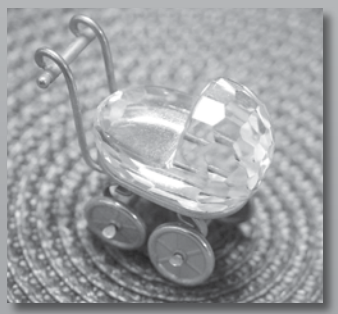
แก้วเจียระไนที่ปราศจากตะกั่วและแบเรียม

เทพีวรรณ จิตรวัชรโกมล

แก้วเจียระไนแตกต่างจากแก้วทั่วไป คือ เนื้อแก้วมีความแวววาว ใส และมีความหนาแน่นสูง เคาะมีเสียงดังเพราะกังวาน สาเหตุที่ทำให้แก้วมีสมบัติดังกล่าว เนื่องจากเนื้อแก้วมีวัตถุดิบที่ช่วยให้แก้วหลอมเหลวได้ง่าย เนื้อแก้วมีความหนัก ตัวอย่างเช่น ตะกั่ว แบเรียม การใช้ตะกั่วผสมในแก้วมีมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 17 ดังนั้นคำว่า crystal glass ก่อนหน้านี้เป็นที่รู้กันว่า หมายถึง lead crystal glass นั่นเอง แก้วของบริษัท Swarovski ที่มีชื่อเสียง มีตะกั่วถึงร้อยละ 24-33 จึงทำให้แก้วมีดัชนีหักเหสูง (refractive index) ส่งผลให้เกิดความแวววาว คำจำกัดความทางด้านวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่าแก้วเจียระไนได้นั้น ต้องมีค่าดัชนีหักเหสูงมากกว่า 1.52 และค่าความหนาแน่น มากกว่า 2.5 Abbe no ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงการกระเจิงของแสง ควรต่ำกว่า 48

จากกระแสและความตื่นตัวด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม วัตถุมีพิษใด ๆ ต้องไม่มีในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน นอกเหนือจากแคดเมียมที่ทราบกันดีว่ามีพิษสูง ตะกั่วและแบเรียม ซึ่งมีพิษกับร่างกายเช่นกัน ก็ไม่ควรมีในแก้วอีกต่อไป ตะกั่วเมื่อสะสมอยู่ในร่างกายจะส่งผลต่อการพัฒนาทางด้านสมองของเด็กที่กำลังเจริญเติบโต โดยทั่วไปนั่นทำให้เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลงทำให้เป็นโรคโลหิตจางซึ่งเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์ และอันตรายต่อระบบประสาท ไต ทางเดินอาหาร ตับ และ หัวใจ ส่วนในผู้ใหญ่อาจจะมีผลต่อทางเดินอาหารและระบบประสาท ที่น่าสนใจคือมีคำเตือนจาก องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) ว่าสารละลายบางอย่าง เช่น ไวน์ และน้ำผลไม้บางชนิดอาจเป็นตัวเร่งให้ตะกั่วที่มีในแก้วละลายออกมาปนได้ จึงไม่สมควรใช้ภาชนะที่มีตะกั่วกับอาหารและยา สำหรับประเทศไทย ข้อกำหนดของปริมาณตะกั่วที่ยอมให้มีได้ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (TIS) ใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO ซึ่งแบ่งตามประเภทของภาชนะเป็น 3 กลุ่ม ขีดจำกัดที่อนุญาตให้มีได้ คือ 0.8 มิลลิกรัมต่อ 9 ตารางเดซิเมตรสำหรับภาชนะแบบแบน สำหรับภาชนะแบบลึกขนาดเล็ก และภาชนะแบบลึกขนาดใหญ่ขีดจำกัดที่อนุญาตให้มีได้ คือ 2.00 และ 1.00 ส่วน มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ด้วยความตระหนักถึงโทษของตะกั่วและสารพิษอื่น ทำให้ได้มีการศึกษาแก้วเจียระไนที่ปราศจากตะกั่วและแบเรียม (lead barium free glass) อย่างกว้างขวางเกิดสิทธิบัตรประมาณ 20 สิทธิบัตร ในการพยายามหาวัตถุดิบอื่นที่มีพิษน้อยกว่าหรือไม่มีพิษใด ๆ มาแทนตะกั่วและแบเรียม โดยยังคงสมบัติของแก้วเจียระไนไว้ให้มากที่สุด การศึกษาและปรับสูตรของแก้วเจียระไน นอกจากต้องคำนึงถึงสมบัติกายภาพของแก้วที่จะได้ ควรต้องคำนึงถึงต้นทุนด้วย วัตถุดิบที่ใช้โดยเฉพาะทรายต้องมีสิ่งเจือปน เช่น เหล็ก โครเมียม น้อยที่สุด กลุ่มวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้แทนตะกั่วได้ คือ ซิงค์ออกไซด์ แคลเซียมอ็อกไซด์ สตรอนเทียมอ็อกไซด์ และเซอร์โคเนียมอ็อกไซด์ โดยอาจใช้วัตถุดิบเหล่านี้ตัวใดตัวหนึ่ง หรือใช้ด้วยกัน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในการพัฒนาด้านนี้ ยังคงมีอย่างต่อเนื่อง กรมวิทยาศาสตร์บริการได้เริ่มงานวิจัยแก้วเจียระไนที่ไม่มีตะกั่วและแบเรียมมาตั้งแต่ปี 2550 โดยมีสูตรหลัก คือ 49 SiO_2 13 Na_2O 9.6 CaO 2.9 AL_2O_3 2.3 B_2O_3 1 K_2O 1.9 Li_2O วัตถุดิบที่ใส่เพื่อเพิ่มสมบัติให้เป็นแก้วเจียระไน คือ TiO_2 ZnO และ ZrO_2 ในงานวิจัยนี้ได้แปรเปลี่ยน ZrO_2 เพื่อเพิ่มดัชนีหักเหของแก้ว ร้อยละ 2-9 หลอมในเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1500 °C อบคลายความเครียดที่อุณหภูมิ 570°C ประมาณ 1 ชั่วโมง ชิ้นงานที่ได้นำไปขัดผิวหน้าให้เรียบ ขัดเงาแล้วนำไปวัดค่าดัชนีหักเหของแสงและค่าความหนาแน่น ผลจากการวัดสมบัติทางกายภาพและแก้วที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

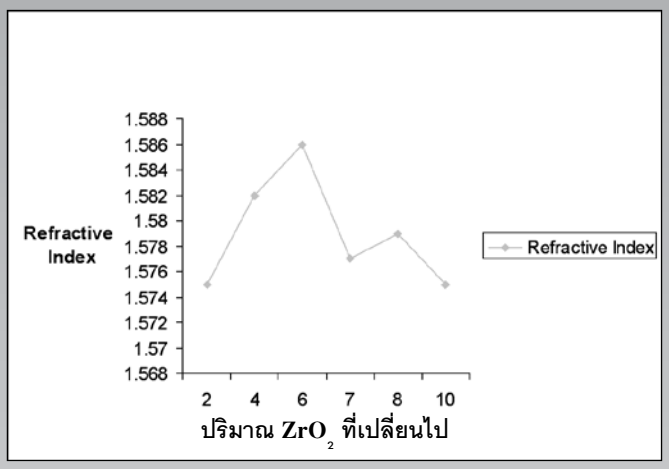


ตารางที่ 1 สมบัติกายภาพและแก้วที่ได้จากงานวิจัย

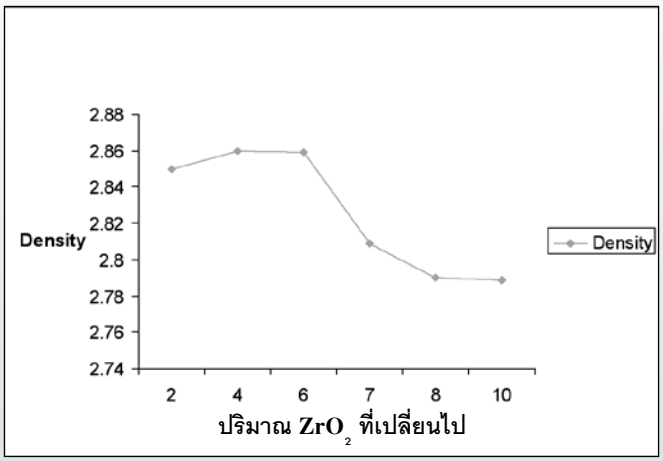
สูตร	ปริมาณZrO_2, ร้อยละ	ลักษณะแก้ว	ดัชนีหักเหของแสง (nD)	ความหนาแน่น (ρ, g/cc)
1	2		1.575	2.85
2	4		1.582	2.86
3	6		1.586	2.859
4	7		1.577	2.809
5	8		1.579	2.79
6	10		1.575	2.789

แก้วที่ได้มีฟองอากาศเล็กน้อย แต่มีสีที่ใส ได้พบความสัมพันธ์เมื่อปริมาณของ ZrO_2 ที่เพิ่มขึ้นกับค่าดัชนีหักเหแสง และความหนาแน่น ดูได้ง่ายขึ้นจากภาพที่ 1

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ ZrO_2 ที่เปลี่ยนไป กับ Refractive Index



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ ZrO_2 ที่เปลี่ยนไป กับ Density



ภาพที่ 1 ค่าดัชนีหักเหแสง และความหนาแน่นของแก้วเมื่อเพิ่มปริมาณของ ZrO_2

เมื่อเพิ่มปริมาณ ZrO_2 มากกว่าร้อยละ 6 กับสูตรแก้วที่ใช้ พบว่าไม่มีผลในการเพิ่มค่าดัชนีหักเหและความหนาแน่น ในทางตรงกันข้ามกลับทำให้สมบัติทั้งสองลดลง นั่นเป็นเพราะ ZrO_2 ซึ่งมีคุณสมบัติก้ำกึ่งระหว่างตัวทำให้เกิดแก้ว (glass former) และตัวปรับสภาพแก้ว (glass modifier) เมื่อมีปริมาณมากขึ้นจะเข้าไปพยายามเกิดเป็นร่างแหแทน SiO_2 ทำให้ร่างแหเดิมอ่อนแอ ความหนาแน่นจึงลดลง

แก้วทุกสูตรมีสมบัติที่เป็นเจียระไนได้ แต่ความใสของแก้ว สูตรเบอร์ 10 มีความใสมากที่สุด แต่เนื่องจาก ZrO_2 มีราคาสูงจึงเลือกสูตรที่ต้นทุนถูกกว่า แต่มีสมบัติกายภาพของแก้วเจียระไนที่ดีกว่า และมีความใสในระดับหนึ่ง คือสูตรเบอร์ 2 แก้วที่มี ZrO_2 ในปริมาณร้อยละ 4 มีคุณสมบัติกายภาพค่าความหนาแน่น 2.86 ดัชนีหักเห 1.582 งานวิจัยนี้หลังจากสรุปแล้วจะเผยแพร่ผลงานสู่เชิงพาณิชย์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

British Standards Institution. Crystal glass : specification for crystal glass. **BS 3828**: 1973.

Lead-and barium-free crystal glass. [Online] [Cite dated 18 March 2551] Available from Internet : **http://www.freepatentsonline.com** 7202188. html.

พิชญ์รัตน์ อินทร์เอื้อ. Lead-and barium free crystal glass. **ข่าวสารเซรามิก**, เมษายน-มิถุนายน, 2548, ปีที่ 5, ฉบับที่ 18, หน้า 8-9.

พิมพวัลคุ์ วัฒโนภาส และคณะ. กรณีศึกษา ศักยภาพห้องปฏิบัติการทดสอบโลหะหนักในภาชนะเซรามิกและแก้วของประเทศไทย. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่ง สกว.**, ธันวาคม, 2549.