บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติของอิฐตัวอย่างทั้งทางด้านกายภาพ และสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความหนาแน่น ความพรุน การดูดซึมน้ำ ความแข็งแรง และการเป็นฉนวนความร้อนของอิฐก่อสร้าง โดยอัตราส่วนผสมของเศษวัสดุที่ผสมกับดินเหนียวเมื่อผ่านการเผา ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกันจึงจำเป็นจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของส่วนผสมที่นำมาศึกษาต่างๆ ด้วย ดังต่อไปนี้

2.1 ดินเหนียว (Clays)

ดิน (Clay) หมายถึง สิ่งที่เกิดจากการตกตะกอนทับถมของเปลือกโลกโดยธรรมชาติองค์ประกอบของดินที่สำคัญคือ แร่ดิน (Clay mineral) ซึ่งเป็นแร่ดินที่ทำให้ดินมีคุฯสมบัติเฉพาะคือ ความเป็นพลาสติก (Plasticity) แร่ดินที่สำคัญ คือ แร่เกาลิน (Kaolinite) แร่มองท์มอริลโลไนท์ (Montmorillonite) และแร่อิลไลท์ (Illite) แต่ดินในธรรมชาติยังประกอบด้วยผลึกของแร่ต่างๆ ที่ไม่ได้เป็นแร่ดิน แต่เรียกว่า แร่องค์ประกอบ (Accessory mineral) ที่พบมากได้แก่ ควอทซ์ (Quartz) เฟลด์สปาร์ (Feldspar) ไมกา (Mica) และแร่เหล็ก (Iron) สำหรับส่วนประกอบอื่นในดินคือ สารอินทรีย์และน้ำ สารอินทรีย์จะอยู่ในรูปต่างๆ คือ ลิกไนต์ ไข (Waxes) พวกกรดอินทรีย์ ส่วนน้ำจะอยู่ในรูปที่เป็นส่วนประกอบของผลึกแร่ หรืออาจจะอยู่ในรูปที่ถูกดูดซึมอยู่ตามผิวแร่และตามช่องว่างของแร่ (พานทอง อินทรชัย, 2548) ปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ในดินและความละเอียดของเนื้อดินโดยธรรมชาติ จะเป็นตัวกำหนดบทบาทในการใช้ดินเป็นวัตถุดิบในงานเซรามิก เช่น ดินเกาลิน เหมาะสำหรับใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาที่ให้สีขาว (White ware) และใช้เป็นดินทนไปได้ดี มีความเหนียวและความแกร่งเมื่อแห้ง (Dry strength) น้อยกว่าดินดำ (Ball clay) เนื่องจากมีเนื้อหยาบกว่าดินดำ แต่ดินเกาลินให้ความทนไฟสูงกว่าดินดำ ซึ่งภายหลังการเผาดินดำจะมีสี เพราะมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์สูง ดินเหนียวสามารถจำแนกตามชนิดของแร่องค์ประกอบ หรือสมบัติบางประการของดินเหนียวคือ (เอก ช่อประดับ, 2547)

1. ดินขาว (Kaolin หรือ Chaina clay) เป็นวัตถุที่มีความละเอียด ทนความร้อนสูง มีสูตรโมเลกุลอย่างง่ายคือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ ส่วนประกอบทางเคมีประกอบด้วย ซิลิกาประมาณ 45% อลูมินาประมาณ 40% และน้ำประมาณ 12%

2. ดินเหนียวดำชนิด Ball clay เป็นดินที่มีแร่เกาลิน หรือ เคโอลิไนต์ (Kaolinite) ไม่น้อยกว่า 65% โดยน้ำหนัก

3. ดินเหนียวดำชนิด Plastic clay เป็นดินเหนียวดำที่มีอยู่ในประเทศไทย มีเคโอลิไนต์น้อยกว่า 65% โดยน้ำหนัก โดยทั่วไปเรียกว่าดินดำ ดินเหนียวดำเมื่อเปียกน้ำจึงมีความเหนียวสูง ดินเหนียวดำเป็นดินตะกอนที่มีเนื้อดินเป็นเม็ดละเอียด เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงเนื้อดินจะมีสีขาวถึงครีม ดินเหนียวดำมีการหดตัวสูง

ส่วนประกอบทางเคมีประกอบไปด้วย ซิลิกา 40-60% อลูมินาประมาณ 30% น้ำในผลึกและสารอินทรีย์ประมาณ 10% นอกจากนั้นเป็นออกไซด์ของโลหะต่างๆ เช่น TiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, K_2O และ Na_2O ปนอยู่เล็กน้อย แร่ที่พบในดินดำมากที่สุดคือ เคโอลิไนต์ นอกจากนั้นมี มอนต์มอริลโลไนต์ อิลไลต์ ควอทซ์ และไมกา ปนอยู่เล็กน้อย สารอินทรีย์ที่พบได้แก่ ลิกไนต์ แวกซ์ เรซิน ลิกนิน และฮิวมัส นอกจากนี้มีเกลืออนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกลือซัลไฟต์และคลอไรด์ของ Al, Fe, Ca, Mg, K และ Na

4. ดินทนไฟ (Fire clay) มีคุณสมบัติที่สำคัญคือไม่หลอมละลายและไม่ขยายตัวมากที่อุณหภูมิสูง

5. เบนโทไนท์ (Bentonite) คือดินที่เกิดจากการทับถมของขี้เถ้าภูเขาไฟนานนับล้านๆ ปี ประกอบด้วยแร่ธาตุมอริโลไนท์ (Montmorillonite) ดินชนิดนี้มีขนาดเม็ดเล็กมากสามารถดูดซึมน้ำไว้ได้มาก ผลึกของแร่ดินมีเม็ดละเอียดมากเป็นพิเศษ มีความเหนียวมาก มีแร่เหล็ก 3-4% การหดตัวเมื่อแห้งและการหดตัวเมื่อเผาสูง ใช้ในการปรับปรุงเนื้อดินเพื่อเพิ่มความเหนียว (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541)

6. ดินเหนียวชนิดอื่นๆ เช่นดินแดงในแหล่งธรรมชาติที่มีบนผิวโลกมีผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันออกไป บางชนิดมรทรายปนในเนื้อดินมาก ปริมาณของธาตุในดินแต่ละแหล่งแตกต่างกันไปด้วย จึงทำให้สีกลังการเผาแตกต่างกันไป เช่น สีเหลือง สีส้มนวล สีแดง สีแดงเข้ม และสีน้ำตาล เป็นต้น

7. ดินแดงทั่วไป (Terra-cotta clay) ดินแดงในแหล่งธรรมชาติทั่วไปบนผิวโลกมีผลวิเคราะห์ทางเคมีแตกต่างกันไป บางชนิดมีทรายปนในเนื้อดินมาก บางชนิดมีความเหนียวและเนื้อละเอียด ปริมาณของแร่ธาตุในดินแต่ละแหล่งแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งทำให้สีภายหลังการเผาแตกต่างกันไปเช่น สีเหลือง สีส้มนวล สีแดง สีแดงเข้มและสีน้ำตาลเป็นต้น ถ้าในเนื้อดินมีแร่เหล็กประเภทออกไซด์หรือออกซิไดซ์ (Oxidized) และไฮเดรท (Hydrated) เนื้อดินภายหลังจากการเผาจะได้สีสมแดงสวยงาม แต่ถ้าในเนื้อดินมีแร่เหล็กประเภทซัลไฟด์ (Sulfide) เนื้อดินจะเกิดจุดดำๆของแร่เหล็กภายในหลังเผา จุดดำๆ ของแร่เหล็กในเนื้อผลิตภัณฑ์หรือเนื้ออิฐที่เผาแล้ว เมื่อเหล็กซัลไฟด์ถูกออกซิเจนในอากาศจะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ กลายเป็นกรด ซัลฟูริกหรือกำมะถัน ซึ่งทำให้เนื้อดินมีสีดำเป็นจ้ำๆ (Scum) ซึ้งมาภายหลัง ในกรณีเดียวกันถ้าเนื้อดินแดงมีปริมาณของแร่ยิปซั่มปนอยู่ ซึ่งเป็นเกลือซัลเฟตของแคลเซียม เนื้อดินก็จะเกิดสีคล้ำเป็นจ้ำๆ ภายหลังจากการเผาเช่นกัน

ถ้าในเนื้อดินแดงมีปริมาณของหินปูนมากกว่า30%แล้วนำมาเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 ºC ดินจะยุบตัวหลังจากการเผาเนื่องจากแคลเซียมเกิดการสลายตัวในรูปผลึกที่อุณหภูมิดังกล่าว ดังนั้นเพื่อป้องกันปฏิกิริยากรยุบตัวของผลิตภัณฑ์ ควรเผาที่อุณหภูมิ 900-1050 ºC จึงปลอดภัยสำหรับเนื้อดิน เทอราคอตตา เพราะเกลือซัลเฟตจากแคลเซียม จะเกาะรวมตัวกันกับซิลิกา และอลูมินาในอุณหภูมิที่สูงกว่า 900 ºC แต่ถ้าเผาเกินอุณหภูมิ 1,100 ºC หินปูนในเนื้อดินจะทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ หรืออิฐที่ทำจากดินแดง เกิดการหดตัวอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์ มีขนาดมาตรฐานเดิม การเผาเนื้อดินเทอรอคอตคุมได้อยาก ถึงแม้บ้างครั้งจะเผาในตัวเดียวกัน แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีสีและผิวความมันวาวไม่สม่ำเสมอกัน โดยปกติในดินแดงโดยทั่วไปมีปริมาณของหินปูน10-20%

แร่ยิปซั่มในดินแดงจะเปลี่ยนรูปผลึกเป็นคัลเซียมซัลเฟตที่อุณภูมิประมาณ 200 ºC และตามทฤษฎีแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) เกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิ 1,200 ºC แต่เนื่องจากในดินแดงมีสารที่มีมลทินในปริมาณสูง จึงทำให้เนื้อดินเกิดการหลอมตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1,200 ºC ส่วนแมกนีเซียมซัลเฟตในดินแดงจะเกิดปฏิกิริยาในอุณหภูมิประมาณ 1,000 ºC ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของแร่ยิปซั่ม แต่ไม่ค่อยพบสารแมกนีเซียมซัลเฟตในดินแดงมากนัก ในบ้างครั้งจะพบสารประกอบของโพแทสเซียมซัลเฟตและโซเดียมซัลเฟตในดินแดงแต่ไม่บ่อยนัก

ในการเผาเนื้อดินแดงจะต้องระวังในการใช้เชื้อเพลิงที่มีความบริสุทธิ์ และเผาในบรรยากาศสันดาสมบูรณ์ ถ้าเชื้อเพลิงถ่านหินที่มีก๊าซซัลเฟอร์ในการเผาไหม้เจือปน สามารถทำปฏิกิริยากับผิวผลิตภัณฑ์กลายเป็นเกลือซัลเฟตผิวดินจะหลอมตัวเป็นมันวาวได้ ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์อยู่เพียง 1.5%ก็สามารถทำปฏิกิริยากับเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ การเกิดเกลือซัลเฟตหลอมตัวเป็นมันวาวบนผิวผลิตภัณฑ์จะเริ่มก่อตัวที่อุณหภูมิระหว่าง 600-800 ºC ถ้ามีก๊าซซัลเฟอร์ในเตาเกิน 0.5 ขึ้นไป

ดินแดงที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ดินเผาพื้นบ้านและทำอิฐจักเป็นดินที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งรวมทั้งดินดานหรือดินตะกอนด้วย ดินแดงและดินดานต่างมีองค์ประกอบทางเคมีสลับซับซ้อนและมีธาตุเจือปนอยู่มากกว่าดินขาว

โดยปกติองค์ประกอบทางเคมีของดินแดงนอกจากจะมีแร่เกาลินไนท์แล้ว ยังประกอบด้วยแร่ไมกา ควอทซ์ เฟลด์สปาร์ ซัลเฟต เหล็กออกไซด์ เหล็กไฮเดรด แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ และโพแทสเซียมออกไซด์ ซึ่งมีในปริมาณมากน้อยไม่เท่ากัน ในดินแต่ละแหล่งทำให้เนื้อดินแต่ละชนิดเผาสุกตัวในอุณหภูมิต่างกัน

สีของดินแดงที่ผู้ผลิตอิฐนิยม เผาแล้วจะต้องมีสีแดงสดแต่สีแดงในอิฐเกิดจากองค์ประกอบของวัตถุดิบหลายตัว เช่นเหล็กออกซิไดซ์ อะลูมินา หินปูนและขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเผาด้วยการนำวัตถุดิบที่เป็นแร่ธาตุที่ให้สีในดินแดงมาเผาทดสอบที่อุณหภูมิ1,000 ºC จะได้สีแต่กต่างกันไปตามตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.1 การทดสอบองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ให้สีในดินแดงเผาทดสอบที่อุณหภูมิ 1000 °C OF. (ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์, 2541)

ใช้เวลาในการเผาทดสอบ 2ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 1,000 °C OF	
วัตถุดิบให้สีในดินแดง	**สีหลังการเผา**
Fe_20_3	สีน้ำตาลเข้มอมม่วง
$CaO\text{-}Fe_2O_3$	สีม่วงอมเทา
$CaO\text{-}Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$	สีแดงเข้ม
$7CaO\text{-}Fe_2O_3$	สีเทาอ่อน
$4CaO\text{-}Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$	สีเหลืองอมเทา
$Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$	สีแดงอมน้ำตาล
$7CaO\text{-}\ Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$	สีเหลืองอมเทา
$2Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$	สีแดงเข้ม
$4CaO\text{-}Fe_2O_3$	สีแดง
$CaO\text{-}2Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$	สีเหลืองอมเทา
$4CaO\text{-}2Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$	สีเหลืองสด
$7CaO\text{-}2Al_2O_3\text{-}Fe_2O_3$	สีเหลืองสด

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินแดงและดินเหลืองตามธรรมชาติการเผาดินแดง

ผลวิเคราะห์ทางเคมี	**สูตรดินแดง**			**สูตรดินเหลือง**		
วัตถุดิบ	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
SiO_2	61.30	70.22	79.43	47.86	55.02	48.34
Al_2O_3	18.87	13.67	10.07	11.90	13.90	11.63
Fe_2O_3	6.66	6.80	5.35	5.18	4.53	4.59
CaO	0.85	-	-	14.96	10.95	15.87
MgO	1.20	1.30	1.40	1.71	1.76	1.79
Alkali	2.20	3.37	3.98	3.66	1.48	2.78
FeO	-	-	0.12	-	-	-
CO_2	-	-	-	10.44	8.64	11.71
LOI	3.20	5.30	-	4.64	3.31	5.28

ในการเผาเนื้อดินชนิดที่มีสีเหลืองต้องระวังไม่ให้มีก๊าซซัลเฟอร์ในเตาเผา เพราะก๊าซซัลเฟอร์ในเตาเผาจะทำให้เนื้อดินสีเหลืองเปลี่ยนเป็นสีแดงได้ เนื้อดินที่มีแคลเซียมสูง (CaO) ซึ่งเกิดปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ (SO_2)กลายเป็นแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) เมื่อถูกบรรยากาศรีดักชั่นหรือสันดาปไม่สมบูรณ์ ผิวของผลิตภัณฑ์จะเปรี่ยนเป็นสีเทาเงิน เนื่องจากเขม่าหรือควันจากเชื้อเพลิงคาร์บอนจับสารให้สีบนผิวของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างนี้ดูได้จากเครื่องปั่นดินเผาด่านเกวียน ที่มีสีม่วงอมเทาหรือกระเบื่องมุงหลังคาของญี่ปุ่น (Smoked roofing-tiles) ผิวที่มีสีเทามันวาว เหลือบประกายของโลหะ

สรุปการเผาผลิตภัณฑ์เทอราคอตตาควรใช้เชื้อเพลิงที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ เช่น เตาไฟฟ้า หรือเตาแก๊ส และควรเผาในอุณหภูมิไม่เกิน 1100 °C ในบรรยากาศการเผาสันดปสมบูรณ์ นอกจากเนื้อดินที่ทนอุณหภูมิ ได้เกิน1200 °C สามารถเผาแบบรีดักชั่นได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ด่านเกวียน

2.2 ผลของความร้อนที่มีต่อดิน

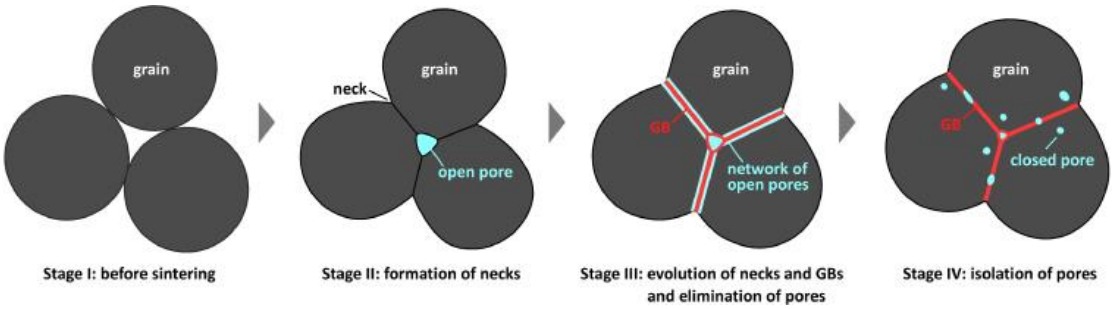
ในการเผาดินให้เป็นอิฐ เมื่อให้ความร้อนต่อดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดปฏิกิริยาในดิน การเปลี่ยนแปลงจะมีทั้งทางเคมีและทางกายภาพ การเผาอิฐมีจุดประสงค์เพื่อ เผาไหม้อินทรีย์สารต่างๆ เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของแร่ ทำให้เกิดเนื้อแก้วเพื่อเชื่อมอนุภาค และทำให้เนื้อแน่นขึ้น โดยที่เป็นผลของอุณหภูมิที่มีต่อเนื้อดินดังแสดงในตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเผาเนื้อดิน

อุณหภูมิ (°C)	**ปฏิกิริยา**
100-200	น้ำที่อยู่รอบๆ อนุของดินระเหยกลายเป็นไอ และเกิดการเผาไหม้ของอินทรีย์สาร ถ้าหากช่วงนี้เผาเร็วเกิดไปอาจทำให้เกิดการแตกหรือระเบิดของผลิตภัณฑ์ได้
450	น้ำในโครงสร้างของดินเริ่มระเหย
230-573	ผลึกของซิลิกาหรือควอทซ์ เกิดการเปลี่ยแปลงรูปผลึกช่วงนี้ทำให้เกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว
500-600	น้ำในโครงสร้างของดินถูกเผาออกหมด ดินเริ่มเปลี่ยสภาพ
900-950	เศษของอินทรีย์สาร (Carbon) ในเนื้อดินถูกเผาออกหมด หินปูนสลายตัวทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิประมาณ 825 °C
980	ดินเปลี่ยนโครงสร้างเริ่มเกิดการหดตัว เนื่องมากจากตัวหลอมละลาย (Flux) เริ่มหลอมรวมตัวกัน
1050-1100	เฟลด์สปาร์ในเนื้อดินเริ่มหลอมละลาย เกิดเป็นโครงสร้างรูปเข็มประสานกันจากผลึกมัลไลท์ในเนื้อดิน ช่วยทำให้เนื้อดินมีความแข็งแกร่ง และการหดตัวของเนื้อดินยังเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
>1200	ผลึกมัลไลท์มีมากขึ้น และเริ่มหลอมละลายปิดรูพรุนในเนื้อดินเพิ่มความแข็งแกร่งมากขึ้น โครงสร้างผลึกเปลี่ยนเป็นเนื้อแก้ว 60% มัลไลท์ 21% และควอทซ์ 19%

ที่มา (Norton, F.H, 1970, p. 140)

กระบวนการที่สำคัญที่เกิดขึ้นในการเผาคือ Sintering และ Vitrification โดย Sintering เป็นกระบวนการที่ทำให้อนุภาคของวัสดุเกิดพันธะซึ่งกันและกันโดยการแพร่ของแข็งที่อุณหภูมิสูง แต่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของสารประกอบที่ถูกเผานั้น ส่วน Vitrification คือการหลอมหรือการเกิดเฟสของแก้ว ผลคือแก้วจะหลอมเหลวและแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างของวัสดุ และบางครั้งอาจเกิดปฏิกิริยากับวัสดุภายใน และเมื่ออุณหภูมิลดลง แก้วจะแข็งตัว และช่วยยึดอนุภาคที่ไม่หลอมเหลวให้ติดกันดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการหลอมละลายของวัตถุดิบเมื่อผ่านการเผาผนึก (Sintering) (Iopscience, 2013, p. 1)

ตารางที่ 2.4 กระบวนการสำคัญที่เกิดขึ้นระหว่างเผาอิฐ

อุณหภูมิ (°C)	**กระบวนการ**
0-200	ไล่น้ำ
460-700	Dehydration (น้ำแยกออกจากโมเลกุล)
600-900	Oxidation เกิด CO,CO_2, ferrous oxide, ferric oxide
900-1230	Ferrous oxidation เปลี่ยนเป็น ferric oxide
1280	เกิด Vitrification

ที่มา (Terapak, 1976)

2.3 อิฐ (Brick)

การทำอิฐเริ่มจากคนที่อาศัยอยู่ตามบริเวณลุ่มน้ำสายใหญ่ เช่น ลุ่มน้ำไทกรีส (Tigris) และยูเฟตีส (Euphates) โดยเริ่มสังเกตเห็นดินริมฝั่งที่น้ำแห้ง เมื่อถูกแดดเผาแห้งแตกเป็นก้อนๆ พบว่ามีความแข็งแรงและทนทานจึงได้นำโคลนและดินบริเวณริมฝั่งที่น้ำแห้งแล้วนำมาปั้นตากก็จะได้เป็นดินก้อนที่แข็งแรงทนทาน ดินบริเวณนั้นจึงนิยมนำมาทำอิฐในการก่อสร้างอาคารต่างๆ เช่น โบสถ์ ปราสาท เป็นต้น การทำอิฐโดยการใช้ดิน

นำเป็นก้อนแล้วตากแดดให้แห้ง มีมาหลายพันปีก่อนที่จะมีการบันทึกทางประวัติศาสตร์ ซึ่งอยู่ในราวสมัยของ Sargon of Akkard (3800 B.C.) ผู้สถาปนาอาณาจักร Chaldean ซึ่งต่อมาชาว Chaldean ได้เรียนรู้ที่จะทำอิฐโดยการเอาดินเหนียวมาเผาไฟ ตัวอย่างเช่น หอคอย Tower of Bable ระหว่างปี 406-562 B.C. จากนั้นในช่วงประมาณ 3000 B.C. ได้รู้จักการทำให้อิฐแข็งกว่าเดิมด้วยการเผาในเตาเผา ซึ่งเห็นได้จากโบราณสถานสำคัญๆ แถบตะวันออกกลางและแถบเมดิเตอเรเนียน โบราณสถานที่อียิปต์ที่ได้ปรากฏให้เห็นในปัจจุบันแสดงว่าชาวอียิปต์ตอนต้นได้รู้จักการทำอิฐดินเหนียวซึ่งมีทั้งแบบเผาและแบบตากแดดให้แห้งแข็งมานานแล้ว ขณะที่ชาวโรมันก็มีการใช้อิฐอย่างกว้างขวางเช่นกัน และยังรู้จักใช้ตัวประสานในการก่ออิฐที่ทำจากหินปูนและหินภูเขาไฟด้วย ซึ่งศิลปะการทำอิฐของชาวโรมันมีหลายแบบและได้สูญหายไปในช่วงที่อาณาจักรเสื่อมลง แล้วเป็นที่ปรากฏเป็นที่รู้จักอีกครั้งในช่วงศตวรรษที่ 17

ในส่วนของทางซีกโลกตะวันออก จีนได้อ้างว่าเป็นชาติแรกที่มีการทำอิฐ แต่ไม่มีการยืนยัน ซึ่งตามข้อสังเกตที่ได้จากวัสดุที่ใช้ในการสร้างกำแพงเมืองจีน (The great of wall of china) นั้นสร้างจากอิฐที่เผาไฟและอิฐที่ไม่ได้ผาไฟ แต่อาจจะเป็นได้ว่าได้เรียนรู้ถ่ายทอดจากบาบิโลเนียน (Babylonians)

อิฐถูกนำเข้าสู่ประเทศอังกฤษเป็นครั้งแรกโดยชาวโรมันยุคตอนต้น เพื่อนำมาก่อสร้างศาสนาสถาน จากนั้นมีการใช้สร้างปราสาทและที่อยู่ของพวกขุนนาง ต่อมาคนชั้นกลางจึงได้นำมาใช้ในการก่อสร้างเนื่องจากในช่วงนั้นเกิดเพลิงไหม้บ้านเมืองอยู่บ่อยๆ ทั่วทวีปยุโรปอิฐจึงถูกเลือกมาใช้เป็นวัสดุทนไฟในการก่อสร้างอย่างแพร่หลาย ต่อมาแม้ว่าจะมีการจดทะเบียนเครื่องจักรที่ใช้ในการทำอิฐเป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1619 โรงงานทำอิฐยังมีพื้นฐานการผลิตอิฐที่ต้องใช้แรงงานคนทั้งสิ้น จนกระทั่งยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม เพื่ออบสนองความต้องการใช้อิฐที่มีมากขึ้นจึงได้มีการนำเครื่องจักรมาแทนที่อย่างเร่งด่วน เริ่มมีการใช้เตาเผาของ Hoffman ซึ่งเผาไหม้ได้อย่างสม่ำเสมอและยังทำงานได้อย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่นั้นชาวอังกฤษได้มีการค้นคว้าพัฒนาเรื่อยมาจนอังกฤษได้ชื่อว่าเป็นหนึ่งในประเทศที่มีโรงงานผลิตอิฐแบบอัตโนมัติทั้งหมด ซึ่งทำให้การผลิตอิฐได้ถึง 7000 ล้านก้อนในปี 1971

ในประเทศไทยมีการทำอิฐเผาเป็นอุตสาหกรรมมานานนับร้อยปี ซึ่งเห็นได้จากโบราณสถานนับแต่สมัยเชียงแสน เช่น เมืองโบราณเชียงแสน อ.เชียงแสน จ.เชียงราย สมัยสุโขทัยและอยุธยา ซึ่งใช้สร้างวัด เจดีย์ กำแพงเมือง ฯลฯ สืบมาจนถึงปัจจุบัน เป็นลักษณะกิจการเป็นแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือน คือทำด้วยมือและจะทำเฉพาะในฤดูที่ว่างเว้นจากการทำนา อิฐที่ได้จะมีขนาดไม่แน่นอน ใหญ่บ้างเล็กบ้างตามความต้องการของท้องถิ่นที่ผลิต ซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในสมัยนั้นคือ อิฐมอญ ทำขายโดยชาวรามัญแถบปทุมธานี ปากเกร็ด นนทบุรี และในปัจจุบันมีโรงงานทำอิฐมอญกระจายตัวอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศเป็นจำนวนมาก

อิฐเป็นวัสดุเซรามิก (Ceramic) ชนิดหนึ่ง อิฐเมื่อผ่านการเผาแล้ว สามารถจำแนกได้เป็นชั้นๆ ตามเนื้อคุณภาพของเนื้ออิฐดังนี้

อิฐชั้นที่ 1 จะมีลักษณะสุกตัวทั้งก้อน มีสีเหลืองปนแดง เวลาเคาะมีเสียงดังกังวานแสดงถึงความแข็งแกร่ง รูปร่างขนาดสม่ำเสมอตามมาตรฐาน ไม่มีรอยแตกร้าว

อิฐชั้นที่ 2 มีลักษณะสุกตัวทั่วกันทั้งก้อน มีสีเหลืองปนแดง แต่มีรูปร่างบิดเบี้ยวบ้างเล็กน้อย และผิวอิฐอาจจะมีรอยร้าวบ้าง

อิฐชั้นที่ 3 เป็นอิฐที่ไม่สุกทั่วทั้งก้อน มีสีจางกว่าชนิดที่ 1 บางก้อนอาจมีสีดำด่าง คือ มีสีเหลืองปนดำ แข็งตัวไม่สำ่เสมอ รูปร่างบิดเบี้ยวบ้าง มีรอยแตกร้าวลึก

อิฐชั้นที่ 4 เป็นอิฐที่เผาสุกตัวจนเกินไป สีค่อนข้างเข้มหรือดำ รูปร่างและขนาดไม่สม่ำเสมอและมีรอยแตกร้าวลึก

สำหรับ มาตรฐานเลขที่ มอก. 77-2545 เป็นมาตรฐานที่ว่าด้วย มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐก่อสร้างสามัญ ซึ่งได้กำหนดขนาด ค่าความเค้นอัดต่ำสุดและค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด ไว้เพื่อใช้ในการทดสอบอิฐก่อสร้างสามัญ ตามตารางที่ 2.5 และ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงขนาดอิฐก่อสร้างสามัญ (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ประเภทที่	**ขนาด (มิลลิเมตร)**		
	ยาว	**กว้าง**	**หนา**
1	140±5	65±3	40±2
	160±5	65±3	40±2
	190±5	90±3	40±2
2	190±5	90±3	65±2
	190±5	90±3	90±3

ที่มา (Thai Industrial Standards Institute, 1988, p. 3,)

สำหรับค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ ในการพิจารณาการผ่านการทดสอบ ตามมาตรฐาน มอก. 77-2545 แสดงดังตารางที่ 2.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความเค้นอัดที่จะผ่านมาตรฐานของอิฐสามัญก่อสร้าง

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าความเค้นอัดต่ำสุดและค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดของอิฐสามัญก่อสร้าง

ประเภทที่	ยาวxกว้างxหนา (มิลลิเมตร)	ความเค้นอัดต่ำสุด (MPa)	การดูดซึมน้ำสูงสุด (% โดยน้ำหนักของอิฐ)
1	140x65x40	3.5	25
	140x65x40	3.5	25
	190x90x40	3.5	25
2	190x90x65	15.0	15
	190x90x90	15.0	15

2.4 ชนิดของอิฐก่อสร้าง

ลักษณะทั่วไปของอิฐก่อสร้างมีทรงเหลี่ยมขนาดแตกต่างกัน มีแบบเนื้อตัน และมีช่องว่าง ผิวเรียบ ผิวมีลวดลาย มีน้ำหนักมาก ส่วนใหญ่มีสีแดงคล้ำ เป็นต้น ในปัจจุบันได้มีการแบ่งชนิดของอิฐก่อสร้างให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการผลิต โดยอิฐก่อสร้างสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ (วรพงษ์ เทียมสอน, 2555)

2.4.1 อิฐมอญ เป็นอิฐขนาดเล็กเท่ากับ 6x16x3.5 เซนติเมตร ทำจากดินท้องถิ่นที่มีเนื้อละเอียดปนทราย ไม่เหนียวมากจนเกินไป อาจมีการผสมอกลบหรือขี้เถ้าแกลบเข้าไปด้วย สามารถขึ้นรูปด้วยแรงงานคน คือใช้บล๊อคสี่เหลี่ยมที่มีขนาดตามิฐ หรือใช้เครื่องช่วยในการขึ้นรูป จากนั้นนำไปตากให้แห้งเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 7-10 วัน แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส จึงทำให้อิฐที่ได้มีความแข็งแรงต่ำ ความพรุนตัวสูง นำไปใช้ก่อสร้างผนังอาคารที่ไม่ต้องการรับน้ำหนักมาก

2.4.2 อิฐสามัญ (Common brick) เป็นอิฐที่นิยมใช้กันมาก มีหลายขนาด ทำจากดินเหนียวและวัตถุดิบเติมแต่ง ขึ้นรูปด้วยมือหรือเครื่องจักรเพื่อให้ได้อิฐเนื้อแน่น จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิปานกลางในช่วง 800-900 องศาเซลเซียส ทำให้อิฐที่ได้มีความแข็งแรงสูง ความพรุนตัวต่ำ เมื่อนำไปใช้งานต้องฉาบด้วยปูนซีเมนต์

ตามมาตรฐาน ASTM C62 ได้กำหนดขนาดมาตรฐานของอิฐสามัญไว้ที่ขนาด $2_{1/4}$x$3_{3/4}$x8 นิ้ว และแบ่งชนิดของอิฐสามัญเป็น 3 ชนิดได้แก่ ชนิดทนต่อสภาพอากาศสูง (Severe Weathering; SW) ชนิดทนต่อสภาพอากาศปานกลาง (Moderate Weathering; MW) และชนิดทนต่อสภาพอากาศได้น้อย (No Weathering; NW) โดยแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 สมบัติทางกายภาพของอิฐสามัญ

ชนิด	ความทนแรงอัด (psi)	การดูดซึมน้ำ (%)	สัมประสิทธิ์การอิ่มตัว	บริเวณที่ตั้ง
เกรด SW	3000	17	0.78	ใต้ดิน เปียกชื้น
เกรด MW	2500	22	0.88	พื้น แห้ง
เกรด NW	1500	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ผนัง

2.4.3 อิฐประดับ (Facing brick) เป็นอิฐที่มีผิวสวยงาม สีสันหลากหลาย มีความพรุนตัวต่ำมาก แข็งแรงสูง เมื่อนำไปใช้งานไม่ต้องมีการฉาบปูนทับ เนื่องจากต้องการโชว์ผิวอิฐ ตามมาตรฐาน ASTM C216 ได้ระบุชนิดของอิฐประดิบไว้ 2 ชนิดคือ ชนิด คือ ชนิด SW และ MW เท่านั้น มีความแข็งแรงต่อแรงอัดได้ 3000 และ 2500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) สำหรับชนิด SW และ MW ตามลำดับ

2.4.4 อิฐด้านวิศวกรรม (Engineering brick) เป็นอิฐที่มีความแข็งแรงทนต่อแรงอัดไดมากกว่า 7500 psi ความพรุนตัวต่ำ 3-4 % หรือมีความพรุนตัวน้อยมากถึงไม่มีความพรุนตัว ใช้กับงานก่อสร้างอาคารสูง ห้องใต้ดิน ถนน สะพาน เป็นต้น

ตัวอย่างของอิฐด้านวิศวกรรมที่ใช้งานในการปูถนน (Paving brick) ตามมาตรฐานของ ASTM C62 และ C216 ได้กำหนดไว้เป็นอิฐชนิด SW เท่านั้น

2.4.5 อิฐทนต่อสภาพกรด (Acid-resistance brick) เป็นอิฐที่เน้นความทนต่อสารละลาย หรือสภาวะแวดล้อมที่มีแก๊สกัดกร่อนสูง เช่น SO_2, CO เป็นต้น มีความพรุนตัวต่ำกว่า 1% และส่วนใหญ่จะมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักมากกว่า 80%

2.4.6 อิฐตัน (Solid brick) เป็นอิฐที่มีเนื้อแน่นทั้งหมด ไม่มีช่องว่าง

2.4.7 อิฐกลวง (Hollow brick) เป็นอิฐที่มีช่องว่างโดยมีเน้ชื้อที่ช่องว่างหน้าตัด 25-30% ซึ่งปัจจุบันอิฐกลวงเป็นที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากน้ำหนักเบา และมีความแข็งแรงสูง สามรถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น การบรรจุสารดูดความชื่น หรือจุสารที่เป็นฉนวนความร้อนลงในช่องว่าง ทำให้อิฐนั้นมีสมบัติด้านการเป็นฉนวนความร้อนหรือเสียงมากขึ้น

ตามมาตรฐาน ASTM C625 กำหนดชนีดของอิฐกลวงไว้ 2 ชนิดคือ SW และ MW โดยกำหนดสมบัติไว้ในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 สมบัติทางกายภาพของอิฐกลวง

ชนิด	ความทนแรงอัด (psi)	การดูดซึมน้ำ (%)	สัมประสิทธิ์การอิ่มตัว
เกรด SW	3000	17	0.78
เกรด MW	2500	25	0.88

การออกแบบช่องว่างของอิฐกลวงจะต้องออกแบบให้มีความสมมาตรทั้งก้อน รูปร่างของช่องว่างมักเป็นวงกลมหรือสี่เหลี่ยม เพื่อรับน้ำหนักโดยทั่วทั้งก้อนพร้อมๆ กันและที่สำคัญคือ พื้นที่ของช่องว่างควรอยู่ระหว่าง 25-30% ของพื้นที่หน้าตัด

2.5 ลักษณะเฉพาะและสมบัติของอิฐก่อสร้าง

อิฐก่อสร้างแต่ละชนิดมีลักษระเฉพาะและสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้การเลือกใช้อิฐก่อสร้างจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับกับการใช้งานตามที่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้งานเฉพาะด้านที่ต้องการความแข็งแรงสูงมาก หรือการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสสารเคมี การสัมผัสกับสภาพอากาศชื้นอยู่ตลอดเวลา เป็นต้น สำหรับลักษณะเฉพาะและสมบัติของอิฐก่อสร้างบางชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ลักษณะเฉพาะและสมบัติของอิฐ

ลักษณะเฉพาะและสมบัติ/องค์ประกอบทางเคมี	**ชนิด**		
	อิฐประดับ	**อิฐด้านวิศวกรรม**	**อิฐสามัญ**
SiO_2	60.1	62.7	46.2
Al_2O_3	16.7	23.1	13.7
Fe_2O_3	5.8	8.4	6.0
TiO_2	0.5	1.2	0.8
CaO	6.5	0.9	11.4
MgO	4.2	1.2	12.8
K_2O	3.3	2.6	3.3
Na_2O	1.2	0.4	0.3
ความหนาแน่น (g/cm^3)	1.78	2.31	1.67
ความพรุนตัว (%)	14.9	0.4	21.0
ความทนแรงอัด (psi)	4030	11750	2780
ค่าเกลือที่ละลายน้ำ (%)	0.94	0.20	5.70

จากองค์ประกอบเคมีและสมบัติของอิฐแต่ละชนิด แสดงให้เห็นว่าถ้าต้องการใช้อิฐก่อสร้างที่ต้องการรับน้ำหนักสูงจะต้องเลือกใช้อิฐด้านวิศวกรรม เนื่องจากมีองค์ประกอบของซิลิกา และอลูมินา สูงที่อาจอยู่ในรูปผลึกมัลไลต์ Mullite ($3Al_2O_3.2SiO_2$) ซึ่งมีโครงสร้างแข็งแรงส่งผลให้อิฐมีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย ประกอบกับมีปริมาณของเกลือที่ละลายน้ำได้น้อย ทำให้ไม่ถูกชะหรือยุ่ยส่งผลให้อิฐมีอายุการใช้งานได้นาน สำหรับอิฐสามัญนั้นจะเห็นได้ว่ามีความแข็งแรงค่อนข้างต่ไ เนื่องจากเมื่อนำไปใช้งานจะต้องฉาบปูนซีเมนต์ทับช่วยทำให้ความแข็งแรงสูงขึ้น และการที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้สูงนั้นอาจเป็นข้อดีที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยา

กับปูนซีเมนต์ทำให้เกิดการยึดเกาะไดเดีขึ้น ในส่วนของอิฐประดับนั้นมีปริมาณซิลิกา และอะลูมินาสูงส่งผลให้มีความแข็งแรง เนื่องจากเวลาใช้งานได้ไม่ฉาบด้วยปูนซีเมนต์ทับ และควรมีค่าเกลือท่ะลายน้ำได้ไม่สูงมากนัก เนื่องจากจะต้องสัมผัสกับอากาศ น้ำ และ ลม อยู่ตลอดเวลา เป็นต้น

2.6 กระบวนการผลิตอิฐ (Manufacture of bricks)

2.6.1 Soft mud process เป็นกระบวนการผลิตแบบพื้นบ้านที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก และมีปริมาณน้ำที่ผสมในดินค่อนข้างสูง (20-30%) โดยมีลำดับขั้นตอนคือ การเตรียมดิน การขึ้นรูปเป็นก้อน การผึ่งให้แห้ง และการเผา

2.6.2 Stiff mud process เป็นกระบวนการผลิตแบบที่มีขั้นตอนการผลิตเหมือนกับ Soft Mud Process แต่ใช้น้ำน้อยกว่าในการเตรียมดิน (12-15%) และใช้เครื่องจักรในการขึ้นรูปและตัดเป็นก้อน

2.6.3 Dry press process เป็นกระบวนการผลิตอิฐแบบโรงงาน มีลำดับขั้นตอนการผลิตเหมือนกับ Soft Mud Process แต่ต่างกันที่เตรียมดินนำเข้าเครื่องบด ไม่เติมน้ำในกระบวนการเตรียมดิน อัดเป็นก้อนโดยใช้เครื่องจักร

ในประเทศไทย มีการผลิตอิฐทั้ง 3 วิธี โดยวิธี Soft mud process ถูกใช้ในกระบวนการผลิตอิฐของชาวบ้านที่มีอาชีพทำอิฐมอญขาย มีวิธีคือ นำดินเหนียวมาผสมกับน้ำ แล้วขึ้นรูปโดยการนำดินเหนียวใส่ในแบบไม้ ถอกออกจากแบบ ตากอิฐสดให้แห้ง แล้วนำไปเผาในเตาเผาแบบเปิดโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง กรรมวิธีขึ้นรูปโดยใช้แรงงานคนนำดินใส่แบบและปาดให้ได้รูปอิฐนั้นจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นส่วนผสมเพื่อช่วยหล่อลื่นเป็นปริมาณค่อนข้างมาก ทำให้อิฐที่ได้มีรูพรุนมากและกำลังรับแรงอัดต่ำ ส่งผลให้อิฐไม่เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม สำหรับการผลิตอิฐด้วยวิธี Stiff mud process และ Dry press process ถูกใช้กระบวนการผลิตอิฐของโรงงานผลิตอิฐซึ่งขึ้นรูปโดยใช้เครื่องจักรอัด และตัดเป็นก้อนด้วยเส้นลวด เผาในเตาเผาแบบปิด อิฐที่ได้จะมีความแข็งแรงมากกว่าการผลิตโดยใช้แรงงานคน

2.7 การเผาอิฐก่อสร้าง (Brick firing)

การเผาอิฐก่อสร้างอาจมีการเปลี่ยแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของดินส่วนผสม การขึ้นรูป เนื่องจากอิฐก่อสร้างส่วนใหญ่มีดินเป็นส่วนผสมหลัก และมีวัตถุดิบที่เติมแต่งอีกเล็กน้อย โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้จะมีสิ่งเจือปนทีเป็นตัวหลอม (Fluxing agent) ช่วยทำให้อิฐสุกตัว (Vitrification) ได้ที่อุณหภูมิไม่สูงมากนักอยู่ในช่วง 900-1200 องศาเซลเซียส ซึ่งการเผาอิฐแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

2.7.1 ช่วงเริ่มต้นให้ความร้อน (Per-heating) อุณหภูมิ 100-600 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้จะให้ความร้อนอย่างช้าๆ เพื่อกำจัดความชื้นที่เหลือในอิฐ และเผาไล่อินทรีย์สารที่อยู่ในดินให้หมด ช่วงนี้เป็นช่วงที่เกิดการแตกร้าวได้ง่าย เนื่องจากมีการระเหยของน้ำ ทำให้มีแรงดันสูงเกิดขึ้นในเนื้ออิฐ ขณะเดียวกันถ้าดินนั้นมีส่วนผสมของควอตซ์ที่มีการเปลี่ยแปลงปริมาตรอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 573 องศาเซลเซียส ที่เรียกว่า Quarts

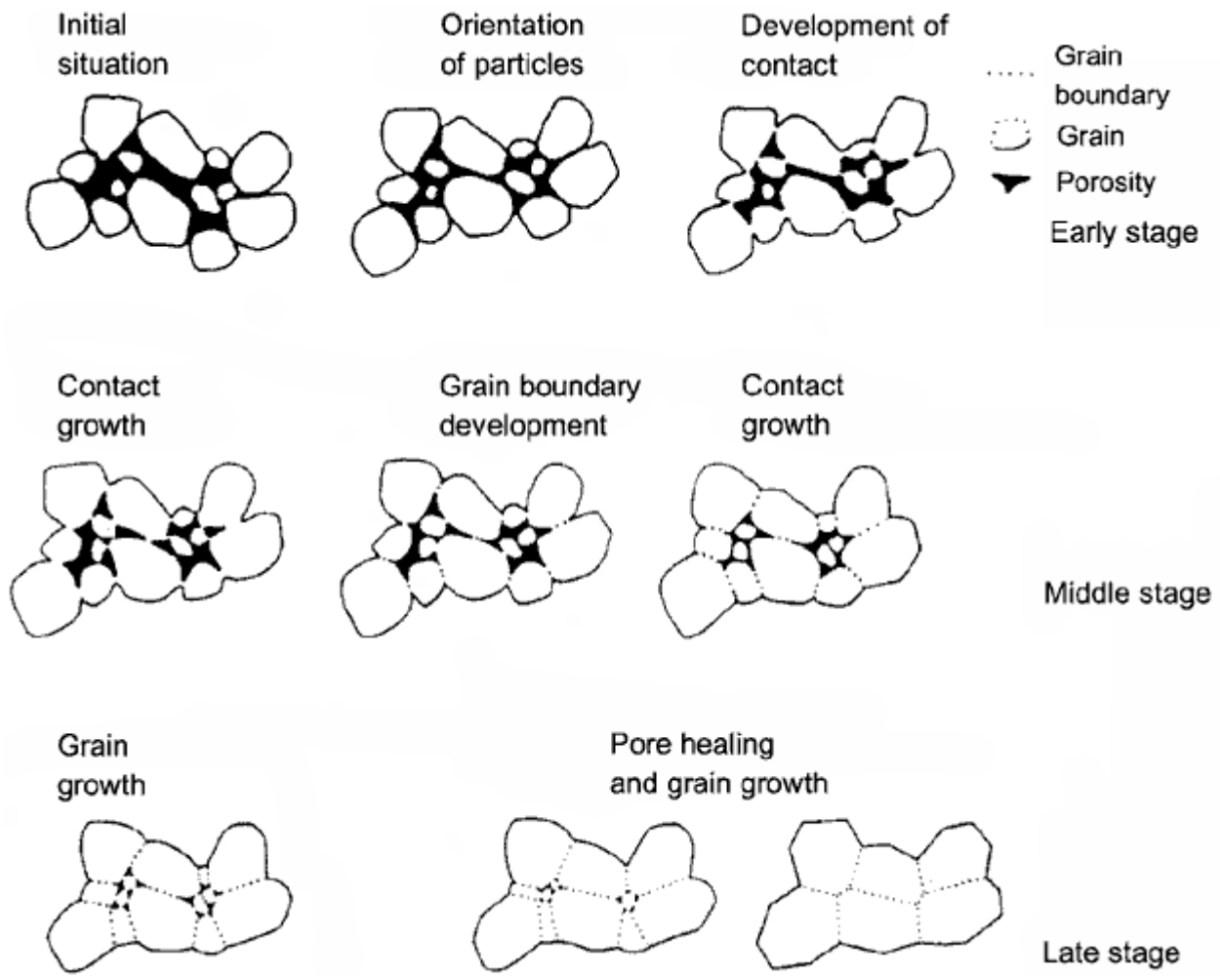
inversion ดังนั้นจึงต้องทำการให้ความร้อนอย่างช้าๆ เพื่อป้องการไม่ใช้อิฐเกิดการแตกร้าวและเสียหายในรหว่างการเผาช่วงแรกนี้

2.7.2 ช่วงเผา (Firing) อุณหภูมิ 600-1200 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้สามารถให้ความร้อนด้วยอัตราการเผาที่เร็วได้ ช่วงนี้เป็นช่วงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่นการเปลี่ยนจากดินเป็นมัลไลต์ หรือเกิดการหลอมของสารช่วยหลอม (เฟลด์สปาร์) หรือสิ่งเจือปนอื่นๆ แล้วเหนี่ยวนำให้เกิดการสุกตัว ขณะเดียวกันอิฐจะเกิดการหดตัวจนอิฐมีความแน่นตัว ความพรุนตัวต่ำ และส่งผลให้มีความแข็งแรงสูง

การสุกตัวของอิฐก่อสร้างแบ่งได้ 3 ช่วงคือ ช่วงแรกของการสุกตัว (Early stage) เป็นช่วงที่อนุภาคของดินมีการเคลื่อนตัวเข้ามาชิดกัน ซึ่งอนุภาคของดินมาชิดกันเรียกจุกเชื่อมต่อว่า (Contact) ที่ปริเวณเล็กๆ ขณะเดียวกันอิฐเริ่มมีการหดตัวเล็กน้อย แต่ยังคงมีช่องว่างภายในอิฐค่อนข้างสูงที่เกิดการระเหยของสารอินทรีย์และความชื้นในช่วงเริ่มให้ความร้อน

ช่วงกลางของการสุกตัว (Middle stage) เป็นช่วงที่มีการขยายพื้นที่กว้างขึ้นทำให้บริเวณที่อนุภาคชิดกันขยายกว้างมากขึ้นหรือที่เรียกว่าเกรน (Grain) จนขยายไปถึงอนุภาคดินที่อยู่ข้างเคียงโดยเรียกบริเวณที่อนุภาคชิดกันกันว่าขอบเกรน (Grain boundary) และอิฐมีการหดตัวมากขึ้นพร้อมๆ กับเริ่มหลอมละลายของสารบางตัวหรือตัวช่วยหลอมจนทำให้ช่องว่างเริ่มลดลงพร้อมๆ กับการขยายขอบเกรนมากขึ้น

ช่วงท้ายของการสุกตัว (Last stage) เป็นช่วงอนุภาคชิดกันมากขึ้นละขอบเกรนขยายพื้นที่มากจนได้เกรนโตขึ้น (Grain growth) และอิฐมีการหดตัวมากขึ้นจนกระทั่งช่องว่างในอิฐลดลงน้อยลงและหมดไปในที่สุดพร้อมๆ กับการเกิดมัลไลต์ทำให้ไดเอิฐที่มีความแข็งแรงสูง ความพรุนตัวน้อย และมีความหนาแน่นสูง



ภาพที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอิฐก่อสร้างในระหว่างการเผา

ช่วงการเย็นตัว (Cooling) อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิห้อง ในช่วงนี้เป็นช่วงที่ปล่อยให้อิฐมีการเย็นตัว ซึ่งจะต้องระมัดระวังการเกิด Quartz inversion ที่อุณหภูมิ 573 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงต้องทำให้อิฐเย็นตัวช้าลงจนกระทั่งผ่านอุณหภูมินี้ไปแล้ว จึงสามารถเพิ่มอัตราการเย็นตัวได้ โดยปกติจะทำการเปิดเตาที่อุณหภูมิประมาณ 100-120 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้อิฐเย็นตัวเร็วขึ้น จึงนำออกมาจากเตาเผา

2.8 การตรวจสอบสมบัติของอิฐ

หลังจากที่นำอิฐเผาแล้วออกจากเตาจะต้องทำการตรวจสอบสมบัติหลังการเผาของอิฐ เพื่อควบคุมคุณภาพของอิฐให้เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ โดยอิฐแต่ละชนิดจะมีสมบัติที่กำหนดไว้แตกต่างกัน ซึ่งสมบัติที่สำคัญของอิฐที่จะต้องตรวจสอบทุกครั้งได้แก่

2.8.1 ความคงทน (Durability) ความคงทนต่อสภาวะอากาศ น้ำ ลม สภาพความเป็นกรอ-ด่างของอิฐเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากอิฐถูกนำไปใช้ในการก่อสร้างที่จะต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมโดยตรง เช่น พื้นถนน กำแพง การบุผนังภายนอกอาคาร การก่อสร้างที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นการยึดเกาะ การฉาบปูนซีเมนต์ ซึ่ง

ปูนซีเมนต์นี้มีสภาพความเป็นด่าง ทำให้อิฐก่อสร้างต้องสามารถทนต่อสภาพด่างได้ หรือแม้แต่การใช้อิฐก่อสร้างบุผนังหรือปูพื้นในห้องปฏิบัติการเคมี เป็นต้น

2.8.2 สี (Color) สีของอิฐก่อสร้างจะต้องสม่ำเสมอทั้งก้อน โดยสีอิฐจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับออกไซด์ให้สีที่อยู่ในดินแต่ละชนิด รวมถึงปริมาณออกไซด์ให้สี บรรยากาศการเผา อุณหภูมิการเผา ซึ่งปกติทั่วไปอิฐมักมีเฉดสีเป็นสีแดง แดงเข้ม น้ำตาลเข้มจนถึงสีดำที่เกิดจากเหล็กออกไซด์ หรือแมงกานีสที่ปะปนอยู่ในดิน โดยเหล็กออกไซด์เมื่อเผาในบรรยากาศรีดักชันจะทำให้อิฐมีสีดำ และถ้าเผาที่อุณหภูมิสูงสีของอิฐมักมีสีเข้มกว่าที่เผาอุณหภูมิต่ำ

2.8.3 ลักษณะของเนื้ออิฐ (Texture) เนื้ออิฐหรือผิวอิฐส่วนใหญ่จะมีลักษรเรียบ รอยตัดเรียบ ขอบและมุมของอิฐได้เหลี่ยมหรือฉาก แต่อิฐในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้มีลวดลายและรูปทรงแตกต่างกันมากขึ้นเพื่อให้เกิดความสวยงามและมีรูปทรงใหม่ๆ ในการพัฒนาผิวอิฐนี้ทำได้โดยติดตั้งล้อกลิ้งใบมีดตัดแต่งรูปทรงต่อจากส่วนของหัวเครื่องรีด เพื่อกดให้ผิวของอิฐเรียบหรือเกิดลวดลายตามต้องการ

2.8.4 การเบี่ยงเบนของขนาด (Size variation) ขนาดของอิฐก่อสร้างหลังการเผาเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากการก่อสร้างจะต้องใช้อิฐเรียงซ้อนกันให้เกิดแนวเส้นตรงหรือได้ระดับสม่ำเสมอ ซึ่งอิฐก่อสร้างหลังการเผาจะมีขนาดเล็กกว่าอิฐก่อนเผาค่อนข้างมากที่เกิดจากการหดตัวระหว่างการอบและหลังการเผา โดยปกติการหดตัวของอิฐได้มีการกำหนดไว้เพื่อป้องกันการเบี่ยงเบนขนาดคือ การหดตัวเมื่อแห้งอยู่ระหว่าง 2-4% และการหดตัวหลังการเผาอยู่ระหว่าง 2.5-4% การหดตัวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้น ซึ่งมีโอกาสทำให้อิฐเกิดการเบี่ยงเบนขนาดได้ง่าย หรือเกิดการบิดเบี้ยวได้ แต่จะส่งผลดีต่อความคงทนและลดความพรุนตัว

2.8.5 ความแข็งแรงต่อแรงอัด (Compressive strength) อิฐก่อสร้างส่วนใหญ่ต้องการความแข็งแรงอัดสูง เพื่อให้สามารถใช้งานกับสิ่งปลูกสร้างที่ต้องรับน้ำหนักมาก เช่น เขื่อน สะพาน ถนน อาคารสูง เป็นต้น

2.8.6 การดูดซึมน้ำ (Water absorption) อิฐก่อสร้างส่วนใหญ่ควรมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมของสิ่งสกปรก โดยเฉพาะอิฐก่อสร้างที่ต้องใช้ในอาคารหรืออิฐที่ตกแต่งภายใน รวมถึงการใช้งานด้สนการก่อสร้างใต้ดินหรือใกล่แหล่งน้ำ ซึ่งจะต้องใช้อิฐที่มีการดูดซึมน้ำน้อยมากหรือไม่ดูดซึมน้ำเลย เนื่องจากน้ำเมื่อเข้าไปอยู่ในรูพรุนของอิฐ ขณะระเหยหรือสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง น้ำในอิฐจะเกิดการระเหยและมีแรงดันสูงที่จะทำให้อิฐร้าวหรือแตกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้อิฐก่อสร้างในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่เสมอ

2.9 ความพรุนตัวของวัตถุและการดูดซึมน้ำ

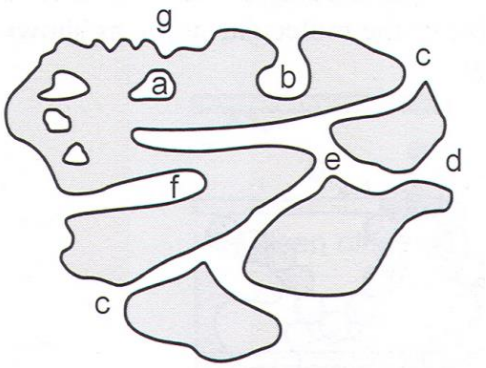
รูพรุน (Pore) หรือช่องว่างอากาศ (Air space) ในเนื้อวัตถุ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ รูพรุน เปิด (Opened or unsealed pores) และรูพรุนปิด (Closed or sealed pores) โดยที่รูพรุนเปิดจะมีส่วนหนึ่งต่อกันผิววัตถุได้ดังแสดงดังภาพที่ 2.3

ความพรุนตัว (Porosity) ของวัตถุเป็นอัตราส่วนของช่องว่างอากาศที่มีอยู่ระหว่างอนุภาคของของแข็งในวัตถุต่อปริมาตรวัตถุ ความพรุนมี 2 ชนิดคือ

2.9.1 ความพรุนจริง (True porosity) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของช่องว่างทั้งหมด (ทั้งรูพรุนปิดและรูพรุนเปิด) ในวัตถุต่อปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

2.9.2 ความพรุนปรากฏ (Apparent porosity) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของน้ำหรือของเหลาที่วัตถุสามารถดูดซึมผ่านเข้าไปได้ต่อปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงความพรุนจะหมายถึงความพรุนตัวปรากฏ

ความพรุนที่เพิ่มขึ้นในเนื้ออิฐ ทำให้ความหนาแน่นและกำลังของอิฐลดลงในขณะที่ความเป็นฉนวนความร้อนเพิ่มขึ้น โดยที่ค่าความนำความร้อนเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความหนาแน่นของอิฐ วัสดุที่มีความพรุนเพิ่มขึ้นจะมีกำลังลดลงในอัตราส่วนที่มากกว่าความหนาแน่นลดลง ในอิฐที่มีความพรุนเท่ากัน อิฐที่มี Pore Size ขนาดเล็กกว่าจะนำความร้อนได้น้อยกว่า (เอก ช่อประดับ, 2547)



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของรูพรุนแบบต่างๆ

Accessibility: a: Closed pores, b,c,d,e,f: Open pores, b, f: Blind pores (Dead-end or saccate) and e: Through pores ;shape: c: Cylindrical open, f: Cylindrical blind, b: Ink-bottle-shaped , d: Funnel shaped and g: Roughness.
ที่มา (Smaller pores, 2006, p. 1)

2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงของอิฐดินเหนียว (เอก ช่อประดับ, 2547)

- องค์ประกอบประกอบดินเหนียว

- ปริมาณน้ำ ถ้ามีปริมาณน้ำมากจะทำให้มีช่องว่างมากด้วยทำให้อิฐไม่แข็งแรง อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำถูกกำหนดด้วยวิธีการขึ้นรูปอิฐ

- ความละเอียดของเม็ดดิน ยิ่งเม็ดดินละเอียดอิฐที่ได้จะมีความแข็งแรง

- ขนาดคละ การที่เม็ดดินมีขนาดคละที่ดีจะทำให้เกิด Interlocking เป็นการเพิ่มความแข็งแรง

- การขึ้นรูป จะต้องใช้พลังงานที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปซึ่งสัมพันธ์กับปริมารน้ำ อิฐสดถูกอัดแน่นมากขึ้นจะทำให้อิฐที่มีกำลังสูงและอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ

- การทำให้แห้ง (Drying) อิฐที่ถูกทำให้แห้งอย่างรวดเร็วจะมีรอยแตก และกำลังลดลง ในกรณีที่อบในเตาควรตั้งอุณหภูมิระหว่าง 50-90 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ทำให้แห้งด้วยกระแสอากาศ อิฐจะเหลือความชื่นอยู่ประมาณ 2-3%

- การเผา ต้องทำให้เนื้อเกิดผลึกที่สมบูรณ์และมีแก้วเกิดเป็นบางส่วน โดยผลึกที่โตขึ้นทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวทางกลเพิ่มขึ้น ส่วนแก้วทำหน้าที่คล้ายกาว โดยทั่วไปอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อิฐมีกำลังสูงขึ้น เนื่องจากความพรุนตัวลดลง และในช่วงเวลาการเผาอุณหภูมิสูงสุดนานขึ้นก็จะทำให้อิฐมีกำลังสูงขึ้นด้วย การเผาอิฐให้สุก (Mature) หมายถึงอิฐที่ได้คุณสมบัติตามต้องการ การเผาอิฐให้สุกขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิสูงสุดที่เผา ช่วงเวลาที่ใช้ให้ถึงอุณหภูมิสูงสุด ช่วงเวลาที่คงอุณหภูมิสูงสุดเอาไว้ และช่วงเวลาที่ลดลงจาดอุณหภูมิสูงสุดมาที่อุณหภูมิห้อง ในบางปฏิกิริยาต้องการปริมาณความร้อนซึ่งในทางทฤษฎีแล้วสามารถทำให้เกิดได้โดยคงอุณหภูมิสูงไว้ในช่วงเวลาสั้น หรือเกิดได้ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงสุดลดต่ำลงมาแต่เผาที่อุณหภูมิสูงสุดนานขึ้น อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของอิฐที่ผลิตจากวิธีการทั้งสองจะไม่เหมือนกัน กระบวนการเกิดแก้ว (Vitrification) จะเกิดที่อุณหภูมิต่ำสุดค่าหนึ่งเท่านั้น โดยไม่ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่คงอุณหภูมิสูงสุดเอาไว้ Maturing Temperature ของ General brick ware อยู่ในช่วง 900-1000 องศาเซลเซียส และสำหรับ Fine brick ware อยู่ในช่วง 1180-1200 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอิฐที่ผลิตด้วยกระบวนการโคลนอ่อน (Soft mud process) ต้องเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น 110 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิที่ใช้เผาอิฐที่ผลิตด้วยกระบวนการ Stiff mud process เมื่อใช้ดินเหนียวชนิดเดียวกันปริมาณและความละเอียดของส่วนผสมเพิ่ม เช่น แกลบ ขี้เถ้าทราย เป็นต้น

2.11 สารเติมแต่ง (Additive)

สารเติมแต่งที่นำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐนั้นมีหลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการและลักษณะเฉพาะของอิฐที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มีการนำตัวเติมมาผสมในการทำอิฐเพื่อทำให้เกิดรูพรุนในเนื้ออิฐ โดยคาดหวังว่ารูพรุนที่เกิดขึ้นในเนื้ออิฐนี้จะส่งผมในด้านความเป็นฉนวนความร้อนของอิฐก่อสร้าง นอกจากนั้นผลจากการใช้สารเติมแต่งที่ทำให้เกิดรูพรุนแล้วในขณะเดียวกันคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลจะยังคงเป็นไปตามมาตรฐาน ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวเติมเพื่อศึกษาลักษณะของรูพรุนที่เกิดขึ้นในเนื้ออิฐคือ แกลบข้าว ขี้เลื่อย และเศษหญ้า

2.11.1 แกลบข้าว (Rice husk) แกลบข้าวเป็นขยะอินทรีย์และมีปริมาณมาก ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวจากเกษตรและตามอุตสาหกรรมชีวมวล แกลบข้าวประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสและมีซิลิกาประมาณ 20% อยู่ในรูปแบบอสัณฐาน (Amorphous) โดยได้มีนักวิจัยนำแกลบข้าวและเถ้าแกลบถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับเป็นตัวเติมในวัสดุที่หลากหลาย เช่น อิฐทนไฟ คอนกรีต อิฐดินเผา ผลิตภัณฑ์เซรามิก เป็นต้น

ภาพที่ 2.4 ลักษณะของแกลบข้าว

2.11.2 ขี้เลื่อย (Sawdust) ขี้เลื่อยเป็นของเสียที่ได้จากไม้เช่น อุตสาหกรรมทำเฟอร์นิเจอร์เป็นหลัก ขี้เลื่อยยังสามามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อน ขี้เลื่อยเมื่อผ่านการเผาจะเหลือเถ้าและหากนำมาใช้ผสมในการทำอิฐก็จะเป็นวัสดุที่สร้างรูพรุนได้ดีอีกชนิดหนึ่ง องค์ประกอบทางเคมีของขี้เลื่อยประกอบไปด้วย คาร์บอน (carbon) 60.8%, ไฮโดรเจน (hydrogen) 5.2%, ออกซิเจน (oxygen) 33.8% และไนโตรเจน (nitrogen) 0.9%. ไม้แห้งจะจะมีองค์ประกอบคือ เซลลูโลส(cellulose), ลิกนิน (lignin), เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) และอื่นๆ (5-10%) เศษขี้เลื่อยสามารถนำมาใช้สำหรับสร้างรูพรุนในผลิตภัณฑ์เซรามิกได้ เช่น ผลิตภัณฑ์อิฐก่อสร้าง เป็นต้น

ภาพที่ 2.5 ลักษณะของขี้เลื่อย

2.11.3 เถ้าชานอ้อย (Sugarcane bagasse ash) ในกระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อยสดสำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร หรือน้ำผลไม้ส่วนที่เป็นเศษจากต้นอ้อยเรียกว่าชานอ้อย (Bagasse) ชานอ้อยที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาลส่วนหนึ่งของชานอ้อยจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อพลังงานความร้อนไอน้ำ (Boiler) เถ้าชานอ้อย Sugarcane bagasse ash (SCBA) คือเศษที่เหลือจากกระบวนการเผาไหม้จากชานอ้อยที่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อความร้อนไอน้ำ เถ้าชานอ้อยจะมีปริมาณของซิลิกา (Silica) ค่อนข้างสูงโดยประมาณ 62% นอกจากนั้นก็จะมี อะลูมินา alumina (Al_2O_3) แคลเซียม Calcium oxide (CaO) เหล็กและโปสแตสเซียม ออกไซด์ iron oxide (Fe_2O_3), potassium oxide (K_2O) นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยที่ได้ศึกษาทดลองนำเอาเถ้าจากชานอ้อยมาใช้ในการผสมของ ซีเมนต์ คอนกรีต และวัสดุทางเซรามิก ซึ่งลักษณะเฉพาะของเถ้าชานอ้อยจะมีซิลิกาสูงและยังเป็นอะมอสฟัสเฟส (Amorphous) ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะทำให้เกิดปฏิกิริยาค่อนข้างเร็ว เช่น การหลอมละลายได้เร็วกว่า ซิลิกาที่มีความเป็นผลึก การรวมตัวเป็นเนื้อเดียวได้ง่าย มีพื้นที่ผิวค่อนข้างเยอะ เป็นต้น

ภาพที่ 2.6 ลักษณะของเถ้าชานอ้อย

2.12 การนำความร้อน (Thermal conductivity)

ปกติความร้อนจะไหลผ่านวัสดุจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปหาที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ การถ่ายเทความร้อนในของแข็งจะเกิดขึ้นโดยกลไกที่เรียกว่า การนำความร้อน (Conduction) วัสดุแต่ละชนิดจะมีความสามารถในนำความร้อนได้แตกต่างกัน คุณสมบัติที่เป็นตัววัดความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ คือ Thermal conductivity (*k*) ค่า *k* นี้ กำหนดไว้จากกฎการนำความร้อนของ Fourier ซึ่งกล่าวไว้ว่า อัตราการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านตัวกลาง (วัสดุ ซึ่งมักจะหมายถึงกรณีที่เป็นของแข็ง) จะแปรผันตรงกับค่าความชันของอุณหภูมิ (Thermal gradient = อัตราผลต่างของอุณหภูมิต่อระยะทางหนึ่งหน่วย) ในทิศทางของการส่งผ่านพลังงานนั้น และแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัดที่พลังงานความร้อนนั้นไหลผ่านด้วย ค่าคงที่ของการแปรผันนี้คือค่า *k* นั่นเองค่า *k* จะเปลี่ยนไปตามชนิดของวัสดุและอุณหภูมิ วัสดุที่มีการนำความร้อนที่ดี (*k* สูง) จะสามารถลดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในตัวมันเองได้เร็วกว่าวัสดุที่มีความสามารถในการนำความร้อนต่ำ ในวัสดุโลหะค่า *k* จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนวัสดุอื่นค่า *k* จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการเลือกใช้วัสดุเราจะต้องคำนึงถึงการใช้งาน ถ้าต้องใช้ในระบบระบายความร้อนของเครื่องจักร เราจะเลือกดูที่มีการนำความร้อนที่ดี (*k* สูง) ส่วนกรณีที่ใช้ฉนวนความร้อน เพื่อจะเก็บรักษาอุณหภูมิ เราจะเลือกใช้วัสดุที่มีค่า *k* ต่ำ ซึ่งได้แก่ พวกที่มีเนื้อเป็นรูพรุน เพราะอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว (พวกเซรามิกมักจะมีคุณสมบัติอย่างนี้) การส่งผ่านความร้อนของวัสดุอาจจะได้ด้วยวิธีการแผ่รังสี (Radiation) ความสามารถของวัสดุที่จะแผ่ความร้อนนี้เราเรียกว่า Emissivity ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะผิวของวัสดุและอุณหภูมิ ค่า Emissivity จะเท่ากับปริมาณความร้อนที่วัสดุจะแผ่รังสีออกมา ได้ต่อปริมาณความร้อนที่ Ideal black body จะแผ่รังสีออกมาได้ที่อุณหภูมินั้น ๆ Ideal Black Body คือ วัสดุที่จะดูดซึมความร้อนที่มากระทบไว้ได้ทั้งหมด โดยไม่มีการสะท้อน หรือส่งผ่านออกไป โดยค่าการนำความร้อนหาได้จากสมการ

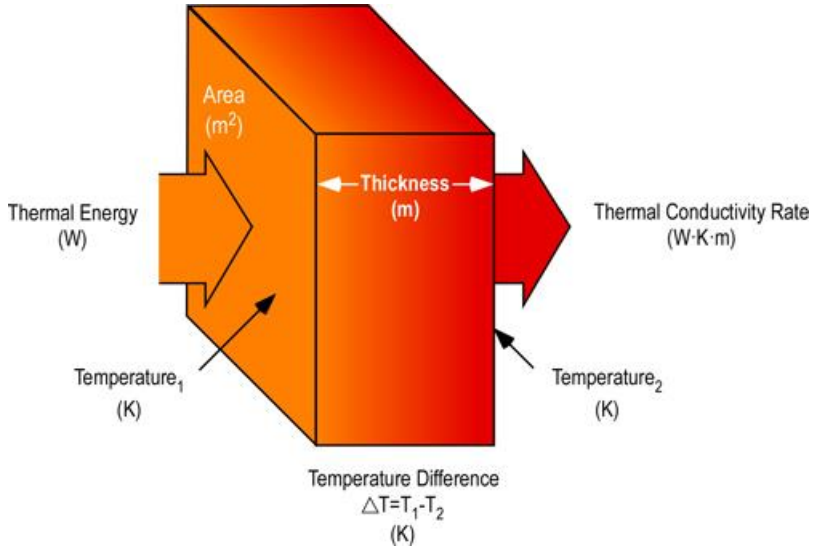
$$\frac{dq}{dA} = k\frac{dT}{dx} \qquad (2.1)$$

โดย q คือปริมาณความร้อนที่ไหลตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด

A คือพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ

dT/dx คือความแตกต่างอุณหภูมิตามระยะทาง

k คือค่าการนำความร้อน



ภาพที่ 2.7 แสดงการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งของวัตถุไปอีกด้านหนึ่งของวัตถุ

ตารางที่ 2.10 ค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง

วัสดุ	**ค่าสภาพนำความร้อน (W/m.K)**
เพชร	2300
เงิน	429
ทองแดง	401
ทอง	317
อะลูมินั่ม	237
เหล็ก	80.2
ปรอท (เหลว)	8.54
แก้ว	1.4
อิฐ	0.72
น้ำ (ของเหลว)	0.613
ผิวหนังคน	0.37
ไฟเบอร์กลาส	0.043
อากาศ (แก๊ส)	0.026

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Faller (2004) ศึกษาใช้ขี้เลื่อยผสมดินเหนียวเพื่อผลิตอิฐ โดยใช้ขี้เลื่อยขนาดใหญ่ปนอยู่ตั้งแต่ 0.5-10 มิลลิเมตร หลังการเผาจะให้ให้มีช่องว่างขนาดไม่เท่ากันและมีความพรุนตัวมาก ทำให้ค่าความแข็งแร งลดลง และค่าความเป็นฉนวนความร้อนเพิ่มตามไปด้วย

Sveda (2000) ศึกษาอิทธิพลของขี้เลื่อยต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อดิน โดยทดลองผลิตอิฐจากแร่ดินมอนโมริโลไนท์ (Montmorillonite Mineral) ผสมกับขี้เลื่อย 2 ขนาดคือ 0-1 มิลลิเมตร และ 1-4 มิลลิเมตร ทำให้อิฐลดการนำความร้อนได้ประมาณ 30-40% โดยมีค่าความแข็งแรงประมาณ 40-70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

Ismail Demir (2006) ศึกษาการนำกากของเสียจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชามาใช้เป็นส่วนผสมในอิฐก่อสร้าง โดยศึกษาผลของความพรุนตัว ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และค่าความแข็งแรงของอิฐซึ่งใช้กากใบชาผสมในเนื้ออิฐคือ 0, 2.5 และ 5% โดยน้ำหนัก เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มกากใบชาหลังการเผาจะทำให้ความพรุนตัวสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง ส่งผลให้มีสมบัติการเป็นฉนวนเพิ่มขึ้น

Okunade, E. A. (2008) ใช้เถ้าไม้และขี้เลื่อยผสมในเนื้อดินสำหรับทำอิฐในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนักที่ใช้ในการศึกษา อัตราส่วนผสมจาก 0-10 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณของขี้เลื่อยเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการรับแรงอัดลดลงในขณะที่อุณหภูมิการเผาเพิ่มขึ้นจาก 950 องศาเซลเซียส เป็น 1100 องศาเซลเซียส ค่าการรับแรงอัดเพิ่งขึ้นสูงขึ้น และค่าการดูดซึมน้ำลดลง

เอก ช่อประดับ (2547) ศึกษาผลของแกลบจ่อคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐสามัญที่ทำจากดินเหนียวผสมแกลบมีอัตราส่วนของแกลบต่อดินเหนียวโดยน้ำหนักแห้งที่ร้อยละ 0, 3.4, 4.9 และ 7.8 เผาที่อุณหภูมิ 800, 1000 และ 1200 องศาเซลเซียส ผลจาการทดลองพบว่า แกลบมีผลทำให้อิฐมีกำลังรับแรงอัดลดลง และลดในอัตราที่รวดเร็วกว่าการเพิ่มขึ้นของความพรุน เมื่ออิฐมีความพรุนตัวเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อิฐที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างคืออิฐที่ผสมแกลบร้อยละ 2.2 เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัด 35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 24

พนาทอง อินทรชัย (2548) ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและเชิงความร้อนของอิฐดินเหนียวผสมเถ้าลอยและยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดยศึกษาคุณสมบัติเชิงกลคือ ความต้านทานความเค้นอัดและความต้านทานโมเมนต์ดัด และศึกษาคุณสมบัติเชิงความร้อนคือการนำความร้อน รวมไปถึงศึกษาสมบัติทางกายภาพคือ ความหนาแน่น ความพรุน และการดูดซึมน้ำ ตัวอย่างของอิฐเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของเถ้าลอยเป็น 0, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และยิปซัม 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือเป็นดินเหนียว ผลจากการศึกษาพบว่า ที่ส่วนผสมยิปซัม 10% ที่ทุก

สัดส่วนของเถ้าลอย ค่าความต้านทานความเค้นอัดและค่าความต้านทานโมเมนต์ดัดจะสูงกว่าที่ส่วนผสมต่ำกว่าหรือสูงกว่า 10% ส่วนผสมของเถ้าลอยในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจาก 0% จะทำให้ค่าความต้านทานความเค้นอัดและค่าความต้านทานโมเมนต์ดัดลดลง แต่จะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยที่ส่วนผสมของเถ้าลอยอยู่ในช่วงมากกว่า 20% การผสมเถ้าลอยมากขึ้นจะทำให้ค่าการนำความร้อนลดลงในขณะที่ความแข็งแรงลดลง สำหรับค่าความหนาแน่น ความพรุน และการดูดซึมน้ำ ผ่านมาตรฐานและอยู่ในเกณฑ์ของอิฐสามัญก่อสร้าง ซึ่งอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมคือ เถ้าลอย : ยิปซัม : ดินเหนียว เท่ากับ 0 : 10 : 90 % โดยน้ำหนัก อิฐที่ได้จะมีค่าความต้านทานความเค้นอัดระหว่าง 3.8340-4.3545 เมกะพาสคัล ค่าความต้านทานโมเมนต์ดัด 3.0752-3.6477 เมกะพาสคัล และค่าการนำความร้อนคือ 0.2997-0.3026 วัตต์ต่อเมตร เคลวิน

Faria et al. (2012) ได้รายงานผลการศึกษาจากการใช้เถ้าชานอ้อยผสมในการทำอิฐดินเผาพบว่าหลังจากการเผาปริมาณการดูซึมน้ำของอิฐจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความแข็งแรงของอิฐลดลง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในการเผาที่เหมาะสมคือ 1000 ^{o}C ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำจะน้อยลงนั้นแสดงให้เห็นว่าซิลิกาที่ได้จากเถ้าชานอ้อยทำปฏิกิริยาหลอมละลายรวมกับตัวหลอมละลายที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อดินเช่น เฟลด์สปาร์ และตัวหลอมละลายอื่นๆ ซึ่งจะทำให้รูพรุนลดลงและส่งผลให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของเถ้าชานอ้อยที่เหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมในดินเพื่อทำอิฐควรไม่เกิน 10 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมและเหมาะที่จะนำเอามาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอิฐดินเผา

Souza et al. (2011) ศึกษาการนำเถ้าชานอ้อยมาเป็นตัวเติมในส่วนผสมของการทำวัสดุเซรามิกสำหรับทำกระเบื้องมุงหลังคา โดยเถ้าชานอ้อยที่นำมาผสมในการทำกระเบื้องมุงหลังคาเท่ากับ 0, 20, 40 และ 60% ของเถ้าโดยน้ำหนัก และนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปเผาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1000, 1100 และ 1200 ^{o}C. ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าชานอ้อยจาก 0-60% ในตัวอย่างชิ้นทดลองนั้นปริมาณการดูดซึมน้ำจะลดลงและค่าการดูซึมน้ำจะไม่เปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1000 ^{o}C แต่จะเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดที่อุณหภูมิ 1100 และ 1200 ^{o}C เป็นผลมาจากการหลอมเหลวของเฟสที่เป็นตัวหลอมละลายในเนื้อดินร่วมกับซิลิกาและองค์ประกอบอื่นๆ ที่มาจากเถ้าชานอ้อย ซึ่งจะทำให้ความพรุนตัวลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้น การเพิ่มปริมาณของเถ้าชานอ้อยจะทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงของชิ้นตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาเพิ่ม จำทำให้ความพรุนลดลงค่าความหนานแน่นเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้น สรุปผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้เถ้าชานอ้อยในปริมาณตั้งแต่ 20-60% โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิในการเผาตั้งแต่ 1000 ^{o}C ขึ้นไปจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์กระเบื้องมุงหลังคามีความทนทานที่ดี ดูดซึมน้ำน้อยและค่าความแข็งแรงสูง นอกจากนี้การนำเถ้าชานอ้อยมาใช้ยังเป็นผลดีของการเพิ่มมูลค่าจากของเสียที่มีอยู่ในปริมาณที่มากเป็นการนำเอามาใช้ให้เกิดประโยชน์และยังช่วยในเรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมอีกทางด้วย อีกทั้งหากมีการศึกษาเพิ่มเติมผลจากการใช้เถ้าชานอ้อยเป็นตัวเติมในส่วนผสมของอิฐดินเผา เมื่อผสมเถ้าชานอ้อยแล้วหลังจากการเผาจะเกิดเป็นรูพรุนขึ้นในเนื้ออิฐ ซึ่งตรงนี้อาจจะต้องศึกษาการปรับปรุงการเป็นแนวนความร้อนสำหรับอิฐดินเผาได้อีกทางหนึ่งก็เป็นได้