บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ดินและแร่ดิน

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

1.1 จำแนกตามแหล่งกำเนิด (Frank and Janet, 1975)

ดินที่เกิดในแหล่งภูเขาหรือดินปฐมภูมิ (Primary or Residual Clay) เกิดจากหินฟันม้าหรือเฟลด์สปาร์ที่ผุกร่อนทับถมกันอยู่โดยไม่ได้เคลื่อนย้ายไปจากแหล่งเดิม มีความบริสุทธิ์สูง เม็ดดินมีขนาดใหญ่ มีความเหนียวน้อย ได้แก่ ดินเคโอลิน (China Clay)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

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

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

แร่กลุ่มเคโอลิไนท์ (Kaolinite Group) กลุ่มนี้ประกอบด้วยแร่ดินหลายชนิดคือ

เคโอลิไนท์ (Kaolinite) ผลึกมีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยม (ภาพที่ 2.1) เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ โครงสร้างของผลึกประสานกันแข็งแรงแร่อื่นไม่สามารถแทรกเข้าไปในโครงสร้างของผลึกได้ แร่ดินเคโอลิไนท์จึงมีความบริสุทธิ์มาก

ฮอลลอยไซท์ (Halloysite) มีโครงสร้างต่างจากแร่เคโอลิไนท์ คือผลึกที่เป็นแผ่นเกิดการม้วนตัวเป็นหลอด โครงสร้างของผลึกเกิดการเรียงตัวไม่เป็นระบบ เป็นดินขาวที่มีความ

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

แร่กลุ่มไมกา (Mica Group) แร่กลุ่มนี้มีโครงสร้างที่ต่างจากเคโอลิไนท์โดยสิ้นเชิง คือในโครงสร้างผลึกจะมีแร่อื่นเข้ามาแทรกอยู่ในระหว่างผลึก เช่น โพแทสเซียม โซเดียม จึงทำให้มีจุดหลอมละลายที่ต่ำกว่าแร่เคโอลิไนท์บริสุทธิ์ แร่ที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ไพโรฟีลไลท์ (Pyrophylite) อิลไลท์ (Illite) และมัสโคไวท์ (Muscovite)

แร่กลุ่มมอนท์มอริลโลไนท์ (Montmorillonite) เป็นแร่ที่มีโครงสร้างผลึกที่ไม่แน่นอน ขนาดอนุภาคของผลึกมีความละเอียดมาก โครงสร้างของผลึกแตะกันอย่างหลวมๆจึงทำให้น้ำ อินทรีย์สาร และแร่ธาตุสามารถแทรกเข้าไปตามชั้นของผลึกได้ ทำให้ไม่บริสุทธิ์ แต่มีความเหนียวสูง

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

2. วัตถุดิบในการเตรียมเนื้อดินเซรามิก

วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเนื้อดินเซรามิกหรือที่เรียกว่าเนื้อดินปั้นนิยมแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ ดิน ตัวหลอมละลาย และตัวทนไฟ (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541)

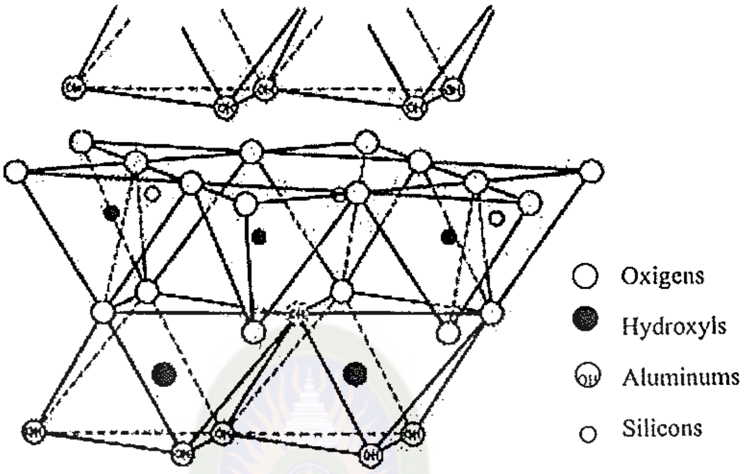
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1 ดิน (Clay)

ดินเป็นวัตถุดิบที่มีความเหนียวที่ใช้ในการเตรียมเป็นเนื้อดินปั้นในอุตสาหกรรมเซรามิก สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ดังนี้

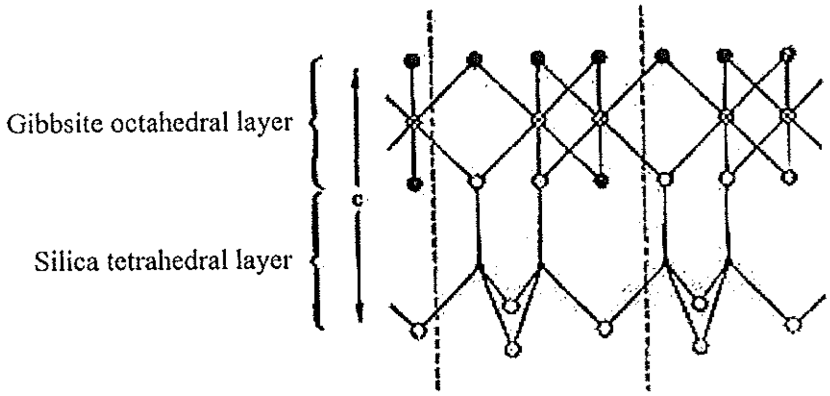
ดินขาว (Kaolin or China Clay) ดินขาวส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในแหล่งผุพังของหินเดิม (Residual Clay) เป็นดินที่มีขนาดอนุภาคหยาบจึงมีความเหนียวน้อย ประกอบด้วยแร่เกาลินไนท์ (Kaolinite) มากกว่าดินชนิดอื่นๆ โครงสร้างของดินขาวเกิดจากการจับกันระหว่างชั้นเตตะฮีดรอล (Tetrahedral Sheet) ของซิลิกา กับ ชั้นออกตะฮีดรอล (Octahedral Sheet) ของกิบไซท์ (Gibbsite) ดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 โครงสร้างของดินขาวเป็นแบบไตรคลินิก (Triclinic) ดินขาวมีหลายอย่างแตกต่างกันไปตามสูตรโครงสร้างและสูตรทางเคมี สูตรเคมีพื้นฐาน คือ $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ หรือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ ดินขาวมีรูปผลึกที่มีลักษณะเป็นแบบหกเหลี่ยม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-10.0 ไมครอน ความทนไฟประมาณ 1750-1770 องศาเซลเซียส (°C) การหดตัวน้อย และมีความแข็งแรงหลังเผาสูง

ประโยชน์ของดินขาว ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิก เช่น ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องประดับ ใช้ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เช่น อิฐก่อสร้าง อิฐปูพื้น กระเบื้องมุงหลังคา ใช้ทำเป็นเบ้าหลอมในอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก ใช้ทำฉนวนไฟฟ้า ใช้ทำเครื่องกรองน้ำ ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เพื่อเพิ่มการดูดซับน้ำหมึกและช่วยให้ผิวหน้ากระดาษเรียบ และใช้ในอุตสาหกรรมยาง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของยาง



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเคโอลิไนท์ (Grim,1968)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.2 ภาพด้านข้างแสดงการจับกันของชั้นเตตระฮีดรอลของซิลิกากับชั้นออกตะฮีดรอลของกิบไซท์ (Ryan, 1978)

ดินดำ (Ball clay) ดินดำหรือดินเหนียวขาวเกิดจากดินขาวถูกพัดพาไปตกตะกอนสะสมในแหล่งใหม่ ดินดำเป็นดินที่มีขนาดอนุภาคละเอียดมาก อนุภาคของดินยึดเกาะกันได้ดี มีอินทรีย์สารที่มีโครงสร้างคล้ายกับที่พบในถ่านหินลิกไนท์ จึงช่วยให้ดินชนิดนี้มีความเหนียวและทำให้มีสีเปลี่ยนไปจากสีขาวกลายเป็นสีเทาจนถึงสีดำ แต่เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงเนื้อดินจะมีสีขาวหรือสีครีม อินทรีย์สารต่างๆ จะถูกเผาไหม้หมดไปจากเนื้อดิน และมีความทนไฟประมาณ 1300° C โดยไม่บิดเบี้ยว มักเป็นดินที่มีคุณภาพดี นิยมนำใช้ผสมในผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาว เช่น พอร์ซเลน โบนไชน่า และไวท์เอิร์ทเทินแวร์ ส่วนดินดำทั่วไปที่คุณภาพปานกลางมีทรายเจือปนอยู่ค่อนข้างมาก ใช้ทำเนื้อดินขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ทำท่อน้ำดินเผา หรือผสมในเนื้อดินทำกระเบื้องปูพื้น เนื่องจากเป็นดินที่มีแร่ธาตุเจือปนอยู่ตามธรรมชาติค่อนข้างสูง เช่น ไทเทเนียม เฟอร์ริก แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม จึงมีสีต่างๆ เช่น สีเหลือง สีเทา สีดำ และสีส้มแดง หลังการเผาดินก็จะมีสีต่างๆ กันไป เช่น สีเทา สีน้ำตาล สีแดง หรือสีเหลืองอมเทา ส่วนประกอบทางเคมีของดินดำจะมีแร่เคโอลิไนท์เป็นส่วนใหญ่เช่นเดียวกับดินขาวแต่เป็นผลึกเคโอลิไนท์ที่ไม่สมบูรณ์ (Disordered kaolinite) ส่วนประกอบทางเคมีโดยประมาณจะมีซิลิการ้อยละ 40-60 อลูมินาร้อยละ 30 น้ำและอินทรีย์สารร้อยละ 10 นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุอื่นปะปน

ประโยชน์ของดินดำ ช่วยเพิ่มความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เนื้อดินปั้นขึ้นรูปได้ดี ผสมในเนื้อดินอัตราส่วนโดยน้ำหนักร้อยละ 20-50 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงก่อนเผา (Green strength) ลดการสูญเสียจากการแตกหักของก่อนเผาในขณะที่เคลื่อนย้าย ผลิตภัณฑ์ไม่เปราะหรือแตกหักง่าย ทำให้น้ำดินหล่อที่ใช้ในการเทแบบไหลตัวดี ทำให้เสริมปฏิกิริยาระหว่างมวลสารในระหว่างการเผา ทำให้ดินสุกตัวได้เร็ว และประหยัดเวลาในการเผา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ดินดำนอกจากจะให้ประโยชน์แล้วอาจจะให้ผลเสียหรือสร้างปัญหาในการผลิตเซรามิกได้ เช่น ในดินดำมีสิ่งเจือปนอื่นๆสูง เช่น คาร์บอน แร่เหล็ก แร่ไทเทเนียม ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์หลังเผามีตำหนิ และความขาวของเนื้อดินเสียไปด้วย ถ้าใช้ดินดำผสมในปริมาณมากเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ค่อยโปร่งแสงมีการหดตัวสูง ทำให้บิดเบี้ยวและแตกร้าวหลังการเผา และเนื่องจากดินดำมีองค์ประกอบในเนื้อดินไม่แน่นอน จึงยุ่งยากในการควบคุมอัตราส่วนผสมทั้งเนื้อดินปั้นและการหล่อแบบ

2.2 ตัวหลอมละลาย

ตัวหลอมละลาย คือ วัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายลดอุณหภูมิในการเผา การใช้ตัวหลอมละลายในเนื้อดินเพื่อให้ดินสุกตัวในอุณหภูมิที่ต้องการ ตัวหลอมละลายทำหน้าที่ประสานผลึกของวัตถุดิบต่างๆ ให้หลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน หินฟันม้า (Feldspar) เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในกลุ่มที่ให้ด่างหรือวัตถุดิบช่วยในการหลอมละลาย ด่างในแร่เฟลด์สปาร์อยู่ในรูปผลึกของแร่

ที่ไม่ละลายน้ำ จึงสะดวกในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบผสมในเนื้อดินปั้น หน้าที่ของเฟลด์สปาร์ในเนื้อดิน คือเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในดิน ลดความเหนียวของเนื้อดินก่อนเผา เป็นตัวประสานให้ผลึกของดินหลอมตัวกันแน่น ลดการดูดซึมน้ำ ลดอุณหภูมิในการเผา และเพิ่มความโปร่งแสงให้ผลิตภัณฑ์ภายหลังการเผา เฟลด์สปาร์เป็นสารประกอบของอะลูมิโนซิลิเกต (Alumino silicate) และอัลคาไลน์ (Alkaline) ดังนั้นเฟลด์สปาร์จึงมีวัตถุดิบที่เป็นด่างคือตัวหลอมละลาย มีอลูมินาเป็นตัวกลางและมีซิลิกาเป็นตัวทนไฟด้วย จึงจัดเป็นวัตถุดิบที่ให้เคลือบตามธรรมชาติ โดยปกติแร่เฟลด์สปาร์มีหลายชนิด แต่ที่นิยมนำมาใช้กันมีดังนี้ (Frank and Janet, 1975)

โพแทสเฟลด์สปาร์ (Orthoclase) และ ไมโครไคลน์ (Microcline) มีสูตรทางเคมีเหมือนกันคือ $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ แต่มีโครงสร้างผลึกที่ต่างกันคือโพแทสเฟลด์สปาร์จะมีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลีนิก (Monoclinic) ส่วนไมโครไคลน์จะมีโครงสร้างผลึกแบบไตรคลีนิค (Triclinic) โดยปกติเฟลด์สปาร์จะเริ่มหลอมละลายเล็กน้อยที่อุณหภูมิ 1150°C โพแทสเฟลด์สปาร์หลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 1200°C จากสูตรโครงสร้างของโพแทสเฟลด์สปาร์ 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 $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ หลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 1170 °C จากสูตรโครงสร้างของโซดาเฟลด์สปาร์ พบว่า มีร้อยละของสารประกอบต่างๆ เป็นหลักสากล ดังนี้ (Singer, 1963)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Na_2O ร้อยละ 11.80

Al_2O_3 ร้อยละ 19.40

SiO_2 ร้อยละ 68.80

ไลม์เฟลด์สปาร์ (Anorthite) มีสูตรทางเคมีคือ $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$ 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) $BaO.Al_2O_3.2SiO_2$ 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 $Li_2O.Al_2O_3.8SiO_2$ 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

2.3 ตัวทนไฟ

วัตถุดิบในการเตรียมเนื้อดินปั้นนอกจากจะมีดินและตัวหลอมละลายแล้ว ยังต้องมีวัตถุดิบที่เป็นตัวทนไฟซึ่งเปรียบเสมือนโครงกระดูก จึงทำให้ลดการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน (Dinsdale, 1986 : 32) นอกจากนี้ตัวทนไฟยังช่วยให้ ลดความเหนียว ลดระยะเวลาของการผึ่งแห้งลง ลดการหดตัวเมื่อแห้งและหลังเผา ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของตัวทนไฟนั้นด้วย (Frank and Janet, 1975) วัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวทนไฟในเนื้อดินปั้นมีดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

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

อลูมินา คืออลูมิเนียมออกไซด์ มีสูตรทางเคมีคือ Al_2O_3 อลูมินาอิสระจะพบในแร่ดินบางชนิดที่ได้จากแหล่งกำเนิดของแร่บอกไซด์ (Bauxite) ซึ่งประกอบด้วยแร่สำคัญอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ จิปไซท์ (Gibsite) ไดอะสปอร์ (Diaspore) และโบห์ไมท์ (Boehmite) อลูมินาอิสระจะเป็นตัว

ลดความเหนียวของเนื้อดินและเพิ่มความทนไฟในเนื้อดิน ทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี มีความแข็งสูง จึงนิยมนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ทนความร้อนได้สูงๆ เช่น อลูมินาพอร์ซเลน ลูกถ้วยไฟฟ้า วัสดุทนไฟ อลูมินานอกจากจะมีอยู่ในแร่ดินแล้ว ยังมีในเฟลด์สปาร์ ไมกา และอลูมิโนซิลิเกตอื่นๆ (Worrall, 1982)

3. การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของแร่ดินเคโอลิไนท์

แร่ดินเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละช่วงอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ (Lawrence, 1972)

อุณหภูมิ 100-200°C เกิดปฏิกิริยาดูดพลังงาน เนื่องจากการหายไปของน้ำอิสระที่ถูกดูดซับไว้ระหว่างอนุภาคหรือผิวของดิน

อุณหภูมิ 300-500°C เกิดปฏิกิริยาคายพลังงาน เนื่องจากการหายไปของพวกอินทรีย์สารที่อยู่ในดิน

อุณหภูมิ 450-600°C เกิดปฏิกิริยาดูดพลังงาน เนื่องจากการหายไปของน้ำที่อยู่ในโครงสร้างผลึกของดินคิดเป็นร้อยละ 13.95 ทำให้โครงสร้างของผลึกของดินเปลี่ยนไปเป็นเมตะเคโอลิน (Matakaolin) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$2(Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O) \longrightarrow 2Al_2O_3.4SiO_2 + 4\ H_2O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

เคโอลิไนท์ เมตะเคโอลิน น้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ที่อุณหภูมิ 980°C เกิดปฏิกิริยาคายพลังงาน เนื่องจากการเปลี่ยนโครงสร่างของเมตะเคโอลินเป็นสปิเนล (Spinel) พร้อมกับการปล่อยซิลิกาอสัณฐานออกมา ดังแสดงในสมการที่ 2

$$2Al_2O_3.4SiO_2 + 4H_2O \longrightarrow 2Al_2O_3.3SiO_2 + SiO_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

เมตะเคโอลิน น้ำ สปิเนล ซิลิกา

ที่อุณหภูมิ 1050-1100°C เกิดปฏิกิริยาคายพลังงาน เนื่องจากสปิเนลเปลี่ยนเป็นโครงสร้างมัลไลต์พร้อมกับการปล่อยซิลิกาอิสระออกมา

$$2Al_2O_3.3SiO_2 + SiO_2 \longrightarrow 3Al_2O_3.2SiO_3 + SiO_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

สปิเนล ซิลิกา มัลไลต์ คริสโตบาไลต์

อุณหภูมิ 1200-1400°C จะเกิดการโตของผลึกมัลไลต์ ($3Al_2O_3.2SiO_3$) พร้อมกับมีการคายพลังงาน

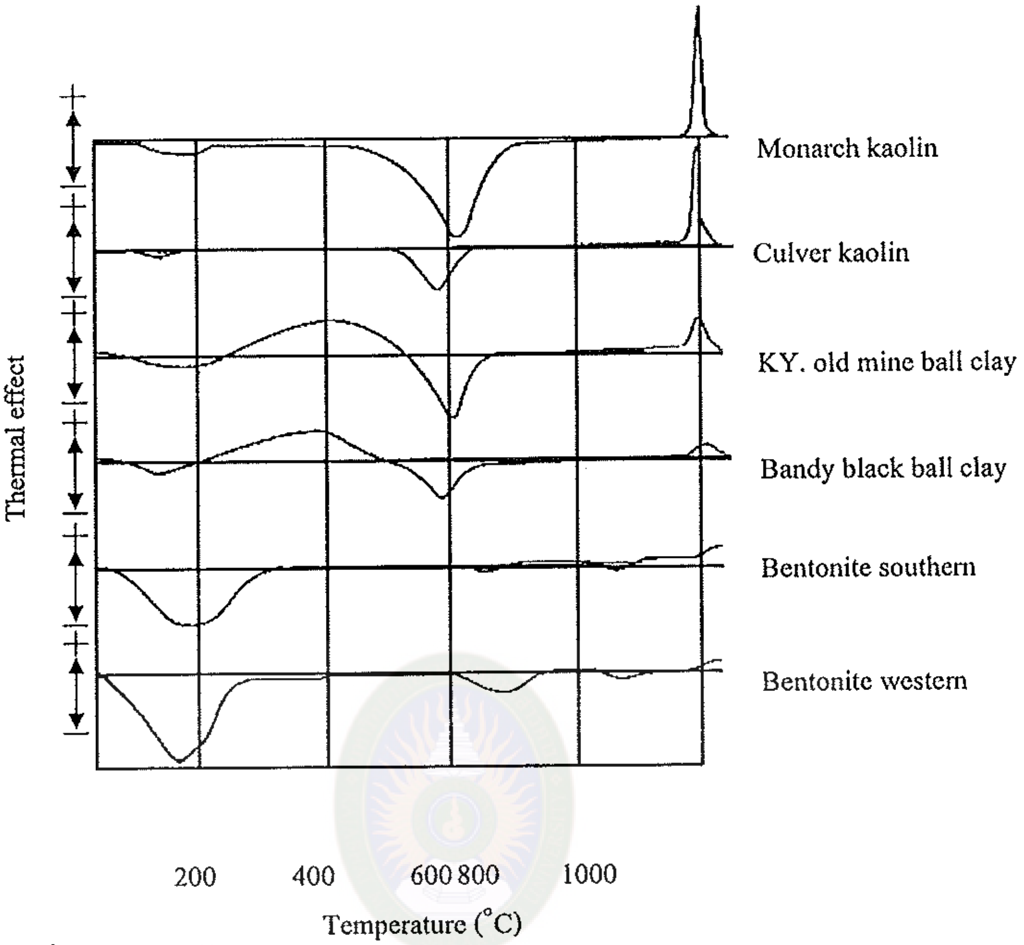
ภาพที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของตัวอย่างดินชนิดต่างๆ ในช่วงอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 1000°C จากรูปจะเห็นว่าในช่วงอุณหภูมิห้องจนถึง 200°C ดินแต่ละชนิดจะมีการดูดพลังงานเข้าไปเพื่อไล่น้ำที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาค จากรูปจะเห็นว่าดินที่มีขนาดอนุภาคเล็กเช่นดินเบนโตไนท์จะมีการใช้พลังงานมากในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าดินชนิดอื่นๆ เนื่องจากดินชนิดนี้มีขนาดอนุภาคเล็กจึงดูดซับน้ำไว้ที่ผิวได้มาก เพราะฉะนั้นจึงใช้พลังงานในการระเหยของน้ำออกไปมากด้วย

ในช่วงระหว่าง 200-500°C มีการคายพลังงานเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของอินทรีย์สารในดินจะสังเกตเห็นว่าดินที่มีปริมาณอินทรีย์สารมาก เช่น ดินดำ KY. old mine ball clay และ Bandy black ball clay ก็จะมีการคายพลังงานมาก

ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 450-600°C มีการดูดพลังงานเนื่องจากการหายไปของน้ำในโครงสร้างผลึกของเคโอลิไนท์และเคโอลิไนท์จะเปลี่ยนไปเป็นเมตะเคโอลิน ในดินที่มีปริมาณแร่เคโอลิไนท์มาก เช่น ดินขาว Monarch kaolin จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานมากตามไปด้วย

ที่อุณหภูมิประมาณ 980°C เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจากเมตะเคโอลินเป็นสปิเนล จะสังเกตเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงนี้จะค่อนข้างชัดเจนในดินที่มีเคโอลิไนท์สูงๆ เช่น ดิน Monarch kaolin และดิน Culver kaolin แต่ในดินอื่นๆเช่น ดินดำหรือดินบอลเคลย์ การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่ชัดเจนนัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

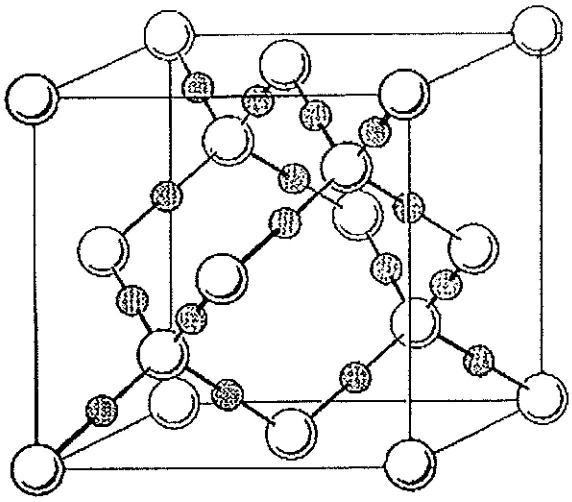


ภาพที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์ DTA แสดงการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของดินชนิดต่างๆ (Lawrence, 1972)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของควอทซ์

ควอทซ์เมื่อโดนเผาผ่านความร้อนจะเปลี่ยนโครงสร้างของรูปผลึกอยู่หลายช่วงอุณหภูมิของการเผา โดยอะตอมของรูปผลึกถูกจัดเรียงตัวใหม่จากรูปแบบหนึ่ง เปลี่ยนแปลงเป็นอีกแบบหนึ่ง แต่ละแบบจะสามารถคงสภาพอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง ที่อุณหภูมิปกติควอทซ์จะอยู่ในรูปของอัลฟาควอทซ์ซึ่งมีโครงสร้างผลึกเป็นเตตระฮีดรอล (Tetrahedral) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 573°C จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นเบตาควอทซ์ ทำให้เกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ที่อุณหภูมิสูงถึง 870°C จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นไทรดีไมท์ และหรือคริสโตบาไลท์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของตัวช่วยหลอมที่เจือปนอยู่ เช่นแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 1470°C จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเบตาคริสโตบาไลท์ จนในที่สุดเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 1723°C คริสโตบาไลท์จะหลอมตัวทำให้เกิดเป็นเนื้อแก้วซิลิกา (Silica glass) (Worrall, 1982 : 11)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างผลึกของคริสโตบาไลต์ (Kingery, 1991)

นอกจากการเปลี่ยนแปลงที่กล่าวมาแล้วควอทซ์ ไทรดีไมท์ และคริสโตบาไลท์ ยังสามารถเปลี่ยนจากอัลฟาเป็นเบตา หรือที่เรียกว่า อินเวอร์ชัน (Inversion) ดังนี้ (Ryan,1978)

อัลฟา ควอตซ์ $\overset{573^{\circ}C}{\rightleftarrows}$ เปลี่ยนเป็น เบตา ควอตซ์

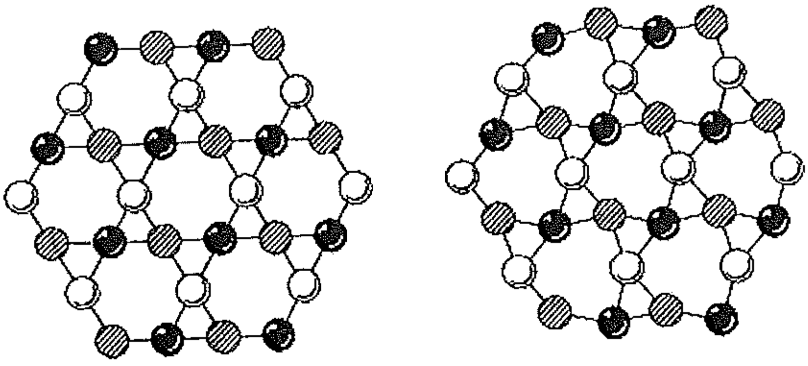
อัลฟา ไทรดีไมท์ $\overset{117^{\circ}C}{\rightleftarrows}$ เปลี่ยนเป็น เบตา$_1$ ไทรดีไมท์

เบตา$_1$ ไทรดีไมท์ $\overset{163^{\circ}C}{\rightleftarrows}$ เปลี่ยนเป็น เบตา$_2$ ไทรดีไมท์

อัลฟา คริสโตบาไลท์ $\overset{220\text{-}280^{\circ}C}{\rightleftarrows}$ เปลี่ยนเป็น เบตา คริสโตบาไลท์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากอัลฟาเป็นเบตาของควอทซ์ (ภาพ 2.5) ไทรดีไมท์ และคริสโตบาไลท์จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทำให้มีการขยายตัวที่สูง ในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกจึงต้องควบคุมอุณหภูมิหรือให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนรูปร่างให้เป็นไปอย่างช้าๆมิฉะนั้นอาจทำให้เกิดการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์หลังการเผาได้



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.5 (ก) แสดงรูปร่างของเบตาควอทซ์ (ข) แสดงรูปร่างของอัลฟาควอทซ์ (Kingery, 1991)

5. การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเฟลด์สปาร์

เฟลด์สปาร์จะใช้เป็นตัวเริ่มและเร่งปฏิกิริยาการกลายเป็นแก้วทั้งในเนื้อดินและเคลือบ ดังนั้นในผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเฟลด์สปาร์ล้วนๆจึงมีผู้สนใจน้อย Norton (1974) ได้ศึกษาการการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเฟลด์สปาร์ชนิดโพแทสและโซดา พบว่า เฟลด์สปาร์ชนิดโพแทสจะสลายตัวให้ลิวไซท์ (Leucite) และแก้วที่อุณหภูมิ 1100°C และลิวไซท์ยังสามารถคงอยู่ได้ถึงอุณหภูมิ 1500°C เมื่อเปรียบเทียบกับเฟลด์สปาร์ชนิดโซดาซึ่งจะหลอมที่อุณหภูมิ 1100°C แสดงว่าที่อุณหภูมิเดียวกันเฟลด์สปาร์ชนิดโซดามีความหนืดน้อยกว่าเฟลด์สปาร์ชนิดโพแทส นอกจากนี้ยังได้มีผู้ศึกษาผลการนำเฟลด์สปาร์และสารอื่นมาใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดิน ดังนี้

Tucci (2004) ได้ศึกษาการนำโซดาไลม์ชนิดผงแก้วละเอียดมาใช้แทนโซดาเฟลด์สปาร์ในเนื้อดินพอร์ซเลนโดยใช้อัตราส่วนร้อยละ 5-20 โดยน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่าโซดาไลม์ใช้เป็นตัวช่วยหลอมละลายได้ดีที่การใช้ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สามารถลดอุณหภูมิในการเผาและมีการหดตัว การดูดซึมน้ำต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Braganca (2004) ที่ได้ศึกษาการใช้โซดาไลม์ชนิดผงแก้วละเอียดมาใช้แทนโซดาเฟลด์สปาร์ในเนื้อดินพอร์ซเลน พบว่าสามารถลดอุณหภูมิในการเผาได้มากกว่าการใช้เฟลด์สปาร์มากถึง 100°C แต่ช่วงอุณหภูมิของการซินเตอร์ (Sinter) แคบกว่าและมีความแข็งแรงที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ Dana และ Das (2004) ได้ศึกษาการนำตะกรัน (Slag) ที่เกิดจากการหลอมเหล็กมาใช้แทนเฟลด์สปาร์ในเนื้อดินพอร์ซเลน โดยใช้ในอัตราส่วนร้อยละ 5-20 โดยน้ำหนัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เผาที่อุณหภูมิ 1200°C จากการศึกษาพบว่าการใช้ตะกรันร้อยละ 5 สามารถทำให้ปริมาณของควอทซ์ลดลงจากร้อยละ 26 ถึง ร้อยละ 9 เนื้อดินมีความแข็งแรงและมีการดูดซึมน้ำต่ำ แต่เมื่อใช้ตะกรันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10 ทำให้ปริมาณมัลไลต์ลดลงจากร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 2 ทำให้ความแข็งแรงลดลงด้วย

เพ็ชรพร และ วิวรรธน์ (มปป) ได้ศึกษาผลของการนำของเสียที่เป็นแก้ว ประเภทขวดแก้วสีชาที่ใช้แล้วมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทดแทนแร่เฟลด์สปาร์ ซึ่งเป็นตัวหลอมละลายในผลิตภัณฑ์เซรามิก โดยใช้อัตราส่วนผสมดินดำต่อแร่เฟลด์สปาร์เท่ากับ 8 ต่อ 5 ซึ่งคิดเป็น 60 % ของส่วนผสมทั้งหมด รวมกับทรายแก้วอบแห้ง 40 % โดยแปรอัตราส่วนการทดแทนแร่เฟลด์สปาร์ด้วยขวดแก้วสีชาที่ผ่านการบดละเอียดขนาด 200 เมช (ประมาณ 0.1 มม.) เป็น 0 % 25 % 50 % 75 % และ 100 % ของแร่เฟลด์สปาร์ที่ใช้ในส่วนผสมเผาที่อุณหภูมิ 1000 1100 และ 1200 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่าขวดแก้วสีชาสามารถใช้แทนแร่เฟลด์สปาร์ได้ 100 % ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส ซึ่งมีคุณสมบัติในด้านกำลังรับแรงดัดเท่ากับ 24.55 เมกกะปาสคาล ค่าการหดตัวหลังการเผา 5.08 % ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 13.77 % มีความสามารถทนสารเคมีและทนการรานได้ การวิเคราะห์เฟสที่เกิดขึ้นด้วย เทคนิค XRD พบเฟสของมัลไลท์ ($3Al_2O_3.2SiO_2$) ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ให้ความแข็งแรงสูงในผลิตภัณฑ์เซรามิกโดยปกติจะพบเฟสนี้เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 1200 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6. การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อดินปั้น

Norton (1974) ได้สรุปถึงการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อดินไตรแอกเซียล (Triaxial Bodies) ที่มีส่วนผสมของดินร้อยละ 50 ควอทซ์ร้อยละ 25 และเฟลด์สปาร์ร้อยละ 25 ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเนื้อดินปั้นชนิดไตรแอกเซียลหลังเผา

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางจะเห็นว่าเมื่อเนื้อดินได้รับความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและทางกายภาพซึ่งทำให้เนื้อดินเกิดความแข็งแรง จากการทบทวนเอกสารพบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดความแข็งแรงมีได้หลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณและขนาดอนุภาคของควอทซ์ การเกิดมัลไลต์ และการเกิดเป็นเนื้อแก้วในเนื้อดิน ซึ่งได้มีผู้ศึกษาดังนี้

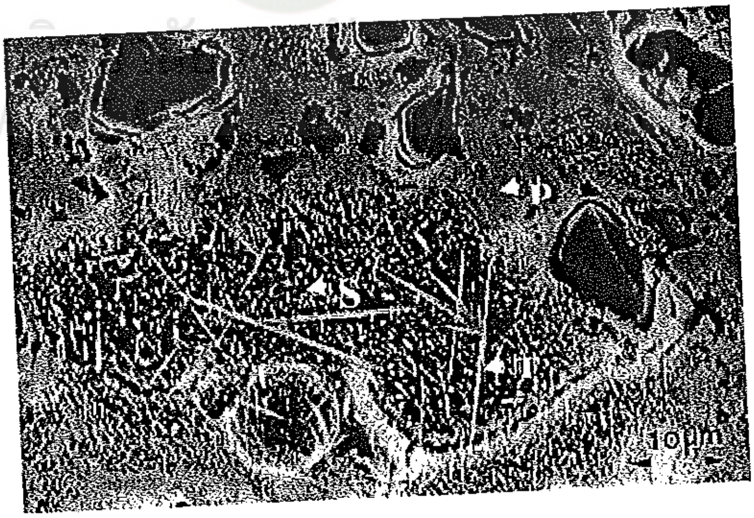
Dana และ Das (2004) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาคของการใช้เถ้าแกลบแทนควอทซ์ในเนื้อดินพอร์ซเลน จากการศึกษาโดยใช้เถ้าแกลบร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก หลังการเผาช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1150-1300°C พบว่า อุณหภูมิที่ใช้เผาและปริมาณควอทซ์ลดลงมีผลึกมัลไลต์และแก้วเพิ่มขึ้นทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

Lee (2001) ได้ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมที่ทำให้เกิดมัลไลต์ในเนื้อดินพอร์ซเลน จากการศึกษาพบว่า การเกิดของมัลไลต์มีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ มัลไลต์ปฐมภูมิ (Primary mullite) มัลไลต์ทุติยภูมิ (Secondary mullite) และมัลไลต์ตติยภูมิ (Tertiary mullite) โดยที่ มัลไลต์ปฐมภูมิเกิดจากดินเพียงอย่างเดียว มัลไลต์ทุติยภูมิเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเฟลด์สปาร์กับดินและดินกับ

ควอทซ์ และในส่วนของมัลไลต์ตติยภูมิเกิดจากการตกผลึกของของเหลวที่มีอลูมินาอยู่สูง (Al-rich liquid) ลักษณะของผลึกมัลไลต์แสดงในภาพที่ 2.6

Das (2003) ได้ศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์และโซเดียมเฟลด์สปาร์ของการกลายเป็นแก้วในเนื้อดินพอร์ซเลน โดยใช้ DTA และ TGA จากการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1000°C ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของเนื้อดินทั้งสององค์ประกอบไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อศึกษาในอุณหภูมิที่สูงขึ้นด้วยไดลาโตมิเตอร์ พบว่าเนื้อดินที่มีโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบจะเริ่มหลอมที่อุณหภูมิ 1171°C ซึ่งต่ำกว่าเนื้อดินที่มีโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบและเมื่อเผาที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1160-1200°C ปฏิกิยาที่เกิดขึ้นคล้ายกันแต่ในเนื้อดินที่มีโซเดียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบจะมีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำและมีความแข็งแรงที่สูงกว่า

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



ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะของผลึกมัลไลต์ P = มัลไลต์ปฐมภูมิ S = มัลไลต์ทุติยภูมิ และ T = มัลไลต์ตติยภูมิ (Lee, 2001)

7. แก้วและการนำไปใช้งาน (พรทิพย์ ศรีโสภา)

หมายถึงวัสดุใด ๆ ที่มีโครงสร้างเหมือนของเหลว ที่อุณหภูมิห้องมีสภาพไม่ต่างจากของแข็ง องค์ประกอบหลักของแก้วคือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (Sio_2) แก้ว Pyrex เป็นแก้วของสหรัฐ แก้ว Duran เป็นแก้วของเยอรมันนี

ชนิดของแก้วแบ่งตามองค์ประกอบมีดังนี้

1. แก้วอ่อน (Soda Lime)
2. แก้วคริสตัล (Lead Glass)
3. แก้วโบโรซิลิเกท (Borosilicate)

แก้วอ่อน (Soda Lime)

มีโซดาและหินปูนเป็นองค์ประกอบร่วมกับทรายซึ่งจะมีทรายแก้วหรือ SiO_2 71-75% โซดา 12-15% (แคลเซียมออกไซด์ จากวัตถุดิบพวกหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอนเนต) สารสีอื่น ๆ เช่น แมกนีเซียมแทนแคลเซียม โพแทสเซียมแทนโซเดียม แก้วอ่อน (Soda Lime) เป็นแก้วที่ใช้ทำขวด กระปุก ขวดน้ำดื่ม บานกระจกประตูหน้าต่าง ตัวมันมีความโปร่งแสง ผิวเรียบไม่มีรู สะดวกต่อการทำความสะอาด ทนทานระดับหนึ่งสามารถนำกลับมาใช้ได้แต่ไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แก้วคริสตัล (Lead Glass)

เป็นแก้วที่เติมออกไซด์ของตะกั่วแทนปูนขาว มี SiO_2 54-56% ออกไซด์ของตะกั่ว (PbO) 18-38% โซดา (Na_2O), โปแตช (K_2O) หรือออกไซด์ตัวอื่น ๆ 13-15% แก้วนี้จะแบ่งเกรดตามปริมาณของตะกั่ว PbO<18% เรียกว่า Lead Crytal ในเยอรมันนีจะระบุชัดเจนว่าเป็นแก้วประเภทไหน Lead Crytal หรือ Lead Glass แก้วชนิดนี้มีค่าดัชนีหักเหสูง ส่องประกายแวววาว นำมาใช้เป็นภาชนะสวยงามบนโต๊ะอาหาร แจกัน แก้วน้ำและอุปกรณ์ตกแต่งบ้าน

แก้วโบโรซิลิเกท (Borosilicate)

เป็นแก้วที่มีโบริกออกไซด์เป็นองค์ประกอบมี SiO_2 70-80% โบริออกไซด์ (K_2O_2) 7-13% โซดา (Na_2O) หรือโปแตช (K_2O) 4-8% อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) 2-7% มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นแก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและห้องปฏิบัติการรวมทั้งเป็นหลอดและขวดบรรจุยาในวงการเภสัชกรรมใช้เป็นโคมแก้วในหลอดไฟเป็นอุปกรณ์เครื่องครัวชนิดทนความร้อนที่ใช้เตาอบได้แก้ว Fused Silica มี $SiO_2 > 90\%$ สามารถทนความร้อนสูงกว่า $800^{\circ}C$

แก้วถ้าแบ่งจำแนกตามส่วนผสมจะมีดังนี้

1. Soda-lime Glass

เป็นแก้วราคาถูก หลอมละลายง่าย ผลผลิตประมาณ 90% ผลิตโดยสูตรเก่าแก่ ได้แก่ แก้วประเภทขวดขนาดต่าง ๆ สีใสและมีสี ถ้วยแก้ว กระจกแผ่น Table Wares สามารถนำไปผลิต แก้วนิรภัย (Safety Glass) ใช้เป็นกระจกรถยนต์ แก้วกันกระสุน (Bullet Proof Glass)

2. Lead Glass

มีลักษณะมีความมันวาวสุกใส การหลอมละลายแก้วจะใช้ตะกั่วเป็น Flux ทำให้หลอมละลายง่ายและสวยงาม ใช้ทำหลอดแสงสว่างธรรมดา หลอดนีออน ผลิตภัณฑ์ Arts Wareแก้วประเภทนี้มีความต้านทานไฟฟ้าดี จึงนำไปผลิตอุปกรณ์วิทยุ เรดาร์ หลอดโทรทัศน์ หลอดต่าง ๆ

3. Borosilicate Glass

ลักษณะพิเศษ คือ ทนความร้อนได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี (Chemical Corrosion) การหลอมตัวใช้ Borax เป็น Flux

ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แก้วที่เข้าเตาอบได้ แก้วใช้ใน Lab ทำท่อในอุตสาหกรรม ทำส่วนประกอบเครื่องสูบน้ำ และใช้ทำกล้องดูดาว

4. Vitreous Silica (Silica Glass)

ประกอบด้วยทรายเป็นส่วนใหญ่ การหลอมตัวใช้อุณหภูมิสูงพิเศษ ขณะหลอมละลายจะมีฟองเกิดขึ้นมาก จึงต้องหลอมในสุญญากาศ แก้วที่มีความหนืดสูง มีความทนทางเคมี ทนต่อไฟได้ดี ทนต่อการเปลี่ยน Temperature มีความต้านทนที่ผิวดีมาก

5. Alkali Silicate

แก้วที่ใส่พวก Soda, Copper ทำให้เกิดการละลายตัวในอุณหภูมิต่ำกว่า Vitreous Silicate

6. Special Glass

อาจเป็น (Lime Glass) แบบธรรมดาที่มีการแต่งให้เกิดเป็นสีต่าง ๆ เพื่อใช้งานเฉพาะบางอย่างปรับปรุงคุณภาพโดยเฉพาะ ให้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมิได้โดยฉับพลันไม่แตกมีความคงทนต่อแรงกระแทก (Impact)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์ งานวิจัย สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนผสมเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์แก้วและกระจกชนิดต่าง

ส่วนผสม	ภาชนะบรรจุ	หลอดไฟฟ้า	กระจกแผ่น	แก้วเจียรไน	แก้วทนไฟ	ใยแก้ว
SiO_2	71.5-73.5	70.0-72.5	71.0-73.0	55.0-56.0	80.0-81.0	54.0-55.0
Al_2O_3	0.4-2.2	0.3-2.6	0.5-1.5	0.0-0.2	2.2-3.1	14.5-15.0
CaO	7.8-10.8	5.4-6.5	8.0-11.0	0.0-0.2	0.0-0.2	17.0-22.0
BaO	-	-	-	-	-	-
MgO	0.1-3.6	3.0-4.5	1.0-4.0	-	-	4.0-9.0
PbO	-	-	-	31.0-33.6	-	-
Na_2O	12.5-15.5	15.8-17.0	13.0-15.0	0.0-0.2	3.9-4.5	-
K_2O	0.4-1.0	0.3-1.2	0.3-0.8	11.0-12.0	0.0-0.3	-
B_2O_3	0.0-0.2	0.0-0.05	-	-	12.0-13.0	8.0-10.0
Fe_2O_3	0.04-0.05	0.03-0.04	0.06-0.10	0.03	0.07-0.09	-

ส่วนผสมดังกล่าวมีคุณสมบัติและประโยชน์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

SiO_2 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีจุดหลอมเหลวสูง

CaO, MgO, Na_2, K_2O ช่วยให้การหลอมง่ายขึ้น

ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการขยายตัวต่ำ และมีความทนสูง

Al_2O_3 เพื่อเพิ่มความคงทนแก่ตัวผลิตภัณฑ์

CaO และ MgO ช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์คงรูป (Set ตัว) เร็วขึ้น

K_2O ช่วยให้การตกผลึกเป็นตัวอย่างช้า ๆ ทำให้การเรียงตัวของผลึกออกมาสวยงาม

PbO ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสัมประสิทธิ์การขายตัวต่ำ

B_2O_3 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ

Fe_2O_3 ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในการหลอมละลาย แต่จะทำให้เนื้อกระจกใส มีสีค่อนข้างเขียว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

199637

หากต้องการให้กระจกมีสีสันต่าง ๆ ทำให้โดยเติมสารประกอบต่าง ๆ ต่อไปนี้

สีเขียว Chromium Oxide (Cr_2O_3)

สีน้ำเงิน Cobalt Oxide (CoO)

สีเหลือง Uranium (U)

สีน้ำตาล Nickel (Ki)

สีอำพัน Carbon-Sulfur-Iron (C-S-Fe)

สีชมพู Manganese (Mn)

โดยสรุปแล้วแก้วที่ผลิตได้ในปัจจุบัน เป็นผลจากการศึกษาวิจัยในเรื่องของส่วนผสมและกระบวนการผลิตแก้วอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการพัฒนาชนิดของแก้ว ซึ่งมีสมบัติต่าง ๆ ตามต้องการมีทั้งที่มีลักษณะโปร่งใส ขุ่นหรือโปร่งแสง และมีคุณสมบัติความทนทนต่อแรงกระแทก ต่อสภาวะกรด-ด่าง และต่อการเปลี่ยนทางความร้อนในระดับต่างกัน โดยลักษณะเหล่านี้แปรตามส่วนผสมกระบวนการผลิต และโครงสร้างจุลภาคส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ใช้สอยตามมา

แก้วถ้าใช้แล้ว.....ไปไหน

การนำแก้วมาใช้ใหม่นั้น มีด้วยกัน 4 ลักษณะ

1. นำกลับมาใช้ใหม่ตามการใช้งานแบบเดิม เช่น ขวดน้ำอัดลม เบียร์ และภาชนะใส่อาหารต่าง ๆ ก่อนใช้งานก็จะต้องทำความสะอาดเสียก่อน

2. ดัดแปลงเป็นของใช้ใหม่ ๆ เปลี่ยนเฉพาะรูปทรงและ/หรือการใช้งาน เช่น นำขวดแก้วมาตัดแต่งแล้วนำมาทำเป็นหลังคาโบสถ์ ขวดโหลเลี้ยงปลากัด ใช้เป็นวัตถุดิบในทางวิศวกรรม แต่ต้องมีการควบคุมส่วนผสม ขนาด และความบริสุทธิ์การนำมาใช้จะนำแก้วหลายชนิดมาปนกันตัวอย่างเช่น

- ใช้แทนก้อนกรวดขาบในคอนกรีต เราสามารถนำเศษแก้วบดหยาบมาใช้แทนก่อนกรวดได้ เศษขวดแก้วหรือกระจกแห่นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เนื่องจากมีสารประกอบอัลคาไลน์สูงจึงเป็นสาเหตุให้เกิดการขยายตัวมากและแตกในที่สุด
- ใช้เป็นกรวดมวลเบาในการผลิตคอนกรีตก่อสร้าง
- เป็นส่วนผสมของวัสดุขัดสีต่าง ๆ อยู่ในรูปของเม็ดแก้ว (glass Beads) ใช้ขัดและตกแต่งพื้นผิวชิ้นงานโลหะ
- ใช้ผสมกับยางมะตอยประมาณ 30% ช่วยเพิ่มความแข็งแกร่งให้กับผิวถนนและ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ลดการดูดซับความชื้นทำให้แข็งแรงมากยิ่งขึ้น

- ใช้ผสมแทนหินฟันม้าหรือซิลิกาในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เช่น พอร์ซแลน ก้อนอิฐ เพระนอกจากจะให้ความแข็งแรงและความทนทานแก่ผลิตภัณฑ์แล้ว ยังทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ช่วยลดจุดสุกตัวของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลง ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงาน

- เป็นวัตถุดิบในการผลิตวัตถุทนไฟและฉนวนกันความร้อนชนิดเส้นใย ซึ่งในงานที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิสูง ๆ เช่น อุดช่องว่างของเตาเผาและเตาหลอมต่าง ๆ

- ใช้เป็นส่วนผสมในการเคลือบเซรามิกส์แทนฟลินท์เพราะเศษแก้วมีองค์ประกอบพื้นฐานใกล้เคียงกับฟลินท์แต่มีราคาถูกกว่าช่วยเพิ่มความแข็งแรงทนทานต่อสารเคมีให้แก่เคลือบเช่นเดียวกับฟลินท์

- เป็นส่วนผสมของกระเบื้องปูพื้นและกระเบื้องบุผนังภายในอาคารบ้านเรือง รวมทั้งอุปกรณ์ตกแต่งบ้าน ซึ่งผสมอยู่ตั้งแต่ 50% ขึ้นไปหรืออาจใช้ถึง 100% ลักษณะที่ได้จะโปร่งแสดงหรือโปร่งใสมีความแวววาวต่างจากกระเบื้องทั่วไป กระเบื้องที่มีส่วนผสมของแก้วที่ใช้แล้วหรือทำจากแก้วใช้แล้วมีข้อดีตรงที่มีความแข็งแรงสูง ทนต่อการเสียดสีสูงและสึกก่อนได้ดี ดูแลรักษาง่าย ดูดซึมน้ำน้อยมากเพียง 0.03%

3. ใช้แทนวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

4. ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ

- แก้วสามารถทำเป็นโฟมได้โดยการนำแก้วที่ผ่านการบดจนมีขนาดสม่ำเสมอมาผสมกับดิน หินปูน น้ำและสารก่อโฟม (Faming agent) จากนั้นจึงนำไปอัดแผ่นแล้วนำไปเผาสารก่อโฟมจะกลายเป็นก๊าซขยายตัวและทำให้เกิดโพรงพรุน ๆ ในเนื้อผลิตภัณฑ์ แผ่นแก้วที่มีความพรุนตัวทนต่อเปลวไฟ ไม่ละลายน้ำ ทนทานต่อสารเคมีและตัดเป็นชิ้นได้ง่ายด้วยเลื่อยใช้เป็นฉนวนกันเสียงและกันความร้อน

- นำมาทำกรวดแก้วเรืองแสงเพื่อความสวยงาม ใช้ในการตกแต่งกระถางต้นไม้หรือใส่ในอ่างปลา สามารถเรืองแสงได้เมื่อถูกแสงอุลตราไวโอเลต (uv) แก้วจะมีการผสมสารเรืองแสงเช่น ยูเรเนียมออกไซด์ (ให้สีเขียวปนเหลือง) แมงกานีส (ให้สีส้มอ่อนหรือเขียวมะนาว) เป็นต้น

ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

จากการทบทวนเอกสารการศึกษาและการปรับปรุงเนื้อดินพบว่า ส่วนใหญ่จะเน้นที่การปรับปรุงเนื้อดินเพื่อให้มีสมบัติตามต้องการ ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิในการเผาให้สูงขึ้นหรือต่ำลง ลดการหดตัวของเนื้อดิน เปลี่ยนแปลงสีของเนื้อดินหลังการเผา และเพื่อปรับปรุงเนื้อดินให้มีความเหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูป ตลอดจนเพื่อแก้ไขตำหนิต่างๆที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการศึกษาและการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติของดินจึงทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเพื่อจะนำไปสู่การปรับปรุงหรือพัฒนาให้มีคุณภาพมากขึ้น

ฉะนั้นในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่ศึกษาและวิเคราะห์ทดสอบทั้งสมบัติทางเคมีและสมบัติกายภาพของดินเพื่อที่จะได้ทราบถึงความแตกต่างของการนำเศษแก้วมาใช้แทนเฟลด์สปาร์ในเนื้อดินปั้นเพื่อจะได้เป็นข้อมูลขั้นต้นที่จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงสมบัติของดินให้มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY