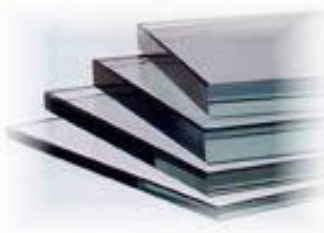
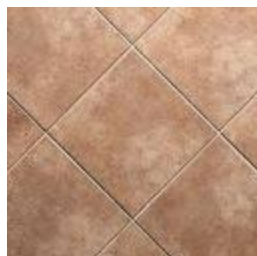


วัสดุเซรามิก (Ceramics)



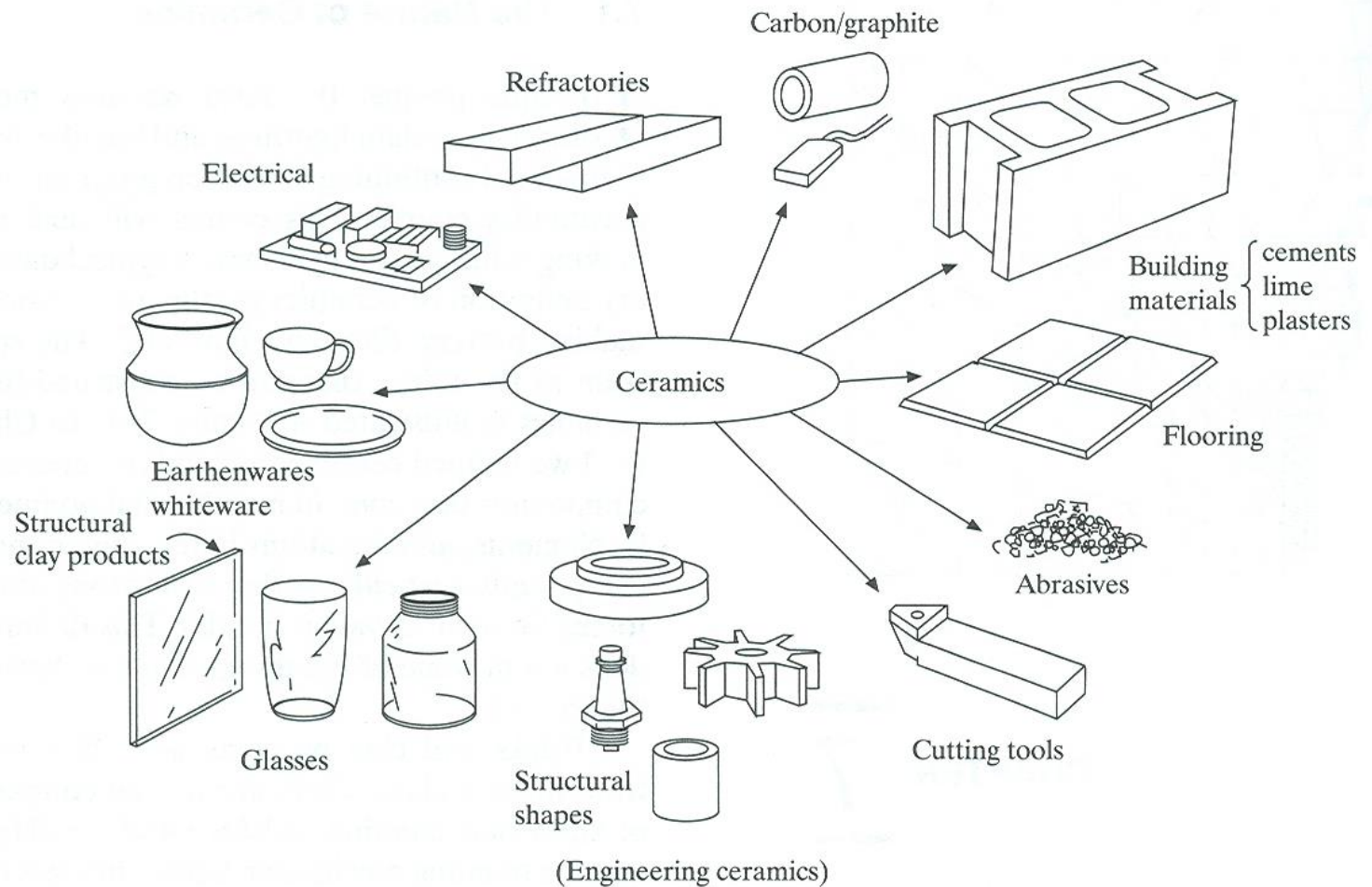
วัสดุเซรามิก

เซรามิกเป็นสารประกอบระหว่างธาตุโลหะกับอโลหะ

คำว่า “เซรามิก” มาจากคำว่า “Keramikos” ในภาษากรีก ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินโดยผ่านกระบวนการเผาให้ความร้อน

ในปัจจุบัน เซรามิกถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในหลายๆอุตสาหกรรม อาทิ เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์, คอมพิวเตอร์, การสื่อสาร, อวกาศ (aerospace) และอุตสาหกรรมอื่นๆ

วัสดุเซรามิกในอุตสาหกรรม



โครงสร้างของวัสดุเซรามิก (Ceramic Structure)

เซรามิกเป็นสารประกอบระหว่างธาตุโลหะ และอโลหะ
อะตอมในวัสดุเซรามิกถูกยึดเหนี่ยวกันโดยพันธะเคมี พันธะ
ส่วนใหญ่เป็นพันธะไอออนิก ในบางกรณีเป็นโคเวเลนต์หรือ
พันธะโลหะ

เซรามิกส่วนใหญ่เป็นสารประกอบจากอะตอมของธาตุสอง
ชนิดขึ้นไป อาทิเช่น อลูมินา (Al_2O_3) ซึ่งเป็นสารประกอบ
ระหว่างอะตอมของ อลูมิเนียมและออกซิเจน, CaF_2 , MgO ,
 NaCl , SiO_2 , Si_3N_4 , ZnS , SiC

CERAMIC BONDING

- **Bonding:**
 - Mostly ionic, some covalent.
 - %ไอออนิก เพิ่มขึ้นตาม ความแตกต่างของค่าอิเล็กโตรเนกาตีวิตี
- **Large vs small ionic bond character:**

IA		IIA		IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII	IB	IIIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0
H 2.1												B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0	He -
Li 1.0	Be 1.5											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0	Ne -
Na 0.9	Mg 1.2																Ar -
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.8	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.8	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr -
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe -
Cs 0.7	Ba 0.9	La-Lu 1.1-1.2	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.8	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2	Rn -
Fr 0.7	Ra 0.9	Ac-No 1.1-1.7															

CaF₂: large

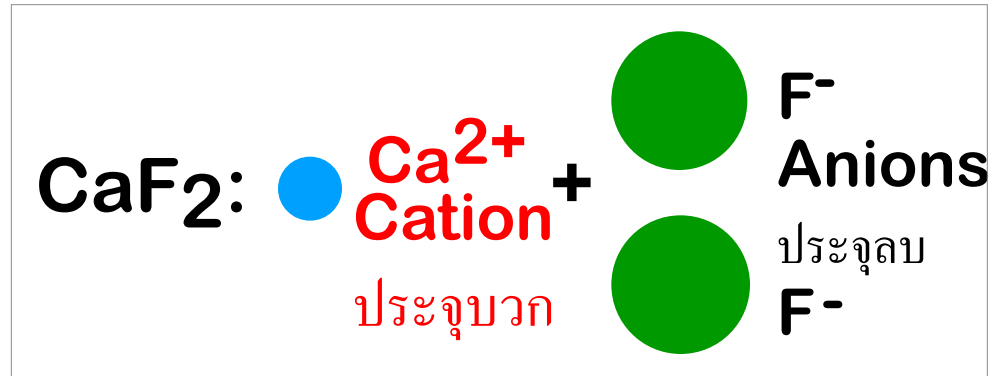
SiC: small

Table of Electronegativities

IONIC BONDING & STRUCTURE

- Charge Neutrality:**

--Net charge in the structure should be zero.

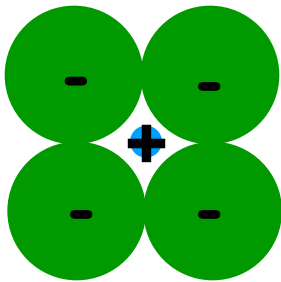


--General form: $A_m X_p$

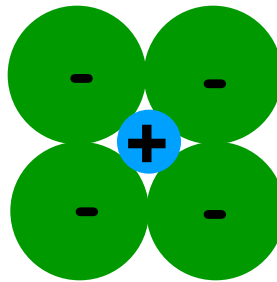
m, p determined by charge neutrality

- Stable structures:**

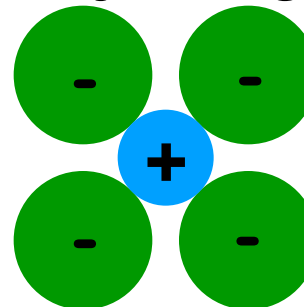
--maximize the # of nearest oppositely charged neighbors.



unstable



stable

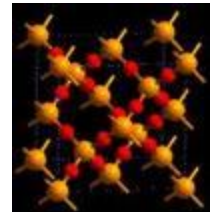


stable

COORDINATION # AND IONIC RADII

- Coordination # increases with
Issue: How many anions can you
arrange around a cation?

$$\frac{r_{\text{cation}}}{r_{\text{anion}}}$$



$$\frac{r_{\text{cation}}}{r_{\text{anion}}}$$

< .155

Coord #

2



.155-.225

3



.225-.414

4



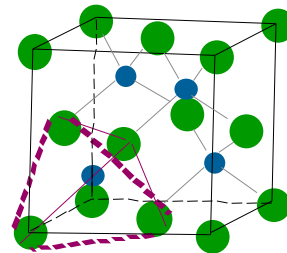
.414-.732

6

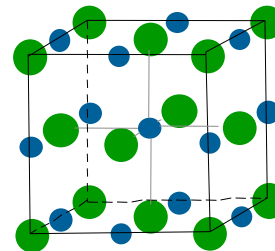


.732-1.0

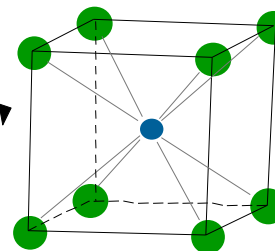
8



ZnS
(zincblende)
(Tetrahedral position)



NaCl
(sodium chloride)
(Octahedral position)



CsCl
(cesium chloride)

EX: PREDICTING STRUCTURE OF FeO

- On the basis of ionic radii, what crystal structure would you predict for FeO? FeO มีโครงสร้างแบบใด

Cation Ionic radius (nm)

Al³⁺ 0.053

Fe²⁺ 0.077

Fe³⁺ 0.069

Ca²⁺ 0.100

Anion

O²⁻ 0.140

Cl⁻ 0.181

F⁻ 0.133

- Answer:

$$\frac{r_{cation}}{r_{anion}} = \frac{0.077}{0.140} = 0.550$$

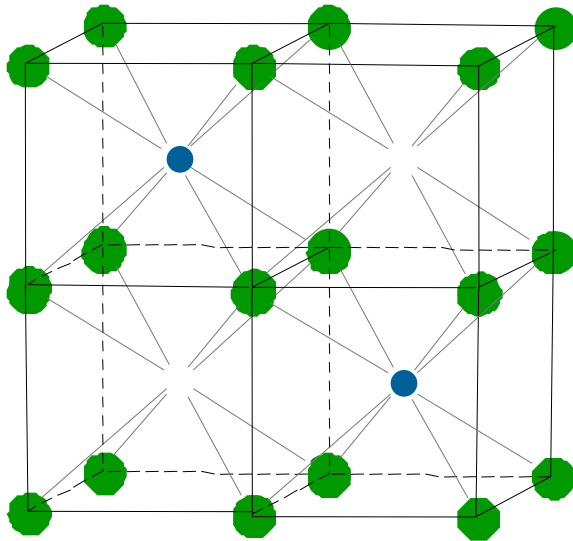
based on this ratio,

--coord # = 6

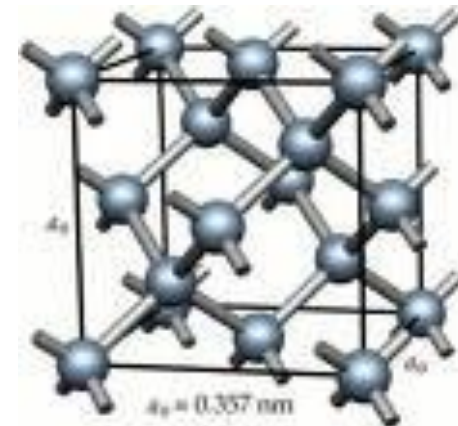
--structure = NaCl

A_mX_p STRUCTURES

- Consider CaF_2 :
$$\frac{r_{\text{cation}}}{r_{\text{anion}}} = \frac{0.100}{0.133} \approx 0.8$$
- Based on this ratio, coord # = 8 and structure = CsCl.
- Result: CsCl structure w/only half the **cation** sites occupied.



- Only half the **cation** sites are occupied since $\# \text{Ca}^{2+} \text{ ions} = 1/2 \# \text{F}^- \text{ ions}$.



คุณสมบัติของวัสดุเซรามิก

แข็ง (Hard)

ต้านทานความสึกหรอ (Wear-resistant)

เปราะ (Brittle)

ทนไฟ (Refractory)

ฉนวนความร้อน (Thermal insulators)

ฉนวนไฟฟ้า (Electrical insulators)

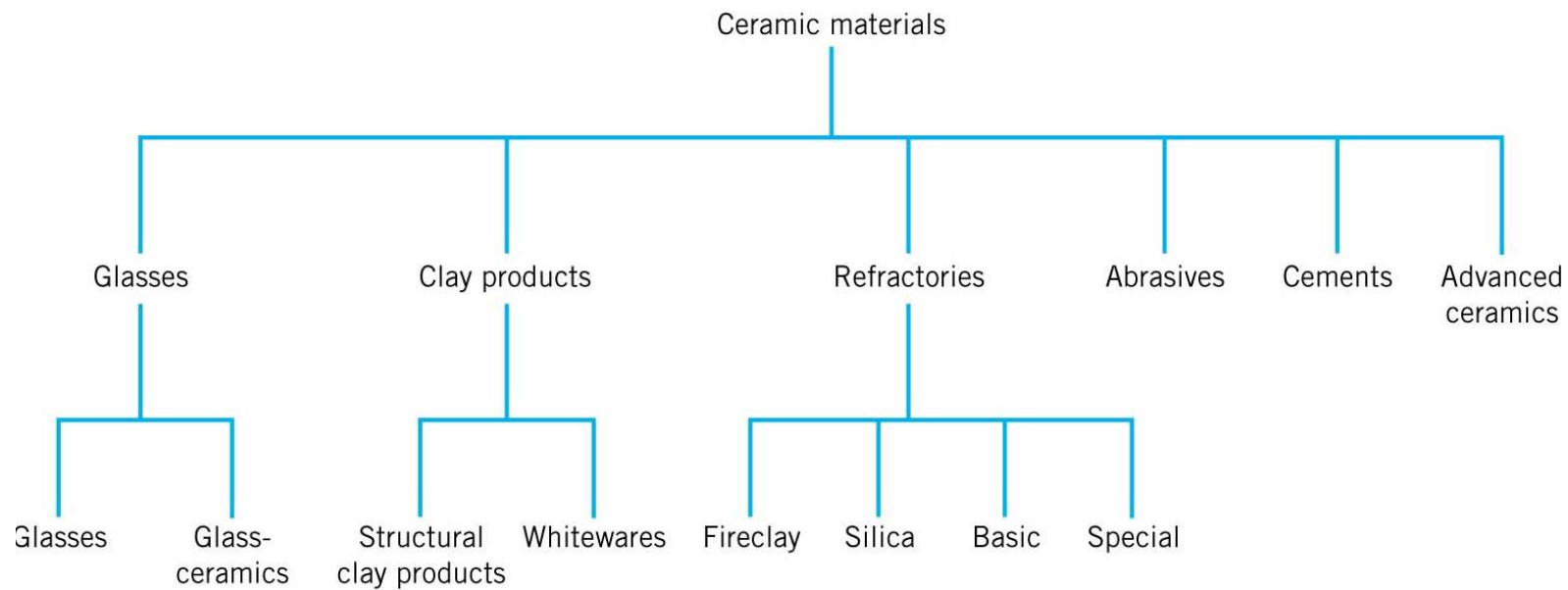
ไม่มีคุณสมบัติแม่เหล็ก (Nonmagnetic)

ทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation resistant)

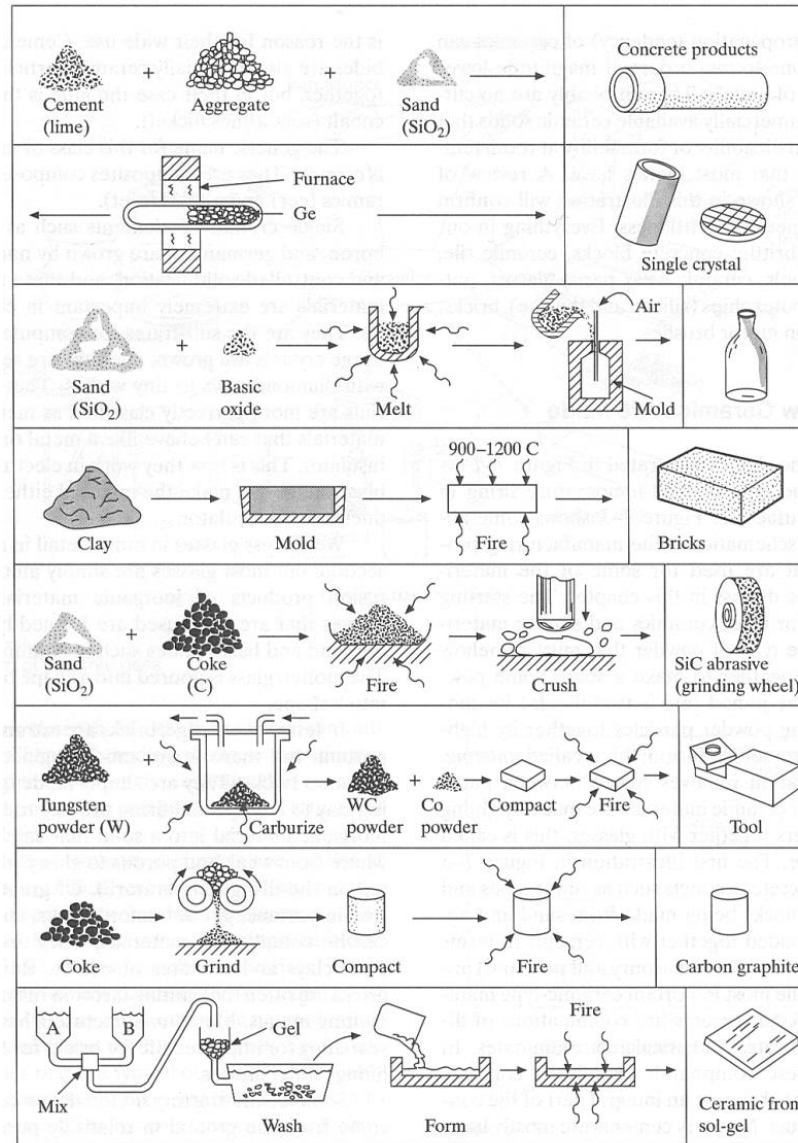
ไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (Prone to thermal shock)

มีความคงตัวทางเคมี (Chemically stable)

ชนิดของวัสดุเซรามิก



กระบวนการผลิตเซรามิก



1. แก้วและกลาสเซรามิก (Glass and Glass-ceramics)

วัสดุในกลุ่มนี้ถูกนำไปใช้ทั่วไปในการทำบรรจุภัณฑ์, กระจกหน้าต่าง, เลนส์, ไฟเบอร์กลาส เป็นต้น

แก้วมีโครงสร้างแบบ **noncrystalline** (ไม่มีผลึก) หรือเรียกว่าเป็นวัสดุอสัณฐาน (**Amorphous materials**) ของซิลิเกตและออกไซด์อื่นๆ อาทิเช่น CaO , Na_2O , K_2O , และ Al_2O_3

แก้วที่ใช้กันทั่วไปเป็นแก้วโซดาไลม์ (soda-lime glass) ซึ่งประกอบด้วย ส่วนประกอบหลักคือ SiO_2 ประมาณ 70% โดยน้ำหนัก, Na_2O (Soda), และ CaO (Lime)

ส่วนประกอบและคุณสมบัติของแก้ว

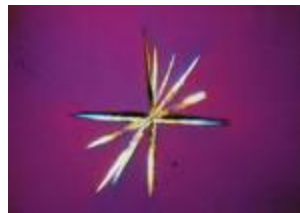
ชนิดของ แก้ว	ส่วนประกอบ (wt%)						คุณสมบัติและการนำไปใช้
	SiO ₂	Na ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	อื่นๆ	
Fused silica	>99.5						จุดหลอมเหลวสูง, สัมประสิทธิ์การขยายตัว เนื่องจากความร้อนต่ำมาก (ทนต่อการ เปลี่ยนอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว)
96% Silica (Vycor)	96				4		ทนต่อการเปลี่ยนอุณหภูมิและสภาวะทาง เคมีอย่างรวดเร็ว – ภาชนะในห้องทดลอง
Borosilicate (Pyrex)	81	3.5		2.5	13		ทนต่อการเปลี่ยนอุณหภูมิและสภาวะทาง เคมีอย่างรวดเร็ว – ภาชนะใช้ในเตาอบ อาหาร
Containiner (Soda-lime)	74	16	5	1		4MgO	จุดหลอมเหลวต่ำ ทนทาน
Fiberglass	55		16	15	10	4MgO	ทำเป็นเส้นใยได้ง่าย
Optical flint	54	1				37PbO, 8K ₂ O	ความหนาแน่นสูง ดัชนีการสะท้อนแสงสูง – เลนส์สายตา
Glass ceramic (Pyroceram)	43.5	14		30	5.5	6.5TiO ₂ , 0.5As ₂ O ₃	ผลิตได้ง่าย แข็งแรง ทนต่อการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว – ภาชนะใช้ในเตาอบอาหาร

ที่มา: Callister, W.D (2003)

กลาสเซรามิก

- แก้วอินทรีย์ (Inorganic glass) ส่วนมากสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก noncrystalline เป็น crystalline ได้ โดยอาศัยกรรมวิธีทางความร้อนที่เหมาะสม **เรียกว่าการเปลี่ยนสภาพแก้วเป็นผลึก(Devitrification)** โครงสร้างของแก้วที่ผ่านกรรมวิธีนี้จะมีลักษณะเป็นผลึกรวม (Polycrystalline) ที่มีเกรนละเอียด ซึ่งมักจะเรียกแก้วชนิดนี้ว่า กลาสเซรามิก (Glass-ceramics)

- **กลาสเซรามิก** มีคุณสมบัติขยายตัวจากความร้อนน้อย ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว มีความแข็งแรงสูง ในเชิงพาณิชย์จะมีชื่อการค้าหลายชื่อ อาทิเช่น Proceram, Coningware, Cercor และ Vision ส่วนใหญ่จะนำไปทำเป็นภาชนะทนความร้อนสูง (Ovenware) และภาชนะต่างๆที่ใช้บนโต๊ะอาหาร (Tableware) นอกจากนี้ยังนำไปใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า (Electrical insulators) และ ซับสเตรท (Substrates) ในแผงวงจร (Printed circuit boards)





วัตถุดิบในการหลอมแก้ว

SiO_2 แก้วที่มีปริมาณของ SiO_2 สูง จะทำให้แก้วนั้นมีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนต่อความร้อนและสารเคมี แต่ทำการผลิตได้ยากเนื่องจากต้องใช้ในการหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงขึ้น และขึ้นรูปได้ยากเนื่องจากมีความหนืดสูง

Na_2O แก้วที่มีปริมาณ Na_2O สูงจะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำ เพราะแตกง่ายและไม่ทนต่อสารเคมี ถ้ามีปริมาณ Na_2O สูงมากๆ จะสามารถละลายน้ำได้

K_2O ช่วยให้การตกผลึกเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้การเรียงตัวของผลึกออกมาสวยงาม

วัตถุดิบในการหลอมแก้ว (ต่อ)

CaO , MgO หรือ BaO จะช่วยในการขึ้นรูป ทำให้แก้วคงตัวเร็วขึ้นเมื่อเย็นลง และเพิ่มความทนต่อสารเคมี แก้วที่มีปริมาณ

MgO มากกว่า CaO จะทำให้ให้การตกผลึกเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้การเรียงตัวของผลึกออกมาสวยงาม

Al_2O_3 แก้วที่มีปริมาณ Al_2O_3 สูง จะทำให้แก้วนั้นมีความทนทานต่อการสึกกร่อนและสารเคมีได้ดีขึ้น

B_2O_3 แก้วที่มีสารประกอบพวก Boron เป็นองค์ประกอบ (Borosilicate) จะมีความคงทนต่อกรด-ด่าง และทนต่อความร้อน เนื่องจากจะทำให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนลดลง แก้วประเภทนี้เป็นแก้วที่ใช้ในอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเป็นแก้วประเภทที่สามารถใช้ในเตาไมโครเวฟได้

วัตถุดิบในการหลอมแก้ว (ต่อ)

PbO แก้วที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ (Lead glass) เนื้อแก้วใสีขาวเนื่องจากมีค่าดัชนีหักเหสูงมีความอ่อน (soft) ไม่แข็งกระด้าง ง่ายต่อการเจียรระไน เวลาเคาะมีเสียงกังวาน

Fe_2O_3 ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในขณะหลอม แต่จะทำให้เนื้อกระจกใส มีสีค่อนข้างเทาเขียว

ออกไซด์ อื่นๆ หากต้องการให้แก้ว หรือกระจกมีสีสันต่างๆ สามารถเติมสารนอกเหนือจากส่วนผสมข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว อาทิเช่น สีเขียวจาก Chromium oxide (Cr_2O_3), สีน้ำเงินจาก Cobalt oxide (CoO), สีเหลืองจาก Uranium (U), สีน้ำตาลจาก Nickel (Ni), สีอำพันจาก Carbon-Sulfur-Iron (C-S-Fe), และสีชมพูจาก Manganese (Mn)

Fabrication and Processing of Ceramics

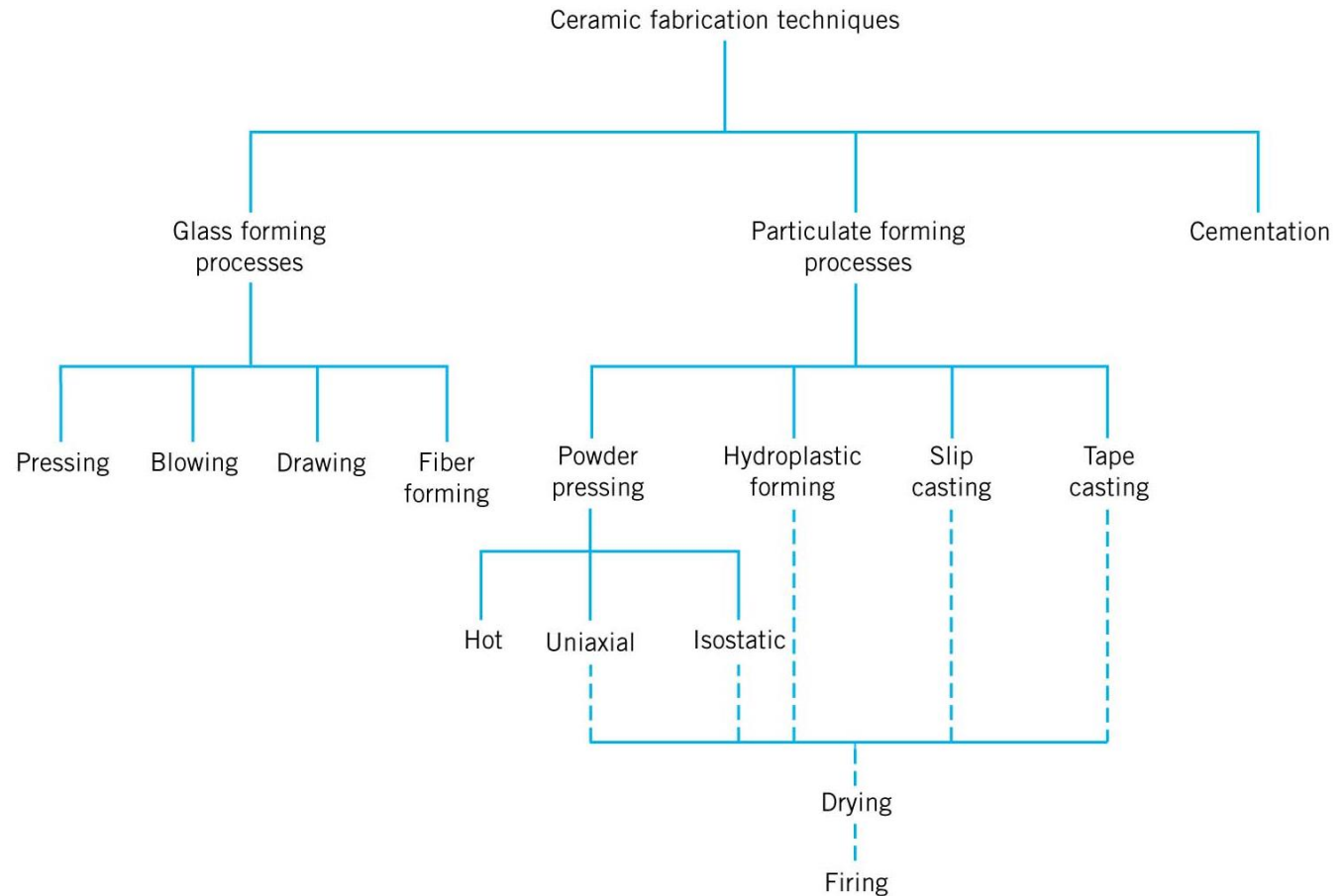
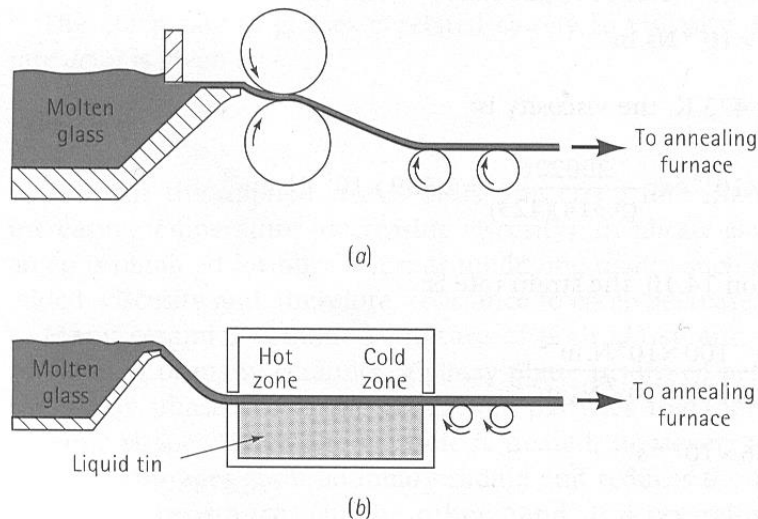


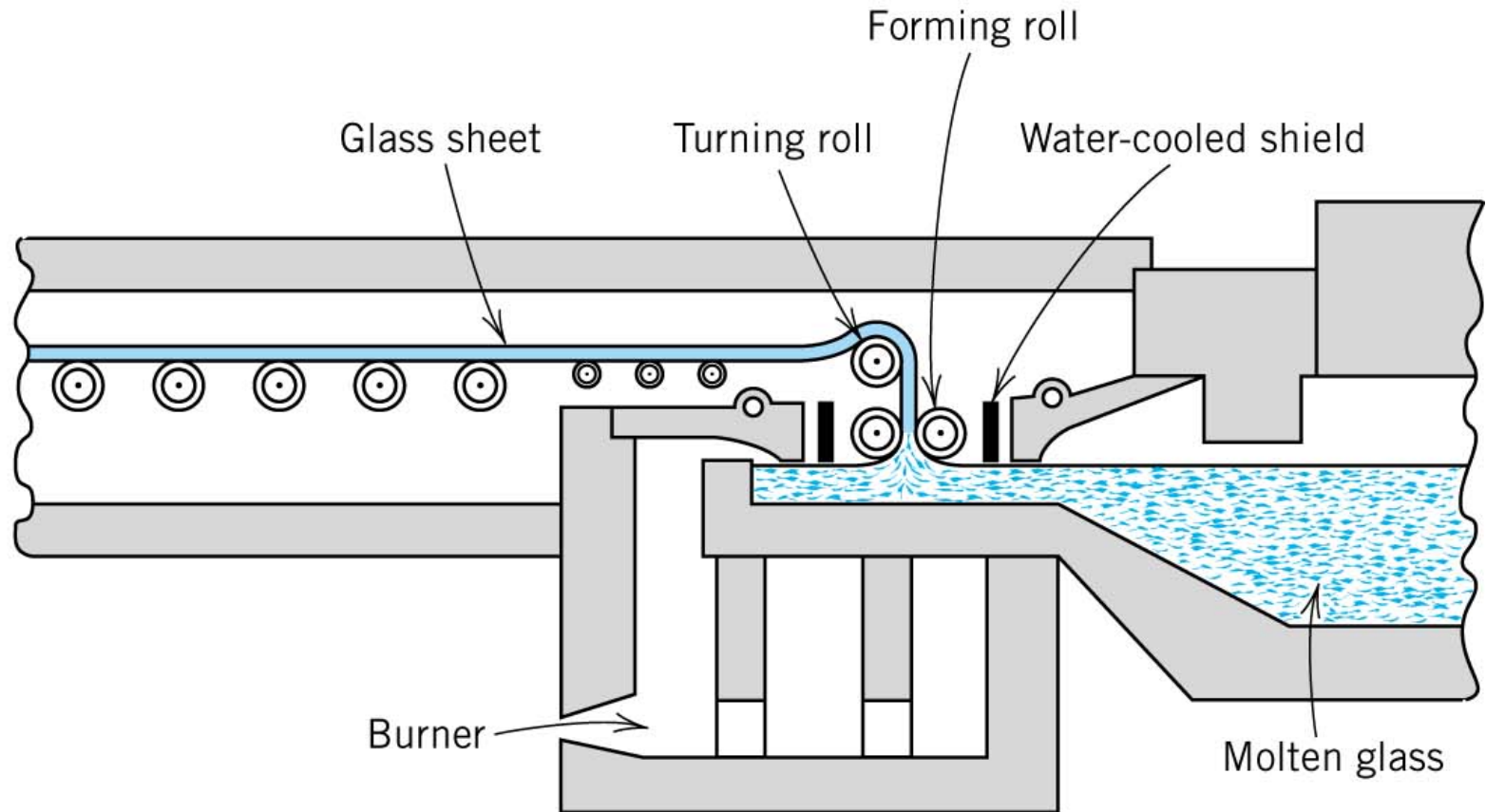
FIGURE 13.4 A classification scheme for the ceramic-forming techniques discussed in this chapter.

การขึ้นรูปกระจก

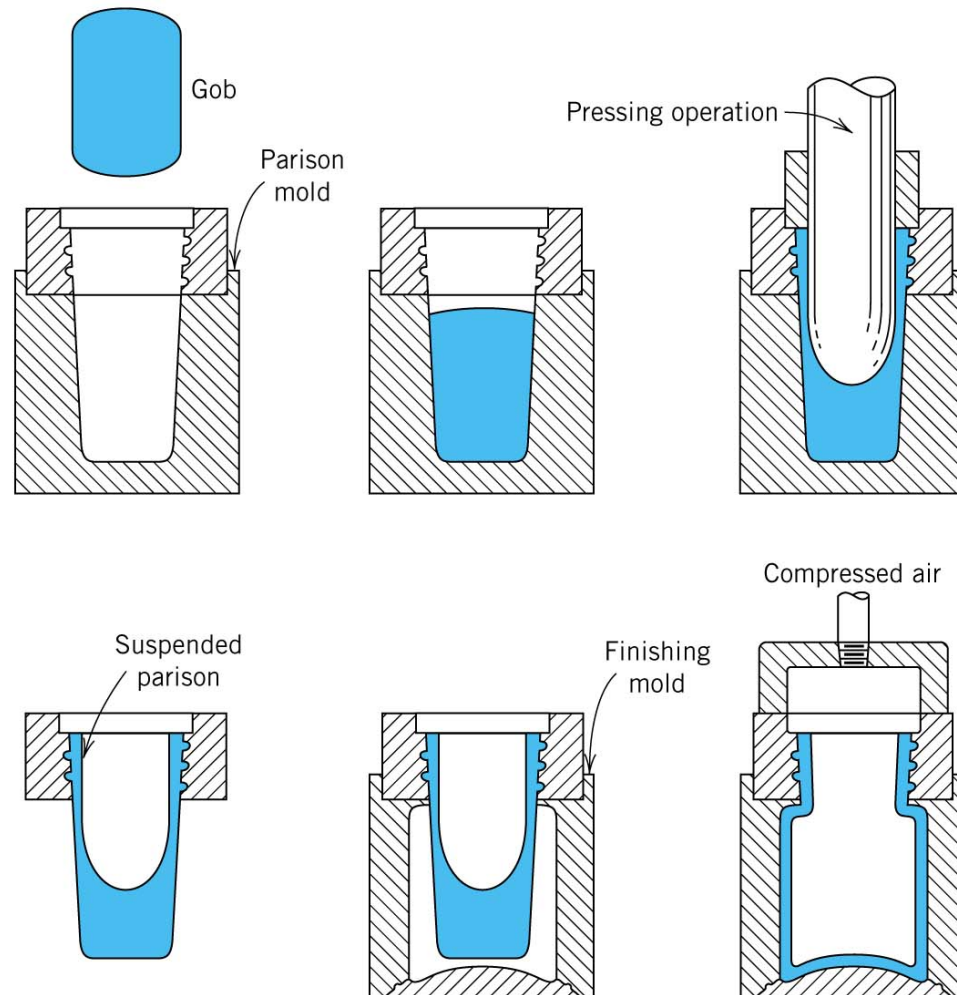


- *drawing* เป็นการดึงแผ่นแก้วขึ้นมาในแนวตั้ง
- *rolling* หรือการรีดผ่านแกนโลหะ ซึ่งกรรมวิธีนี้มักจะใช้ในการผลิตกระจกหลายอย่าง
- *floating* คือ การปล่อยให้ น้ำแก้วไหลลงบนอ่างดีบุกที่หลอมเหลว แล้วปล่อยให้ตัวลงจะทำให้ได้กระจกที่มีคุณภาพดี เรียบ ไม่เป็นคลื่น และทำให้สามารถผลิตกระจกขนาดใหญ่ๆ ได้

A process of continuous drawing of sheet glass



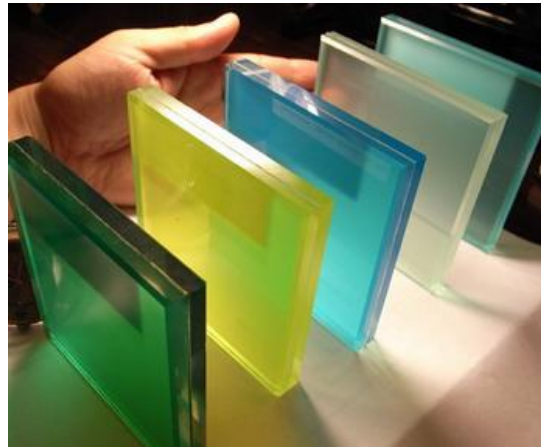
การผลิตขวดแก้วด้วยวิธี Press-and-blow technique



กระบวนการทางความร้อนของแก้ว

- **Annealing** เป็นให้ความร้อนกับแก้วถึงอุณหภูมิ annealing point และปล่อยให้แก้วเย็นตัวลงช้าๆ เพื่อลด thermal stress ที่เกิดจากการแปรรูปแก้วที่อุณหภูมิสูง
- **Tempering** คือ การอบแก้วที่ความร้อนสูงแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยการเป่าอากาศ หรือใช้ oil bath ทำให้แก้วมีความแข็งแรงทนทานมากขึ้น

การใช้งานวัสดุแก้ว



2 ผลิตภัณฑ์จากดิน (Clay Products)

- ดินเหนียวเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเซรามิกที่มีการใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด โดยการนำไปผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม ปั้นให้เป็นรูปร่าง ทิ้งไว้ให้แห้ง และนำไปให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความแข็งแรง
- วัตถุดิบสำหรับ Clay Product
 - ดินขาว (Kaolin, China Clay)
 - ดินเหนียว (Ball Clay)
 - หินฟันม้า หรือ เฟลสปาร์ (Feldspar)

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากดิน

การขึ้นรูปด้วยมือ (Hand Modeling)

การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน (Wheel Throwing)

การขึ้นรูปด้วยวิธีจิกเกอร์และจอลลี่ (Jiggering & Jollying)

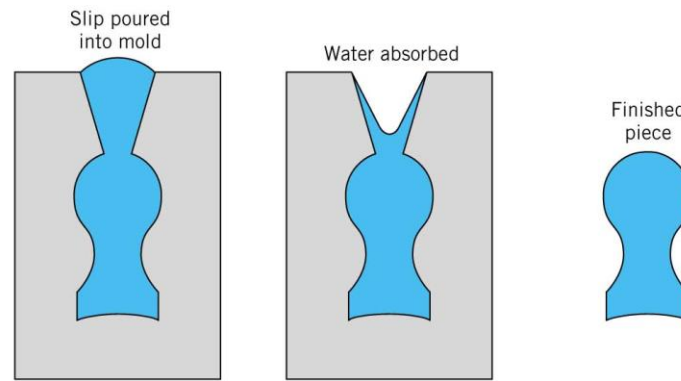
การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน (Slip Casting)

การขึ้นรูปด้วยวิธีอัดดินเหนียว (Plastic pressing)

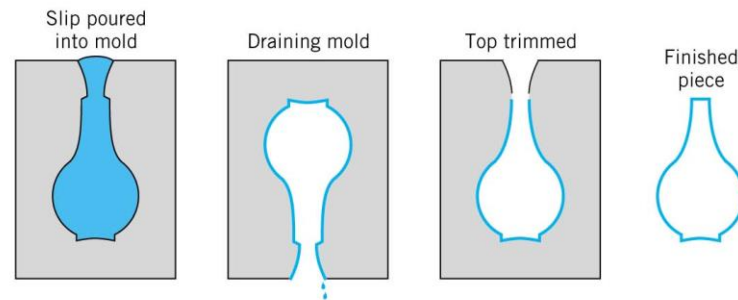
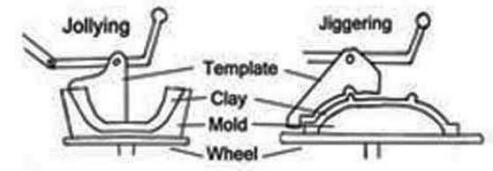
การขึ้นรูปด้วยวิธีรีดดินเหนียวจากหัวแบบโลหะ (Extruding)

การขึ้นรูปด้วยวิธีอัดดินฝุ่น (Semi-dry Forming)

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากดินโดยวิธีต่างๆ



(a)



(b)



การนำผลิตภัณฑ์จากดินไป ใช้งาน

Structural Products



อิฐ



กระเบื้องพื้น



กระเบื้องมุงหลังคา

Whitewares



เครื่องดินเผา



เครื่องถ้วยเปลือกไข่



สุขภัณฑ์

3. วัสดุทนไฟ (Refractories)

วัสดุทนไฟแบ่งได้หลายประเภทตามส่วนประกอบหลัก โดยจะแบ่งเป็น 4 กลุ่มได้แก่

- วัสดุทนไฟชนิดไฟร์เคลย์ (Fireclay refractories)
- วัสดุทนไฟชนิดซิลิกา (Silica refractories)
- วัสดุทนไฟพื้นฐาน (Basic refractories)
- วัสดุทนไฟชนิดพิเศษ (Special refractories)



วัสดุทนไฟชนิดไฟร์เคลย์



วัสดุทนไฟชนิดซิลิกา



วัสดุทนไฟพื้นฐาน



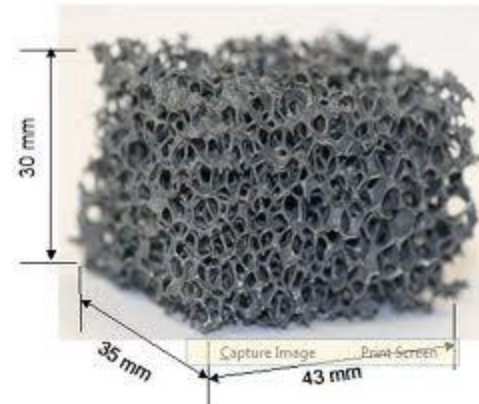
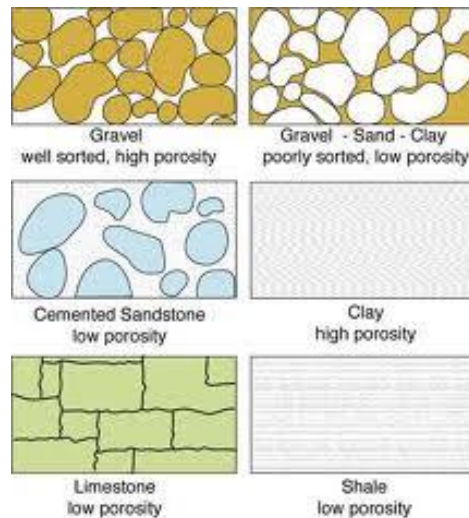
วัสดุทนไฟชนิดพิเศษ

ส่วนประกอบและคุณลักษณะของ วัสดุทนไฟชนิดต่างๆ

Type	Composition (%)							Apparent Porosity (%)
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	Total
Fire clay	25-45	70-50	0-1		0-1	0-1	1-2	10-25
High-alumina fire clay	90-50	10-45	0-1		0-1	0-1	1-4	18-25
Silica	0.2	96.3	0.6			2.2		99.3
Periclase	1	3	90	0.3	3	2.5		99.8

ที่มา: Kingery, Bowen and Uhlmann (1976) pp.542.

ความพรุน (Porosity) เป็นคุณสมบัติสำคัญที่ต้องควบคุมในการผลิตอิฐทนไฟ เนื่องจากความแข็งแรง การทนต่อแรงกระทำ การทนต่อสภาวะกัดกร่อนของ อิฐจะเพิ่มสูงขึ้นถ้าวัสดุมีความพรุนต่ำลง แต่ในขณะเดียวกัน การเป็นฉนวน ความร้อน แต่การทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะลดต่ำลง



4. สารขัดถู (Abrasive)

เป็นวัสดุที่ใช้สำหรับขัด, เจียรระไน หรือตัดวัสดุที่อ่อนกว่าตัวมันเองออกไป

คุณสมบัติที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับวัสดุในกลุ่มนี้คือ

- ความแข็ง
- การทนต่อการสึกหรอ
- ความทนทาน (Toughness)
- ทนความร้อน

วัสดุขัดถูชนิดต่างๆ



5. ซีเมนต์ (Cement)

คุณสมบัติของวัสดุในกลุ่มนี้คือ เมื่อผสมกับน้ำจะสามารถทำให้อยู่ในรูปทรงที่ต้องการ และจะคงรูปร่างเมื่อแข็งตัว

มนุษย์ในสมัยโบราณได้ค้นพบว่าเมื่อเอาหินบางชนิดมาผ่านกระบวนการเผาให้แตกตัว (Calcination) คือเผาจนสลายเป็นผงแล้วบดให้ละเอียดแล้วนำมาผสมน้ำทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่ง จะได้ผลผลิตที่แข็งเป็นก้อนเป็นรูปร่างตามต้องการ

คุณสมบัติข้อนี้ของซีเมนต์มีประโยชน์มาก เนื่องจากทำให้สามารถขึ้นรูปได้เกือบทุกรูปแบบในระยะเวลาค่อนข้างรวดเร็ว ปูนซีเมนต์ที่มีการใช้มากที่สุดได้แก่ ปูนซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ ความแข็งของปูนปอร์ตแลนด์ได้มาจากการทำปฏิกิริยากับน้ำ

วัตถุดิบในการผลิตปูนซีเมนต์

1. Calcareous Materials ได้แก่ หินปูน (Limestone) และ ดินสอพอง (Chalk)
2. Argillaceous Materials ได้แก่ ซิลิกา อลูมิน่า ซึ่งอยู่ในรูปของดินดำหรือดินเหนียว (Clay) และดินดาน (Shale)
3. Iron Oxide Materials ได้แก่ แร่เหล็ก (Iron Ore) หรือ คีลาแลง (Laterite)

6. เซรามิกขั้นสูง (Advanced ceramics)

ด้านโครงสร้าง (Structural) อาทิเช่น ไบโอเซรามิก (Bioceramics), เครื่องมือตัด, และชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

ด้านไฟฟ้า (Electrical) อาทิเช่น ตัวเก็บประจุ, ฉนวน, ซับสเตรต (Substrates), ไอซี, ไพอีโซอิเล็กทริก (Piezoelectrics), แม่เหล็ก และ ตัวนำยวดยิ่ง (Superconductors)

สารเคลือบ (Coating) เช่น ใช้ผลิตเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกล, เครื่องมือตัด, เคลือบชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมที่มีการขัดสีมาก

ด้านเคมีและสิ่งแวดล้อม (Chemical and Environmental) อาทิเช่น แผ่นกรอง (Filter), เยื่อ (Membrane), ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalysts)

