

บทที่ 2

วารสารบริษัทศน์

แนวคิดและทฤษฎี

ลูกบอลฉนวนแก้วเคลือบเมื่อได้รับความร้อนจะแตกออกเป็นผงกระจายครอบคลุมเหล็กไม่ให้สัมผัสกับอากาศ มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อน การที่เหล็กเย็นตัวลงอย่างช้าๆ จะทำให้เหล็กมีความแข็งแรงที่ดี นอกจากนี้ลูกบอลฉนวนต้องมีสมบัติทนความร้อนสูงเพื่อที่จะได้ไม่ถูกหลอมละลายลงไปในเรื่องเหล็ก อีกทั้งจะต้องมีความทนทานไม่แตกง่ายเมื่อขนส่งด้วย งานวิจัยนี้จะเน้นหาอัตราส่วนการผสมระหว่างแก้วเคลือบกับตัวประสาน ที่สามารถขึ้นรูปและคงทนในขณะที่ยังไม่ได้ใช้งานได้ดี และขณะใช้งาน

สมบัติขององค์ประกอบในลูกบอลฉนวนพอสังเขป

แก้วเคลือบ

ปัจจุบันมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เช่น แกลบ, เปลือกไม้ แทนการใช้ถ่านหินและน้ำมันมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดเถ้าเหลือทิ้งในโรงงานมาก โดยเฉพาะแกลบในเป็นวัสดุที่ให้ปริมาณเถ้าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบปริมาณเถ้าที่ได้จากการเผาพืชชนิดต่างๆ กัน (เพ็ญศิริ นวเศรษฐกุล, 2539)

plant	part	Ash content g/Kg*
Rice	Husk	200
	Straw	150
Wheat	Halls	100
	Leaf sheet	110
Corn	Leaf blade	120

* อ้างอิงกับชีวมวลแห้ง

แก้วแกลบมีมีลักษณะพิเศษเฉพาะ คือ ฟุ้งกระจายได้ง่าย มีความชื้นเหนียวต่ำ มีจุดหลอมตัวสูง (1700 องศาเซลเซียส) เนื่องจากมีปริมาณซิลิกาเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 85-97 (ตารางที่ 2.2) ซึ่งทำให้แก้วแกลบมีสมบัติทนความร้อนสูง , การต้านทานอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงฉับพลันสูง , สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเนื่องจากความร้อนต่ำ

ตาราง 2.2 ผลวิเคราะห์ของแก้วแกลบ (%Dry basis) (เพ็ญศิริ นวเศรษฐกุล,2539)

Constituent	% weight
SiO ₂	86.9-97.3
K ₂ O	0.58-2.50
Na ₂ O	0.00-1.75
CaO	0.20-1.50
MgO	0.12-1.96
Fe ₂ O ₃	Trace-0.54
P ₂ O ₅	0.20-2.85
SO ₃	0.10.1.13
Cl	Trace-0.42

ดินดำ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ : เนื้อดินเซรามิก,2541)

เป็นประเภทหนึ่งของดินเหนียวซึ่งส่วนมากจะเป็นเคโอลินไนท์ มีสูตรทางเคมี $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ เกิดจากการที่ดินขาว ซึ่งย้ายถิ่น (Sedimentary clay) ไปตกตะกอนในแหล่งใหม่ ดินดำเป็นดินที่มีขนาดอนุภาคเป็นเม็ดละเอียดมาก อนุภาคของดินยึดเกาะกันได้ดี มีสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างคล้ายกับที่พบในถ่านหินลิกไนท์เจือปนอยู่ จึงช่วยให้ดินมีความเหนียวและทำให้มีสีเปลี่ยนไปจากขาวเป็นสีเทาจนถึงสีดำ แต่เมื่อนำไปเผาในอุณหภูมิสูงเนื้อดินจะมีสีขาวหรือสีครีม อินทรีย์สารต่างๆ จะถูกเผาหมดไปจากเนื้อดิน มีความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 2.6-2.8 (มนตรี ทองคำ, 2542) มีจุดหลอมตัวมากกว่า 1500 องศาเซลเซียส ส่วนประกอบทางเคมีของดินดำ ในดินประกอบด้วยแร่เคโอลินไนท์เป็นส่วนใหญ่แต่ผลึกเคโอลินไนท์ชนิดไม่สมบูรณ์ ในระหว่างผลึกมีแร่ธาตุและสารอินทรีย์สารแทรกอยู่

สมบัติทางกายภาพของดินดำ

1. ขนาดของดินเหนียวจะมีอนุภาคละเอียดมากน้อยเพียงใด เปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งที่พบเมื่อถูกพัดพาไปไกลจากเดิมมากขนาดเม็ดอนุภาคจะละเอียดมากขึ้นตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.05-1.00 ไมโครเมตร
2. ความเหนียว (Plasticity) ดินเหนียวเป็นดินที่อมน้ำได้มาก ความเหนียวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ซึ่งประกอบด้วยหลักสำคัญคือ ปริมาณของสารอินทรีย์ของเม็ดดินและวัตถุดิบที่ให้ความเหนียว เช่น ดินเบนโตไนท์
3. การหดตัวเมื่อแห้ง (Drying shrinkage) ดินเหนียวที่มีสารอินทรีย์สูงจะมีการหดตัวมาก ประมาณ 13-17%
4. การหดตัวหลังการเผา (Firing shrinkage) มีการหดตัวสูงประมาณ 15% เนื่องจากดินเหนียวมีขนาดอนุภาคที่เล็กมาก
5. ความแข็งแรงของดินเมื่อแห้งก่อนเผา (Green strength) ดินเหนียวมีความแข็งแรงสูง ประมาณ 100-1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ตารางที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์ดินดำล้างของ บ.คอมพาวด์เคลย์ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์: เนื้อดิน เซรามิก, 2541)

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินดำ (Refined Ball Clay)	
องค์ประกอบ	ร้อยละ
ควอทซ์	51.00
อะลูมินา	30.40
แร่เหล็ก	1.90
ไททาเนียม	0.04
แคลเซียม	0.40
แมกนีเซียม	0.30
โพแทสเซียม	1.30
โซเดียม	1.40
LOI (น้ำ + อินทรีย์สาร)	12.80
* ปริมาณอินทรีย์สารคาร์บอน	3.24

ตาราง 2.4 ผลวิเคราะห์ดินดำจากปราจีนบุรีที่ใช้ในงานวิจัย (ไพจิตร อังศิริวัฒน์ : เนื้อดิน เซรามิก,2541)

Constituent	% weight
SiO ₂	52.0
Al ₂ O ₃	27.3
Fe ₂ O ₃	3.4
TiO ₂	-
CaO	1.3
MgO	2.0
K ₂ O	-
Na ₂ O	-
LOI	13.9

ประโยชน์ของดินดำ

ดินดำใช้กันมากในอุตสาหกรรมถ้วยชามและสุขภัณฑ์ ประโยชน์ของดินดำได้แก่

1. ช่วยเพิ่มความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เนื้อดินปั้นขึ้นรูปได้ดี ผสมในเนื้อดินอัตราส่วน 20-50%
2. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงก่อนเผา (Green strength) ลดการสูญเสียจากการแตกหักก่อนเผาในขณะเคลื่อนย้าย
3. ทำหน้าที่เสริมปฏิกริยาระหว่างมวลสารในระหว่างการเผา ทำให้ดินสุกตัวได้เร็วประหยัดเวลาในการเผา

แก๊สลอยถ่านหิน (มนตรี ทองคำ,2542)

ประกอบด้วยแร่อินทรีย์ที่อยู่ในถ่านหินและสารอินทรีย์ที่ถูกเผาไหม้ไม่หมด ซึ่งจากการเผาถ่านหินจะเกิดแก๊สลอยประมาณร้อยละ 3-30 ของปริมาณถ่านหินที่ใช้ แก๊สลอย เป็นอนุภาคของแข็งซึ่งลอยอยู่ในแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้และลอยออกมาจากหม้อต้มไอน้ำพร้อมกับแก๊สอื่นๆ มีลักษณะอนุภาคเป็นทรงกลม โดยมากจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-100 ไมโครเมตร มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีดำซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในถ่านหิน จากการวิเคราะห์ทางธรณีวิทยาพบว่าแก๊สลอยมีส่วนประกอบของซิลิกอนเป็นส่วนใหญ่โดยมีปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ส่วนประกอบอื่นๆ นั้นได้แก่ แมกเนไทต์ เฮมาไทต์ คาร์บอนมุลไลต์และควอต แก๊สลอยถ่านหินมีลักษณะพิเศษเฉพาะ คือ มีการกระจายขนาดอนุภาคค่อนข้างสม่ำเสมอ และมีความชื้นเหนียวต่ำ จุดหลอมเหลว

สูง มากกว่า 1500 องศาเซลเซียส มีค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอยจะแปรเปลี่ยนไปตามองค์ประกอบทางเคมี โดยเฉลี่ยเถ้าลอยจะมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.00 - 2.40 จะเห็นได้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอยนั้นต่ำกว่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินโดยทั่วไปที่ปรกติอยู่ในช่วง 2.60 - 2.80

ประโยชน์ของเถ้าลอยถ่านหิน (มนตรี ทองคำ, 2542)

1. การใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุถม (Fill Material)

เมื่อผสมน้ำให้เข้ากับเถ้าลอยในอัตราส่วนที่เหมาะสม และทำการบดอัดอย่างดีแล้วเถ้าลอยจะเป็นวัสดุที่มีความสามารถรับน้ำหนักได้สูงและเกิดการยุบน้อย ค่าสัดส่วนของน้ำหนักสูงสุดที่เถ้าลอยสามารถรับได้ในการบดอัดเถ้าลอยในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการบดอัดมาตรฐาน จะอยู่ในช่วงร้อยละ 18-45 และค่าความหนาแน่นสูงสุดจะอยู่ในช่วง 9-16 kN/m³

2. การใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุในโครงสร้างของถนน

ส่วนของถนนที่นิยมใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุ คือ ชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทาง แม้ว่าเถ้าลอยที่บดอัดแล้วจะมีกำลังค่อนข้างสูงแต่ยังคงมีสมบัติบางอย่างที่ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้งานโครงสร้างของถนนโดยลำพัง แต่จะสามารถนำไปใช้ได้เมื่อผสมด้วยปูนซีเมนต์หรือปูนขาว บางครั้งอาจใช้เป็นสารสำหรับปรับปรุงสมบัติของดินให้เหมือนกับปูนซีเมนต์หรือปูนขาวได้

การใช้เถ้าลอยในการปรับปรุงสมบัติของดิน ในกรณีนี้เถ้าลอยจะทำหน้าเป็นสารเชื่อมประสานช่วยให้กำลังการอัดของซอยแอกกรีเกตเพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่พบว่าจะต้องใช้ปูนขาวผสมกับเถ้าลอยในการใช้เป็นสารปรับปรุงสมบัติ ทั้งนี้เพื่อให้มีปฏิกิริยาปฏิกิริยาซิลิคาติกสร้างสารเชื่อมประสานได้มากขึ้น ซอยแอกกรีเกตที่สามารถปรับปรุงสมบัติได้ดีโดยใช้เถ้าลอยผสมปูนขาว ได้แก่ พวกทรายที่มีมวลละเอียดน้อย

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยถ่านหินแหล่งต่างๆ (มนตรี ทองคำ, 2542)

ร้อยละส่วนประกอบทางเคมีเฉลี่ย	แหล่งเถ้าลอยถ่านหิน		
	แม่เมาะ (ไทย)	Compostilla (สเปน)	Teruel (สเปน)
SiO ₂	42.7	49.8	47.2
Al ₂ O ₃	24.6	26.1	25.6
Fe ₂ O ₃	9.5	8.4	16.6
CaO	13.1	2.7	5.6
MgO	2.2	2.4	1.2
SO ₃	3.0	0.3	0.6
Na ₂ O	1.2	0.8	0.2
K ₂ O	2.7	4.3	1.6
TiO ₃	0.3	1.0	0.8

สมบัติการเป็นวัตถุนความร้อนสูงขององค์ประกอบหลักในลูกบอลฉนวน

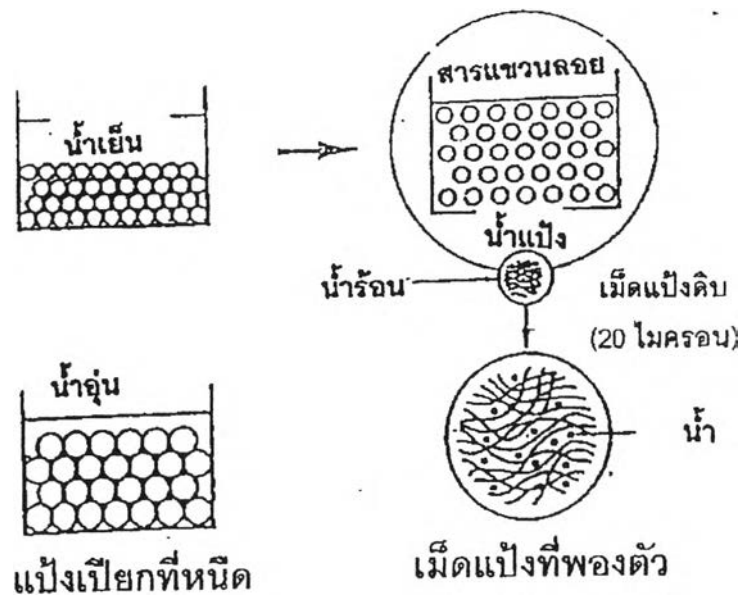
ตารางที่ 2.6 จุดหลอมเหลวของสารประกอบออกไซด์บางชนิด (ปรีดา พิมพ์ขาว
ข้า : วัตถุนไฟ, 2538)

สารประกอบ	ชื่อทั่วไป	จุดหลอมเหลว °C
อะลูมิเนียมออกไซด์	อะลูมินา	2050
ซิลิกอนไดออกไซด์	ซิลิกา	1710
แมกนีเซียมออกไซด์	แมกนีเซีย	2824
แคลเซียมออกไซด์	แคลเซีย	2580

แป้งมัน (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2542)

การเกิดเจลาตินในเซชัน (Gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxy group) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปร่างแห micelles ดังนั้นการเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ดังแสดงในรูป 2.1 ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า เจลาตินในเซชัน อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืด เรียกว่าอุณหภูมิเจลาตินไนซ์ เมื่อตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดความหนืด มักเรียกจุดนี้ว่าอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนความหนืด (pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่งจะมีอุณหภูมิเริ่มเจลาตินไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช



รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2542)

ตารางที่ 2.7 ลักษณะการเกิดเจลของแป้งแต่ละชนิด (Swinkels, 1985)

แป้ง	Kofler gelatinization temp. range (°C) ^a	brabender pasting temp. (8%; °C) ^b	brabender peak viscosity (8%; BU) ^{b,c}	swelling power ที่ 95°C	critical conc. ที่ 95°C
แป้งข้าวโพด	62-67-72	75-80	700	24	4.4
แป้งมันฝรั่ง	58-63-68	60-65	3000	1153	0.1
แป้งสาลี	58-61-64	80-85	200	21	5.0
แป้งมันสำปะหลัง	59-64-69	65-70	1200	71	1.4
แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว	63-68-72	65-70	1100	64	1.6
แป้งข้าวฟ่าง	68-74-78	75-80	700	22	4.8
แป้งข้าวเจ้า	68-74-78	70-75	500	19	5.6
แป้งสาคู	60-66-72	65-70	1100	97	1.0
แป้งท้าวยายม่อม	62-66-70	-	-	54	1.9
แป้ง amylomaize	67-80-92	90-95	-	6	20.2
แป้งมันเทศ	58-65-72	65-70	-	46	2.2

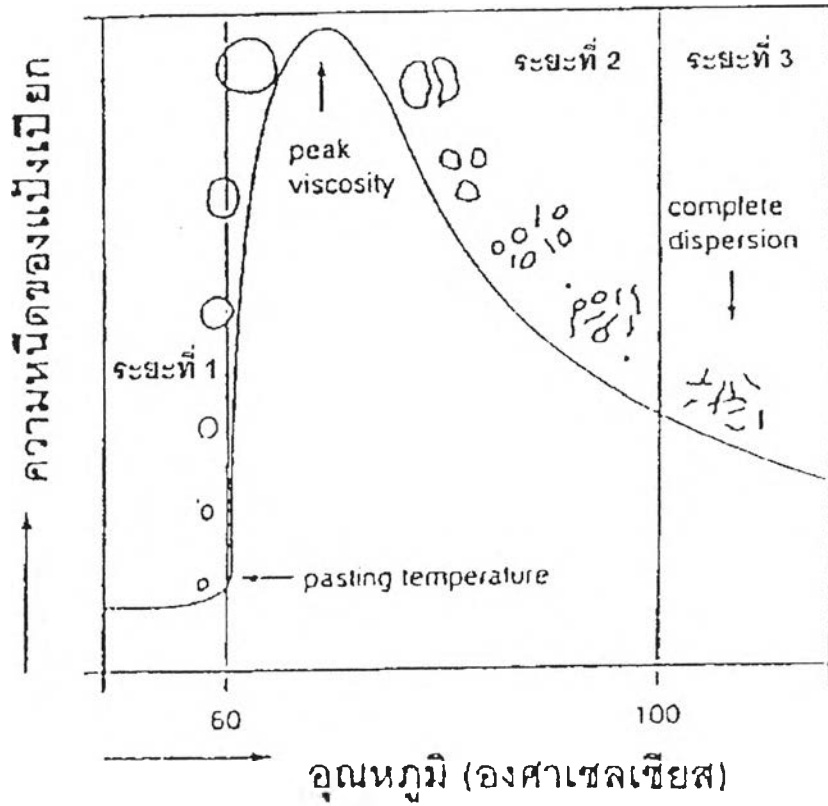
(ที่มา : Swinkels, 1985b)

หมายเหตุ a : Kofler hot-stage microscope เป็นวิธีหนึ่งในการวัดอุณหภูมิเจลาติไนซ์ของเม็ดแป้ง

b : starch concentration, 8%

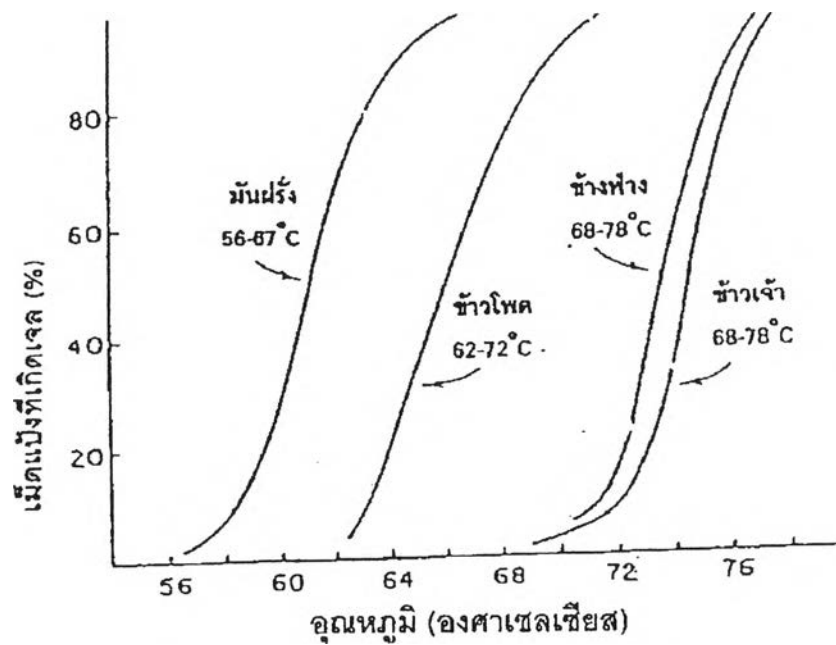
c : BU = Brabender Units

การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ (ดังรูปที่ 2.2) คือระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่าง micelles ยึดหยุ่นได้จำกัดความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัดเจน เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบ birefringence ได้ เมื่อมีการใส่สารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิกับสารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่แท้จริงขึ้นกับชนิดของแป้ง) เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้าง birefringence ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา ซึ่งถ้าเหวี่ยงแยกส่วนใสและหยดสารไอโอดีนลงในส่วนใสจะเกิดสีน้ำเงินขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่างๆ ได้ดีกว่า



รูปที่ 2.2 ระยะเวลาการเกิดเจลลิตีในเซชันของเม็ดแป้ง

(Sander, 1996)



รูปที่ 2.3 % การเกิดเจลลิตีในเซชันของเม็ดแป้งแต่ละชนิด

(Sander, 1996)

ความหนืดสูงสุดของสารละลายแป้งในระหว่างเจลาติไนซ์จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของแป้ง นอกจากนี้ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน การจัดเรียงตัวและขนาดของเม็ดแป้ง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน ภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอทำให้เม็ดแป้งมีขนาดต่างกัน แป้งชนิดต่างๆ มีลักษณะการเกิดเจลที่ต่างกันไป ดังภาพที่ 2.3 และตารางที่ 2.7

การเกิดเจลาติไนซ์ไม่ได้เกิดเฉพาะอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง แต่เกิดเป็นช่วงอุณหภูมิประมาณ 8 ถึง 12 องศาเซลเซียส การตรวจสอบกระบวนการเจลาติไนเซชัน นอกจากการใช้การสังเกต การเปลี่ยนโครงสร้าง Birefringence ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สามารถตรวจสอบโดยเครื่องมือที่วัดและบันทึกปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการที่เป็นนิยมในปัจจุบันคือเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) ซึ่งจะวัดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีในรูปฟังก์ชันกับอุณหภูมิ

สมบัติของแป้งเปียก

สมบัติของแป้งเปียกจากแป้งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ปริมาณแป้ง กระบวนการให้ความร้อน อุณหภูมิ pH เวลาในการให้ความร้อน การกวน และเครื่องมือที่ใช้

สมบัติที่สำคัญของแป้งเปียก ได้แก่ ความหนืด เนื้อสัมผัส และความคงทนต่อแรงเฉือน

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด ได้แก่ ชนิดของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน และปริมาณแป้ง แป้งเปียกจากส่วนราก เช่น แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียวจะมีความหนืดสูงกว่าแป้งจากธัญพืช (ข้าวโพด, ข้าวสาลี)

ลักษณะเนื้อแป้งจากส่วนหัว (มันฝรั่ง) แป้งจากส่วนราก (มันสำปะหลัง) และแป้งข้าวเหนียวจะมีลักษณะเป็นยาง มีความเหนียวคล้ายกาว ยืดหยุ่น และเกาะกันเป็นก้อน ในขณะที่แป้งจากธัญพืช (ข้าวโพดและข้าวสาลี) จะนิ่มร่วน และไม่เกาะกันเป็นก้อน

ในการกวนหรือการผสมแป้งเปียก แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะตัดเม็ดแป้งที่พองตัวบางส่วน ทำให้ความหนืดของแป้งลดลง ดังนั้นแป้งที่มีพันธะครอสลิงจะสามารถทนต่อแรงเฉือนได้ดี เมื่อให้ความร้อนพร้อมๆ กับการกวน แป้งจากส่วนหัว ราก และแป้งข้าวเหนียวจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้มีส่วนของเม็ดแป้งที่ถูกตัดมาก สำหรับแป้งจากธัญพืชจะพองตัวอย่างช้าๆ ทำให้มีส่วนเม็ดแป้งที่ถูกตัดได้น้อยกว่า ดังนั้นแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีจะสามารถทนต่อแรงเฉือนได้ดีกว่าแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเหนียว สมบัติต่างๆ ของแป้งเปียกแสดงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.8 สมบัติของแป้งเปียกจากแป้งแต่ละชนิด (Swinkels, 1985)

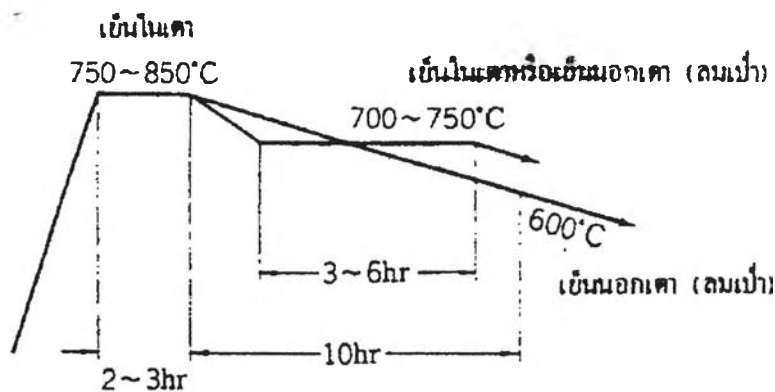
แป้ง	ความหนืด	ความคงทนต่อแรงเฉือน	อัตราการคืนตัว
ข้าวโพด	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง
ข้าวสาลี	ปานกลาง-ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ข้าวเจ้า	ปานกลาง-ต่ำ	ปานกลาง	สูง
มันสำปะหลัง	สูง	ต่ำ	ต่ำ
ข้าวโพดข้าวเหนียว	ปานกลาง-สูง	ต่ำ	ต่ำมาก

การใช้งานลูกบอลจนวนในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กหล่อ (หล่อโลหะ, 2517)

การปรับปรุงสมบัติของชิ้นงานหล่อด้วยความร้อน คือ การปรับปรุงสมบัติของโลหะโดยการอบชิ้นงาน ให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสม รักษาระดับอุณหภูมินั้นไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง แล้วทำให้เย็นลงถึงระดับปานกลางด้วยความเร็วที่เหมาะสม หรืออาจเป็นการทำให้ชิ้นงานร้อนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม หลังจากที่ยุณหภูมิได้ถูกทำให้เย็นแล้วครั้งหนึ่ง การปรับความร้อนที่ใช้กับชิ้นงานหล่อมักมีการอบให้คลายความเค้นที่อุณหภูมิต่ำ การอบปรับสมบัติ (Annealing) การอบเพื่อปรับปรุงผลึก (Normalizing) การอบและชุบแข็งและการอบคลายความแข็ง (Tempering)

การอบปรับสมบัติ (Annealing)

มีความมุ่งหมายเพื่อต้องการให้เหล็กอ่อนลงหรือเพื่อให้เหล็กเหนียวขึ้นส่วนใหญ่เหล็กที่ผ่านการหล่อหรือขึ้นรูปเย็นมักจะมี ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดการกรัดไยยาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำคลายความแข็งของเหล็กเพื่อจะได้กลึงหรือไสได้สะดวก ทั้งไว้ที่อุณหภูมินี้ 2 - 3 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เหล็กเย็นช้าๆ เมื่อเหล็กถูกปล่อยให้เย็นช้าๆ การเปลี่ยนโครงสร้างภายในก็กลับสู่สภาพใกล้เคียงสมดุล โครงสร้างที่เป็นอยู่เดิม เช่น มาร์เทนไซต์หรือเบนไนท์ ฯลฯ จะกลับมาเป็นเฟอร์ไรท์และซีเมนไตต์ ทำให้ความแข็งลดลงกลายเป็นเหล็กอ่อนนิ่ม อุณหภูมิและระยะเวลาจะเป็นดังภาพที่ 2.4

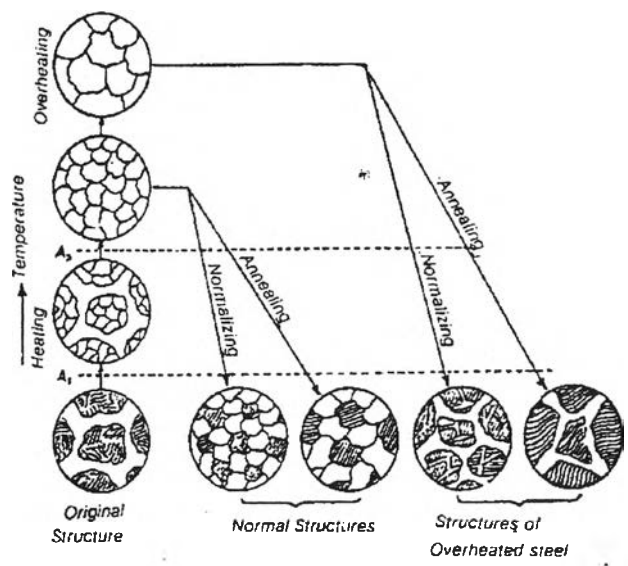


รูปที่ 2.4 ช่วงอุณหภูมิการอบอ่อน (หล่อโลหะ, 2517)

การอบเพื่อปรับปรุงผลึก (Normalizing) (มนัส สติรจินดา : เหล็กกล้า, 2519)

มีความมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงความเหนียว โดยการลดขนาดของเม็ดเกรนของเหล็ก เพื่อทำให้สมบัติของเหล็กสม่ำเสมอและในขณะเดียวกันก็ช่วยในการลดความเครียดภายในด้วย โดยทั่วไปเหล็กที่ผ่านการหล่อ (Casting) หรือการรีดขึ้นรูปมามีความแข็งหรือความเหนียวไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งแท่งจึงจำเป็นต้องนำมาทำ normalizing โดยการเผาเหล็กจนร้อนที่อุณหภูมิ 750-900 องศาเซลเซียส หลังจากทิ้งไว้จนอุณหภูมิเท่ากันหมดทุกจุดตลอดภายในใจกลางด้วย

จากนั้นจึงเอาเหล็กออกจากเตาทิ้งให้เย็นในอากาศธรรมดา การปล่อยให้เหล็กเย็นในอากาศนั้น อัตราการเย็นตัวของเหล็กจะเร็วกว่าการทำ Annealing ดังนั้นเม็ดเกรนของเหล็กจะมีขนาดเล็กกว่า ทำให้เหล็กมีความเหนียวดีและสมบัติสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างของเหล็กกล้าที่ผ่าน Annealing กับ Normalizing ที่อุณหภูมิต่างกัน (เหล็กกล้า, 2519)

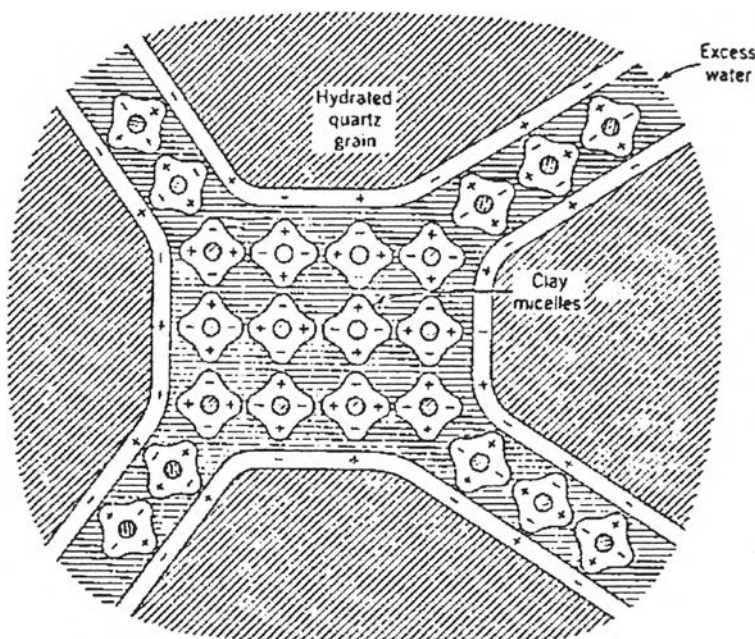
จากการปรับปรุงสมบัติจะเห็นว่าอุณหภูมิการอบชิ้นงานอยู่ในช่วง 750-850 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นโดยทิ้งให้เย็นในอากาศธรรมดาหรือการใช้ลมเป่า ซึ่งทำให้เกิดออกไซด์ชั้นเป็นเหล็กออกไซด์ชั้นที่ผิวเหล็ก เมื่อนำไปใช้งานต้องทำการล้างด้วยกรดก่อน การลดการเกิดเหล็กออกไซด์ คือ การหาวัดคุณภาพหรือกลบเพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์ชั้น จะเป็นการลดปริมาณการสูญเสียเหล็กที่ผิวของชิ้นงานและลดปริมาณการใช้กรดในการล้างชิ้นงาน อีกทั้งการเย็นตัวลงโดยมีอัตราการเย็นตัวที่สม่ำเสมอจะทำให้เหล็กมีสมบัติดียิ่งขึ้น

การยึดเหนี่ยวกันของอนุภาคภายในลูกบอลจนวน (วิศวกรรมงานหล่อเหล็ก, 2530)

แรงยึดเหนี่ยวของอนุภาคขององค์ประกอบที่เกิดขึ้นภายในการผสม ทางทฤษฎีแยกไว้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. แรงเกาะกันโดยอาศัยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic bonding) พบว่า อนุภาคในลูกบอลจนวน เมื่อไม่มีน้ำผสมจะไม่มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกัน แต่เมื่อผสมน้ำลงไปด้วยจะมีผลทำให้เกิดแรงเกาะกันขึ้น ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของน้ำ ซึ่งจะแตกตัวออกเป็นไอออนของไฮโดรเจน (H^+) กับไฮดรอกซิลไอออน (OH^-)

เนื่องจากอะตอมของอนุภาคขององค์ประกอบลูกบอลจนวนประกอบด้วยวาเลนซ์บอนด์ที่ไม่สมบูรณ์ที่บริเวณผิว ดังนั้น จึงสามารถที่จะดึงเอา OH^- มาอยู่ที่บริเวณผิว ส่วนไอออน H^+ จะอยู่ภายนอกกรอบๆทำให้เกิดลักษณะที่เป็นชั้นซ้อนของไอออน (Double diffuse layer) ดังแสดงในภาพ ลักษณะของอนุภาคแบบนี้ เรียกว่า ไมเซลล์ (Micelles) เมื่อไมเซลล์ของแต่ละอนุภาคมายู่ใกล้กัน ไอออน OH^- ของไมเซลล์หนึ่งจะถูกดูดโดยไอออน H^+ ของไมเซลล์อีกอนุภาคหนึ่ง ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างกัน ซึ่งเป็นลักษณะของการดึงดูดด้วยอำนาจไฟฟ้าสถิต (Electrostatic bond)



Schematic sketch showing disposition of clay and quartz micellar dipoles. In green sand the intermicellar voids are filled with water

รูปที่ 2.6 ลักษณะของไมเซลล์ (วิศวกรรมงานหล่อเหล็ก, 2530)

2. แรงเกาะกันโดยอาศัยความตึงผิว (Bonding by surface tension force)

แรงยึดเหนี่ยวที่เป็นไปในลักษณะเช่นนี้ จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำที่เติมลงไป จะไปล้อมรอบอนุภาคขององค์ประกอบของลูกบอลฉนวน และจะไปเติมตามช่องว่างเล็กๆ ระหว่างอนุภาค ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวเกิดขึ้นในลักษณะดูดซึม (Capillary attraction)

ชนิดพื้นฐานของฉนวนความร้อน (คู่มือฉนวนความร้อน, 2521)

คุณสมบัติของฉนวนความร้อนหาได้จากองค์ประกอบของฉนวนเป็นหลัก ซึ่งจากองค์ประกอบของฉนวนสามารถแบ่งฉนวนความร้อนออกได้เป็น 6 ชนิดพื้นฐาน ดังนี้

1. ชนิดชั้นอากาศหรือฟิล์มอากาศ
2. ชนิดวัสดุแบบเซลล์ (Cellular material)
3. ชนิดวัสดุแบบเส้นใย (Fibrous material)
4. ชนิดวัสดุแบบเกล็ด (Flake material)
5. ชนิดวัสดุแบบเกรนูลาร์ (Granular material)
6. ชนิดแผ่นบางผิวสะท้อนรังสี (Reflective foils)

อย่างไรก็ตาม ในการประยุกต์ใช้งานจะเป็นการผสมผสานกันของฉนวนดังกล่าวนี้เข้าด้วยกัน ฉนวนชั้นอากาศหรือฟิล์มอากาศ อาจถูกประกอบเป็นพื้นผิวเดี่ยวอย่างง่าย หรืออาจเป็นพื้นผิวหลายชั้น ซึ่งมีอากาศอยู่ระหว่างชั้นของพื้นผิว ความต้านทานความร้อนจะเกิดจากชั้นของพื้นผิวเอง และชั้นของอากาศ ในลักษณะนำความร้อนหรือพาความร้อนคร่อมระหว่างชั้นอากาศนี้

ฉนวนแบบเซลล์ จะประกอบไปด้วยเซลล์เล็กๆที่ผลึกติดกับเซลล์อันอื่นๆ ฉนวนแบบเซลล์ผลิตขึ้นจากแก้ว พลาสติก และยาง ตัวอย่างของฉนวนชนิดนี้ เช่น เซลลูลาร์กลาส (Cellular glass) โฟมอิแลชโตเมริคแบบขยายตัว โฟมโพลีสไตรีน โฟมโพลีไอโซไซยานูเรต และโพลียูรีเทน และโฟมยูเรียพอร์มาลดีไรด์

ฉนวนแบบเส้นใย ประกอบด้วยเส้นใยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กๆจำนวนมาก เส้นใยเหล่านี้ อาจทำมาจากวัสดุอินทรีย์ อย่างเช่น เส้นผม ใยพืชต่างๆ หรืออาจทำจากวัสดุสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยหิน ใยซีโลเซ ใยอะลูมินาซิลิกา ใยแร่ใยหิน (Asbestos) หรือใยคาร์บอน

ฉนวนแบบเกล็ด ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก อนุภาคหรือเกล็ดเหล่านี้อาจถูกเทเข้าไปในช่องอากาศ หรือทำให้เกาะตัวเข้าด้วยกัน เพื่อทำเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็ง ฉนวนแบบเกล็ดที่มีรูปทรงแข็งสามารถใช้งานเป็นฉนวนห่อ หรือการใช้งานด้านอื่นๆในลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัด ฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักกันทั่วไป คือ เพอร์ไลต์ และเวอร์มิคูไลต์

ฉนวนแบบเกรนูลาร์ ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กซึ่งเป็นโพรงหรือกลวง ซึ่งช่องกลวงเหล่านี้สามารถถ่ายเทอากาศระหว่างกันและกันได้ จึงทำให้แตกต่างจากฉนวนแบบเซลล์ วัสดุที่ใช้ทำฉนวนชนิดนี้อาจเป็น แมกนีเซียม แคลเซียมซิลิเกต ดินไดอะตอม (Diatomaceous earth) หรือ

ไม้ก๊อกพืช (Vegetable cork) วัสดุ 3 ชนิดแรกส่วนใหญ่จะใช้เป็นฉนวนในระบบท่อทางด้านอุตสาหกรรม ส่วนไม้ก๊อกจะใช้งานกับการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ

การเปรียบเทียบวัสดุฉนวน

ตารางที่ 2.9 เป็นการเปรียบเทียบค่าสภาพนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของฉนวนความร้อนชนิดต่างๆ ที่กล่าวถึงในหัวข้อก่อนหน้านี้

ตารางที่ 2.9 สภาพการนำความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และความหนาแน่นของฉนวนความร้อนชนิดต่างๆ (คู่มือฉนวนความร้อน, 2521)

ลักษณะฉนวน	ความหนาแน่น kg/m^3	สภาพนำความร้อน (W/m.K) ที่อุณหภูมิเฉลี่ย, $^{\circ}\text{C}$		
		38	93	149
แคลเซียมซิลิเกต	176-240	0.055	0.059	0.063
เซลลูลาร์กลาส	136	0.052	0.060	0.070
ใยแก้ว , ฉนวนท่อตัวประสานอินทรีย์	48-160	0.037	0.048	0.058
เพอร์ไรท์	122	0.037	0.040	0.049
ใยแร่, ไม่มีตัวประสาน	77	0.042	0.052	0.063

ปัจจัยในการแตกกระจายของลูกบอลฉนวน

การแตกกระจายของลูกบอลฉนวนอาศัยปัจจัย 2 ประการ คือ

1. ความร้อน

เมื่อลูกบอลฉนวนได้รับความร้อนสูงอย่างเฉียบพลัน จะเกิดปรากฏการณ์ 2 อย่าง ภายในลูกบอลฉนวน

- การขยายตัวขององค์ประกอบหนึ่งในลูกบอลฉนวน ที่จะทำให้เกิดความเครียดขึ้นภายในลูกบอลฉนวน และเกิดการแตกร้าวของลูกบอลฉนวน จากตารางที่ 2.10 แสดงให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเนื่องจากความร้อนขององค์ประกอบภายในลูกบอลฉนวน มีค่าที่ไม่เท่ากัน คือ องค์ประกอบซิลิกา มีค่าการขยายตัวต่ำ และองค์ประกอบซิลิกานี้เป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดภายในลูกบอลฉนวน ทำให้เมื่อได้รับความร้อนสูงองค์ประกอบอื่นๆ เกิดการขยายตัวมากกว่าทำให้เกิดการปริแตกของโครงสร้างภายในลูกบอลฉนวน

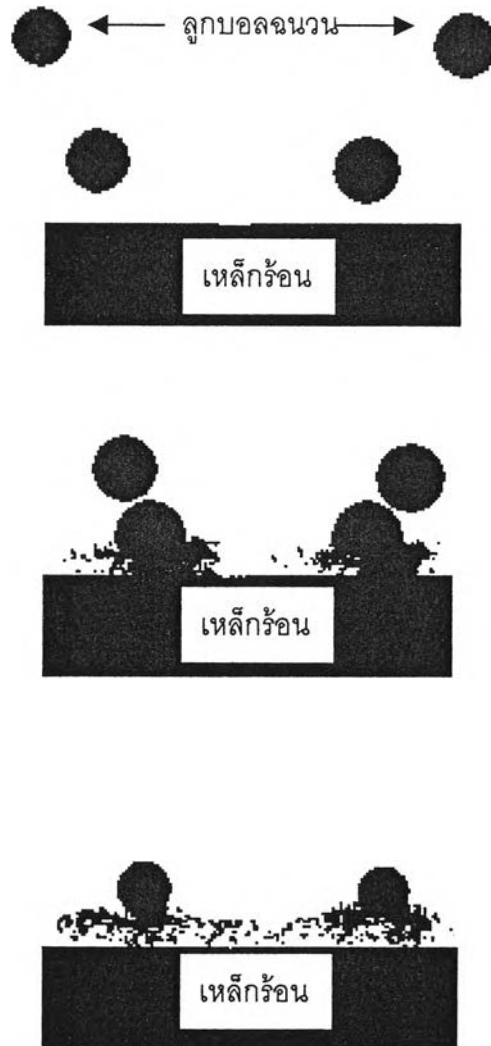
ตารางที่ 2.10 สัมประสิทธิ์การขยายตัวขององค์ประกอบต่างๆที่อุณหภูมิ 0-1000 องศาเซลเซียส (Introduction to ceramic, 1991)

Material	Linear expansion coefficient, 0-1000 °C (in./in. °C × 10 ⁶)
Silica glass	0.5
Al ₂ O ₃	8.8
MgO	13.5
Mullite	5.3

- สารระเหยในองค์ประกอบ เมื่อได้รับความร้อนเกิดการกลายเป็นไอทำให้เกิดแรงดันจากภายในลูกบอลฉนวน โครงสร้างของลูกบอลฉนวนมีความเครียดจากการขยายตัวขององค์ประกอบภายในลูกบอลและประจวบกับตัวประสานได้สลายตัวไปหมดที่อุณหภูมิสูงเมื่อสารจึงรับแรงดันไม่ไหว จึงเกิดการปริแตกของลูกบอลฉนวน ซึ่งสารระเหยในลูกบอลฉนวนส่วนใหญ่มาจากตัวประสานอินทรีย์ที่ใช้ในการขึ้นรูป เมื่อตัวประสานสลายตัวไปทำให้ไม่มีการยึดเหนี่ยวของอนุภาคภายในองค์ประกอบลูกบอลฉนวน โครงสร้างของลูกบอลฉนวนจึงไม่มีเสถียรภาพในการคงรูปอยู่ได้

2. แรงกระทำจากภายนอก

ลูกบอลฉนวนขณะใช้งานจะกั้้งมาตามรางเพื่อกลับเหล็กร้อนที่ออกจากเตา เมื่อกระทบกับเหล็กร้อนเกิดการกระทบ และในขณะที่เดียวกันอุณหภูมิสูงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในทำให้ไม่มีเสถียรภาพในการคงรูป เมื่อถูกแรงกระทำจึงเกิดการแตกกระจายของลูกบอลฉนวนกลบผิวเหล็กร้อน ดังแสดงในรูป 2.7



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนของการแตกกระจายของลูกบอลฉนวน

จากรูป ลูกบอลฉนวนจะเคลื่อนที่ลงมากกระทบกับผิวเหล็กเกิดการแตกกระจายซึ่งเป็นผลมาจากทั้งความร้อนและแรงกระทำจากภายนอก

กรรมวิธีการผลิตจนวนทรงกลมมี 3 ขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการขึ้นรูป มี 2 วิธี

1.1 การเตรียมวัตถุดิบโดยวิธีผสมแห้ง (Dry method)

วัตถุดิบที่ได้ต้องทำให้แห้งก่อนโดยการอบหรือนำไปผึ่งแดดแล้ว ทูบเป็นก้อนเล็กกลง นำวัตถุดิบที่แห้งแล้วเข้าเครื่องบดย่อย วัตถุดิบที่ออกมาจากเครื่องบดจะเป็นผงละเอียด เมื่อได้วัตถุดิบฝุ่นที่ออกจากเครื่องย่อยแล้ว นำมาชั่งตวงโดยน้ำหนักตามสูตรส่วนผสมของวัตถุดิบ เช่น แก้วกลบ 50 กก. ดินดำ 50 กก. เป็นต้น อัตราส่วนของวัตถุดิบตามสูตรเมื่อชั่งเรียบร้อยแล้วควรนำมาผ่านตะแกรงร่อน 1 ครั้ง เพื่อให้วัตถุดิบทั้งหมดคลุกเคล้าเข้ากันดี แต่ถ้าเป็นโรงงานขนาดใหญ่การเตรียมวัตถุดิบในปริมาณมากๆ จะใช้ตะแกรงระบบสั่นสะเทือนที่ร่อนได้รวดเร็ว เมื่อวัตถุดิบเข้ากันดีแล้ว นำวัตถุดิบมาคลุกเคล้ากับตัวประสานในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป จากนั้นทำการนวดวัตถุดิบทั้งหมดที่ได้ด้วยมือหรือนวดด้วยเครื่องนวดระบบสุญญากาศ เมื่อได้วัตถุดิบเหนียวที่ผสมตามสูตรอัตราส่วนที่ต้องการแล้วนำไปหมักตามเวลาที่เหมาะสมเพื่อเตรียมนำไปขึ้นรูป

1.2 การเตรียมวัตถุดิบโดยวิธีผสมเปียก (Wet method)

การเตรียมวัตถุดิบโดยวิธีผสมเปียกเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นที่ต้องการใช้วัตถุดิบเนื้อละเอียด วัตถุดิบที่นำมาใช้สามารถใช้ได้ทั้งวัตถุดิบที่อัดเป็นแผ่น (Filter cake) ที่ยังมีความชื้นอยู่หรือวัตถุดิบที่ได้ตากแห้งแล้ว นำวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมดมาชั่งตามอัตราส่วนผสมตามขนาดความจุของหม้อบด เช่น แก้วกลบ 60 กก. ดินดำ 40 กก. นำหนักรวมคิดจากร้อยเสมอตรวจดูภายในหม้อบดให้มีปริมาณของลูกบดอย่างต่ำร้อยละ 50 เติมวัตถุดิบลงไปประมาณร้อยละ 20 ในช่องว่างและเติมน้ำลงไปอีกร้อยละ 20 ของช่องว่างที่เหลือ ให้มีช่องอากาศร้อยละ 10 บดตามระยะเวลาที่กำหนดจะได้น้ำวัตถุดิบชั้นๆ เมื่อนำวัตถุดิบบดละเอียดได้ในขนาดที่ต้องการทดสอบโดยตักวัตถุดิบ 100 cc. กรองผ่านตะแกรง 150 เมช หรือ 200 เมช ซึ่งใช้เป็นมาตรฐานในการทดสอบดินทุกครั้ง ถ้ายังเหลือเศษค้างตะแกรงมาก จะต้องบดต่อไปจนกว่าวัตถุดิบจะละเอียดได้มาตรฐานเท่าเดิมตามที่ต้องการ ถ้าต้องการทำน้ำวัตถุดิบให้เป็นวัตถุดิบเหนียวเพื่อเตรียมไปขึ้นรูป จะต้องนำวัตถุดิบไปเกรอะให้แห้งหรือสูบน้ำวัตถุดิบเข้าเครื่องบีบน้ำออกจากวัตถุดิบอีกครั้ง จากนั้นนำวัตถุดิบมาคลุกเคล้ากับตัวประสานในอัตราส่วนที่เหมาะสมนำมาเข้าเครื่องนวด สุญญากาศจะได้วัตถุดิบที่มีความชื้นสม่ำเสมอขึ้นดี วัตถุดิบที่นวดแล้วนำไปหมักไว้ตามเวลาที่เหมาะสมเพื่อรอที่จะนำไปขึ้นรูป

2. การขึ้นรูปวัตถุดิบเป็นทรงกลม ทำได้ 2 วิธี

2.1 ใช้เครื่องปั้นยาลูกกลอน

วัตถุดิบที่ใช้จะต้องมีความชื้นเพียงพอเพียงพอต่อการขึ้นรูป เพราะใช้วิธีการรีดดินจากหัวแบบโลหะ แล้วผ่านวัตถุดิบเข้าสู่รางปั้นเป็นทรงกลม

2.2 ใช้เครื่องอัดดินผงร่วนด้วยแรงดันสูง

การขึ้นรูปด้วยดินฝุ่นแตกต่างจากการผลิตโดยใช้ดินเหนียวโดยสิ้นเชิง การเตรียมดินฝุ่นต้องใช้เครื่องเตรียมดินฝุ่น (Spray drier) และต้องแยกโรงผลิตเครื่องจักรและกระบวนการเตรียมดินทั้งหมดออกจากกัน เครื่องอัดที่มีกำลังอัดสูงต้องใช้แม่พิมพ์ที่เป็นโลหะแม่พิมพ์ของเครื่องอัดลักษณะของแม่พิมพ์โลหะที่ใช้แต่ละชุดจะมีตัวพิมพ์ประกอบกันอยู่ 3 ชั้นแบบพิมพ์ชั้นบนเป็นตัวกดแบบพิมพ์ชั้นล่างเป็นแท่นรับซึ่งฝังอยู่ในกรอบโลหะกรอบโลหะมีความหนาพอสมควรสามารถปรับตั้งความลึกของพิมพ์ชั้นบนและชั้นล่างให้สัมพันธ์กันในขณะกดอัดชิ้นงาน

3. การอบแห้ง

ใช้อุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำส่วนที่เกินอยู่ในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งและแข็งคงรูปอยู่ได้

ตัวประสานในเนื้อดิน (เนื้อดินเซรามิก, 2541)

ในเนื้อดินนอกจากมีวัตถุที่แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ดิน ตัวหลอมละลาย และตัวทนไฟแล้ว บางครั้งเนื้อดินบางชนิดมีอัตราส่วนของดินผสมอยู่น้อยจึงไม่ค่อยเหนียวนำมาขึ้นรูปยาก หรือเนื้อดินเปราะแตกหักง่าย ขาดความแข็งแรงในขณะผึ่งแห้ง เนื้อดินที่มีความเหนียวน้อยดังกล่าว ต้องเติมสารอินทรีย์บางชนิด เพื่อช่วยยึดเกาะผลึกของวัตถุที่เข้าด้วยกันขณะขึ้นรูป อินทรีย์สารที่ทำหน้าที่ให้ความเหนียวเหมือนกาวช่วยยึดวัตถุจะถูกเผาไหม้หมดไปที่อุณหภูมิประมาณ 400-500 องศาเซลเซียส โดยไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ กับเนื้อดิน อินทรีย์สารที่ทำหน้าที่คล้ายกาวมีให้เลือกหลายชนิดให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์แต่ละอย่าง ตัวอย่างของอินทรีย์สารที่ทำหน้าที่เป็นกาวให้ความเหนียวในเนื้อดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. ละลายน้ำได้ ซึ่งใช้กับเนื้อดินที่ผสมน้ำพอลมีความชื้นอยู่บ้าง
2. ไม่ละลายน้ำ ต้องใช้ผสมเฉพาะกับเนื้อดินที่ขึ้นรูปด้วยวิธีอัดดินผึ่งแห้งด้วยแรงดันสูงเท่านั้น