

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ไส้กรองน้ำเซรามิกส์
CERAMICS FILTER

นิวัตร พัฒนา

พ.ศ. 2545

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานสภาพัฒนาบ้านราชภัฏ

ปัญหาการวิจัย ไส้กรองน้ำเซรามิกส์
CERAMICS FILTER

ชื่อผู้วิจัย นายนิวัตร พัฒนา
Mr.NIWAT PATTANA

สาขาวิชาที่ทำการวิจัย วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

ปีที่ทำการวิจัยสำเร็จเรียบร้อย 2545

บทคัดย่อ : การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายของงานเพื่อศึกษาเนื้อดินบันไส้กรองน้ำจากส่วนผสมของดินขาวะนอง อะลูมิไน์ โดโลไมท์ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ ส่วนผสมของดินขาวะนอง อะลูมิไน์ โดโลไมท์ จากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) จำนวน 21 ส่วนผสม ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ส่วนผสมของดินขาวะนอง อะลูมิไน์ โดโลไมท์ บรรยายกาศการเผาแบบออกแบบเดือนอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 950, 1050 และ 1150 องศาเซลเซียส ตัวแปรตาม ได้แก่ การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) และการหดตัว (Firing Shrinkage) ภายหลังจากการเผา ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ว่า การดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 950 องศาเซลเซียส สูตรที่ 18 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด เท่ากับ 47.00 % ที่อุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส สูตรที่ 15 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด เท่ากับ 50.70 % ที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส สูตรที่ 5 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด เท่ากับ 55.90 % การหดตัวที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ส่วนมากแต่ละสูตรมีการหดตัวค่อนข้างต่ำ คือ ระหว่าง 0-1 % แต่มีสูตรที่ 18, 20 และ 21 ที่มีค่าการหดตัว 2 % ที่อุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส สูตรที่ 2,3,5-8,12 และ 13 มีค่าการหดตัวต่ำ คือ เท่ากับ 0 % และสูตรที่มีค่าการหดตัวมากที่สุด คือ สูตรที่ 16 และ 21 เท่ากับ 5 % ที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส สูตรที่มีค่าการหดตัวน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 4 และ 6 เท่ากับ 0 % และสูตรที่มีค่าการหดตัวมากที่สุด คือ สูตรที่ 21 เท่ากับ 6.5 % หลังจากนั้นได้เลือกสูตรที่ 5 นำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรองน้ำเผาที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบประสิทธิภาพอัตราการกรองน้ำโดยการทดสอบอัตราการไหลของน้ำผ่านไส้กรองเซรามิกส์ที่แรงดันน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว อัตราการไหลของน้ำ 55.25 ลิตร/ชั่วโมง และที่แรงดันน้ำ 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว อัตราการไหลของน้ำ 112.5 ลิตร/ชั่วโมง ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำที่ผ่านไส้กรองเซรามิกส์ สี มีค่า 5 แพลตตินัมโคบลท์ และความ浑浊มีค่า 0.03 เอ็นทีyu ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำดื่มของ WHO (ปี 2527)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบความดีทั้งหมดของงานวิจัยครั้งนี้แด่คุณพ่อคุณแม่และครูอาจารย์อันเป็นที่เคารพสูงสุดของผู้วิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานสถาบันราชภัฏที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ทำให้ผู้วิจัยสามารถปฏิบัติราชการตามภารกิจของอาจารย์สถาบันอุดมศึกษาได้อย่างสมภาคภูมิ ขอขอบคุณ ขอขอบคุณ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเชรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ให้ความอนุเคราะห์ ในด้านห้องปฏิบัติการ และเครื่องมืออุปกรณ์ตามโครงการ พวส. ขอขอบคุณ อาจารย์รังษฎาภรณ์ พัฒนา ที่ช่วยตรวจสอบรายงานการวิจัยและให้กำลังใจผู้วิจัยมาเสมอมา ขอขอบคุณ รศ.ดร.นง ครายุ กาญจนประเสริฐ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งขอขอบคุณ สำนักวิจัยและบริการวิชาการสถาบันราชภัฏพิบูลสงครามที่อำนวยความสะดวกและกรุณาช่วยเสนอแนะและตรวจสอบ ทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่าง สมบูรณ์

ผู้วิจัย.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
จุดมุ่งหมายของงานวิจัย.....	1
ความสำคัญของงานวิจัย.....	1
ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ไส้กรองน้ำเซรามิกส์.....	5
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....	15
การหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า.....	30
การเตรียมส่วนผสม.....	31
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อ.....	32
เตาไฟฟ้า.....	34
อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ.....	36
การเผาผลิตภัณฑ์.....	37
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา.....	41
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	42
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	44
วัตถุดิบ.....	44
กลุ่มตัวอย่าง.....	44
ตัวแปรที่ศึกษา.....	46
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	47
ระยะเวลาที่ในการทำวิจัย.....	47
สถานที่ในการทดลอง.....	47
การทำนิยามการวิจัย.....	48
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	48

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	50
ผลการทดสอบประสิทธิภาพไส้กรองน้ำเชرامิกส์.....	50
5 สรุป ยุทธศาสตร์และข้อเสนอแนะ.....	53
จุดมุ่งหมายของงานวิจัย.....	53
ความสำคัญของงานวิจัย.....	53
ขอบเขตของงานวิจัย.....	53
การดำเนินการวิจัย.....	54
สรุปผลการวิจัย.....	54
ยุทธศาสตร์.....	55
ข้อเสนอแนะ.....	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	60
ประวัติผู้วิจัย.....	65

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค.....	11
2 แบบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้วยอย่างน้ำบริโภคเกณฑ์คุณภาพ.....	14
น้ำดื่มขององค์กรอนามัยโลก (WHO) (ปี2527) กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพ สิ่งแวดล้อม ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต.....	
3 แสดงการเปลี่ยนรูปผลึกของอลูมินาเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง.....	20
4 รูปผลึกของแร่ต่างๆ เป็นสารประกอบอลูมินาและอลูมินาไฮเดรต.....	20
5 แสดงคุณสมบัติเฉพาะของอลูมินาทั้งชนิด γ - Al_2O_3 และ α - Al_2O_3	21
6 แสดงคุณสมบัติของแร่ประกอบหินบอกไซต์	22
7 แสดงคุณสมบัติของบอกไซต์ที่ผลิตสำหรับน้ำจากแหล่งต่างๆ	23
8 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของโดยไม่ต้องแบ่งแยกในประเทศ	29
9 แสดงส่วนผสมของวัตถุกัดที่ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้น.....	45
10 แสดงค่าการทดสอบวิธีหลังการเผาที่อุณหภูมิ 950, 1050 และ 1150	50
ของศาสตราจารย์ส	
11 แสดงค่าการทดสอบชีมน้ำภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 950, 1050 และ 1150	51
ของศาสตราจารย์ส	
12 แสดงผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำผ่านไส้กรองเซรามิกส์.....	52
13 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ.....	52
14 ตารางแสดงรายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านไส้กรอง.....	63
15 ตารางแสดงรายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านไส้กรอง.....	64

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงโครงสร้างของแร่ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ จากแร่คอรันดัม.....	21
2 แสดงโครงสร้างหนึ่งหน่วยเซลล์ของยิบบีไฮต์ γ $[\text{Al}(\text{OH})_3]_3$	21
3 แสดงตารางสามเหลี่ยมตารางสามเหลี่ยม.....	30
4 แสดงชั้นทดลองการทดสอบตัววายหลังการเผา.....	42
5 ตารางสามเหลี่ยมแสดงส่วนผสมของเนื้อดินปั้น.....	44
6 ตารางสามเหลี่ยมแสดงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นกับลูมตัวอย่าง.....	45
7 แสดงไส้กรองน้ำเซรามิกส์ที่ผ่านการเผาแล้ว.....	61
8 แสดงไส้กรองน้ำเซรามิกส์ที่ประกอบเสร็จพร้อมใช้งาน.....	62

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ໄສ່กรองນ້ຳເຊາມິກສີເປັນສ່ວນປະກອບສໍາຄັງໃນເຄື່ອງກວດກອນນ້ຳໜີດໄສ່ກວດເຊາມິກສີ ໃຫ້
ກວດນ້ຳໃນບ້ານເຮືອນແລະສານປະກອບການ ກວດນີ້ທີ່ນ້ຳມີການປັບປຸງຈາກຄວາມຫຼຸ່ມ ສີ ແລະກົລິນ ໃນ
ປົມາລັບທີ່ກ່ອໄຂເກີດຄວາມນໍາຮັງເກີຍຈ່າຍໃໝ່ເໝາະສົມຕ່ອກການໃຫ້ ໄສ່ກວດນີ້ຈະທຳນ້າທີ່ຈັດສາງປັນ
ເປັນ ຈົນທຳໃຫ້ກວດມີສັກພົບເຂົ້າ (ສໍານັກງານມາດຮູ້ສັນເລີດກັນທົ່ວໂລກສາທາກຣອມ. 2540 :3)

ໄສ່ກວດນ້ຳເຊາມິກສີເປັນເນື້ອດິນບັນຫຼິດພິເສດຖະກິດທີ່ແພໄໃຫ້ມີຄວາມພຽນຕົວ ດູດເສີມນ້ຳ ສີຂາວຫຼຸ່ມ
ປະກາດແຕກງ່າຍ ສ່ວນໃໝ່ມີຢູ່ປະກວດກະບອກລວງ ມີໜລາຍຂະດ ມີຄວາມສູງເປັນຜົດກັນທົ່ວໂລກ
ສາທາກຣອມນີ້ທີ່ທຳເຂົ້າພໍ່ເປັນຄຸປກຣົນກວດຂອງເໜລວ ນ້ຳ ໄທ້ເລີ້ມຜ່ານໄດ້ ຜ່າຍກວດຕະກອນ
ແລະທຳໃຫ້ສະຄາດ (ທກ. ພວກພຸດກົງ. 2523 : 6-7)

ຜູ້ວິຊຍີມີຄວາມສົນໃຈທີ່ຈະສຶກສາເນື້ອດິນບັນເຊາມິກສີ ທີ່ມີຄວາມເໝາະສົມກັບຜົດກັນທີ່ໄສ່
ກວດນ້ຳ

ຈຸດມຸ່ງໝາຍຂອງງານວິຈັຍ

ເພື່ອສຶກສາເນື້ອດິນບັນໄສ່ກວດນ້ຳຈາກສ່ວນຜສມຂອງ ຕິນຂາວຮະນອງ ອຸດຸມືນໍາ ແລະໂດໂລໄມ້

ຄວາມສໍາຄັງຂອງງານວິຈັຍ

ຜົດຈາກກາງວິຈັຍຄົງນີ້ ໃຫ້ເປັນຂໍ້ອມູລສໍາຫັບງານວິຈັຍທາງດ້ານເນື້ອດິນບັນ ກາຮສຶກສາທາງ
ດ້ານເຊາມິກສີ ແລະສາມາຮັນນໍາໄປຜົດໄສ່ກວດນ້ຳເຊາມິກສີໃນຮະບບອຸດສາທາກຣອມໄດ້

ຂອບເຂດຂອງກາງວິຈັຍ

ເພື່ອໃຫ້ກາງວິຈັຍຄົງນີ້ປະກວດສໍາຫັບງານວິຈັຍທີ່ຕັ້ງໄວ້ ຜູ້ວິຊຍີຈຶ່ງໄດ້ກຳຫົວດ້ານຂອບເຂດຂອງກາງ
ວິຈັຍຄົງນີ້ໄວ້ດັ່ງນີ້ ຄືອ

1. วัตถุดิบ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ดินขาวะนอง อลูมิเน่ และไดโนไมต์
2. กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ส่วนผสมของ ดินขาวะนอง อลูมิเน่ ไดโนไมต์ จากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) จำนวน 21 ส่วนผสม
3. ตัวแปร การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรที่ศึกษาไว้ดังนี้

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

- 3.1.1 ส่วนผสมของ ดินขาวะนอง อลูมิเน่ ไดโนไมต์
- 3.1.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา บรรยายกาศแบบออกซิเดชัน ได้แก่
 - 3.1.2.1 ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส
 - 3.1.2.2 ที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส
 - 3.1.2.3 ที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

- 3.2.1 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ภายหลังจากการเผา
- 3.2.2 การหดตัว (Firing Shrinkage) ภายหลังจากการเผา

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. วัตถุดิบ วัตถุดิบที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้ครั้งนี้ ได้แก่

1.1 ดินขาวะนอง จาก บริษัทเคลร์ แอนด์ มีเนอรัลส์ จำกัด มีผลการวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	LOI
47.10	0.05	37.30	0.88	00.04	0.05	01.42	0.08	13.00

1.2 อลูมิเน่ จาก บริษัทเซอร์วิค อินเตอร์เนชันแนล จำกัด มีผลการวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Na_2O	TiO_2	LOI
99.20	0.02	0.02	0.04	nil	0.02

1.3 ໂດລາໄມຕ් ຈາກ ບຣິຈັກເຊອຣົນີກ ອິນເຕອຣົນເຂັ້ນແນລ ຈຳກັດ ມືລກາຮົວເຄຣະໜ່າທາງເຄມີ
ດັ່ງນີ້

CaO	MgCO ₃	Fe ₂ O ₃
30.70	21.09	0.06

2. ຕັວອຍ່າງທີ່ຄັດເລື່ອກຜສມຜົນດ່ານ 30 ເປືອຣ໌ເຊົ້ນດໍ
3. ຂັ້ງວັດຖຸດີບ ດ້ວຍເຄື່ອງຂໍ້ຮະບບໄຟຟ້າ (0.001 g)
4. ບັດສ່ວນຜສມດ້ວຍໜ້ນນົບດ Centifical ໃໃໝ່ເລາ 3 ນາທີ ຄວາມເງົາຮອບ 300 RPM
5. ກຽບຜ່ານຕະແກງ ຂະາດ 200 ເມຊ (Mesh)
6. ກາຮັ້ນຈູບປຶ້ນທດລອງ ໃໃໝ່ກາຮັ້ນຈູບໂດຍໜ່ອໃນແບບພິມພູນປລາສເຕອຣ
7. ທດລອງເພາໃນບຣຍາກາສແບບອອກຊີເທັນດ້ວຍເຕາໄຟຟ້າ
8. ເພາຍືນໄຟ (Soaking Time) ເປັນເລາ 30 ນາທີ
9. ວັດອຸນຫຼວມມີກາຍໃນເຕາເພາດ້ວຍ ໄພໂຣມັດວິກ ເຫວົ້ມີຄັ້ພເປີລ (Pyrometric Thermocouple)

ນິຍາມສັບທີ່ເຂົ້າພະ

ຜູ້ວິຊຍໄດ້ກຳນົດຄວາມໝາຍຂອງຄຳສັບທີ່ຕາງໆ ເພື່ອເປັນກາຮັ້ນສົ່ງຄວາມໝາຍໃຫ້ເຂົ້າໃຈຕຽງ
ກັນໃນກາຮົວເຄວັ້ງນີ້ ດັ່ງນີ້

1. ໄສ້ກຽບອຸນຫຼວມ ມາຍຄື່ງ ສາວກຽບອຸນຫຼວມເຊົ້ນດເຊຣາມິກສ ມີຄຸນສມບັດ ດື້ນ ມີຄວາມພຽນຕົວສູງ
ດູດເຮັ້ມນ້ຳ ເປົ້າແຕກຫັກກ່າຍ ສ່ວນໃໝ່ມີຮູບທອງເປັນທຽບຮອບກອກ ກລວງ ສາມາດກຽບອຸນຫຼວມໄດ້ເຂົ້າພະ ສີ
ກລິນ ແລະ ຄວາມຊຸ່ນ ອອກຈາກນ້ຳເທົ່ານັ້ນ
2. ສ່ວນຜສມ ມາຍຄື່ງ ສ່ວນຜສມຮະຫວ່າງ ດືນຂາວວະນອງ ອຸລູມິນ່າ ແລະ ໂດລາໄມຕ්
3. ດືນຂາວວະນອງ ມາຍຄື່ງ ດືນຂາວຈັງຫວັດຮະນອງ ຈາກບຣິຈັກເຄລີຢ ແອນດີ ມີເນອວັດສ ເປັນ
ດືນທີ່ມີສີຂາວ ມີແລ່ງກຳເນີດທີ່ ຕຳບລາຫາດສົມແປ່ນ ຂໍາເກອມເມືອງ ຈັງຫວັດຮະນອງ ເນື້ອດືນມີຄວາມເໜີຍວ
ນ້ອຍ ທນຄວາມຮ້ອນໄດ້ສູງ
4. ອຸລູມິນ່າ (Alumina) ມາຍຄື່ງ ອຸລູມິນ່າ ຈາກບຣິຈັກເຊອຣົນີກ ອິນເຕອຣົນເຂັ້ນແນລ ຈຳກັດ
ເປັນວັດຖຸດີບທີ່ໄດ້ຈາກແວບອກໄຫຼຕ ເປັນຜລະເຂີຍດສີຂາວ ມີສູງທາງເຄມີ ດື້ນ Al_2O_3 ມີຈຸດໜລອມລະລາຍ
ປະມານ 2,050 ອົງສາເຊລເຊີຍສ

5. ไดโลไมต์ (Dolomite) หมายถึง ไดโลไมต์ จากบริษัทเซอร์นิก อินเตอร์เนชันแนล จำกัด เป็นวัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของ แมกนีเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$, $CaCO_3$) มีคุณสมบัติเหมือนกับแคลเซียมและแมกนีเซียมรวมกัน ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น เพื่อลดดุดสูญเสียและลดอัตราการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ในเวลาทำการเผา

6. ตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) หมายถึง แผนผังแสดงอัตราส่วนผสมของ วัตถุดิบ 3 ชนิด ที่ใช้ทดลองทำไส้กรองน้ำ ประกอบด้วย ดินขาวะนอง อลูมิเน่ และไดโลไมต์

7. บรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation Atmosphere) หมายถึง บรรยากาศที่เป็น การเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ปราศจากควันเนื่องจากเชื้อเพลิงกับออกซิเจน ทำปฏิกิริยา กันอย่าง สมบูรณ์

8. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หมายถึง ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ของ ผลิตภัณฑ์ภายหลังการเผา โดยคิดเป็นร้อยละ

9. การหดตัวภายหลังจากการเผา (Firing Shrinkage) หมายถึง ขนาดของผลิตภัณฑ์ ที่เล็กลงไปจากเดิมภายหลังจากการเผา ซึ่งวัดจากความยาวของเส้นที่ขีดไว้บนชิ้นทดลองแล้วนำ ไปคำนวณ โดยคิดเป็นร้อยละ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากเอกสารและตำรางานวิจัยโดยแยกหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ไส้กรองน้ำเซรามิกส์
2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
 - 2.1 ดินขาว
 - 2.2 డิโลไมเตอร์
 - 2.3 อลูมิเนียม
3. การหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า
4. การเตรียมส่วนผสม
5. การขีบรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อ
6. เตาไฟฟ้า
7. อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
8. การเผาผลิตภัณฑ์
9. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา
 - 9.1 การดูดซึมน้ำ
 - 9.2 การทดสอบ
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ไส้กรองน้ำเซรามิกส์

ไส้กรองน้ำเซรามิกส์เป็นส่วนประกอบสำคัญในเครื่องกรองน้ำชนิดไส้กรองเซรามิกส์ ใช้กรองน้ำในบ้านเรือนและสถานประกอบการ กรณีที่น้ำมีการปนเปื้อนจากความชื้น สี และกลิ่น ในปริมาณที่ก่อให้เกิดความไม่รับประทานหรือไม่เหมาะสมต่อการใช้ ไส้กรองนี้จะทำหน้าที่ขัดสารปนเปื้อนจนทำให้น้ำกรองมีสภาพดีขึ้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2540 : 3)

ไส้กรองน้ำเซรามิกส์เป็นเนื้อดินปั้นชนิดพิเศษที่มาให้มีความพุดตัว ดูดซึมน้ำ สีขาวชุ่น เปราะแต่คงทน 适合用在家庭和工业场所的净水器中。它能过滤水中的杂质、颜色和异味。其主要成分是陶瓷，具有良好的吸附性能，能够有效去除水中的氯、重金属等有害物质。使用时需要注意定期更换滤芯，以保证水质的安全。

สานกกรรมชนิดหนึ่งที่ทำขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์ของเหลว น้ำ ให้หลอมผ่านได้ ช่วยกรองตะกอน และทำให้น้ำสะอาด (ทวี พرحمพุกษ์ 2523 : 6-7)

ไส้กรองน้ำเช้ามิกส์ เป็นสารกรองชนิดหนึ่ง ซึ่ง ทวี พرحمพุกษ์ (2523 : 7) กล่าวว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์ของเหลว น้ำ ให้หลอมผ่านได้ ช่วยกรองตะกอน และ ทำให้น้ำสะอาดได้โดยการเติมคุณสมบัติของเนื้อดินเป็นพิเศษเพาให้มีความพุดตัว

มีคุณสมบัติ คือ มีความพุดตัวสูง ดูดซึมน้ำ สีขาวสุ่นเปราะแตกง่ายส่วนใหญ่มีรูทรง เป็นทรงกระบอกความมีหลายขนาด ราคาถูก

ความรู้เกี่ยวกับน้ำ

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ น้ำได้เข้ามามีบทบาท อย่างมากในกิจกรรมต่าง ๆ ในทุก ๆ ด้าน ทุกวิธีทาง การ เช่น อุตสาหกรรม พานิชยกรรม เกษตรกรรม รวมทั้งการบริโภคและอุปโภคในแต่ละวันการใช้น้ำ ในแต่ละกิจกรรม ต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะของน้ำว่ามีคุณภาพ เหมาะสำหรับ กิจกรรมนั้น ๆ หรือไม่ หากไม่ได้คุณภาพก็ต้องทำการปรับปรุง น้ำดีมีจะต้องมีคุณสมบัติทางด้าน กายภาพ เคมี และอุลซีวิทยาที่เหมาะสมสำหรับใช้ดีมีได้โดยไม่ทำให้เจ็บป่วยหรือเกิดโรคภัย หลัง ปัญหาใหญ่ที่เราพบคือ ทำอย่างไรจะสะดวกได้โดยง่าย ๆ วาน้ำแหล่งน้ำ ๆ เหมาะสมกับความ ต้องการของเรานะหรือไม่ก่อนอื่นเราต้องรู้จักคุณสมบัติของน้ำก่อนว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีหรือไม่อย่าง ใด คุณสมบัติของน้ำจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำ ซึ่งการจะกำหนดปริมาณ และชนิดของสิ่งเจือปนอยู่นั้น เลิศ ไชยณรงค์ (2535 : 64) และ พิชิต สรุตพราหมณ์ (2534 : 247 – 248) ได้แบ่งคุณสมบัติของน้ำเป็น 3 ประเภท คือคุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ (Physical Property) เป็นคุณสมบัติ ที่เกี่ยวกับสี กลิ่น รส และความนิยมอื่น ๆ ต้องปราศจากความชื้น ตะกอน รส กลิ่น สี โดยปกติแล้วคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งมักจะบอกได้ทันทีว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีหรือไม่ได้ได้คุณสมบัติของน้ำทางเคมี (Chemical Property) เป็นคุณสมบัติ ที่เกี่ยวกับแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ ได้แก่ แร่ธาตุและสารเคมีต่าง ๆ ที่อาจจะมีปะปนอยู่ในน้ำ สารเคมีที่ละลายอยู่ในน้ำบางชนิดก็เป็นพิษรุนแรงมาก และบางชนิดก็ จะเกิดสารเคมีในร่างกายและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ สารเคมีดังกล่าวนี้ เช่น เหล็ก ตะกั่ว ทองแดง สารหนู เชลเลนิยม ไซนาไนต์ ฟอสเฟต ในเตรต ฟลูออไรด์ ซึ่งจำเป็นจะต้องได้รับการตรวจ คุณภาพทางด้านเคมีให้แน่ชัดเสียก่อนว่าไม่มีสารเคมีต่าง ๆ ปะปนอยู่ในน้ำมากเกินกว่ามาตรฐาน ของน้ำดีมี คุณสมบัติของน้ำ ทางอุลซีวิทยา (Microbiological Property) เป็นคุณสมบัติที่เกี่ยว กับสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่มีอยู่ด้วยตาเปล่าไม่เห็น ได้แก่ จุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจปะปนมากับน้ำ โดย

เฉพาะน้ำดีมจะต้องปราศจากเชื้อโรคปะปนมากับน้ำ เราไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบทางห้องปฏิบัติการจึงจะทราบได้ และ เมื่อจาก菊林ทري์น้ำสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในน้ำแต่อาจจะไม่ทำให้เกิดโรค 菊林ทري์ดังกล่าวถึงแม้ว่าจะมีอยู่ในน้ำบ้างก็ไม่น่าจะเป็นอันตราย แต่菊林ทري์ดังกล่าวบ้างชนิดไม่ทำให้เกิดโรคจริง แต่บ้างชนิดก็ทำให้เกิดน้ำเสียคุณภาพบางอย่างไป เช่น อาจจะทำให้เกิดรัส สี เพิ่มมากขึ้นได้ สวน菊林ทري์บ้างชนิดก็ทำให้เกิดโรคโดยตรง เช่น อนิวาราติกโรค บิด ไฟฟอยด์ และอื่น ๆ

น้ำที่มีคุณภาพดี คือ น้ำที่สะอาดไม่มีเชื้อโรคหรือแบคทีเรีย อันตรายเจือปนอยู่ ควรเป็นน้ำที่ใส ไม่มีสี กтин และรสที่ไม่รังเกียจ การดื่มน้ำและใช้น้ำสะอาดทำให้เราปลอดภัยจากโรคติดต่อต่าง ๆ เช่น อนิวาราติก ไข้รากสาดน้อย บิด อุจจาระร่วง พยาธิลำไส้และอื่นๆ (พัฒน์ สร้างสรรค์. 2533 : 5)

ในการนำน้ำมาใช้บริโภค จำเป็นต้องปรับคุณภาพของน้ำให้เหมาะสมเสียก่อน ซึ่งหลักการที่สำคัญในการปรับคุณภาพน้ำก็เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนทางพิสิกส์ ทางเคมี และทาง菊林ทري์ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยเหมาะสมจะนำมาใช้บริโภค ขั้นตอนการปรับคุณภาพน้ำส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหลักการและขั้นตอนดังนี้ (กระทรวงสาธารณสุข. 2535 : 1 – 4) การเติมอากาศ (Aeration) เป็นกระบวนการซึ่งทำให้น้ำสัมผัสถกับอากาศเพื่อลด ความเข้มข้นของก๊าซและสารบางชนิดที่จะหายได้ วิธีการของการเติมอากาศ มีหลายอย่าง เช่นการทำให้น้ำเป็นแผ่นฟิล์ม หรือทำเป็นน้ำตก การทำเป็นเครื่องกีดขวางให้น้ำไหลผ่าน การพ่นน้ำให้สัมผัสถกับอากาศ หรือพ่นอากาศเข้าไปในน้ำ หรือการผสมผสานวิธีต่าง ๆ ที่กล่าวมาเข้าด้วยกันการตกรตะกอนด้วยสารเคมี (Coagulation) โดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงในน้ำเพื่อให้สารที่มีอนุภาคเล็กๆ รวมตัวกันเป็นอนุภาคใหญ่ และเมื่อน้ำหนัก ซึ่งง่ายต่อการทำกำจัดออกโดยการตกรตะกอน (Sedimentation) หรือกรกรอง (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 Carbonat, Sodium hydroxide เป็นต้นการตกรตะกอนโดยวิธีธรรมชาติ (Sedimentation) เพื่อลดปริมาณสารพิษ Settleable materials ในน้ำให้ตกลงสู่กันถัง โดยแรงดึงดูดของโลก โดยใช้ถังตกรตะกอนซึ่งมีหลาຍวิธี เช่น Sedimentation tank หรือ Basin setting tank หรือ Clarifier กรกรอง (Filtration) เป็นวิธีการที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปรับคุณภาพของน้ำทั้งทางพิสิกส์และทาง菊林ทري์ โดยใช้สารกรองหรืออุปกรณ์ที่กรอง แบ่งเป็นสารกรองกรวดทราย มักใช้กรองน้ำประปาหรือน้ำบาดาลเพื่อชัดสิ่งเจือปนทางพิสิกส์ เช่น ตะกอน และดินทราย ฯลฯ โดยจัดให้น้ำไหลผ่านถังกรองทรายที่มีชั้นของกรวดทรายเรียงตามชั้นที่พอกเน่าภายในถัง ซึ่งเป็นการกรอง

ก่อนที่จะเข้ากระบวนการกรองอีกครั้ง ต่อไป เมื่อใช้สารกรองไปเป็นเวลานานการทำความสะอาดสารกรองกรวดทรายทำโดยใช้วิธี "Back wash" คือใช้แรงดันน้ำสะอาดฉีดอัดเห้ทางด้านล่างของถังกรองจากล่างขึ้นบนถังส่วนทางกับการไหลของน้ำที่ผ่านเครื่องปักริ แรงดันน้ำจะทำให้สารกรองเสียดซึ้งกันโดยมีน้ำเป็นตัวกลาง ซึ่งทำให้สิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในสารกรองหลุดออกมากับน้ำได้สารกรองผงถ่าน มีลักษณะคล้ายถ่านบดละเอียดสีดำภายในมีรูพุ่นคดเคี้ยวไปมา ทำให้อัตราส่วนผิวน้ำต่อปริมาตรสูง ผงถ่านนี้ได้รับการผ่านกระบวนการกรองความร้อนสูงและลดความดันเป็นพิเศษ มีคุณสมบัติในการดูดซึ่ง กัลน์ คลอริน ก๊าซ และสิ่งเจือปนในน้ำไว้ในรูพุ่น ผงถ่าน อาจใช้ร่วมกับทรายหรือสารกรองอื่นๆ เช่น เเรชิน แอนทราไไซด์ แมงกานีสแยนค์ เป็นต้น

ไส้กรองที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ ไส้กรองเซรามิก ทำจากเซรามิกที่มีรูพุ่นละเอียดถึง 0.2 – 3 มีครอน มีประสิทธิภาพในการกรองสิ่งเจือปนที่มีขนาดเล็กมากได้ดี เช่น อเมบาร์อีสต์ บางชนิด และไส้กรองไส้สังเคราะห์ ซึ่งทำจากโพลีเอสเตอร์ มีคุณสมบัติกรองสารเจือปนต่าง ๆ ออกจากน้ำจะมีรูพุ่นใหญ่และกว้างกว่าไส้กรองเซรามิกไส้กรองแอนทราไไซค์และแมงกานีส มีคุณสมบัติ โดยแมงกานีสจะใช้กำจัดสนิม ชาตุเหล็ก ตะกั่ว กำมะถัน สังกะสีในน้ำ ส่วนแอนทราไไซค์จะใช้กำจัดสนิมเหล็ก ตะกอนและความชุ่นได้สารกรองเรชิน เป็นสารสังเคราะห์ที่สามารถกรองน้ำดินที่มีความกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนได้ โดยเรชินสามารถกำจัดแคลเซียมและแมงกานีสheim โดยการแลกเปลี่ยนอนุมูล และยังสามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสรวมทั้งสิ่งสกปรกทั้งหลายในน้ำได้ เเรชินมีรูปร่างกลมคล้ายลูกปัด ขนาดเล็กตั้งแต่ 0.25 – 2 มม. ขนาดที่มีประสิทธิภาพดีคือ 0.4 – 0.5 มม. การฆ่าเชื้อ (Disinfection) การฆ่าเชื้อโรคในน้ำมีหลายวิธีการ เช่น การใช้ความร้อน การกรอง การใช้แสงอุตสาหกรรม การใช้สารเคมี เป็นต้น

การใช้ไส้กรองแบบที่เรีย (Bacteria filter) เป็นไส้กรองเซรามิกที่ผลิตด้วยชาตุเงินซึ่งมีคุณสมบัติมาเรื่อยๆ และมีขนาดของรูกรองที่เล็กมากบางชนิดรูกรองมีขนาดไม่ถึง 1 มีครอน ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีที่จะกรองจุลินทรีย์ขนาดใหญ่ ควรจะให้น้ำผ่านไส้กรองนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนการบรรจุ มีขั้นตอนดูดตันง่าย และควรล้างไส้กรองด้วยน้ำสะอาดเป็นประจำเพื่อล้างสิ่งสกปรกออกจากไส้กรอง

การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar energy application) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดยใช้หลักการประยัดพลังงานโดยนำพลังงานความร้อนที่มีอยู่ตามธรรมชาตามาใช้ การใช้แสงอุตสาหกรรม โดยใช้หลอดแก้วใส่ทำด้วยควอตซ์ หรือ High silica glass ซึ่งสามารถให้จำแสงที่มีช่วงคลื่นที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ภายในเวลาที่พอเหมาะสม จำแสงนี้จะทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเซลล์และทำให้จุลินทรีย์ตายในที่สุด ควรใช้ระบบเน้นหลังจากการฆ่าเชื้อด้วยวิธีอื่นๆ

และก่อนการบรรจุ ในการใช้ควรอุ่นหลอดก่อนม่าเชื้อย่างน้อย 2 นาที และควรตรวจสอบระบบอยู่เสมอว่าหลอดยังอยู่ในสภาพดีตลอดเวลาใช้งาน

การม่าเชื้อด้วยใช้สารเคมีบางชนิด เช่นคลอริน มีคุณสมบัติในการม่าเชื้อโรคในน้ำ และยังช่วยเร่งปฏิกิริยาในการตัดตอนของสารเคมีในน้ำด้วย สารที่นิยมใช้ เช่น สารประกอบประเภทไฮโดคลอริก คลอรินเหลวจำนวนและปริมาณคลอรินที่ต้องเติมในน้ำจะพิจารณาได้จาก การวัดปริมาณคลอรินตกค้างในน้ำโดยประจิทิปภาพในการม่าเชื้อโรคจะต้องสูดมีปริมาณคลอรินที่คงเหลือ $0.2 - 0.5 \text{ ppm}$ โดยมีเวลาสัมผัสไม่ต่ำกว่า 30 นาที สำหรับน้ำที่มีคุณภาพเดียวกับน้ำประปา ปริมาณคลอรินที่ใช้ในการม่าเชื้อประมาณ 1 กรัม ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร และถ้าต้องการให้มีผลทึ้งในการม่าเชื้อโรคและในการตัดตอนสารแขวนลอย และอื่นๆ ในน้ำด้วย จะใช้คลอรินประมาณ 1 – 2 กรัมต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร

การใช้คลอรินในการม่าเชื้ออาจทำให้เกิดปัญหาของกลิ่นคลอรินที่ตกค้าง จะแก้ไขโดยทิ้งน้ำในถังพักไว้ 1 – 2 คืน หรือใช้ถังกรองคาร์บอน (ผงถ่าน) เพื่อดูดกลิ่นที่ตกค้างออกโดยใช้สารละลายไฮโอนในน้ำในระบบเปิด ต้องใช้ในความเข้มข้น 0.1 ส่วนในล้านส่วน ระยะเวลาสัมผัสถาย่างน้อย 5 นาที สารเคมีอื่นๆ เช่น ไบรมีน ไอโอดีน ด่างทับทิม อย่างไรก็ตามสารเคมีทั้ง 3 ตัว ที่กล่าวมานี้ยังไม่เป็นที่นิยมใช้เท่ากับคลอริน เนื่องจากราคาแพง และประสิทธิภาพก็ไม่แตกต่างกับการใช้คลอรินมากนัก

น้ำในแหล่งธรรมชาติจะพบว่า pH อยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของน้ำบริโภคที่ใช้กันอยู่ทั่วไป กรณีที่พบค่า pH ไม่ได้มาตรฐานจะมีหลักการปรับ pH ของน้ำดังต่อไปนี้ (กระทรวงสาธารณสุข. 2535 : 4) กรณีน้ำมีสภาพเป็นกรด คือ pH ต่ำกว่า 6.5 การเพิ่ม pH อาจกระทำได้โดยใช้บุนขาว หินปูน โซดาแอกซ โซเดียมไบคาร์บอเนต แคลเซียมคาร์บอเนต และโมเนียมไฮดรอกไซด์ หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์กรณีที่น้ำมีสภาพเป็นด่าง คือมี pH มากกว่า 8.5 จะใช้กรดเป็นตัวปรับสภาพ pH เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือหรือกรดแก่องีนฯ

ซึ่งกระบวนการต่างๆ ในการปรับคุณภาพน้ำเพื่อผลิตน้ำบริโภคอาจแตกต่างกันไป ตามความเหมาะสม และตามคุณภาพของน้ำดิบเป็นสำคัญดังนั้นผู้ผลิตควรจะมีการเก็บตัวอย่างน้ำดิบส่งวิเคราะห์โดยก่อนเพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของน้ำดิบเพื่อประเมินในการกำหนดขั้นตอนการปรับคุณภาพน้ำให้เหมาะสม

คุณภาพหรือมาตรฐานของน้ำบริโภค

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

คุณสมบัติของน้ำทางพิสิกส์ (ทางกายภาพ)

ความชื้น	ต้องไม่เกิน 50	ซิลิกาสเกล (Silica scale unit)
สี	ต้องไม่เกิน 20	ไฮเซนยูนิต (Hazen unit)
กลิ่น	ต้องไม่มีกลิ่นแต่ไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน	
ความเป็นกรด – ด่าง	ต้องอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5	

คุณสมบัติทางเคมี

ปริมาณสารทั้งหมด(Total solid) ไม่เกิน 500.0 มิลลิกรัมต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

ความกระด้างทั้งหมด โดยคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่เกิน 100.0 มิลลิกรัมต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

สารหมู	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
แบเบรย์ม	ไม่เกิน	1.0	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
แคดเมียม	ไม่เกิน	0.005	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
คลอไรด์ โดยคำนวณเป็นคลอรีน	ไม่เกิน	0.005	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
โครเมียม	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
ทองแดง	ไม่เกิน	1.0	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
เหล็ก	ไม่เกิน	0.3	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
ตะกั่ว	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
แมงกานีส	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
proxth	ไม่เกิน	0.002	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
ไนเตรท โดยคำนวณเป็นไนโตรเจน	ไม่เกิน	4.0	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
ฟีนอล	ไม่เกิน	0.001	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
ซีลีเนียม	ไม่เกิน	0.01	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
เงิน	ไม่เกิน	0.05	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

ชาลเฟต	ไม่เกิน	250.0	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
ฟูลอกไซด์ โดยคำนวณเป็นฟูลอกอเรนไม่เกิน	1.5	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร	
อะซูมิเนียม	ไม่เกิน	0.2	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
เอนบีเอส (Alkybenzene sulfonate)	ไม่เกิน	0.2	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร
ไฮยาไนด์	ไม่เกิน	0.1	มิลลิกรัม	ต่อน้ำบริโภค 1 ลิตร

คุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์

ตรวจพบ บัคเตอรี ชนิด โคเรฟอร์ม (Coliform) น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำบริโภค 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เช็ม พี เอ็น (Most Probable Number)

ตรวจไม่พบ บัคเตอรี ชนิด อี.โคไล (E.Coli) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Disease – causing bacteria)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538 : 3-4)

ตาราง 1 แสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

คุณลักษณะ	1		2	*3
	รายการ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดคุณภาพ (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์ที่อนุญาตคุณภาพ (Maximum Allowable Concentration)
1. ทางกายภาพ	สี	ปรัลติเมม-โคลอบาร์ต (Platinum-Cobalt)	5	15
	臭	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	กลิ่น	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	ความขุ่น (Turbidity)	ซิลิก้า สเกล ยูนิต (Silica scale unit)	5	20
	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		6.5–8.5	ไม่เกิน 9.2
2. ทางเคมี	ปริมาณสาร ทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล. (mg/l)	500	1,500
	เหล็ก (Fe)	มก./ล. (mg/l)	0.5	1.0
	แมงกานีส (Mn)	มก./ล. (mg/l)	0.3	0.5

ตาราง 1 (ต่อ)

คุณลักษณะ	1		2	*3
	รายการ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์ที่อนุญาต (Maximum Allowable Concentration)
2. ทางเคมี	เหล็กและแมงกานีส (Fe & Mn)	มก./ล. (mg/l)	0.5	1.0
	ทองแดง (Cu)	มก./ล. (mg/l)	1.0	1.5
	สังกะสี (Zn)	มก./ล. (mg/l)	5.0	15.0
	แคลเซียม (Ca)	มก./ล. (mg/l)	75**	200
	มักนีเซียม (Mg)	มก./ล. (mg/l)	50	150
	ซัลเฟต (SO_4^2-)	มก./ล. (mg/l)	200	250***
	คลอไรด์ (Cl)	มก./ล. (mg/l)	250	600
	ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล. (mg/l)	0.7	1.0
	ไนเตรต (NO_3^-)	มก./ล. (mg/l)	45	45
	อัลกิลเบนโซนิล ซัลฟอนเนต (Alkybenzyl Sulfonate ,ABS)	มก./ล. (mg/l)	0.5	1.0
3. สารเป็นพิษ	ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenolic substance as phenol)	มก./ล. (mg/l)	0.001	0.002
	ปรอท (Hg)	มก./ล. (mg/l)	0.001	-
	ตะกั่ว (Pb)	มก./ล. (mg/l)	0.05	-
	อาร์เซนิค (As)	มก./ล. (mg/l)	0.05	-
	ซิลิเนียม (Se)	มก./ล. (mg/l)	0.01	-
	โครเมียม (Crhexavalent)	มก./ล. (mg/l)	0.05	-
	ไซยาโนเจต (CN)	มก./ล. (mg/l)	0.2	-
	แคดเมียม (Cd)	มก./ล. (mg/l)	0.01	-
	บาร์เชียม (Ba)	มก./ล. (mg/l)	1.0	-

ตาราง 1 (ต่อ)

คุณลักษณะ	1		2	*3
	รายการ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์ที่อนุโลมสูงสุด (Maximum Allowable Concentration)
4. ทางชลชีววิทยา	ทดสอบการ์ดเพลท เคานต์ (Standard Plate Count)	โคลoniess/ลูกบาศก์ เซนติเมตร ³ (Colonies/cm. ³)	500	-
	เอ็มพีเอ็น (MPN)	โคลิฟอร์ม ช้อร์แกนิซัม ต่อ 100 ลูกบาศก์ เซนติเมตร (Coliform Organism/100 cm. ³)	น้อยกว่า 2.2	
	อี.โค.ไอ (E.coli)		ไม่มี	

หมายเหตุ

* เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดตามสอดมภที่ 3 นั้น เป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปา หรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราวและมีน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ของสอดมภที่ 2 กับสอดมภที่ 3 นั้นไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

** หากแคลเซียมมีปริมาณสูงกว่าที่กำหนด และแมกนีเซียมมีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนด ในมาตรฐาน ให้พิจารณาแคลเซียมและแมกนีเซียมในเทอมของความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) ถ้ารวมความกระด้างทั้งหมดเมื่อคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต มีปริมาณต่ำกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน

*** หากชัลเฟต มีปริมาณถึง 250 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียมต้องมีปริมาณไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (มิลลิกรัมต่อลิตร = มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

ช่องการรายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างน้ำบริโภคเกณฑ์คุณภาพน้ำดื่มน้ำขององค์กรอนามัยโลก (WHO)(ปี2527)ของกลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ศูนย์อนามัย สิ่งแวดล้อมเขต.....ของไทยจะใช้แบบรายงานดังตาราง 2

ตาราง 2 แบบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างน้ำบริโภคเกณฑ์คุณภาพน้ำดื่มน้ำขององค์กรอนามัยโลก (WHO) (ปี 2527) กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต.....

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้วยตัวอย่างน้ำบริโภค (2.01)

กทม. ผู้ดูแลระบบด้านสิ่งแวดล้อม ศูนย์อนามัยดึงแวงค์ด้อนเจต.....

ตัวอย่างที่ ตัวอย่างที่ห้องทดลอง ตัวอย่างผู้ส่ง.....
 หน่วยงานที่ส่ง ประจำหน้า
 ชื่อแหล่งน้ำคิม ชื่อการประปา
 สถานที่เก็บ ตำบล อำเภอ จังหวัด
 วันที่เก็บ เวลา น. วันที่ส่ง เวลา น. วันที่เก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์	หน่วย	ผลการ ตรวจวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ยแบบ เกณฑ์คุณภาพ น้ำดื่มน้ำของ WHO (ปี 2527)	วิธีที่ ตรวจวิเคราะห์	วันที่ วิเคราะห์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	.....	6.5-8.5	Electrometric	.....
สี (Colour)	(แพลตตินัมไบออกซ์)	.....	15	Visaul Comparison	.....
ความขุ่น (Turbidity)	(เข้มข้น)	.....	5.0	Nephelometric	.....
ปริมาณสารละลายทั้งหมดที่หล่อหลอมจากการระบายน้ำ (TDS)	(มก./ล.)	.....	1,000	Gravimetric	.....
ความกระด้าง (Hardness)	(มก./ล.)	.....	500	EDTA Titrimetric	.....
เหล็ก (Fe)	(มก./ล.)	.....	0.3	AAS (FLAME)	.....
แมงกานิส (Mn)	(มก./ล.)	.....	0.1	AAS (FLAME)	.....
ทองแดง (Cu)	(มก./ล.)	.....	1.0	AAS (FLAME)	.....
สังกะสี (Zn)	(มก./ล.)	.....	5.0	AAS (FLAME)	.....
ตะกั่ว (Pb)	(มก./ล.)	.....	0.05	AAS (FLAME)	.....
โครเมียม (Cr)	(มก./ล.)	.....	0.05	AAS (FLAME)	.....
แคดเมียม (Cd)	(มก./ล.)	.....	0.005	AAS (FLAME)	.....
สารบุ (As)	(มก./ล.)	.....	0.05	AAs(Hydride-Generation)	.....
ปรอท (Hg)	(มก./ล.)	.....	1.0	AAs(Hydride-Generation)	.....
ชัลไฟต์ (SO_4^{2-})	(มก./ล.)	.....	400	Turbidimetric	.....
คลอรอไรด์ (Cl ⁻)	(มก./ล.)	.....	250	Argntometric	.....
ไนเตรต (NO_3^- หรือ N)	(มก./ล.)	.....	10	Auto-Cacmum Reduction	.....
ฟลูออไรด์ (F ⁻)	(มก./ล.)	.....	1.5	Ion Selective Electrode	.....
โคดิฟอร์มแคมท์เรีย	(เข้มข้นเพิ่ม 100 มล.)	.....	0	MPN Technique	.....
พีดีสีโคดิฟอร์มแคมท์เรีย	(เข้มข้นเพิ่ม 100 มล.)	.....	0	MPN Technique	.....

รายงานนี้ - ห้องของแขกพากล้องที่ได้รับจากวิเคราะห์เพ่านั้น

- ห้องน้ำรายงานนี้เป็นประจำเดือน
- ห้องน้ำคิดถูกในที่ที่รายงานผลเพียงบางส่วน

โดยไม่ได้รับอนุญาตจากห้องปฏิบัติการเป็นสายสัมภានดังนี้

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม

วันที่.....

การวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำ

คุณลักษณะของน้ำด้าน กลิ่น ให้วิธีการ สูดกลิ่น ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค เล่ม 2 การวิเคราะห์และการทดสอบ มาตรฐานเลขที่ มอก.257 เล่ม 2-2521 ข้อ 2.3 ดังนี้เครื่องมือ ได้แก่ ขวดแก้วรูปกรวยชนิดปากกว้าง ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรวิธีทดสอบ มีวิธีการทดสอบ คือ เช่นน้ำตัวอย่างประมาณ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตรในขวดแก้วรูปกรวยที่สะอาดที่อุณหภูมิห้อง แล้วค่อยๆ สูดกลิ่น ไม่ควรเขย่าแรงๆ หรือเขย่าซ้ำซากเพื่อที่จะไม่ให้กลิ่นระเหยไปในกรณีที่ลงสีว่าน้ำจะมีกลิ่นหรือไม่ ให้ปิดปากขวดนำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อน แล้วจึงสูดกลิ่น (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2521 : 5)

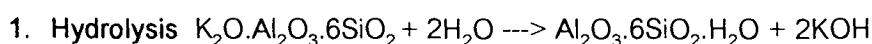
2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ดินขาว (kaolin)

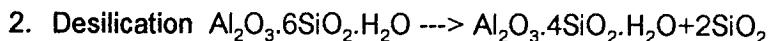
ดินขาว หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือขาวจางทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาและเผาแล้ว ดินขาว มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ดินกุ่ม Kaolinite และมีความสัมพันธ์กับมัลติโคไวต์ ไม่ก้า อิลไลต์ คลอตซ์ และอาจมีมอนต์มอริลโลไนต์ (ปรีดา พิมพ์ข้าว. 2535 : 44)

ดินขาวมีแหล่งกำเนิดตามบริเวณที่ราบสูง ตามภูเขาที่มีแหล่งแร่หินฟันม้า (Feldspar) เมื่อหินฟันม้าเกิดการผุพังจากความชื้น ก็จะกลาย成สภาพเป็นดินขาว ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสภาพหินฟันม้าเป็นดินขาวเรียกว่า ปฏิกิริยา "Kaolinization" (โภมล รักช์วงศ์. 2531 : 9) ดินขาวที่เกิดในที่ราบสูง เนื้อดินหยาบมีความทนไฟสูง ถึง 1,800 องศาเซลเซียส นำมาซึ่งรูปโดยตรง ยากแก่การทรงตัวและมีความเหนียวแน่นอย การทำลายด้วยการนำไฟไปเผาแล้วจะเป็นหินฟันม้าที่เป็นวัตถุดินที่มีการลดตัวน้อย พบในธรรมชาติเป็นดินสีขาวหม่น ซึ่งประโยชน์ของดินขาวใช้เป็นวัตถุดินทำอุตสาหกรรมชนิดอื่นๆ อีก เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสี อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมวัตถุทุนไฟ และทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 66-67) กล่าวว่า ดินขาวหาดส้มเป็น จังหวัดระนอง เป็นดินขาวชนิดดี เท่าที่พบแห่งแรกในประเทศไทยมีลูมิเนสซ์ (Alumina) และมีปริมาณของเหล็ก (Iron Oxide) น้อยหมายความว่ารับผสมทำเนื่องด้วยน้ำ ที่ต้องการความขาวมาก

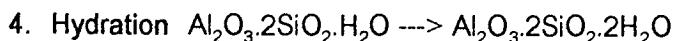
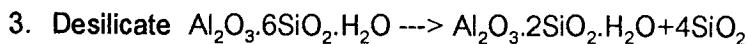
กระบวนการเกิดดินขาว (Kaolinization) มีขั้นตอนของปฏิกิริยาต่างๆ ดังนี้ (Singer. 1960 : 12)



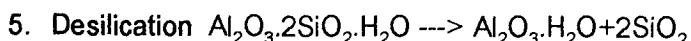
Feldspar



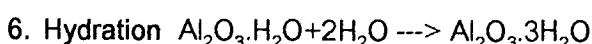
Pyrophyllite



Kaolinite



Diaspore



Gibbsite

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

1. แบบที่เกิดอยู่ที่เดิม (Residual Clay) ได้แก่ ดินขาวที่อยู่ในตำแหน่งเดิม ซึ่งมีการผสังคายุ่บกับที่ หินเดิมอาจจะเป็น แกรนิต ໄวโอลิท เพกมาไทด์ อัลไบรท์ หรือหินอื่นๆ ตัวอย่างเช่น ดินขาว จากแหล่งแร่ดีบุกทางภาคใต้

2. แบบที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Transported Clay) เกิดจากดินขาวในแบบแรกและถูกกระแสน้ำพัดพาไปสะสมตัวยังแหล่งใหม่

3. แบบที่ได้มาจากการแทนที่ด้วยน้ำร้อน (Hydrothermal Replacement) ได้แก่ ดินขาว ที่พบบริเวณแหล่งน้ำแร่แบบน้ำร้อน

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว การทราบ คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว จะช่วยทำให้สามารถ ทำนายคุณสมบัติของเนื้อดินบ้าน ซึ่งมีแร่ดินเหล่านั้นผสมอยู่ได้พอสมควร คุณสมบัติที่เราควรจะได้ศึกษา (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 53–54) คือขนาด (Particle size) คุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากอันหนึ่ง เพราะว่ามันเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางด้านความเนียนย瓦 (Plasticity) ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Dry Strength) ความสามารถแตกเปลี่ยนอนุមูล และการหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage) กล่าวโดยทั่วไปดินเม็ดละเอียดจะให้ความเนียนยวาและการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าดินเม็ดหยาบ

รูปร่าง (Particle Shape) ของแร่ Kaolinite อนุภาคของมันมีรูปร่างเป็น แผ่นหกเหลี่ยม มีขนาดจาก 0.05 ถึง 10 ไมครอน โดยเฉลี่ยขนาดอยู่ระหว่าง 0.5 ไมครอน

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูล (Base Exchange Capacity) คุณสมบัติ ข้อนี้สำหรับแร่ Kaolinite มีอยู่มาก

คุณสมบัติเมื่อแห้ง (Drying properties) การหดตัวเมื่อแห้งของแร่ดินล้วนๆ เราไม่ค่อยสนใจ เพราะว่าเนื้อดินปั้นมักประกอบด้วยแอลายอย่าง แต่จากล่ามได้ว่าดินที่จะเอื้อต่อการหดตัวมากกว่าดินหยาบเมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง

ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Green Strength) คุณสมบัตินี้สำคัญมากโดยเฉพาะเมื่อจะนำไปใช้ในเนื้อดินปั้น ซึ่งไม่มีดินเหนียวอยู่เลย เพราะว่า ดินขาวเท่านั้นที่จะเป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดินมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงไร

คุณสมบัติหลังจากเผา (Firing Properties) แร่ดินขาว มีการหดตัวมากหลังจากการเผาไม่ควรใช้แร่ดินขาวล้วนเป็นเนื้อดินปั้น แร่ดินขาว เมื่อเผาแล้วจะหดตัวประมาณ 20%

แหล่งดินขาวในประเทศไทย ที่ พรหมพุกษ (2523 : 66–68) ได้รวบรวมแหล่งดินขาวที่สำคัญ ในประเทศไทย ที่นิยมใช้กันในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พร้อมทั้งรายละเอียดต่างๆ ไว้ดังนี้

1. ดินขาวลำปาง จากการสำรวจพบว่า เป็นดินขาวที่เกิดจากการผุพัง сл้ายตัวของแร่เฟล์ดสปาร์ และการ сл่ายตัวยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ปริมาณของหินแข็งปะปนอยู่มาก แต่เป็นดินขาวที่สามารถขึ้นรูปทรงได้ โดยไม่ต้องผสมกับวัตถุดินอื่น เป็นดินที่ได้จากเข้าปางขาม อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง ซึ่งมีจุดสูงต่ำที่อุณหภูมิ 1,690 องศาเซลเซียส (3,074 องศาฟาร์เรนไฮต์)

2. ดินขาวระนอง พบริเวณแม่น้ำดีบูก เกิดจากการแปรสภาพ ของหินแกรนิต มาเป็นดินขาวปะปนอยู่กับหินควอตซ์ หินแกรนิตและแร่ดีบูก ผู้ผลิตดินขาวแห่งนี้เป็นผลผลิตอยู่ได้จากการทำเหมืองแร่ดีบูก ในขณะนี้ดันน้ำ เพื่อแยกแร่ออกจากหิน ตามภูเข้า ดินขาว จะละลายออกมากับดีบูก ในลักษณะน้ำมาด้วย จะตกอยู่ตามราก ที่น้ำไหลผ่าน แล้วแยกดินขาว ออกจากหินและทราย ที่ติดมาโดย ใช้เครื่องมือ ไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) ปล่อยให้ดินจนตัวอยู่ในป่องพักแล้วสูบเข้าเครื่องอัดดินเป็นแผ่นใช้งานต่อไป ดินขาวนิดนี้เป็นดินขาวนิดเดียวที่พบแห่งแรกในประเทศไทย มีอุณหภูมิสูงและมีปริมาณของเหล็กน้อย หมายความว่า สามารถทำเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ดีมีจุดสูงต่ำที่อุณหภูมิ 1,780 องศาเซลเซียส (3,245 องศาฟาร์เรนไฮต์) ซึ่งผู้วิจัยได้ค้นพบในบริษัทเซอร์นิค อินเตอร์เนชันแนล จำกัด เป็นวัตถุดินที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ มีผลลัพธ์ทางเคมี คือ

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	LOI
44.85	0.07	37.98	0.97	0.06	0.12	1.23	0.04	13.94

3. ดินขาวระยอง พับบริเวณเนินเขา ตำบลบ้านนา อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ดินขาวแหล่งนี้มีปริมาณธาตุเหล็กน้อยแต่มีความเหนียวแน่นอย่างการนำมาขึ้นรูปทำได้ยากมากแตกเสียหายมาก

4. ดินขาวสุราษฎร์ เกิดในบริเวณเมืองดีบุก ตำบลพรูพลี อำเภอบ้านนาสาร ดินขาวแหล่งนี้มีโรงงานนำมาทำเครื่องปั้นดินเผา มีความเหนียวตื้น ขึ้นรูปง่าย แตกหักเสียหายน้อย แต่เนื่องจากมีปริมาณของธาตุเหล็กสูง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่ขาวเท่าที่ควร จึงหมดความนิยมที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์ ได้มีโรงงานโถ่เคลือบจังหัวดราชบูรี ใช้ดินขาวจากแหล่งนี้มาตอกแต่งลายมังกร และลวดลายต่างๆ ออยู่ในปั๊บจุบัน

5. ดินขาวชลบูรี เป็นดินขาวจำพวกหินดินดาน (Shale) เกิดบนไทร์เขาริมชายทะเล ตำบลหาดยาว ตำบลหาดสอ และตำบลทุ่งโป่วง อำเภอสัตหีบ เมื่อเผาแล้วเนื้อดินจะเป็นสีน้ำตาลไม่ขาว และไม่มีความเหนียวต้องนำไปผสมดินเหนียวจึงจะขึ้นรูปได้

นอกจากนี้กรมทรัพยากรธรรม (2526 : 213) ได้สรุปแหล่งดินขาวในประเทศไทยว่าพบที่เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง แพร่ ตาก สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิจิตร ชลบุรี ชุมพร ระนอง พังงา ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ยะลา และนราธิวาส

2.2 อลูมิն่า (Alumina)

อลูมิն่า เป็นหัตถุตົບທີ່ເຫັນໄກໃນ ອຸຕສາທກຣມເຊົາມິກສ ອລູມິນ້າ ປຣຶສຸທົ່ງ ຈະໄດ້ຈາກຄອຮັນດັມ (Corundum) ນອກຈາກນີ້ຈະໄດ້ຈາກບອກໄຊຕ (Bauxite) ໄດ້ອະສປປອຣ (Diaspor) ຍິປໄໄຊຕ (Gibbsite) ແລະກາເພາອລູມືເນີຍມໍໄຊເດຣາຕ (Aluminium Hydrate) ສູຕຣາທາງເຄີ່ມຂອງອລູມິນ້າ ດີວ້າ Al_2O_3 ທີ່ມີນ້າຫັກໂມເລກຸລ 102 (Nelson. 1960 : 305) ອລູມິນ້າ ຈະມີຈຸດທອມລະລາຍປະມານ 2,050 ອົງສາເໜລເໜີສ (3,722 ອົງສາຟເຣນໄຢີດ) ອລູມິນ້າເປັນສາທານຄວາມຮ້ອນ (Refractory) ໃ້ນຳການໃນ ອຸຕສາທກຣມວັດຖຸນິໄຟ ປົກຕິອລູມິນ້າຈະມີຄວາມແຂງໃນຮະດັບ 8 ສາມາດດຳໄປໃຫ້ທຳວັດຖຸດູ (Abrasive) ໂດຍເຂົພາຜົກທີ່ອູ້ໃນຮູບປຸງຂອງ ຄອຮັນດັມ ທີ່ໃໝ່ໃນອຮຣມ໌ຫາຕິຄອຮັນດັມມີຄວາມແຂງແຮງມາກ ອາຈອູ້ໃນຮູບປຸງຂອງພລອຍ (Gem Stone) ແລະພລອຍເທີມມີອອກໄຊດີອື່ນໆ ພສມອູ້ເພີ່ງເລັກນ້ອຍ ການນຳມາໃໝ່ໃນອຸຕສາທກຣມເຄົ່ອງປັ້ນດິນເພາຈະບດ ໄດ້ເປັນຜົສ້າງ ທີ່ມີຈຸດທອມຕັ້ງສູງຄື່ງ 2,050–2,240 ອົງສາເໜລເໜີສ (3,722–4,064 ອົງສາຟເຣນໄຢີດ) ອລູມິນ້າເປັນສາທີ່ມີຄວາມເຈື່ອຍ (Inert) ແລະທີ່ອັບປົງກີໂຍາຂອງກຣດແລະດ່າງ ອີກທີ່ເປັນວັດຖຸຕົບທີ່ມີຄວາມປຣຶສຸທົ່ງສູງຂັດໜຶ່ງໃນອຸຕສາທກຣມ

เซรามิกส์ โดยจะมีส่วนผสมอื่นๆ บ้างเล็กน้อย เช่น โซเดียมออกไซด์ร้อยละ 0.1-0.2 แคลเรียมออกไซด์ ร้อยละ 0.1 นอกจากนี้ยังมีเหล็กออกไซด์อยู่เพียงเล็กน้อย (กิมล รักษ์วงศ์. 2531 : 30) ซึ่งผู้วิจัยใช้ อลูมินา ของบริษัท เออร์โนค อินเตอร์เนชันแนล จำกัด เป็นวัตถุดิบในการทำวิจัยครั้งนี้ มีผลวิเคราะห์ทางเคมี คือ

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Na_2O	LOI
99.60	0.02	0.02	0.35	0.10

สารที่ให้อลูมินา (สูตรคิด โกลด์ฟันธ์. 2531 : 11- 2) ได้แก่

อลูมิเนียมไฮเดรต (Aluminium Hydrate) สูตรทางเคมี คือ $\text{Al}(\text{OH})_3$ เมื่อผ่านการเผา (Calcine) แล้วจะได้อลูมินา สารประกอบทั้งสองรูปนี้มีความบริสุทธิ์สูง แต่นิยมใช้ในรูปของ อลูมิเนียมไฮเดรตมากกว่า เพราะมีคุณสมบัติทำให้เคลือบloyตัวได้ดี และการเกาติดผิวผลิตภัณฑ์ก็ติดด้วย แต่อาจทำให้เกิดผิวเคลือบทับหนึ่งเป็นเคลือบด้านได้

ดิน (Clay) มีสูตรทางเคมี คือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ดินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในน้ำเคลือบ เพราะว่าช่วยทำให้เคลือบloyตัวไม่แตกหักง่าย ช่วยให้น้ำเคลือบเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี ช่วยควบคุมการหดตัวของน้ำเคลือบ บนผลิตภัณฑ์ ที่ยังไม่ได้เผาและเป็นตัวให้อลูมินา และซิลิกา (SiO_2) แก่น้ำเคลือบตัวหนึ่ง ดินที่นิยมใช้ได้แก่ ดินขาว

อลูมินาหรืออลูมิเนียมออกไซด์ เป็นสารประกอบที่มีอยู่ในธรรมชาติทั้งในลักษณะสารประกอบเดียว และสารประกอบแร่ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและนับวันจะมีบทบาทมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในงานเซรามิกส์คุณภาพ อลูมินาได้รับการยอมรับว่าเป็นวัสดุหัศจรรย์ที่เดียว ทั้งนี้ด้วยคุณสมบัติที่พิเศษหลายประการ เช่น ทนความร้อนสูง มีความแข็งแรงมาก ความแข็งอยู่ในระดับสูง เป็นต้น จึงใช้มากในอุตสาหกรรมวัตถุทุกชนิด เช่น พอร์เชนต์ ซึ่งมักจะเรียกว่า เนื้อดินปั้น ไฮ-อลูมินา (High Alumina Body)

โครงสร้างของอลูมินา (Structure of Alumina)

สูตรทางเคมีของอลูมินาคือ Al_2O_3 มีน้ำหนักโมเลกุล 101.94 ซึ่งในธรรมชาติเป็นสารประกอบเดียว ของคอรันดัม (Corundum) และเป็นสารประกอบไฮเดรต ของบอกราเซิต์ (Bauxite)

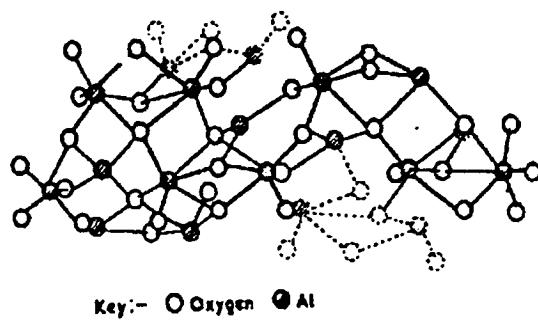
ไดอะสปอร์ (Diaspore) ยิบบีไซต์ (Gibbsite) ในโครงสร้างของอลูมินาจะมีรูปผลึกอยู่ 2 ลักษณะ ใหญ่ คือ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ และ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ในบางครั้งอาจเป็น $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ ได้ เมื่อผสมกับโซเดียมออกไซด์ เป็น $\text{Na}_2\text{O}\cdot11\text{-}12\text{ Al}_2\text{O}_3$ ซึ่งเป็นอลูมินาเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไป (Commercial Grade) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ เป็นรูปผลึกของอลูมินาที่มีคุณสมบัติคงที่ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนไป ส่วน $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ นั้น มักจะเป็นพวากสารประกอบไไฮเดรตซึ่งถ้าได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จะสูญเสียน้ำในโครงสร้างและเมื่อเพิ่มความร้อนถึงอุณหภูมิ 1,150-1,200 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนรูปร่างเป็น $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$

ตาราง 3 แสดงการเปลี่ยนรูปผลึกของอลูมินาเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (Sonja S. Singer. 1960 : 114)

$\gamma\text{-Series}$ (Low Temperature)	Composition	$\alpha\text{-Series}$ (High Temperature)
Gibbsite, Hydrgyllite	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Bayerite
Bauxite	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Diaspore
$\gamma\text{-Alumina}$	Al_2O_3	Corundum

ตาราง 4 รูปผลึกของแร่ต่างๆ เป็นสารประกอบอลูมินาและอลูมินาไไฮเดรต (Sonja S. Singer. 1960 : 114)

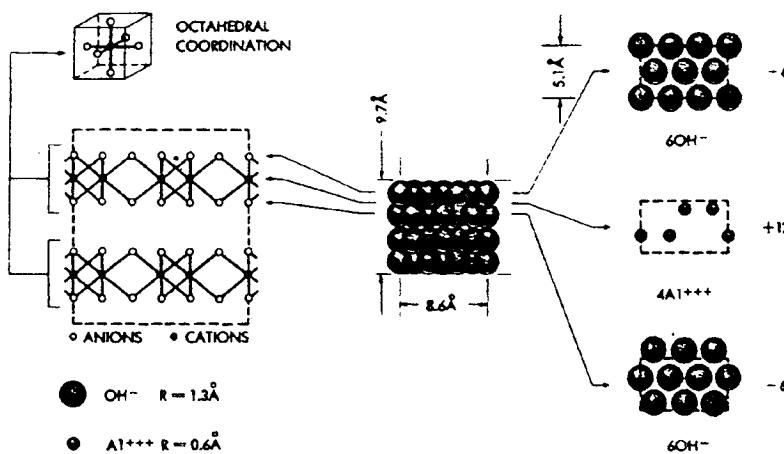
สูตรทางเคมี	ชื่อแร่	สัญลักษณ์ของอังกฤษ	สัญลักษณ์ของอเมริกา
Al_2O_3	Corundum	α	α
Al_2O_3	-	γ	γ
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Boehmite	γ	α
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Diaspore	α	β
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Gibbsite	γ	α
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Bayerite	α	β



ภาพประกอบ 1 แสดงโครงสร้างของแร่ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ จากแร่คริสตัล (W.E. Worrall, 1964 : 92)

ตาราง 5 แสดงคุณสมบัติเฉพาะของอัลミニนาทั้งชนิด $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ และ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Sonja S. Singer, 1960 : 115)

คุณสมบัติ	$\gamma\text{-Alumina}$	$\alpha\text{-Alumina}$
ความถ่วงจำเพาะ (S.G.)	3.5-3.9	4.0
รูปผึ้ง (Crystalline Form)	เอกซ์กโนอล	ไตรกโนอล
น้ำหนักโมเลกุล (M.W.)	101.94	101.94
จุดหลอมละลาย (M.P.)	2,050°C	2,050°C
จุดเดือด (B.P.)	2,250°C	2,250°C
ระยะที่อุณหภูมิ 29°C	0.000098	0.000098



ภาพประกอบ 2 แสดงโครงสร้างหนึ่งหน่วยเซลล์ของยิบเปิร์ต γ $[\text{Al}(\text{OH})_3]_3$ (F.H. Norton, 1952 : 14)

วัตถุดินที่มีอัญมณีเป็นสารประกอบ

1. แร่ครอวันดัม หรือกะรุน (Corundum) สูตรเคมีคือ Al_2O_3 มีรูปผลึกระบบเอกซ์agonal เป็นรูปหกเหลี่ยม มีหลาຍสี ซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นเครื่องประดับ เช่น สีแดงหรือสีม่วง จะเรียกว่าหันทิน (Ruby) สีฟ้าหรือน้ำเงิน เรียกว่า เชปไฟฟ์ (Sapphire) เป็นต้น มีความแข็งวัววะคล้ายกับเพชร ความแข็งระดับ 9 ความถ่วงจำเพาะ 4.0-4.1 มีพังไประงแสงและโปรดังไส ส่วนมากจะพบในหินแปร เช่น หินปูนที่เป็นผลึกหรือหินเปกนามาไฮท์ ในประเทศไทยพบแร่นี้เกิดในหินบะซอลต์ ที่จังหวัด กาญจนบุรี แพร่ เพชรบูรณ์ และศรีสะเกษ ต่างประเทศพบมากที่พม่า ศรีลังกา ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา กรีซ และอาฟริกาใต้ เป็นต้น

2. หินบอกไซต์ (Bauxite) เป็นชื่อเรียกตามแหล่งที่พบ คือเมืองบaux (Baux) ในประเทศฝรั่งเศส เป็นสารผสมลักษณะเม็ดกลมๆ ขนาดเท่าเม็ดถั่วเขียวถึงผลส้ม เนื้อส่วนใหญ่เหมือนกับดิน มีความแข็งระดับ 1 ความถ่วงจำเพาะ 2-2.5 มีสีขาว เทา เหลืองและแดง ปกติสีจะคล้ายสนิมเหล็ก มักเกิดในแบบภูมิภาคเขตต้อน โดยมีการผุสลายของซิลิกา หรืออัลคาไลส์ที่ปะปนอยู่ออกไป ซึ่งอาจเกิดจากแร่ดินหรือเฟล์ดสปาร์ก์ได้ หินบอกไซต์นี้ใช้เป็นวัตถุดินที่มี Al_2O_3 อยู่ระหว่าง 60-80 เปอร์เซ็นต์ สิ่งเจือปนที่มักพบในบอกไซต์ คือ SiO_2 , Fe_2O_3 และ TiO_2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบ ในหินบอกไซต์ประกอบด้วยแร่ยิบปีไซต์ และเบอห์ไมต์ และไดอะสปอร์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้ง 3 ชนิด

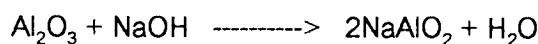
ตาราง 6 แสดงคุณสมบัติของแร่ประกอบหินบอกไซต์ (กรมทรัพยากรธรรมชาติ 2537 : 28)

ชนิดของแร่ประกอบหินบอกไซต์	เบอร์เซ็นต์ Al_2O_3	เบอร์เซ็นต์ H_2O	ระดับความแข็ง	ความถ่วงจำเพาะ
แร่ยิบปีไซต์ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	65.4	34.6	2.3-3.5	2.3-2.4
แร่เบอห์ไมต์ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	85.0	15.0	3.5-5.0	3.01-3.06
แร่ไดอะสปอร์ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	85	15	6.5-7	3.3-3.5

ตาราง 7 แสดงคุณสมบัติของบอกไฮต์ที่ผลิตจำนวนน้ำยาจากแหล่งต่างๆ (กรมทรัพยากรธรรมชาติฯ 2526 : 29-30)

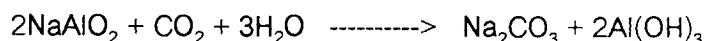
แหล่ง	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3	H_2O	S.G.
China	89.0	6.0	3.3	1.2	0.05	3.15
USA	70.5	25.3	2.7	1.4	-	2.85
Guyana	88.3	6.5	3.2	1.8	0.25	3.1
Vietnam	36-39	5-9	4-9	25-29	-	

อลูมินาที่นำมาใช้งานทั่วๆ ไปนั้น ได้มาจาก การสกัดหินบอกไฮต์ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กระบวนการเบเยอร์ (Bayer Method) คือ เป็นการนำบอกไฮต์มาสลายตัวด้วยสารประกอบโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ (NaOH) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิประมาณ 160-170 องศาเซลเซียส จะได้โซเดียมอลูมิเนต ดังสมการ



Sodium Aluminate

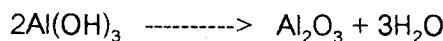
หลังจากนั้นนำโซเดียมอลูมิเนตมาทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เนื่องจากโซเดียมอลูมิเนตเป็นสารที่ไม่คงตัว (Unstable) จึงสามารถทำปฏิกิริยากับ CO_2 ได้ง่าย และเมื่อละลายในน้ำจะสามารถแยกออกอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ $[\text{2Al(OH)}_3]$ ออกมайд้วย



Aluminium Hydroxide

เมื่อได้อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์แล้ว ก็ไม่เป็นการยากที่จะทำให้เหลือเป็น Al_2O_3 อย่างเดียว เพียงแต่นำอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ไปเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส บางครั้งเผาสูงถึง 1,200 องศาเซลเซียส ก็จะสามารถสกัดเอา Al_2O_3 จากหินบอกไฮต์มาใช้งานได้

$1,000^\circ\text{C}$



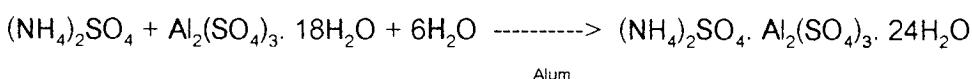
การสกัดอลูมินาจากบอกไฮต์ ตามวิธีการเบเยอร์นี้จะสามารถนำอลูมินามาใช้งานได้ 2 ลักษณะตามความเหมาะสม คือ อลูมินาไอลูต และอลูมินาแคลไฮต์

อลูมินาไฮเดรต (Alumina Hydrate) มีน้ำอุ่นในส่วนประกอบ 3 ในเกลือห้ามประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โครงสร้างเป็นรูปผลึกแบบบิซิเต็ต ความแข็งเพียง 2.4-3.0 ความถ่วงจำเพาะ 2.4 เป็นเกรดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเชาว์มิกส์ทั่วๆ ไป

อลูมินาแคลไชน์ (Calcined Alumina) ซึ่งได้จากการนำอลูมินาไฮเดรตมาเผาที่อุณหภูมิ 1,000-1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเบเยอร์น์เอง จะได้อลูมินา 98-99 เปอร์เซ็นต์ โดยโครงสร้างจะมีรูปผลึกแบบ α ความถ่วงจำเพาะ 3.3-3.9 จะใช้ในงานที่ต้องการความบริสุทธิ์สูง เช่น ผลิตภัณฑ์อลูมินา นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารเพิ่มเติมในเคลือบและแก้ว เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถนำอลูมินามาใช้ได้อีก 2 ลักษณะ คือ อลูมินาแทบูลาร์ (Tabular Alumina) ซึ่งเป็นอลูมินาความหนาแน่นสูง มีบริมาณ α - Al_2O_3 มากกว่า อลูมินาแคลไชน์ เนื่องจากผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงถึง 1,650 องศาเซลเซียส นิยมนำมาใช้ผสมวัตถุทันไฟ และอีก ลักษณะหนึ่งคือ อลูมินาฟิวเวอร์ด (Fused Alumina) เป็นการหลอมอลูมินาแคลไชน์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 2,000 องศาเซลเซียส รูปผลึกจะเป็น α ที่สมบูรณ์ นำมาใช้เป็นสารขัดถู (Abrasive)

การสกัดบอกไฮต์เพื่อให้ได้อลูมินานั้นยังไม่สามารถสร้างอลูมินาบริสุทธิ์ได้ แม้จะมีใช้เดิมของบอกไฮต์ประปนอยู่ ซึ่งจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์อลูมินาอย่างมาก ในปัจจุบันสามารถสร้าง Al_2O_3 บริสุทธิ์กว่าวิธีการเบเยอร์ คือ ใช้กระบวนการทางเคมีที่เรียกว่าอลัม (Alum) อาศัยหลักการละลาย และตกผลึกซ้ำ โดยใช้แอมโมเนียมซัลเฟต (NH_4SO_4) ทำปฏิกิริยา กับอะลูมิเนียมซัลเฟต $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ ไฮเดรต ดังสมการ



จากนั้นนำลัมที่บอกริสุทธิ์มาให้ความร้อน จะเกิดการสลายตัวเป็นอลูมินาไฮเดรต และถ้าอุณหภูมิสูงถึง 1,000-1,200 องศาเซลเซียส จะได้ α อลูมินาที่มีความบริสุทธิ์ถึง 99.995 เปอร์เซ็นต์

3. แร่กลุ่มซิลลิมายไนต์ (Sillimanite Group) เป็นแร่ที่ประกอบด้วยอลูมินา และซิลิกา ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) ในธรรมชาติจะมีเรื่อยู่ 3 ชนิด ที่มีส่วนประกอบเหมือนกัน จะมีความแตกต่างกันที่คุณสมบัติเฉพาะ ได้แก่

3.1 ซิลลิมายไนต์ (Sillimanite) มีรูปผลึกแบบออร์โกรอมบิก มีลักษณะเป็นแท่งเล็กๆ ความแข็งระดับ 6-7 ความถ่วงจำเพาะ 3.23 แวดวงคล้ายแก้ว มีสีน้ำตาล เขียวอ่อน ขาว ใบรังสีถึงใบรังแสง ไม่ละลายในกรด นับเป็นแร่ที่หายาก พบรอยในหินแปร พ ragazzi และซีสต์

มักเกิดร่วมกับพากหินดิน ในประเทศไทยพบบริเวณภาคเหนือ ส่วนต่างประเทศที่มีคุณภาพดี จะพบที่อินเดีย สหรัฐอเมริกา ในอีเมีย บราเวเรย์ บราซิลและอาฟริกาใต้

3.2 ไคyanite (Kyanite) เป็นรูปผลึกแบบไตรคลินิก มีลักษณะยาว แบนเป็นแผ่นคล้ายใบมีด ความแข็งระดับ 5-7 ความถ่วงจำเพาะ 3.55-3.66 แวรรควรคล้ายแก้วหรือมุก มีสีน้ำเงิน ขาว เทาหรือเขียว พบรูปหินแปรจากไนส์ และซีสต์ มักเกิดร่วมกับการ์เนต (Garnet) สโตโรไลต์ (Staurolite) และหินรันดัม ในประเทศไทยพบในแบบภาคใต้และภาคเหนือทั่วๆ ไป แหล่งสำคัญในต่างประเทศ คือ สวิตเซอร์แลนด์ ฝรั่งเศส สหรัฐอเมริกา (ที่รัฐคაโรไลนา และเวอร์จิเนีย) อาฟริกา รัสเซียและเคนยา

3.3 แอนดาลูไซต์ (Andalusite) เป็นรูปของเมืองแอนดาลูเซียในประเทศสเปน รูปผลึกแบบออร์โทรมบิก (Orthorhombic) ความแข็งระดับ 7.5 ความถ่วงจำเพาะ 3.16-3.20 แวรรควรคล้ายแก้ว มีสีแดงเข้ม สีน้ำตาล หรือสีเขียวมะกอก โปร่งแสงถึงโปร่งใส เกิดจากการแปลงสภาพของหินดินดาน (Shale) หรือหินชานวน (Slate) ที่มีอะลูมิเนียมสูง ในประเทศไทยจะพบตามบริเวณที่หินแปรถูกเปลี่ยนสภาพมาจากการแปรรูป แบบจังหวัดพังงา ภูเก็ต และร่องของ สำหรับในต่างประเทศแหล่งที่สำคัญคือ สเปน ออสเตรเลียทางตอนใต้ บราซิล สวีเดน ฝรั่งเศส รัสเซีย เยอรมนี และที่ รัฐเนเวดา แคลิฟอร์เนียและแมสซาชูเซตส์ของสหรัฐอเมริกา

นอกจากแร่ทั้ง 3 ชนิดในกลุ่มนี้ลิมามาโนร์แล้ว ยังมีวัตถุดินอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตเข็นเดียวกัน เพียงแต่มีความแตกต่างกันที่สัดส่วนของ $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ เป็นสารสังเคราะห์ที่มีชื่อว่ามูลไลต์ (Synthetic Mullite) ได้จากการนำอะลูมินาและซิลิกาบริสุทธิ์มาผสมกัน แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,800 องศาเซลเซียส จะได้อลูมิโนซิลิเกตที่มีความบริสุทธิ์มาก สรุรเคมีของมูลไลต์ คือ $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ มีความถ่วงจำเพาะ 3.16

3.4 โทแพซ (Topaz) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F}, \text{OH})_2$ เป็นรูปของมาหากายโทแพซ (Topazion) ในหะเดดอง เป็นแร่ที่มีรูปผลึกแบบออร์โทรมบิก มีลักษณะเป็นมวลเมล็ด เม็ดสูงประมาณ ความแข็งระดับ 8 ความถ่วงจำเพาะ 3.4-3.6 แวรรควรคล้ายแก้ว มีหั้งไม่มีสี มีสีเข่นสีเหลือง ชมพู น้ำเงินและเขียว ซึ่งชนิดสีเหลืองหมายถึงรัตนชาตินูบัชราคัม มักเกิดปะปนกับแร่ดีบุก อะพาไทต์ ควอตซ์ ในกาและเฟลต์สปาร์ ในประเทศไทยพบที่ อำเภอคลอง จังหวัดภูเก็ต หาดส้มเป็น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ตำบลคลองจั่งและร่อนพิบูล จังหวัดนครศรีธรรมราช สำหรับในต่างประเทศนั้นแหล่งที่สำคัญได้แก่ รัสเซีย เทือกเขาอูราลในบราซิล ญี่ปุ่น ศรีลังกา เม็กซิโก อาฟริกาใต้ และที่เซาเตอร์คาร์โลสไลนา แคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา

ตัวอย่างผลวิเคราะห์ส่วนประกอบและคุณสมบัติบางประการของไทแปซจากแหล่งเซาเตอร์คาโรไลนา (Sonja S. Singer. 1960 : 113)

SiO_2	37.2 %
Al_2O_3	53.2 %
Fe_2O_3	0.4 %
F	14.1 %
LOI	0.9 %

ความแข็งระดับ 8 ความต่อกร้าว 3.4 - 3.6

ตามปกติไทแปซที่ผสมในเนื้อดินบ้านนั้นจะเริ่มเปลี่ยนแปลงผลึกที่อุณหภูมิ 815 องศาเซลเซียส และซิลิกาจะเริ่มกล้ายเป็นแก้วพร้อมกับเกิดมูลไอล์ตที่อุณหภูมิ 1,090-1,260 องศาเซลเซียส โดยจะเกิดผลึกมูลไอล์ตที่สมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิ 1,650 องศาเซลเซียส ความต่อกร้าวจะลดลงเหลือ 3.1 มี Al_2O_3 ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และซิลิกา ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

3.5 ดูมอริเทอไรต์ (Dumoriterite) เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้ คือ $8\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ซึ่งจัดว่าเป็นมูลไอล์ตอุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 1,230 องศาเซลเซียส) มีความต่อกร้าว 3.2-3.3 ความแข็งอยู่ในระดับ 7 ขุดพบที่เนเวดา สหรัฐอเมริกา

อลูมินานั้นยังปรากฏอยู่ในส่วนประกอบของแร่อีกหลายชนิดในปริมาณที่แตกต่างกันไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นสารประกอบหลักของแร่ดิน ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) และเฟล์สปาร์ ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) และไฟโรฟลัลไฮต์ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ซึ่งเป็นแร่ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในงานด้านเชรามิกส์ รายละเอียดจะได้กล่าวถึงในบทต่อๆ ไป ส่วนแร่อื่นๆ ที่มีอัลูมินาอยู่ในส่วนประกอบนั้นมีหลายชนิด เช่น สโตอิโลไฮต์ ($\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{O}_7(\text{SiO}_4)_4(\text{OH})$) เอปิโดต (Epidote) $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$ เปอริล (Beryl) $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ การเนต (Garnet) $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ และลาซูลไฮต์ (Lazulite) $\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ ซึ่งเป็นที่มีนิยมนำมาใช้ในงานด้านนี้

บทบาทของอลูมินาในผลิตภัณฑ์เชรามิกส์

นอกจากผลิตภัณฑ์ที่มีดินเป็นวัตถุดิบ เช่น ในเนื้อดินบ้านและเคลือบของเครื่องปั้นดินเผา หรือวัตถุทนไฟ ที่รู้จักกันดีนั้น บางครั้งจะใช้อลูมินาเป็นสารตัวเติม และสารตั้งต้นโดยใช้อลูมินาไฮเดรต [$2\text{Al}(\text{OH})_3$] หรือ อลูมินาแคลไธน์ (Al_2O_3) ตามความเหมาะสม ในปัจจุบัน อลูมินามีบทบาทไม่น้อยในการสร้างส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานที่แตกต่างกันไป เช่น

1. ผลิตภัณฑ์ ไฮ-อลูมีนา (High-Alumina Ceramics) เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีอะลูมีนาอยู่ในส่วนผสมมากกว่า 80-90 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงเชิงกลสูงกว่าผลิตภัณฑ์ออกไซด์เซรามิกส์ชนิดอื่นๆ ซึ่งนิยมใช้ทำพาวก์สตูลชัดถุ (Alumina Abrasive) เครื่องมือตัด (Cutting Tool) หัวเทียน (Alumina Sparking Plug) ลูกบด (Alumina Ball) กระสวงนำร่องเส้นด้าย (Alumina Taxtite Treadguide) ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ แผ่นรองวงจรอิเลคทรอนิก (Alumina Substrates) หลอดไฟโซเดียม (Sodium Vapor Lamp) ห้องรองน้ำ (Alumina Filter) ครุภัณฑ์ (Alumina Crucible) เป็นต้น ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ ไฮอลูมีนาแบ่งได้เป็น 12 กลุ่ม ตามปริมาณของอลูมีนา

2. ผลิตภัณฑ์มูลไลต์ (Mullite Porcelain Ware) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสารประกอบคล้ายกับ ซิลลิมาไนต์ คือ $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ สามารถทนความร้อนได้สูง และทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างดี จุดสูกตัว 1,500 องศาเซลเซียสขึ้นไป หรือบางครั้งสูงมากกว่า 1,700 องศาเซลเซียส นิยมนำมาผลิตหม้อต้มและลูกบดความเร็วสูง (Centifugal) หม้อเผา (Crucible) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในเตาเผา Thermocouple Insulation) เป็นต้น

3. บทบาทของอลูมีนาในเคลือบ รูดส์ (Rhodes. 1972 : 65) กล่าวว่าอลูมีนา มีความสำคัญในเคลือบเกือบทุกชนิด จะมีเพียงเคลือบผลึกเท่านั้นที่ใช้เพียงเล็กน้อย เราจะใช้อลูมีนาเป็นสารช่วยเพิ่มความหนืดให้เคลือบ ช่วยลดหรือขัดขวางการเจริญหรือโครงสร้างผลึกในญ่า และในทางตรงข้ามการใช้อลูมีนาในปริมาณมากในเคลือบจะส่งเสริมให้เกิดการเจริญของผลึกเล็กๆ ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดเป็นเคลือบด้าน (Matt Glazes) ส่วนในเคลือบที่มีน้ำหนักน้ำนั้น อะลูมีนาจะเป็นตัวควบคุมการไหลตัวเมื่อเผาถึงจุดหลอมละลายได้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแกร่ง ช่วยลดปัญหาการร้าว บางครั้งยังมีผลต่อการเกิดสีของเคลือบอีกด้วย

4. บทบาทของอลูมีนาในสีสำเร็จรูป (Stain) โดยทั่วไปสีสำเร็จรูปจะอยู่ในรูปผลึกสไปเนล (Spinel) ซึ่งเป็นสารประกอบ $\text{RO} \cdot \text{R}_2\text{O}_3$ สารตัวหลักในกลุ่ม R_2O_3 นอกจาก Sb_2O_3 , B_2O_3 และ Fe_2O_3 แล้ว อีกตัวที่มีบทบาทสำคัญก็คือ Al_2O_3 นั่นเอง เช่น สีน้ำเงิน (CoO , ZnO , Al_2O_3) สีน้ำตาล (Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO) สีเขียว (Cr_2O_3 , ZnO , Al_2O_3) เป็นต้น

2.3 โดโลไมต์ (Dolomite)

โดโลไมต์ เป็นแร่ที่ตั้งชื่อให้เกียรติกันตามความฝรั่งเศสชื่อ "Dolomieu" ซึ่งโดโลไมต์ มีรูปผลึกเป็นแบบเอกซ์ไนชาล อาจพบในลักษณะเม็ดหยาบๆ ไปจนกระทั่งเม็ดเล็กๆ หรือเกาะกันแน่น มีความแข็งระดับ 3.5-4 ความต่อสัมภาระ 2.85 น้ำหนักโมเลกุล 184 มีความมันวาว

คล้ายแก้ว มีทั้งโปร่งแสงถึงโปร่งใส อาจไม่มีสี หรือมีสีขาว เทา เขียว น้ำตาล หรือดำ ส่วนประกอบทางเคมีของโดโลไมต์บิสุทธิ์ คือ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ หรือ $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ สามารถวิเคราะห์สารประกอบต่างๆ ได้ดังนี้

CaO	30.4	%
MgO	21.4	%
CO_2	47.9	%

หรือ

CaCO_3	56	%
MgCO_3	44	%

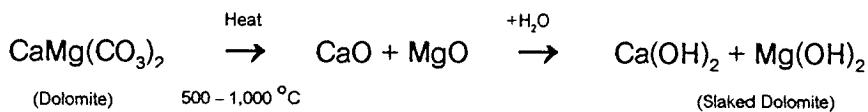
ตามปกติสัดส่วนของ CaCO_3 ต่อ MgCO_3 ประมาณ 1 : 1 ไม่เลกุล ในธรรมชาตินั้นได้โลไมต์แต่ละแหล่งจะมีสารเจือปนแตกต่างกันไป ทั้งชนิดและปริมาณ แหล่งที่พบมากในประเทศไทย ได้แก่ พื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี แพร่ ชลบุรี และสงขลา ส่วนต่างประเทศพบมากหลายแหล่ง เช่น ประเทศไทยในสหรัฐอเมริกา สเปน ฝรั่งเศส เป็นต้น

โดโลไมต์ สูตรทางเคมี คือ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ โดโลไมต์ใช้ผสมในเคลือบ เพื่อที่จะให้เคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งก็ให้คุณสมบัติเหมือนกับเคลเซียมและแมกนีเซียมรวมกัน แต่ราคาถูกกว่า (สรุคัดดิ โภสิยพันธ์. 2531 : 8) เมื่อทดสอบโดโลไมต์ ด้วยกรดเกลือจะเกิดปฏิกิริยาข้ามกัน (สุวิทย์ มนະ怛ระกุล. 2515 : 97)

นอกจากนี้ โภมล รักษ์วงศ์ (2531 : 48) กล่าวเพิ่มเติมว่า โดโลไมต์ เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมคาร์บอนेटและเคลเซียมคาร์บอนेट ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) มีความถ่วงจำเพาะ 2.8–2.9 มีความแข็ง 3.5–4 ทนความร้อนได้ถึง 1,700 องศาเซลเซียส (3,092 องศาฟาร์เรนไฮต์) ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น น้ำเคลือบ และวัตถุที่ไฟ ซึ่งผู้วิจัยใช้ โดโลไมต์ ของบริษัท เชอร์นิคອิน เทอร์เนชั่นแนล จำกัด เป็นวัตถุดิบในการทำวิจัยครั้งนี้ มีผลวิเคราะห์ทางเคมี คือ

CaO	MgCO_3	Fe_2O_3
30.70%	21.09%	0.06%

โดโลไมต์มีน้ำหนักโมเลกุล 184



แหล่งไดโนไมต์ในประเทศไทย กรมทรัพยากรธรรมชาติ (2526 : 133) ได้สำรวจพบว่า แหล่งไดโนไมต์ในประเทศไทย ได้แก่ อำเภอท่าม่วง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี และที่เขารักเกลียด อำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา ที่ พรมพฤกษ์ (2523 : 76) กล่าวเพิ่มเติมว่า แหล่งที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี มีปริมาณมากและค่อนข้างบริสุทธิ์กว่าแหล่งอื่น

ตาราง 8 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของไดโนไมต์บางแหล่งภายในประเทศไทย

(อุบลศรี ชัยสาม และเยาวลักษณ์ นิสสาน. 2537 : 72)

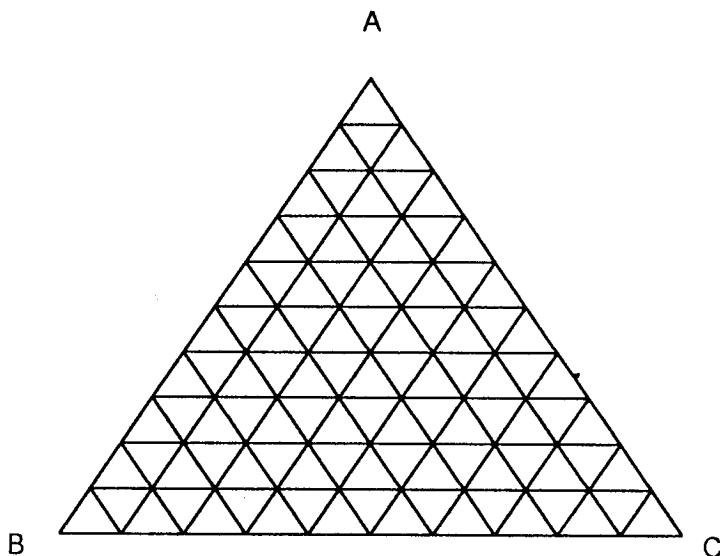
ชื่อแหล่ง	ส่วนประกอบทางเคมี (%)								
	LOI	MgO	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	Al ₂ O ₃	H ₂ O	P ₂ O ₅
เขาน้ำน้ำด้า อ. เมือง จ. กาญจนบุรี	46.56	21.50	30.54	0.06	0.38	-	0.18	0.12	-
เขานุญไร อ. เมือง จ. กาญจนบุรี	47.60	20.82	31.67	0.05	0.24	-	-	-	-
เขารอด อ. ท่าม่วง จ. กาญจนบุรี	46.41	19.70	32.98	0.13	0.18	0.05	-	0.10	0.04
จ. แพร่	41.60	20.00	30.00	4.10	1.10	-	3.20	-	-

เนื้อดินปันไดโนไมต์ (Dolomite Body) โภมล รักษ์วงศ์ (2531 : 180) กล่าวว่า เนื้อดินปันไดโนไมต์เป็นเนื้อดินที่คิดค้นโดยชาวญี่ปุ่น ในปี ค.ศ. 1936 ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ น้ำหนักเบา สีขาว เผาในอุณหภูมิต่ำประมาณ 1,050 – 1,100 องศาเซลเซียส มีการดูดซึมน้ำได้ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเอิร์ทเทนแวร์ชั้นดี (Fine Earthenware) หรืออาจเรียกว่า "Dolomite Earthenware" ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากในการทำข่องประดับตกแต่งและงานศิลปะ สามารถตกแต่งด้วยสีสรรที่สดใสด้วยสีใต้เคลือบไฟได้ดี

วัตถุที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม (Dolomite Refractories) นอกจากโดโลไมต์จะมีประโยชน์ต่อการทำเคลือบและเนื้อดินปั้นแล้ว ยังสามารถเป็นวัตถุดิบหลักของวัตถุที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เช่น โดโลไมต์จะมีสารผสมระหว่าง CaO และ MgO ซึ่งมีจุดหลอมเหลว 2,300 องศาเซลเซียส ตามปกติอิฐที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมจะมี SiO₂ อยู่ในส่วนผสมด้วย โดยใช้แร่เซเพนไทน์ (Serpentine) 3MgO · 2SiO₂ · 2H₂O ผสมกับโดโลไมต์ในสัดส่วนต่างๆ จะได้อิฐที่มีความทนอุณหภูมิที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

3. การหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Diagram)

การจำแนกส่วนผสมของเนื้อดินปั้นด้วยการคำนวนตามตารางสามเหลี่ยมสามารถคำนวนน้ำเคลือบ (Glazes) เนื้อดินปั้น (Clay Body) หรือสีเคลือบ (Glazes color) ได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่านี้ โดยการวางวัตถุดิบไว้บนมุมทั้งสามของสามเหลี่ยมด้านเท่า แล้วอ่านค่าอุณหภูมิเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละตัว ส่วนมากเป็นวิธีการทดลองแบบสุ่มเดาหลาย ๆ จุด และเลือกเอาเฉพาะจุดที่ได้ผลดีมาใช้งาน ดังตารางสามเหลี่ยมต่อไปนี้



ภาพประกอบ 3 แสดงตารางสามเหลี่ยมตามตารางสามเหลี่ยม

การนำวัตถุดิบที่ต้องการ มาผสมทำเนื้อดินปั้น มีรายวิธี ผู้ผลิตสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาใช้ เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่เหมาะสมกับวิธีการผลิต ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดวัตถุดิบที่ใช้ทดลองได้กรอกลงในกรอบของน้ำเซรามิก 3 ชิ้น คือ โดโลไมต์ ดินขาว จังหวัดระนอง อุดรธานี โดโลไมต์ ในการหาส่วนผสมโดยใช้ตารางสามเหลี่ยม และใช้ผงถ่านละอุณหภูมิเป็นสารเพิ่มเติม

4. การเตรียมส่วนผสม

การเตรียมส่วนผสมที่ใช้ในการขันรูปผลิตภัณฑ์ สามารถเตรียมได้ 2 วิธี

1. การเตรียมเนื้อดินแบบแห้ง

- 1.1 นำวัตถุดินมาบดย่อยให้ละเอียด ซึ่งฝ่านกรากของมาแล้ว
- 1.2 นำส่วนผสมมาบดเข้าด้วยกัน
- 1.3 นำส่วนผสมไปทำการขันรูป เช่น การขันรูปผลิตภัณฑ์กระเบื้อง

2. การเตรียมเนื้อดินแบบเปียก

- 2.1 นำวัตถุดินมากทำการบดล้าง เพื่อแยกสิ่งเจือปนออก
- 2.2 นำวัตถุดินที่บดล้างมาแล้วมาทำการบดละเอียดกับน้ำในส่วนผสมที่กำหนด
- 2.3 นำส่วนผสมนั้นไปใช้งาน

การเตรียมส่วนผสมเป็นน้ำดินสำหรับการหล่อพิมพ์

การเตรียมน้ำดินสำหรับหล่อที่ต้องมีลักษณะน้ำดิน ให้เป็นสาย น้ำดินจะต้องไม่ตกร่องในขณะที่ทำการหล่อ และเนื้อดินไม่ติดตัวมากนัก ตามธรรมดากำไรผลิตน้ำดินกับน้ำเท่ากันไม่ถือว่าเป็นน้ำดินที่ดี น้ำดินที่ดีจะเข้าอยู่กับจำนวนที่พอเหมาะสม เนื้อดินจะลอยตัวได้ แต่ถ้าใส่น้ำมากไป ดินก็จะเหลวมาก เมื่อเทลงในพิมพ์จะทำให้ลดแบบได้ร้า ดินจะตกตะกอนโอกาสแตกมีมากขึ้น (ทวี พرحمพฤกษ์. 2523 : 85)

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดิน มีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ คือ

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

การเตรียมเนื้อดินบัน มีมากน้อยหลายชนิด ดังนั้นการกำหนดคุณสมบัติ ที่สำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติ จะทำให้การเตรียมดิน เป็นไปตามต้องการ (ทวี พرحمพฤกษ์. 2523 : 77 – 78)

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

1. การผสมเนื้อดินปั้นที่เตรียม มาเรียบร้อยแล้วกับสารละลาย ระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัวและลดอยตัวในน้ำในปริมาณที่เหมาะสม วิธีการนี้ช่วยลดปฏิกิริยาเกลือที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ติดมากับพากวัตถุดิบที่ใช้ผสมทำเนื้อดินปั้น นอกจากนี้การร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงจะสะท้อนขึ้น

2. วัตถุดิบที่จะใช้เป็นเนื้อดินกับสารละลาย ระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวและลดอยตัวในน้ำในปริมาณที่เหมาะสม โดยทำให้น้ำดินมีความถ่วงจำเพาะ 1.80 แล้วร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงร่อนและผ่านน้ำดินไปผ่านเครื่องแยกสารแม่เหล็กเพื่อยกเศษสารประกอบของเหล็กออก การเตรียมน้ำดินโดยวิธีนี้ประยุต เพราเว่าไม่ต้องเตรียมน้ำดินปั้นมาก่อน แต่การควบคุมน้ำดินค่อนข้างลำบาก

สาเหตุต่างๆ ที่เป็นตัวทำให้น้ำดิน มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลง (ปรีดา พิมพ์ขาวรำ. 2535 : 133)

1. การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบต่างๆ ในส่วนผสมของวัตถุดิบ ซึ่งรวมถึงน้ำที่ใช้ด้วย
2. การซึ่งน้ำนักไม่ถูกต้องและความชื้น เป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สัดส่วนเนื้อดินปั้น
3. ความละเอียดของหินแก้วและหินฟันม้า
4. เวลาที่กวนผสม ปริมาณตัวช่วยทำให้เกิดการกระจายลดอยตัว และความหนืดของน้ำดินมีผลต่อการกระจายตัวของดินเหนียว
5. ความถูกต้องของกรรมวิธีการเติมตัวช่วยทำให้เกิดการกระจายลดอยตัว
6. การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วน และคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำดิน และเศษดินที่นำกลับมาใช้ใหม่
7. สิ่งเจือปนอื่นๆ ที่ติดมากับเศษน้ำดิน และวัตถุดิบต่างๆ
8. ผลต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักน้ำดินในถังเก็บ

5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อ (Slip Casting)

น้ำเนื้อดินปั้นทุกชนิดที่ใช้สำหรับขึ้นรูปโดยวิธีแบบมีคุณสมบัติให้ดีมีปริมาณเปอร์เซนต์ของแข็งสูง การกระจายลดอยตัวอยู่ในของเหลวปกติแล้วให้น้ำ โดยมีสารเคมีเป็นตัวช่วยทำให้เกิดการกระจายลดอยตัวได้ การเทแบบเป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยการเทน้ำเนื้อดินปั้นลงไปในแบบ ซึ่งเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์จะค่อยๆ ก่อตัวขึ้น

เมื่อแบบที่ใช้เริ่มดูดของเหลวเข้าสู่เนื้อแบบ เนื้อผลิตภัณฑ์เริ่มตัวยังมีความเหนียวเกาะกัน และเริ่มแข็งขึ้นเรื่อยๆ หลังจากปล่อยให้แห้งแกะออกจากแบบ อบให้แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ (บริดา พิมพ์ขาวดำ. 2535 : 110)

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

1. การหล่อสลิปแบบตัน (Solid Casting) หมายถึง การหล่อสลิปลงในพิมพ์ให้เป็นแท่งตัน ข้อแตกต่างก็คือ จะต้องทำแบบพิมพ์ไม่เหมือนกับแบบกลาง พิมพ์แบบนี้จำกัดความหนาของผลิตภัณฑ์ นิยมใช้ในการหล่อจากเปลี่ยนเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ

2. การหล่อสลิปแบบกลาง (Drain Casting) หมายถึง การหล่อเมื่อได้ความหนาพอสมควรของผลิตภัณฑ์ก็เทน้ำสลิปออกจากพิมพ์ เทคนิคในการหล่อต้องค่อนข้างยาก เนื่องจากสลิปในแบบมีฉนั้น จะทำให้ผิวภายนอกของพิมพ์ที่ใช้อาจจะเป็นพิมพ์ชิ้นเดียวหรือหลายชิ้นก็ได้

การหล่อพิมพ์ผลิตภัณฑ์อาจแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน (บริดา พิมพ์ขาวดำ. 2532 : 136)

1. การเทน้ำดินลงในแบบ ถ้าแบบขนาดเล็กให้เหยือกหรือขันตันน้ำดินเทลงในแบบ ก็ได้อย่างรวดเร็ว ถ้าแบบขนาดใหญ่ การเทน้ำดินลงในแบบให้หัวสูบ ในขันน้ำปูนหาที่พบ คือการเทน้ำดินลงในแบบเร็วไป อาจเศษและแตกตัวอยู่ในเนื้อดินปั้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดรูเล็กๆ บนผิวของผลิตภัณฑ์

ปัญหาอีกขั้นหนึ่งที่เกิดขึ้นในขณะที่เทน้ำดินลงไปในแบบ ก็คือที่ผิวผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นเส้นวงกลมรอบรูปเกิดจากเทน้ำดินแรงและเร็วเกินไป ทำให้น้ำดินในแบบกระเพื่อมคล้ายการเกิดระลอก เนื้อดินปั้นที่สะสมในแบบจึงไม่رابเรียบ

2. การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบ ในกรณีแบบขนาดเล็ก ควรแบบลงอาจใช้ไม้ระแนงรองรับแบบเอาไว้ ช่วยขยายหรือเคาะแบบให้น้ำดินหล่อออกมากได้เร็ว การที่เราจะเทน้ำดินออกเมื่อได้ ขึ้นกับความหนาของผังผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการ ปริมาณน้ำในแบบและอายุการใช้งานของแบบ ในกรณีที่เป็นแบบใหญ่ เช่น แจกันขนาดใหญ่ หรือเครื่องสุขภัณฑ์ การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบจะกระทำโดยวิธีค่าว่าแบบไม่ได้ เพราะว่าจะเกิดสุญญากาศขึ้นระหว่างที่น้ำดินไหลลง จะทำให้เกิดแรงดึงผิวผลิตภัณฑ์ให้หลุดตามออกมากด้วย หรือไม่ก็ด้วยน้ำหนักตัวของผลิตภัณฑ์เอง จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร่วงได้ จะน้ำการเทแบบขนาดใหญ่ต้องเทน้ำดินเข้าทางส่วนล่างของแบบและเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบก็ให้หลอกทางส่วนล่างของแบบเช่นกัน

3. การตกแต่งผลิตภัณฑ์ การตกแต่งผลิตภัณฑ์จะกระทำได้ง่าย ถ้าแบบของเรารอแบบไว้ดี การตกแต่งควรกระทำในขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในแบบ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวจนเสีย

รูปร่างไป และการตอกแต่งครัวจะทำในเวลาที่เหมาะสม คือ ถ้าตอกแต่งเร็วไปผลิตภัณฑ์ยังอ่อนนิ่ม ไม่แข็งแรงพอ จะทำให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวเสียรูปร่าง หรือถ้าตอกแต่งช้าไปผลิตภัณฑ์จะแข็งไปซึ่งจะเป็นภาระเป็นเหตุทำให้แตกหักได้ง่าย

4. การตอกผลิตภัณฑ์ให้แห้ง ผลิตภัณฑ์เล็กๆ ไม่ค่อยมีปัญหา ผลิตภัณฑ์ใหญ่ต้องกระทำในห้องซึ่งมีการควบคุมความชื้นการตากแบบให้แห้งเป็นปัญหาใหญ่จะต้องควบคุมอย่างดี เพื่อจะได้มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ

แบบปูนปลาสเตอร์

การทำแบบปูนปลาสเตอร์ ต้องอาศัยความชำนาญ ประสบการณ์ และความสามารถเฉพาะตัว ไม่สามารถสอนกันโดยวิธีการพูดสอนนาเป็นตัวหนังสือ แบบที่ใช้หลักสูตรเป็นรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทำมาจากการเผาแร่ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gypsum) วัสดุนี้ที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ทำแบบ ก็ เพราะมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์หลายประการ (ปรีดา พิมพ์ขาวดำ 2532 : 127) คือ

1. สามารถรักษารายละเอียดต่างๆ ของแบบไว้ได้
2. แบบจะมีความคงทนทั้ง คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ เป็นระยะเวลา
3. เจ้าสามารถที่จะทำให้แบบมีความสามารถดูดซึมได้ตามที่ต้องการอุดหนุนในเนื้อแบบไม่ดูดซึมเนื้อดินไว้แน่ ทำให้ผลิตภัณฑ์หลุดจากแบบได้ง่าย
4. แบบที่ทำขึ้นจะมีผิวเรียบและคงทน
5. สามารถรักษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแบบให้คงที่และสม่ำเสมอ
6. วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมือนรุ่นใหม่สามารถเข้าไปอุดอุพโภคในแบบได้ง่าย ๆ
7. มีราคาถูก

6. เตาไฟฟ้า (Electric Kiln)

ทวี พرحمพฤกษ์ (2532 : 148–149) กล่าวว่า เตาไฟฟ้าเป็นเตาเผาสะคาดที่ลุก เผาได้ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำ ไปจนกระทั่งอุณหภูมิสูง เร่งอุณหภูมิให้ข้าหรือเร็วตามต้องการ เนื่องจากมีสวิทซ์อยู่หลายตัวสับเปลี่ยนกันในการเผาไม่มีเปลวไฟ ไม่มีควัน และเผาได้อย่างสะดวก เรายากจะแยกเตาไฟฟ้าออกได้ คือ

1. เตาเผาที่ใช้ความร้อนไม่เกินอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

ภายในเตาเผาใช้ชุดลวด Nickli – chromium หรือบางที่เรียกว่า Ni – Chrome เป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งโดยทั่วไปใช้ในการเผาดิบ เผาเคลือบไฟต์ หรือการเผาตกแต่งเท่านั้น เพราะถ้าเผาอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ลวดอาจจะขาดได้เนื่องจากทนความร้อนไม่สูงมากนัก โดยปกติลวด Ni – Chrome นี้จะเผาได้อุณหภูมิสูงสุดเพียง 1,090 องศาเซลเซียส

2. เตาเผาที่ใช้ความร้อนอุณหภูมิสูง

เป็นเตาเผาที่ใช้ Heating element ที่เป็นแท่งซึ่งทำจาก Silicon Carbide เรียกว่าแท่ง Grobar ซึ่งจะให้ความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 1,538 องศาเซลเซียส หรือ อาจจนถึง 1,600 องศาเซลเซียส เตาเผาที่ใช้อุณหภูมิสูงชนิดนี้ส่วนใหญ่เผาประกาย High fire porcelain อาจจะเป็น Electrical insulator หรือเผาทดลองวิจัยต่างๆ เหล่านี้เป็นต้น โดยปกติแล้วการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ไว้มักจะเผาที่อุณหภูมิสูงไม่มากนัก อาจจะต่ำลงมาเล็กน้อย เช่น ประมาณ 1,230 – 1,280 องศาเซลเซียส ดังนี้เตาเผาที่ใช้ Heater element ชนิดเป็นแท่งจึงมีน้อย มักจะเปลี่ยนมาใช้ประกายที่ใช้ Kanthal Wire เนื่องจากราคาถูกกว่ากันมาก และ Kanthal Wire ก็สามารถให้ความร้อนได้จนถึงอุณหภูมิประมาณ 1,375 องศาเซลเซียส ซึ่งนับว่าสูงพอสมควร

เตาไฟฟ้าปั๊บบันเป็นเตาที่มีผู้สนใจใช้กันมาก โดยเฉพาะในวงการทำอุตสาหกรรม เครื่องปั้นเดินเผา เนื่องจากผู้ใช้มีความสะดวกสบาย ควบคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูงและค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนัก ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี (ทวี พรมพฤกษ์. 2525 : 63)

เตาไฟฟ้าในปั๊บบันมีหลายขนาด สามารถเผาได้อุณหภูมิสูง นอกจากราดใช้เผาผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเคลือบ (Glost firing) เผาดิบ (Biscuit Firing) และใช้เผาสีบนเคลือบ (Over Glaze) ยังใช้เป็นเตาสำหรับทดลองวิจัยต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ขับนวัตกรรม (2531 : 35) กล่าวเพิ่มเติมว่า เตาไฟฟ้าเป็นเตาที่มีบรรยายการเผาที่สะอาดที่สุด เป็นเตาที่สามารถควบคุมแหล่งพลังงานความร้อนได้ง่ายที่สุด เตาไฟฟ้านี้เป็นเตาที่มีลักษณะต่างจากเตาที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ เป็นอันมาก เพราะเตานี้มีความร้อนจะเกิดพลังงานเคมีที่ได้จากการสันดาป แต่เตาไฟฟ้าได้ความร้อนจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของตัวลวดต้านทาน

ขับนวัตกรรม (2531 : 35) กล่าวถึง การทำงานของเตาไฟฟ้าว่า เตาไฟฟ้าจะให้พลังงานความร้อน โดยการแผรังสีความร้อน (Radiant Heat) ออกมายจากชุดลวดความร้อน (Electric Elements Heater) ซึ่งชุดลวดความร้อนนี้ จะเป็นชุดลวดที่มีความต้านทานกระแสไฟฟ้าคือเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านชุดลวดนี้ จะทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น ซึ่งปริมาณของความร้อนจะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชุดลวด และอุปกรณ์โครงสร้างของเตาต่างๆ โดยเฉพาะ

อิฐทนไฟชนิดเบา และฉนวนป้องกันความร้อน (Insulating Brick and Insulating Board) ดังนั้น เมื่อกระแสไฟผ่านชุดลดความร้อน ยิ่งนานความร้อนจะถูกสะสม และเก็บไว้ในเตาด้วย อิฐทนไฟและฉนวนป้องกันความร้อน จนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

ทว. พรมพฤกษ์ (2523 : 149) ได้เพิ่มเติมว่า ความร้อนที่ได้จากการลดภัยในเตาไฟฟ้านั้น จะเห็นว่าเตาไฟฟ้าไม่มีปล่องระหว่างระยะร้อนเลย ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนภายในเตาไม่มีเปลวและไม่มีควัน จึงไม่ต้องมีทางระหว่างลมเพียงแต่มีช่องเล็ก ๆ สำหรับทำให้แก๊สออกมากบ้าง หรือสำหรับมองสีไฟและผลิตภัณฑ์เท่านั้น ลักษณะการเผาของเตาไฟฟ้านี้เรียกว่าภาวะการเผาเช่นนี้ ว่า "Oxidizing Condition" และข้อดีของเตาไฟฟ้าสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

1. ให้อุณหภูมิสม่ำเสมอใช้ได้ผลดีที่สุด
2. การควบคุมการเผาและควบคุมอุณหภูมิได้สะดวก
3. เป็นเตาเผาที่สะอาดที่สุด เพราะไม่มีเปลวไฟ ไม่มีควันหรือเข้ม่า
4. สามารถติดตั้งและเคลื่อนย้ายได้ง่าย
5. บรรยายกาศภัยในเตา เป็นแบบอุตสาหกรรม จึงไม่ทำให้ผิวเคลือบ หรือสีเคลือบเปลี่ยนแปลง เพราะไม่มีปฏิกิริยา กับเคลือบ

7. อุปกรณ์และเครื่องวัดอุณหภูมิ

ทว. พรมพฤกษ์ (2525 : 107) กล่าวว่า เครื่องมือที่จำเป็นในการใช้วัดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีคุณภาพดีมั่น ปัจจุบันได้มีผู้คิดอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ หลายชนิด ซึ่ง ชนิดที่ใช้วัดอุณหภูมิสูง ได้ແเน่นอน และใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ไฟโรเมตريك เทอร์โมค็อก (Pyrometric Thermocouple) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งอาศัยหลักการเกิดกระแสไฟจาก ความร้อน (Thermo Electric Pyrometer) โดยนำเอาโลหะสองชนิดมาเชื่อมปลายติดกัน เรียกว่า "Hot Junction" แต่โลหะทั้งสองชนิดจะต้องมีคุณสมบัติแตกต่างกันในเตาให้ได้รับความร้อน (Thermocouple) ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ (Indicator) และเข้มจะชี้บอกร อัตราความร้อน ตามความมากน้อยของกระแสไฟฟ้า จะมีตัวเลขเที่ยบอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส และฟาร์เคนไฮต์ ปลายของโลหะที่ต่อไปยังหน้าปัดเรียกว่า "Cold Junction Thermocouple" ที่วัด อุณหภูมิสูง ๆ จะมีเครื่องป้องกัน (Protectube) ทำด้วยวัตถุทนไฟ ป้องกันอีกชั้นหนึ่ง (ทว. พรมพฤกษ์ 2525 : 107)

8. การเผาผลิตภัณฑ์ (Firing)

การเผาผลิตภัณฑ์ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งนับว่า เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ทุกชนิดจะต้องผ่านการเผา อย่างน้อยหนึ่งครั้งขึ้นไป เพื่อให้เกิดความแข็งแกร่ง คงทนต่อสภาพการใช้งาน ผู้ทำการเผาต้องมีความรู้ในเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับเชื้อเพลิงที่ใช้เผา การวัดอุณหภูมิในเตาเผา และส่วนประกอบต่างๆ ในเนื้อดินที่ใช้ปั้นภาชนะ ด้วยการเผาในระยะแรกไม่ควรเร่งไฟให้ร้อนเกินไป เพราะจะทำให้ภาชนะเกิดระเบิดแตกเสียหาย ได้ เมื่องจากภาชนะที่อยู่ในดินบันเดือกด้วยเป็นไอ ควรค่อยๆ เร่งความร้อนให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ ไม่ควรให้อุณหภูมิขึ้นสูงมากเกิน 150 องศาเซลเซียส ต่อ 1 ชั่วโมง เมื่อเร่งไฟให้อุณหภูมิสูงขึ้น เนื้อภาชนะดินเผาที่มีความต้านทานไฟสูงเป็นเนื้อดีเยกวัน และเมื่อเผาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วปล่อยให้ เตาเผาเย็นลงทีละน้อยจะกระทั้งอุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงนำภาชนะออกจากเตาได้ (มนุษย์ ประชันคดี. ม.ป.ป. : 47) ผลิตภัณฑ์ตั้งต้องประทุมปอร์ซเลนซ์ดีบจะต้องเผาไม่น้อยกว่าสองครั้ง โดยครั้งแรกจะถูกเผาดิบก่อน เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นรูปไว้มีความแข็งพอที่จะจับถือได้โดยไม่แตกหักเสียหาย และมีความพูนดัวพอเหมาะสมจะทำการเคลือบต่อไป แล้วจึงนำไปทำการเผาเป็นครั้งที่สอง เรียกว่า เผาสุก ซึ่งมีจุดประสงค์ในการเผาเคลือบผิวผลิตภัณฑ์นั่นเอง ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้เผามักจะสูงกว่าการเผาดิบ ในกรณีที่ต้องการประหยัดเชื้อเพลิง แรงงาน ขั้นตอนและเวลาในการเผา การเผาดิบอาจถูกตัดออกไปก็ได้ ทำให้เหลือแต่การเผาสุกเท่านั้น วิธีการ เช่นนี้เรียกว่า การเผาครั้งเดียว(One Firing) ซึ่งมักนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภท เอิทเทนแวร์ สโตน แวร์ ศุขภัณฑ์และถุงถ้วยไฟฟ้าแต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบมาก่อนจะมีคุณภาพดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบมาแล้วอาจนำมาเผาตากแต่ลดลายบนเคลือบอีกที่เพื่อให้เกิดความสวยงาม อุณหภูมิที่ใช้เผาสีบนเคลือบจะต้องต่ำกว่าการเผาสุกมาแล้วเสมอ เช่น การเผารูปลอก หรือขอบเงินขอบทอง เป็นต้น (คำพน. วัฒนธรรมฯ 2531 : 1)

บรรยายภาคในการเผา

บรรยายภาคที่ใช้ในการเผา บรรยายภาคที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้สีของเนื้อดินและสีของน้ำเคลือบแตกต่างกัน

- บรรยายภาคการเผาแบบออกซิเดชัน (Oxidation Atmosphere) สุรศักดิ์ โภสิยพันธ์ (2527 : 78) กล่าวว่า การเผาบรรยายภาคแบบออกซิเดชัน เป็นการเผาแบบการเผาใหม่ที่สมบูรณ์ไม่มีคุณ เตาเผาที่สามารถเผาบรรยายภาคแบบออกซิเดชันได้ที่สุด คือ เตาไฟฟ้า

2. บรรยากาศการเผาแบบรีดักชัน (Reduction Atmosphere) สุรศักดิ์ โภสิยพันธ์ (2527 : 78) กล่าวว่า การเผาบรรยากาศแบบรีดักชัน เป็นการเผาแบบการเผาใหม่ไม่สมบูรณ์ หรือ การเผาที่เกิดควัน ถ่านหิน แก๊ส และน้ำมัน ที่เผาใหม่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีคาร์บอนที่เกิดจากการปฏิกิริยาการเผาใหม่หนึ่ง เป็นตัวหลักในการทำรีดักชัน และในการทำรีดักชันนั้นควรจะให้มีอากาศฐานมาจากทางเคมี คือ คาร์บอนในออกไซด์ (CO) ต่อคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ต่อน้ำ (H_2O) เป็นสัดส่วนที่ควบคุมเบอร์เรนต์ของรีดักชัน รวมถึงธาตุเดิมของรีดักชัน และเป็นไปได้ที่จะวัดจากความยาวของเปลวไฟที่ออกจากช่องของรีดักชัน การรีดักชันในวันร้อนขึ้นจะดีกว่าวันที่อากาศแห้ง การรีดักชันที่เริ่มก่อน 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาร์энไฮต์) อาจจะทำให้เกิดสีเทาหรือสีดำในเคลือบหรือเนื้อดิน ซึ่งไม่สามารถจดออกໄไปได้ เราสามารถทำรีดักชัน จากอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส (1,832 องศาฟาร์энไฮต์) นานเท่าที่อุณหภูมิจะสามารถเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ หรือ 55 นาทีของทุกๆ ชั่วโมง จาก 1,000–1,240 องศาเซลเซียส (1,832–2,264 องศาฟาร์энไฮต์) หลังจากนั้นจะใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมงในการทำอุ่นต่อชั้นนอกจากนี้ในบางครั้งสามารถใช้บรรจุภัณฑ์ปานกลางเข้าไปหลังจาก 1,050 องศาเซลเซียส (1,922 องศาฟาร์энไฮต์) และทำรีดักชันช่วงหลังก็ได้ หรือให้เวลาครึ่งชั่วโมงในการรีดักชันที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส (1,832 องศาฟาร์энไฮต์) 1,100 องศาเซลเซียส (2,012 องศาฟาร์энไฮต์) และ 1,200 องศาเซลเซียส (2,192 องศาฟาร์энไฮต์) หรือเริ่มรีดักชันที่อุณหภูมิสูงสุดและต่อเนื่องไปในระหว่างที่กำลังเย็นตัวจนถึง 800 องศาเซลเซียส (1,472 องศาฟาร์энไฮต์) (ประสิทธิ์ แก้วพูง รังษี. 2539 : อ้างอิงจากหนังสือ Fournier. 1977 : 189–190)

การวางแผนทางในการเผา (Firing Schedules)

ในขั้นตอนของการเผา ต้องใช้ความร้อนอ่อนๆ (Preheating) และ การควบคุมอุณหภูมิครัวขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์ และการเผา ถ้าเป็นตามขนาดเล็กจะใช้เวลาไม่นานนัก ส่วนเตาขนาดใหญ่เผาผลิตภัณฑ์ขนาดโต การเผาก็ใช้เวลานานขึ้น ส่วนการปล่อยให้เตาเย็นตัว (Cooling Rate) ควรให้เป็นไปอย่างช้าๆ มิฉะนั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกได้ ตามธรรมดากล่าว ผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเผาตามปกติ น้ำที่อยู่ในดินจะระเหย ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระยะ (ทวี พฤทธพุกษ์. 2532 : 153–154) คือ

1. การระเหยของน้ำในช่วงแรก เรียกว่า Mechanical Water หมายถึงจำนวนน้ำที่เดิมลงไปในดิน เพื่อให้dinอ่อนตัว พอเมฆาที่จะนำไปรีดักชันได้ ในช่วงนี้ถ้าให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์มักจะแตกร้าวได้ง่ายและการหดตัวก็มาก การเพิ่มอุณหภูมิให้เป็นไปอย่างช้าๆ และให้

อาการถ่ายเทได้อย่างสะดวก โดยการเปิดฝาเตาบางส่วน จะทำให้การไส้น้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายได้

2. การระเหยของน้ำในช่วงที่สองเรียกว่า Hygroscopic Water หมายถึง น้ำความชื้น ที่ผสมอยู่ในดินแร่ธาตุต่างๆ ตามปกติจะไม่ระเหยออกโดยการผึ่งให้แห้ง (Dry Process) อุณหภูมิที่สามารถถ่ายความชื้นได้ประมาณ 310 องศาเซลเซียส

3. การระเหยของน้ำในช่วงที่สาม เรียกว่า Chemical Held Water หมายถึง น้ำผลึกถ่าน้ำผลึกน้ำหายไป ดินจะไม่กลับสภาพเหมือนเดิม ควรทำให้น้ำจำนวนน้ำหายไป โดยการเผาในอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส การเผาที่จะทำให้น้ำระเหยได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด คือ การให้ความร้อนเป็นไปอย่างช้าๆ จนกว่าการเผาให้มีของสารต่างๆ ที่เจือปนเป็นไปอย่างสมบูรณ์โดยเฉพาะสารประเภทอินทรีย์จะเริ่มเผาไหม้ในอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และถ้าสารอินทรีย์ผสมอยู่มากในเนื้อดิน ก็จะเกิดเป็นไฟรอนมาก จะมีรอยปูดชื้นที่ผิว ซึ่งแก่ได้แล้วอย่างมากในการเผา

4. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาดิน ถึงแม้ว่าเราจะทราบคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุดินแล้วก็ตาม แต่ผลผลิตทุกชนิดของเซรามิกส์ต้องใช้ดินเป็นหลักทั้งสิ้น จึงควรทราบเป็นอย่างยิ่งกว่าการเผาดินในอุณหภูมิใด เกิดการความเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในระหว่างการเผาดินจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและภายในภาพของ ส่วนผสมเนื้อผลิตภัณฑ์ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ (ประสิทธิ์ แก้วพุ่งรังษี. 2539 : 71 ; อ้างอิงมาจาก Hamilton. 1982 : 135)

จากอุณหภูมิห้อง -100 องศาเซลเซียส น้ำที่อยู่รอบๆ เนื้อดินจะระเหยออกไป

100-250 องศาเซลเซียส น้ำที่อยู่ในลักษณะความชื้นของอากาศจะระเหยออกไป และทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์

200-250 องศาเซลเซียส แอลฟ่า คริสโตบาไลต์ (Alpha Cristobalite)
เปลี่ยนไปเป็นเบตา คริสโตบาไลต์

(Beta Cristobalite) เกิดการขยายตัวร้อยละ 3
น้ำที่อยู่ในลักษณะน้ำผลึกของดิน
(Chemically Combied Water)

ระเหยออกจากการเผาในระยะแรกจึงไม่เร่ง
อุณหภูมิให้สูงเร็วมากจนเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์
แตกเสียหายได้

400-900 องศาเซลเซียส สารประกอบของคาร์บอนถูกเผาหายไป เป็นแก๊ส
คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์

	เนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีสารเหล่านี้อยู่มาก ถ้าไม่สามารถ ได้ออกได้หมดในช่วงนี้ จะเกิดแกนดำในเนื้อผลิต- ภัณฑ์ หรือเกิดรูเริ่มบนผิวเคลือบได้ เหล็กไฟเวอร์ (FeS_2) จะแตกตัวให้ชัลเฟอร์ (Sulfur) ถ้าเผาเร็วเกินไป จะทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์บวม และบิดเบี้ยวได้
425–510 องศาเซลเซียส	น้ำผลักของดินจะหายออกไปทำให้โครงสร้าง ของดินเปลี่ยนไป
450–550 องศาเซลเซียส	แอลฟ่า ควอตซ์ (Alpha Quartz) เปลี่ยนไปเป็น เบتا ควอตซ์ (Beta Quartz) ทำให้เกิดการ ขยายตัว ร้อยละ 1
573 องศาเซลเซียส	แอลคาไลส์ (Alkalies) เริ่มหลอมตัวรวมกับซิลิกา เนื้อดินมีความพุดตัวมากขึ้นน้ำทุกชนิดในดิน จะหายหายไปหมด
780 องศาเซลเซียส	จะเกิดผลึกในเนื้อดิน และเนื้อดินจะจัดเรียงตัว ใหม่เกิดเป็นมูลไลเตอร์ (Mullite) ขนาดเล็กๆ หินฟันม้าในดินเริ่มหลอมละลาย
800 องศาเซลเซียส	ซิลิกาบางส่วนแตกตัวเป็นอิสระและเริ่มหลอม ละลายเป็นแก้ว ทำให้เนื้อดินแน่นขึ้น
950 องศาเซลเซียส	เกิดเป็นผลึกมูลไลเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น การเผา ถึงจุดสูงตัวความพุดตัวลดลง อีกห้องดิน เปลี่ยนไป น้ำหนักลดลง ขนาดเล็กลง
1,000–1,100 องศาเซลเซียส	การเผาถึงจุดสูงตัวที่สมบูรณ์ลูมิน่าทั้งหมด เปลี่ยนเป็นมูลไลเตอร์ และบางส่วนจะหลอม ละลายเป็นแก้ว ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงดีขึ้น
1,150 องศาเซลเซียส	
1,200–1,250 องศาเซลเซียส	
1,200 – 1,300 องศาเซลเซียส	

การรู้สึกขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยา และความเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในระหว่างการเผาตาม
ที่กล่าวมา ย่อมสามารถนำเอาไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์เคมีกิฟ ทำให้ลดการ
เสียหายไป

9. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพภายหลังการเผา

9.1 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การดูดซึมน้ำเป็นสมบัติที่จะช่วยให้เราทราบว่า เนื้อดินที่เรานำมาใช้นั้น เป็นดินที่ดีหรือไม่ หรือทำให้เราพิจารณาได้ง่ายขึ้น เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติที่สูงต่ำเพียงใด (Griffiths and Radford. 1965 : 38) ด้วย อาระยะพงษ์ (2538 : 18) กล่าวว่า น้ำหนักของ การดูดซึมน้ำ จะ สัมพันธ์กับความพรุนตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ ใน การดูดซึมน้ำมาก หรือน้อยนั้นสามารถบ่งบอกถึง อุณหภูมิการเผาผลิตภัณฑ์ขณะนั้นได้ว่าสูงหรือต่ำโดยการน้ำหนักของการแทนที่น้ำเข้าไปในรู พุ่นทำให้รูพรุนที่เปิดอิ่มตัวไปด้วยน้ำทำการแข็งไว้ระยะหนึ่งจนอิ่มตัวแล้วจึงนำไปซึ่งหน้าหัก การคำนวนหาปริมาณการดูดซึมน้ำทำได้ดังนี้ คือ (Rhodes. 1974 : 311)

9.1.1 ทำชิ้นทดลอง ให้มีขนาด $2 \times 5 \times 1.5$ เซนติเมตร

9.1.2 เพาชิ้นทดลองในอุณหภูมิที่กำหนด

9.1.3 นำชิ้นทดลองที่เผาแล้วมาซึ่งกำหนดและจดบันทึกไว้เป็นน้ำหนักดินที่แห้ง

9.1.4 นำชิ้นทดลองที่ซึ่งน้ำหนักแล้ว ไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ แช่ทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง

9.1.5 นำชิ้นทดลองขึ้นมาเช็ดที่ผิวให้แห้งด้วยผ้าหมวด และซึ่งน้ำหนักอีกครั้ง จดบันทึกไว้เป็นคำนวนหาค่าการดูดซึมน้ำ โดยใช้สูตร

9.1.6 น้ำหนักดินที่อิ่มตัว

$$\text{ร้อยละของ การดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักของ ดินที่อิ่ม ตัว} - \text{น้ำหนักดิน ที่แห้ง}}{\text{น้ำหนักดิน ที่แห้ง}} \times 100$$

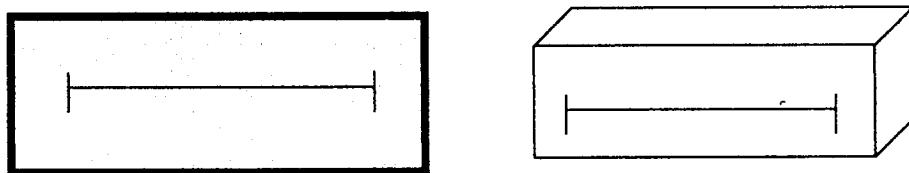
9.2 การทดสอบวิภัยหลังการเผา (Firing Shrinkage)

การทดสอบเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดของผลิตภัณฑ์ให้เล็กลง การทดสอบตัวของดินมีอยู่ 2 ระยะด้วยกัน คือ การทดสอบหลังจากการผิงแห้งและการทดสอบตัวภัยหลังการเผา การทดสอบตัวภัย หลังการเผา มีความสำคัญมาก เป็นคุณสมบัติที่ต้องทราบเพื่อจะนำมาใช้ในการผลิตว่าจะต้องเพิ่ม หรือขยายแบบอีกเท่าไรจึงจะได้ขนาดตามที่ต้องการ (มนูญ ประชานคดี. ม.บ.บ. : 20) และถ้าดิน มีการทดสอบมากจำเป็นต้องเผาอย่างช้าๆ และควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ มิฉะนั้นแล้วผลิตภัณฑ์ จะบิดเบี้ยว หรือแตกหักเสียหายได้ (มนูญ ประชานคดี. 2532 : 65) ตามปกติการทดสอบตัวของ

ผลิตภัณฑ์ เมื่อเผาเคลือบประมาณร้อยละ 10–20 ในส่วนผสมของเนื้อดินปืนที่มีหินพื้นมาก และหินเจี้ยวหินมานอยู่ด้วย จะจะหาดตัวน้อยกว่าเดิม (Nelson. 1984 : 13) วิธีการหาค่าการหาดตัวภายหลังการเผา ทำได้ดังนี้ คือ (Rhodes. 1974 : 311)

1. นำชิ้นทดลองให้มีขนาดดังนี้ ความกว้าง 2 เซนติเมตร ความยาว 5 เซนติเมตร ความสูง 1.5 เซนติเมตร ชิดเส้นยาว 4 เซนติเมตร เป็นความยาวดินเปียก
2. นำชิ้นทดลองไปปอกที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. นำชิ้นทดลองไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนดไว้
4. เมื่อเผาแล้ววัดความยาวของเส้นที่ชิดไว้ บนชิ้นทดลองอีกครั้ง จดบันทึกเป็นความยาวของดินที่เผาแล้ว
5. คำนวณการหาดตัวของเนื้อดินปืนภายหลังการเผา โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละของ การหาดตัวภายหลัง หลังการเผา} = \frac{\text{ความยาวของ ดินเปียก} - \text{ความยาวของ ดินหลังเผา}}{\text{ความยาวของ ดินเปียก}} \times 100$$



ภาพประกอบ 4 แสดงชิ้นทดลองการหาดตัวภายหลังการเผา

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุมพญ พงศ์ศักดิ์ศรี (2542 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองเรื่อง การทดลองเนื้อดินปืนไส้กรองน้ำเซรามิกส์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทดลองศึกษาเนื้อดินปืนไส้กรองน้ำเซรามิก จากส่วนผสมของ ไดอะทอยไมเตอร์ มีดินขาวะนอง อลูมีนา ไดโอลไมเตอร์ โดยมีผงถ่านละเอียดเป็นสารเพิ่มเติมทุกส่วนผสมร้อยละ 20 จะได้จำนวนส่วนผสมที่ต้องทดลอง จากตารางสีเหลี่ยมจัตุรัส 81 ส่วนผสม วิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ชั้นส่วนผสมที่ได้จากตารางสีเหลี่ยมจัตุรัส บดผสม ทำเป็นชิ้นทดลอง อบให้แห้งแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800, 850, 900, 950, 1,000 และ 1,050 องศาเซลเซียส ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพภายหลังการเผา ได้แก่ การดูดซึมน้ำ การหาดตัวภายหลังการเผา ได้แก่ การดูดซึมน้ำ การหาดตัวภายหลังการเผา คัดเลือกส่วน

ผสมที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด นำไปใช้รูปด้วยวิธีหล่อในพิมพ์ปูนปลาสเตอร์เป็นไส้กรองน้ำ ตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพไส้กรองน้ำ ได้แก่ การหาอัตราการกรองของน้ำที่ผ่านไส้กรองน้ำ วิเคราะห์คุณภาพน้ำ คุณลักษณะสี ความชุ่น โดย ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 9 จังหวัดพิษณุโลก วิเคราะห์คุณภาพน้ำ คุณลักษณะกลิ่น โดยการสูดกลิ่น

จากการดำเนินการทดลองปรากฏผลดังนี้ ส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ ส่วนผสมที่ 79 มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 78.30 ภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส มี ส่วนผสมคือ ไดอะทอยไมเตอร์ ร้อยละ 45 ดินขาวะนอง ร้อยละ 15 อะลูมินา ร้อยละ 35 ไดโลไมเตอร์ ร้อยละ 5 ผงถ่านและเชยิต ร้อยละ 20 ผลกระทบทดสอบประสิทธิภาพไส้กรองน้ำตัวอย่างที่ได้จากส่วนผสม ที่ 79 เมื่อทดสอบที่ความดันน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้วน้ำก่อนผ่านไส้กรองน้ำ มีค่าความชุ่น 58.8 หน่วยเอ็นทีyu และน้ำเมื่อผ่านไส้กรองน้ำแล้ว มีค่าสีน้อยกว่า 2 หน่วยแพลทินัม科比อัลต์ ค่าความชุ่น 10.37 หน่วยเอ็นทีyu และน้ำเมื่อผ่านไส้กรองน้ำ ค่าสี 5 หน่วยแพลทินัม科比อัลต์ มีค่าความชุ่น 0.04 หน่วยเอ็นทีyu กลิ่นไม่เป็นที่รังเกียจ มีอัตราการกรองเฉลี่ย 100.65 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรองน้ำเซรามิก เลขที่ นอก. 1420-2540

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

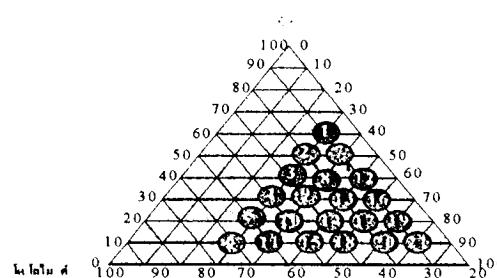
1. วัตถุดิบ
2. กลุ่มตัวอย่าง
3. ตัวแปรที่ศึกษา
4. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
5. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัย
6. สถานที่ทำการทดลอง
7. การดำเนินการวิจัย
8. ภาควิเคราะห์ข้อมูล

1. วัตถุดิบ

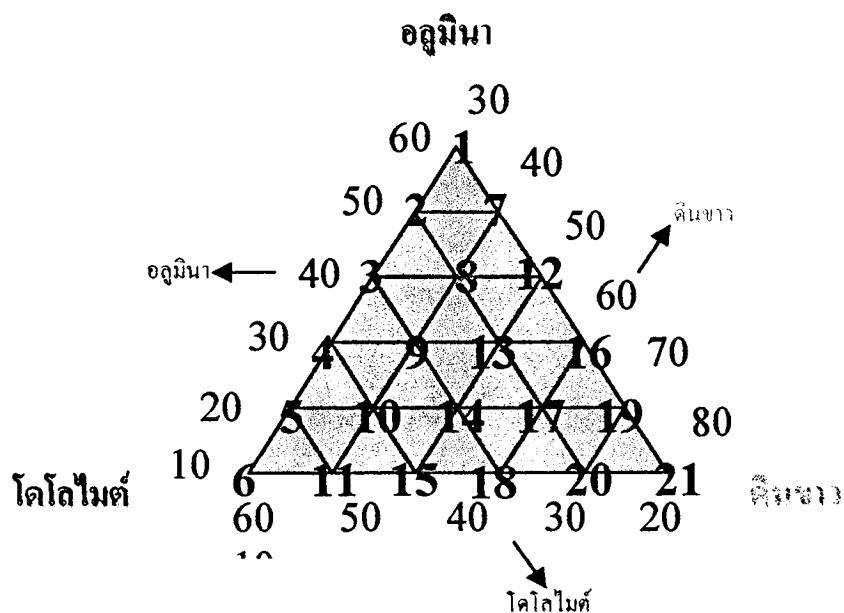
วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ดินขาวะนอง อลูมิเนียม โลไมร์

2. กลุ่มตัวอย่าง

ได้จากการสุ่มจากแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) ซึ่งได้สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ ดินขาวะนอง 30–80 % อลูมิเนียม 10–60 % และ โลไมร์ 10–60 % จำนวน 21 สัดส่วน ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ตารางสามเหลี่ยมแสดงส่วนผสมของเนื้อดินบัน



ภาพประกอบ 6 ตารางสามเหลี่ยมแสดงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นก่อรุ่มตัวอย่าง

จากตารางสามเหลี่ยมที่กำหนดไว้จำนวน 21 ส่วนผสม สามารถสรุปอกรากเป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้นได้ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้น

ลักษณะ	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
	ดินขาวะนอง	อคูมีนา	เดโลไมต์
1	30	60	10
2	30	50	20
3	30	40	30
4	30	30	40
5	30	20	50
6	30	10	60
7	40	50	10
8	40	40	20
9	40	30	30
10	40	20	40

ตาราง 9 (ต่อ)

สูตรที่	วัตถุคิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
	ดินขาวะนอง	อุดมนา	โคลโนไมต์
11	40	10	50
12	50	40	10
13	50	30	20
14	50	20	30
15	50	10	40
16	60	30	10
17	60	20	20
18	60	10	30
19	70	20	10
20	70	10	20
21	80	10	10

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

3.1.1 สัดส่วนของวัตถุคิบที่เปลี่ยนแปลง

3.1.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา ใน บรรยายการแบบออกแบบชีเดือน 3 ช่วงอุณหภูมิ คือ

3.1.2.1 ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

3.1.2.2 ที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส

3.1.2.3 ที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 ค่าการดูดซึมน้ำ

3.2.2 ค่าการหดตัว

4. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยด้วยวิธีการทดลอง ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่ ดังนี้

1. วัสดุ ได้แก่

1.1 ตินขาวะนอง

1.2 อลูมิն่า

1.3 โลไมต์

1.4 ปูนปลาสเตอร์

1.5 แก๊ส

2. อุปกรณ์ ได้แก่

2.1 พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

2.2 ถังพลาสติก

2.3 เตาไฟฟ้า

2.4 ลวดทอนความร้อน

2.5 เครื่องชั่งไฟฟ้า

2.6 หม้อบดขนาดเล็ก

2.7 เครื่องวัดอุณหภูมิ

2.8 เครื่องทดสอบความแข็งแรง

2.9 ตะแกรงร่อน

5. ระยะเวลาในการทำวิจัย

ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2542 – มิถุนายน 2543

6. สถานที่ทำการทดลองวิจัย

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเชรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพิบูล
สังคرام

7. การดำเนินการวิจัย

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นไส้กรองน้ำภายหลังการเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองต้องแห้งที่อุณหภูมิห้อง
2. ชั่งวัตถุดิบตามส่วนผสมที่ได้จากตารางสามเหลี่ยม ตามตาราง 1 ส่วนผสม ๆ ละ 500 กรัม
3. นำส่วนผสมที่ได้บดผสมในหม้อบดขนาดเล็กแบบบดเปียก ส่วนผสมละ 6 ช้อนไมงกรองผ่านตะแกรง 200 เมช
4. นำส่วนผสมที่ได้ขึ้นรูปเป็นแท่งทดลอง โดยวิธีการอัด ในแบบพิมพ์ปูนพลาสเตอร์ ส่วนผสมละ 3 ช้อน
5. นำชิ้นทดลองที่ได้ทั้งหมดอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. นำชิ้นทดลองเผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิที่กำหนด ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน
7. นำชิ้นทดลองออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
8. นำชิ้นทดลองไปทดสอบทางกายภาพ ภายหลังการเผา ได้แก่ การดูดซึมน้ำ การหดตัว และความแข็งแรง บันทึกผลการทดสอบ
9. คัดเลือกด้วยร่างที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมากมาทำการขึ้นรูปเป็นไส้กรองน้ำทำการเผาและทดสอบการกรองและคุณภาพของน้ำ

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองครั้งนี้ได้นำสูตรมาใช้คำนวนหาคุณสมบัติทางกายภาพ ภายหลังการเผาของเนื้อดินปั้นและวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. การหาค่าการดูดซึมน้ำ

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

2. การหาค่าการทดสอบตัวน้ำ

$$\text{ร้อยละของการทดสอบ} = \frac{\text{ความเยาว์ดินเปียก} - \text{ความเยาว์ของดินหลังเผา}}{\text{ความเยาว์ของดินเปียก}} \times 100$$

3. การทดสอบประสิทธิภาพไส้กรองน้ำเซรามิกส์ โดยมีการทดสอบ 2 ขั้นตอนดังนี้

1. หาอัตราการกรองของน้ำที่ให้ผลผ่านไส้กรองน้ำ ตามขั้นตอนดังนี้
 - 1.1 ประกอบไส้กรองน้ำด้วยย่าง เข้ากับอุปกรณ์เครื่องกรองน้ำ
 - 1.2 เปิดน้ำให้ไหลผ่านเครื่องกรองน้ำและปล่อยให้น้ำกรองไหลทิ้งเป็นเวลา 10 นาที จดบันทึกค่าความดันน้ำ
 - 1.3 ปล่อยน้ำให้ไหลผ่านเครื่องกรองน้ำ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
 - 1.4 ชั่งน้ำที่ได้และจดบันทึกอัตราการกรองเป็น ลิตร/ชั่วโมง
2. วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ตามขั้นตอนดังนี้
 - 2.1 นำน้ำประปาบรรจุในภาชนะ ปิดฝาให้สนิทแล้วปิดช่องให้เรียบร้อย
 - 2.2 ตัวอย่างน้ำประปางานวิเคราะห์ผล เกี่ยวกับ สี และ ความชุ่นโดยศูนย์อนามัย สังเวยดลล้มเขต 9 จังหวัดพิษณุโลก บันทึกการรายงานผลการวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับน้ำก่อนผ่านไส้กรองน้ำ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพภายหลังการเผา

การทดสอบสมบัติทางกายภาพภายหลังการเผา ได้แก่ ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการหดตัวภายหลังการเผา ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ ได้ตามตาราง 10-12

ตาราง 10 แสดงค่าการหดตัวภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 950, 1,050 และ 1,150 องศาเซลเซียส

ลักษณะ	ผลการทดสอบค่าการหดตัวภายหลังการเผา (%)		
	950 องศาเซลเซียส	1,050 องศาเซลเซียส	1,150 องศาเซลเซียส
1	0	1	0.5
2	0	0	0.5
3	0	0	0.5
4	1	0	0
5	1	0	0.5
6	0	0	0
7	0	0	3
8	0	0	0.5
9	0	1	3
10	1	1	1.5
11	1	3	0.5
12	0	0	3
13	0	0	2.5
14	1	2	2
15	1	4	3.6
16	1	5	3
17	1	4	3
18	2	3	5.5
19	1	4	5
20	2	4	4
21	2	5	6.5

ตาราง 11 แสดงค่าการดูดซึมน้ำภายในหลังการเผาที่อุณหภูมิ 950, 1,050 และ 1,150 องศาเซลเซียส

ลูตรที่	ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ		
	ภายในหลังการเผา (%)		
	950 องศา เซลเซียส	1,050 องศา เซลเซียส	1,150 องศา เซลเซียส
1	40.9	42.6	42.9
2	45.1	44.9	44.6
3	43.1	43.7	43.6
4	42.2	48.8	52.1
5	45.7	49.8	53.7
6	44.4	50.0	55.9
7	40.8	41.5	43.1
8	40.7	42.0	39.3
9	37.2	43.1	39.1
10	40.7	45.7	43.3
11	41.3	38.5	45.9
12	38.9	45.3	41.2
13	35.8	44.0	45.8
14	38.4	40.1	39.9
15	41.4	50.7	52.6
16	41.8	41.6	34.6
17	36.2	36.1	35.9
18	47.0	40.4	44.3
19	33.2	35.4	31.7
20	36.5	35.9	35.5
21	35.4	35.5	30.9

ผลการทดสอบประสิทธิภาพไส้กรองน้ำเซรามิกส์

1. ผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำผ่านไส้กรองเซรามิกส์ ดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำผ่านไส้กรองเซรามิกส์

ความดันน้ำ (ปอนด์/ตารางนิวตัน)	อัตราการไหลผ่านไส้กรอง (ลิตร/ชั่วโมง)
15	55.8
40	110.2

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ จากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำที่ผ่านไส้กรองเซรามิกส์ มีค่าสีและค่าความชุ่มตามเกณฑ์คุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO) (ปี2527) ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

ตัวอย่างน้ำ	ค่าสี (แพลตตินัมโคลอลท์)	ค่าความชุ่ม (เอ็นทียู)
เกณฑ์คุณภาพน้ำดื่ม ของWHO(ปี2527)	15	5
น้ำก่อนการกรอง	5	1.29
น้ำที่ผ่านไส้กรอง	5	0.03

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายของงานวิจัย

เพื่อศึกษาเนื้อดินบั้นไส้กรองน้ำจากส่วนผสมของ ดินขาวะนอง อลูมิเน่ ไดโลไมต์

ความสำคัญของงานวิจัย

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ ใช้เป็นข้อมูลสำหรับงานวิจัยทางด้านเนื้อดินบั้น การศึกษาทางด้านเชรามิกส์ และสามารถนำไปผลิตไส้กรองน้ำเชรามิกส์ในระบบอุตสาหกรรมได้

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ ไว้ดังนี้ คือ

1. วัตถุดิน ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ดินขาวะนอง อลูมิเน่ และไดโลไมต์
2. กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ส่วนผสมของ ดินขาวะนอง อลูมิเน่ ไดโลไมต์ จากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) จำนวน 21 ส่วนผสม
3. ตัวแปร การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรที่ศึกษาไว้ดังนี้

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

- 3.1.3 ส่วนผสมของ ดินขาวะนอง อลูมิเน่ และไดโลไมต์
- 3.1.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา บรรยายกาศแบบออกซิเดชัน ได้แก่
 - 3.1.2.1 ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส
 - 3.1.2.4 ที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส
 - 3.1.2.5 ที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

- 3.2.1 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ภายหลังจากการเผา
- 3.2.3 การหดตัว (Firing Shrinkage) ภายหลังจากการเผา

การดำเนินการวิจัย

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นไส้กรองน้ำภายหลังการเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองต้องแห้งที่อุณหภูมิห้อง
2. ชั่งวัตถุดิบตามส่วนผสมที่ได้จากตารางสามเหลี่ยม ตามตาราง 1 ส่วนผสม ๆ ละ 500 กรัม
3. นำส่วนผสมที่ได้บดผสมในหม้อบดขนาดเล็กแบบบดเบี้ยก ส่วนผสมละ 6 ช้อนไม้กรองผ่านตะแกรง 200 เมซ
4. นำส่วนผสมที่ได้ขึ้นรูปเป็นแท่งทดลอง โดยวิธีการอัด ในแบบพิมพ์ปูนพลาสเตอร์ ส่วนผสมละ 3 ช้อน
5. นำชิ้นทดลองที่ได้ทั้งหมดอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. นำชิ้นทดลอง เผาในเตาไฟฟ้าตามอุณหภูมิที่กำหนด ในบรรยายักษณะแบบอุกอาจเดือน
7. นำชิ้นทดลองออกจากการเผาที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
8. นำชิ้นทดลองไปทดสอบทางกายภาพภายหลังการเผา ได้แก่ การดูดซึมน้ำและการหดตัว
9. คัดเลือกตัวอย่างที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมากมาทำการขึ้นรูปเป็นไส้กรองน้ำทำการเผาและทดสอบการกรองและคุณภาพของน้ำ

สรุปผลการวิจัย

การดูดซึมน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

950 องศาเซลเซียส สูตรที่ 19 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 33.20 % และสูตรที่ 18 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด เท่ากับ 47.00 %

1,050 องศาเซลเซียส สูตรที่ 19 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 35.40 % และสูตรที่ 15 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด เท่ากับ 50.70 %

1,150 องศาเซลเซียส สูตรที่ 21 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 30.90 % และสูตรที่ 5 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับ 55.90 %

การหนดตัว ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

950 องศาเซลเซียส ส่วนมากแต่ละสูตรมีการหนดตัวค่อนข้างต่ำ คือ ระหว่าง 0-1 % และมีสูตรที่ 18, 20 และ 21 ที่มีค่าการหนดตัว 2%

1,050 องศาเซลเซียส สูตรที่ 2,3,5-8,12 และ 13 มีค่าการหนดตัวต่ำ คือ เท่ากับ 0 % และสูตรที่มีค่าการหนดตัวมากที่สุด คือ สูตรที่ 16 และ 21 เท่ากับ 5 %

1,150 องศาเซลเซียส สูตรที่มีค่าการหนดตัวน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 4 และ 6 เท่ากับ 0 % และสูตรที่มีค่าการหนดตัวมากที่สุด คือ สูตรที่ 21 เท่ากับ 6.5 %

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการกรองน้ำโดยการทดสอบอัตราการไหลของน้ำผ่านไส้กรองเซรามิกส์ ที่แรงดันน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิวตัน อัตราการไหลของน้ำ 55.25 ลิตร/ชั่วโมง และ ที่แรงดันน้ำ 40 ปอนด์/ตารางนิวตัน อัตราการไหลของน้ำ 112.5 ลิตร/ชั่วโมง ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำที่ผ่านไส้กรองเซรามิกส์ สีมีค่า 5 แพดติดนัมโคลบอต์ และความชื้นมีค่า 0.03 เอ็นทิพย์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำดื่มน้ำดื่มของ WHO(ปี2527)

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถอภิป่วยผลตามตัวแปรที่ศึกษาได้ดังนี้

การดูดซึมน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ 950 องศาเซลเซียส สูตรที่ 19 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 33.20 % และสูตรที่ 18 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด เท่ากับ 47.00 % ที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส สูตรที่ 19 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 35.40 % และสูตรที่ 15 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด เท่ากับ 50.70 % ที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส สูตรที่ 21 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 30.90 % และสูตรที่ 5 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับ 55.90 %นั้นจะเห็นได้ว่าค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 30.90-55.90 ซึ่งแสดงถึงรูปrunที่เกิดจากการระเหยของคาร์บอนที่อยู่ในโดโลไมต์ และไมเลกุลของน้ำที่ระเหยไปในช่วงอุณหภูมิตั้งกล่าว

การหนดตัว ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ส่วนมากแต่ละสูตรมีการหนดตัวค่อนข้างต่ำ คือ ระหว่าง 0-1 % และมีสูตรที่ 18, 20 และ 21 ที่มีค่าการหนดตัว 2% ที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส สูตรที่ 2,3,5-8,12 และ 13 มีค่าการหนดตัวต่ำ คือ เท่ากับ 0 % และสูตรที่มีค่าการหนดตัวมากที่สุด คือ สูตรที่ 16 และ 21 เท่ากับ 5 % ที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส สูตรที่มีค่าการหนดตัวน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 4 และ 6 เท่ากับ 0 % และสูตรที่มีค่าการหนดตัวมากที่สุด คือ สูตรที่ 21 เท่ากับ 6.5 %เห็นได้ว่าค่าการหนดตัวอยู่ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 0-6.5 ซึ่งแสดงถึงรู

พรุนที่เกิดจากการระเหยของคาร์บอนที่อยู่ในโลไมต์ และไม่เกิดขึ้นในน้ำที่ระเหยไปในช่วง อุณหภูมิตั้งแต่ไม่ส่งผลให้เกิดการหลอมตัวมากนัก เนื่องจากเนื้อดินยังไม่เกิดการหลอมเหลวนั้นเอง ทำ

การทดสอบประสิทธิภาพการกรองน้ำ ได้เลือกตัวอย่างที่ 5 สำนักน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ ที่ได้กรองน้ำเพื่ออุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบอัตราการไหลของน้ำ ผ่านไส้กรองเซรามิกส์ ที่แรงดันน้ำ 15 ปอนต์/ตารางนิ้ว อัตราการไหลของน้ำ 55.25 ลิตร/ชั่วโมง และที่แรงดันน้ำ 40 ปอนต์/ตารางนิ้ว อัตราการไหลของน้ำ 112.5 ลิตร/ชั่วโมง สำนักงานวิเคราะห์คุณภาพของน้ำที่ผ่านไส้กรองเซรามิกส์ สมค่า 5 แพลตตินัมโคบล็อก และความซุ่นมีค่า 0.03 เอ็นทีyu ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำดื่มขององค์กรอนามัยโลก (WHO) (ปี 2527)

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยที่วิเคราะห์ได้ตามตัวแปรที่ศึกษา ทั้ง 2 ด้าน นั้นจะพบว่ามีเนื้อดินปั้นที่สามารถพัฒนาเป็นไส้กรองน้ำได้หลายสูตร โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส สูตรที่ 5 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 55.94 มีค่าความหล่อร้อนร้อยละ 0.5 ถ้าได้มีการปรับปรุงโดย การเพิ่มเติม สารที่ช่วยให้มีความพรุนตัวเพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 30 ก็จะสามารถผลิตเป็นไส้กรองน้ำที่มีคุณภาพทั้งน้ำดื่มน้ำดื่ม เชิงพัฒนาทดลองประดิษฐ์เป็นเครื่องกรองน้ำเพื่อการใช้งานจริงต่อไป สำหรับคุณภาพของน้ำที่ผ่านการกรองนั้นควรทดสอบในทุกๆ รายการนั้นแสดงว่าจะต้องตั้งงบประมาณการวิจัยให้เพียงพอเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการทดสอบค่อนข้างสูงมาก

บรรณาธิการ

บรรณานุกรม

- กาญจนะ แก้วกำเนิด. น้ำเคลือบ. เชียงใหม่ : เอกสารประกอบการฝึกอบรมเซรามิกส์ ณ อาคารชิลเกตเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 16-30 เมษายน, 2532.
- โภมล รักษาวงศ์. วัสดุดินที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. นนทบุรี : โรงเรียนมาตรฐานเคาระห์, 2531.
- ตนัย อารยะพงษ์. (ผู้ควบรวม) "ความรู้พื้นฐานของการวัดและตรวจสอบคุณสมบัติวัสดุเซรามิกส์" การวัดสมบัติวัสดุเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการวัดสมบัติวัสดุเซรามิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 13-17 มีนาคม, 2538.
- ทวี พรมพฤกษ์. เครื่องปั้นดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอดี้ยนสโตร์, 2523.
_____. เค้าและภารเผา. กรุงเทพฯ : จเจริญการพิมพ์, 2525.
- ประศิทธิ์ แก้วฟุ้งรังษี. การทดลองหาประสิทธิภาพเนื้อดินปั้นประเภทสโตนแวร์ของดินเหนียวทะเลแก้ว จำเกอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก, 2538.
- ปรีดา พิมพ์ข้าว. เซรามิกส์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- มนูญ ประชันคดี. อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, ม.บ.ป.
- ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาภาคเหนือ. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิก. เอกสารวิชาการชุดที่ 1 กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. ม.บ.ป.
- สุรศักดิ์ ไกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2531.
- สุวิทย์ โมนะตระกูล. อรรถนิวัตยาท์ไว. กรุงเทพฯ : เจริญวิทย์การพิมพ์, 2515.
- จำพน วัฒนรังสรรค์. การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก. เอกสารประกอบการสัมมนาเทคโนโลยีเซรามิกส์. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กันยายน 2531.
- Fournier, Robert. Illustrated Dictionary of Practical Pottery. Newyork ; Van Vastrand Reenhold Company, 1977.
- Frank and Janet Hamer. The Pottery's Dictionary of Materials and Techniques. London ; A & C Black (publisher) Limited, 1997.
- Griffiths, R. and Radford C. Calculation in Ceramic. London : Maclaren and Sons, 1965.

Nelson, Glenn C. **Ceramics a Pottery's Hand Book.** New York : CBS. Colledge Publishing, 1984.

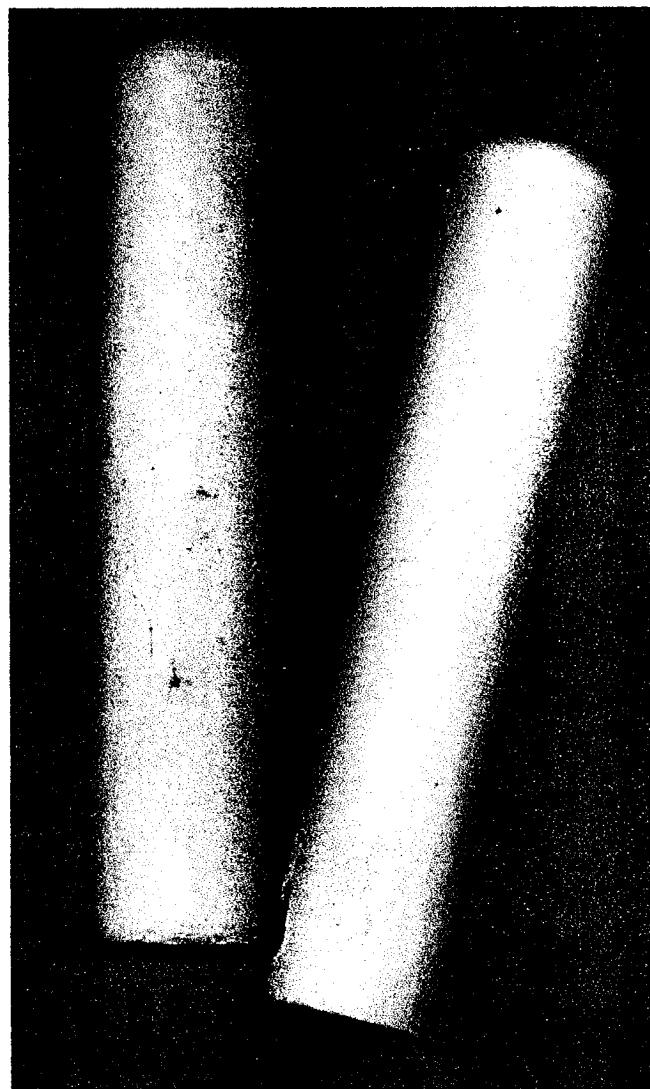
Norton F.H. **Element of ceramics.** United stated of America ; Addison wesley Publishing Company Inc., 1952.

Rhodes, Danial. **Clay and Glaze for the Potter.** Pennsylvania : Chilton Book Company, 1974.

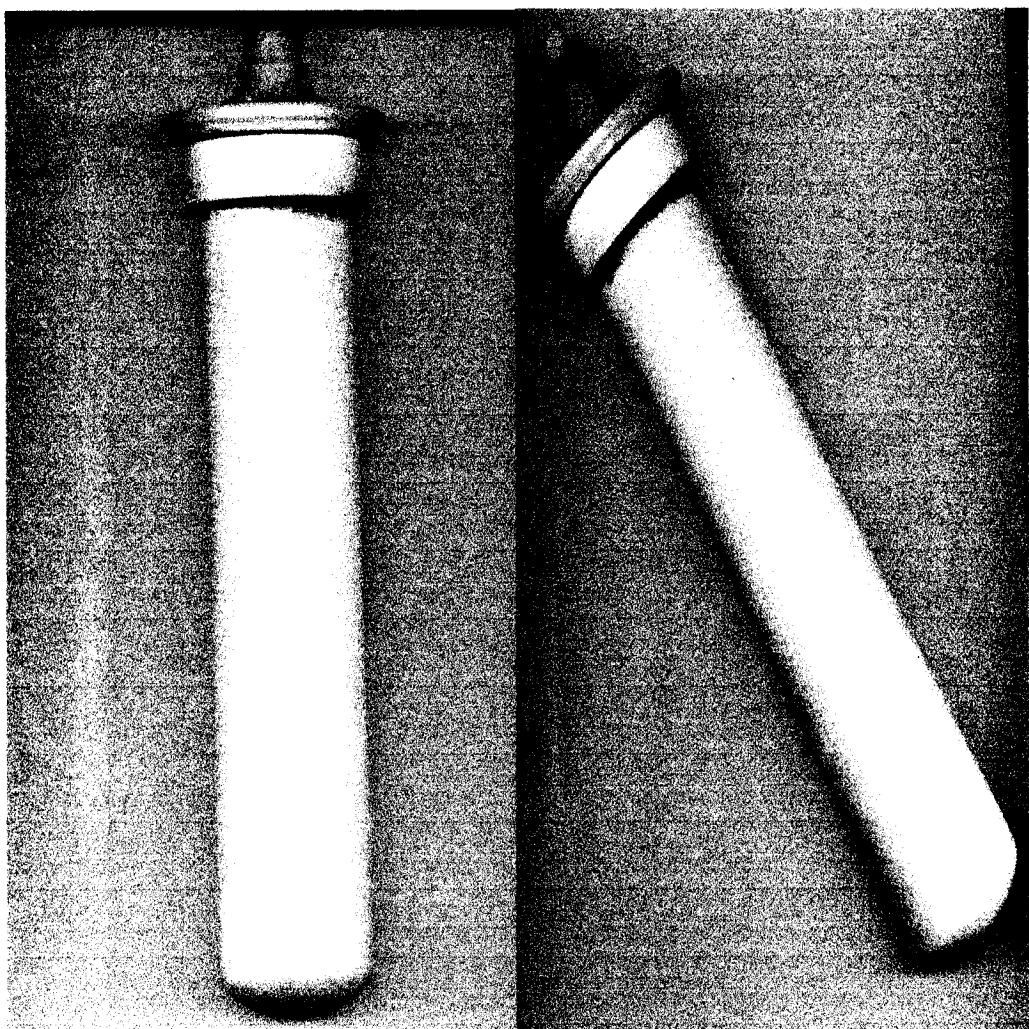
Rhodes, Danial. **Stoneware and porcelain the Art of High – Fired Pottery.** Pennsylvania ; Chilton Book Company, 1959.

Singer S. Sonja. **Industrial Ceramics.** London; Chapmen and hall LTD., 1960.

ภาคผนวก



ภาพประกอบ 7 แสดงร่องน้ำเขามิกส์ที่ผ่านการเผาแล้ว



ภาพประกอบ ๘ แสดงไส้กรองน้ำเซรามิกส์ที่ประกอบเสร็จพร้อมใช้งาน

ตาราง 14 แสดงรายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างน้ำบริโภค (2.01)

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างน้ำบริโภค (2.01)					
กทม.น้ำดื่มวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต.....					
ตัวอย่างที่	๙	ตัวอย่างที่รับทดสอบ	139/๔๔	ตัวอย่างที่ผู้ร้อง	
ที่น้ำที่ต้องการตรวจ	น้ำดื่ม	ประเภทน้ำ	น้ำดื่มน้ำอุ่น	ประเภทน้ำ	
ชื่อแหล่งน้ำที่ต้องการตรวจ	แม่น้ำเจ้าพระยา	สถานที่ตั้ง	จ.กรุงเทพฯ	จังหวัด	จ.กรุงเทพฯ
วันที่เก็บ	10/09/๒๕๖๗	วันที่รับ	10/09/๒๕๖๗	วันที่รับ	10/09/๒๕๖๗
เวลา	09:00	เวลา	10:00	เวลา	10:00
รายการและวิธีการวิเคราะห์	หน่วย	ผลการ ตรวจวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน ที่กำหนด WHO (ปี ๒๕๒๗)	วิธี การวิเคราะห์	ผล
ค่าคงที่ pH	-	-	6.5-8.5	Electrometric	
สี (Colour)	(สะท้อนสีน้ำเงินอมเทา)	5	16	Visual Comparison	
ความถ่วง (Turbidity)	(เรืองแสง)	1.09	5.0	Nephelometric	
ปริมาณสารเคมีที่ไม่สามารถระบุได้ทางกายภาพ (TDS)	(มก./ลบ.)	-	1,000	Gravimetric	
ความhardness	(Hardness)	(มก./ลบ.)	800	EDTA Titrimetric	
เหล็ก	(Fe)	(มก./ลบ.)	0.3	AAS (FLAME)	
แมกนีเซียม	(Mn)	(มก./ลบ.)	0.1	AAS (FLAME)	
กัมเมง	(Cu)	(มก./ลบ.)	1.0	AAS (FLAME)	
แมกนีเซียม	(Zn)	(มก./ลบ.)	5.0	AAS (FLAME)	
ตะกั่ว	(Pb)	(มก./ลบ.)	0.05	AAS (FLAME)	
โคโรบีน	(Cr)	(มก./ลบ.)	0.05	AAS (FLAME)	
แคดเมียม	(Cd)	(มก./ลบ.)	0.005	AAS (FLAME)	
สารฟูฟู	(As)	(มก./ลบ.)	0.05	AAS (Hydride-Generation)	
汞	(Hg)	(มก./ลบ.)	1.0	AAS (Hydride-Generation)	
ซัลฟิด	(SO ₄ ²⁻)	(มก./ลบ.)	400	Turbidimetric	
คลอรีน	(Cl ⁻)	(มก./ลบ.)	250	Argentometric	
ไนโตรเจน	(NO ₃ ⁻ as N)	(มก./ลบ.)	10	Auto-Cadmium Reduction	
ฟลูออไรด์	(F ⁻)	(มก./ลบ.)	1.5	Ion Selective Electrode	
ไบโอฟาร์บิลิตี้	(เรืองแสง/100 มล.)	-	0	MPN Technique	
ไบโอฟาร์บิลิตี้	(เรืองแสง/100 มล.)	-	0	MPN Technique	
หมายเหตุ : - น้ำดื่มน้ำดื่มน้ำที่ได้ตรวจสอบวิเคราะห์ที่ก้านน้ำ - ท่าน้ำดื่มน้ำที่ได้ตรวจสอบ - ท่าน้ำดื่มน้ำที่ได้ตรวจสอบวิเคราะห์ตามมาตรฐาน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากห้องปฏิบัติการเป็นทางเดียวที่ถูกต้อง					
ลงชื่อ...  (ลงชื่อและ ให้รับทราบ) ผู้ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ วันที่ ๒๕๐๙๒๕					

ตาราง 15 แสดงรายงานผลการตรวจเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านไส้กรอง

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้วยน้ำริบิก (2.01) กุญแจน้ำเรียบที่คุณภาพดีอย่างต่อเนื่อง ศูนย์อันดับสี่แห่งประเทศไทย						
ผู้รายงานที่.....	ผู้รับผิดชอบห้องทดลอง	138/14	ผู้รับผิดชอบผู้ลงนาม			
หน่วยงานที่.....	ศูนย์อันดับสี่แห่งประเทศไทย	ช. จังหวัดฯ	ประจำที่			
ชื่อผู้ลงนามที่.....	รายงานประจำ					
หมายเหตุเก็บตัวอย่างที่.....	จำนวน.....	วันที่.....	จำนวน.....	วันที่.....	จำนวน.....	วันที่.....
วันที่เก็บ..... 10.9.96. เวลา..... น. วันที่ลง..... 10.9.96. เวลา..... น. วันที่รับตัวอย่าง.....						
รายการและตัวชี้วิเคราะห์	หน่วย	ผลการตรวจวินิจฉัย	ค่าเทียบมาตรฐานคุณภาพสำหรับ WHO (ปี 2527)	วิธีตรวจวิเคราะห์	ผลที่ได้	
ค่าคงเด tam-pH	(pH)	-	6.5-8.5	Electrometric		
สี	(Colour)	(แพลตตินัมไนโตรเจน)	5	Visual Comparison		
ความขุ่น	(Turbidity)	(เรืองแสง)	0.03	Nephelometric		
ปริมาณสารแข็งที่ไม่ละลายในน้ำ (TDS)	(mg./L.)		1,000	Gravimetric		
ความกรวด	(Hardness)	(mg./L.)	500	EDTA Titrimetric		
เหล็ก	(Fe)	(un./a.)	0.3	AAS (FLAME)		
แมกนีเซียม	(Mn)	(un./a.)	0.1	AAS (FLAME)		
แมกนีเซียม	(Cu)	(un./a.)	1.0	AAS (FLAME)		
แมกนีเซียม	(Zn)	(un./a.)	5.0	AAS (FLAME)		
แมกนีเซียม	(Pb)	(un./a.)	0.05	AAS (FLAME)		
โคโรนิล	(Cr)	(un./a.)	0.05	AAS (FLAME)		
โคโรนิล	(Cd)	(un./a.)	0.005	AAS (FLAME)		
สารฟลูออรัส	(As)	(un./a.)	0.05	AAS (Hydride-Generation)		
ปรอต	(Hg)	(ppt./a.)	1.0	AAS (Hydride-Generation)		
ซัลฟัต	(SO ₄ ²⁻)	(un./a.)	400	Turbidimetric		
คลอรอไรด์	(Cl ⁻)	(un./a.)	250	Argentometric		
ไนเตรต	(NO ₃ ⁻ as N)	(mg./a.)	10	Auto-Cadmium Reduction		
ฟลูออยด์	(F ⁻)	(mg./a.)	1.5	Ion Selective Electrode		
โพลีฟลูออยด์เริบ		(เม็ดตื้อสีเขียว/100 ml.)	0	MPN Technique		
ฟลูออยด์เริบ		(เม็ดตื้อสีเขียว/100 ml.)	0	MPN Technique		
รายงานนี้ - รับรองโดยผู้อำนวยการที่ได้ตรวจวิเคราะห์ที่มากที่สุด - ผู้อำนวยการงานนี้ได้ประเมินว่าใช้เวลา - ห้องปฏิบัติฯ ได้รับการตรวจสอบและเพิ่มน้ำด้วยน้ำดี โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ดูแลปฏิบัติการเป็นรายเดือนต่อเดือน						
				ผู้ลงนาม.....	(นายชัยชาญ ใจดีมศก.)	๖๙
				(นายชัยชาญ ใจดีมศก.)		ผู้อำนวยการที่ได้ตรวจสอบและเพิ่มน้ำด้วยน้ำดี ห้องปฏิบัติฯ ได้รับการตรวจสอบและเพิ่มน้ำด้วยน้ำดี
						ผู้ลงนาม.....

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายนิวัตร พัฒนา

ประวัติการศึกษา

- 2519 ประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดโขดเขมาราม อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา
- 2523 มัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย
- 2528 คบ.อุตสาหกรรมศิลป์ (เครื่องปั้นดินเผา) จากวิทยาลัยครุพัฒนา
- 2534 กศ.ม.อุตสาหกรรมศิลป์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
- 2542 กำลังศึกษาระดับปริญญาเอก ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน

- 2528 อาจารย์ 1 ระดับ 3 วิทยาลัยครุพัฒนา สงเคราะห์ จ.พิษณุโลก
- 2535-2540 หัวหน้าภาควิชาหัตถศิลป์และอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครุพัฒนา สงเคราะห์ จ.พิษณุโลก
- 2540-ปัจจุบัน ประธานโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเชรามิกส์ และรักษาการรองคณบดีคณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม