

วทส ๗๙๘๓๔



การศึกษาคูณสมบัติดินในจังหวัดมหาสารคามเพื่อใช้งานทางด้านชมรมิก



นายนันทพงษ์ พลพวง

นายถานุภัทร รื่นเรืองฤทธิ์

นางสาวแก้วกานต์ บุญยะเพ็ญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขอสมุดสถาบันราชภัฏมหาสารคาม	
ฉบับที่.....	
วันที่รับ.....	3 ธ.ค. 2550
เลขที่.....	๓๐. ๓๒๓๓๗๒
เลขเรียกหนังสือ.....	๖๗๑.4 ๙๖๑๕๔๓ 2๕๕๐

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ปี พ.ศ. 2550

ดีท -- สอดศรีเกษม -- ๖๑๓

ดีท -- วนาสารคาม -- ๖๑๓.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือ จากอาจารย์ใน โปรแกรม วิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ด้วยดีในการใช้สถานที่ปฏิบัติงาน วัสดุดิบและเครื่องมือต่างๆ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่สนับสนุนด้าน ทุนวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นนทพงษ์ พลพวก และคณะ



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชื่อเรื่อง : การศึกษาคุณสมบัติดินในจังหวัดมหาสารคามเพื่อใช้งาน
ทางด้านเซรามิก

ผู้วิจัย : นายนนทพงษ์ พลพวก
: นายภานุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์
: นางสาวแก้วกานต์ บุญยะเพ็ญ

แหล่งอุดหนุนทุนวิจัย : สถาบันวิจัยและพัฒนา

ปีที่ทำวิจัย : 2550

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาคุณสมบัติของดินในจังหวัดมหาสารคามและความเป็นไปได้ในการนำดินจากแหล่งต่างๆ ภายในจังหวัดมหาสารคาม มาใช้งานด้านเซรามิก ดินที่นำมาศึกษามี 4 แหล่ง คือ ดินห้วยคะคาง ดินหนองนกเป็ด ดินเชียงยืน และดิน โโกสุมพิสัย โดยการเก็บตัวอย่างจำนวนหนึ่ง มาวิเคราะห์สมบัติเฉพาะ และศึกษาสมบัติก่อนเผาและหลังเผาของดิน ได้แก่ การหดตัว ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ สีดิน ซึ่งจากการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของดิน ทำให้สามารถเลือกใช้ดินแต่ละชนิดสำหรับผลิตภัณฑ์ทางด้านเซรามิกได้อย่างเหมาะสม

Title : Characterization Mahasarakham Clay for Ceramic
Application

Author : Mr. Nonthaphong Phonphuak
: Mr. Phanuwat Reonruangrit
: Miss. Kaewkam Boonyapen

Institute : Research and Development Institute

Year : 2007



ABSTRACT

This study aims at the investigation characterization of clay in Mahasarskham and its potential use in ceramics. It focuses on four kinds namely, Huoy-khaklang, Nong-nukped, Chiangyuen, and Kosupisai, These clays are analyzed and studied on their specific properties both before and after firing processes such as shrinkage, strength, water absorption, color. From the study of all clay properties, the specific clay can be selected for the appropriations.

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทที่

1	บทนำ.....	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
	1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	2
	1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
	2.1 ดินและแร่ดิน.....	4
	2.2 วัตถุประสงค์ในการเตรียมเนื้อดินเซรามิก.....	5
	2.3 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของแร่ดินเค โอลิไนท์.....	10
	2.4 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของควอทซ์.....	12
	2.5 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเฟลด์สปาร์.....	14
	2.6 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อดินปั้น.....	15
	2.7 การศึกษาและการปรับปรุงเนื้อดิน.....	18
3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	20
	3.1 การเตรียมดิน.....	20
	3.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ.....	20
	3.3 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล.....	24
	3.4 แผนการดำเนินงาน.....	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
4 ผลการทดลอง.....	25
4.1 ผลการทดสอบทางกายภาพ.....	25
4.1.1 การทดสอบความเหนียว.....	25
4.1.2 การทดสอบการหดตัว.....	29
4.1.3 การทดสอบความพูนตัว.....	30
4.1.4 การทดสอบความทนไฟ.....	32
4.1.5 การทดสอบความแข็งแรง.....	33
4.1.6 สีของเนื้อดิน.....	35
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	37
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	37
5.2 ข้อเสนอแนะและนำไปใช้.....	37
5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในโอกาสต่อไป.....	38
บรรณานุกรม.....	39

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อดินปั้นชนิด ไตรแอกเซียลหลังเผา...	15
3.1 ร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มความเหนียวของดินแบบกว้าง.....	21
3.2 ร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มความเหนียวของดินแบบแคบ.....	21
4.1 ผลการทดลองของการใช้น้ำเป็นส่วนผสมของดินแบบกว้างๆ.....	26
4.2 ร้อยละของการใช้น้ำที่เพิ่มช่วงความถี่มากขึ้นและ ผลของการม้วนเส้นดินเป็นรูปวงกลม.....	27
4.3 สรุปผลของการทดสอบความเหนียวของดิน โดยการใช้น้ำเป็นส่วนผสม....	28
4.4 ค่าการหดตัวของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผา.....	29
4.5 ค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินหลังการเผา.....	30
4.6 ค่าความโค้งงอของเนื้อดินหลังเผา.....	32
4.7 ค่าความแข็งแรงของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆ.....	33
4.8 สีของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน.....	36

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่	
2.1 แสดงโครงสร้างผลึกของเคโอลิไนท์.....	5
2.2 โครงสร้างของเคโอลิไนท์.....	6
2.3 ภาพด้านข้างแสดงการจับกันของชั้นเตตระฮีดรอลของซิลิกา กับชั้นออกตะฮีดรอลของกิบไซต์.....	7
2.4 ผลการวิเคราะห์ DTA แสดงการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน ของดินชนิดต่างๆ.....	12
2.5 โครงสร้างผลึกของคริสโตบาไลต์.....	13
2.6 (ก) แสดงรูปร่างของเบตาควอทซ์ (ข) แสดงรูปร่างของอัลฟาควอทซ์.....	14
2.7 แสดงลักษณะของผลึกมัลไลต์.....	17
3.1 (ก) การวางแท่งทดสอบก่อนการเผา (ข) การวัดความโค้งงอหลังการเผา....	23
4.1 กราฟแสดงร้อยละการหดตัวของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผาที่อุณหภูมิ ต่างๆ.....	30
4.2 กราฟแสดงร้อยละการดูดซึมน้ำของเนื้อดินหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ.....	31
4.3 การโค้งงอของดินหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ.....	33
4.4 กราฟแสดงความแข็งแรงของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผา.....	35

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศ แม้ไม่ได้เป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้สูงสุดหรือเป็นอุตสาหกรรมชั้นนำ แต่เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มการส่งออกของผลิตภัณฑ์เซรามิกมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นมาตลอด โดยในปี พ.ศ. 2546 มีมูลค่าส่งออก 21,858.9 ล้านบาท ขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2545 ที่มีมูลค่าส่งออก 20,878 ล้านบาท ในอัตราร้อยละ 4.70 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญกับการส่งออก ได้แก่ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้องปูพื้น นูฟนัง และของชำร่วยเครื่องประดับ (ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2548) ทั้งยังมีศักยภาพในการแข่งขันด้านการผลิตและการตลาดกับประเทศอื่นๆ ได้ อุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก มีแหล่งผลิตกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ จากสถิติข้อมูลโรงงานเซรามิกของกรมโรงงานอุตสาหกรรมเมื่อปี พ.ศ. 2544 มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกที่จดทะเบียนทั่วประเทศมากกว่า 360 โรงงาน และในเขตภาคเหนือมีจำนวนโรงงานมากที่สุดประมาณ 260 โรงงาน อยู่จังหวัดลำปาง เชียงใหม่ และเชียงราย (ศูนย์สารสนเทศ กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2544)

จังหวัดมหาสารคาม เป็นอีกสถานที่หนึ่งที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกโดยเป็นที่รู้จักกันในชื่อของ “บ้านหม้อ” ตั้งอยู่ที่หมู่ 11 ต.เขวา อ.เมือง จ.มหาสารคาม มีอาณาเขตติดต่อกับหมู่บ้าน และสถานที่สำคัญดังนี้ทิศเหนือ ติดห้วยคดค้าง ต.แก้ง อ.เมือง จ.มหาสารคาม ทิศใต้ ติดถนนแจ้งสนิท ทิศตะวันออก ติดบ้านตัว ต.เขวา อ.เมือง จ.มหาสารคาม ทิศตะวันตกติด บ้านแมค อ.เมือง จ.มหาสารคาม บ้านหม้อได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทหม้อดินเผา โอ่งน้ำดินเผา ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่ทำเครื่องปั้นดินเผาสำหรับการส่งขายทั้งในตัวจังหวัดและต่างจังหวัด บ้านหม้อมีจำนวนประชากร 237 หลังคาเรือน ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลักคือการทำนาส่วนอาชีพเสริมคือการทำหม้อ เพื่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้นวัตถุดิบหรือแหล่งดินที่นำมาใช้มีสมบัติที่ตีเหมาะแก่การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนและการปั้นอิสระได้เป็นอย่างดี สีของเนื้อดินเป็นสีน้ำตาลดำ และสีเทาเนื้อดินละเอียดมีทรายปนบ้างเล็กน้อย

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นโดยผู้วิจัย พบว่า ปัจจุบันได้มีการผลิตเซรามิกของกลุ่มชาวบ้านที่อยู่ในพื้นที่ตำบลเขวา อ.เมือง จ.มหาสารคาม เพื่อเป็นการสร้างอาชีพและรายได้ตลอดจน

เพื่อเป็นการฟื้นฟูและเผยแพร่ศิลปะของบรรพบุรุษให้คงอยู่ต่อไป ดังนั้นหากมีการศึกษาและสำรวจแหล่งดินในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามเพื่อนำมาใช้งานทางด้านเซรามิกก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งและยังเป็นการนำวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิก ซึ่งนอกจากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแล้วยังพบว่า ยังมีแหล่งดินอีกหลายแห่งในจังหวัดมหาสารคามที่ยังไม่ได้มีการศึกษานำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก หากได้มีการศึกษาและสำรวจแหล่งดินก็อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำดินจากแหล่งอื่นในจังหวัดมหาสารคามมาใช้งานด้านเซรามิกนอกเหนือจากบ้านหม้อก็เป็นได้

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาและวิเคราะห์ทดสอบเนื้อดินทั้งทางเคมี ทางกายภาพ และศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาค เพื่อเป็นข้อมูลขั้นต้นที่จะนำไปสู่การการปรับปรุงสมบัติของแหล่งดินในจังหวัดมหาสารคามให้ได้เนื้อดินปั้นที่ดีมีความเหนียวง่ายต่อการขึ้นรูป อันจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ผลิตเซรามิกในกลุ่มบ้านหม้อ และเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงสมบัติของเนื้อดินจากแหล่งอื่นๆ ให้มีสมบัติที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาให้ทราบถึง สมบัติทางกายภาพของดินจากแหล่งดินในจังหวัดมหาสารคาม

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงแหล่งของดินที่สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกนอกเหนือจากบ้านหม้อ
2. การใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น

นิยามศัพท์เฉพาะ

เนื้อเซรามิกส์ หมายถึง การนำวัตถุดิบตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป มาผสมเข้าด้วยกันตามสัดส่วน โดยมีเป้าหมายที่แน่นอนว่าจะทำผลิตภัณฑ์ชนิดใด ทั้งนี้เพื่อให้เนื้อเซรามิกส์มีสมบัติถูกต้องและมีคุณภาพดีตามต้องการ (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523)

ดินขาว เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมเซรามิก แต่ความเข้าใจการนำมาใช้งานอาจจะไม่ถูกต้องมากนัก ดินขาวเรียกตามลักษณะของดินที่เป็นสีขาว ในทางวิชาการดินขาวหมายถึงดินที่ประกอบด้วยแร่เคลโอไลไนต์ (Kaolinite) เป็นแร่หลัก นั่นหมายความว่า ถึงแม้ว่าดินจะดูมีสีขาวก็ตามแต่ถ้าแร่หลักไม่ใช่เคลโอไลไนต์แล้วก็นับว่าไม่เป็นดินขาว ตามทฤษฎีของแร่ดิน

ดินเหนียว เป็นดินที่เกิดจากการสะสมตัวที่เกิดจากการพัดพามาจากน้ำ ทางวิชาการจัดอยู่ในพวกดินลำดับที่สอง (Secondary clay) ทำให้มีความละเอียดของเนื้อดินมาก มีปริมาณ

สารอินทรีย์สะสมอยู่มาก ทำให้เกิดสีเข้ม ในการทำเหมืองดินเหนียวในประเทศอวกฤษยุคแรกจะใช้การปั้นดินเหนียวเป็นก้อนกลมเอเสดวกในการเก็บและขนย้ายทำให้เกิดชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Ball Clay

การทดสอบทางกายภาพ หมายถึง การพิจารณาลักษณะของวัตถุคิบ โดยใช้คุณสมบัติที่สามารถจับต้องได้ วัดได้ง่าย เช่น การใช้สายตาตรวจสอบ หรือ การใช้ความรู้สึกสัมผัส เป็นต้น



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดินและแร่ดิน

ดินและแร่ดิน เป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกตไฮเดรต (Aluminum silicate hydrate) เมื่อมีความชื้นหรือไอน้ำจะมีความเหนียว (Plasticity) เมื่อแห้งจะยังคงรักษารูปทรงเดิม และเมื่อนำไปเผาจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Frank and Janet, 1975) ดินมีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละแหล่งทั้งในด้านโครงสร้างผลึกของดินและสมบัติทางกายภาพหลังการเผา เช่น สี การหดตัว ความแข็งแรง และความทนไฟ (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541) ดินได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมายหลายด้าน เช่น ในการเกษตรกรรม สิ่งแวดล้อม และทางด้านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเซรามิกที่ต้องใช้ดินในการผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร กระเบื้อง สุขภัณฑ์ เครื่องประดับตกแต่ง และอื่นๆ ซึ่งดินที่นำมาใช้สามารถจำแนกออกได้ ดังนี้ 3

2.1.1 จำแนกตามแหล่งกำเนิด (Frank and Janet, 1975)

ดินที่เกิดในแหล่งภูเขาหรือดินปฐมภูมิ (Primary or Residual Clay) เกิดจากหิน ฟิน้ำหรือเฟลด์สปาร์ที่ผุร่อนทับถมกันอยู่โดยไม่ได้เคลื่อนย้ายไปจากแหล่งเดิม มีความบริสุทธิ์สูง เมื่อดินมีขนาดใหญ่ มีความเหนียวน้อย ได้แก่ ดินเคโอลิน (China Clay)

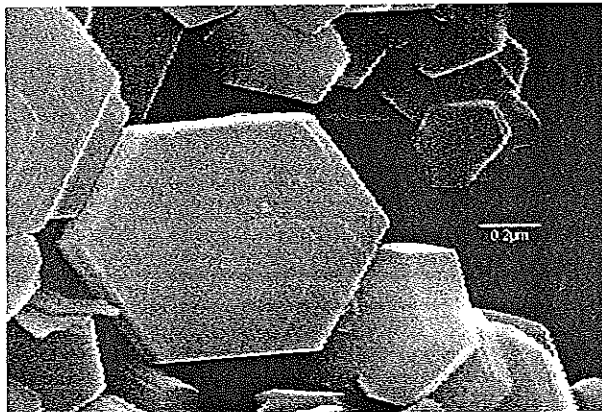
ดินที่เกิดในที่ราบลุ่มหรือดินตะกอน (Secondary or Sedimentary Clay) เกิดจากอนุภาคดินในแหล่งต้นกำเนิดเดิมที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งเดิมโดยกระแสน้ำไปตกตะกอนรวมกับอินทรีย์สารและแร่ธาตุอื่น ดินจะมีความละเอียดและเหนียวกว่าดินในแหล่งเดิมแต่ไม่บริสุทธิ์ ทำให้ดินมีสีที่ต่างกัน เช่น สีเทา สีครีม และสีน้ำตาล

2.1.2 จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของผลึกและพันธะทางเคมี ดังนี้ (Georges, 1970 : 2-13)

แรกลุ่มเคโอลิไนท์ (Kaolinite Group) กลุ่มนี้ประกอบด้วยแร่ดินหลายชนิดคือ เคโอลิไนท์ (Kaolinite) ผลึกมีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยม (ภาพที่ 2.1) เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ โครงสร้างของผลึกประสานกันแข็งแรงแร่อื่นไม่สามารถแทรกเข้าไปในโครงสร้างของผลึกได้ แร่ดินเคโอลิไนท์จึงมีความบริสุทธิ์มาก

ฮอลลอยไซต์ (Halloysite) มีโครงสร้างต่างจากแร่เคโอลิไนท์ คือผลึกที่เป็นแผ่นเกิดการม้วนตัวเป็นหลอด โครงสร้างของผลึกเกิดการเรียงตัวไม่เป็นระบบ เป็นดินขาวที่มีความ

เหนียวแต่มีความบริสุทธิ์ที่น้อยกว่าเคลโอไลน์ท์ นอกจากนี้ยังมีแร่ที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดิกไคท์ (Dickite) นาไครท์ (Nacrite) และเซอร์เพนไทน์ (Zerpentine)



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างผลึกของเคลโอไลน์ท์ (Queensland University of Technology, : www.sci.qut.edu.au/profiles/frost/)

แร่กลุ่มไมกา (Mica Group) แร่กลุ่มนี้มีโครงสร้างที่ต่างจากเคลโอไลน์ท์โดยสิ้นเชิง คือในโครงสร้างผลึกจะมีแร่อื่นเข้ามาแทรกอยู่ในระหว่างผลึก เช่น โพแทสเซียม โซเดียม จึงทำให้มีจุดหลอมละลายที่ต่ำกว่าแร่เคลโอไลน์ท์บริสุทธิ์ แร่ที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ไพโรฟิลไลท์ (Pyrophyllite) อิลไลท์ (Illite) และมัสโคไวท์ (Muscovite)

แร่กลุ่มมอนท์มอริลโลไนท์ (Montmorillonite) เป็นแร่ที่มีโครงสร้างผลึกที่ไม่แน่นอน ขนาดอนุภาคของผลึกมีความละเอียดมาก โครงสร้างของผลึกแตกต่างกันอย่างหลวมๆจึงทำให้น้ำ อินทรีย์สาร และแร่ธาตุสามารถแทรกเข้าไปตามชั้นของผลึกได้ ทำให้ไม่บริสุทธิ์ แต่มีความเหนียวสูง

นอกจากนี้ยังมีแร่กลุ่มอื่นๆเช่น แร่กลุ่มคลอไรท์ (Chlorite Group) แร่กลุ่มเวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite Group) และแร่กลุ่มพาลิโกร์สไกท์ (Palygorskite Group)

2.2 วัตถุประสงค์ในการเตรียมเนื้อดินเซรามิก

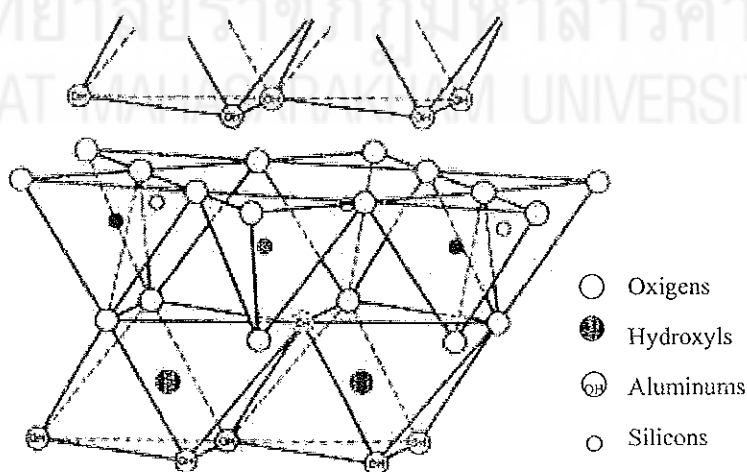
วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการเตรียมเนื้อดินเซรามิกหรือที่เรียกว่าเนื้อดินปั้นนิยมนำแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ ดิน ตัวหลอมละลาย และตัวทนไฟ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์, 2541)

2.2.1 ดิน (Clay)

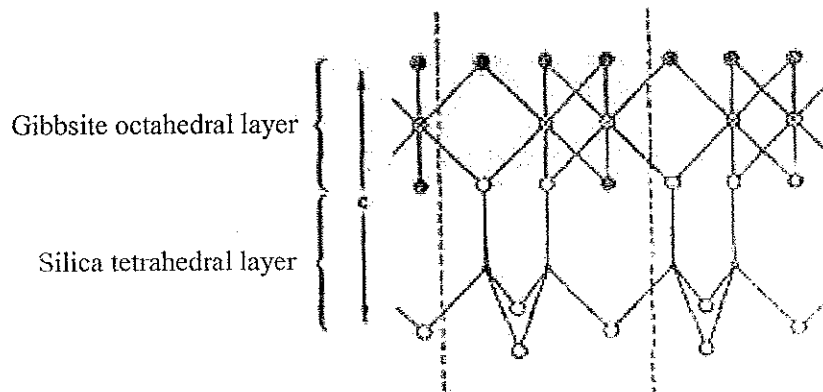
ดินเป็นวัสดุคิบที่มีความเหนียวที่ใช้ในการเตรียมเป็นเนื้อดินปั้นในอุตสาหกรรมเซรามิก สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ดังนี้

ดินขาว (Kaolin or China Clay) ดินขาวส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในแหล่งผุพังของหินเคิม (Residual Clay) เป็นดินที่มีขนาดอนุภาคหยาบจึงมีความเหนียวน้อย ประกอบด้วยแร่เกอลินไนท์ (Kaolinite) มากกว่าดินชนิดอื่นๆ โครงสร้างของดินขาวเกิดจากการจับกันระหว่างชั้นเตตระฮีดรอล (Tetrahedral Sheet) ของซิลิกา กับ ชั้นออกตะฮีดรอล (Octahedral Sheet) ของกิบไซต์ (Gibbsite) ดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 โครงสร้างของดินขาวเป็นแบบไตรคลินิก (Triclinic) ดินขาวมีหลายอย่างแตกต่างกันไปตามสูตร โครงสร้างและสูตรทางเคมี สูตรเคมีพื้นฐาน คือ $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ หรือ $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$ ดินขาวมีรูปผลึกที่มีลักษณะเป็นแบบหกเหลี่ยม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-10.0 ไมครอน ความทนไฟประมาณ 1750-1770 องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) การหดตัวน้อย และมีความแข็งแรงหลังเผาสูง

ประโยชน์ของดินขาว ใช้เป็นวัสดุคิบหลักในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิก เช่น ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องประดับ ใช้ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เช่น อิฐก่อสร้าง อิฐปูพื้น กระเบื้องผนังหลังคา ใช้ทำเป็นเบ้าหลอมในอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก ใช้ทำฉนวนไฟฟ้า ใช้ทำเครื่องกรองน้ำ ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เพื่อเพิ่มการดูดซับน้ำหมึกและช่วยให้ผิวหน้ากระดาษเรียบ และใช้ในอุตสาหกรรมยาง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของยาง



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของเคโอไลไนท์ (Grim,1968)



ภาพที่ 2.3 ภาพด้านข้างแสดงการจับกันของชั้นเตตระฮีดรอลของซิลิกา กับชั้นออกตะฮีดรอลของกิบไซต์ (Ryan, 1978)

ดินดำ (Ball clay) ดินดำหรือดินเหนียวขาวเกิดจากดินขาวถูกพัดพาไปตกตะกอนสะสมในแหล่งใหม่ ดินดำเป็นดินที่มีขนาดอนุภาคละเอียดมาก อนุภาคของดินยึดเกาะกันได้ดี มีอินทรีย์สารที่มีโครงสร้างคล้ายกับที่พบในถ่านหินลิกไนท์ จึงช่วยให้ดินชนิดนี้มีความเหนียว และทำให้มีสีเปลี่ยนไปจากสีขาวกลายเป็นสีเทาจนถึงสีดำ แต่เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงเนื้อดินจะมีสีขาวหรือสีครีม อินทรีย์สารต่างๆ จะถูกเผาไหม้หมดไปจากเนื้อดิน และมีความทนไฟประมาณ 1300 °C โดยไม่บิดเบี้ยว มักเป็นดินที่มีคุณภาพดี นิยมนำไปผสมในผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาว เช่น พอร์ซเลน ไบนไชน่า และไวท์เอร์เทนแวร์ ส่วนดินดำทั่วไปที่คุณภาพปานกลางมีทรายเจือปนอยู่ค่อนข้างมาก ใช้ทำเนื้อดินขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ทำทำน้ำดินเผา หรือผสมในเนื้อดินทำกระเบื้องปูพื้น เนื่องจากเป็นดินที่มีแร่ธาตุเจือปนอยู่ตามธรรมชาติค่อนข้างสูง เช่น โทเทเนียม เฟอริก แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม จึงมีสีต่างๆ เช่น สีเหลือง สีเทา สีดำ และสีส้มแดง หลังการเผาดินก็จะมีสีต่างๆ กันไป เช่น สีเทา สีน้ำตาล สีแดง หรือสีเหลืองอมเทา ส่วนประกอบทางเคมีของดินดำจะมีแร่เคลโอไลนที่เป็นส่วนใหญ่เช่นเดียวกับดินขาวแต่เป็นผลึกเคลโอไลนที่ไม่สมบูรณ์ (Disordered kaolinite) ส่วนประกอบทางเคมีโดยประมาณจะมีซิลิการ้อยละ 40-60 อลูมินาร้อยละ 30 น้ำและอินทรีย์สารร้อยละ 10 นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุอื่นปะปน

ประโยชน์ของดินดำ ช่วยเพิ่มความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เนื้อดินปั้นขึ้นรูปได้ดี ผสมในเนื้อดินอัตราส่วนโดยน้ำหนักร้อยละ 20-50 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงก่อนเผา (Green strength) ลดการสูญเสียจากการแตกหักของก้อนเผาในขณะที่เคลื่อนย้าย ผลิตภัณฑ์ไม่เปราะ

หรือแตกหักง่าย ทำให้น้ำดินหล่อที่ใช้ในการเทแบบไหลตัวดี ทำให้เสริมปฏิกริยาระหว่างมวลสารในระหว่างการเผา ทำให้น้ำดินหล่อตัวได้เร็ว และประหยัดเวลาในการเผา

ดินค่านอกจากจะให้ประโยชน์แล้วอาจจะให้ผลเสียหรือสร้างปัญหาในการผลิตเซรามิกได้ เช่น ในดินคามีสิ่งเจือปนอื่นๆสูง เช่น คาร์บอน แร่เหล็ก แร่ไทเทเนียม ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์หลังเผามีตำหนิ และความขาวของเนื้อดินเสียไปด้วย ถ้าใช้ดินคามากเกินไป ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ค่อยโปร่งแสงมีการหดตัวสูง ทำให้บิดเบี้ยวและแตกร้าวหลังการเผา และเนื่องจากดินคามีองค์ประกอบในเนื้อดินไม่แน่นอน จึงยุ่งยากในการควบคุมอัตราส่วนผสมทั้งเนื้อดินปั้นและการหล่อแบบ

2.2.2 ตัวหลอมละลาย

ตัวหลอมละลาย คือ วัสดุที่ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายลดอุณหภูมิในการเผา การใช้ตัวหลอมละลายในเนื้อดินเพื่อให้ดินสุกตัวในอุณหภูมิที่ต้องการ ตัวหลอมละลายทำหน้าที่ประสานผลึกของวัสดุต่างๆ ให้หลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน หินฟันม้า (Feldspar) เป็นวัสดุที่สำคัญในกลุ่มที่ให้ค่าหรือวัสดุช่วยในการหลอมละลาย ค่าในแร่เฟลด์สปาร์อยู่ในรูปผลึกของแร่ที่ไม่ละลายน้ำ จึงสะดวกในการนำมาใช้เป็นวัสดุผสมในเนื้อดินปั้น หน้าที่ของเฟลด์สปาร์ในเนื้อดิน คือเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกริยาการเกิดเนื้อแก้วในดิน ลดความเหนียวของเนื้อดินก่อนเผา เป็นตัวประสานให้ผลึกของดินหลอมตัวกันแน่น ลดการดูดซึมน้ำ ลดอุณหภูมิในการเผา และเพิ่มความโปร่งแสงให้ผลิตภัณฑ์ภายหลังการเผา เฟลด์สปาร์เป็นสารประกอบของอะลูมิโนซิลิเกต (Alumino silicate) และอัลคาไลน์ (Alkaline) ดังนั้นเฟลด์สปาร์จึงมีวัสดุที่เป็นต่างคือตัวหลอมละลาย มีอุณหภูมิเป็นตัวกลางและมีซิลิกาเป็นตัวทนไฟด้วย จึงจัดเป็นวัสดุที่ทำให้เคลื่อนตามธรรมชาติ โดยปกติแร่เฟลด์สปาร์มีหลายชนิด แต่ที่นิยมนำมาใช้กันมีดังนี้ (Frank and Janet, 1975)

โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (Orthoclase) และ ไมโครไคลน์ (Microcline) มีสูตรทางเคมีเหมือนกันคือ $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ แต่มีโครงสร้างผลึกที่ต่างกันคือ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จะมีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลีนิก (Monoclinic) ส่วนไมโครไคลน์จะมีโครงสร้างผลึกแบบไตรคลีนิก (Triclinic) โดยปกติเฟลด์สปาร์จะเริ่มหลอมละลายเล็กน้อยที่อุณหภูมิ $1150^{\circ}C$ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์หลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ $1200^{\circ}C$ จากสูตรโครงสร้างของโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ พบว่า มีร้อยละของสารประกอบต่างๆ เป็นหลักสากล ดังนี้ (Singer, 1963)

K_2O	ร้อยละ 16.90
Al_2O_3	ร้อยละ 18.30
SiO_2	ร้อยละ 64.80

โซดาเฟลด์สปาร์ (Albite) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ หลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 1170°C จากสูตรโครงสร้างของโซดาเฟลด์สปาร์ พบว่า มีร้อยละของสารประกอบต่างๆ เป็นหลักสากล ดังนี้ (Singer, 1963)

Na_2O ร้อยละ 11.80

Al_2O_3 ร้อยละ 19.40

SiO_2 ร้อยละ 68.80

ไลม์เฟลด์สปาร์ (Anorthite) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1550°C จากสูตรโครงสร้างของไลม์เฟลด์สปาร์ พบว่า มีร้อยละของสารประกอบต่างๆ เป็นหลักสากล ดังนี้ (Singer, 1963)

CaO ร้อยละ 20.10

Al_2O_3 ร้อยละ 36.60

SiO_2 ร้อยละ 43.30

แบเรียมเฟลด์สปาร์ (Celsian) $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ แบเรียมเฟลด์สปาร์หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1715°C จากสูตรโครงสร้างของแบเรียมเฟลด์สปาร์ พบว่า มีร้อยละของสารประกอบต่างๆ เป็นหลักสากล ดังนี้ (Singer, 1963)

BaO ร้อยละ 40.85

Al_2O_3 ร้อยละ 27.15

SiO_2 ร้อยละ 32.00

ลิเทียมเฟลด์สปาร์ (Petalite) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$ ลิเทียมเฟลด์สปาร์ หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1200°C จากสูตรโครงสร้างของลิเทียมเฟลด์สปาร์ พบว่า มีร้อยละของสารประกอบต่างๆ เป็นหลักสากล ดังนี้ (Singer, 1963)

Li_2O ร้อยละ 8.03

Al_2O_3 ร้อยละ 27.40

SiO_2 ร้อยละ 64.57

2.2.3 ตัวทนไฟ

วัตถุประสงค์ในการเตรียมเนื้อดินปั้นนอกจากจะมีดินและตัวหลอมละลายแล้ว ยังต้องมีวัตถุประสงค์ที่เป็นตัวทนไฟซึ่งเปรียบเสมือน โครงกระดูก จึงทำให้ลดการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน (Dinsdale, 1986 : 32) นอกจากนี้ตัวทนไฟยังช่วยให้ ลดความเหนียว ลดระยะเวลาของการคั่งแห้งลง

ลดการหดตัวเมื่อแห้งและหลังเผา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของตัวทนไฟนั้นด้วย (Frank and Janet, 1975) วัสดุที่ใช่เป็นตัวทนไฟในเนื้อดินปั้นมีดังนี้

ซิลิกา หินเขียวหุนามาน ควอตซ์ (Quartz) หินแก้วหรือหินเหล็กไฟ (Flint) มีสูตรทางเคมีคือ SiO_2 โดยปกติในดินและเฟลด์สปาร์จะมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบในสูตรเคมีอยู่แล้ว ยังมีซิลิกาที่เจือปนมากับดินที่เกิดในที่ราบลุ่มหรือดินตะกอนและซิลิกาบดละเอียดที่เพิ่มเข้าไปซึ่งไม่ได้อยู่ในโครงสร้างของดิน จะเรียกว่า ซิลิกาอิสระ (Free silica) ซึ่งการมีซิลิกาอิสระในเนื้อดินจะส่งผลให้เนื้อดินมีความเหนียวลดลง การหดตัวเมื่อแห้งและหลังเผาลดลง และในบางกรณีอาจทำให้ลดความแข็งแรงหรือเพิ่มความทนไฟขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคที่ใช่และปริมาณของตัวหลอมละลายที่ผสมอยู่ในดินด้วย กล่าวคือ หากซิลิกามีขนาดอนุภาคที่ละเอียดจะมีความทนไฟน้อยกว่าซิลิกาที่มีขนาดใหญ่ (Grimshaw, 1971 : 273-274)

อลูมินา คืออลูมิเนียมออกไซด์ มีสูตรทางเคมีคือ Al_2O_3 อลูมินาอิสระจะพบในแร่ดินบางชนิดที่ได้จากแหล่งกำเนิดของแร่บอกไซต์ (Bauxite) ซึ่งประกอบด้วยแร่สำคัญอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ จิบไซต์ (Gibbsite) ไดอะสปอร์ (Diaspore) และโบห์ไมท์ (Boehmite) อลูมินาอิสระจะเป็นตัวลดความเหนียวของเนื้อดินและเพิ่มความทนไฟในเนื้อดิน ทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี มีความแข็งแรงสูง จึงนิยมนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ทนความร้อนได้สูงๆ เช่น อลูมินาพอร์ซเลน ลูกถ้วยไฟฟ้า วัสดุทนไฟ อลูมินานอกจากจะมีอยู่ในแร่ดินแล้ว ยังมีในเฟลด์สปาร์ ไนกา และอลูมิโนซิลิเกตอื่นๆ (Worrall, 1982)

2.3 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของแร่ดินแคลิโพลิไนท์

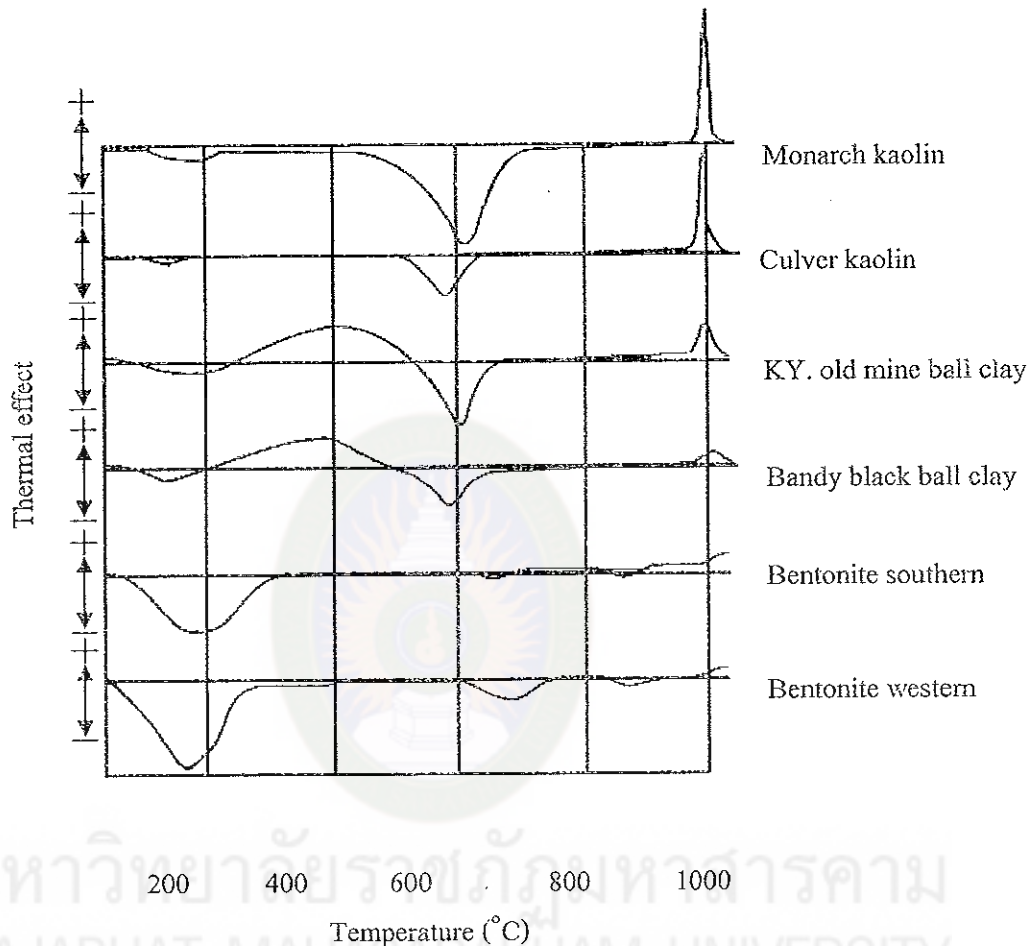
แร่ดินเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน ดังนี้ (Lawrence, 1972)

อุณหภูมิ 100-200°C เกิดปฏิกิริยาคูดพลังงาน เนื่องจากการหายไปของน้ำอิสระที่ถูกดูดซับไว้ระหว่างอนุภาคหรือผิวของดิน

อุณหภูมิ 300-500°C เกิดปฏิกิริยาคายพลังงาน เนื่องจากการหายไปของพวกอินทรีย์สารที่อยู่ในดิน

อุณหภูมิ 450-600°C เกิดปฏิกิริยาคูดพลังงาน เนื่องจากการหายไปของน้ำที่อยู่ในโครงสร้างผลึกของดินคิดเป็นร้อยละ 13.95 ทำให้โครงสร้างของผลึกของดินเปลี่ยนไปเป็นเมตะแคลิโพลิไนท์ (Matakaolin) ดังแสดงในสมการที่ 1

kaolin และดิน Culver kaolin แต่ในดินอื่นๆเช่น ดินดำหรือดินบอเคลย์ การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่ชัดเจนนัก



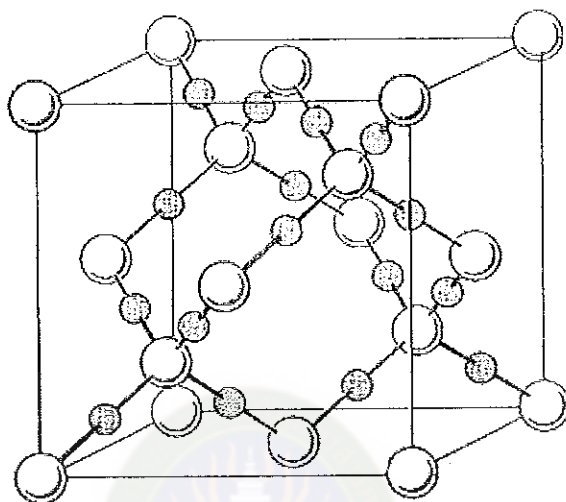
ภาพที่ 2.4 ผลการวิเคราะห์ DTA แสดงการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของดินชนิดต่างๆ

(Lawrence, 1972)

2.4 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของควอตซ์

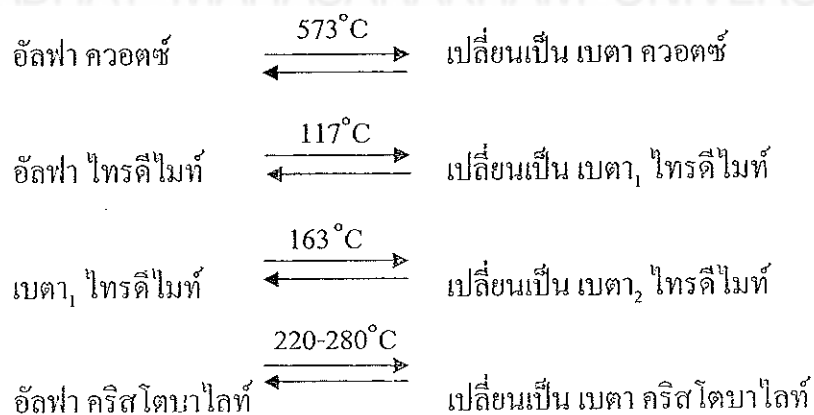
ควอตซ์เมื่อโดนเผาผ่านความร้อนจะเปลี่ยนโครงสร้างของรูปผลึกอยู่หลายช่วงอุณหภูมิของการเผา โดยอะตอมของรูปผลึกถูกจัดเรียงตัวใหม่จากรูปแบบหนึ่ง เปลี่ยนแปลงเป็นอีกแบบหนึ่ง แต่ละแบบจะสามารถคงสภาพอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง ที่อุณหภูมิปกติควอตซ์จะอยู่ในรูปของอัลฟาควอตซ์ซึ่งมีโครงสร้างผลึกเป็นเตตระฮีดรอล (Tetrahedral) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงถึง 573°C จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นเบตาควอตซ์ ทำให้เกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ที่อุณหภูมิสูงถึง 870°C จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นไตรติไมท์ และหรือคริสโตบาไลต์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของตัวช่วยหลอมที่เจือปนอยู่ เช่นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ได้เร็วขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 1470°C จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเบตาคริสโตบาไลต์ (ภาพที่ 2.5) จนในที่สุดเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 1723°C คริสโตบาไลต์จะหลอมตัวทำให้เกิดเป็นเนื้อแก้วซิลิกา (Silica glass) (Worrall, 1982 : 11)



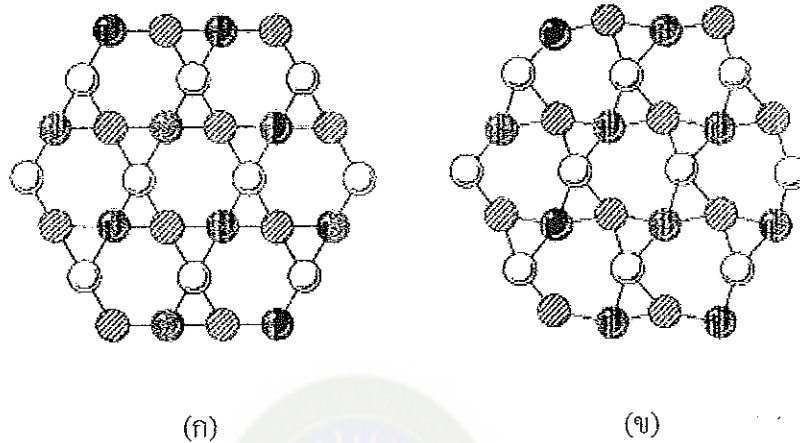
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างผลึกของคริสโตบาไลต์ (Kingery, 1991)

นอกจากการเปลี่ยนแปลงที่กล่าวมาแล้วควอตซ์ ไทรดีไมท์ และคริสโตบาไลต์ ยังสามารถเปลี่ยนจากอัลฟาเป็นเบตา หรือที่เรียกว่า อินเวอร์ชัน (Inversion) ดังนี้ (Ryan, 1978)



การเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากอัลฟาเป็นเบตาของควอตซ์ (ภาพ 6) ไทรดีไมท์ และคริสโตบาไลต์จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทำให้มีการขยายตัวที่สูง ในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกจึงต้อง

ควบคุมอุณหภูมิหรือให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนรูปร่างให้เป็นไปอย่างช้าๆ มิฉะนั้น อาจทำให้เกิดการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์หลังการเผาได้



ภาพที่ 2.6 (ก) แสดงรูปร่างของเบตาควอตซ์ (ข) แสดงรูปร่างของอัลฟาควอตซ์
(Kingery, 1991)

2.5 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเฟลด์สปาร์

เฟลด์สปาร์จะใช้เป็นตัวเริ่มและเร่งปฏิกิริยาการกลายเป็นแก้วทั้งในเนื้อดินและเคลือบ ดังนั้นในผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเฟลด์สปาร์ล้วนๆจึงมีผู้สนใจน้อย Norton (1974) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเฟลด์สปาร์ชนิดโพแทสและโซดา พบว่า เฟลด์สปาร์ชนิดโพแทสจะสลายตัวให้ลิวไซต์ (Leucite) และแก้วที่อุณหภูมิ 1100°C และลิวไซต์ยังสามารถคงอยู่ได้ถึงอุณหภูมิ 1500°C เมื่อเปรียบเทียบกับเฟลด์สปาร์ชนิดโซดาซึ่งจะหลอมที่อุณหภูมิ 1100°C แสดงว่าที่อุณหภูมิเดียวกันเฟลด์สปาร์ชนิดโซดามีความหนืดน้อยกว่าเฟลด์สปาร์ชนิดโพแทส นอกจากนี้ยังได้มีผู้ศึกษาผลการนำเฟลด์สปาร์และสารอื่นมาใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดิน ดังนี้

Tucci (2004) ได้ศึกษาการนำโซดาไลม์ชนิดผงแก้วละเอียดมาใช้แทนโซดาเฟลด์สปาร์ ในเนื้อดินพอร์ซเลนโดยใช้อัตราส่วนร้อยละ 5-20 โดยน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่าโซดาไลม์ใช้เป็นตัวช่วยหลอมละลายได้ดีที่การใช้ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สามารถลดอุณหภูมิในการเผาและมีการหดตัว การดูดซึมน้ำต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Braganca (2004) ที่ได้ศึกษาการใช้โซดาไลม์ชนิดผงแก้วละเอียดมาใช้แทนโซดาเฟลด์สปาร์ในเนื้อดินพอร์ซเลน พบว่าสามารถลดอุณหภูมิในการเผาได้มากกว่าการใช้เฟลด์สปาร์มากถึง 100°C แต่ช่วงอุณหภูมิของการซินเตอร์ (Sinter) แคลกว่าและมี

ความแข็งแรงที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ Dana และ Das (2004) ได้ศึกษาการนำตะกรัน (Slag) ที่เกิดจากการหลอมเหล็กมาใช้แทนเฟลด์สปาร์ในเนื้อดินพอร์ซเลน โดยใช้ในอัตราส่วนร้อยละ 5-20 โดยน้ำหนักเผาที่อุณหภูมิ 1200°C จากการศึกษาพบว่าการใช้ตะกรันร้อยละ 5 สามารถทำให้ปริมาณของควอทซ์ลดลงจากร้อยละ 26 ถึง ร้อยละ 9 เนื้อดินมีความแข็งแรงและมีการดูดซึมน้ำต่ำ แต่เมื่อใช้ตะกรันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10 ทำให้ปริมาณมัลไลต์ลดลงจากร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 2 ทำให้ความแข็งแรงลดลงด้วย

2.6 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อดินปั้น

Norton (1974) ได้สรุปถึงการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อดินไตรแอกเซียล (Triaxial Bodies) ที่มีส่วนผสมของดินร้อยละ 50 ควอทซ์ร้อยละ 25 และเฟลด์สปาร์ร้อยละ 25 ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อดินปั้นชนิดไตรแอกเซียลหลังเผา

อุณหภูมิ (°C)	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น
100-200	น้ำที่อยู่รอบๆ อนุภาคหรือที่ผิวดินระเหยออกไป
450	อินทรีย์สารในดินถูกเผาไหม้
500-600	น้ำที่อยู่ในโครงสร้างผลึกของดินถูกสลายตัวไปทำให้ดินเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเมตะเคโอลิน
573	ผลึกของซิลิกาหรือควอทซ์เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปผลึกทำให้เนื้อดินเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว
980	มีสปีเนลเกิดขึ้น และเนื้อดินเริ่มมีการหดตัว
1000	เริ่มมีมัลไลต์ปฐมภูมิ (Primary Mullite) เกิดขึ้นเล็กน้อย
1050-1100	เฟลด์สปาร์ในเนื้อดินเริ่มหลอมละลาย มีมัลไลต์เพิ่มขึ้นทำให้เนื้อดินแข็งแรง ส่วนการหดตัวยังเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
1200	มีแก้วและมัลไลต์มากขึ้น ควอทซ์บางส่วนหลอมละลาย รูพรุนลดลง
1250	เนื้อดินกลายเป็นแก้วร้อยละ 60 มัลไลต์ร้อยละ 21 และควอทซ์ร้อยละ 19

จากตารางจะเห็นว่าเมื่อเนื้อดินได้รับความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและทางกายภาพซึ่งทำให้เนื้อดินเกิดความแข็งแรง จากการทบทวนเอกสารพบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดความ

แข็งแรงมีได้หลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณและขนาดอนุภาคของควอทซ์ การเกิดมัลไลต์ และการเกิดเป็นเนื้อแก้วในเนื้อดิน ซึ่งได้มีผู้ศึกษาดังนี้

Stathis (2004) ได้ศึกษาผลของการเติมอนุภาคของควอทซ์ขนาดที่ต่างกัน ที่มีผลต่อความแข็งแรงและสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินพอร์ซเลนประเภทสุขภัณฑ์ พบว่า ขนาดอนุภาคของควอทซ์ 5-20 ไมครอน จะมีความแข็งแรงมากที่สุดและเพิ่มความแข็งแรงมากขึ้นร้อยละ 20-30 หากขนาดอนุภาคที่เล็กหรือใหญ่กว่านี้ความแข็งแรงจะลดลงซึ่งสอดคล้องกับ Ecc และ Nakagawa (2002) ที่ศึกษาปัจจัยในการทำให้เกิดความแข็งแรงในเนื้อดินพอร์ซเลนหลังการเผาที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1200-1400°C โดยกำหนดให้อนุภาคของควอทซ์ที่ใช้ต่างกัน จากการศึกษาพบว่า ตัวอย่างดินที่มีอนุภาคของควอทซ์ขนาด 10-20 ไมครอน หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1300 และ 1350°C มีความแข็งแรงสูงสุด และนอกจากนี้ยังพบว่าอนุภาคของควอทซ์ที่หลอมไม่หมดเป็นตัวช่วยเพิ่มความแข็งแรงด้วย และนอกจากนี้ Das และคณะ (2005) ได้ศึกษาผลของควอทซ์และเคโอลิไนท์ในเนื้อกระเบื้องบุผนังที่มีผลต่อค่าการหดตัวและค่าความแข็งแรงจากแหล่งดิน 5 แหล่งในอินเดียพบว่า ในดินที่มีควอทซ์ในปริมาณที่มากจะทำให้ค่าการหดตัวต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 1) หลังเผาที่ช่วงอุณหภูมิ 1050-1150°C ส่วนในเนื้อดินที่มีปริมาณของเคโอลิไนท์สูงจะเพิ่มความแข็งแรงและมีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำ

Dana และ Das (2004) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาคของการใช้เถ้าแกลบแทนควอทซ์ในเนื้อดินพอร์ซเลน จากการศึกษาโดยใช้เถ้าแกลบร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก หลังการเผาช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1150-1300°C พบว่า อุณหภูมิที่ใช้เผาและปริมาณควอทซ์ลดลงมีผลึกมัลไลต์และแก้วเพิ่มขึ้นทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

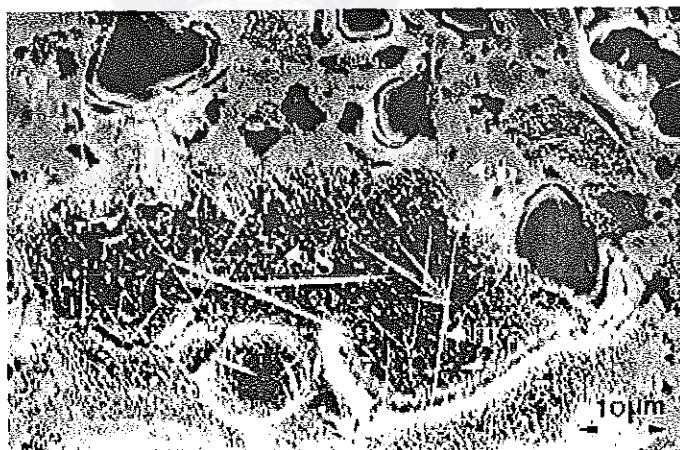
Lee (2001) ได้ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมที่ทำให้เกิดมัลไลต์ในเนื้อดินพอร์ซเลน จากการศึกษาพบว่า การเกิดของมัลไลต์มีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ มัลไลต์ปฐมภูมิ (Primary mullite) มัลไลต์ทุติยภูมิ (Secondary mullite) และมัลไลต์ตติยภูมิ (Tertiary mullite) โดยที่ มัลไลต์ปฐมภูมิเกิดจากดินเพียงอย่างเดียว มัลไลต์ทุติยภูมิเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเฟลด์สปาร์กับดินและดินกับควอทซ์ และในส่วนของมัลไลต์ตติยภูมิเกิดจากการตกผลึกของของเหลวที่มีอะลูมินาอยู่สูง (Al-rich liquid) ลักษณะของผลึกมัลไลต์แสดงในภาพที่ 7

Das (2003) ได้ศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ของการกลายเป็นแก้วในเนื้อดินพอร์ซเลน โดยใช้ DTA และ TGA จากการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1000°C ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของเนื้อดินทั้งสององค์ประกอบไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อศึกษาในอุณหภูมิที่สูงขึ้นด้วยโคลาโดมิเตอร์ พบว่าเนื้อดินที่มีโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบจะเริ่มหลอมที่อุณหภูมิ 1171°C ซึ่งต่ำกว่าเนื้อดินที่มีโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบและเมื่อ

เผาในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1160-1200°C ปฏิบัติที่เกิดขึ้นคล้ายกันแต่ในเนื้อดินที่มีโซเดียมเฟลด์สปาร์ เป็นองค์ประกอบจะมีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำและมีความแข็งแรงที่สูงกว่า

Iqbal และ Lee (2000) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างผลึกทางจุลภาคของเนื้อดินพอร์ซเลนด้วยเทคนิค XRD SEM และ TEM จากการศึกษาพบว่า ในแต่ละช่วงอุณหภูมิของการเผา มีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างที่ต่างกัน ที่อุณหภูมิประมาณ 550°C ดินจะเปลี่ยนจากเคโอลิไนท์เป็นเมตะเคโอลินและเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นที่ประมาณ 1000°C จะเกิดเป็นสปิเนล (Spinel) และมัลไลต์ปฐมภูมิ ส่วนไมโครโคลนยังคงไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมิ 700-900°C แต่จะหลอมละลายอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิประมาณ 1100°C และมีมัลไลต์ทุติยภูมิและตติยภูมิที่เกิดจากดินเฟลด์สปาร์และควอตซ์เกิดขึ้น เมื่อเผาในอุณหภูมิที่สูงกว่า 1300°C พบว่ามีความหนาแน่นและความแข็งแรงลดลงเนื่องจากมีฟองอากาศเกิดขึ้น

Sanchez-Soto (2000) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดินเคโอลิไนท์หลังการบดด้วยเวลาที่ต่างกัน โดยใช้เทคนิค XRD และ DTA จากการศึกษาพบว่าเมื่อใช้เวลาในการบดเพิ่มขึ้นขนาดของอนุภาคยิ่งเล็กลงและมีผลให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลงและนอกจากนี้ยังพบว่าเวลาที่ใช้บดมากขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาการดูดพลังงานของการเปลี่ยนโครงสร้างจากเคโอลิไนท์เป็นเมตะเคโอลินเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะของผลึกมัลไลต์ P = มัลไลต์ปฐมภูมิ S = มัลไลต์ทุติยภูมิ และ T = มัลไลต์ตติยภูมิ (Lee, 2001)

2.7 การศึกษาและการปรับปรุงเนื้อดิน

ในการศึกษาและปรับปรุงเนื้อดินเซรามิกนั้นได้มีนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศได้ทำการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อศึกษาและปรับปรุงเนื้อดินให้ได้สมบัติที่ดี ตลอดจนการแก้ไขปัญหาคำหาประเภทต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งจากการทบทวนเอกสารพบว่ามีนักวิจัยที่ได้ทำการศึกษาและปรับปรุงเนื้อดินประเภทต่างๆดังนี้

Aras (2004) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเฟสของเคโอลิไนท์และอิลไลต์ที่ใช้ในเนื้อดินเซรามิก โดยมีวัตถุหลักที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เคโอลิไนท์ อิลไลต์ ควอทซ์ และเฟลด์สปาร์ หลังการเผาศึกษาการเปลี่ยนแปลงเฟสด้วย XRD จากการศึกษาพบว่า เฟสที่เป็นโครงสร้างผลึกได้แก่ คริสโตบาไลต์ มัลไลต์ ควอทซ์ ฮีมาไทต์ และอนาเทส ในเนื้อดินจะพบผลึกของ ควอทซ์ มัลไลต์ และคริสโตบาไลต์ ซึ่งผลึกของมัลไลต์ที่พบจะมีความแตกต่างจากผลึกตัวอื่นคือมีลักษณะเป็นแท่งคล้ายตะปู ส่วนในอิลไลต์ที่มีโพแทสเซียมสูงๆจะหลอมปิดทับผลึกมัลไลต์ นอกจากนี้ยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทำให้พฤติกรรมของโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แคลเซียมเฟลด์สปาร์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ ต่างกัน คือในเนื้อดินที่มีเคโอลิไนท์สูงๆที่ของโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จะหายไปเร็วกว่าในเนื้อดินที่มีอิลไลต์และควอทซ์สูงๆ แต่แคลเซียมเฟลด์สปาร์และโซเดียมเฟลด์สปาร์จะแสดงพฤติกรรมในทางตรงกันข้าม ในขณะที่ฟลักของแคลเซียมเฟลด์สปาร์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ค่อยๆลดลงและคงที่ที่อุณหภูมิ 1150 – 1250°C แต่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จะไม่พบฟลักที่อุณหภูมิสูงกว่า 1150°C

Milheiro (2004) ได้ศึกษาการทำให้เกิดความหนาแน่น (Densification) ของดินขาวบราซิลหลังการเผาที่อุณหภูมิ 750-1150°C โดยใช้ XRD และ SEM ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเฟส ร่วมกับการทดสอบ พื้นที่ผิวจำเพาะ การหดตัว การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และความแข็งแรง จากผลการศึกษาพบว่า กลไกที่มีอิทธิพลต่อการทำให้เกิดความหนาแน่นของเนื้อดินขึ้นกับอุณหภูมิในการเผา คือเมื่ออุณหภูมิที่เผาต่ำกว่า 950°C การผืนึกกันของเนื้อดินจะขึ้นกับกลไกของการแพร่เข้าหากันของอนุภาคของดินแต่ละอนุภาค แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 950°C การผืนึกกันของเนื้อดินจะขึ้นอยู่กับ การหลอมตัวกลายเป็นแก้วของวัตถุที่เป็นตัวหลอมละลายซึ่งจะเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อดินมากขึ้นด้วย

สมบุญ สวัสดิ์ (2539) ได้ศึกษาสมบัติของดินแดง จังหวัดนครศรีธรรมราชเพื่อใช้ในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ โดยใช้ดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว เป็นส่วนผสมและใช้ ตารางสี่เหลี่ยมในการคำนวณ พบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด ที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ ประกอบด้วยส่วนผสมของดินแดงร้อยละ 40 ดินขาวร้อยละ 15 หินฟันม้าร้อยละ 10 และทรายขาวร้อยละ 35 ใช้น้ำผสมในเนื้อดินร้อยละ 37.5 ความถ่วงจำเพาะ 1.69 สารช่วยกระจายลอยตัว 0.22 เนื้อดินมีการหดตัวน้อย และทนไฟได้ที่อุณหภูมิ 1200°C

พิมพ์วิไลค์ วิฒโนภาส และสุมาลี ลิขิตวนิชกุล (2546) ได้วิจัยและพัฒนาเนื่อคินป็นราชบุรี โดยการปรับปรุงวิธีการเตรียมเนื่อคินป็นโองราชบุรี เพื่อลดค้ำหนัจุดขาวและค้ำหนัสน้ำตาลในเนื่อคินโดยใช้วิธีการบดด้วยเครื่องบดจอว์ครัสเซอร์ (Jaw crusher) โรลเลอร์ครัสเซอร์ (Roller crusher) กรองผ่านตะแกรง 6 เมช และใช้ทรายที่กรองผ่านตะแกรง 16 เมช ผสมกันในอัตราส่วนของคิน 9 ส่วน ทราย 1 ส่วน โดยน้ำหนัก ความชื้นร้อยละ 30 พบว่าเนื่อคินที่ได้สามารถใช้ป็นโองได้ดี ผลลัทธิ์หลังเผาพบค้ำหนัและการแตกร้าวดลดลงอย่างเห็นได้ชัด คุณภาพโดยรวมดีขึ้น



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งขั้นตอนและสิ่งที่ทำการทดสอบออกเป็นข้อ ๆ ดังนี้

3.1 การเตรียมดิน

3.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

3.1 การเตรียมดิน

โดยนำดินจากแหล่ง ห้วยคะคาง หนองนกเป็ด (ดินในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม) ดินอำเภอ โกสุมพิสัย และดินอำเภอ เชียงยืน ที่เป็นก้อนมาทำการบดย่อยให้แตกเป็นผงด้วยไม้หรือค้อนแล้วกรองผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช จากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่มีอยู่ในดินออกที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์ทดสอบ ซึ่งในการทดสอบอาจต้องทำการเตรียมหรือบดเพิ่ม ขึ้นอยู่กับเครื่องมือหรือวิธีการที่ใช้ทดสอบนั้นๆ

3.2 การทดสอบทางกายภาพ

การทดสอบความเหนียว (Plasticity)

3.2.1 การทดสอบความเหนียว

นำดินจากแหล่งมาบดย่อยให้มีขนาดเล็กละเอียดเป็นผงกรองผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช อบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปล่อยให้ดินเย็นตัวลง แบ่งตัวอย่างดินออกเป็น 5 ตัวอย่างละ 50 กรัม เพื่อทำการทดสอบหาค่าความเหนียวในเบื้องต้นก่อนว่าควรใช้น้ำในปริมาณมากน้อยเพียงใด โดยกำหนดปริมาณร้อยละมวลของน้ำที่ใช้อยู่ในช่วง 20-40 และให้ร้อยละของช่วงห่างของน้ำที่ใช้ห่างกันช่วงละ 5 (ดังตารางที่ 3.1) จากนั้นกำหนดการทดลองครั้งที่ 2 โดยการกำหนดช่วงร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้เตรียมตัวอย่างดินให้มีความถี่เพิ่มมากขึ้นคือให้ห่างกันช่วงละ 2 (ดังตารางที่ 3.2) จากนั้นชั่งดินตัวอย่างละ 500 กรัม ผสมกับน้ำตามที่กำหนด นำไปรีดเป็นเส้นขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องรีดดินแบบใช้มือกด (Hand Extruder) โดยกำหนดให้ความยาวของเส้นดินเท่ากัน คือ 6 เซนติเมตร หลังจากรีดเสร็จทำการม้วนปลายของเส้นดินทั้งสองข้างเข้าหากันเป็นรูปวงกลมทันที ตรวจสอบการรานและไม้รานที่เกิดขึ้นแล้วสรุปผล

ตารางที่ 3.1 ร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มความเหนียวของดินแบบกว้าง

ตัวอย่างดิน	ดินแห้ง(กรัม)	ร้อยละของน้ำที่ใช้
1	50	20
2	50	25
3	50	30
4	50	35
5	50	40

ตารางที่ 3.2 ร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มความเหนียวของดินแบบแคบ

ตัวอย่างดิน	ดินแห้ง (กรัม)	ร้อยละของน้ำที่ใช้
1	500	22
2	500	24
3	500	26
4	500	28
5	500	30

การทดสอบการหดตัว (Shrinkage)

การทดสอบการหดตัวจะวัดความยาวตามแนวเส้นตรงหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 1000 1200 และ 1250°C ในการเตรียมดินเพื่อทดสอบการหดตัวก่อนเผาจะเตรียม โดยการนำดินผงที่กรองผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช มาผสมกับน้ำโดยใช้น้ำตามที่ได้มีการทดสอบความเหนียวของเนื้อดินตามหัวข้อที่ 3.2.1 แล้วทำการผสมและนวดด้วยมือ จากนั้นอัดขึ้นรูปเป็นตัวอย่างแท่งทดสอบด้วยแบบพิมพ์พลาสติกที่เตรียมไว้ มีขนาดความยาว 12

เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร โดยมีเส้นเพื่อใช้วัดการหดตัวมีความยาวเริ่มต้นเท่ากับ 10 เซนติเมตร ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้ววัดค่าการหดตัวหลังอบแห้งและหลังเผา โดยคำนวณหาค่าความหดตัวเป็นร้อยละตามสูตร

$$\text{การหดตัวเมื่อแห้ง} = \frac{L_w - L_D}{L_w} \times 100$$

โดยที่ L_w คือ ความยาวเปียก

L_D คือ ความยาวหลังอบแห้ง

$$\text{การหดตัวหลังเผา} = \frac{L_w - L_F}{L_w} \times 100$$

โดยที่ L_w คือ ความยาวเปียก

L_F คือ ความยาวหลังเผา

การทดสอบความพรุนตัว (Porosity)

การทดสอบความพรุนตัวของเนื้อดินจะวัดจากร้อยละของน้ำที่แห้งทดสอบดูดซับไว้ หรือค่าการดูดซึมน้ำ (Water absorption) การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการทดสอบมีวิธีการเตรียมเช่นเดียวกันกับการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้วัดการหดตัวหลังเผา การวัดการดูดซึมน้ำจะวัดที่อุณหภูมิ 800 1000 1200 และ 1250°C ซึ่งใช้สูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{M_w - M_D}{M_D} \times 100$$

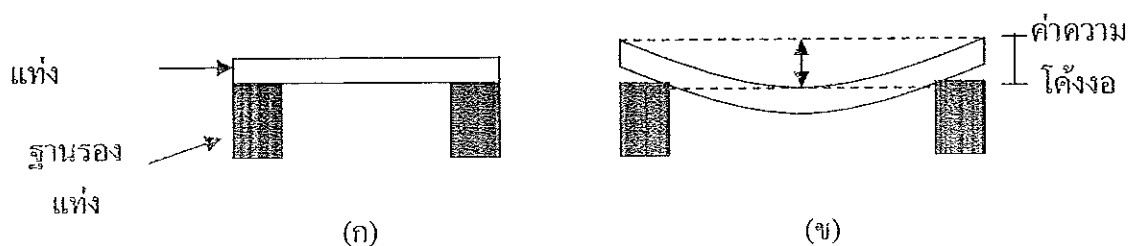
โดยที่ M_w คือ น้ำหนักเปียก

M_D คือ น้ำหนักแห้ง

การทดสอบความทนไฟ

การทดสอบความทนไฟจะวัดจากค่าความโค้งงอของแท่งทดสอบหลังทำการเผา ซึ่งการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการทดสอบมีวิธีการเตรียมเช่นเดียวกันกับการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้วัดการหดตัวหลังเผา หลังจากนั้นนำแท่งทดสอบเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 1200 1250 และ 1280°C โดยให้

แท่งทดสอบวางอยู่บนแท่งดินที่เตรียมไว้ให้ปลายทั้งสองข้างของแท่งทดสอบมีระยะห่างเท่ากัน ดังภาพที่ 3.1(ก) หลังการเผานำมาวัดค่าโค้งงอที่เกิดจากการอ่อนตัว ดังภาพที่ 3.1(ข)



ภาพที่ 3.1 (ก) การวางแท่งทดสอบก่อนการเผา (ข) การวัดความโค้งงอหลังการเผา

การทดสอบความแข็งแรง (strength)

การทดสอบความแข็งแรงเป็นการทดสอบความต้านทานต่อแรงดัด (Bending strength) ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรง จะทดสอบหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 1000 1200 และ 1250°C การเตรียมดินมีวิธีการเตรียมเช่นเดียวกันกับการเตรียมดินเพื่อใช้วัดการหดตัวของเนื้อดิน ซึ่งการวัดเป็นการวัดแบบสามจุด (Three point) โดยกำหนดให้ระยะห่างของลิ้มเป็น 8 เซนติเมตร และอัตราเร็วของแรงที่ใช้กดแท่งทดสอบคงที่คือ 5 มิลลิเมตร ต่อ 60 วินาที เมื่อได้ค่าแรงที่ใช้กดแล้วนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบแบบเหลี่ยมตามสูตร

$$\text{ความแข็งแรง} = \frac{3LD}{2bd^2}$$

- โดยที่
- L คือค่าน้ำหนักแรงกดที่หัก
 - D คือระยะห่างของลิ้มที่รองรับแผ่นทดสอบ
 - b คือความกว้างของแผ่นทดสอบ
 - d คือความหนาของแผ่นทดสอบ

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติของดินจากแหล่งต่างๆ ตามวิธีดำเนินการทดลองในบทที่ 3 สามารถแบ่งผลการทดลองได้ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบทางกายภาพ

4.1 การทดสอบทางกายภาพ

4.1.1 การทดสอบความเหนียว

ผลการทดสอบความเหนียวโดยการใช้น้ำเป็นตัวทำให้เกิดความเหนียวแล้วเปรียบเทียบกับการรานตัวของเส้นดินที่มีวนเป็นวงกลมที่ผ่านการรีดด้วยเครื่องรีดดิน มีความกว้างและความยาวเท่ากันทุกเส้น ซึ่งในการทดลองจะแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการทดลองใช้น้ำผสมแบบกว้างๆ และขั้นตอนที่สองเป็นการทดลองโดยเพิ่มช่วงความถี่ของน้ำที่ใช้ผสมให้มากขึ้น และรีดออกมาเป็นเส้นพร้อมทำการมีวนเพื่อดูการรานตัวของดิน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของการใช้น้ำเป็นส่วนผสมของดินแบบกว้างๆ

ชื่อวัสดุดิบ	ตัวอย่างที่	ร้อยละของน้ำที่ใช้ผสม	ผลการทดลอง
ดินห้วยคะคาง	1	20	ดินยังเป็นผงไม่เกาะกัน
	2	25	ดินเริ่มมีความเหนียวแต่แข็ง
	3	30	ดินมีความเหนียวดี เนื้อดินนุ่ม
	4	35	ดินเหลวและปั้นไม่เป็นก้อน
ดินหนองนกเป็ด	1	15	ดินยังเป็นผงไม่เกาะกัน
	2	20	ดินเริ่มมีความเหนียวแต่แข็ง
	3	25	ดินมีความเหนียวดี เนื้อดินนุ่ม
	4	30	ดินเหลวและปั้นไม่เป็นก้อน
ดิน อ.โกสุมพิสัย	1	20	ดินเริ่มมีความเหนียวแต่แข็ง
	2	25	ดินมีความเหนียวดี เนื้อดินนุ่ม
	3	30	ดินเหลวและปั้นไม่เป็นก้อน
ดิน อ.เขียงยืน	1	20	ดินยังเป็นผงไม่เกาะกัน
	2	25	ดินเริ่มมีความเหนียวแต่แข็ง
	3	30	ดินมีความเหนียวดี เนื้อดินนุ่ม
	4	35	ดินเหลวและปั้นไม่เป็นก้อน

เมื่อทราบถึงปริมาณการใช้น้ำแบบกว้างๆแล้วทำการเพิ่มความถี่ของการให้น้ำให้มีช่วงความถี่มากขึ้นดังแสดงผลในตารางที่ 4.2 พร้อมกับนำดินที่เพิ่มช่วงความถี่นั้นมาทำการรีดด้วยเครื่องรีดดินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 ซม. ยาว 6 ซม. จากนั้นทำการม้วนปลายเส้นดินทั้งสองข้างเข้าหากันเป็นวงกลมทำตัวอย่างละ 5 ชิ้น แล้วดูการรานและไม้รานของเส้นดินนั้น

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของการใช้น้ำที่เพิ่มช่วงความถี่มากขึ้นและผลของการมีวนเส้นดินเป็นรูปวงกลม

ชื่อวัตถุดิบ	ตัวอย่าง	ร้อยละโดยมวลของน้ำที่ใช้	ผลการทดลอง
ดินห้วยคะคาง	1	24	เส้นดินจะขาดไม่สามารถโค้งเป็นรูปวงกลมได้
	2	26	โค้งเป็นรูปวงกลมได้และมีการรานมาก
	3	28	โค้งเป็นรูปวงกลมได้มีการรานน้อย
	4	30	โค้งเป็นรูปวงกลมได้ไม่ราน
	5	32	โค้งเป็นรูปวงกลมได้มีการรานน้อย
ดินหนองนกเป็ด	1	20	เส้นดินจะขาดไม่สามารถโค้งเป็นรูปวงกลมได้
	2	22	โค้งเป็นรูปวงกลมได้แต่มีการรานมาก
	3	24	โค้งเป็นรูปวงกลมได้ไม่มีการราน
ดิน อ.โกสุมพิสัย	1	22	โค้งเป็นรูปวงกลมได้และมีการรานมาก
	2	24	โค้งเป็นรูปวงกลมได้และมีการรานมาก
	3	26	โค้งเป็นรูปวงกลมได้และมีการรานเล็กน้อย
	4	28	โค้งเป็นรูปวงกลมได้ไม่มีการรานแต่ดินแฉะ
ดิน อ.เขียงยืน	1	24	เส้นดินจะขาดไม่สามารถโค้งเป็นรูปวงกลมได้
	2	26	วงกลมได้
	3	28	โค้งเป็นรูปวงกลมได้มีการรานน้อย
	4	30	โค้งเป็นรูปวงกลมได้มีการรานน้อย

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ดินในแต่ละแหล่งจะมีช่วงของการใช้น้ำเพื่อเพิ่มความเหนียวในช่วงที่ต่างกันและเห็นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นเมื่อเพิ่มช่วงความถี่ของปริมาณน้ำที่ใช้มากขึ้น และเมื่อทำการรีดออกมาเป็นเส้นแล้วทำการม้วนดินเป็นรูปวงกลม พบว่า

ดินห้วยคะคาง ใช้น้ำร้อยละ 30 ดินมีความเหนียวดีสามารถม้วนเป็นรูปวงกลมได้โดยไม่มีแตกร้าวแต่ถ้าเพิ่มน้ำเป็นร้อยละ 32 ดินจะแฉะและดินที่ผ่านการรีดจะขาดเป็นท่อนๆ

ดินหนองนกเป็ด ใช้น้ำร้อยละ 24 ดินมีความเหนียวดีม้วนเป็นเส้นแล้วไม่มีแตกร้าว แต่เมื่อเพิ่มน้ำเป็นร้อยละ 26 เนื้อดินจะเหลวและแฉะไม่สามารถรีดออกมาเป็นเส้นได้

ดิน อ.โกสุมพิสัย ใช้น้ำร้อยละ 26 ดินมีความเหนียวดีมีการแตกร้าวเล็กน้อยแต่เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้น้ำเป็นร้อยละ 28 ดินที่ได้จะแฉะและเมื่อทำการรีดและเส้นที่ได้จะขาดเป็นท่อนๆ

ดิน อ.เขียงยืน ใช้น้ำร้อยละ 24 ดินมีความเหนียวดีม้วนเป็นเส้นแล้วไม่มีแตกร้าว แต่เมื่อเพิ่มน้ำเป็นร้อยละ 26 เนื้อดินจะเหลวและแฉะไม่สามารถรีดออกมาเป็นเส้นได้

จากผลการทดลองสามารถสรุปถึงช่วงปริมาณการใช้น้ำที่ช่วยให้เกิดความเหนียว และใช้เป็นส่วนผสมจริงในการเตรียมชั้นทดลองเพื่อใช้วัดการทดสอบทางกายภาพ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปผลของการทดสอบความเหนียวของดิน โดยการใช้น้ำเป็นส่วนผสม

ตัวอย่างดิน	ร้อยละของช่วงการใช้น้ำ	ร้อยละของน้ำที่นำไปใช้จริง
ดินห้วยคะคาง	26-32	30
ดินหนองนกเป็ด	22-24	24
ดิน อ.โกสุมพิสัย	26-28	26
ดิน อ.เขียงยืน	24-26	26

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า ผลของการใช้น้ำเพื่อเพิ่มความเหนียวของตัวอย่างดินจะใช้ในปริมาณที่ต่างกัน การใช้น้ำเพื่อเพิ่มความเหนียวในปริมาณที่ต่างกันอาจเนื่องมาจากในดินมีส่วนประกอบที่ต่างกัน เช่น ปริมาณซิลิกาอิสระที่อยู่ในดิน หากมีในปริมาณที่มากจะทำให้ปริมาณการใช้น้ำเพื่อเพิ่มความเหนียวน้อย ปริมาณการใช้น้ำเพื่อให้เกิดความเหนียวน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากซิลิกาอิสระที่ว่าเป็นวัสดุคิบบที่ไม่มีมีความเหนียวหากมีในปริมาณมากก็จะทำให้ความ

เหนียวลดลง ดังนั้นในงานเครื่องปั้นดินเผาการเติมซิลิกาอิสระในเนื้อดินจึงใช้เพื่อเป็นตัวช่วยลดความเหนียวและลดการหดตัวของเนื้อดิน (Ryan, 1978 p.73)

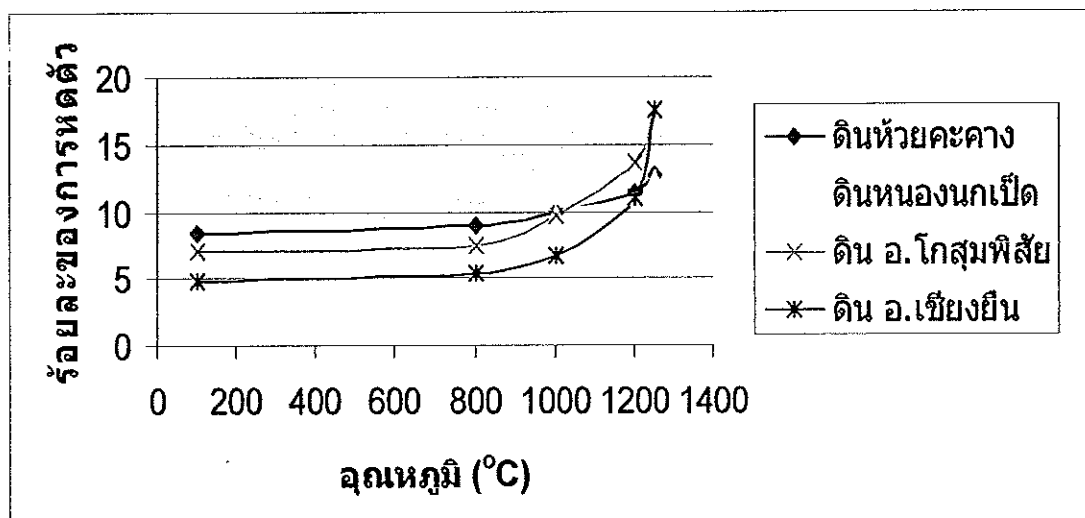
4.1.2 การทดสอบการหดตัว

การทดสอบการหดตัวจะวัดจากการหดตัวตามความยาว ซึ่งในการวัดจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การหดตัวเมื่อแห้งหรือก่อนเผาและการหดตัวหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.4 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการหดตัวแสดงอยู่ในภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.4 ค่าการหดตัวของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผา

ตัวอย่างดิน	หลังอบแห้ง	ร้อยละของการหดตัว			
		หลังเผา (°C)			
		800	1000	1200	1250
ดินห้วยคะคาง	8.50	9.0	10.0	11.35	12.73
ดินหนองนกเป็ด	6.57	7.52	9.89	11.11	12.48
ดิน อ. โกลสูมพิสัย	7.15	7.54	9.65	13.63	17.64
ดิน อ. เชียงยืน	4.80	5.37	6.74	11.11	17.64

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าความหดตัวของตัวอย่างดินห้วยคะคาง และดินอ. โกลสูมพิสัย จะมีค่าการหดตัวมากกว่าตัวอย่างดินหนองนกเป็ด และ ดินอ. เชียงยืน ทั้งก่อนเผาและหลังเผา การหดตัวของเนื้อดินจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การหดตัวหลังอบแห้งและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800°C (ดังภาพที่ 4.1) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดินหลังอบแห้งและหลังเผาที่อุณหภูมิดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ใช้ในการเพิ่มความเหนียวและน้ำที่อยู่ในโครงสร้างผลึกเท่านั้น น้ำที่ใช้เพื่อให้เกิดความเหนียวจะหมดไปที่อุณหภูมิ 100°C ถึง 200°C ส่วนน้ำที่อยู่ในโครงสร้างผลึกจะหมดไปที่อุณหภูมิ 450 ถึง 550°C ส่วนการหดตัวของเนื้อดินที่อุณหภูมิ 1200°C ถึง 1250°C อาจเนื่องมาจากการผุกร่อนตัวของเนื้อดินแน่นมากขึ้น (Sintering) ทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคลดลงจึงเกิดการหดตัวมากขึ้น (Norton, 1973 : 140)



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงร้อยละการหดตัวของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

4.1.3 การทดสอบความพรุนตัว

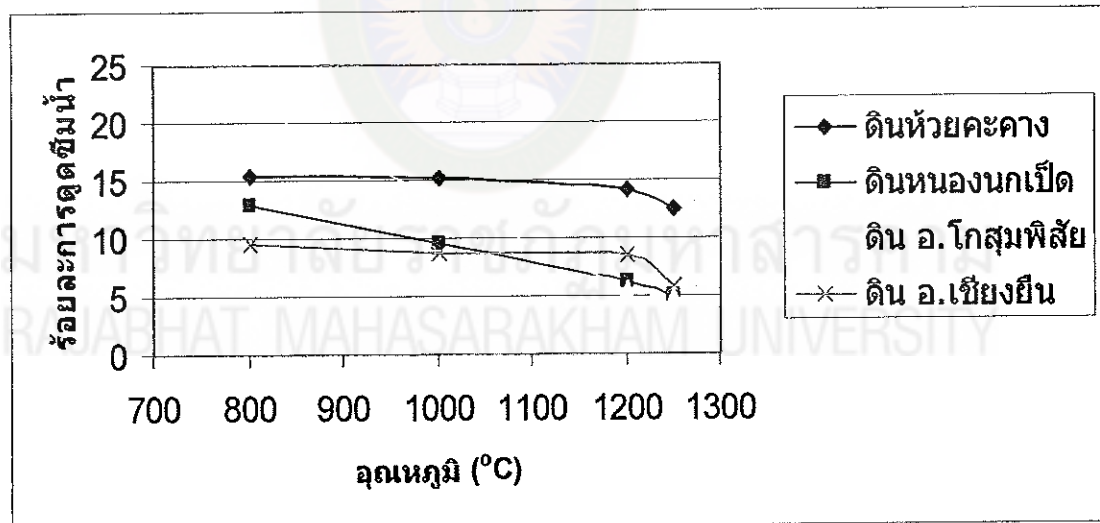
ความพรุนตัวของเนื้อดินวัดจากร้อยละของน้ำที่แห้งทดสอบดูดซับไว้ ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำแสดงในตารางที่ 4.5 ส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดซึมน้ำแสดงในภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.5 ค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินหลังการเผา

ตัวอย่างดิน	ร้อยละการดูดซึมน้ำ			
	800°C	1000°C	1200°C	1250°C
ดินห้วยคะคาง	15.32	15.14	14.21	12.57
ดินหนองนกเป็ด	12.89	9.51	6.29	4.92
ดิน อ. โกสุมพิสัย	21.70	13.42	5.71	5.09
ดิน อ. เชียงยืน	9.64	8.66	8.57	5.84

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสูงขึ้นค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลง ซึ่งความพรุนตัวที่เกิดขึ้นน่าจะมาจากการหายไปของน้ำในโครงสร้างของดินและการหายไปของอินทรีย์สารในดิน หากเปรียบเทียบถึงการดูดซึมน้ำของตัวอย่างดินทั้งสิ้นที่อุณหภูมิ 800°C ถึง 1000°C พบว่า ตัวอย่างดิน อ.โกสุมพิสัย มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 21 รองลงมาคือตัวอย่างดินห้วยคะคาง ประมาณร้อยละ 15 ตัวอย่างดินหนองนกเป็ด ประมาณร้อยละ 12 และตัวอย่างดิน อ.เขียงยืนประมาณร้อยละ 9 ตามลำดับ

ที่อุณหภูมิ 1200°C ถึง 1250°C ค่าการดูดซึมน้ำจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ตัวอย่างดิน อ.โกสุมพิสัย จะมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือประมาณร้อยละ 5 และดินหนองนกเป็ดจะมีค่าการดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 6 ส่วนตัวอย่างดินเขียงยืนมีค่าการดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 8 และดินห้วยคะคาง ยังมีการดูดซึมน้ำที่สูงคือประมาณร้อยละ 12 ถึง 14 ซึ่งผลที่ได้จะตรงกันข้ามกับค่าการดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิ 800°C และ 1000°C อาจจะเป็นเนื่องจากที่อุณหภูมิ 1200°C ถึง 1250°C เกิดการหลอมละลายของเนื้อดินเปลี่ยนเป็นแก้วและมวลไลต์มากขึ้นทำให้ช่องว่างหรือรูพรุนลดลง ความสามารถในการดูดซึมน้ำจึงลดลงด้วย (Norton, 1973 : 140)



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงร้อยละการดูดซึมน้ำของเนื้อดินหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

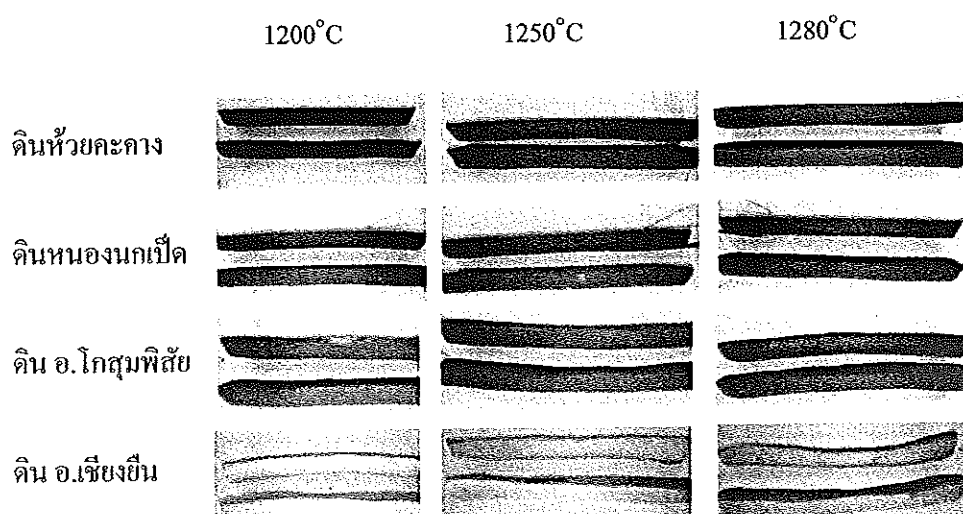
4.1.4 การทดสอบความทนไฟ

ผลของความทนไฟของเนื้อดินดูได้จากค่าความโค้งงอของเนื้อดินหลังทำการเผา เนื้อดินที่มีช่วงของการเผาไหม้เมื่อสุกตัวแล้วค่าความโค้งงอจะมีน้อย ค่าความโค้งงอแสดงในตารางที่ 4.6 และการโค้งงอของชิ้นทดลองหลังเผาแสดงในภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.6 ค่าความโค้งงอของเนื้อดินหลังเผา

ตัวอย่างดิน	ค่าความโค้งงอ (มิลลิเมตร)		
	1200°C	1250°C	1280°C
ดินห้วยคะคาง	0.55	1.20	2.50
ดินหนองนกเป็ด	0.25	0.83	1.33
ดิน อ.โกสุมพิสัย	1.87	3.74	4.55
ดิน อ.เชียงยืน	2.36	1.22	3.46

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าค่าความโค้งงอของเนื้อดินหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200°C ตัวอย่างดิน อ.เชียงยืน มีการโค้งงอมาก ส่วนตัวอย่างดินดินห้วยคะคาง และ ดินหนองนกเป็ด มีการโค้งงอเล็กน้อย (ภาพที่ 4.3) ค่าความโค้งงอของตัวอย่างดินมีค่ามากขึ้นเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1250°C ตัวอย่างดิน อ.โกสุมพิสัย ผลของค่าความโค้งงอที่ได้แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างดินหนองนกเป็ด มีความทนไฟมากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างดินห้วยคะคาง ความทนไฟของเนื้อดินน่าจะมาจากปริมาณของซิลิกาอิสระที่ผสมอยู่ในเนื้อดินในปริมาณมากและมีขนาดอนุภาคค่อนข้างใหญ่ (Grimshaw, 1971 : 273) และนอกจากนี้ ความทนไฟของเนื้อดินจะขึ้นอยู่กับวัสดุดิบที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายในเนื้อดิน ได้แก่ เฟลด์สปาร์ ไมกา และอัลคาไลชนิดอื่นๆ หากมีตัวช่วยหลอมละลายที่มากจะทำให้ความทนไฟหรืออุณหภูมิในการเผาต่ำ (Grimshaw, 1971 : 274)



ภาพที่ 4.3 การ โค้งงอของดินหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

4.1.5 การทดสอบความแข็งแรง

ผลการวัดความต้านทานต่อแรงค้ำ (Bending strength) ของแท่งทดสอบซึ่งผ่านการอบแห้งและผ่านการเผาแสดงในตารางที่ 4.7

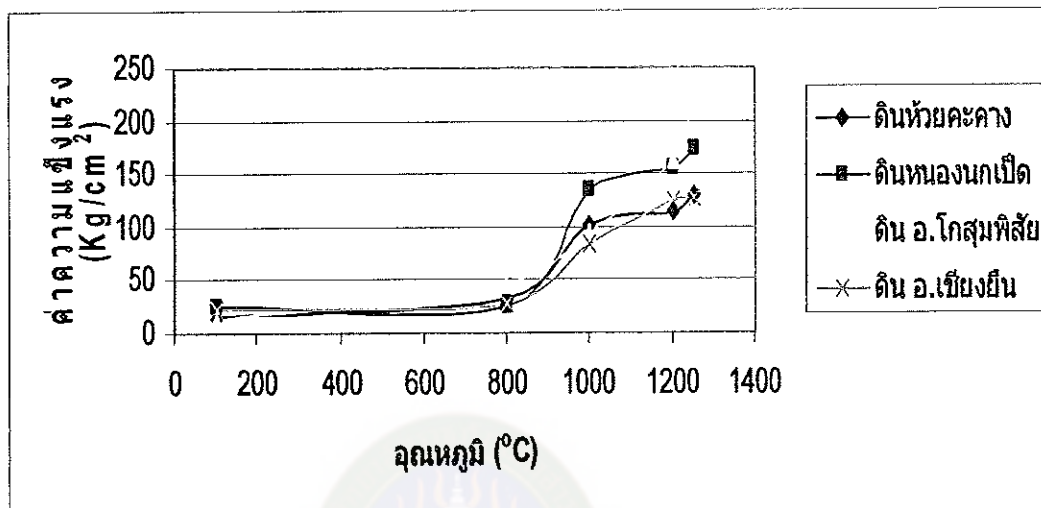
ตารางที่ 4.7 ค่าความแข็งแรงของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ตัวอย่างดิน	ค่าความแข็งแรง (Kg/cm ²)				
	หลังอบแห้ง	หลังเผา (°C)			
		800	1000	1200	1250
ดินห้วยคะคาง	14.26	32.25	101.84	114.62	130.69
ดินหนองนกเป็ด	24.76	26.59	152.87	156.59	174.21
ดิน อ. โกลุมพิสัย	11.64	46.94	95.47	162.05	219.71
ดิน อ.เซียงฮีน	23.95	27.83	46.37	124.12	128.15

ผลการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินจากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าความแข็งแรงของตัวอย่างดินมีความแตกต่างกันทั้งหลังอบแห้งและหลังเผา ซึ่งความแข็งแรงของเนื้อดินจะขึ้นอยู่กับชนิดหรือองค์ประกอบของดิน สมบัติทางกายภาพของวัตถุคิบ วิธีการเตรียมวัตถุคิบ วิธีการขึ้นรูป และเงื่อนไขของการทำให้แห้งและการเผา (Grimshaw, 1971 : 871)

ตัวอย่างดินหลังอบแห้ง ค่าความแข็งแรงของเนื้อดินไม่แตกต่างกันมากนัก ในตัวอย่างดิน อ.โกสุมพิสัย มีความแข็งแรงน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากตัวอย่างดินนี้มีปริมาณของทรายหรือซิลิกาอิสระที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ผสมอยู่ในเนื้อดินค่อนข้างสูงดู จึงส่งผลให้ค่าความแข็งแรงต่ำ ส่วนตัวอย่างดินหลังการเผา พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความแข็งแรงก็มากขึ้นด้วย ที่อุณหภูมิ 800°C และ 1000°C ตัวอย่างดินห้วยตะกาง และดินหนองเป็ดมีความแข็งแรงมากที่สุด ส่วนตัวอย่างดินเชียงยืน มีความแข็งแรงต่ำสุด แต่ที่อุณหภูมิ 1200°C ถึง 1250°C พบว่า ตัวอย่างดินเชียงยืน มีความแข็งแรงน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองค่าความทนไฟของเนื้อดิน

ส่วนปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความแข็งแรงของเนื้อดินที่ได้จากการทดลองคือปริมาณของซิลิกาอิสระที่ผสมอยู่ในเนื้อดิน โดยทั่วไปซิลิกาอิสระจะเป็นตัวลดความแข็งแรงในเนื้อดินทั้งก่อนเผาและหลังเผา แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของซิลิกาอิสระที่อยู่ในส่วนผสม ถ้าอนุภาคใหญ่จะลดความแข็งแรงหากมีอนุภาคขนาดเล็กจะเพิ่มความแข็งแรง (Grimshaw, 1971 : 871) ซึ่ง Stathis และคณะ (2004) ได้ศึกษาผลของขนาดอนุภาคของควอทซ์ในเนื้อดินพอร์ซเลน พบว่าขนาดอนุภาคของควอทซ์ที่อยู่ระหว่าง 5-20 ไมครอน มีความแข็งแรงมากกว่าขนาดอนุภาคช่วงที่เล็กกว่า 5 ไมครอน และช่วงระหว่าง 20-40 ไมครอน มากถึงร้อยละ 20 อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนอาจต้องมีการทดลองอย่างละเอียดโดยศึกษาปริมาณของซิลิกาอิสระในปริมาณที่ต่างกันอาจจะได้ผลสรุปที่ชัดเจนมากขึ้น และเนื่องจากดินที่นำมาศึกษาเป็นดินคนละแหล่ง ฉะนั้นสมบัติบางอย่างของเนื้อดินจึงแตกต่างกันออกไป ซึ่งไม่เหมือนกับเนื้อดินที่เตรียมขึ้นเองโดยใช้วิธีการคำนวณจากผลวิเคราะห์ทางเคมีและการคำนวณเนื้อดินปั้นด้วยตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Diagram) ที่รู้อัตราส่วนผสมที่แน่นอน

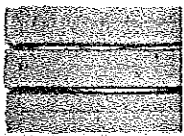
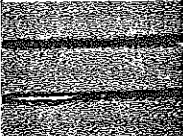
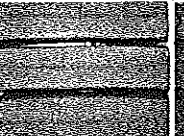
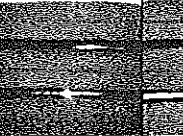
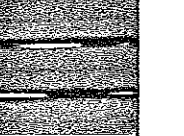
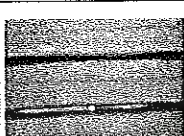

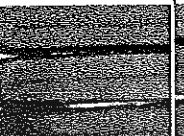
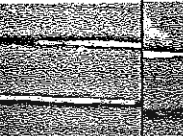

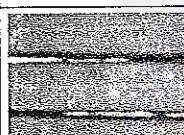

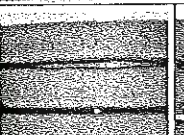
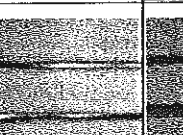



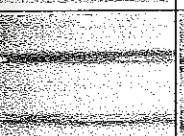
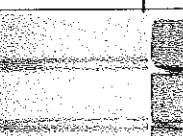
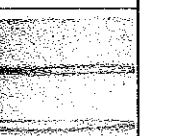


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความแข็งแรงของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผา

4.1.6 สีของเนื้อดิน

การศึกษาลักษณะสีของเนื้อดินโดยการดูด้วยตาเปล่าจากสีหลังเผาด้วยบรรยากาศออกซิเดชันที่อุณหภูมิต่างๆดังแสดงในตารางที่ 4.8 ซึ่งลักษณะของสีจะมีความแตกต่างกัน สีของเนื้อดินหลังอบแห้ง และหลังการเผาน่าจะขึ้นอยู่กับชนิดหรือปริมาณของอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารที่ผสมอยู่ในเนื้อดิน แต่เมื่อหลังเผาพวกอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารจะสลายให้ออกไซด์ของโลหะต่างๆออกมา ซึ่งการสลายตัวไปขึ้นอยู่กับชนิดของอินทรีย์สารหรืออนินทรีย์สารนั้นๆ สีหลังเผาของตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 800°C จะเป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งความแตกต่างของสีในเนื่องมาจากมีปริมาณของเหล็กออกไซด์ ซึ่งนอกจากสีจะได้จากเหล็กออกไซด์แล้วไทเทเนียมไดออกไซด์ก็ยังมีผลต่อสีของเนื้อดินในลักษณะเดียวกันด้วย การเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นสีของเนื้อดินก็จะเปลี่ยนไปด้วย

ตารางที่ 4.8 สีของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน

ตัวอย่างดิน	สีหลังอบแห้ง	อุณหภูมิ			
		800 °C	1000 °C	1200 °C	1250 °C
ดินห้วยกะปาง					
ดินหนองนกเป็ด					
ดิน อ. โสภุมพิสัย					
ดิน อ. เชียงยืน					

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติของดินจากแหล่ง ห้วยคะกาง หนองนกเป็ด (ดินในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม) ดิน อ.โกสุมพิสัย และดิน อ.เขียงยืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาให้ทราบถึง สมบัติทางกายภาพ ของดิน ผลจากการศึกษาดังสรุปไว้ดังนี้

5.1.1 การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพของดินที่ได้ทำการทดสอบ ได้แก่ ความเหนียว การหดตัว การดูดซึมน้ำ ความทนไฟ ความแข็งแรง และสี มีความแตกต่างกันดังนี้ ตัวอย่างดิน อ.โกสุมพิสัย และดิน อ.เขียงยืน เป็นดินที่มีความเหนียวสูงเนื่องจากมีขนาดอนุภาคละเอียดจึงมีปริมาณของการใช้น้ำเพื่อเพิ่มความเหนียวสูงที่สุด (ร้อยละ 24-28) ทำให้มีการหดตัวทั้งก่อนเผาและหลังการเผาสูง หลังเผาที่อุณหภูมิ 1250°C มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ (ประมาณร้อยละ 5) แต่พบว่าความทนไฟต่ำ เนื่องจากแห้งทดสอบมีค่าโค้งงอที่สูง ส่วนตัวอย่างดินที่มีค่าความแข็งแรงมากที่สุดคือ ดิน อ.โกสุมพิสัย มีค่าความแข็งแรงประมาณ 219 Kg/cm²

5.2 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

ตัวอย่างดิน อ.โกสุมพิสัย เป็นดินที่มีขนาดอนุภาคละเอียด มีอินทรีย์สารสูง มีซิลิกาอิสระต่ำจึงมีความเหนียวสูง ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับการนำใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยความเหนียว โดยเฉพาะการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน แต่ควรระมัดระวัง ในขั้นตอนการฝังลมหรืออบผลิตภัณฑ์ให้แห้ง และขั้นตอนการเผา เนื่องจากดิน อ.โกสุมพิสัย เป็นดินที่มีการหดตัวเมื่อแห้งและหดตัวหลังเผาสูงถึงประมาณร้อยละ 17 การทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วเกินไปหรือแห้งไม่สม่ำเสมอตลอดขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวและแตกร้าวได้โดยเฉพาะบริเวณก้นผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนของการเผากการให้

ความร้อนหรือการเพิ่มอุณหภูมิในช่วง 100-200°C ต้องเป็นไปอย่างช้าๆ ถ้าให้ความร้อนที่เร็วเกินไปจะทำให้ชิ้นงานเกิดการระเบิดได้

5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตต่อไป

จากการศึกษาสมบัติของดินแหล่งห้วยคะคาง หนองนกเป็ด (ดินในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม) ดิน อ. โกลุมพิสัย และดิน อ. เชียงยืนทำให้ทราบถึงข้อดีข้อด้อยที่แตกต่างกันของดินจากแต่ละแหล่ง หากมีการนำดินที่ศึกษานี้ผสมกันเพื่อปรับปรุงสมบัติของดินแต่ละแหล่งให้มีความเหมาะสมในการใช้งาน เช่น การเพิ่มความทนไฟหรือลดการหดตัวของดิน หรือการเพิ่มความเหนียวของดิน อาจทำให้ได้ดินผสมที่มีสมบัติที่ดีในทุกๆด้านและมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้นในการนำไปใช้ต่อไป



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

เชี่ยวชาญ แสงทอง.(2548) การศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของดินเวียงการหลง. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

ทวี พรหมพฤกษ์. (2523). เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

พิมพ์วัลลค์ วัฒโนภาส และสุมาลี ลิขิตวินิชกุล. (2546). การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงเนื้อดินปั้นราชบุรี. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิก. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2548). แนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ แหล่งที่มา <http://www.oie.go.th/industrystatus2/96.doc> (30 มิถุนายน 2548).

สถิติข้อมูลโรงงานเซรามิกของประเทศไทย. (2544). กรุงเทพฯ : ศูนย์สารสนเทศ. กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

สมบูรณ์ สารสิทธิ์. (2539). การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราชเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบและน้ำเคลือบที่เหมาะสม. การศึกษามหาบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรม การศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ASTM STANDARDS. (2002). "Standard test method for linear thermal expansion of porcelain enamel and glaze frits and fired ceramic whiteware products by the dilatometer method" Baltimore : ASTM international.

Aras Aydin. (2004). "The change of phase compositions in kaolinite-and illite-rich clay-based ceramic bodies" **Applied Clay Science**. 24, 3-4 (February); 257-269.

Braganca S.R. (2004). "Traditional and glass powder porcelain : Technical and microstructure analysis" **Journal of the European Ceramic Society**. 24, 8 (July); 2383-2388.

Carroll Dorothy. (1970). **Clay Mineral : A Guide to Their X-ray Identification**. Colorado : The geological society of American.

Dana Kausik and Das Swapan Kumar. (2004). "Evolution of microstructure in flyash-containing porcelain body on heating at different temperatures" **Bull.Mater. Sci.**, 27, 2 (April); 183-188.

Dana Kausik and Das Swapan Kumar. (2004). "Partial substitution of feldspar by B.F. slag intriaxial porcelain phase and microstructure evolution" **Journal of the European Ceramic Society**. 24, 15-16 (December); 3833-3839.

Das Swapan Kr. (2003). "Differences in densification behavior of K-and Na-feldspar-containing porcelain bodies" **Thermochimica Acta**. 406, 1-2, 28 (November); 199-206.

Das Swapan Kr. (2005) "Shrinkage and strength behaviour of quartzitic and kaolinitic clays in wall tile compositions." **Applied clay Science**. 29, 2 (April); 137-143.

Ece O.Isik and Nakagawa Zenbe-e. (2002). "Bending strength of porcelains." **Ceramics International**. 28, 2 (February); 131-140.

Frank and Jarnet Hamer. (1975). **The pottery's dictionary of material and Technique**. London : Ritman.

Georges Millot. (1970). **Geology of clays**. Translated by Farrand W.R. and Helene Paquet. London : Chapman and Hall.

Grimshaw REX W. (1971) **The chemistry and physics of clays**. London : Ernest Benn.

Iqbal, Yaseen and Lee, William Edward. (2000). "Microstructure evolution in triaxial porcelain." **J.Am Ceram. Soc.**, 83 (December); 3121-3127.

Kingery, W.D. Bowen H.K. And Uhlmann D.R. (1991). **Introduction to Ceramics**. 2nd Ed. New York : John Wiley and Sons.

Lawrence W.G. (1972). **Ceramic Science for the Potter**. Radnor : Chilton Book.

Lee W.E. (2001). "Influence of mixing on mullite formation in porcelain" **Journal of the European Ceramic Society**. 21, 14; 2583-2586.

Milheiro F.A.C. (2004). "Densification behaviour of a red firing Brazilian kaolinitic clay" **Ceramics International**. 31, 5 (June); 757-763.

Norton F.H. (1974). **Elements of Ceramics**. London : Addison-Wesley.

Queensland University of Technology. (2005). "**Inorganic materials**" Available www.Sci.qut.edu.au/profile/frost/ (18 Aug 2005).

Ryan W. (1978). **Properties of ceramic raw materials**. Oxford : Pergamon.

Sanchez-Soto. (2000). "Effects of dry grinding the structure changes of kaolinite powders" **J. Am Ceram.Soc.**, 83, (July); 1649-1657.

Singer Felix. (1963). **Industrial Ceramics**. New York : Chemical.

Stathis G. (2004). "Effect of firing conditions, filler grain size and quartz content on bending strength and physical properties of sanitaryware porcelain" **Journal of the European Ceramic Society**. 24,8 (July); 2557-2566.

Tucci A. (2004). "Use of soda-lime scape-glass as a fluxing agent in porcelain stoneware tile mix". **Journal of the European Ceramic Society**. 24, 1 (January); 83-92.

Worrall. W.E. (1982). **Ceramic Raw Materials**. Oxford : Pergamon.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY