Glass-Ceramic

สุมาลี ลิขิตวนิชกุล

ผลิตภัณฑ์แก้วเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทุกท่านรู้จักกันเป็นอย่างดี ใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง ในครัวเรือน อุปกรณ์สำนักงาน และเครื่องมือเครื่องใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้มีการศึกษาและพัฒนาแก้วทางด้านส่วนผสมและขบวนการผลิตมาเป็นเวลานาน จนกระทั่งได้มีผลิตภัณฑ์แก้วชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ สามารถนำไปใช้ในงานเฉพาะทางได้หลายสาขา เช่น ในทางการแพทย์ อวกาศ อุตสาหกรรมเคมี อีเลคโทรนิคส์และอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

แก้วชนิดดังกล่าวเป็นพวก glass-ceramic ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นผลึก และส่วนที่เป็นแก้ว ลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีความขุ่นหรือทึบแสง เช่น พวกถ้วยชามทนไฟ แต่บางชนิดจะมีความใสเหมือนแก้วทั่วไป คุณลักษณะพื้นฐานของพวก glass-ceramic ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของส่วนที่เป็นผลึกที่แยกออกมาและส่วนที่เป็นแก้วที่เหลืออยู่ สิ่งสำคัญที่ทำให้ glass-ceramic ต่างจากแก้วทั่วไป คือ ผลึกที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลึกขนาดเล็กที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ชนิดของส่วนที่เป็นผลึกและคุณสมบัติของพวก glass-ceramic สามารถกำหนดได้โดยการควบคุมส่วนผสมเริ่มต้นและควบคุมความร้อนที่ทำให้เกิดการก่อตัว และการเติบโตของผลึก

การเตรียม glass-ceramic ขึ้นอยู่กับ nuclei ที่มีจำนวนมากพอและมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงพอจะกล่าวได้ว่า ปัจจัยสำคัญในการผลิตคือ

1. การเลือกส่วนผสมที่จะให้ผลึกที่มีชนิดและคุณสมบัติตามต้องการ
2. การเลือกตัวช่วยตกผลึก (nucleating agent) ที่เหมาะสม
3. การเลือกอุณหภูมิและระยะเวลาในขบวนการให้ความร้อนเพื่อให้เกิด nucleation และการเติบโตของผลึกที่พอเหมาะ

ส่วนผสมของ glass-ceramic

วัตถุดิบที่ใช้ทำ glass ceramic นั้น ส่วนใหญ่จะเหมือนกับวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วทั่วไป ได้แก่ ทราย แร่ฟันม้า โซดาแอช หินปูน เป็นต้น แต่จะต้องคำนึงถึงสิ่งปนเปื้อนในวัตถุดิบมากเป็นพิเศษ ดังนั้น การควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบจึงเป็นสิ่งสำคัญ ข้อกำหนดคุณภาพของวัตถุดิบแต่ละชนิดสามารถแปรได้ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต เช่น ในการผลิต Semiconductor และ Optical glass จะกำหนดคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมไว้ต่างกัน สิ่งสกปรกหรือสิ่งที่เติมเข้าไปในส่วนผสม จะต้องมีการควบคุม เพราะสิ่งเหล่านี้สามารถเป็น nucleating catalyst ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดผลึกและคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์

ส่วนผสมในการผลิต glass-ceramic ควรจะเป็นส่วนผสมที่ทำให้เกิดแก้วที่เกิดผลึกได้ค่อนข้างง่ายเมื่อเผาซ้ำที่อุณหภูมิที่เหมาะสม และจะต้องอยู่ในสภาพเดิมระหว่างที่เย็นตัว เพื่อที่จะสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีธรรมดาได้ โดยไม่เกิดการแยกตัวของส่วนที่เป็นผลึก

การศึกษาและเลือกส่วนผสมกระทำโดยใช้ phase diagram ของ oxides ในระบบต่าง ๆ เช่น SiO_2-Li_2O, SiO_2-Al_2O_3-ZnO และ SiO_2-Li_2O--ZnO เป็นต้น ชนิดของ oxide ที่ประกอบกันในแต่ละระบบและ nucleating agent ที่เหมาะสมจะทำให้ได้ผลึกต่าง ๆ กันไป

ออกไซด์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตแก้วประกอบด้วยออกไซด์ 2 พวกคือ

1. Network forming oxides เป็นตัวที่ทำให้เกิด random network structure ของแก้ว ได้แก่ SiO_2 และ B_2O_3
2. Network modifying oxides เป็นตัวช่วยให้เกิดการหลอมเป็นแก้วง่ายขึ้น ได้แก่ Na_2O, Li_2O

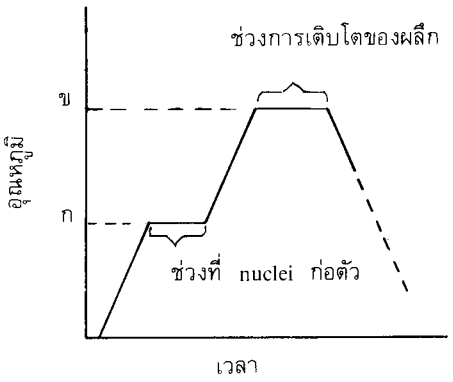
นอกจากนั้นยังมี nucleating agent ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งที่จะช่วยทำหน้าที่เป็นจุดก่อตัวของผลึก nucleating agent ที่เหมาะสมควรมีโครงสร้างใกล้เคียงกับผลึกที่ต้องการ ควรละลายได้หมดในช่วงอุณหภูมิที่หลอมแก้ว แต่ควรมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าแก้วเพื่อที่จะได้เกิด nuclei ขึ้นขณะที่อุณหภูมิต่ำลง และควรแพร่กระจายได้เร็วกว่าอิออนของแก้ว ตัวอย่างของ nucleating agent ได้แก่ Ag, Au, Pt, Cu, TiO_2,-ZrO_2

ขั้นตอนการผลิต

Glass-ceramic มีขั้นตอนการผลิตเหมือนกับการผลิตแก้วธรรมดา โดยเริ่มจากการเตรียมส่วนผสมนำไปหลอมและขึ้นรูป แต่ได้เพิ่มขั้นตอนสำหรับการผลิตพวก glass-ceramic โดยเฉพาะคือการควบคุมการเกิดผลึก ซึ่งจะทำหลังจากการขึ้นรูป หรือหลังจากการอบเหนียวก็ได้

การควบคุมการเกิดผลึกนี้ ทำโดยการควบคุมอุณหภูมิของแก้วให้มี nucleation และอัตราการเติบโตของผลึกที่พอเหมาะเพื่อเปลี่ยนภาวะของแก้วให้เป็นผลึกที่มีการกระจายตัวและขนาดสม่ำเสมอโดยรักษา glass phase บางส่วน ซึ่งจะช่วยควบคุมไม่ให้รูปร่างของผลิตภัณฑ์เสียไปได้

การให้ความร้อนในช่วงนี้ แบ่งเป็น 2 ขั้น ดังรูป



เริ่มต้นจากการที่แก้วได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ๆ จนถึงจุดที่ nuclei เริ่มก่อตัว (อุณหภูมิ ก.) เมื่อถึงจุดนี้จะต้องรักษาอุณหภูมิในช่วงนี้ให้คงที่ในระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เกิด nuclei ในปริมาณที่พอเหมาะ โดยทั่วไปจะใช้ประมาณครึ่งถึงสองชั่วโมง

ขั้นต่อไปเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ เพื่อให้เกิดการเติบโตของผลึกจาก nuclei (อุณหภูมิ ก-ข) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิในช่วงนี้สำคัญมาก เพราะเป็นช่วงที่แก้วจะเกิดการบิดเบี้ยวได้ หลังจากเพิ่มอุณหภูมิถึงจุดที่มีการเติบโตของผลึกดีที่สุดแล้ว (อุณหภูมิ ข) ให้รักษาอุณหภูมิไว้ระยะหนึ่ง จนได้ปริมาณผลึกตามต้องการ

สุดท้ายเป็นช่วงของการลดอุณหภูมิลง ซึ่งสามารถลดลงได้ในอัตราที่ค่อนข้างเร็ว glass-ceramic มีคุณสมบัติการขยายตัวต่ำ และทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงได้

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของแก้วในระบบต่าง ๆ ชนิดของผลึก และคุณสมบัต

ระบบของแก้ว	Sio_2-Al_2O_3-Li_2O	Sio_2-$Al_2O_3Cu_2O$	Sio_2-Li_2O-Zno
ตัวช่วยตกผลึก	Tio_2, P_2O_5	-	P_2O_5, Pt,Ag,Au
ชนิดของผลึก	B-Spodumene	B-Spodumene	Li_2O-Sio_2
คุณสมบัติ	- สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ - ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง	- สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ	- ความแข็งแรงเชิงกลสูง - การนำไฟฟ้าต่ำ

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติของ glass-ceramic และประโยชน์ใช้สอย

คุณสมบัติ	ตัวอย่างการใช้งาน
มีความแข็งแกร่งเชิงกล และความทนทานต่อสารเคมี มีความต้านทานต่อแรงกระทบ และการขัดถู มีความแข็ง, ความต้านทานต่อการขัดถู, ความแข็งแกร่งเชิงกล สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน=0 แสงสามารถผ่านได้ สามารถขัดให้ผิวมันเงาได้ดีเยี่ยม	- วัสดุก่อสร้าง (แผ่นกระเบื้องทนการกัดกร่อนสูง) แผ่นขัด หัวฉีดสารเคมีที่กัดกร่อนรุนแรง ท่อน้ำ. สารเคมีในอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี ท่อน้ำทิ้ง - แบริ่ง วาล์ว ชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมสิ่งทอ - กล้องดูดาว กระจกกล้องส่งทางไกล อุปกรณ์เครื่องเลเซอร์

คุณสมบัติ

เนื่องจาก glass-ceramic ไม่มีรูพรุนและมีผลึกขนาดเล็กกระจายอย่างสม่ำเสมอในส่วนที่เป็นแก้ว จึงทำให้คุณสมบัติของ glass-ceramic ในชิ้นเดียวกันไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะทำการวัดในทิศทางใด นอกจากนั้นยังสะท้อนคุณสมบัติหลายประการที่ต่างจากทั้งแก้วและเซรามิก

Glass-ceramic มีคุณสมบัติที่เด่นกว่าแก้วธรรมดาในหลายด้าน เช่น มีคุณสมบัติเชิงกลที่แข็งแรงกว่า มีความแข็งแกร่งสูงกว่า มีความแข็งและทนต่อการขัดถู มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ นำความร้อนสูงกว่าแก้ว แต่ต่ำกว่าเซรามิก มีความต้านทานไฟฟ้าสูง และมีความทนทานต่อสารเคมีสูง เป็นต้น

คุณสมบัติของ glass-ceramic ส่วนใหญ่จะขึ้นกับคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ ซึ่งครอบคลุมปริมาตรส่วนใหญ่ไว้ และขึ้นกับ glass phase บางส่วนด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปเราสามารถคาดคะเนคุณสมบัติของ glass-ceramic ได้จากชนิดของส่วนที่เป็นผลึก ส่วนประกอบทางเคมีของแก้ว และส่วนผสมของแก้ว

ประโยชน์ใช้สอย

จากคุณสมบัติหลายประการของ glass-ceramic เช่น ทางเชิงกล ความร้อนและไฟฟ้า มีความทัดเทียมหรือบางครั้งอาจจะดีกว่าวัสดุที่ใช้ในปัจจุบัน ทั้งยังมีคุณสมบัติทางแสงที่ดีมาก และทนต่อสารเคมีได้สูง จากการผสมผสานคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้วัสดุประเภทนี้มีขอบเขตการใช้งานที่กว้าง ทั้งวงการอุตสาหกรรม ห้องทดลอง ทางการแพทย์ หรือแม้แต่ในครัวเรือน ซึ่งสามารถที่จะทดแทนวัสดุที่เริ่มขาดแคลนและนำไปสู่ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่ดีกว่า

จะเห็นได้ว่า glass-ceramic มีประโยชน์และมีความสำคัญมาก เนื่องจากคุณสมบัติที่โดดเด่นและยังมีขั้นตอนการผลิตง่ายเช่นเดียวกับแก้วธรรมดา ทำให้สามารถพัฒนาและผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะใหม่ ๆ ได้ ทำให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในปัจจุบัน glass-ceramic เริ่มเป็นสิ่งจำเป็นที่จะขาดเสียมิได้สำหรับใช้ในการพัฒนาการผลิตสาขาอื่น ๆ