื่น ๆ ความร้อนจะเกิดพลังงานเคมีที่ได้จากการสันดาป แต่เตาไฟฟ้าได้ความร้อนจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของตัวลวดต้านทาน

TD
753
ส63ท
2542
ค.1

18 พ.ย. 2542

4340006

สำนักหอสมุด

อำพน วัฒนรังสรรค์ (2531 : 35) กล่าวถึง การทำงานของเตาไฟฟ้าว่า เตาไฟฟ้าจะให้พลังงานความร้อน โดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiant Heat) ออกมาจากขดลวดความร้อน (Electric Elements Heater) ซึ่งขดลวดความร้อนนี้ จะเป็นขดลวดที่มีความต้านทานกระแสไฟฟ้า คือ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดนี้ จะทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น ซึ่งปริมาณของความร้อนจะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของขดลวด และอุปกรณ์โครงสร้างของเตาต่าง ๆ โดยเฉพาะอิฐทนไฟชนิดเบา และฉนวนป้องกันความร้อน (Insulating Brick and Insulating Board) ดังนั้นเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดความร้อน ยิ่งนานความร้อนจะถูกสะสม และเก็บไว้ในเตาด้วยอิฐทนไฟและฉนวนป้องกันความร้อน จนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 149) ได้เพิ่มเติมว่า ความร้อนที่ได้จากขดลวดภายในเตาไฟฟ้านั้น จะเห็นว่าเตาไฟฟ้าไม่มีปล่องระบายลมร้อนเลย ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนภายในเตาไม่มีเปลวและไม่มีควัน จึงไม่ต้องมีทางระบายลมเพียงแต่มีช่องเล็ก ๆ สำหรับทำให้แก๊สออกมาบ้างหรือสำหรับมองสีไฟและผลิตภัณฑ์เท่านั้น ลักษณะการเผาของเตาไฟฟ้านี้เรียกภาวะการเผาเช่นนี้ว่า "Oxidizing Condition" และข้อดีของเตาไฟฟ้าสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

1. ให้อุณหภูมิสม่ำเสมอใช้ได้ผลดีที่สุด
2. การควบคุมการเผาและควบคุมอุณหภูมิได้สะดวก
3. เป็นเตาเผาที่สะอาดที่สุด เพราะไม่มีเปลวไฟ ไม่มีควันหรือเขม่า
4. สามารถติดตั้งและเคลื่อนย้ายได้ง่าย
5. บรรยากาศภายในเตา เป็นแบบออกซิเดชั่น จึงไม่ทำให้ผิวเคลือบ หรือสีเคลือบเปลี่ยนแปลง เพราะไม่มีปฏิกิริยากับเคลือบ

7. อุปกรณ์และเครื่องวัดอุณหภูมิ

ทวี พรหมพฤกษ์ (2525 : 107) กล่าวว่า เครื่องมือที่จำเป็นในการใช้วัดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีคุณภาพดีนั้น ปัจจุบันได้มีผู้คิดอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ หลายชนิด ซึ่งชนิดที่ใช้วัดอุณหภูมิสูง ได้แน่นอน และใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ไพโรเมตริก เทอร์โมคัฟเปิล (Pyrometric Thermocouple) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งอาศัยหลักการเกิดกระแสไฟฟ้าจากความร้อน (Thermo Electric Pyrometer) โดยนำเอาโลหะสองชนิดมาเชื่อมปลายติดกัน เรียกว่า " Hot Junction " แต่โลหะทั้งสองชนิดจะต้องมีคุณสมบัติแตกต่างกันใส่ในเตาให้ได้รับความร้อน (Thermocouple) ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ (Indicator) แล้วเข็มจะชี้บอกอัตราความร้อน ตามความมากน้อยของกระแสไฟฟ้า จะมีตัวเลขเทียบอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส

และฟาเรนไฮต์ ปลายของโลหะที่ต่อไปยังหน้าปัดเรียกว่า " Cold Junction Thermocouple " ที่วัดอุณหภูมิสูง ๆ จะมีเครื่องป้องกัน (Protectube) ทำด้วยวัตถุทนไฟ ป้องกันอีกชั้นหนึ่ง (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 107)

8. การเผาผลิตภัณฑ์ (Firing)

การเผาผลิตภัณฑ์ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของขบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ทุกชนิดจะต้องผ่านการเผา อย่างน้อยหนึ่งครั้งขึ้นไป เพื่อให้เกิดความแข็งแกร่ง คงทนต่อสภาพการใช้งาน ผู้ทำการเผาต้องมีความรู้ในเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับเชื้อเพลิงที่ใช้เผา การวัดอุณหภูมิในเตาเผา และส่วนประกอบต่าง ๆ ในเนื้อดินที่ใช้ปั้นภาชนะด้วย การเผาในระยะแรกไม่ควรเร่งไฟให้ร้อนเร็วเกินไป เพราะจะทำให้ภาชนะเกิดระเบิดแตกเสียหายได้ เนื่องจากการที่น้ำที่อยู่ในดินปั้นเดือดกลายเป็นไอ ควรค่อย ๆ เร่งความร้อนให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ไม่ควรให้อุณหภูมิขึ้นสูงมากเกิน 150 องศาเซลเซียส ต่อ 1 ชั่วโมง เมื่อเร่งไฟให้อุณหภูมิสูงขึ้น เนื้อภาชนะดินปั้นก็จะรวมตัวแข็งเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อเผาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วปล่อยให้เตาเผาเย็นลงทีละน้อยจนกระทั่งอุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงนำภาชนะออกจากเตาได้ (มนูญ ประชันคดี. ม.ป.ป : 47) ผลิตภัณฑ์ตั้งโต๊ะประเภทปอร์สเลนชั้นดีมักจะผ่านการเผาไม่น้อยกว่าสองครั้ง โดยครั้งแรกจะถูกเผาดิบก่อน เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นรูปไว้มีความแข็งพอที่จะจับถือได้โดยไม่แตกหักเสียหาย และมีความพรุนตัวพอเหมาะจะทำการเคลือบต่อไป แล้วจึงนำไปทำการเผาเป็นครั้งที่สอง เรียกว่า เผาสุก ซึ่งมีจุดประสงค์ในการเผาเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์นั่นเอง ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้เผามักจะสูงกว่าการเผาดิบ ในกรณีที่ต้องการประหยัดเชื้อเพลิง แรงงาน ขั้นตอนและเวลาในการเผา การเผาดิบอาจถูกตัดออกไปก็ได้ ทำให้เหลือแต่การเผาสุกเท่านั้น วิธีการเช่นนี้เรียกว่า การเผาครั้งเดียว (One Firing) ซึ่งมักนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภท เอิทเธินแวร์ สโตนแวร์ สุขภัณฑ์และลูกถ้วยไฟฟ้าแต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบมาก่อนจะมีคุณภาพดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบมาแล้วอาจนำมาเผาตกแต่งลวดลายบนเคลือบอีกที เพื่อให้เกิดความสวยงาม อุณหภูมิที่ใช้เผาสีบนเคลือบจะต้องต่ำกว่าการเผาสุกมาแล้วเสมอ เช่น การเผารูปลอก หรือขอบเงินขอบทอง เป็นต้น (อำพน วัฒนรังสรรค์. 2531 : 1)

8.1 บรรยากาศในการเผา

บรรยากาศที่ใช้ในการเผา บรรยากาศที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้สีของเนื้อดินและสีของน้ำเคลือบแตกต่างกัน

8.1.1 บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชั่น (Oxidation Atmosphere) สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2527 : 78) กล่าวว่า การเผาบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น เป็นการเผาแบบการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่มีควัน เตาเผาที่สามารถเผาบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นได้ดีที่สุด คือ เตาไฟฟ้า

8.1.2 บรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น (Reduction Atmosphere) สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2527 : 78) กล่าวว่า การเผาบรรยากาศแบบรีดักชั่น เป็นการเผาแบบการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ หรือการเผาที่เกิดควัน

ถ่านหิน แก๊ส และน้ำมัน ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีคาร์บอนที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ไม่หมด เป็นตัวหลักในการทำรีดักชั่น และในการทำรีดักชั่นนั้นควรจะให้มีรากฐานมาจากทางเคมี คือ คาร์บอนโมโนออกไซด์ (CO) ต่อคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ต่อน้ำ (H_2O) เป็นสัดส่วนที่ควบคุมเปอร์เซนต์ของรีดักชั่น รวมถึงธาตุเดิมของรีดักชั่น และเป็นไปได้ที่จะวัดจากความยาวของเปลวไฟที่ออกจากช่องของรีดักชั่น การทำรีดักชั่นในวันร้อนชื้นจะดีกว่าวันที่อากาศแห้ง การรีดักชั่นที่เริ่มก่อน 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาเรนไฮต์) อาจจะทำให้เกิดสีเทาหรือสีดำในเคลือบหรือเนื้อดิน ซึ่งไม่สามารถขจัดออกไปได้ เราสามารถทำรีดักชั่น จากอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส (1,832 องศาฟาเรนไฮต์) นานเท่าที่อุณหภูมิจะสามารถเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ หรือ 55 นาทีของทุก ๆ ชั่วโมง จาก 1,000 - 1,240 องศาเซลเซียส (1,832 - 2,264 องศาฟาเรนไฮต์) หลังจากนั้นจะใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมงในการทำออกซิเดชั่น นอกจากนี้ในบางครั้งสามารถใช้บรรยากาศปานกลางเข้าไปหลังจาก 1,050 องศาเซลเซียส (1,922 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วทำรีดักชั่นช่วงหลังก็ได้ หรือให้เวลาครึ่งชั่วโมงในการรีดักชั่นที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส (1,832 องศาฟาเรนไฮต์) 1,100 องศาเซลเซียส (2,012 องศาฟาเรนไฮต์) และ 1,200 องศาเซลเซียส (2,192 องศาฟาเรนไฮต์) หรือเริ่มรีดักชั่นที่อุณหภูมิสูงสุดและต่อเนื่องไปในระหว่างที่กำลังเย็นตัวจนถึง 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาเรนไฮต์) (ประสิทธิ์ แก้วฟุ้งรังษี. 2539 : ; อ้างอิงมาจาก Fournier. 1977 : 189 - 190)

8.2 การวางแนวทางในการเผา (Firing Schedules) ในขั้นตอนของการเผา ต้องใช้ความร้อนอ่อน ๆ (Preheating) และ การควบคุมอุณหภูมิควรขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์ และการเผา ถ้าเป็นเตาขนาดเล็กจะใช้เวลาไม่มากนัก ส่วนเตาขนาดใหญ่เผาผลิตภัณฑ์ขนาดโต การเผาก็ใช้เวลานานขึ้น ส่วนการปล่อยให้เตาเย็นตัว (Cooling Rate)ควรให้เป็นไปอย่างช้า ๆมิฉะนั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกได้ ตามธรรมดาการเผาผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเผาตามปกติ น้ำที่อยู่ในดินจะระเหย ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระยะ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2532 : 153 - 154) คือ

8.2.1 การระเหยของน้ำในช่วงแรก เรียกว่า Machanical Water หมายถึงจำนวนน้ำที่เติมลงไปในดิน เพื่อให้ดินอ่อนตัว พอเหมาะที่จะนำไปขึ้นรูปได้ ในช่วงนี้ถ้าให้ความร้อนอย่าง

รวดเร็ว ผลิตภัณฑ์มักจะแตกร้าวได้ง่ายและการหดตัวก็มาก การเพิ่มอุณหภูมิให้เป็นไปอย่างช้า ๆ และให้อากาศถ่ายเทได้อย่างสะดวก โดยการเปิดฝาเตาบางส่วน จะทำให้การไล่น้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายได้

8.2.2 การระเหยของน้ำในช่วงที่สองเรียกว่า Hygroscopic Water หมายถึง น้ำความชื้นที่ผสมอยู่ในดินแร่ธาตุต่างๆตามปกติจะไม่ระเหยออกโดยการผึ่งให้แห้ง (Dry Process) อุณหภูมิที่สามารถไล่ความชื้นได้ประมาณ 301 องศาเซลเซียส

8.2.3 การระเหยของน้ำในช่วงที่สาม เรียกว่า Chemical Held Water หมายถึง น้ำผลึก ถ้าน้ำผลึกนี้หายไป ดินจะไม่กลับสภาพเหมือนเดิม ควรทำให้น้ำจำนวนนี้หายไป โดยการเผาในอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส การเผาที่จะทำให้น้ำระเหยได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด คือ การให้ความร้อนเป็นไปอย่างช้า ๆ จนกว่าการเผาไหม้ของสารต่าง ๆ ที่เจือปนเป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะสารประเภทอินทรีย์จะเริ่มเผาไหม้ในอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และถ้าสารอินทรีย์ผสมอยู่มากในเนื้อดิน ก็จะเกิดเป็นโพรงมาก จะมีรอยปูดขึ้นที่ผิว ซึ่งแก้ไขได้น้อยมากในการเผา

8.3 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาดิน ถึงแม้ว่าเราจะทราบคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุดิบแล้วก็ตาม แต่ผลผลิตทุกชนิดของเซรามิกส์ต้องใช้ดินเป็นหลักทั้งสิ้น จึงควรทราบเป็นอย่างยิ่งกว่าการเผาดินในอุณหภูมิใด เกิดการความเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในระหว่างการเผาดินจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและกายภาพของ ส่วนผสมเนื้อผลิตภัณฑ์ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ (ประสิทธิ์ แก้วฟุ้งรังษี. 2539 : 71 ; อ้างอิงมาจาก Hamilton. 1982 : 135)

จากอุณหภูมิห้อง - 100 องศาเซลเซียส น้ำที่อยู่รอบ ๆ เนื้อดินระเหยออกไป

100 -250 องศาเซลเซียส	น้ำที่อยู่ในลักษณะความชื้นของอากาศระเหยออกไปและทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์
200 - 250 องศาเซลเซียส	แอลฟา คริสโตบาไลต์ (Alpha Cristobalite) เปลี่ยนไปเป็นเบตา คริสโตบาไลต์ (Beta Cristobalite) เกิดการขยายตัวร้อยละ 3

400 - 600 องศาเซลเซียส	น้ำที่อยู่ในลักษณะน้ำผลึกของดิน (Chemically Combied Water) ระเหยออกจากดินการเผาในระยะแรกจึงไม่เร่งอุณหภูมิให้สูงเร็วมากจนเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกเสียหายได้
400 -900 องศาเซลเซียส	สารประกอบของคาร์บอนถูกเผาหายไป เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนนอกไซด์เนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีสารเหล่านี้อยู่มาก ถ้าไม่สามารถไล่ออกได้หมดในช่วงนี้ จะเกิดแกนดำในเนื้อผลิตภัณฑ์หรือเกิดรูเข็มบนผิวเคลือบได้
425 - 510 องศาเซลเซียส	เหล็กไพไรต์ (FeS_2) จะแตกตัวให้ซัลเฟอร์ (Sulfur) ถ้าเผาเร็วเกินไป จะทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์บวมและบิดเบี้ยวได้
450 - 550 องศาเซลเซียส	น้ำผลึกของดินระเหยออกไปทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนไป
573 องศาเซลเซียส	แอลฟา ควอตซ์ (Alpha Quartz) เปลี่ยนไปเป็นเบตา ควอตซ์ (Beta Quartz) ทำให้เกิดการขยายตัวอีก ร้อยละ 1
780 องศาเซลเซียส	แอลคาไลส์ (Alkalis) เริ่มหลอมตัวรวมกับซิลิกา
800 องศาเซลเซียส	เนื้อดินมีความพรุนตัวมากขึ้นน้ำทุกชนิดในดินระเหยหายไปหมด
950 องศาเซลเซียส	จะเกิดผลึกในเนื้อดิน และเนื้อดินจะจัดเรียงตัวใหม่เกิดเป็นมูลไลท์ (Mullite)ขนาดเล็ก ๆ
1,000 - 1,100 องศาเซลเซียส	หินฟันม้าในดินเริ่มหลอมละลาย

1,150 องศาเซลเซียส	ซิลิกาบางส่วนแตกตัวเป็นอิสระและเริ่มหลอมละลายเป็นแก้ว ทำให้เนื้อดินแน่นขึ้น
1,200 - 1,250 องศาเซลเซียส	เกิดเป็นผลึกมูลไลท์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น การเผาถึงจุดสุกตัวความพรุนตัวลดน้อยลง สีของดินเปลี่ยนไป น้ำหนักลดลง ขนาดเล็กลง
1,200 - 1,300 องศาเซลเซียส	การเผาถึงจุดสุกตัวที่สมบูรณ์อะลูมินาทั้งหมดเปลี่ยนเป็นมูลไลท์ และบางส่วนจะหลอมละลายเป็นแก้ว ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงดีขึ้น

การรู้ถึงขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยา และความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในระหว่างการเผาตามที่กล่าวมา ย่อมสามารถนำเอาไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ทำให้ลดการเสียหายได้

9. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพภายหลังการเผา

9.1 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) การดูดซึมน้ำเป็นสมบัติที่จะช่วยให้เราทราบว่า เนื้อดินที่เรานำมาใช้นั้น เผาจนถึงจุดสุกตัวหรือไม่ หรือทำให้เราพิจารณาได้ง่ายขึ้น เนื้อดินปั้นมีจุดสุกตัวสูงต่ำเพียงใด (Griffiths and Radford. 1965 : 38) ดนัย อารยะพงษ์ (2538 :18) กล่าวว่า น้ำหนักของการดูดซึมน้ำจะสัมพันธ์กับความพรุนตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ ในการดูดซึมน้ำมากหรือน้อยนั้นสามารถบ่งบอกถึงอุณหภูมิการเผาผลิตภัณฑ์ขณะนั้นได้ว่าสูงหรือต่ำโดยการหาน้ำหนักของการแทนที่น้ำเข้าไปในรูพรุนทำให้รูพรุนที่เปิดอิ่มตัวไปด้วยน้ำทำการแช่ไว้ระยะหนึ่งจนอิ่มตัวแล้วจึงนำไปชั่งหาน้ำหนัก การคำนวณหาปริมาณการดูดซึมน้ำทำได้ดังนี้ คือ (Rhodes. 1974 : 311)

9.1.1 ทำชิ้นทดลอง ให้มีขนาด 2 × 5 × 1.5 เซนติเมตร

9.1.2 เผาชิ้นทดลองในอุณหภูมิที่กำหนด

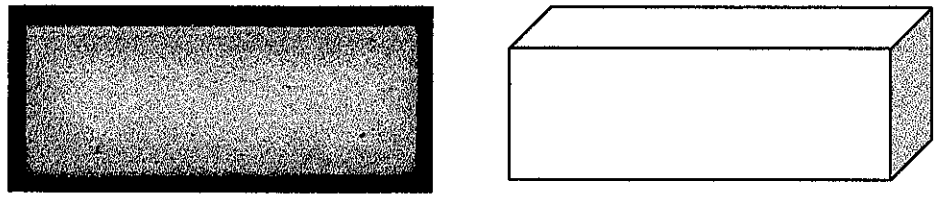
9.1.3 นำชิ้นทดลองที่เผาแล้วมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้เป็นน้ำหนักดินที่แห้ง

9.1.4 นำชิ้นทดลองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว ไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง

9.1.5 นำชิ้นทดลองขึ้นมาเช็ดที่ผิวให้แห้งด้วยผ้าหมาด แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง จดบันทึกไว้ เป็นน้ำหนักดินที่อิ่มตัว

9.1.6 คำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักของดินที่อิ่มตัว - น้ำหนักดินที่แห้ง}}{\text{น้ำหนักดินที่แห้ง}} \times 100$$



ภาพ 4 แสดงชิ้นทดลองการดูดซึมน้ำ

9.2 การหดตัวภายหลังการเผา (Firing Shrinkage) การหดตัวเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดของผลิตภัณฑ์ให้เล็กลง การหดตัวของดินมีอยู่ 2 ระยะด้วยกัน คือ การหดตัวหลังจากการผึ่งแห้งและการหดตัวภายหลังการเผา การหดตัวภายหลังการเผามีความสำคัญมาก เป็นคุณสมบัติที่ต้องทราบเพื่อจะนำมาใช้ในการผลิตว่าจะต้องเพิ่มหรือขยายแบบอีกเท่าไรจึงจะได้ขนาดตามที่ต้องการ (มนูญ ประชันคดี. ม.ป.ป. : 20) และถ้าดินมีการหดตัวมากจำเป็นต้องเผาอย่างช้า ๆ และควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ มิฉะนั้นแล้วผลิตภัณฑ์จะบิดเบี้ยว หรือแตกหักเสียหายได้ (กาญจนะ แก้วกำเนิด. 2532 : 65) ตามปกติการหดตัวของผลิตภัณฑ์ เมื่อเผาเคลือบประมาณร้อยละ 10 - 20 ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีหินฟันม้า และหินเขี้ยวหนุมานอยู่ด้วย อาจจะหดตัวน้อยกว่านี้ก็ได้ (Nelson. 1984 : 13) วิธีการหาค่าการหดตัวภายหลังการเผา ทำได้ดังนี้ คือ (Rhodes. 1974 : 311)

9.2.1 ทำชิ้นทดลองให้มีขนาดดังนี้ ความกว้าง 2 เซนติเมตร ความยาว 5 เซนติเมตร ความสูง 1.5 เซนติเมตร ขีดเส้นยาว 4 เซนติเมตร เป็นความยาวดินเปียก

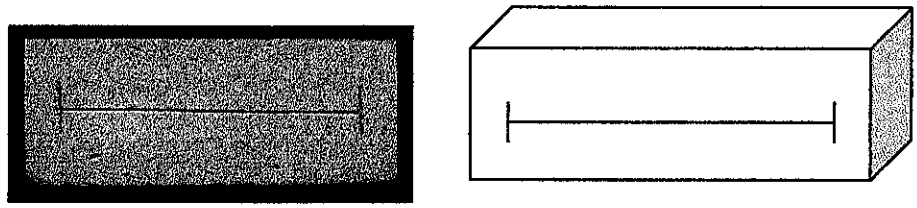
9.2.2 นำชิ้นทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

9.2.3 นำชิ้นทดลองไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนดไว้

9.2.4 เมื่อเผาแล้ววัดความยาวของเส้นที่ขีดไว้ บนชิ้นทดลองอีกครั้ง จดบันทึกเป็นความยาวของดินที่เผาแล้ว

9.2.5 คำนวณการหดตัวของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผา โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละของการหดตัวภายหลังการเผา} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก - ความยาวของดินหลังเผา}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$



ภาพ 5 แสดงชิ้นทดลองการหดตัวภายหลังการเผา

10. คุณสมบัติของน้ำและมาตรฐานน้ำบริโภค

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ น้ำได้เข้ามามีบทบาท อย่างมากในกิจกรรมต่าง ๆ ในทุก ๆ ด้าน ทุกวงการ เช่น อุตสาหกรรม พาณิชยกรรม เกษตรกรรม รวมทั้งการบริโภคและอุปโภคในแต่ละวันการใช้น้ำ ในแต่ละกิจกรรม ต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะของน้ำว่ามีคุณภาพ เหมาะสำหรับกิจกรรมนั้น ๆ หรือไม่ หากไม่ได้คุณภาพก็ต้องทำการปรับปรุง น้ำดื่มจะต้องมีคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาที่เหมาะสมสำหรับใช้ดื่มได้โดยไม่ทำให้เจ็บป่วยหรือเกิดโรคภายหลัง ปัญหาใหญ่ที่เราพบคือ ทำอย่างไรเราจะรู้ได้โดยง่าย ๆ ว่าน้ำแหล่งนั้น ๆ เหมาะสมกับความต้องการของเราหรือไม่ก่อนอื่นเราต้องรู้จักคุณสมบัติของน้ำก่อนว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีหรือไม่อย่างใด คุณสมบัติของน้ำจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำ ซึ่งการจะกำหนดปริมาณและชนิดของสิ่งเจือปนอยู่นั้น เลิศ ไชยณรงค์ (2535 : 64) และ พิชิต สกุลพราหมณ์ (2534 : 247 - 248) ได้แบ่งคุณสมบัติของน้ำเป็น 3 ประเภท คือ

1. คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ (Physical Property) เป็นคุณสมบัติ ที่เกี่ยวกับสี กลิ่น รส และความนิยมอื่น ๆ ต้องปราศจากความขุ่น ตะกอน รส กลิ่น สี โดยปกติแล้วคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำนี้สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงมักจะบอกได้ทันทีว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีหรือไม่ดีได้

2. คุณสมบัติของน้ำทางเคมี (Chemical Property) เป็นคุณสมบัติ ที่เกี่ยวกับแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ ได้แก่ แร่ธาตุและสารเคมีต่าง ๆ ที่อาจจะมีปะปนอยู่ในน้ำ สารเคมีที่ละลายอยู่ในน้ำบางชนิดก็เป็นพิษรุนแรงมาก และบางชนิดก็จะเกิดสะสมขึ้นในร่างกายและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ สารเคมีดังกล่าวนี้ เช่น เหล็ก ตะกั่ว ทองแดง สารหนู เซเลเนียม ไซยาไนด์ ฟอสเฟต ไนเตรต ฟลูออไรด์ จึงจำเป็นจะต้องได้รับการตรวจคุณภาพทางด้านเคมีให้แน่ชัดเสียก่อนว่าไม่มีสารเคมีต่าง ๆ ปะปนอยู่ในน้ำมากเกินกว่ามาตรฐานของน้ำดื่ม

3. คุณสมบัติของน้ำ ทางจุลชีววิทยา (Microbiological Property) เป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ได้แก่ จุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจปะปนมากับน้ำ โดยเฉพาะน้ำดื่มจะต้องปราศจากเชื้อโรคปะปนมากับน้ำ เราไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบทางห้องปฏิบัติการจึงจะทราบได้ และ เนื่องจากจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในน้ำแต่อาจจะไม่ทำให้เกิดโรค จุลินทรีย์ดังกล่าวถึงแม้ว่าจะมีอยู่ในน้ำบ้างก็ไม่น่าจะเป็นอันตราย แต่จุลินทรีย์ดังกล่าวนั้นบางชนิดไม่ทำให้เกิดโรคก็จริง แต่บางชนิดก็ก่อให้เกิดน้ำเสียคุณภาพบางอย่างไป เช่น อาจจะทำให้เกิดรส สี เพิ่มมากขึ้นได้ ส่วนจุลินทรีย์บางชนิดก็ทำให้เกิดโรคโดยตรง เช่น อหิวาตกโรค บิด ไทฟอยด์ และอื่น ๆ

น้ำที่มีคุณภาพดีคือ น้ำที่สะอาดไม่มีเชื้อโรคหรือแร่ธาตุที่มีอันตรายเจือปนอยู่ ควรเป็นน้ำที่ใส ไม่มีสี กลิ่น และรสที่น่ารังเกียจ การดื่มน้ำและใช้น้ำสะอาดทำให้เราปลอดภัยจากโรคติดต่อต่าง ๆ เช่นอหิวาตกโรค ไข้รากสาดน้อย บิด อุจจาระร่วง พยาธิลำไส้และอื่นๆ (พัฒน์ สุจำนงค์. 2533 : 5)

การปรับคุณภาพของน้ำ

ในการนำน้ำมาใช้บริโภค จำเป็นต้องปรับคุณภาพของน้ำให้เหมาะสมเสียก่อน ซึ่งหลักการที่สำคัญในการปรับคุณภาพน้ำก็เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนทางฟิสิกส์ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยเหมาะจะนำมาใช้บริโภค ขั้นตอนการปรับคุณภาพน้ำส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหลักการและขั้นตอนดังนี้ (กระทรวงสาธารณสุข. 2535 : 1-4)

1. การเติมอากาศ (Aeration) เป็นกระบวนการซึ่งทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของก๊าซและสารบางชนิดที่ระเหยได้ วิธีการของการเติมอากาศ มีหลายอย่าง เช่นการ

ทำให้น้ำเป็นแผ่นฟิล์มหรือทำเป็นน้ำตก การทำเป็นเครื่องกีดขวางให้น้ำไหลผ่าน การพ่นน้ำให้สัมผัสกับอากาศ หรือพ่นอากาศเข้าไปในน้ำ หรือการผสมผสานวิธีต่างๆ ที่กล่าวมาเข้าด้วยกัน

2. การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Coagulation)โดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงในน้ำเพื่อให้สารที่มีอนุภาคเล็กๆ รวมตัวกันเป็นอนุภาคใหญ่ และมีน้ำหนัก ซึ่งง่ายต่อการกำจัดออกโดยการตกตะกอน (Sedimentation) หรือการกรอง (Filtration) ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ Aluminium sulfate หรือ Alum, Sodium aluminate, Iron salt เช่น Ferric sulfate, Ferric chloride หรือ Ferrous sulfate และ สารที่เป็น Coagulant aids เช่น Lime, Sodium carbonate, Sodium hydroxide เป็นต้น

3. การตกตะกอนโดยวิธีธรรมชาติ (Sedimentation) เพื่อลดปริมาณสารพวก Settleable materials ในน้ำให้ตกลงสู่ก้นถัง โดยแรงดึงดูดของโลก โดยใช้ถังตกตะกอนซึ่งมีหลายวิธี เช่น Sedimentation tank หรือ Basin setting tank หรือ Clarifier

4. การกรอง (Filtration) เป็นวิธีการที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปรับคุณภาพของน้ำทั้งทางฟิสิกส์และทางจุลินทรีย์ โดยใช้สารกรองหรืออุปกรณ์ที่กรอง แบ่งเป็น

4.1 สารกรองกรวดทราย มักใช้กรองน้ำประปาหรือน้ำบาดาลเพื่อขจัดสิ่งเจือปนทางฟิสิกส์ เช่น ตะกอน และดินทราย ฯลฯ โดยจัดให้น้ำไหลผ่านถังกรองทรายที่มีชั้นของกรวดทรายเรียงตามขนาดที่พอเหมาะภายในถัง ซึ่งเป็นการกรองก่อนที่จะเข้ากระบวนการกรองอื่นๆ ต่อไป เมื่อใช้สารกรองไปเป็นเวลานานการทำความสะอาดสารกรองกรวดทรายทำโดยใช้วิธี "Back wash" คือใช้แรงดันน้ำสะอาดฉีดอัดเข้าทางด้านล่างของถังกรองจากล่างขึ้นบนถังสวนทางกับการไหลของน้ำที่ผ่านเครื่องปกติ แรงดันน้ำจะทำให้สารกรองเสียดสีกันโดยมีน้ำเป็นตัวกลาง ซึ่งทำให้สิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในสารกรองหลุดออกมากับน้ำได้

4.2 สารกรองผงถ่าน มีลักษณะคล้ายถ่านบดละเอียดสีดำภายในมีรูพรุนคดเคี้ยวไปมา ทำให้อัตราส่วนผิวหน้าต่อปริมาตรสูง ผงถ่านนี้ได้รับการผ่านกระบวนการความร้อนสูงและลดความดันเป็นพิเศษ มีคุณสมบัติในการดูดสี กลิ่น คลอรีน ก๊าซ และสิ่งเจือปนในน้ำไว้ในรูพรุน ผงถ่าน อาจใช้ร่วมกับทรายหรือสารกรองอื่นๆ เช่น เรซิน แอนทราไซค์ แมงกานีสแซนด์ เป็นต้น

4.3 ไส้กรอง ที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ **ไส้กรองเซรามิค** ทำจากเซรามิคที่มีรูพรุนละเอียดถึง 0.2 – 3 ไมครอน มีประสิทธิภาพในการกรองสิ่งเจือปนที่มีขนาดเล็กมากได้ดี เช่น อมีบาหรือยีสต์บางชนิด และไส้กรองใยสังเคราะห์ ซึ่งทำจากโพลีเอสเตอร์ มีคุณสมบัติกรองสารเจือปนต่างๆ ออกจากน้ำจะมีรูพรุนใหญ่และกว้างกว่าไส้กรองเซรามิค

4.4 ไส้กรองแอนทราไซค์และแมงกานีส มีคุณสมบัติ โดยแมงกานีสจะใช้กำจัดสนิม ธาตุเหล็ก ตะกั่ว กำมะถัน สังกะสีในน้ำ ส่วนแอนทราไซค์จะใช้ขจัดสนิมเหล็ก ตะกอนและความขุ่นได้

4.5 สารกรองเรซิน เป็นสารสังเคราะห์ที่สามารถกรองน้ำดินที่มีความกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนได้ โดยเรซินสามารถกำจัดแคลเซียมและแมกนีเซียมโดยการแลกเปลี่ยนอนุมูล และยังสามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสรวมทั้งสิ่งสกปรกทั้งหลายในน้ำได้ เรซินมีรูปร่างกลมคล้ายลูกปัด ขนาดเล็กตั้งแต่ 0.25 – 2 มม. ขนาดที่มีประสิทธิภาพดีคือ 0.4 – 0.5 มม.

5. การฆ่าเชื้อ (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำมีหลายวิธีการ เช่น การใช้ความร้อน การกรอง การใช้แสงอุลตราไวโอเลต การใช้สารเคมี เป็นต้น

5.1 การใช้ไส้กรองแบคทีเรีย (Bacteria filter) เป็นไส้กรองเซรามิคที่ผสมด้วยธาตุเงินซึ่งมีคุณสมบัติฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และมีขนาดของรูกรองที่เล็กมาก บางชนิดรูกรองมีขนาดไม่ถึง 1 ไมครอน ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีที่จะกรองจุลินทรีย์ขนาดใหญ่ ควรจะให้น้ำผ่านไส้กรองนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนการบรรจุ มิฉะนั้นจะอุดตันง่าย และควรล้างไส้กรองด้วยน้ำสะอาดเป็นประจำเพื่อล้างสิ่งสกปรกออกจากไส้กรอง

5.2 การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar energy application) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้น โดยใช้หลักการประหยัดพลังงานโดยนำพลังงานความร้อนที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาใช้

5.3 การใช้แสงอุลตราไวโอเลต โดยใช้หลอดแก้วใสทำด้วยควอทซ์ หรือ High silica glass ซึ่งสามารถให้ลำแสงที่มีช่วงคลื่นที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ภายในเวลาที่พอเหมาะ ลำแสงนี้จะทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเซลและทำให้จุลินทรีย์ตายในที่สุด ควรใช้ระบบนี้หลังจากการฆ่าเชื้อโดยวิธีอื่นๆ และก่อนการบรรจุ ในการใช้ควรอุ่นหลอดก่อนฆ่าเชื้ออย่างน้อย 2 นาที และควรตรวจสอบระบบอยู่เสมอว่าหลอดยังอยู่ในสภาพดีตลอดเวลาใช้งาน

5.4 การฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น

5.4.1 คลอรีน มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำและยังช่วยเร่งปฏิกริยาในการตกตะกอนของสารเคมีในน้ำด้วย สารที่นิยมใช้เช่น สารประกอบประเภทไฮโปคลอไรท์ คลอรีนเหลวจำนวนและปริมาณคลอรีนที่ต้องเติมในน้ำจะพิจารณาได้จากการวัดปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำโดยประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคจะดีที่สุดเมื่อมีปริมาณคลอรีนที่คงเหลือ 0.2–0.5 ppm โดยมีเวลาสัมผัสไม่ต่ำกว่า 30 นาที

สำหรับน้ำที่มีคุณภาพเดียวกับน้ำประปา ปริมาณคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อประมาณ 1 กรัม ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร และถ้าต้องการให้มีผลทั้งในการฆ่าเชื้อโรคและในการตกตะกอนสารแขวนลอย และอื่นๆ ในน้ำด้วย จะใช้คลอรีนประมาณ 1-2 กรัมต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร

การใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้ออาจทำให้เกิดปัญหาของกลิ่นคลอรีนที่ตกค้าง จะแก้ไขโดยทิ้งน้ำในถังพักไว้ 1-2 คืน หรือใช้ถังกรองคาร์บอน (ผงถ่าน) เพื่อดูดกลิ่นที่ตกค้างออก

5.4.2 โอโซน การใช้สารละลายโอโซนในน้ำในระบบปิด ต้องใช้ในความเข้มข้น 0.1 ส่วนในล้านส่วน ระยะเวลาสัมผัสอย่างน้อย 5 นาที

5.4.3 สารเคมีอื่นๆ เช่น โบรมีน ไอโอดีน ด่างทับทิม อย่างไรก็ตามสารเคมีทั้ง 3 ตัว ที่กล่าวมานี้ยังไม่เป็นที่นิยมใช้เท่ากับคลอรีน เนื่องจากราคาแพง และประสิทธิภาพก็ไม่แตกต่างกับการใช้คลอรีนมากนัก

การปรับ pH ของน้ำ

น้ำในแหล่งธรรมชาติจะพบว่า pH อยู่ระหว่าง 6.5 - 8.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของน้ำบริโภคที่ใช้กันอยู่ทั่วไป กรณีที่พบค่า pH ไม่ได้มาตรฐานจะมีหลักการปรับ pH ของน้ำดังต่อไปนี้ (กระทรวงสาธารณสุข. 2535 : 4)

1. กรณีน้ำมีสภาพเป็นกรด คือ pH ต่ำกว่า 6.5 การเพิ่ม pH อาจกระทำได้โดยใช้ปูนขาว หินปูน โซดาแอช โซเดียมไบคาร์บอเนต แคลเซียมคาร์บอเนต แอมโนเนียมไฮดรอไซค์ หรือโซเดียมไฮดรอกไซค์

2. กรณีที่น้ำมีสภาพเป็นด่าง คือมี pH มากกว่า 8.5 จะใช้กรดเป็นตัวปรับสภาพ pH เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือหรือกรดแก่อื่น ๆ

กระบวนการต่างๆ ในการปรับคุณภาพน้ำเพื่อผลิตน้ำบริโภคอาจแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม และตามคุณภาพของน้ำดิบเป็นสำคัญดังนั้นผู้ผลิตควรจะมีการเก็บตัวอย่างน้ำดิบส่งวิเคราะห์เสียก่อนเพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของน้ำดิบเพื่อประโยชน์ในการกำหนดขั้นตอนการปรับคุณภาพน้ำให้เหมาะสม

คุณภาพหรือมาตรฐานของน้ำบริโภค

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท และฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534) ได้กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของน้ำบริโภคไว้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (กระทรวงสาธารณสุข. 2535 : 7 - 8)

1. คุณสมบัติของน้ำทางฟิสิกส์ (ทางกายภาพ)

1.1	ความขุ่น	ต้องไม่เกิน	5.0	ซิลิกาสเกล (Silica scale unit)
1.2	สี	ต้องไม่เกิน	20	ฮาเซนยูนิต (Hazen unit)
1.3	กลิ่น	ต้องไม่มีกลิ่นแต่ไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน		
1.4	ความเป็นกรด-ด่าง	ต้องอยู่ระหว่าง	6.5 ถึง 8.5	

2. คุณสมบัติทางเคมี

2.1 ปริมาณสารทั้งหมด (Total solid) ไม่เกิน 500.0 มิลลิกรัมต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.2 ความกระด้างทั้งหมด โดยคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่เกิน 100.0 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.3	สารหนู	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.4	แบเรียม	ไม่เกิน	1.0	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.5	แคดเมียม	ไม่เกิน	0.005	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.6 ครอไรด์ โดยคำนวณเป็นคลอรีน ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.7	โครเมียม	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.8	ทองแดง	ไม่เกิน	1.0	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.9	เหล็ก	ไม่เกิน	0.3	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.10	ตะกั่ว	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.11	แมงกานีส	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.12	ปรอท	ไม่เกิน	0.002	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.13 ไนเตรท โดยคำนวณเป็นไนโตรเจน ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัมต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.14	ฟีนอล	ไม่เกิน	0.001	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.15	ซีลีเนียม	ไม่เกิน	0.01	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.16	เงิน	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
2.17	ซัลเฟต	ไม่เกิน	250.0	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.19 ฟูลออไรด์ โดยคำนวณเป็น ฟลูออรีนไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.20	อะลูมิเนียม	ไม่เกิน	0.2	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.21 เอบีเอส (Alkybenzene sulfonate) ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

2.22	ไซยาไนด์	ไม่เกิน	0.1	มิลลิกรัม ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

3. คุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์

3.1 ตรวจพบ บัคเตรี ชนิด โครีฟอร์ม (Coliform) น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำบริโภค 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number)

3.2 ตรวจไม่พบ บัคเตรี ชนิด อี.โคไล (E.Coli)

3.3 ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Disease – causing bacteria)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

(กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538 : 3 - 4)

ตาราง 2 แสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

คุณลักษณะ	1		2	*3
	รายการ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximium Acceptable Concentration)	เกณฑ์ที่อนุโลมสูงสุด (Maximium Allowable Concentration)
1.ทางกายภาพ	สี	ปลาตินัม - โคบอลต์ (Platinium-Cobalt)	5	15
	รส	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	กลิ่น	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	ความขุ่น (Turbidity)	ซิลิกา สเกล ยูนิต (Silica scale unit)	5	20
	ความเป็นกรด-ด่าง (ph)		6.5 – 8.5	ไม่เกิน 9.2
2.ทางเคมี	ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล. (mg/l)	500	1,500
	เหล็ก (Fe)	มก./ล. (mg/l)	0.5	1.0
	มังกานีส (Mn)	มก./ล. (mg/l)	0.3	0.5
	เหล็กและมังกานีส (Fe & Mn)	มก./ล. (mg/l)	0.5	1.0
	ทองแดง (Cu)	มก./ล. (mg/l)	1.0	1.5

ตาราง 2 (ต่อ)

คุณลักษณะ	1		2	*3
	รายการ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximium Acceptable Concentration)	เกณฑ์ที่อนุโลมสูงสุด (Maximium Allowable Concentration)
2.ทางเคมี	สังกะสี (Zn)	มก./ล. (mg/l)	5.0	15.0
	แคลเซียม (Ca)	มก./ล. (mg/l)	75**	200
	มักเนเซียม (Mg)	มก./ล. (mg/l)	50	150
	ซัลเฟต (SO_2)	มก./ล. (mg/l)	200	250***
	คลอไรด์ (Cl)	มก./ล. (mg/l)	250	600
	ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล. (mg/l)	0.7	1.0
	ไนเตรท (NO_3)	มก./ล. (mg/l)	45	45
	อัลคิลเบนซิน ซัลโฟเนต (Alkylbenzyl Sulfonate ,ABS)	มก./ล. (mg/l)	0.5	1.0
	ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenolic substance as phenol)	มก./ล. (mg/l)	0.001	0.002
3.สารเป็นพิษ	ปรอท (Hg)	มก./ล. (mg/l)	0.001	-
	ตะกั่ว (Pb)	มก./ล. (mg/l)	0.05	-
	อาร์เซนิก (As)	มก./ล. (mg/l)	0.05	-
	ซิลิเนียม (Se)	มก./ล. (mg/l)	0.01	-
	โครเมียม (Cr hexavalent)	มก./ล. (mg/l)	0.05	-
	ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล. (mg/l)	0.2	-
	คัดเมียม (Cd)	มก./ล. (mg/l)	0.01	-
	บาเรียม (Ba)	มก./ล. (mg/l)	1.0	-

ตาราง 2 (ต่อ)

คุณลักษณะ	1		2	*3
	รายการ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximium Acceptable Concentration)	เกณฑ์ที่อนุโลมสูงสุด (Maximium Allowable Concentration)
4.ทางจุลชีววิทยา	แสตนดาร์ดเพลตเคานต์ (Standard Plate Count)	โคโรนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Colonies/cm^3)	500	-
	เอ็มพีเอ็น (MPN)	โคลิฟอร์มออร์แกนิสซัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร (Coliform Organism/100 cm^3)	น้อยกว่า 2.2	
	อี.โคไล (E. coli)		ไม่มี	

หมายเหตุ

* เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดตามสดมภ์ที่ 3 นั้น เป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราวและมีน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ของสดมภ์ที่ 2 กับสดมภ์ที่ 3 นั้นไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

** หากคัลเซียมมีปริมาณสูงกว่าที่กำหนด และมักเนเซียมมีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนด ในมาตรฐาน ให้พิจารณาคัลเซียมและมักเนเซียมในเทอมของความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) ถ้ารวมความกระด้างทั้งหมดเมื่อคำนวณเป็นคัลเซียมคาร์บอเนต มีปริมาณต่ำกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน

*** หากซัลเฟต มีปริมาณถึง 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มักเนเซียม ต้องมีปริมาณไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (มิลลิกรัมต่อลิตร = มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

การวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำ

คุณลักษณะของน้ำด้าน กลิ่น ใช้วิธีการ สูดกลิ่น ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำบริโภคเล่ม 2 การวิเคราะห์และการทดสอบ มาตรฐานเลขที่ มอก.257 เล่ม 2-2521 ข้อ 2.3 ดังนี้

1. เครื่องมือ ได้แก่ ขวดแก้วรูปกรวยชนิดปากกว้าง ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. วิธีทดสอบ มีวิธีการทดสอบคือ เขย่าน้ำตัวอย่างประมาณ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในขวดแก้วรูปกรวยที่สะอาดที่อุณหภูมิห้อง แล้วค่อยๆสูดกลิ่น ไม่ควรเขย่าแรงๆหรือเขย่าซ้ำซาก เพื่อที่จะไม่ให้กลิ่นระเหยไปในกรณีที่สงสัยว่าน้ำจะมีกลิ่นหรือไม่ ให้ปิดจุกขวดนำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อน แล้วจึงสูดกลิ่น (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2521 : 5)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุภาพร อรรถโกมล (2537) ได้ทำการทดลองอิทธิพลของ สังกะสี แบเรียม ทอล์ค เซอร์โคเนียม ที่มีต่อคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นโดโลไมท์ ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้คือ โดโลไมท์ ร้อยละ 35 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 42 ดินขาว ร้อยละ 23 เบ็นโทไนท์ ร้อยละ 5 มีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 26 ภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชั่น เมื่อใช้สังกะสี แบเรียม ทอล์ค เซอร์โคเนียม เป็นสารเพิ่มเติมใส่ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโดโลไมท์ แล้วพบว่า มีค่าการดูดซึมน้ำเปลี่ยนไป คือมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยสูงถึง ร้อยละ 36.7

บัญชา ชื่นจิต (2541) ได้ทำการวิจัย พัฒนาดินสุรินทร์ เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ดินสุรินทร์แหล่งบ้านใหม่ ตำบลตระแสง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ ดินขาวระนอง หินฟันม้า จำนวน 36 ตัวอย่าง และดินสุรินทร์แหล่งบ้านน้ำคลำ ตำบลท่าตูม อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ ดินขาวระนอง หินฟันม้า จำนวน 36 ตัวอย่าง รวม 72 ตัวอย่าง เผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพภายหลังการเผา ด้านการดูดซึมน้ำ ดินสุรินทร์เมื่อผสมดินขาวระนอง หินฟันม้า มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ ดินสุรินทร์แหล่งบ้านน้ำคลำ สูตรที่ 3 มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 7.62 มีส่วนผสมดังนี้ ดินสุรินทร์แหล่งบ้านน้ำคลำ ร้อยละ 20 ดินขาวระนอง ร้อยละ 70 หินฟันม้า ร้อยละ 10