



แผนการสอน

หน่วยที่ 10

ชื่อวิชา วัสดุช่างอุตสาหกรรม

สอนครั้งที่ 13

ชื่อหน่วย วัสดุสังเคราะห์

ชั่วโมงรวม 4 ชม.

ชื่อเรื่องหรือชื่องาน แก้ว

จำนวนชั่วโมง 2 ชม.

หัวข้อเรื่องและงาน

วัสดุสังเคราะห์เป็นวัสดุที่คิดค้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี เพื่อให้ได้สารชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ โดยที่วัสดุธรรมชาติไม่สามารถให้ได้หรือประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้แทนวัสดุธรรมชาติที่กำลังจะหมดไป หรือมีราคาแพง เช่น แก้ว ยางสังเคราะห์ พลาสติก และสี เป็นต้น

สาระสำคัญ

สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ)

1. สามารถแยกแยะยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ได้
2. อธิบายการผลิตยางสังเคราะห์ได้
3. อธิบายประโยชน์และองค์ประกอบของสีได้
4. อธิบายขั้นตอนการผลิตพลาสติกได้
5. แยกแยะชนิดของพลาสติกได้
6. อธิบายกระบวนการเกิดแก้วได้
7. มีการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่ผู้สอนสามารถสังเกตเห็นได้ในด้านการมีมนุษยสัมพันธ์ ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความสนใจใฝ่รู้

เนื้อหาสาระ

1. แก้ว
 - 1.1 ประวัติความเป็นมา
 - 1.2 ชนิดของแก้ว
 - 1.3 การผลิตแก้ว

แก้ว (Glass)

แก้ว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหลอมละลายของสารอินทรีย์ และทำให้เย็นตัวลงในสภาวะที่เป็นของแข็ง ซึ่งจะไม่มีการตกผลึก (ในขณะที่ของแข็งชนิดอื่น ถ้าหลอมเหลวแล้วทำให้เย็นตัวลงของแข็งเหล่านั้นจะตกผลึก) แก้วเป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่อวงการ

อุตสาหกรรมอย่างมาก เพราะแก้วได้รวมคุณสมบัติที่ดีไว้หลายอย่าง เช่น

1. มีความแข็งมากถึงขนาดที่ต้องใช้เพชรตัด
2. โปร่งใสและโปร่งแสง ในขณะที่เดียวกันก็สามารถทำให้ทึบแสงได้
3. เป็นฉนวนไฟฟ้า
4. ทนความร้อนได้ดี และมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำมาก
5. ทนต่อกรดและด่างหรือสารเคมีอื่นๆ ได้ดี
6. สามารถอ่อนตัวเปลี่ยนรูปร่างได้ด้วยความร้อน
7. ใสสีทำให้มีสีสันท่างๆ ได้
8. บรรจุน้ำหรือของเหลวได้เป็นอย่างดีโดยไม่ไหลซึม
9. สะท้อนแสงได้ดี
10. ทำให้อ่อนนุ่มและดึงเป็นเส้นใยได้
11. เจียรไนได้



แก้วโดยทั่วไปจะประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก 4 ชนิดคือ

จะเห็นว่า แก้วเกิดจากการนำทราย (Silica, SiO_2) มาหลอมละลาย แต่คุณสมบัติของแก้วที่ได้ไม่ดีพอ ไม่ทนความร้อน ไม่ใสแวววาว ดังนั้นจึงนิยมใส่สารอื่นๆ ลงไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแก้ว สารที่ต้องใส่ลงไปในขณะที่ทำการหลอมแก้วมีหน้าที่ดังนี้ คือ

1. เนื้อแก้ว ได้แก่ ทราย (Silica) หรือสารบอริกออกไซด์ (Boric Oxide) แต่จะนิยมใช้ทรายมากกว่า เนื่องจากหาได้ง่าย และราคาถูก

2. สารช่วยทำให้แก้วมีความคงทน ได้แก่ อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แต่นิยมใช้แคลเซียมออกไซด์เนื่องจากมีมาก หาง่าย และราคาถูก

3. สารช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมได้แก่ โซดา หรือ โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) โพแทสหรือ โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) โดยเฉพาะลิเทียมออกไซด์ (Li_2O) เป็นสารลดอุณหภูมิที่ดีมาแต่มีราคาแพง แต่โดยทั่วไปนิยมใช้โซเดียมออกไซด์ และเศษแก้ว (Cullet) เนื่องจากหาง่ายและมีราคาถูก

คุณภาพของแก้ว

ส่วนประกอบของวัตถุดิบต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสมและบริสุทธิ์ ซึ่งเหมาะสมมากน้อยเพียงใด นั้นขึ้นอยู่กับเราจะนำแก้วไปใช้ประโยชน์ในทางใด เช่น ถ้านำไปทำเลนส์ต้องมีการควบคุมค่า Refractive Index (การหักเหของแสง) หรือถ้านำแก้วไปทำขวดก็ต้องดูความคงทนของแก้วให้เหมาะกับงานที่จะนำไปใช้งาน และการเย็นตัวของแก้วเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เพราะถ้าแก้วเย็นตัวเร็วเกินไปจะทำให้แก้วขุ่นมัวและมักจะแตกง่าย ฉะนั้น ช่วงทำแก้วจึงต้องทำให้แก้วเย็นลงอย่างช้าๆ ในเตาอบ เราเรียกวิธีนี้ว่า “Cooler”



ประวัติความเป็นมาของแก้ว

ในสมัยโบราณมนุษย์พบเศษแก้วบนภูเขา และได้นำมาใช้ประโยชน์เล็กๆ น้อยๆ เช่น ทำหัวธนู มีด ต่อมามนุษย์รู้จักทำแก้วขึ้นมาได้เป็นครั้งแรกในตะวันออกกลางเมื่อประมาณ 4,000 กว่าปีมาแล้ว โดยชาวอียิปต์ ชาวซีเรีย ได้เริ่มทำลูกปัดแก้ว (Glass Beads) ทำเครื่องประดับและขวดเล็กๆ ไว้ใช้สอย ต่อมาชาวโรมันได้นำช่างทำแก้วมาจากอียิปต์ไปยัง

อิตาลีเมื่อประมาณ 100 ปีก่อนคริสต์ศักราช สิ่งที่ประดิษฐ์ในวงการแก้วตอนนั้น คือ หลอมเป่าแก้ว สามารถเป่าแก้วให้กลวงและมีรูปร่างต่างๆ และสามารถนำไปใช้งานได้มากขึ้น และศิลปะการเป่าแก้ว ยังคงใช้กันอยู่จนกระทั่งทุกวันนี้ ต่อมาภายหลังจากอารยธรรมของอาณาจักรโรมันได้เสื่อมลงแล้ว การทำแก้วหลายแห่งในยุโรปก็สลายตัวลงไปด้วย

ในระหว่างกลางของประวัติศาสตร์ แก้วได้ถูกนำไปประดับตามโบสถ์ต่างๆ โดยทำเป็นโมเสก (Mosaics) และแก้วสี (Stained Glass) นำมาประดิษฐ์รวมกันเป็นรูปภาพต่างๆ ตามเรื่องราวจากคัมภีร์ศาสนา นอกจากจะได้รับความสวยงามแล้ว ยังเป็นประโยชน์สำหรับคนอ่านหนังสือไม่ออกเพราะสามารถรู้เรื่องราวของคัมภีร์จากภาพเหล่านั้นด้วย ซึ่งสมัยนั้นแก้วชนิดที่ดีที่สุดสำหรับใช้ในการประดับหน้าต่างโบสถ์เป็นแก้วที่ผลิตมาจากนอร์มันดี (Normandy) แต่ต่อมาแหล่งศูนย์กลางของการทำแก้วได้เคลื่อนย้ายมาอยู่ที่กรุงเวนิส

ชาวเวนิสได้พัฒนารูปแบบการประดับประดาแก้วเป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง โดยเฉพาะมีการใช้แก้วสีใหม่ๆ และแก้วกระจกเงา (Mirror) ตอนนั้นนับว่าแก้วของชาวเวนิสได้แพร่เข้าสู่ยุโรปในโลกจนถึงปลายศตวรรษที่ 17 ความลับและฝีมือในการทำแก้วของชาวเวนิสได้แพร่เข้าสู่ยุโรปตอนเหนือ และใน

ระหว่างนี้เอง ฝรั่งเศส อังกฤษ และชาวเนเธอร์แลนด์ก็สามารถผลิตแก้วที่มีความสวยงามออกมามากขึ้น
ฝรั่งเศสได้พัฒนาการทำแก้วแผ่นเรียบ (Plate Glass) ส่วนอังกฤษได้ค้นพบวิธีทำแก้วที่ผสมตะกั่วออกไซด์ (Lead glass) ซึ่งเป็นการเริ่มต้นไปสู่ยุคของการเจียรระโน การแกะสลักลายบนแก้ว ตลอดจนการทำแก้วก้านทึบและบิดเป็นเกลียว แก้วได้มีพัฒนาการในศตวรรษที่ 18 อังกฤษนับว่ามีชื่อเสียงมากในการผลิตแก้วซึ่งนับได้ว่าเป็นการปฏิรูปการทำแก้วขึ้นมาอีกขั้นหนึ่งและในศตวรรษที่ 20 ก็ได้มีการคิดค้นเครื่องจักรอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการผลิตแก้วมากขึ้น เช่น การผลิตแก้วแผ่นเรียบ ขวดลักษณะต่างๆ ที่เราเห็นอยู่ทุกวันนี้

ชนิดของแก้ว

แก้วเรียกตามลักษณะของมัน และคุณสมบัติเฉพาะ ดังนี้

1. แก้วก้านเกลียว (Air Twist Glass) เป็นแก้วทรงสูง ใช้เป็นภาชนะสำหรับดื่มส่วนมากผลิตขึ้นในศตวรรษที่ 18 ก้านจะบิดเป็นเกลียวซึ่งนับได้ว่าเป็นแก้วที่มีราคาแพงและสวยงามมาก
2. แก้วลูกบิด (Beads) เป็นแก้วสีสวนมีประกายแสงดีมาก ใช้ทำเป็นอัญมณีหรือเครื่องประดับ
3. ขวดแก้ว (Bottles) การทำแก้วให้เป็นขวด จะทำได้ด้วยการเป่า หรือการใช้แม่แบบ (Mold) ทำให้เป็นรูปร่างออกมา การทำขวดแก้วนั้นต้องให้เนื้อแก้วหลอมเหลวได้ทันต่อการขึ้นรูป

สารละลายที่เป็นกลางหรือด่างจะทำลายผิวแก้ว และบางครั้งจะทำให้เกิดเป็นเกล็ดต่างๆ หลุดออกจากผิวแก้ว ดังเช่น ขวดน้ำอัดลม ขวดเบียร์ หรือขวดยา เป็นต้น จึงต้องป้องกันไม่ให้เกิดกรณีดังกล่าว ซึ่งแก้ไขโดยการเติมแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ลงไปในส่วนผสม เช่น

ส่วนผสมที่ใช้สำหรับสารละลายที่เป็นกลางและด่าง	
SiO ₂	74.4%
MgO	3.6%
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0.8%
Na ₂ O + K ₂ O	15.2%
CaO หรือ CaCO ₃	5.5%



4. กระจกหน้าต่าง (Window Glass) เป็นการผลิตกระจกแผ่นซึ่งทำได้โดยใช้เครื่องดึงเนื้อแก้วที่หลอมเหลวขึ้นมาตามแนวตั้งแล้วผ่านเข้าไปในหลอดทำให้เย็นตัวอย่างช้าๆ ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้

ส่วนผสมของธาตุในแก้ว	ยุโรป	อเมริกา
ทราย (SiO ₂)	72.0%	73.0%
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	1.6%	0.5%
หินปูน (CaO)	10.4%	8.0%
ทำให้แก้วคงทนใช้ MgO	-	3.0%
ช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมใช้ Na ₂ O	16.0%	15.5%

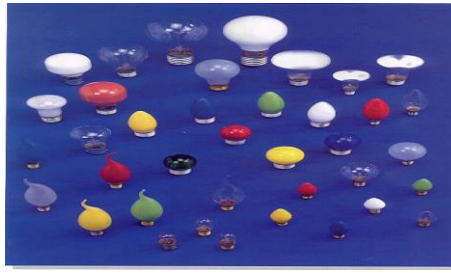


5. แก้วสี (Colour Glass) แก้วสีทำได้ไม่ยาก เพียงแต่ใส่ออกไซด์ (Oxide) ของโลหะบางตัวลงไปพร้อมๆ กับทราย (Silica) เราจะได้แก้วสีต่างๆ ตามต้องการ เช่น เดิมออกไซด์ของเหล็ก Fe₂O₃ ได้แก่ แก้วสีเขียว A g₂ O ได้แก่ แก้วสีเหลือง เป็นต้น การระบายสีลงบนแก้วก็เป็นการทำให้แก้วมีสีต่างๆ โดยการเคลือบสีทับด้วยแก้วแล้วนำไปใช้งาน หรืออาจแต่งสีแล้วนำไปเผาให้ร้อนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อป้องกันมิให้สีตกหรือซีดจางในภายหลัง

6. แก้วเจียรไน (Crystal) แก้วเจียรไนเป็นแก้วที่มีคุณภาพดี ให้ความโปร่งใส และแวววาวมาก ปกติเป็นแก้วที่ผสมตะกั่วอยู่ด้วย เนื้อแก้วจะใสแวววาวและหนักกว่าแก้วธรรมดาเหมาะสมสำหรับทำ แก้วเจียรไนเป็นรูปแจกัน หัวแหวน เครื่องประดับต่างๆ เป็นต้น

7. แก้วหลอดไฟฟ้า (Thin-Blown Ware) แก้วนี้มีคุณสมบัติหลอมง่าย เป่าเป็นรูปร่างตามต้องการได้สะดวก มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ที่สำคัญคือ สามารถเชื่อมต่อกับลวดหรือบรรจุก๊าซได้โดยไม่มีการแตกร้าว

หลอดแก้วไฟฟ้า	มีส่วนผสมดังนี้		
Silica (SiO ₂)	7	2	%
Na ₂ O	1	7	%
CaO	5	.	4 %
MgO	4	.	0 %
Al ₂ O ₃	1	.	5 %



ถ้าต้องการหลอดไฟฟ้าที่มีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าสูงกว่านี้ก็ให้เติมธาตุตะกั่ว(Pb) เข้าไป

8. เครื่องแก้วใช้ในห้องทดลอง แก้วที่ใช้ในห้องทดลองนั้นต้องมีคุณสมบัติพิเศษ คือทนต่อความร้อน ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี มีความใสแวววาว ดังนั้น ส่วนผสมในการผลิตจึงต้องมีความพิเศษกว่าแก้วชนิดอื่น คือ ใส่บอริกออกไซด์ (Boric Oxide) แทนโซดาแอช เพราะสารบอริกออกไซด์ ทำให้แก้วมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ ทนความร้อนได้มากขึ้น บริษัทแรกที่ผลิตเครื่องแก้วชนิดนี้ขึ้น คือ บริษัท

J e n a .		ประเทศเยอรมนี		มีส่วนผสมดังนี้	
SiO ₂	64.7%	ZnO	1	0	9 %
B ₂ O ₃ (Boric)	4%	Cao	0.6%	(แทนโซดาแอช,	N a ₂ O)
		Al ₂ O ₃	4.2%	MgO	7.5%
Fe ₂ O ₃	0.3%	Na ₂ O	7	.	5 %
K ₂ O	0.4%	As ₂ O ₃	0	.	1 %

จากส่วนผสมที่กล่าวจะเห็นได้ว่าไม่มีโซดาแอชเลย ซึ่งปกติแล้วแก้วจะมีส่วนผสมของโซดาประมาณ 10% การใช้โซดาน้อยหรือไม่เช่นนั้น จะทำให้เกิดแก้วทนต่อความร้อนขึ้นและสาร Al₂O₃ , ZnO,MgO ทำให้เกิดมีความคงทนต่อสารเคมีและความร้อนขึ้นอีก

สำหรับแก้วที่ใช้ทำเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ ต้องเป็นแก้วที่มีการขยายตัวน้อย เป็นแก้วขาวขุ่นบาง ช่วยในการมองเห็นระดับของปรอทได้ดี ทำได้โดยการนำแคลเซียมฟอสเฟต (Calcium Phosphate) ผสมลงไปด้วย

ใยแก้ว (Glass Weel) ทำจากแก้วที่หลอมเหลวใช้ไอน้ำร้อนเป่าให้เป็นฝอย ใช้ทำวัสดุเสริมกำลังนำมาทอเป็นผ้าใช้ในหน่วยดับเพลิง



กระจกนิรภัย ใช้แผ่นพลาสติกใสไว้ตรงกลางนำกระจกมาอัดประกบไว้ ช่วยให้กระจกไม่แตกหล่นและไม่แหลมเมื่อแตก ทำให้ปลอดภัยในการทำงาน

กระจกเงา นำแก้วมาผสมใส่ไว้ตรงกลางนำกระจกมาอัดประกบไว้ช่วยให้กระจกไม่ตกหล่นไม่ แผลมคมเมื่อตก ทำให้ปลอดภัยในการใช้งาน



การผลิตแก้ว

การผลิตกระจกจากแก้วแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้คือ

1. **เตรียมส่วนผสม** เลือกทรายที่มีคุณภาพดี ร่อนเอาสิ่งสกปรกออก เช่น เศษขยะ เศษไม้ จากนั้นจึงนำเข้าเก็บในถังหินปูน หรือแร่บางชนิดที่ใช้ผสมจะถูกนำมาทำความสะอาดเสียก่อนแล้วบดละเอียด ซึ่งน้ำหนักตามที่ต้องการ

2. **การหลอม** นำส่วนผสมซึ่งมีอัตราส่วนตามต้องการป้อนสู่เตาหลอม ใช้อุณหภูมิหลอมเหลว ประมาณ 1,400 องศาเซลเซียส

3. **ทำเป็นรูปพรรณ** แก้วเหลวจะไหลไปตามรางเข้าสู่แม่พิมพ์หรือเครื่องเป่า ให้มีรูปพรรณตามต้องการ

4. **การอบ** นำผลิตภัณฑ์แก้วที่ได้มอบ เพื่อควบคุมอัตราการเย็นตัวของเนื้อแก้วให้เป็นไปโดยสม่ำเสมออย่างช้าๆ มิฉะนั้นจะแตกเนื่องจากแรงดันในเนื้อแก้วที่เกิดขึ้น

5. **การตกแต่ง** ภาชนะแก้วบางชนิด เช่น ขวดน้ำอัดลม จะต้องประทับตราบริษัทโดยการลำเลียงไปประทับตราด้วยวิธีการสกรีน สีที่ใช้มีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อประทับตราลงไปแล้วจะต้องนำภาชนะนั้นมาอบอีกครั้งหนึ่ง สีจะสุด สดใส และจับแน่นชูดไม่ออก

การตกแต่งอีกวิธีหนึ่งก็คือ การเจียรระไน โดยนำภาชนะแก้วที่ต้องการทำลวดลายไปสัมผัสกับสารที่มีความแข็งสูงกว่าแก้ว เช่น พกกากเพชรที่กำลังหมุนรอบตัวเองอยู่ และมีล้อเย็นขณะที่การเจียรใน กากเพชรจะขูดตัวแก้วให้เป็นรอยตามความประสงค์

การทำหลอดแก้วและลวดแก้ว (Tubing and Rod)

กระบวนการทำหลอดแก้วและลวดแก้วโดยแก้วจะหลอมเหลวอยู่รอบๆ แกนหมุนที่มีลักษณะ กลวง แก้วจะถูกดึงออกมาโดยลูกกลิ้ง ลมจะถูกเป่าออกมาโดยแกนหมุนนั้นทำให้แก้วมีลักษณะเป็นท่อ เครื่องจักรนี้จะอยู่ในลักษณะขนาน ลักษณะตั้ง หรือลักษณะเอียงลงมาข้างล่างก็ได้ การทำลวดแก้วก็ เช่นเดียวกัน เพียงแต่ไม่เป่าลมออกมาจากแกนหมุนก็จะได้ลวดแก้วออกมา

การทำแก้วแผ่นบางและแผ่นหนา (Flat Sheet and Plate)

การผลิตแก้วแผ่นเรียบสามารถกระทำได้โดยดึงหรือรีด จากภาวะที่แก้วหลอมเหลวเป็น กระบวนการที่ต่อเนื่อง แสดงกระบวนการดึงกระจกแผ่นเรียบหรือแผ่นหนาโดยเครื่องจักร ซึ่งแก้วจะ หลอมเหลวผ่านลูกกลิ้งเพื่อรีดให้เป็นแผ่นบาง และผ่านน้ำหล่อเย็น แก้วที่เริ่มเย็นตัวอยู่ในลักษณะเหนียว นุ่ม จะถูกกดเบียดระหว่างลูกกลิ้งขึ้นเป็นรูปแผ่น และถูกดึงให้เคลื่อนตัวออกมดด้วยลูกกลิ้งลูกเล็กแก้วที่

หลอมเหลวจะถูกเบียดและแทรกอยู่ระหว่างลูกกลิ้งขึ้นรูปเป็นแผ่น (Sheet) ผิวหน้าของแก้วนี้สามารถทำให้เป็นลายนูนได้ตามแบบโดยการทำลูกกลิ้งให้มีรูปร่างตามที่ต้องการ แก้วแผ่นเรียบที่ผลิตโดยวิธีดึงและรีดนี้ ผิวหน้าจะมีลักษณะหยาบ ต้องนำแผ่นแก้วนี้ไปทำให้มีผิวเรียบขนานกันและทำการขัดอีกครั้งหนึ่ง การผลิตแผ่นด้วยวิธีลอยในห้องควบคุมบรรยากาศ (Float Method)

การทำแผ่นแก้วด้วยวิธีนี้จะหลอมเหลวอยู่ในตา (Furnace) แล้วนำเข้าไปในห้องหรือถังควบคุมบรรยากาศ แก้วจะนอนหรือลอยอยู่ในห้องมีลักษณะเป็นแผ่นบาง แผ่นแก้วจะถูกเคลื่อนออกมาจากห้องโดยอยู่บนลูกกลิ้งซึ่งเรียกว่า "Lehr" และแข็งตัว แผ่นแก้วที่ผลิตด้วยวิธีการลอย (float Glass) จะมีผิวเรียบละเอียดมาก โดยไม่ต้องนำไปเจียรระไนหรือขัดต่อในภายหลัง

กระบวนการผลิตแก้วโดยการกดลงแบบ (Pressing in a Mold)

การขึ้นรูปแก้วโดยการกดแก้วที่หลอมเหลวจะอยู่ในแบบ และถูกกดให้เป็นรูปร่างด้วยแท่งลูกสูบแบบกดจะทำให้ได้ครึ่งละหนึ่งชิ้นเท่านั้น หรือการขึ้นรูปแบบแก้วในแบบชนิดถอดได้

จะเห็นว่า หลังจากการกดแท่งลูกสูบไปแทนที่ แก้วซึ่งมีลักษณะกึ่งเหลวแข็งตัวจนทะลักขึ้นมาจากเต็มแบบ การขึ้นรูปแก้วด้วยวิธีนี้จะได้ขนาดของแก้วที่มีความเที่ยงตรงสูง เพราะแก้วอยู่ในขอบเขตที่จำกัดไว้ การกดขึ้นรูปแก้วด้วยวิธีนี้ ไม่สามารถใช้ขึ้นรูปแก้วชนิดผนังบางได้หรือการขึ้นรูปขวดซึ่งแท่งลูกสูบไม่สามารถทำได้

การขึ้นรูปด้วยการเป่า (Blowing)

เป็นกรรมวิธีการเป่าแก้ว ใช้สำหรับแก้วผนังบาง เช่น ขวดแก้วและกระจกมีลักษณะการเป่า เหมือนกับการเป่าพลาสติกในแบบ การทำขวดโดยทั่วไปนิยมใช้วิธีการเป่า อากาศจะถูกเป่าดันให้แก้วที่หลอมเหลวไปติดผนังของแบบ ผนังแบบพองด้วยน้ำมันหรือน้ำผสมน้ำมันเพื่อป้องกันไม่ให้แก้วติดแบบ

กิจกรรมการเรียนการสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
<ol style="list-style-type: none"> 1. ครูเตรียมแผนการสอน 2. ครูเตรียมอุปกรณ์การเรียนการสอน สื่อการสอน แผ่นใส Power Point 3. ครูเช็คชื่อ เช็คจำนวนนักเรียน นักศึกษา 4. ครูกล่าวบทนำเข้าสู่บทเรียน 5. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินก่อนการเรียนรู้ 6. ครูนำสู่บทเรียน 7. ครูให้นักเรียนเสนอแนวคิดและข้อสงสัย 8. ครูนำหัวข้อมาให้ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มวิเคราะห์ 9. ครูสังเกตดูนักเรียน นักศึกษา ระหว่างทำการวิเคราะห์ และให้คำแนะนำการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 10. ครูสุ่มทดสอบ ถามนักเรียน นักศึกษา 11. ครูตอบข้อซักถามจากนักเรียน นักศึกษา 12. ครูร่วมกับนักเรียน นักศึกษา สรุปปัญหา 13. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินหลังการเรียนรู้ 14. ครูให้นักเรียน นักศึกษาทำแบบฝึกหัดและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมทางอินเทอร์เน็ต ฯลฯ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนเข้าเรียนตามเวลาเรียน 2. นักเรียนเตรียมอุปกรณ์การเรียน เช่น สมุด บันทึกรายชื่อ หนังสือเรียน 3. นักเรียนเช็คเวลาเรียน 4. นักเรียนฟังคำบรรยายบทนำ 5. นักเรียนลงมือทำแบบประเมินก่อนการเรียนรู้ 6. นักเรียนฟังบรรยายเนื้อหาจากสื่อการสอน 7. นักเรียนเสนอแนวคิดและข้อสงสัยของตนเอง 8. นักเรียนแบ่งกลุ่มวิเคราะห์ หัวข้อที่ได้รับ 9. นักเรียนร่วมกับเพื่อนในกลุ่มวิเคราะห์หัวข้อที่กลุ่มตนได้รับ 10. นักเรียนตอบคำถามอาจารย์ผู้สอน 11. นักเรียนตั้งคำถามอาจารย์ผู้สอน 12. นักเรียนร่วมกับอาจารย์ผู้สอนสรุปเนื้อหา 13. นักเรียนทำแบบประเมินหลังการเรียนรู้ 14. นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ได้รับและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมทางอินเทอร์เน็ต ฯลฯ

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ทำแบบประเมินก่อนการเรียน 15 ข้อ

ขณะเรียน

1. เสนอแนวความคิดความเห็น ข้อสงสัยต่ออาจารย์ผู้สอน
2. นักเรียนฟังบรรยายจากสื่อการสอน
3. นักเรียนจดบันทึก
4. ถาม – ตอบข้อสงสัย
5. แบ่งกลุ่มเพื่อร่วมกันทำการวิเคราะห์
6. ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอ

หลังเรียน

1. ทำแบบประเมินหลังการเรียน 15 ข้อ
2. แบบฝึกหัด
3. ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. หนังสือเรียนวัสดุช่าง
2. แผนการสอน
3. เอกสารประกอบการสอนต่าง ๆ

สื่อโสตทัศน (ถ้ามี)

1. แผ่นใส
2. สื่อช่วยสอน Power Point

หุ่นจำลองหรือของจริง

ไม่มี

การประเมินผล

ก่อนเรียน

ถามตอบความรู้พื้นฐาน

แบบประเมินก่อนการเรียน

ขณะเรียน

1. ถามตอบ
2. สังเกตการณ์ทำงานขณะแบ่งกลุ่ม
3. คะแนนประเมินตามสภาพจริงการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะ

อันพึงประสงค์

หลังเรียน

1. แบบประเมินหลังการเรียน
2. แบบฝึกหัด
3. ข้อมูลที่ค้นคว้าเพิ่มเติม

บันทึกหลังการสอน

ข้อสรุปหลังจัดการเรียนรู้

ปัญหาที่พบ

แนวทางแก้ปัญหา

(-----)

ครูผู้สอน

วันที่-----

แบบประเมินผลการเรียนรู้ก่อนเรียน/หลังเรียน

คำชี้แจง ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด โดยเขียนเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของแก้ว

- ก. ทนต่อแรงกระแทกได้ดี
- ข. มีความแข็งแรงมาก
- ค. เจียรระไนได้
- ง. ดึงเป็นเส้นใยได้

2. วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อแก้วคืออะไร

- ก. เม็ดพลาสติก
- ข. ททราย
- ค. กระจกเบื้อง
- ง. กระจกใน

3. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของแก้ว

- ก. เป็นฉนวนไฟฟ้า
- ข. ทำให้มีสีต่างๆ ได้
- ค. อ่อนตัวเป็นรูปร่างได้เมื่อทำให้ร้อน
- ง. ถูกทุกข้อ

4. โดยทั่วไปนิยมเติมสารอะไรลงไปในแก้ว เพื่อช่วยให้เนื้อแก้วมีความคงทน เนื่องจากสารนั้นหาได้ง่าย และมีราคาถูก

- ก. แคลเซียมออกไซด์ (CaO)
- ข. แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃)
- ค. สังกะสีออกไซด์ (ZnO)
- ง. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (Al₂O₃)

5. สารที่ช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลายหรือที่เรียกว่า Flux นิยมใช้สารชนิดใด

- ก. เศษแก้ว
- ข. โซเดียมออกไซด์ (Na₂O)
- ค. Silica (SiO₂)
- ง. สังกะสีออกไซด์ (ZnO)

6. แก้วถ้าเย็นตัวลงเร็วมากเกินไปจะเกิดอย่างไร

- ก. แก้วในชั้นแต่แข็ง
- ข. แก้วมัวไม่ใส และเปราะแตกง่าย
- ค. แก้วเกิดการบิดงอ
- ง. ผิวแก้วเป็นเม็ด ไม่เรียบ

7. มีการพบแก้วและทำแก้วขึ้นมาครั้งแรกโดยชาวอะไร

- ก. ชาวเปอร์เซีย
- ข. ชาวโรมัน
- ค. ชาวอียิปต์
- ง. ชาวอิตาลี

8. มีการพบแก้วเกลียวมีวิธีการผลิตอย่างไร
- ก. จับก้านแก้วบิดขณะเป่าให้ร้อน
 - ข. ชังอากาศไว้ภายในแล้วดูดอากาศออก ก้านแก้วจะบิดเป็นเกลียว
 - ค. เทแก้วที่หลอมเหลวลงในแบบที่เป็นก้านเกลียว
 - ง. ถูกทุกข้อ
9. แก้วในห้องทดลอง เป็นแก้วที่ทนต่อความร้อน มีคุณสมบัติพิเศษกว่าแก้วประเภทอื่น ต้องใส่สารอะไรแทนโซดา
- ก. ตะกั่ว
 - ข. บอริกออกไซด์ (Boric Oxide)
 - ค. แคลเซียมออกไซด์ (CaO)
 - ง. สังกะสีออกไซด์ (ZnO)
10. แก้วที่ใช้ทำเทอร์โมมิเตอร์ ต้องผสมธาตุใดลงไปเพื่อมีคุณสมบัติพิเศษ
- ก. ตะกั่ว
 - ข. แคลเซียมออกไซด์ (CaO)
 - ค. บอริกออกไซด์ (Boric Oxide)
 - ง. แคลเซียมฟอสเฟต (Calcium Phosphate)
11. กระจกเงานิยมผสมเกลือเงินลงไปในการบวนการผลิต ส่วนด้านหลังจะฉาบด้วยอะไร
- ก. ตะกั่ว (Pb)
 - ข. ทองแดง (Cu)
 - ค. เงิน (Ag)
 - ง.ปรอท (Hg)
12. ต้องการแก้วสีแดง ต้องผสมสารใดลงไปในส่วนผสม
- ก. แมงกานีสออกไซด์ (MnO)
 - ข. จุนสี (CuSO₂)
 - ค. สารประกอบโครเมียม
 - ง. แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS)
13. แก้วจะถูกดันออกมา ในขณะที่เดียวกัน ลมก็จะถูกเป่าออกมาจากแกนหมุนเป็นการผลิตแก้วลักษณะใด
- ก. เป็นการผลิตขวดแก้ว
 - ข. เป็นการผลิตหลอดแก้ว
 - ค. เป็นการผลิตแผ่นแก้ว
 - ง. เป็นการผลิตขวดแก้ว
14. การผลิตแผ่นแก้วด้วยวิธีใดซึ่งจะทำให้แผ่นแก้วมีผิวเรียบและละเอียดโดยไม่ต้องนำไปขัดอีก
- ก. วิธีลอยในอ่างควบคุมบรรยากาศ
 - ข. โดยวิธีการดึง-รีด
 - ค. วิธีกดแก้วลงในแบบ
 - ง. โดยวิธีการเป่าลม
15. การผลิตขวดแก้วหรือกระดิกน้ำ ควรใช้กรรมวิธีการผลิตแบบใด
- ก. โดยวิธีใช้แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง
 - ข. โดยวิธีการดึง-รีด
 - ค. วิธีกดแก้วลงในแบบ
 - ง. โดยวิธีการเป่าลม

เฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้ก่อนเรียน/หลังเรียน