# บทที่ 2
# ทฤษฎีพื้นฐาน

การปรับปรุงความเป็นฉนวนทนไฟของวัสดุจะลดปริมาณการสูญเสียความร้อนจากเตาและกระบวนการเผาอื่น ๆ ทำให้ต้องใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเซรามิกลดลง และการปรับปรุงสมรรถนะให้เป็นวัสดุทนไฟและวัสดุฉนวนชั้นสูงจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานหลักทำให้ลดความต้องการใช้พลังงานฟอสซิล มีอายุการใช้งานของเตานานขึ้นทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมหรือการสร้างใหม่ ลดสิ่งปนเปื้อนและลดการหลอมของส่วนประกอบที่ไม่ต้องการในเตาเผา และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก เช่น ลดปริมาณการปล่อยแก๊ส $CO_2$

## 2.1 เทคโนโลยีนาโน (Nanotechnology)

เทคโนโลยีนาโน(Nanotechnology) หมายถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกระบวนการจัดการ การสร้าง การวิเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ซึ่งมีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตร (ประมาณ 1-100 นาโนเมตร) เทียบเท่ากับระดับอนุภาคของโมเลกุลหรืออะตอม รวมถึงการออกแบบหรือการใช้เครื่องมือสร้างวัสดุที่อยู่ในระดับเล็กมาก ๆ หรือการเรียงอะตอมและโมเลกุลในตำแหน่งที่ต้องการ ได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง ทำให้ส่งผลให้โครงสร้างของวัสดุ อุปกรณ์ และสสารมีสมบัติพิเศษขึ้น ไม่ว่าทางด้านฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ สามารถไปใช้ให้เกิดประโยชน์หรือส่งให้มีผลประโยชน์ต่อผู้ใช้สอย

เทคโนโลยีนาโนเริ่มถูกนำมาใช้ในการผลิตเครื่องมือจักรกลในประวัติศาสตร์มนุษยชาติเมื่อไม่นานมานี้ โดยคาดหวังว่าเครื่องมือดังกล่าวจะสามารถปฏิวัติอุตสาหกรรมทุกประเภทเทคโนโลยีใหม่นี้จะทำให้เราเข้าใจถึงชีวโมเลกุล และต้นกำเนิดของสรรพสิ่งต่าง ๆ ในอีก20 ปี ข้างหน้าได้ดียิ่งขึ้นกว่าที่เคยทำการศึกษากันมาตลอดพันปีที่ผ่านมา นั่นคือทุกสิ่งล้วนเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนาโน เพราะเป็นพื้นฐานให้ทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับการผลิตในอนาคต

## 2.2 วัสดุนาโน (Nanomaterials)

นิยามของวัสดุนาโนคือวัสดุที่มีโครงสร้างทางจุลภาคอย่างน้อยในหนึ่งมิติเล็กกว่า 100 นาโนเมตร เป็นแกนร่วมหลักระหว่างวิทยาศาสตร์นาโนกับเทคโนโลยีนาโน ศักยภาพของวัสดุนาโนสามารถนำไปใช้งานได้จริงในด้านการผลิตวัสดุและสินค้าที่มีคุณสมบัติใหม่ สนับสนุนการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม การปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วสู่การใช้งานแบบใหม่ด้วยเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการใช้งาน วัสดุนี้จึงเป็นการปฏิวัติการทำงานทั้งหมดของวัสดุ เนื่องจากวัสดุที่มีขนาดเล็กมากๆ จะมีสิ่งพิเศษที่ทำให้เกิดสมบัติใหม่ที่ส่งเสริมให้สมบัติทางการมองเห็น สมบัติเชิงกล สมบัติทางไฟฟ้า สมบัติทางความร้อน โครงสร้างและสมบัติทางแม่เหล็กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ปัจจัยสำคัญบางประการที่สนับสนุนคำกล่าวนี้คือการมีขนาดของเกรนอยู่ในระดับนาโนเมตร (1-100 nm) มีพื้นที่ผิวสูงมาก ๆ จึงแสดงลักษณะและสมบัติที่ดีเยี่ยมต่อการใช้งาน สามารถใช้งานได้หลากหลาย

วัสดุนาโนเป็นวัสดุที่กำลังดึงดูดความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกในทศวรรษนี้อย่างมาก และเป็นไปด้วยความรวดเร็วอย่างที่วัสดุอื่น ๆ ไม่เคยได้รับมาก่อนสาเหตุสำคัญอาจเนื่องมาจากศักยภาพของวัสดุนาโนที่สามารถทำการปฏิวัติงานด้านวัสดุศาสตร์ให้เกิดขึ้นและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมหาศาล โดยผ่านโครงสร้างในระดับอะตอมซึ่งเป็นตัวควบคุมสมบัติทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี เช่น สภาพแม่เหล็กตัวกระตุ้นปฏิกิริยา (catalysis) หรือพฤติกรรมทางแสง เป็นต้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอิเล็กทรอนิกส์ เซรามิก ตัวเก็บข้อมูลแม่เหล็ก (magnetic data storage) รวมทั้งพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุก่อรูปพลาสติกยิ่งยวด (superplastic) ตลอดจนวิทยาศาสตร์และวิทยาการด้านอื่นๆมากมาย การพัฒนาโครงสร้างนาโนของวัสดุก่อให้เกิดคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุจึงเปลี่ยนแปลงไป เมื่อลดขนาดสเกลโครงสร้างระดับไมโครสเกลม ($10^{-6}$ เมตร) ลงสู่นาโนสเกล ($10^{-9}$ เมตร) เช่น มีค่าความเครียดเชิงกลสูงขึ้น การกระจายแสงเพิ่มขึ้น ค่าความร้อนสูงขึ้น และสภาพความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนไป เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุตัวมันเดิมของตัวมันเอง

วัสดุนาโนสามารถจัดแบ่งได้เป็นผลึกนาโน (nanocrystalline) และอนุภาคนาโน (nanoparticle) โดยก่อนที่หรือปริมาตรของผลึกนาโนซึ่งประกอบด้วยเม็ดผลึกนาโน (grain sizes) ที่มีขนาดช่วงสเกลการวัดอยู่ในระดับนาโน ถึงประมาณ 100 นาโนเมตร แต่ขนาดที่อนุภาคนาโนมีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 100 นาโนเมตร ดังนั้นก่อนหรือปริมาตรของวัสดุที่เป็นผลึกนาโนจึงประกอบขึ้นหรือเกิดจากการรวมกลุ่มกันของอนุภาคนาโนนั่นเอง

**2.3 วัสดุผสมนาโน (nanocomposite)**

วัสดุผสมนาโน เป็นโครงสร้างระดับนาโนที่เป็นวัสดุผสมสังเคราะห์ที่มีเนื้อวัสดุหลายอย่างผสมกัน (multiphase material) โดยที่เนื้อผสมหนึ่งใดหรือหลาย ๆ เนื้อวัสดุเป็นโครงสร้างที่มีมิติของขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง 1-100 นาโนเมตร ซึ่งส่วนมากแล้ววัสดุผสมระดับนาโนจะเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยเนื้อวัสดุจำนวน 2 รูปเป็นอย่างน้อย และสามารถจำแนกวัสดุผสมระดับนาโนได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

วัสดุผสมที่เป็นเนื้อหลายอย่างแยกชั้นกัน (nanolayers composite) เป็นโครงสร้างที่ประกอบขึ้นมาจากเนื้อของวัสดุต่าง ๆ โดยแบ่งเป็นชั้น ๆ ซึ่งแต่ละชั้นมีขนาดในระดับ นาโนเมตร

วัสดุที่เป็นเนื้อหลายอย่างแยกเป็นเส้นใย (nanofilamentary composite) เป็นโครงสร้างประกอบขึ้นมาจากพื้นผิวที่มีการผสมเส้นใยฝังตัวลงไปไว้ในโครงสร้าง โดยเป็นเส้นใยขนาดในระดับนาโนเมตร

วัสดุที่เป็นเนื้อหลายอย่างแยกเป็นอนุภาค (nanoparticulate composite) เป็นโครงสร้างพื้นผิวที่มีการผสมเอาอนุภาคที่มีขนาดในระดับนาโนเมตรฝังตัวไว้ภายในโครงสร้างนั้น (คล้ายกับประเภทที่ 2 แต่เป็นอนุภาคนาโนเมตรแทนที่จะเป็นเส้นใยนาโนเมตร) โดยส่วนใหญ่วัสดุผสมระดับนาโนนั้นจะเป็นโครงสร้างแบบพอลิเมอร์ที่ถูกทำให้สร้างพันธะกันชั้นผิวของวัสดุ เส้นใยนาโน หรืออนุภาคนาโนเพื่อปรับปรุงและผลิตเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉพาะที่ดียิ่งขึ้น

วัสดุนาโนที่ใช้ในการเติมลงไปกับพื้นผิวของโครงสร้าง เพื่อสังเคราะห์เป็นโครงสร้างวัสดุผสมระดับนาโนนั้นก็มีหลากหลายชนิดแตกต่างกันออกไป แต่ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดที่เรียกว่าเป็นดินนาโน หรือบ้างก็เรียกโคลนนาโน (nanoclay) แต่ปกติแล้วดิน (ที่มีอยู่ในสถานะธรรมชาติ) เป็นโครงสร้างที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ขณะที่พอลิเมอร์เป็นโครงสร้างที่มีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ

(hydrophobic) ดังนั้นการที่จำทำให้ทั้งสองอย่างสามารถทำปฏิกิริยาเข้าด้วยกันได้นั้น จะต้องทำให้ดินมีขั้ว (คือทำให้ดินมีคุณสมบัติชอบน้ำนั่นเอง) โดยปรับเปลี่ยนให้อยู่สถานะของสารอินทรีย์ เพื่อที่จะให้สามารถทำปฏิกิริยากันและสามารถเชื่อมต่ออย่างพอลิเมอร์ได้

**2.4 วัสดุแบบมีรูพรุนนาโน (Nanoporous materials)**

วัสดุแบบมีรูพรุนนาโน เป็นหนึ่งในกลุ่มย่อยของวัสดุที่มีโครงสร้างอยู่ในระดับนาโน ด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวทั้งพื้นผิว โครงสร้าง และสมบัติโดยรวมทั้งหมดที่มีความสำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชนได้อย่างหลากหลายสาขา เช่น ความเป็นฉนวนกันความร้อน การแลกเปลี่ยนประจุ การกรอง ตัวเร่งปฏิกิริยา ระบบตัวจับอัตโนมัติ การคัดแยกโมเลกุลทางชีวภาพ และกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ เป็นต้น วัสดุแบบมีรูพรุนนาโนยังเป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สำคัญ เนื่องจากมีความสามารถที่ดีมากในการดูดซับและทำให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างพื้นผิวจำนวนมากในบริเวณของรูพรุนที่มีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตรกับอะตอม ไอออน และโมเลกุล จึงเป็นทางเลือกใหม่ในการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน

โดยปกติวัสดุแบบมีรูพรุนจะต้องมีความพรุนระหว่าง 20 – 95% ซึ่งรูพรุนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ รูพรุนเปิดที่เชื่อมต่อกันถึงพื้นผิววัสดุและรูพรุนปิดที่แยกตัวออกจากภายนอก ซึ่งการใช้งานจะใช้เป็นฉนวนกันความร้อน ตัวคัดแยก ตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวกรอง ซึ่งจำเป็นต้องใช้รูพรุนเปิด โดยวัสดุแบบมีรูพรุนนาโนเป็นหนึ่งในสมาชิกของวัสดุแบบมีรูพรุนที่มีความพรุนสูง (มากกว่า 40%) และมีขนาดของรูพรุนอยู่ระหว่าง 1-100 นาโนเมตร วัสดุแบบมีรูพรุนนาโนนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือมีพื้นที่ผิวมากและมีความพรุนสูงทำให้มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงมาก เหมาะกับการทำเป็นฉนวนกันความร้อนและวัสดุทนไฟ เนื่องจากโครงสร้างแบบมี รูพรุนนาโนเป็นโครงสร้างที่สามารถป้องกันการแผ่รังสีความร้อนที่อุณหภูมิสูงของเตาได้ทำให้ภายในเตาเผามีอัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนต่ำจนเข้าใกล้ 0

**2.5 วัสดุทนไฟ (Refractory materials)**

วัสดุทนไฟหมายถึงวัสดุอะโลหะที่สามารถนำมาใช้ก่อสร้างโครงสร้างหรือเตาต่าง ๆ ให้สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้โดยไม่เกิดการหลอมจนเสียรูปทรงในขณะใช้งาน คุณสมบัติของวัสดุทนไฟที่ต้องการนอกเหนือจากความทนไฟแล้ว ยังต้องสามารถรับน้ำหนักขณะใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้โดยไม่ยุบตัวลงมา ทนการขัดสีเนื่องจากลมหรือวัสดุต่าง ๆ ได้ดีที่อุณหภูมิสูง และมีความทนทานต่อการกร่อนสูง

วัสดุทนไฟที่ใช้ในการสร้างเผาอุรหภูมิสูงสามารถแบ่งได้เป็น

1. อิฐทนไฟ มีลักษณะเป็นก้อน ใช้งานก่อผนังและหลังคาเตาเผา
2. ปูนทนไฟ เป็นวัสดุทนไฟชนิดพิเศษ เนื้อละเอียด ใช้เป็นตัวเชื่อมประสานระหว่างอิฐทนไฟ

ในอุตสาหกรรมเซรามิกเตาเผาที่ก่อด้วยอิฐทนไฟ เมื่อเตายิ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้นเตาก็ยิ่งจะแผ่รังสีความร้อนออกมามากขึ้นเท่านั้นทำให้ต้องอัดแก๊ส LPG เข้าไปในเตาเพื่อทำให้อุณหภูมิในการเพิ่มขึ้นจนถึงที่ต้องการ โดยถ้าสามารถปรับปรุงความเป็นฉนวนทนไฟของวัสดุทนไฟจะทำให้ลดปริมาณการสูญเสียความร้อนจากเตาและกระบวนการเผาอื่น ๆ ได้ การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเซรามิกจึงลดลง และการปรับปรุงสมรรถนะให้เป็นวัสดุทนไฟและวัสดุฉนวนชั้นสูงยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานหลักทำให้ลดความต้องการใช้พลังงานฟอสซิล ช่วยยืดอายุการใช้งานของเตาให้นานขึ้น

ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมหรือการสร้างใหม่ ลดสิ่งปนเปื้อนและลดการหลอมของส่วนประกอบที่ไม่ต้องการในเตาเผา เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก เช่น ลดปริมาณการปล่อยแก๊ส $CO_2$

การปรับปรุงฉนวนกันความร้อนของเตาเผาเซรามิกด้วยฉนวนเซรามิกไฟเบอร์สามารถลดการสูญเสียความร้อนได้ดีและมีมวลเบา ทำให้ใช้ปริมาณแก๊ส LPG ในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกน้อยกว่าเตาเผาแบบอิฐทนไฟธรรมดา แต่การใช้เซรามิกไฟเบอร์มีข้อจำกัดที่ต้องติดตั้งด้วยการยึดติดกับวัสดุทนไฟอื่น ทำให้ต้องระวังการกร่อนทางเคมีซึ่งเป็นสาเหตุให้เซรามิกไฟเบอร์เสื่อมสภาพได้

การใช้ผงของวัสดุผสม $Al_2O_3/Cr_2O/SiO_2$ เป็นวัตถุดิบในการประดิษฐ์เซรามิกแบบมีรูพรุนนาโน พบว่ามีความต้านทานดีเยี่ยมที่อุณหภูมิสูง มีพื้นที่ผิวสูงถึง 172 ตารางเมตรต่อกรัม มีสภาพการนำความร้อน 0.01 ถึง 0.2 W/m-K สำหรับการเป็นฉนวน และน้อยกว่า 0.5 W/m-K สำหรับการเป็นวัสดุทนไฟ และคงสภาพเป็นโครงสร้างนาโนอยู่ได้เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูงจากการทดสอบเผาที่อุณหภูมิสูงซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ในระยะเวลา 1 ปี แต่ผงนาโนของวัสดุชนิดนี้สังเคราะห์ด้วยวิธีการทางเคมี ทำให้ยังผลิตได้ในปริมาณน้อยเพียงพอต่อการทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น จึงต้องหาวิธีการที่จะผลิตให้ได้ในปริมาณมาก ๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิต

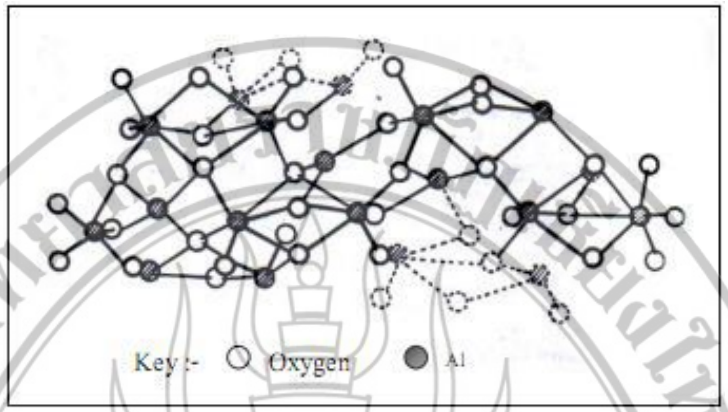
## 2.6 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำวัสดุทนไฟ

### อะลูมินา

อะลูมินามีชื่อทางเคมี คือ Aluminium Oxide มีสูตรทางเคมีเป็น $Al_2O_3$ ในธรรมชาติพบในรูปของแร่คอรันดัม (corundum) โครงสร้างผลึกของคอรันดัมแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นแร่ที่ไม่บริสุทธิ์ นิยมนำมาทำเป็นขัดถูขัด เพราะมีความแข็งสูง โดยคอรันดัมจะรวมถึงแร่ Andalusite, Silimanate และ Kayanite มีความเสถียรที่ความดันและอุณหภูมิต่ำ ๆ ตรงกันข้ามกับแร่ Silimanate ซึ่งเสถียรที่อุณหภูมิสูง สำหรับอะลูมินา ($Al_2O_3$) เป็นวัสดุหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่ออุตสาหกรรมต่าง ๆ มีมูลค่าสูงเนื่องจากมีสมบัติที่โดดเด่นหลายด้าน เช่น มีจุดหลอมเหลวที่สูง มีความแข็งสูง และมีเสถียรรูปทางเคมีสูงเพราะอะลูมินาเป็นสารที่มีความเฉื่อยมากและทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและด่างต่าง ๆ ได้ดี สมบัติบางประการของอะลูมินา แสดงในตารางที่ 2.1

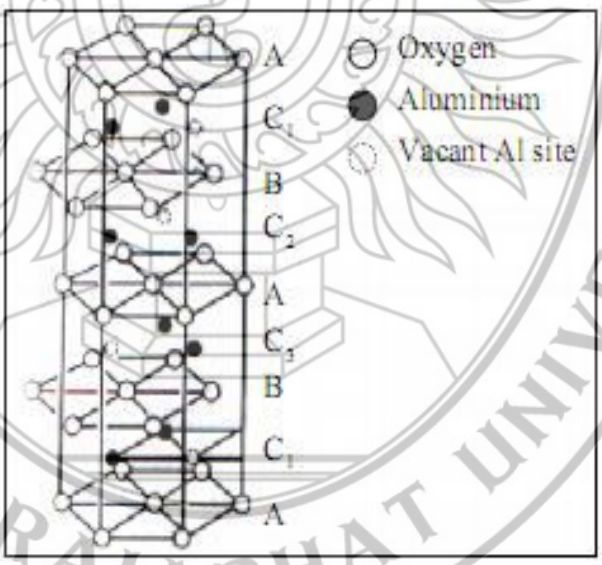
**ตารางที่ 2.1** สมบัติของอะลูมินา

| สมบัติ | $\alpha$ - $Al_2O_3$ |
|---|---|
| ความหนาแน่น, g/cm$^3$ | 3.96 |
| จุดหลอมเหลว, ℃ | 2,054 |
| จุดเดือด, ℃ | ~3000 |
| สัมประสิทธิ์การขยายตัว (25-1000 ℃), $10^{-6}$, $^{o}$K | 8.5 |
| ค่าความแข็งโมลห์สเกล | 9 |




**รูปที่ 2.1** โครงสร้างของแร่คอรันดัม

โครงสร้างผลึกของอะลูมินามี 2 แบบ คือ อะลูมินาที่อยู่ในรูปผลึกเดี่ยว (Single crystal) ซึ่งเป็นอะลูมินาที่มีมูลค่าสูงมาก เนื่องจากถูกนำไปใช้เป็นเครื่องประดับ และอะลูมินาที่อยู่ในรูปโครงสร้างผลึกที่ซับซ้อน (Polycrystalline) นั้นจะมีราคาที่ถูกกว่า แต่เป็นวัตถุดิบที่มีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้งานที่อุณหภูมิสูง เช่น ผลิตภัณฑ์อะลูมินาที่ใช้ทำลูกบดและ ผนังกรุหม้อบด เครื่องมือที่ใช้ในงานด้านไฟฟ้า วัสดุยานยนต์ วัตถุทนไฟ




**รูปที่ 2.2** โครงสร้างผลึกของ $\alpha$ - อะลูมินา

อะลูมินาที่มีความเสถียรมากที่สุด อยู่ในรูปอัลฟา-อะลูมินา ($\alpha$ - $Al_2O_3$) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นเฮกซาโกนอล (Hexagonal) ดังรูปที่ 2.2 หน่วยเซลล์ของโครงสร้างประกอบด้วยชั้นของไอออน 6 ชั้นขนานกัน แต่ละชั้นประกอบด้วยไอออนของอะลูมิเนียมและไอออนของออกซิเจนบรรจุอยู่เพียง 2 ใน

3 ของตำแหน่งทั้งหมด เพื่อให้ประจุสมดุลระนาบของไอออนอะลูมิเนียม และมีการจัดเรียงตัว 3 รูปแบบ ตามตำแหน่งของช่องว่างจากโครงสร้าง ทำให้เลขโคออร์ดิเนต (Coordinate) ของไอออนบวกเท่ากับ 6 และไอออนลบเท่ากับ 4 ขนาดของรัศมีไอออนอะลูมิเนียมและออกซิเจนเท่ากับ 0.053 และ 0.138 นาโนเมตร ตามลำดับ

**แร่ควอตซ์**

**การกำเนิดแร่ควอตซ์**

แร่ควอตซ์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของหินอัคนี ชนิดที่มีซิลิกามาก ๆ เช่น หินแกรนิต หินไรโอไลท์และเปกมาไทท์ เป็นแร่ที่ทนทานต่อการถูกทำลายทั้งทางเคมีและทางกลศาสตร์ ดังนั้น เมื่อหินอัคนีแตกหักผุพังลง แร่นี้จะสะสมตัวกันเป็นหินตะกอน โดยเฉพาะหินทราย และอาจพบได้ในหินแปรจำพวกหินไนส์ หินควอตซ์ไซท์ และหินชีสท์ แร่ควอตซ์จำพวกฟลินท์มักจะรวมกับหินชอล์กใต้ทะเล สารละลายที่มีซิลิกาอยู่จะเข้าไปแทนที่ชั้นของหินปูนทำเกิดเป็นหินเชอร์ทในหินอัคนี โดยทั่วไปจะพบแร่ควอตซ์เกิดรวมอยู่กับแร่ในกลุ่มเฟลสปาร์และมัสโคไวท์ อาจพบแร่ควอตซ์เกิดอยู่ตามแม่น้ำลำธารและตามฝั่งทะเลในรูปของทราย แร่ควอตซ์ยังเป็นส่วนประกอบของดินด้วย ม

**คุณสมบัติทางฟิสิกส์**

รูปผลึกระบบเฮกซะโกนอล มักเกิดเป็นแท่งยาวปลายแหลมทั้งหัวและท้ายบางครั้งก็เกิดเป็นผลึกแฝดมีเนื้อสมานแน่น ความแข็งตามโมลห์สเกลเท่ากับ 7 ค่าความถ่วงจำเพาะ 2.65 รอยแตกไม่เรียบ มีความวาวคล้ายแก้วบางทีก็คล้ายเทียนไขส่องแสงเป็นประกายแววววาว มีทั้งสีขาวหรือไม่มีสี ถ้ามีมลทินเจือปนอยู่จะให้สีต่าง ๆ สวยงามมาก เนื้อโปร่งแสง

**คุณสมบัติทางเคมี**

สูตรเคมี $SiO_2$ มี Si 46.7% และ O 53.3% ไม่หลอม ในกระบวนการถลุงแร่ ไม่ละลายง่าย ละลายได้ในกรดเกลือ แร่ควอตซ์เกือบจะเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีความบริสุทธิ์มากที่สุด

**ประโยชน์**

แร่ควอตซ์ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ แร่รัตนชาติและหินประดับ แร่ควอตซ์ที่อยู่ในรูปของทรายถูกนำไปใช้ผสมคอนกรีต วัสดุขัด วัสดุทนไฟ วัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมแก้วและอิฐ ทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุปกรณ์ทางแสง เนื่องจากมีคุณสมบัติโปร่งแสง ทำให้รังสีอินฟราเรดและรังสีอัลตราไวโอเลตผ่านได้เป็นอย่างดี

**ดินขาว (Kaolin หรือ China clay)**[1,3]

ดินขาวเป็นแร่กลุ่มใหญ่ในจำพวกแร่อะลูมิโนซิลิเกต (Alumino silicate) ชนิดที่พบมากที่สุดได้แก่“เคโอลิไนท์” (Kaolinite) ซึ่งมาจากภาษาจีนว่า “เกาลิน” อันเป็นชื่อที่คนจีนเรียกชื่อตามแหล่งที่พบดินขาวครั้งแรกในประเทศจีน เป็นดินชั้นดีสำหรับใช้ทำภาชนะเครื่องปั้นดินเผา ต้นกำเนิดของดินชนิดนี้เกิดจากการผุพังตามธรรมชาติของหินฟันม้า

**ส่วนประกอบทางเคมีของดินขาว**

ผลึกบริสุทธิ์ของดินขาวมีส่วนประกอบทางเคมีเป็น $(OH)_4Al_2Si_2O_5$ หรือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ หรือ 39.8% ($Al_2O_3$) , 46.3% ($SiO_2$) และ 13.9% ($H_2O$) มีโครงสร้างแบบฟิลโลซิลิเกต (Phyllosillicate) คือ เป็นแผ่น ๆ ชนิด 1:1 แต่ละแผ่นวางไม่มีสมมาตรกัน (Unsymmety) โดยมีแผ่นซิลิการูปทรงสี่หน้า (Silica tetrahedral sheet) อยู่ด้านหนึ่งและมีแผ่นอะลูมินารูปแปดด้าน

(Alumina octahedral sheet) อีกด้านหนึ่ง กลุ่มไฮดรอกซิล (Hydroxyl) ของรูปแปดด้านจะจับยึดกับออกซิเจนตรงฐานของแผ่นของรูปทรงหน้าแผ่นถัดไปแล้ววางซ้อนในแนวตั้ง เมื่อกลุ่มทั้งสองเข้าประกอบกันเป็นแร่เคโอลิไนท์ จะมีรูปผลึกแบบไตรคลินิก (Triclinic) ตรงกลางของแผ่นรูปแปดด้านจะมีไอออนบวก (Cation) ซึ่งไอออนบวกกลุ่มนี้อาจเป็น $Al^{3+}$,$Fe^{3+}$,$Mg^{2+}$ และ $Ca^{2+}$ ดังนั้นดินขาวที่พบตามแหล่งต่าง ๆ กัน มักมีส่วนประกอบต่างกัน เนื่องจากในโครงสร้างของดินขาวมีการแทนที่โลหะธาตุซึ่งเป็นไอออนบวกต่างกันและมีสารประกอบอื่นปะปนกันอยู่ ได้แก่ ควอทซ์ (Quartz), เฟลด์สปาร์ (Feldspar) , ฮีมาไทต์ (Hematite) , ฟลูออไลด์ (Fluoride) , แมกเนไตต์ (Magnetite), ไพไรต์ (Pyrite) , รูไทล์ (Rutite)

**สมบัติทางกายภาพของดินขาว**

1. ขนาดของอนุภาค (Particle size) เกี่ยวข้องกับสมบัติทางด้านความเหนียว (Plasticity) และการหดตัวของเนื้อดินปั้นเมื่อแห้ง (Drying shrinkage) ดินเม็ดละเอียดจะให้ความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าดินเม็ดหยาบ ดินที่มีเม็ดหยาบจะมีความเหนียวน้อย (Low plasticity) ดินขาวมีขนาดเม็ดดินประมาณ 0.5 – 10 ไมครอน

2. รูปร่างของอนุภาค (Particle shape) รูปร่างของแร่เคลิโอไลต์โดยทั่วไปเป็นแผ่นหกเหลี่ยม (Hexagonal plates) ควรมีขนาดตั้งแต่ 0.05 – 10 ไมครอน

3. คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนอนุมูล (Base exchange Capacity) ปกติแล้ว ดินขาวที่บริสุทธิ์จะไม่มีการแลกเปลี่ยนอนุมูล หรือการดูดซับอนุภาคและโมเลกุลอื่นๆ แต่ถ้าไม่บริสุทธิ์แล้วเกิดการแลกเปลี่ยนอนุมูลหรือดูดซับเอาผลึกของแร่ที่มีขนาดเล็กไว้ที่ผิวได้

4. คุณสมบัติเมื่อแห้ง (Drying property) การหดตัวเมื่อแห้งของดินล้วนๆ ดินละเอียดจะหดตัวได้มากกว่าดินหยาบ

5. ความแข็งแรงเมื่อแห้งและหลังจากการเผา (Green strength) เป็นความทนทานของดินต่อแรงที่มากระทบกระเทือน

6. สมบัติหลังการเผา (Firing property) แร่ดินขาวมีการหดตัวมากหลังการเผา สีหลังเผาเมื่อเผาที่ 1100°C สีเนื้อปนชมพู เผาที่ 1200°C สีเนื้อปนชมพู และเผาที่ 1300°C ที่อุณหภูมิสูงเปอร์เซ็นต์การหดตัวจะสูงตามและที่อุณหภูมิต่ำเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงกว่าที่อุณหภูมิสูง

**แหล่งกำเนิดดินขาว**

หินที่เป็นแหล่งกำเนิดของดินขาวได้แก่ หินฟันม้า (Feldspar) ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิโนซิลิเกต ในระหว่างเกิดการผุพังหินพวกนี้ถูกไฮโดรไลด์โลหะแอลคาไลน์เอิร์ธจะเปลี่ยนเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ และถูกชะล้างออกไปส่วนที่เหลือเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซิลิเกตที่มีน้ำผลึกที่มีองค์ประกอบและโครงสร้างต่าง ๆ กัน แหล่งที่พบการสะสมของแร่ดินขาวแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. แหล่งต้นกำเนิดเดิม (Residual deposits) พบในแหล่งที่เป็นภูเขาหรือที่ราบซึ่งเดิมเป็นแหล่งหินฟันม้า หินไนส์ (Gneiss) หินเป็กมาไตต์ หินแกรนิต หรือหินแอซิดโวคานิก (Acid volcanic) เกิดการผุผังโดยธรรมชาติ เรียกว่า การเกิดดินขาว (Kaplinization) ไปเป็นดินขาว สิ่งเจือปนที่พบเสมอในดินแหล่งนี้ได้แก่ ซิลิกา หินฟ้าม้าและสิ่งเจือปนอื่น ๆ แหล่งดินขาวในประเทศไทยแบบนี้ได้แก่ แหล่งที่อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง , อำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง และ แหล่งดินขาวบ้านโป่งเทวี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย เป็นต้น

2. แหล่งสะสมที่ลุ่ม (Sedimentary deposits) เกิดจากการที่อนุภาคดินขาวจากแหล่งต้นกำเนิดถูกพัดพาออกไปจากแหล่งเดิมโดยกระแสน้ำ ธารน้ำแข็ง ไปทับถมเป็นชั้น ๆ ตามขนาดของอนุภาคดิน ดินขาวแบบนี้มีความบริสุทธิ์สูงกว่าแบบแรก ในประเทศไทยพบดินขาวลักษณะนี้ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช , จังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดระนอง ในเขตจังหวัดลำปาง ได้แก่ ดินที่สะสมในแอ่งต่าง ๆ เช่น แอ่งลำปาง แอ่งแม่เมาะ แอ่งแม่ทะ และ แอ่งแม่ทาน เป็นต้น

3. แหล่งเกิดจากน้ำแร่แทนที่ในหิน (Hydrothermal replacement) เกิดเมื่อหินอัคนีเย็นตัวลง น้ำแร่จะไหลซึมเข้าไปในรอยแตกหรือช่องว่างที่อยู่ในหิน น้ำแร่จะละลายแร่ธาตุบางส่วนที่มีในหินเดิมออก การกำเนิดแบบนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เหมาะสมหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความดัน และสภาพความเป็นกรด – เบส ของน้ำแร่ แหล่งดินขาวที่กำเนิดแบบนี้ได้แก่แหล่งดินขาวปางค่าและดอยไม้ช้าง จังหวัดลำปาง

ดินขาวที่ขุดมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. ดินขาวที่มีความบริสุทธิ์และมีความทนไฟสูง สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้

2. ดินขาวอีกชนิดหนึ่งเป็นกรดฟิลเลอร์ ที่ใช้ในอุตสาหกรรม กระดาษ ทำสี ยาง ยาฆ่าแมลง ปุ๋ยและอื่น ๆ โดยใช้ดินขาวที่มีเนื้อสีขาวบริสุทธิ์ ตามผลวิเคราะห์ทางเคมี แต่ไม่ได้นำไปเผาผ่านความร้อนในกระบวนการผลิต

3. ดินขาวที่เป็นดินสองพองซึ่งไม่ใช่ดินขาว แต่เป็นปูนขาวชอร์ก (Chalk) หรือ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เกิดจากผลึกของหินปูนตามธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นผลึกละเอียดสีขาว บางครั้งเป็นสีอมชมพูและน้ำตาลอ่อน ซึ่งใช้เป็นเนื้อดินปั้นรูปไม่ได้ ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์

ดินขาวที่มีความบริสุทธิ์สูงเผาแล้วได้สีขาวบริสุทธิ์ นิยมนำมาทำ ผลิตภัณฑ์พอร์เลน โบนไชน่า และผลิตภัณฑ์เซรามิก ที่มีเนื้อขาวทุกชนิด ดังนั้น สีดินภายหลังการเผาเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ขณะที่โรงงานผลิตกระเบื้องปูพื้นสนใจดินที่มีราคาถูก หดตัวน้อยและมีปริมาณคาร์บอนต่ำสารมารถอัดเป็นแผ่นได้ง่าย โดยไม่ปิ่นหรือแตกร้าว สีดินจะเป็นสีเหลืองนวล หรือออกแดงเล็กน้อย ส่วนใหญ่โรงงานสุขภัณฑ์ที่ขึ้นรูป ด้วยการหล่อน้ำดินจะเลือกใช้ดินคุณภาพดี เพื่อผสมน้ำดินหล่อสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ๆ ให้ถอดพิมพ์ได้ง่าย มีออกไซด์ของเหล็กและไทเทเนียมอยู่ในปริมาณเล็กน้อย

**ดินขาวในเขตภาคเหนือ**

แหล่งดินขาว ในเขตภาคเหนือมีกระจัดกระจายตั้งแต่เหนือสุด คือ จังหวัดเชียงราย ลงไปจนจรดเขตภาคกลางมีแหล่งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยที่แหล่งขนาดใหญ่กระจุกตัวอยู่ในเขตจังหวัดลำปาง อุตรดิตถ์ และมีค่อนข้างจำกัดในเขตจังหวัดเชียงใหม่ สุโขทัย เชียงราย ลำพูน แพร่ และน่าน

ดินขาวเคโอลินที่ดีที่สุดแหล่งหนึ่งในประเทศไทยคือ แหล่งบ้านโป่งเทวี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย เป็นดินขาวที่มีอะลูมินา ($Al_2O_3$) สูง เป็นดินขาวที่มีแร่เคโอลิไนต์มากกว่า 50% แต่คาดว่ามีปริมาณสำรองเพียงประมาณ 15,000 ตัน เท่านั้น แหล่งดินขาวนี้เกิดจากหินแกรนิตและลูแกรนิตเกิดการผุและพังทลาย จากนั้นถูกน้ำชะล้าง ไปสะสมตัวตกจมทับถมในแอ่งน้ำหรือน้ำโบราณ ดินขาวแหล่งนี้จึงพบได้ในที่ที่ปัจจุบันเป็นที่ราบลุ่ม เช่น ทุ่งนา ดินขาวอีกแหล่งที่มีคุณสมบัติเป็นดินขาวเคโอลิน คือ ที่บ้านทากาศ ตำบลขุมเงิน อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นดินขาวที่เกิดแบบสายแร่น้ำร้อน (Hydrothermal veins) เป็นดินขาวพวกฮาลลอยไซต์ มีปริมาณสำรองเพียง 100 – 200 ตัน จึงไม่คุ้มกับการทำเหมือง

ดินขาวแหล่งใหญ่ที่มีปริมาณสำรองเป็น 10 ล้านตัน ได้แก่ ดินขาวอิลไลต์ แหล่งเขาปางค่า ตำบลบ้านสา เป็นดินขาวที่เกิดจากหินไรโอไลต์ ดินขาวแหล่งนี้พบมีการสะสมตามบริเวณไหล่เขาตอนบนและลาดเขาริมห้วย ส่วนมากใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา โดยภาพรวมมีเคโอลิไนต์ระหว่าง 10–15% หินฟันม้า 5-10% ทราย 65-75% และไมก้าระหว่าง 5-10% ดินขาวแหล่งนี้มีการผลิตทั้งดินขาวในลักษณะดินดิบให้ผู้ประกอบการเซรามิกอื่น ๆ นำดินไปล้างใช้เอง โดยทั่วไปกระบวนการล้างที่ใช้อยู่ไม่ได้รับความสนใจมากนัก ทำให้ดินล้างที่ได้มีปัญหาด้านคุณภาพและความสม่ำเสมอของคุณภาพ

ดินขาวอิลไลต์ที่มีปริมาณสำรองมากอีกแหล่งหนึ่ง ได้แก่ เขากิ๋วมะมื่น อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งประกอบด้วยแร่อิลไลต์และควอทซ์เป็นส่วนใหญ่ มีปริมาณเคโอลิไนต์ค่อนข้างต่ำ อัตราส่วนอิลไลต์ประมาณ 5 ถึง 6 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก

**ดินขาวลำปาง**

ดินขาวลำปางส่วนใหญ่จะพบอยู่ใน อำเภอแจ้ห่ม ได้แก่ ดินขาวแหล่งเขาปางค่า ตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง เกิดเป็นภูเขาทั้งลูกบริเวณเขาปางค่า ทางทิศตะวันตกของทางหลวงสาย ลำปาง – แจ้ห่ม หลักกิโลเมตรที่ 26 – 28 อยู่ห่างจากถนนประมาณ 500 เมตร บริเวณที่ทำเหมืองดินขาวอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างของภูเขาซึ่งวางตัวในแนวเหนือ – ใต้ แหล่งดินขาวนี้ทำการผลิตดินขาวครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2505 ซึ่งเป็นครั้งแรกของการผลิตดินขาวเพื่ออุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทย ปริมาณสำรองของดินขาวแหล่งนี้มีมากกว่า 5 ล้านตัน

นอกจากแหล่งดินขาวปางค่าแล้วจังหวัดลำปางยังพบแหล่งดินขาวอีกหลายแห่ง เช่น แหล่งดินขาว บ้านสาแพะ แหล่งดินขาวดอยม่อนปันคำ อำเภอแจ้ห่ม อำเภอแม่ทะ อำเภอวังเหนือ เป็นต้น

**การเกิดดินขาวลำปาง**

ดินขาวลำปางเกิดโดยปัจจัย 2 อย่างในหนักการคือ

1. การผุพังตามธรรมชาติ (Weathering)
2. การกระทำของแร่น้ำร้อน (Hydrothermal)

เดิมในยุคแรก ๆ บริเวณที่เป็นหินไรโอไลต์ (Rhyolite) ที่เกิดจากการเย็นตัวของของเหลวภายใต้โลกซึ่งหินจะมีรูปร่างยาวรีวางตัวในแนว เหนือ – ใต้ มีสีขาวถึงเทาเนื้อละเอียด หินไรโอไลต์บริเวณนี้ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| ซิริไซต์ (Sericite) และหินฟันม้า (Feldspar) | ประมาณ | 55% |
| ควอทซ์ (Quartz) | ประมาณ | 40% |

ดินขาวแหล่งนี้กำเนิดแบบเกิดแล้วอยู่กับที่จากการเปลี่ยนสภาพเนื่องจากน้ำแร่ร้อนทำให้เกิดการสลายตัวผุพังของแร่ในหินไรโอไลต์ แต่เนื่องจากความร้อนไม่สูงมากนักทำให้แร่บางชนิดเท่านั้นที่เปลี่ยนไป แร่พวกนี้ได้แก่แร่ที่มีแร่ธาตุที่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้ง่ายเป็นองค์ประกอบ เช่น อัลคาไลน์ หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ เช่น โซเดียม โปรแตสเซียมและแคลเซียม ประกอบอยู่ในโครงสร้างของแร่ ซึ่งเป็นพวกหินฟันม้าเป็นส่วนใหญ่ หินฟันม้าจะสลายตัวผุพังไปเป็นแร่ดินชนิดไมก้า เคโอลิไนต์และไพโรฟิลต์ ส่วนควอทซ์ก็ยังคงเป็นสภาพเดิม หินไรโอไลต์ผุทำให้ดินขาวประกอบด้วยควอทซ์ เคโอลิไนต์ และอิลไลต์ รวมกันประมาณ 70 – 90% ที่เหลือจะประกอบด้วยไมก้าละเอียดและหินฟันม้าที่เปลี่ยนสภาพไปบางส่วน

จากการศึกษาของนักธรณีวิทยา พบว่าการเปลี่ยนแปลงของแร่จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในสภาพธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงโดยน้ำแร่ร้อน ในสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl), กรดกัดแก้ว (HF) และกรดไฮโดรซัลฟูริก ($H_2SO_4$) ซึ่งเกิดปฏิกิริยากับหินไรโอไลต์ แร่ที่มีประจุบวกจำพวกอัลคาไลน์ หรืออัลคาไลน์เอิร์ธและซิลิกา ($SiO_2$) จะถูกชะล้างจากหินเข้าไปอยู่ในสารละลายน้ำแร่ร้อน ถ้ามีการชะล้างมากก็จะทำให้เกิดแร่เคโอลิไนต์ขึ้น แต่ถ้าการชะล้างน้อยลงจะเกิดเป็นแร่พวกมอนต์มอริโลไนต์ (Montmorillonite)

**ดินเหนียว (Clay)**

ดินเหนียว เป็นดินที่เกิดจากตะกอนที่พัดพามาทับถมกัน ธรรมชาติของดินเหนียวจะประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ (kaolinite) เป็นส่วนใหญ่ โดยแร่เคโอลิไนต์ที่พบในดินเหนียว มักมีผลึกที่ไม่สมบูรณ์และมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังพบแร่ดินชนิดอื่น ๆ อาทิ มอนมอริลโลไนต์ (monmorillonite) อิลไลต์ (illite) ควอร์ทซ์ (quartz) แร่ไมกา (mica) แร่เหล็กออกไซด์ (iron oxide) รวมทั้งมักมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่เสมอ ดินเหนียวมีสีต่าง ๆ เกิดจากการมีแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน อาทิ สีดำ เทา ครีม และน้ำตาล ดินเหนียวที่มีสีเทาหรือดำนั้น จะมีอินทรีย์วัตถุปนมาก ส่วนดินเหนียวสีครีมหรือน้ำตาลมาจากแร่เหล็กที่ปะปนอยู่

ดินเหนียวมีสมบัติเด่นในการนำมาขึ้นรูป คือ มีความเหนียว และเมื่อแห้งมีความแข็งแรงสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังแห้งมีความแข็งแรง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อแห้งดินเหนียวมักมีการหดตัวสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการแตกร้าว ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้เนื้อดินเหนียวล้วน ๆ ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ แต่ต้องมีการผสมวัสดุที่ไม่มีความเหนียว อาทิ ดินเชื้อ หรือทราย เพื่อลดการดึงตัวและหดตัว ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการแตกร้าว เนื่องจากการหดตัวของดินได้ ดินเหนียวหลายชนิดมีช่วงอุณหภูมิที่จะเปลี่ยนไปเป็นเนื้อแก้วกว้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ คือ ช่วยปรับปรุงเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผาให้ดีขึ้น ในการใช้ประโยชน์จากดินเหนียวนั้น นอกจากใช้เป็นเนื้อดินปั้นสำหรับหัตถกรรมพื้นบ้านแล้ว ยังนิยมนำมาใช้ผสมกับดินขาว เพื่อเพิ่มความเหนียว หรือช่วยให้น้ำดินมีการไหลตัวดีขึ้น

ในปัจจุบันประเทศไทยมีแหล่งดินเหนียวอยู่หลายแหล่งที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิก อาทิ ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปราจีนบุรี ลำปาง เชียงใหม่ นอกเหนือจากนี้ดินเหนียวที่มีอยู่ในแหล่งพื้นบ้านทั่วไป อย่างไรก็ตาม แม้ว่าดินเหนียวจะมีอยู่ในหลายพื้นที่ก็ตาม การนำดินเหนียวจากแหล่งต่าง ๆ มาใช้ก็ควรใช้อย่างมีคุณค่าและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพราะเมื่อดินเหนียวหมดไปแล้วก็จะต้องใช้เวลานานเป็นร้อยล้านปีกว่าที่จะมีการทับถม เพื่อให้เกิดการทดแทนใหม่ได้