



บทที่ 2

ความรู้เกี่ยวกับแก้ว

ผลิตภัณฑ์แก้วที่เราใช้กันแพร่หลายอยู่ทุกวันนี้ ถ้ามองดูผิวเผินก็เหมือนกับภาชนะเครื่องใช้
สอยอื่น ๆ ทั่ว ๆ ไป แต่ความจริงการกำเนิดของวัสดุที่เรียกว่าแก้วนี้มีมานานนับเป็นศตวรรษแล้ว
ยิ่งกว่านั้นแก้วยังมีประวัติความเป็นมาอันวิจิตรพิศดารอีกด้วย ในสมัยดึกดำบรรพ์ ช่างทำแก้วจะได้รับ
การยกย่อง และมีสิทธิพิเศษต่าง ๆ เป็นต้นว่า ช่างทำแก้วในกรุงโรมได้รับอนุญาตให้ตั้งสถานที่ทำแก้ว
บนถนนสายพิเศษในส่วนของตัวเมือง ในสมัย Byzantine ประมาณ ค.ศ. 438 ช่างทำแก้วได้รับ
ยกเว้นการเสียภาษี ส่วนใน Venice และ L' Attare ประเทศอิตาลีในยุค Renaissance นั้น
ช่างทำแก้วได้รับยกย่องว่าเป็นผู้ดีมีสกุล สำหรับในอังกฤษผู้ที่มีตำแหน่งสูงสุดในแผ่นดิน สามารถทำแก้ว
ได้โดยไม่สูญเสียเกียรติยศชื่อเสียง^{1/} ดังนั้นก่อนที่จะศึกษาถึงผลิตภัณฑ์แก้วชนิดต่าง ๆ ที่เราใช้กัน
อยู่ทุกวันนี้ในประเทศไทย ผู้เขียนจะขอกล่าวถึงความเป็นมาของแก้วตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ตลอด
จนชนิด ประเภท และคุณสมบัติของแก้วเสียก่อน

ประวัติความเป็นมาของแก้ว

เอกสารต่าง ๆ ที่บันทึกเกี่ยวกับความเป็นมาของแก้ว ล้วนแต่กล่าวว่ามีมนุษย์ได้ค้นพบแก้ว
มาหลายพันปีแล้ว โดยจะเห็นได้จากเครื่องมือเครื่องใช้เมื่อ 500 ศตวรรษที่ผ่านมาทำจากแก้ว ซึ่ง
เกิดจากภูเขาไฟระเบิด^{2/} สำหรับแก้วที่ประดิษฐ์โดยมนุษย์นั้นเกิดขึ้นเป็นเวลามากกว่า 4,000 ปี
มาแล้ว และเชื่อกันว่ามีการผลิตแก้วขึ้นเป็นครั้งแรกในแถบเอเชียตะวันตก^{3/} มีตำนานเกี่ยวกับ

^{1/} Ruth Hurst Vose, Glass (London : National Magazine Co. Ltd., 1975),
P.14.

^{2/} James E. Hammesfahr and Clair L. Stong, Creative Glass Blowing
(San Francisco : W.H. Freeman and Company, 1968), P.1.

^{3/} Ruth Hurst Vose, Glass, P. 14.

การค้นพบการเกิดขึ้นของแก้วที่เขียนขึ้นโดย Pliny ในสารานุกรมของชาว Roman เมื่อ 2,000 ปีมาแล้ว กล่าวว่าการเกิดขึ้นของแก้วได้ถูกค้นพบโดยบังเอิญ เมื่อพ่อค้าแร่ไปตั้งค่ายพักแรมระหว่างเดินทางบนฝั่งทรายสีขาว บนฝั่งแม่น้ำ Belus ในพีเซีย บริเวณที่พวกเขาตั้งค่ายอยู่นั้นไม่มีก้อนหินเลย พวกเขาจึงใช้ก้อนโซดาองขึ้นมาเป็นขาตั้งเตาไฟเพื่อก่อไฟทำอาหารเป็น เช้าวันรุ่งขึ้นพวกเขา ก็ได้พบวัสดุชนิดหนึ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ ไม่ใสและไม่ทึบแสงมีขอบคม นั่นคือแก้ว^{1/} ซึ่งเป็นการค้นพบสูตรการทำแก้วโดยบังเอิญ กล่าวคือ ความร้อนจากกองไฟได้หลอมละลายทรายกับโซดา ทำให้เกิดเป็นแก้วขึ้น

วัตถุที่ทำจากแก้วในระยะแรก ๆ เป็นพวกลูกบิดแก้ว ส่วนภาชนะแก้วปรากฏขึ้นเมื่อประมาณ 1,500 - 1,600 ปีก่อนคริสตกาล ภาชนะแก้วในระยะเริ่มแรกนั้น พบในแถบเอเชียตะวันตก ตามสถานที่ เช่น Tell al Rimah and Assur ครั้นแล้วก็พบในอียิปต์ ซึ่งเป็นสถานที่ซึ่งอุตสาหกรรมภาชนะแก้วได้เกิดขึ้นระหว่างศตวรรษที่ 15 ก่อนคริสตกาล อย่างไรก็ตามการผลิตแก้วก็ได้หยุดชะงักลงเกือบหมดเมื่อประมาณ 1,200 ปีก่อนคริสตกาล จนกระทั่งเมื่อประมาณ 900 ปีก่อนคริสตกาล การผลิตแก้วจึงได้รับการฟื้นฟูขึ้นมาอีกในเอเชียบนฝั่ง Syrian และใน Mesopotamia ต่อมาในศตวรรษที่ 4 ก่อนคริสตกาล ศูนย์กลางการผลิตแก้วได้เปลี่ยนไปสู่ Alexandria เมื่อพระเจ้า Alexander รบได้ชัยชนะในเอเชีย และอาจเป็นไปได้ว่าจากที่นั่นที่การทำแก้วได้แพร่เข้าไปสู่อิตาลีในศตวรรษแรกก่อนคริสตกาล^{2/}

ในระยะ 1,400 ปีก่อนที่การผลิตแก้วโดยวิธีเป่าจะ ได้ถูกค้นพบขึ้นในศตวรรษแรกก่อนคริสตกาลนั้น มีเทคนิคการผลิตแก้วอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่สำคัญที่สุดและเป็นวิธีที่ใช้ทำภาชนะแก้วส่วนใหญ่ในสมัย Pre-Roman ก็คือ "The Core Technique"^{3/} โดยมีกรรมวิธีดังนี้คือ นำแม่แบบรูปกลวงซึ่งทำด้วยโคลนและมัดให้แน่นด้วยฟางอีกครั้งหนึ่ง มาติดแน่นกับหลอดโลหะด้ามยาว แล้วใส่

^{1/} James E. Hammesfahr and Clair L. Stong, Creative Glass Blowing, P. 1.

^{2/} Ruth Hurst Vose, Glass, P. 14.

^{3/} Ibid.

น้ำแก้วที่หลอมละลายลงในแม่แบบจนเต็ม ครั้นแล้วช่างทำแก้วจะจับด้ามหลอดโลหะซึ่งติดอยู่กับแม่แบบนั้นหมุนไปมาบนแผ่นหิน เพื่อให้ผิวนอกของแม่แบบหรือภาชนะ เรียบ เมื่อคลี่จนได้ที่แล้ว ภาชนะนั้นจะถูกตักแต่งโดยใช้แก้วสีเป็นทางยาว ๆ ดัดรอบ ๆ ภาชนะให้เป็นลวดลายตามที่ต้องการ ครั้นแล้วภาชนะนั้นจะถูกคลี่ให้เรียบอีกครั้งหนึ่ง ขึ้นลวดทำช่างทำแก้วจะติดด้าม ขาดังและขอบเข้าไปกับตัวภาชนะ เมื่อแก้วเป็นลงหลอดโลหะจะถูกดึงออกและแม่แบบที่ทำด้วยโคลนนั้นจะถูกแกะออกทีละน้อย กรรมวิธีการผลิตแก้วแบบนี้ต้องอาศัยความชำนาญมากและเป็นงานที่ต้องใช้ความอดทนด้วย ดังนั้นภาชนะแก้วที่ผลิตได้จึงเป็นภาชนะที่มีค่าและแสดงถึงความหรูหราของพวกคนชั้นสูง โดยทั่วไปภาชนะที่ทำโดย Core-Technique นี้สูงไม่เกิน 100-200 m.m. หรือประมาณ 3.9 - 7.8 นิ้ว ส่วนใหญ่ใช้ใส่น้ำหอมและเครื่องสำอางค์ต่าง ๆ

หลังจากที่อาณาจักรโรมันได้ตั้งขึ้นในศตวรรษแรกก่อนคริสตกาลแล้ว ได้เกิดการค้นพบครั้งยิ่งใหญ่ในประวัติศาสตร์การทำแก้ว นั่นคือ การค้นพบหลอดเป่าแก้ว โดยอาศัยหลักที่ว่าน้ำแก้วที่หลอมละลายแล้ว สามารถถูกเป่าให้พองได้เหมือนการเป่าฟองสบู่ สิ่งทำให้ช่างทำแก้วสามารถเป่าแก้วให้มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กันหลายแบบได้ นับเป็นครั้งแรกที่มนุษย์สามารถทำแก้วได้โดยวิธีเป่า คาดกันว่าการเป่าแก้วได้ถูกคิดค้นขึ้นใน Syria เป็นแห่งแรก เมื่อเทคนิคการเป่าแก้วได้เกิดขึ้นแล้ว ก็มีการผลิตแก้วครั้งละจำนวนมากตลอดสมัยอาณาจักรโรมัน และเทคนิคนี้ก็ยังไม่ได้สูญหายไปตราบเท่าทุกวันนี้ ^{1/}

การเป่าแก้วที่ค้นพบครั้งแรกนั้นเป็นการเป่าแก้วแบบอิสระ (Free-Blowing) กล่าวคือช่างเป่าแก้วจะเป่าน้ำแก้วให้พอง แล้วทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ โดยไม่ใช้แม่แบบ (Mould) เมื่อน้ำแก้วถูกเป่าจนพองแล้ว จะถูกนำไปคลี่กับแผ่นหินให้ผิวเรียบ เมื่อแก้วเริ่มเย็นลงและมีความอ่อนตัวน้อยลงก็จะนำไปเผาเพิ่มความร้อนอีก แล้วเป่าสลับกับแกว่งหลอดเป่าขึ้น ๆ ลง ๆ เพื่อให้มีรูปร่างตามที่ต้องการ ด้วยวิธีนี้ช่างเป่าแก้วก็สามารถควบคุมให้ภาชนะแก้วมีรูปร่างและความหนาตามที่ต้องการได้ เมื่อได้รูปร่างตามที่ต้องการแล้ว จะต้องอบภาชนะนั้นในเตาอบเพื่อลดอุณหภูมิของแก้วลงทีละน้อยเป็นการลดความเครียดภายในของแก้ว การเป่าแก้วให้มีรูปร่างต่าง ๆ โดยไม่มีแม่แบบมารองรับนี้ยากกว่าการเป่าโดยมีแม่แบบมาก ^{2/}

^{1/} Ibid, P.24.

^{2/} Ibid.

ช่างเป่าแก้วชาว Phoenician บางรายตั้งโรงงานทางฝั่งตะวันตกและในต้นคริสต์ศตวรรษ
ที่ 1 พวกเขาได้ทำแก้วโดยวิธีเป่าลงในแม่แบบในประเทศอิตาลีและนำเทคนิคการเป่าแก้วแพร่ไป
ทางตะวันตกและตอนเหนือของยุโรป ได้แก่ ฝรั่งเศส เยอรมัน และ Alpine ใน ค.ศ. 40-50
เมื่ออาณาจักรโรมันเสื่อมลงในต้นศตวรรษที่ 5 เทคนิคการตกแต่งแก้วหลายอย่างได้สูญสลายไป
การตกแต่งและรูปร่างของภาชนะก็เปลี่ยนไป แต่วิธีการเป่าแก้วไม่ได้สูญสลายไป ยังคงใช้อยู่
จนกระทั่งปัจจุบันนี้ เครื่องแก้วสวยหรือผลิตได้ในเปอร์เซีย และเมโสโปเตเมียในสมัยจักรพรรดิ
Sassanian แต่ต่อมาในศตวรรษที่ 7 เปอร์เซีย เมโสโปเตเมีย อียิปต์ และซีเรีย ได้พ่ายแพ้
สงครามต่อกองทัพอาหรับภายใต้การนำของ Islam ภาชนะแก้วที่ทำโดยวิธี Free-Blowing ใน
ครั้งนั้นมีรูปร่างค่อนข้างหยาบและแก้วที่เคยมีสีเขียวใสก็ได้กลายมาเป็นแก้วที่ฝ้าด้วยสีขาวขุ่น ^{1/}

ในระหว่างสมัยกลางของประวัติศาสตร์ แก้วได้นำมาใช้ตกแต่งประดับประดาตามโบสถ์
ต่าง ๆ โดยทำเป็นโมเสกส์ (Mosaics) และแก้วสี (Stained Glass) แล้วนำมาปะติดกัน
เป็นรูปภาพต่าง ๆ ตามเรื่องราวจากคัมภีร์คานา ซึ่งนอกจากจะให้ความสวยงามแล้วยังเป็น
ประโยชน์สำหรับคนที่อ่านหนังสือไม่ออกได้รู้เรื่องราวของคัมภีร์จากภาพเหล่านั้นด้วย สมัยนั้นแก้ว
ชนิดที่ลุดสำหรับใช้ในการประดับประดาหน้าต่างโบสถ์เป็นแก้วที่ทำจากนอร์มันดีและลอเรน
(Normandy and Lorraine) แหล่งศูนย์กลางการทำแก้วได้ค่อย ๆ เคลื่อนมาอยู่ที่กรุงเวนิซ
เป็นลำดับ เป็นเวลานานเป็นศตวรรษ ๆ ที่ชาวเวนิซได้พัฒนาแบบการตกแต่งประดับประดาแก้วเป็น
เอกลักษณ์ของตนเอง โดยเฉพาะ แก้วของชาวเวนิซเป็นที่ยอมรับนับถือกันว่าเป็นแก้วชนิดดี และสวย
งามที่สุดในโลกติดต่อกันมาเป็นเวลา 300-400 ปีที่เดียวตราบจนถึงปลายศตวรรษที่ 17^{2/}
แก้วชนิดดีของชาวเวนิซที่ว่านี้ก็คือ แก้วใสและไม่มีสี หรือเรียกกันว่า Cristallo^{3/} ชาวเวนิซ
ได้คิดค้นแก้วชนิดนี้ได้ในปี ค.ศ. 1400 โดยใช้วัตถุดิบ คือ ต่างจากซีเถ้าของต้นไม้อันขึ้นริมทะเล
ผสมกับทรายแก้ว (Silica) จากก้อนเขี้ยวหุมาวน (Quartz) แล้วเติมแมงกานีสลงไปเป็นตัว

1/ Ibid, P.25.

2/ ศศิเกษม ทองยงค์, แก้ว หน้า 5.

3/ Ruth Hurst Vose, Glass, P.73.

ฟอกสี แก้วที่ผลิตได้นี้ใสกว่าแก้วทั่ว ๆ ไปที่ผลิตในประเทศอื่น ๆ ในสมัย Renaissance แต่เดิมมา ในระยะแรก ๆ ที่เพิ่งคิดค้นวิธีทำแก้วขึ้นได้นั้น แก้วที่ผลิตได้มักจะมีสีผสมอยู่ในเนื้อแก้วโดยธรรมชาติ เนื่องจากวัตถุดิบในการผลิตแก้วตัวสำคัญคือทรายนั้นไม่บริสุทธิ์ กล่าวคือ มีเหล็กและ망กานีสเจือปนอยู่ ทำให้แก้วที่ผลิตได้มีสีผสมด้วย ส่วนใหญ่มีสีเขียวอ่อน ๆ ต่อมาจึงมีการทดลองเติมสารเคมีบางชนิดลงในส่วนผสม เพื่อให้แก้วมีสีอื่น ๆ บ้าง สีที่นิยมมากในระยะแรกคือสีน้ำเงิน โดยการใส่ Cobalt และ Copper Oxide ลงในส่วนผสมของแก้ว ต่อมาในต้นศตวรรษที่ 8 ก่อนคริสตกาล ช่างแก้วในตุรกี และเมโสโปเตเมียได้ใช้ความพยายามในการทำแก้วให้ใสและไม่มีสี และก็ได้สำเร็จโดยใส่ฟลูออไรด์ลงในส่วนผสม ส่วนชาวโรมันก็ประสบความสำเร็จในการทำผลิตภัณฑ์แก้วที่ใสและไม่มีสีโดยเติมโซดาและหินปูนลงในส่วนผสม และเรียกแก้วที่ผลิตได้นั้นว่าแก้วโซดาโลมส์ แต่แก้วที่ผลิตได้นี้ก็ยังไม่ใสเท่าที่ชาวเวนิซผลิตได้ใน ค.ศ. 1400

ความลับและฝีมือในการทำแก้วของชาวเวนิซได้แพร่เข้าสู่ยุโรป ได้แก่ อังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมัน สเปน และเนเธอร์แลนด์ และในระหว่างศตวรรษที่ 17 นี้เอง โบฮีเมีย อังกฤษ เยอรมัน ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ ก็สามารถผลิตแก้วที่มีความสวยงามออกมามากขึ้นแทนที่แก้วของชาวเวนิซ ฝรั่งเศสได้พัฒนาการทำแก้วแผ่นเรียบแบบ Plate glass อังกฤษได้ค้นพบวิธีทำแก้วผสมตะกั่ว (Lead glass) ซึ่งเป็นการเริ่มต้นนำไปสู่ยุคของการเสียดสีและการแกะสลักลายลงบนแก้วเสียดสี^{1/} ในระหว่างครึ่งหลังของศตวรรษที่ 17 อุตสาหกรรมขวดแก้วในอังกฤษเจริญรวดเร็วมากในปี ค.ศ. 1696 โรงงานผลิตขวด 42 แห่งในอังกฤษสามารถผลิตขวดได้ 3,000,000 ขวดต่อปี เทคนิคการผลิตยังคงเหมือนเดิมตลอดศตวรรษที่ 17-18 โดยตอนแรกใช้วิธี Free-blowing ต่อมาใช้แม่แบบช่วย กิจการผลิตแก้วขนาดใหญ่ในอังกฤษได้สร้างช่างออกแบบมีอาชีพมาปรับปรุงมาตรฐานการตกแต่งภาชนะแก้วด้วย

^{1/} ศศิกษม ทองยงค์, แก้ว, หน้า 50.

ในศตวรรษที่ 19 เรียกว่าเป็นยุคทองของการทำแก้ว เพราะได้มีเทคนิคใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากมาย ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยหลายประการ ซึ่งรวมทั้งการปฏิวัติอุตสาหกรรม การผ่อนคลายการควบคุมอุตสาหกรรมของรัฐบาลประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอังกฤษ และความภาคภูมิใจของช่างฝีมือที่เกิดมาเพื่อความเป็นอิสระ ทำให้มีการค้นพบแม่แบบสำหรับผลิตขวดในศตวรรษที่ 19 นี้ ซึ่งแต่เดิมทำโดยวิธี free-blowing อันทำให้ขวดแก้วที่ได้มีขนาดไม่เท่ากัน นับได้ว่าเป็นการพัฒนาที่สำคัญที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมขวดแก้ว^{1/}

ส่วนในอเมริกามีผู้นำวิธีใหม่ ๆ ไปลู่วงการผลิตของเข่า ภาชนะที่มีชื่อเสียงของอเมริกาเป็นขวดแก้วกันโปร่ง มีลวดลายใน Mould เป็นรูปวีรบุรุษเผยให้เห็นถึงประวัติศาสตร์ของชนชาติอเมริกา ในธุรกิจขนาดใหญ่ได้ว่าจ้างนักวิทยาศาสตร์เพื่อค้นคว้าวิธีใหม่ ๆ ในการทำแก้วสี ในอังกฤษและประเทศอื่น ๆ ในยุโรปก็มีการแข่งขันกันผลิตแก้วแบบใหม่ ๆ เพื่อแย่งตลาดกันจนถึงปลายยุค Victoria หลังจากนั้นแนวความคิดได้เปลี่ยนไปอีก คือ ข่างทำแก้วจะสนใจคุณภาพของเนื้อแก้วมากกว่าการตกแต่ง

จากประวัติความเป็นมาของแก้ว จะเห็นได้ว่ามนุษย์รู้จักแก้วมาหลายพันปีแล้ว และการทำแก้วก็มีวิวัฒนาการเรื่อยมาจากการทำแก้วด้วยมือจนเป็นการทำแก้วด้วยวิธีเป่า ภาชนะแก้วที่ทำขึ้นในศตวรรษที่ผ่านมา ส่วนใหญ่เป็นพวกภาชนะใช้สอย เช่น ขวดแก้ว แจกัน ถ้วยชาม แต่รูปทรงและการตกแต่งประดับประดาตลอดจนสีสรรนั้นแตกต่างกันไปตามวัฒนธรรมของแต่ละยุคแต่ละสมัย เกี่ยวกับการตกแต่งภาชนะแก้วที่ผลิตขึ้นได้ให้สวยงามนั้น มีประวัติความเป็นมายาวนานพอ ๆ กับการคิดค้นกรรมวิธีการผลิตแก้วเลยก็ทีเดียว กล่าวคือในระยะเริ่มแรกช่างทำแก้วได้สรรหาวิธีการปรับปรุงรูปร่างภาชนะที่เรียบ ๆ โดยการตกแต่งเพิ่มเติม ข่างทำแก้วที่มีฝีมือได้ใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติของแก้วที่เมื่ออ่อนนุ่มแล้วจะสามารถทำให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ โดยนำแก้วเป็นเส้น ๆ มาแต่งผิวภาชนะแก้วที่ยังร้อนอยู่ บางครั้งก็กดด้วยแบบพิมพ์ ข่างทำแก้วที่มีความชำนาญเท่านั้นที่จะตกแต่งภาชนะแก้วให้งดงามได้ แต่ภาชนะแก้วที่ได้รับการตกแต่งอย่างงดงามมักจะเป็นผลมาจากศิลปะของช่างตกแต่งแก้วมากกว่าของช่างทำแก้ว เพราะศิลปะการตกแต่งแก้วเกี่ยวข้องกับเทคนิคของการทำแก้วน้อยมาก

^{1/} Ruth Hurst Vose, Glass, P.186.

ความชำนาญของช่างตักแต่งภาชนะแก้วจะเห็นได้จากเทคนิคการเคลือบการเขียนภาพและชุบทอง
ในแบบต่าง ๆ กัน .

ในปัจจุบัน (ปลายศตวรรษที่ 20) มีการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการผลิตแก้วชนิดต่าง ๆ
และเราก็เห็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแก้วมากมายหลายประเภท แต่ความเจริญก้าวหน้าเหล่านี้เพิ่งเกิดขึ้น
เมื่อปลายศตวรรษที่ 19 นี้เอง ซึ่งนับว่าเทคโนโลยีของการผลิตแก้วเพิ่งเกิดขึ้นเมื่อ 100 ปีมานี้เอง

ในปลายศตวรรษที่ 19 เครื่องจักรชุดแรกที่ใช้ในการทำแก้วได้ถูกประดิษฐ์ขึ้น ต่อมาก็มี
การพัฒนาเรื่อยมาทำให้เกิดการผลิตทั้งอัตโนมัติหลายแบบ เวลามันไปเครื่องจักรเหล่านี้ได้ถูก
ปรับปรุงขึ้นอีก ในประเทศอังกฤษและอเมริกามีบริษัทที่เกี่ยวข้องทางด้านเครื่องจักรในการผลิตแก้ว
เกิดขึ้นหลายบริษัท ต่างก็คิดค้นเครื่องจักรแบบใหม่ ๆ ขึ้น ในศตวรรษนี้จึงเกิดเครื่องจักรที่ผลิตขวด
ได้หลาย ๆ ชนิด และเครื่องจักรอัตโนมัติก็ได้ถูกคิดค้นขึ้นด้วย สำหรับเตาหลอมแก้วก็มีการเปลี่ยนแปลง
แปลงแบบใหม่เพื่อให้เข้ากับการผลิตโดยใช้เครื่องจักร โดยมีการเปลี่ยนแปลงเตาหลอมตอนปลาย
ค.ศ. 1800 ถึงต้น ค.ศ. 1900 ส่วนเตาอบก็ได้รับการออกแบบให้เหมาะกับการใช้น้ำมัน แก๊ส
หรือไฟฟ้าด้วย^{1/}

ในศตวรรษที่ 20 นอกจากจะมีเครื่องจักรอัตโนมัติในการผลิตขวดแก้วแล้ว ยังมีเครื่องจักร
อัตโนมัติในการผลิตกระจก หลอดแก้วทึบไฟ เลนซ์ ตลอดจนความก้าวหน้าของการผลิตแก้วไฟเบอร์
อีกด้วย ประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าในวงการแก้วประเภทต่าง ๆ ในปัจจุบันก็มี อังกฤษ อเมริกา
เบลเยียม เยอรมัน และญี่ปุ่น เป็นต้น แม้ว่าเทคโนโลยีในการผลิตแก้วจะเจริญก้าวหน้ามาถึงขั้นนี้ก็ตาม
นักออกแบบและนักประดิษฐ์ของชาติต่าง ๆ ก็ได้พยายามปรับปรุงและคิดค้นประดิษฐ์กรรมแบบใหม่ ๆ
ขึ้นอีกโดยไม่หยุดยั้ง เพื่อให้ทัดเทียมกับเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เจริญก้าวหน้าอย่าง
รวดเร็ว

^{1/} Peter Vilk, "Feeders and forehearth; British expertise serves the world," Glass, 57 (February 1960), 103.

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำแก้ว

แก้วทุกชนิดใช้วัตถุดิบหลักเหมือนกัน คือ ทราย และมีสารชนิดอื่น คือ โซดาแอช และ หินปูนหรือปูนขาว แต่น้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบสำหรับแก้วแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน แล้วแต่ว่าจะ เป็นแก้วชนิดใดและแก้วต่างชนิดกันก็จะใช้สารเคมีต่างกันไป ตามคุณสมบัติ ของสารเคมีชนิดนั้น ๆ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำแก้ว แบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามหน้าที่^{1/} ได้ดังนี้

1. สารอันเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดแก้ว โซดาไลม์ คือ

- ทราย (SiO_2)
- โซดาแอช ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$)
- หินปูน (CaCO_3)

2. ตัวฟอกสี เพื่อให้เนื้อแก้วที่ได้ปราศจากสีต่าง ๆ คือ

- ธาตุซิลิเนียม (Se)
- โคบอลต์ไดออกไซด์ ($\text{Co}_2 \text{O}_3$)
- แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2)

3. ตัวช่วยเร่งการหลอมละลาย คือ

- บอแรกซ์ ($\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7$)
- แบไรท์ (Ba SO_4)
- ฟลูออรัสปาร์ (CaF_2)
- เศษแก้ว (Cullet)

4. ตัวไลฟองแก๊ส (แก๊สที่เกิดจากการสลายตัวของวัตถุดิบ) คือ

- สารพวกซิลเฟต เช่น แบไรท์ หรือไฮเดียมซิลเฟต
- แอมโมเนียมซิลเฟต $\left\{ (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \right\}$
- น้ำ (H_2O)
- เกลือแกง (NaCl)

^{1/} องค์กรแก้ว, "ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแก้วและกรรมวิธีการผลิต" (กรุงเทพฯ

5. ตัวให้ออกซิเจน คือ

- โซเดียมไนเตรต (NaNO_3)

6. ตัวให้สี ใส่รวมกันไปเมื่อต้องการทำแก้วสีต่าง ๆ เป็นต้นว่า

สีแดง - แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) + ซีลีเนียม (Se) หรือคิวปรอ็อกไซด์ (Cu_2O) หรือทองคลอไรด์

สีเหลือง - แคดเมียมซัลไฟด์

สีม่วง - แมงกานีสไดออกไซด์

สีเขียว - สารประกอบของโครเมียม, สารประกอบของเหล็ก

สีน้ำเงิน - โคบอลทอ็อกไซด์

สีฟ้า - จุนสี (CuSO_4)

สีขา - ถ่าน + กำมะถัน + สนิมเหล็ก (Fe_2O_3)

นอกจากนี้ยังมีสารเคมีอื่น ๆ ที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของแก้วให้ดีขึ้น เช่น

อลูมินา (Al_2O_3) บอแรกซ์ - ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวเพิ่ม

Thermal Endurance ฟลูออรัสปาร์ - ลดความหนืดของแก้ว

กรรมวิธีการทำแก้ว

กรรมวิธีขั้นพื้นฐาน คือ การนำทรายซิลิกา (Silica sand) มาเผาให้ร้อนจนหลอมละลายเป็นของเหลว ทรายเมื่อหลอมละลายแล้วจะมีลักษณะจับตัวหนาและเหนียว เมื่อทิ้งให้เป็นลง ทั้งความหนาและเหนียวก็จะเพิ่มขึ้นอีกแล้วจะแข็งตัวเป็นแก้ว

ซิลิกาต้องการความร้อนสูงมากจึงจะถึงจุดหลอมละลาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่ส่วนประกอบ (ingredients) บางอย่างลงไปผสมกับทรายด้วย เพื่อช่วยให้ทรายหลอมละลายได้ง่ายขึ้น แก้วสามารถผลิตขึ้นมาได้หลายชนิด แต่ละชนิดจะมีส่วนผสมของวัตถุดิบแตกต่างกัน ส่วนผสมของแก้วตามปกติ ได้แก่ ซิลิกา (Silica) โซดาแอส (Soda Ash) และปูนขาว (Lime) โซดาแอสเป็นตัวช่วยให้ซิลิกาหลอมละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่าเดิม ถ้าใช้ส่วนผสมเฉพาะซิลิกาและโซดาแอสเพียง 2 อย่าง แก้วที่ได้จะเป็นแก้วที่เปราะมาก ดังนั้นจึงต้องใส่หินปูน (Limestone) บดละเอียด

เหมือนผงซิลิเกตผสมเข้าไปด้วยซึ่งช่วยทำให้แก้วมีคุณภาพดีขึ้น ถ้าใช้โบโรซิลิเกต (Borosilicate) แทนโซดาแอช แก้วที่ได้จะทนความร้อนได้สูงมาก ถ้าใส่ตะกั่ว (Lead) ผสมลงไปก็จะได้แก้วที่ใสและมีความแวววาว (Clear and brilliant) มากขึ้น นอกจากนั้นถ้าต้องการให้มีสีสรรต่าง ๆ ก็อาจผสมสารที่ให้สี (Colouring Agents) ลงไปก่อนที่ส่วนผสมต่าง ๆ จะหลอมละลาย

นำส่วนผสมแต่ละอย่างตามจำนวนสัดส่วนที่ถูกต้องมาใส่ในเตาหลอม (Furnace) โดยใช้น้ำมันหรือแก๊สเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในการหลอม เมื่อถึงจุดหลอมละลายของแก้ว แก้วจะหลอมละลายเป็นน้ำแก้วที่เหนียวหนืด และพร้อมที่จะนำมาทำให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ต่อไปได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการจะเป่า ทำเป็นภาชนะแก้วต่าง ๆ ก็จะใช้หลอดเป่า (Blow pipe) หรือเรียกว่าแท่งเป่า (Rod) ตะม้วนแก้วเหลวขึ้นมาก่อนหนึ่ง แล้วเป่าให้เป็นรูปตามต้องการ หรือเป่าเข้าแบบ (Mould) ที่ทำไว้แล้ว ถ้าต้องการทำแก้วแผ่นบาง (Sheet or flat glass) ก็จะใช้วิธีดึงแก้วเหลวขึ้นมาเป็นแผ่นเป็นสายต่อเนื่องกัน สำหรับการทำขวดแก้ว แก้วเหลวจะถูกตัดลงในแม่แบบ (moulds) ตามแบบที่ต้องการด้วยเครื่องอัตโนมัติ หลังจากได้แก้วเป็นรูปตามต้องการแล้วจะปล่อยให้มันเย็นลงอย่างช้า ๆ เพื่อให้มีความแข็งตัวและความเหนียว กรรมวิธีตอนนี้เป็นตอนที่สำคัญมากอันหนึ่งของการทำงานแก้ว^{1/}

การทำงานแก้วให้เป็น มีวิธีการ คือ หลังจากนำแก้วออกจากเตาหลอมแล้วจะต้องทำให้เย็นลงและแข็งตัวทีละน้อย ถ้าให้เย็นลงอย่างรวดเร็วแก้วจะเป็นสีมัว (Cloudy) ข้างทำแก้วจะใช้เครื่องทำให้เย็น ทำนองเดียวกับเตาอบที่อบวัตถุให้ร้อนขึ้น เครื่องทำให้เย็นนี้เรียกว่าคูลเลอร์ (Cooler) หรือเลห์ (Lehr) ซึ่งจะให้ความร้อนในตอนแรก จากนั้นก็ค่อย ๆ ลดอุณหภูมิลงตามลำดับ สำหรับการทำแก้วแผ่นเรียบ (Sheet glass) คูลเลอร์จะทำเป็นหอลู่งเพื่อให้แก้วที่ถูกดึงจากเตาหลอมผ่านขึ้นไปในหอ สำหรับการทำแก้วแผ่นเรียบแบบ plate glass หรือ float glass แก้วจะถูกดึงผ่านคูลเลอร์ที่ตั้งตามยาวในแนวระดับ สำหรับแก้วที่ผลิตโดยวิธีเป่าและเข้ารูปในแม่แบบก็ต้องควบคุมเวลาที่ปล่อยให้เย็นด้วยความระมัดระวังเช่นเดียวกัน^{2/}

1/ ศศิเกษม ทองยงค์, แก้ว, หน้า 2-3

2/ เรื่องเดียวกัน, หน้า 12.

สำหรับเตาหลอมแก้ว (Furnace) มี 2 แบบ คือ เตาหลอมแบบกลมและเตาหลอมแบบเหลี่ยม เตาหลอมแบบกลมนั้นภายในเตาหลอมมีเบ้าเล็ก ๆ หลาย ๆ ใบหันหลังชนกันเหมือนรังผึ้งขนาดใหญ่ สัมผัสโดยทั่วไปจะมีประมาณ 6-8 เบ้า สัมผัสก่อนมีเพียงเบ้าเดียว เตาชนิดนี้เหมาะสำหรับผลิตแก้วในปริมาณน้อยและมักใช้ในโรงงานทำแก้วที่ใช้คนเป่าไม่ใช้ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ แต่ละเบ้าจะบรรจุน้ำแก้วต่างชนิดกันทำให้สามารถผลิตแก้วได้หลายชนิดพร้อม ๆ กัน แต่การไล่ส่วนผลลมนไปหลอมละลายนั้นจะต้องให้น้ำแก้วที่หลอมละลายถูกใช้จนหมดแล้วจึงไล่ใหม่ได้ เบ้าเหล่านี้ทำด้วยดินเผาที่ทนความร้อนได้สูงมาก เตาแบบนี้สมัยก่อนใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง สมัยต่อมาเปลี่ยนเป็นใช้ถ่านหินแทนไม้ฟืน ในปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้แก๊สหรือน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงแทน ส่วนเตาหลอมแบบเหลี่ยมนั้นอาจมีขนาดใหญ่มากก็ได้เรียกว่า Tank Furnace เตาหลอมขนาดใหญ่มีความกว้างประมาณ 46 ฟุต ยาวประมาณ 100 ฟุต การไล่ส่วนผลลมนในเตาชนิดนี้สามารถไล่ได้เป็นระยะ ๆ ตลอดเวลา และการส่งน้ำแก้วออกมาเพื่อนำไปทำเป็นภาชนะต่าง ๆ นั้นสามารถทำต่อเนื่องกันไปตลอด 24 ชั่วโมง เตาชนิดนี้จึงเหมาะกับการผลิตขนาดใหญ่ทั้งที่ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติและใช้คนเป่า

คุณสมบัติของแก้ว

แก้วมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1. เป็นสารที่ไม่มีผลึก
2. ทำให้โปร่งใส โปร่งแสง และทึบแสงได้ตามต้องการ
3. ทำเป็นก้อน แท่ง แผ่น เส้นใยได้
4. ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น
5. ล้างและทำลายเชื้อโรคได้ง่าย
6. ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความร้อน
7. ทำให้เป็นสุญญากาศได้
8. ทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ตามต้องการในขณะที่เนื้อแก้วยังร้อนและอ่อนนุ่ม
9. ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดเกือบทุกชนิด
10. เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี
11. ทำให้มีสีต่าง ๆ ได้

ชนิดของแก้ว

1. แก้วซิลิกา (Vitreous Silica) หรือแก้วควอทซ์ (Quartz Glass) ทำจากทรายบริสุทธิ์ โดยไม่ผสมสารอื่นใด เป็นแก้วที่ทนต่อความร้อนและการกัดกร่อนของสารเคมีต่าง ๆ ได้ดีมาก และยอมให้รังสีเหนือม่วงผ่านได้
2. แก้วด่าง (Alkali Silicate) ทำจากทรายและเคมีภัณฑ์ที่เป็นด่าง (Alkali) แก้วชนิดนี้จะนำไปใช้ประโยชน์ขณะเป็นรูปของเหลว
3. แก้วตะกั่ว (Lead Glass) ได้จากการผสมตะกั่วออกไซด์ลงไปเนื้อแก้ว ทำให้แก้วมีดัชนีหักเหและกระจายแสงสูง มีความต้านทานไฟฟ้าสูงและทนทานต่อความร้อนมาก ใช้ทำเทอร์โมมิเตอร์ หลอดไฟฟ้า หลอดนีออน หลอดภาพโทรทัศน์ และเครื่องประดับ เป็นต้น
4. แก้วโบรอน (Borosilicate Glass) เป็นแก้วที่ผสมบอแรกซ์ หรือบอริกออกไซด์ (B_2O_3) ประมาณ 80-83% ของซิลิกา จะได้แก้วที่มีสัมประสิทธิ์ในการขยายตัวต่ำ สามารถทนทานต่อการกระแทก ทนต่อสารเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ มีความต้านทานไฟฟ้าสูง ทนต่อแรงดันสูง คุณสมบัติเหล่านี้เหมาะสำหรับใช้เป็นภาชนะใส่ของในตู้อบ ขวดน้ำยาสารเคมี ท่อแก้ว และทำเป็นฉนวนแก้วที่ทนทานต่อแรงดึงสูง เป็นต้น
5. แก้วปูน (Lime Glass) เป็นแก้วได้จากส่วนผสมของปูน ทราย และโซดา แก้วชนิดนี้สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องแก้วต่าง ๆ ที่ไม่ต้องใช้คุณสมบัติพิเศษ ผลิตภัณฑ์แก้วที่ใช้กันทั่วไป เช่น กระจก ขวดแก้วต่าง ๆ และเครื่องใช้ในบ้านเรือน เป็นต้น
6. แก้วพิเศษ (Special Glasses) เป็นผลิตภัณฑ์แก้วที่ทำให้มีลักษณะพิเศษแตกต่างจากแก้ว 5 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว ส่วนมากเป็นการทำเพื่อใช้งานหรือตามความต้องการใช้โดยเฉพาะ เช่น
 - 6.1 แก้วหลายชั้น (Laminated Glass or Safty Glass) ทำเป็นแก้ว 2 ชั้น ประกบกันระหว่างชั้นของแก้วจะใช้พลาสติกหรือยาง (Resin) ที่โปร่งใส ทำหน้าที่เป็นการยึดแผ่นแก้วไว้ แก้วชนิดนี้หากเกิดการแตก แก้วจะไม่หลุดออกจากกันหรือไม่มีคมริมแผ่นแก้ว ปัจจุบันมีแก้วที่ทำเป็นกระจกหรือภาชนะโดยทำเป็นชั้นเดียว และทำให้มีแรงเครียดภายในเนื้อแก้วสูง เมื่อแตกก็จะกลายเป็นเม็ดเล็ก ๆ ไม่มีคม ทำให้ไม่เกิดอันตรายจากคมแก้ว เหมาะสำหรับทำกระจกรถยนต์

6.2 แก้วโอปาล (Opal or Translucent Glasses) เป็นแก้วที่เติมส่วนผสมพิเศษ เช่น ฟลูออไรด์ลงไปเล็กน้อยขณะหลอมเหลว เมื่อแข็งตัวจะทำให้เกิดการตกตะกอนเกิดมีลักษณะลัวขงาม แก้วชนิดนี้ใช้ทำ เครื่องประดับ หรือตกแต่งสิ่งก่อสร้างให้ลัวขงาม เป็นต้น

6.3 แก้วสี (Colored Glass) เป็นการทำให้เนื้อแก้วมีสีสรรต่าง ๆ โดยการผสมสารเคมีลงไปในส่วนผสมปกติก่อนทำการหลอม แก้วสีต่าง ๆ นี้สามารถทำได้หลายสีตามความต้องการ อย่างไรก็ตามสีของแก้วโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะแยกเป็น 3 ชนิดตามลักษณะของสี คือ

(1) สีเกิดจากอาการดูด (Absorption) โดยใช้ออกไซด์ (Oxide) ของสารเคมีบางชนิด เช่น ดีตาเนียม แอนเนเดียม โครเมียม มังกานีส เหล็ก โคบอลท์ นิเกิล และทองแดง เป็นต้น เป็นตัวดูดแสงสีที่มีความถี่ต่าง ๆ กัน แสงสีส่วนที่เหลือไม่ถูกดูดก็จะเป็นเข้าตาเกิดเป็นสีสรรต่าง ๆ ราวหนึ่ง ๆ อาจจะทำให้สีได้หลายสี ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี และความเป็นกรดเป็นต่างของธาตุนั้น ๆ

(2) สีเกิดจากสารแขวนลอย (Colloidal Particles) เป็นการใส่สารบางอย่างลงไปเนื้อแก้ว แล้วใช้ความร้อนช่วยทำให้เกิดการตกตะกอน จะได้สีสรรต่าง ๆ เช่น สารแขวนลอยของทองคำจะให้สีแดงทอง (Gold Ruby) เป็นต้น

(3) สีเกิดจากสารที่มีอยู่ โดยการผสมสารบางอย่างลงไป หรือส่วนผสมของแก้วบางชนิดเมื่อมีจำนวนมากกว่าสารผสมอื่นก็จะให้สีสรรนั้น ๆ ได้

6.4 ใยแก้ว (Fiber Glass) เป็นแก้วซึ่งทำให้เป็นเส้น ๆ สามารถนำมาปั่นทอ ลาน เทปเป็นแผ่นสำหรับกรองอากาศ ฝ่อ เครื่องนุ่งห่มและใช้ทำเป็นฉนวนกันความร้อน เป็นต้น

6.5 แก้วซิลิกาพิเศษ (High-Silica Glass) เป็นแก้วที่ทำจากซิลิกาสูงประมาณ 96% กรดบอริก 3% ส่วนที่เหลือเป็นอลูมินา (Alumina) แก้วที่ได้จะมีความทนทานต่อสารเคมีมีรัศมีมากโดยเฉพาะกรดทุกชนิด ยกเว้นกรดฟลูออริก

6.6 แก้วไวแสง (Photosensitive Glass) ได้จากการผสมโลหะที่มีความไวต่อแสง เช่น ทองแดง, เงิน, ทอง เป็นต้น ใช้ทำเป็นแก้ว (เลนซ์) สำหรับกล้องถ่ายภาพซึ่งสามารถถ่ายภาพสีสามมิติ รูปภาพลัวขงาม นอกจากนี้อย่างทนต่อความร้อนและความชื้นได้ดี

6.7 แก้วฟอสเฟต (Phosphate Glass) ได้จากการผสมฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ (Phosphorous Pentoxide) ลงในส่วนผสมของแก้ว จะได้แก้วที่มีคุณสมบัติทนต่อกรดฟลูออริก ใช้ทำเป็นช่องมองในโรงงานปรมาณู ทำกระจกแผ่นพิเศษ แก้วดูดความร้อน แก้วเรืองแสง เป็นต้น

ประเภทของแก้ว

แก้วแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ตามประโยชน์ของการใช้งานส่วนใหญ่ได้ดังนี้

1. ภาชนะแก้ว ได้แก่ ขวดแก้ว ถ้วยแก้ว เครื่องแก้วใช้ในบ้าน
2. แก้วแผ่นเรียบ ได้แก่ กระจกแผ่นใช้กับอาคารบ้านเรือน กระจกเงา
3. แก้วสำหรับห้องทดลอง ได้แก่ ขวดฟล้าสค์ ถ้วยแก้ว กระจกบอกแก้ว ฉากน ใส้กรอง
4. แก้วที่ใช้ในวงการแพทย์ และเภสัชกรรม ได้แก่ หลอดแก้วบรรจุยาฉีด ขวดใส่ยา
5. แก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ แก้วไฟเบอร์ ซึ่งใช้ในการทำตัวถังเครื่องบิน ตัวถังรถยนต์ แก้วเส้นใยซึ่งใช้ในการทำเป็นฉนวนกันความร้อนและเสียงในอาคาร รถยนต์
6. แก้วที่ใช้เพื่อความปลอดภัย ได้แก่ กระจกรถยนต์ชนิดนิรภัย บานกระจกกันกระสุน
7. แก้วทำเลนส์ ได้แก่ เลนส์แว่นตา เลนส์กล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์

ประเภทต่าง ๆ ของแก้ว นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีแก้วอีกหลายชนิดที่น่าสนใจ ซึ่งบางชนิดอาศัยฝีมือและศิลป์ในการผลิต เหมาะจะเป็นเครื่องตกแต่งและประดับประดา เช่น อัญมณีเทียม แก้วสียารโน แก้วโคมไฟประดับ เช่น เตอเรีย แก้วทับกระดาศ แก้วโมเสลล์ เป็นต้น

การตกแต่งประดับประดาแก้ว

ผลิตภัณฑ์แก้วที่ผลิตได้หากไม่นำมาตกแต่งและประดับประดาก็จะได้ผลิตภัณฑ์แก้วที่เรียบ ๆ เท่านั้น ผลิตภัณฑ์แก้วบางชนิดต้องการความช่วยเหลือ เช่น ภาชนะแก้วชนิดต่าง ๆ ที่พวกผู้ดีหรือบุคคลในวงสังคมชั้นสูงใช้กัน ภาชนะเหล่านี้ ได้แก่ แก้วน้ำ แก้วเหล้า แก้วแชมเปญ ขวดใส่เครื่องสำอางค์ แลกันตกแต่งบ้าน เป็นต้น การตกแต่งประดับประดาผลิตภัณฑ์แก้วนั้นมีมานานตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว จนกระทั่งปัจจุบัน พอจะรวบรวมได้ว่าการตกแต่งประดับประดาผลิตภัณฑ์แก้ว แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. การตกแต่งประดับประดาด้วยสีพิมพ์แก้ว
2. การตกแต่งผิวแก้วด้วยวิธีกัดผิวให้เป็นรอย

1. การตกแต่งประดับประดาด้วยสีพิมพ์แก้ว (Glass Decorating Color)

1.1 สีพิมพ์แก้ว (Glass Color) สีพิมพ์แก้วมีหลายชนิดอาจจะได้จากสสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสม รวมทั้งระยะเวลาและอุณหภูมิที่ละลายส่วนผสมของสี เสือปนอยู่ แต่ส่วนมากใช้กรรมวิธีง่าย ๆ เช่น การเขียนลงบนแก้วพิมพ์ด้วยเครื่องจักร พิมพ์สี พิมพ์ลงไปในผลิตภัณฑ์แก้ว เป็นต้น สีที่พิมพ์นี้อาจมีหลายสีต่าง ๆ กันตามต้องการ

1.2 การตกแต่งด้วยสีจากวัสดุประเภทโลหะ เช่น ทองคำ เงิน แพลตินัม ซึ่งอยู่ในลักษณะของของเหลวสีน้ำตาล เมื่อนำมาผสมกับน้ำมันแล้วอบด้วยความร้อนจะทำให้เหลือโลหะติดกับแก้ว เป็นเงาวาวเหมือนกระจกและมีสีสรรต่าง ๆ ตามชนิดของโลหะนั้น ๆ สีที่ได้จากสีทองและสีเงินคู่กับสีทองเป็นสีที่นิยมใช้มาก

2. การตกแต่งผิวแก้วด้วยวิธีกัดผิวแก้วให้เป็นรอย

2.1 การเสี้ยนแก้ว (Cutting) เป็นการเสี้ยนหรือกัดให้เป็นรอยมีลวดลายต่าง ๆ โดยใช้หินซิลิกอนคาร์ไบด์ หรือแท่งอโลหะ การเสี้ยนแก้วนี้ต้องอาศัยความชำนาญ เทคนิค และศิลปะซึ่งจะได้ผลดีต่อจากนั้นก็นำไปขัดรอยผ้าด้วยหินละเอียดและขัดมันด้วยผงขัดหินหรือนำไปลุ่มลงในน้ำกรดกำมะถัน (เข้มข้น) และกรดไฮดรอฟลอริก ตามส่วนผสมที่พอเหมาะ

2.2 การแกะรอยแก้ว (Engraving of Glass) เป็นการแกะรอยโดยใช้จานทองแดงแกะรอยแก้วให้มีรูปร่างและลวดลายต่าง ๆ ขณะแกะต้องป้องกันสำหรับกัดกับน้ำมันตลอดเวลา วิธีนี้เป็นวิธีการแกะที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งผู้แกะต้องอาศัยความชำนาญและเทคนิคมาก

2.3 การทำให้ผิวเป็นรอย (Frosting) เป็นวิธีชุบน้ำยา ซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนีย ไบฟลูอไรด์, กรดไฮดรอฟลอริก และน้ำ อัตราส่วนผสม 62.5% 18.75% และ 18.75% ตามลำดับ ที่อุณหภูมิประมาณ 70°F (21°C) จะทำให้ผิวแก้วมีลักษณะขรุขระเหมือนเกล็ดหิมะ

2.4 การกัดผิวแก้วด้วยการพิมพ์ทราย (Sand Carving) มีกรรมวิธีทำคล้ายกับการพิมพ์ทรายลงบนโลหะ ส่วนใดที่ไม่ต้องการกัดรอยก็ใช้กระดาษหนา ๆ หรือ Lead Foil Frames ปิดไว้ วิธีนี้สามารถจะกัดให้มีรอยลึกหรือพื้นได้ตามต้องการ

2.5 Deep Etching เป็นการแกะรอยแก้วด้วยเหล็กแหลมหรือจานเหล็ก (Plate Etching) บนผิวแก้วที่เคลือบด้วยซีเมนต์ที่ทนต่อการกัดของกรดไฮดรอฟลอริก 60% แล้วนำไปลุ่มในกรดดังกล่าว เมื่อลอกซีเมนต์ออกก็จะได้ลวดลายตามแบบที่แกะไว้ตามต้องการ

การตกแต่งผิวแก้วเพื่อความสวยงามนี้เป็นงานศิลปะที่ต้องอาศัยความชำนาญและเทคนิคต่าง ๆ มาก บางทีการตกแต่งอาจจะใช้วิธีการหลายอย่างพร้อม ๆ กันได้ ผลลัพธ์ที่แก้วที่ตกแต่งแล้วนอกจากจะสวยงามสะดุดตาแล้ว ยังทำให้มีราคาสูงขึ้นด้วย ปัจจุบันการตกแต่งที่นิยมมากเป็นการพิมพ์สีและตราลงบนถ้วยแก้ว, ขวดหรือเครื่องแก้ว เป็นต้น

ประโยชน์ของแก้ว

แก้วมีประโยชน์มากมาย เป็นต้นว่า

1. ใช้ทำภาชนะบรรจุอาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ ทั้งที่ใช้ภายในบ้านและใช้ในอุตสาหกรรม เครื่องดื่มต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำอัดลม ขวดวิสกี้ ขวดเปียร์ ขวดแยม ขวดกาแฟ ขวดยา ตลอดจนขวดเครื่องสำอางค์ชนิดต่าง ๆ อีกด้วย
2. ใช้ทำเครื่องแก้วใช้ภายในบ้านที่ทำงานและร้านอาหารต่าง ๆ เช่น แก้วน้ำ เครื่องแก้วตั้งโต๊ะอาหาร เครื่องแก้วใช้สำหรับเตาอบ เป็นต้น
3. ใช้ทำกระจก ประตู หน้าต่าง สำหรับอาคารบ้านเรือน นอกจากนั้นก็ยังมีใช้ทำกระจกปูโต๊ะ กระจกกันห้อง และกระจกเงา
4. ใช้ทำกระจกนิรภัยสำหรับรถยนต์
5. ใช้ทำกระจกกันกระสุนปืน เพื่อป้องกันขโมย
6. ใช้ทำเลนส์ต่าง ๆ เช่น เลนส์แว่นตา เลนส์กล้องถ่ายรูป เลนส์กล้องจุลทรรศน์
7. ใช้ทำอุปกรณ์แก้วสำหรับห้องทดลอง เช่น ขวดแก้วกันโปร่ง ครอบแก้วทนไฟ
8. ใช้ในวงการแพทย์ เช่น หลอดแก้วบรรจุยาฉีด เป็นต้น
9. ใช้ทำอุปกรณ์สำหรับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า เช่น หลอดแก้วโทรทัศน์ แผงวงจรไฟฟ้า ชิ้นส่วนประกอบในเครื่องคอมพิวเตอร์
10. ใช้ทำตัวถังเครื่องบิน ตัวถังรถยนต์ ตู้ใส่เสื้อผ้า โดยนำเส้นด้ายแก้วมาหล่อในแบบที่มีพลาสติคอยู่ จะได้วัตถุสำเร็จรูปที่มีความแข็งแรง และน้ำหนักเบา
11. ใช้ทำเครื่องประดับและตกแต่ง เช่น พลอยเทียม แก้วสี และโมเสคส์ เป็นต้น