บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง การพัฒนาอัตราส่วนผสมเคลือบขาวทึบผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์ โดยใช้เศษแก้วเป็นอัตราส่วนผสม เพื่อลดอุณหภูมิในการเผา กรณีศึกษา : บริษัทขอนแก่นเซรามิค มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทขอนแก่นเซรามิค

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ (Glaze)

2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเคลือบ

2.2.2 การเตรียมน้ำเคลือบ

2.2.3 เคลือบที่ใช้ในการผลิตสุขภัณฑ์

2.2.4 วิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์

2.2.5 การเผาเคลือบ

2.2.6 การเผาเคลือบผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์

2.2.7 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาเคลือบ

2.2.8 บรรยากาศในการเผาเคลือบ

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแก้ว (Glasses)

2.3.1 ชนิดของแก้ว

2.3.2 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตแก้ว

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทขอนแก่นเซรามิค

บริษัท ขอนแก่นเซรามิค จำกัด เป็นบริษัทที่ผลิตสุขภัณฑ์เซรามิก ยี่ห้อ mato ตั้งอยู่ที่เลขที่ 204 หมู่ 4 ถนนมิตรภาพ ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น 40110 ติดกับถนนมิตรภาพขอนแก่น กรุงเทพฯ การเดินทางไปมาสะดวก ถ้าเดินทางมาจากขอนแก่น มุ่งหน้าไปทางกรุงเทพฯ บริษัทขอนแก่นเซรามิคจะอยู่ทางซ้ายมือหากสังเกต บริษัท ขอนแก่นเซรามิค มีจำนวนพนักงานทั้งหมด 84 คน ส่วนมากเป็นพนักงานที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านแฮด ซึ่งมีอาชีพหลักคือ ทำนา อำเภอบ้านแฮดเป็นอำเภอใหม่ที่แยกออกมาจากอำเภอบ้านไผ่ มีอาณาเขตทิศเหนือติดกับ ต.ท่าพระ ทิศใต้ติดกับ อ. บ้านไผ่ ทิศตะวันออกติดกับ อ. โกสุมพิสัย ทิศตะวันตกติดกับ อ. ชนบท

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเคลือบ

เคลือบ (Glazes) คือ ชั้นของแก้วซึ่งมีผลึกปนอยู่ฉาบอยู่บนผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ.2539:225) เคลือบมีองค์ประกอบของ อะลูมินา ซิลิกาและฟลักซ์ ที่ผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม ได้รับความร้อนที่เพียงพอจะละลาย รวมกันมีลักษณะใส สามารถจะเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีความคงทนต่อแรง กระแทก มีความแข็งแกร่ง ทนต่อการกัดกร่อนของกรด และด่างได้ดี(ปุณณรัตน์ พิชญไพลูลย์ 2538:133) เคลือบอาจมีสีหรือไม่มีสี โปร่งแสงหรือทึบแสงก็ได้ ผิวเคลือบส่วนใหญ่ที่พบเห็น โดยทั่วไปก็มักจะมีผิวเป็นมันวาวสะท้อนแสงได้ดี องค์ประกอบที่สำคัญในเคลือบ ส่วนหนึ่งคือ อะลูมินา (Alumina) และ ซิลิกา(Silica) (ประสพลี้ เหมืดภัย 2543:210) โดยสัดส่วนอะลูมินาต่อซิลิกายังมีผลต่อเคลือบคือ เพิ่มความแข็งแกร่งให้กับเคลือบ ใช้แก้ไขปัญหาการรานตัวของเคลือบ และยังใช้บอกได้ว่าเป็นเคลือบชนิดใด โดยดูจากอัตราส่วนผสมของ อะลูมินา ต่อ ซิลิกา เช่น 1 : 2.5-5 จะเป็นเคลือบด้าน ถ้าอัตราส่วนเป็น 1 ต่อ 7-12 เคลือบที่ได้จะมีลักษณะมันวาวสุกใส และ 1 ต่อ 15 - 20 จะได้เคลือบผลึก (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2534:11) ลักษณะของเคลือบจะเป็นอย่างนั้น ไม่สามารถทำนายผลได้อย่างถูกต้อง เพราะว่าในเคลือบแต่ละ อย่างมีวัตถุดิบหลายอย่าง ที่ต้องคำนึง ถึงและยังมีความซับซ้อนต่างๆ ที่เกิดจากความเปลี่ยนของอุณหภูมิ และสภาวะการเผา ผลที่ได้จากการเผาเคลือบ ในบรรยากาศ ออกซิเดชัน อาจจะแตกต่างอย่างมากจากผลที่ได้จากการเผาเคลือบ ในบรรยากาศ รีดักชัน อัตราจากนี้ เนื้อผลิตภัณฑ์ ที่นำมาเคลือบผิวก็มีผลเพราะว่า เคลือบชนิดหนึ่งอาจจะเหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์แบบหนึ่ง แต่ไม่เหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์ ชนิดอื่นๆ การจะหาอัตราส่วนผสมของเคลือบที่ดีที่สุดนั้น จำเป็นต้องเตรียมน้ำเคลือบ จำนวนมากมาชุบเคลือบ แผ่นทดลอง (Test Pieces) และเผาในอุณหภูมิที่เหมาะสม(ปรีดา พิมพ์ขาวขำ.2530:49)

การเคลือบสุขภัณฑ์ ในน้ำเคลือบผสมกาวหรือตัวยึดเคลือบ เมื่อแห้งไม่ให้หลุดเป็นฝุ่นติดมือ เมื่อยกผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ๆ ที่หยิบยกได้ยากต้องใช้วิธีการพ่นน้ำเคลือบด้วยเครื่องพ่นเคลือบ(Spraygun) หรือเครื่องพ่นเคลือบคอมพิวเตอร์ทำงานโดยหุ่นยนต์ ถ้าผลิตจำนวนมาก แต่ถ้ามีการเปลี่ยนรูปแบบบ่อยควรใช้คนพ้น การควบคุมความหนาของเคลือบโดยผสมสีย้อมที่สกัดจากพืชหรือสียอมผ้าที่มีปฏิกิริยา กับเคลือบภายหลังการเผา เคลือบที่ผสมสีต่างๆ ทำให้เห็นความหนาของเคลือบได้ชัดเจน ขึ้น น้ำเคลือบที่พ่นบนชิ้นงาน ดินดิบจะหนาประมาณ 1 มม. เพราะเป็นเคลือบดิบเมื่อเผาแล้วจะหดตัวพร้อมเนื้อผลิตภัณฑ์ แต่เครื่องถ้วยชามที่เผาดิบก่อนชุบเคลือบ ความหนาของน้ำเคลือบที่ใช้ไม่เกิน 0.5 มม. เป็นมาตรฐานสำหรับเคลือบใส นำผลิตภัณฑ์ที่ชุบเคลือบแล้วเข้าเตาเผา เผาในอุณหภูมิ 1250 C ในบรรยากาศสันดาปสมบรูณ์ (Oxidation Firing = OF.) ใช้เวลาในการเผาประมาณ 20 ชั่วโมง สำหรับชิ้นใหญ่ที่มีความหนาพวกโถส้วม ส่วนผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กเช่น อ่างล้างหน้าและโถเก็บน้ำ จะเผาด้วยเตาเผาเร็ว ใช้

ระยะเวลาในการเผาประมาณ 7 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิหลังการเผาเคลือบ จะถูกซ่อมแซมด้วยน้ำเคลือบสูตรพิเศษ ที่อุณหภูมิการเผาต่ำลงเล็กน้อย ระยะเวลาในการเผาซ่อมครั้งที่ 2 ประมาณ 10 – 8 ชั่วโมง น้ำเคลือบสุขภัณฑ์ที่เป็นสี จะใช้ผงสีสำเร็จรูปจากต่างประเทศ สีสเตนส่วนใหญ่จะต้องเผาแบบสันดาปสมบรูณ์ เพื่อป้องกันสีเปลี่ยนแปลง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ยุบตัว หรือทดสอบไม่ผ่านมาตรฐานการใช้งาน (Function test) ในระบบการชำระล้างจะถูกทุบทิ้ง

สูตรน้ำเคลือบสีขาวทึบสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์ที่ใช้ในโรงงาน ขอนแก่นเซรามิกส์

1.แร่ลอย (เฟลด์สปาร์) ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)	37 %
2.ทรายแก้ว (SiO_2)	27 %
3.ดินขาวระนอง ($Al_2O_3.2Si_2O.2H_2O$)	8 %
4.เซอร์โคเนียมซิลิเกต ($ZrSiO_4$)	10 %
5.ซิงค์ออกไซด์(ZnO)	2 %
6.แคนเซียมคาบอเนตร ($CaCO_3$)	16 %

2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผสมเคลือบขาวทึบมีคุณสมบัติดังนี้

2.2.1.1.แร่ลอย (เฟลด์สปาร์)

เป็นหินฟันม้าที่มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นโซเดียมและอลูมิเนียมซิลิเกตและอาจจะมีสารประกอบของโพแทสเซียมปะปนอยู่ด้วย หินฟันม้าชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ผสมทำน้ำเคลือบเป็นฟลักซ์(ตัวช่วยในการหลอมละลาย)สำหรับเคลือบไฟสูง ไม่ละลายน้ำ ราคาถูก โดยธรรมชาติของหินฟันม้า จะมีการประกอบของแอลคาไลน์ และแอลคาไลน์เอริท์เจือปนอยู่หลายชนิด จึงปรากฏชื่อเรียกของหินฟันม้า แตกต่างกันตามเปอร์เซ็นต์ ของสารประกอบที่เจือปนนั้น

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดของหินฟันม้า

Mineral	Formula
Potash - Feldspar	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$
Soda – Feldspar	$Na_2O.\ Al_2O_3.6SiO_2$
Lime – Feldspar	$CaO\ .Al_2O_3.2SiO_2$
Baryta - Feldspar	$BaO.\ Al_2O_3.2SiO_2$
Pollucite	$Cs_2O.\ Al_2O_3.4SiO_2$
Spodumene	$Li_2O.\ Al_2O_3.4SiO_2$

ที่มา (Felix Singer. 1963: 102)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2.1.2. ทรายแก้วหรือควอตซ์ สูตรทางเคมีคือ (SiO_2)

มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หินเขี้ยวหนุมาน เป็นสารประกอบ ซิลิกาจะมีทั้งในน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น อาจจะมีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกาบริสุทธิ์จะมีจุดหลอมละลายอยู่ที่ 1,710 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีความบริสุทธิ์มากว่าวัตถุดิบชนิดอื่น ที่เป็นสารประกอบอย่างเดียวกัน มีความแข็งแรงมากการนำไปใช้ในเครื่องปั้นดินเผา เป็นผงละเอียดสำเร็จรูป หินควอตซ์บางทีเรียกว่า ฟรินต์ (Flint) หินควอตซ์ที่พบในประเทศไทย มีทั้งชนิดใส ชนิดขุ่นทึบ สีขาว สีชมพู (ทวี พรหมพฤกษ์.2532 : 72) โดยทั่วไปเมื่อนำไปผสมกับเคลือบให้ผลดังนี้

1) เพิ่มจุดหลอมละลายของเคลือบให้สูงขึ้น

2) ลดการไหลตัว (Fluidity) ของเคลือบที่จุดหลอมละลาย

3) เพิ่มความคงทนต่อการกัดกร่อนของสารละลาย

4) ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

5) เพิ่มความแข็งแรงในแก่เคลือบ (Tensile strength)

6) ทำปฏิกิริยาได้ง่ายกับพวกด่าง (Bases) แล้วหลอมตัวกลายเป็นแก้ว (Glossy silicates) ปริมาณการใช้ซิลิกาขึ้นอยู่กับ ฟลักซ์ และจุดสุกตัวของเคลือบ แต่โดยทั่วไปใช้ระหว่าง 1-6 สมมูล (Molecular Eqoivalents) ปริมาณซิลิกาถ้าใช้น้อยเกินไป จะทำให้เคลือบไม่อยู่ตัวและละลายน้ำได้ง่าย ควอตซ์บริสุทธิ์จะมีปริมาณของซิลิกาสูงถึง 99.8 เปอร์เซ็นต์

2.2.1.3. ดินขาวระนอง สูตรทางเคมีคือ ($Al_2O_3.2Si_2O.2H_2O$) ดินขาวหรือดิน เคโอลิน (Kaolin) ในการทำน้ำเคลือบ จะมีคุณสมบัติคือ

1) ช่วยทำให้น้ำเคลือบไหลตัวไม่ตกตะกร่อนได้ง่าย

2) ช่วยให้น้ำเคลือบเกราะติดผิวผลิตภัณฑ์ ได้ดี คือเป็นตัว Binder

3) ช่วยควบคุมการหดตัวของเคลือบบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผา

4) เป็นตัวให้อลูมิน่า (Alumina) และ ซิลิกา (Silica) แก่เคลือบตัวหนึ่ง

2.2.1.4. เซอร์โคเนียมซิลิเกตสูตรทางเคมีคือ ($ZrSiO_4$)

ใช้แทนบางส่วนของซิลิกา (SiO_2) ที่มีดีบุกออกไซด์ (Tin oxide) จะทำให้เคลือบมีความทึบแสงดีกว่าการใช้ดีบุกออกไซด์ อย่างเดียว ปัจจุบันนี้นิยมใช้เซอร์โคเนียมซิลิเกต ในการทำให้ทึบในเคลือบมากกว่าการใช้ออกไซด์ของดีบุก เนื่องจากมีราคาถูกกว่ามาก แต่ถ้าใช้เดี่ยวๆ จะมีผลด้อยกว่าดีบุกออกไซด์ ทั้งในเคลือบไฟต่ำและเคลือบไปสูง ใช้กัน 8 – 12 %

2.2.1.5. ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide) สูตรทางเคมีคือ ZnO

เป็นออกไซด์ของสังกะสีเมื่อผสมลงในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบเงาดีขึ้น ถ้าใช้ในปริมาณน้อยๆ จะทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดหลอมละลาย (Flux) แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟทำให้เกิดทึบในเคลือบ(Opscity) อาจใช้แทนที่แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ซึ่งจะทำให้จุดสุกตัวของเคลือบต่ำลง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2.1.6. แคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูน ($CaCO_3$)

หินปูนมีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษหลายชื่อ เช่นแคลไซต์ (Calcite) ไลม์สโตน (Lime Stote) ไวท์ติ้ง (Whiting) มีสูตรทางเคามีคือ ($CaCO_3$) หินปูนเมื่อนำเอาไปเผาผ่านความร้อน 825-900 องศาเซลเซียส จะกลายสภาพเป็นปูนขาวในรูปผง มีน้ำหนักเบา และเปลี่ยนสูตรเคมีเป็นแคลเซียมออกไซด์(CaO)เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายในเคลือบไฟสูง เมื่อผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งแกร่งดีขึ้น(Tensile Sternght)ทน ต่อการขีดข่วนทนต่อกรด ด่างได้ดี มีสี ขาว ไส เทา น้ำตาล ดำ ความแข็ง 3 ความถ่วงจำเพาะ 2.72 จุดหลอมละลาย 2,570 องศาเซลเซียส เคลือบต้องผ่านการบดจนมีเนื้อเนียนละเอียดได้มาตรฐานมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนใน 75 % ของเคลือบทั้งหมด ห้ามบดละเอียดเกินไปถ้าบดละเอียดเกินไปเคลือบจะหดตัวรวมกันเป็นกระจุกทำให้เนื้อดินเป็นตำนิ (Crawling) ซึ่งมักจะเกิดกับเคลือบทึบที่มีส่วนผสมของเซอร์โคเนียม ซิลิเกต ในน้ำเคลือบต้องเติมกาว C.M.C 1 % เพื่อการยึดเกาะของเคลือบไม่ให้เป็นฝุ่นติดมือ เพราะในสูตรของเคลือบมีส่วนของดินขาวน้อย จึงมีวัตถุดิบที่มีความเหนียวเป็นตัวเกาะยึดไม่พอ ถ้าเคลือบแห้งจะหลุดเป็นฝุ่นติดมือได้ง่ายเมื่อขนย้ายเข้าเตาเผา

2.2.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเคลือบ

การเตรียมน้ำเคลือบหมายถึง การนำวัตถุดิบต่างๆมาบดผสมให้เข้ากันกับน้ำซึ่งสามารถสรุปขั้นตอน ในการเตรียมเป็นขั้นๆ ดังนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ 2534 :69)

2.2.2.1 การชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร

2.2.2.2 การบดผสม ถ้าเตรียมเคลือบน้อยๆ เพื่อการทดลองโดยใช้โกร่งบด ผสมก็เพียงพอ แต่ถ้าต้องการเตรียมจำนวนมาก และให้ดีสม่ำเสมอ ควรจะบดด้วยหม้อบดมากกว่า ส่วนจะบดนานเท่าไดก็ขึ้นอยู่กับส่วนผสม หรือชนิดของเคลือบ น้ำเคลือบบ้างชนิด ถ้าบดนานเกินไปอาจมีผลทำให้เคลือบเปลี่ยนแปลง แต่บางชนิดก็ต้องการเวลาบดนานพอสมควร ซึ่งอาจนานถึง 12 – 15 ชั่วโมง เช่น เคลือบที่ใช้วิธีเคลือบโดยการพ่น ส่วนมากเป็นเคลือบไฟสูงหรือเคลือบเฟลด์สปาร์ และการบดเคลือบไม่ควรใช้น้ำเกินร้อยละ 85 ของน้ำหนักส่วนผสม โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณร้อยละ 30 – 40

2.2.2.3 การกรอง น้ำเคลือบเมื่อผ่านการบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรง (Sieve) เพื่อให้ละเอียดตามต้องการขนาด 200 เมช สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ มี 2 สภาวะคือ

1)ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพที่อยู่ในดินดิบ (Green Ware) การเคลือบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพดินดิบนี้ ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะผลิตภัณฑ์จะเปราะง่าย โดยเฉพาะวิธีการใช้วิธีการชุบเคลือบแบบจุ่ม ส่วนใหญ่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ขนาดใหญ่ เพราะประหยัดเชื้อเพลงและแรงงานมาก ส่วนใหญ่มักเคลือบด้วยวิธีการ พ่น (Spraying)

2)ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาวะเผาดิบ(Biscuit ware)ซึ่งนิยมเผากันประมาณ 800 - 900 องศาเซลเซียสและถ้าเผาดิบในอุณหภูมิสูงเกินไปจะมีผลให้เคลือบไม่ค่อยติด เพราะเนื้อดินมีความพรุนตัวน้อยเกินไป ถ้าเผาต่ำเกินไปจะมีผลทำให้เกิดตำนิในเคลือบได้ เนื่องจากมีความพรุนตัวมาก ทำให้ดูดน้ำเคลือบมากเกินอาจทำให้เคลือบขรุขระหรือทำให้เคลือบแตกได้

ผลิตภัณฑ์ในสภาวะนี้สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย จึงเหมาะที่จะใช้ตามสถานศึกษาและยังเป็นที่นิยมตามโรงงานเซรามิกส์ ทั่วๆไป

ผลิตภัณฑ์ก่อนที่ จะนำไปเคลือบต้องผ่านการขจัดฝุ่นลออกออกให้หมดเสียก่อนเพราะถ้าหาก ผิวผลิตภัณฑ์มีฝุ่นเกาะติดอยู่จะเป็นผลทำให้เคลือบส่วนนั้นหลุดออกจากผลิตภัณฑ์ ทำให้ผิวเคลือบมีตำหนิได้ การทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์ อาจใช้ฟองน้ำชุบน้ำหมาดๆแล้วเช็ดหรือใช้ลมเป่าก็ได้

2.2.3 วิธีการเคลือบ

การเคลือบผลิตภัณฑ์ เราควรเลือกวิธีที่เหมาะสม คือทำให้รวดเร็วสะดวกและได้ผลดีเหมาะกับขนาดของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.3.1.เคลือบด้วยวิธีการชุบ (Dipping) การเคลือบด้วยวิธีนี้ทำได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่น เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก มีขนาดเบาและสามารถยกได้ โดยการเอาผลิตภัณฑ์จุ่มลงในน้ำเคลือบที่เตรียมไว้แล้ว ซึ่งน้ำเคลือบจะมีปริมาณมากพอที่จะจุ่มผลิตภัณฑ์ได้ทั้งใบ เป็นวิธีที่ประชัดและใช้กันมาก

2.2.3.2.การเคลือบด้วยวิธีเทหรือราด (Pouring) วิธีนี้ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เช่น อ่างหรือ แจกันขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถจุ่มลงในน้ำเคลือบได้ หรือใช้สำหรับน้ำเคลือบที่มีปริมาณน้อยๆ โดยการว่างผลิตภัณฑ์ไว้บนปากอ่างที่มีไม่พลาดอยู่ แล้วใช้ภาชนะตักน้ำเคลือบราดให้ทั่ว วิธีนี้อาจทำให้น้ำเคลือบไม่ค่อยดีนัก เนื่องจากเกิดลอยต่อระหว่างการเทราด แต่ละครั้ง

2.2.3.3.เคลือบด้วยวิธีทา (Painting) วิธีนี้ใช้แปรงหรือพู่กันทา ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ (Art ware) ที่ต้องการหลายๆสี

2.2.3.4.เคลือบด้วยวิธีการพ่น (Spraying) วิธีนี้เป็นวิธีที่ทำให้เคลือบได้สม่ำเสมอ (เหมาะสำหรับช่างผู้ชำนาญ) น้ำเคลือบที่ใช้วิธีนี้ต้องต้องผสมให้ใสกว่าน้ำเคลือบ 3 วิธีแรก เพื่อสะดวกในการพ่น ถ้าน้ำเคลือบข้นมากจะทำให้พ่นไม่ออก

วิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆเวลาพ่นควรจะพ่นในตู้พ่น(Spray boot) เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจาย วิธีนี้สิ้นเปลืองน้ำเคลือบมากที่สุด

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเคลือบผลิตภัณฑ์

1) ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเคลือบทั้งภายในและภายนอก ควรจะเคลือบภายในเสียก่อน

2) ก่อนที่จะเคลือบภายนอกต่อจากข้อ 1 ควรทิ้งไว้ให้ผลิตภัณฑ์แข็งเสียก่อน

3) อย่าเคลือบให้หนาหรือบางเกินไป

4) เมื่อทำการเคลือบเสร็จแล้ว ต้องใช้ฟองน้ำจุ่มให้หมาดๆ เช็ดก้นผลิตภัณฑ์ ส่วนที่เป็นขาตั้งให้สะอาดปราศ จากผงเคลือบ มิฉะนั้นเคลือบจะหลอมติดกับพื้นขณะเผาทำให้เกิดความเสียหาย แก่ผลิตภัณฑ์ได้

ความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบ

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบ จะเป็นตัวบ่งบอก ความหนาแน่นของน้ำเคลือบ ผลิตภัณฑ์ที่ดูดซึมได้ดี จะมีความรมพรุนตัวสูง เมื่อจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในน้ำเคลือบน้ำจะถูกดูดซึมเข้าเนื้อผลิตภัณฑ์ และสะสมเนื้อผสมของเคลือบดิบไว้ บนผลิตภัณฑ์ เพราะ ฉะนั้นความหนาแน่นของน้ำเคลือบควรจะมีค่าต่ำ คือมีค่าความถ่วงจำเพราะ 1.40 และมีการไหลตัวดี การนำผลิตภัณฑ์ดิบมาทำการชุบเคลือบที่มีความหนาแน่นสูง เคลือบไม่ควรมีความเหนียวมากนัก และควรมีการกระจายลอยตัวดี ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเนียนเนื้อผลิตภัณฑ์ไม่มีการดูดซึมน้ำการยึดเกาะระหว่างเคลือบดิบ กับผลิตภัณฑ์ต้องอาศัยความเหนียวน้ำเคลือบ ที่ชุบต้องข้น คือ มีความถ่วงจำเพราะสูง

2.2.4 เคลือบที่ใช้ในการผลิตสุขภัณฑ์

เคลือบสีขาวทึบ การที่เคลือบมีคุณสมบัติทึบแสงมีข้อดีคือ เพื่อปิดบังขอเสียงของเนื้อผลิตภัณฑ์เพื่อลดความแตกต่างของสีบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดจากการชุบเคลือบหนาไม่สม่ำเสมอ คุณสมบัติทึบแสงของเคลือบ เกิดเนื่องจากมีอนุภาคกระจัดกระจายอยู่ในเคลือบ โดยมีขนาดและค่าดัชนีหักเหแสงที่ทำให้ แสงมีการกระจัดกระจายได้ดี เคลือบทึบจะเกิดได้ดีมากที่สุดเมื่ออนุภาคมีขนาดครึ่งหนึ่งของคลื่นแสงที่สามารถมองเห็น
(0.2 ไมครอน) และดัชนีหักเหแสงระหว่างอนุภาคกับเนื้อแก้วต้องต่างกันมากๆ นอกจากนี้รูปร่างของอนุภาคก็ยังมีผลต่อการกระจายแสงด้วย

2.2.5 การเผาเคลือบ คุณสมบัติเมื่อเผาดิน แยกออกเป็นขั้นๆได้ดังนี้

2.2.5.1 Dehydration period แบ่งออกเป็นสองระยะ คือ Machanical dehydration เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิปกติถึง 150°C คือ น้ำที่ผสมในเนื้อดินจะระเหยออก บางทีจะสังเกตเห็นควันของไอน้ำ (water smoking) เนื้อดินจะเริ่มแห้งไม่มีน้ำเหลืออยู่เลย และChemical dehydration จะเริ่มต่อเนื่องจากน้ำที่ผสมอยู่ในเนื้อดินระเหยออก โมเลกุลของดินจะแตกตัว และโมเลกุลของน้ำจะระเหยออก การเปลี่ยนแปลงช่วงนี้จะต่อเนื่องไปถึงอุณหภูมิ 600 °C และเนื้อดินจะเริ่มแข็งขึ้นไม่มีความเหนียวอีกต่อไป

2.2.5.2 Oxidation period เริ่มตั้งแต่ 300 °C จนถึง 950 °C สิ่งต่างๆที่ปะปนมากับเนื้อดินจะถูกเผาไหม้ พวกแร่ธาตุต่างๆ เช่น พวกคาร์บอนเนต และซัลเฟตจะแตกตัวระยะนี้ คุณสมบัติทางกายภาพของดินจะเปลี่ยนแปลง และการขยายตัวของทรายจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะช่วง 573 ° C และจะมีการเปลี่ยนรูปแบบของ Quartz

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2.5.3 Vitrificacion period เริ่มตั้งแต่ 900 ° C เนื้อดินจะหดตัว เนื้อดินบางชนิดจะเริ่มหลอมละลาย ส่วนที่หลอมละลายจะไหลไปตามช่องว่างทำให้เนื้อดินแน่นขึ้น

<u>การหดตัวของเนื้อดินหลังการเผา</u> การหดตัวนี้ขึ้นอยู่กับ

1) ส่วนประกอบทางเคมี

1.1) ฟลักซ์ เช่น เฟลสปาร์, ไมก้า , เหล็ก, หินปูน สิ่งเหล่านี้จะทำให้การหดตัวสูง

1.2) วัตถุทนไฟ เช่น อะลูมินา จะช่วยลดการหดตัว

2) ขนาดของเม็ดดิน ถ้าละเอียดมากจะหดตัวมาก เนื่องจากพื้นผิวต่อปริมาตรสูง เพราะขนาดเม็ดดินเล็กลง ขณะเดียวกันเนื้อดินจะแข็งแกร่ง

3) อุณหภูมิในการเผา ถ้าใช้อุณหภูมิสูง จะหดตัวมาก

4) การแช่อุณหภูมิ ถ้ายื่นอุณหภูมินานๆ เนื้อดินจะยิ่งหดตัว

ตารางที่ 2.2 สรุปคุณสมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงขณะที่เผาในช่วงไฟต่างๆ

คุณสมบัติ	ช่วงเผาไฟ		
	Dehydrattion	Oxidation	vitrification
สี	สีจางลง	ดินที่มีเหล็กจะสีเข้ม	สีจะเข้มขึ้น เนื้อเนียน
ความพรุน	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง
การหดตัว	ขยายตัว	ขยายตัว	หดตัว
น้ำหนัก	ลดลง	ลดลง	คงที่
ความแข็ง	เพิ่ม	ลดลง	เพิ่มขึ้น

ที่มา (ลดา พันธ์สุขุมธนา. 2550 : 24)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เตาเผา (Kiln)ในการเผาเครื่องสุขภัณฑ์ จะใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง เตาที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ Shuttle Kiln, Tunnel Kiln และ Roller – hearth Kiln

<u>Shuttle Kiln</u> เตาเผา ปิด – เปิด มีทั้งความร้อนม้วนลง (Down draught) และความร้อนลอยขึ้น (Up draught) การตั้งของเผาบนรถเตามีทั้งตั้งของเผาชั้นเดียว (Single deck) สองชั้น (Double deck) หรือสามชั้น (Triple deck) เตาชนิดนี้มีข้อเสียตรงที่ค่าของเชื้อเพลิงที่ใช้ (Fuel consumption)จะสูงเพราะเสียเวลาในการเริ่มแรกกว่าที่เตาจะร้อน (Heat up) โดยทั่วไปค่าของเชื้อเพลงที่ใช้จะประมาณ 2,100 – 2,300 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลผลิตภัณฑ์เผาแล้ว (Kcal / Kg fired ware) แต่เตาชนิดนี้มีข้อได้เปรียบที่สามารถจะปรับอุณหภูมิการเผาหรือเปลี่ยนแปลงอัตราการเพิ่มความร้อนในแต่ละครั้งที่เผาได้ ความร้อนที่ผลิตภัณฑ์ได้รับจะสม่ำเสมอเพราะรถเตาอยู่กับที่ ฉะนั้นเตาชนิดนี้เหมาะสำหรับของเผาซ่อม (Refires) และผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างซับซ้อนหรือชิ้นใหญ่ โดยที่

ปรับอุณหภูมิหรือเร่งอัตราของความร้อนให้ได้ตามความต้องการ ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

เตา Shuttle kiln ในปัจจุบันการเผาสุขภัณฑ์จะสามารถเผาใช้เวลาไม่นานนัก ถ้าเป็นสุขภัณฑ์รูปแบบทั่วๆไป ยกเว้นสุขภัณฑ์ชั้นเดียว (one – pecec closet) จะใช้เวลาการเผาดังนี้

Firing cycle 12 hrs cold to cold

Heating up 5 hrs

Soaking ½-1 hr

และ Cooling 6 hrs

11 ½- 12 hr

ซึ่งสามารถเผาได้วันละสองเตา และสะดวดในการปฏิบัติ แต่ถ้าเป็นสุขภัณฑ์ขึ้นรูปแบบซับซ้อน จะยืดเวลาเป็น 16 – 18 ชั่วโมงต่อรอบ

เตา Tunnel kiln เตาอุโมงค์ เผาผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง เข้า – ออก ตลอดยี่สิบสี่ชั่วโมง มีทั้งรถเตาชั้นเดียว และรถเตาสองชั้น แต่นิยมสร้างเป็นรถเตาชั้นเดียวเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการตั้งของของบนรถเตา ซึ่งจะตั้งลำบากและอาจมีผงสรกปรกตกลงจากแผ่นบนลงใส่ผลิตภัณฑ์ที่ชั้นล่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือผงอะลูมินาที่ใช้ทาแผ่นตั้งเผา

เตาอุโมงค์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยช่วง (Zone) 3 ช่วงด้วยกัน คือ

Pre - heating zone

Main heating zone (Main firing zone)

Cooling zone

ซึ่งแต่ละช่วงจะมีความยาวเท่าๆกัน ในช่วง(Cooling zone)อาจจะสร้างช่วงเย็นเร็ว (Rapid cooling zone) ต่อจากช่วง (Main firing zone) เพิ่มขึ้นเพื่อเร่งการเย็นตัว ทิศทางการเดินของรถเตาจะเดินสวนทางกับทิศทางของไฟ ฉะนั้น ในช่วง Pre – heating zone จึงต้องมีพัดลมดูดไอเสีย ส่วน Main zone เป็นช่วงเผาไฟสูงสุด จะมีหัวพ่นไฟชนิดความเร็วสูง (High – velocity burners) ติดตั้งอยู่สองข้างของเตา เรียงเป็นแถว แล้วแต่จะสร้างขึ้นกี่หัวฉีดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ต้องการเผา ถัดจากช่วงนี้จะเป็นช่วงเย็นเร็ว (Rapid cooling zone) โดยที่จะใช้ลมเย็นปราศจากอากาศพ่นเข้าไปผ่านเครื่องควบคุมความเร็ว ส่วนช่วงเย็นตัว (Cooling zone)ใช้ลมเป่าเข้าไปโดยมี contrayec-air fan ติดตั้งอยู่ท้ายเตา เป่าลมเย็นเข้าใต้หลังคาเตาและสองข้างของกำแพงเตา ให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความเย็นพอเหมาะที่ออกมาจากปากเตาเผาไม่แตกร้าว ค่าสิ้นเปลืองพลังงาน (Fuel consumption) ของเตาอุโมงค์จะน้อยกว่าเตาSuttle โดยทั่วๆไปจะประมาณ 1,200 – 1,400 Kcal/Kg fired ware.

เตา Roller-hearth kiln เป็นเตาที่สร้างขึ้นมาเพื่อเผาให้ได้เร็ว โดยไม่ใช้รถเตา (Kiln car) แต่ตั้งผลิตภัณฑ์บนแผ่นวัตถุทนไฟ (Firing bat) แล้ววางบนลูกกลิ้งทนไฟ (Roller) วิ่งผ่านไฟ ลักษณะเหมือนเตาอุโมงค์ เตา Roller นี้มีขีดจำกัดในการเผาบวก ต้องคำนึงถึงส่วนประกอบของเนื้อ

ดินและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ (รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อนจะเผาได้ไม่ค่อยดี มักแตกร้าวง่าย ถึงแม้จะสามารถเผาได้เร็ว 5-6 ชั่วโมง จากเริ่มเข้าเผาจนออกมาก็ตาม)

การสร้างเตาเผา ในสมัยนี้จะนิยมใช้ใยแก้วเซรามิค ยกเว้นในบางส่วนตรงบริเวณหัวพ่นไฟ จะใช้อิฐเบามาทำเป็นปล้องๆ(Modules) นำมาต่อกันเป็นเตาสำเร็จ

การกรุเตาจะกรุด้วยวัตถุที่เบา Light weight insulation kiln lining ใช้ใยแก้วเซรามิค ความหนาของผนังเตาประมาณ 23 – 24 เซนติเมตร เพื่อลดการอมความร้อนและขณะเดียวกันทำให้เผาได้เร็ว (Fast firing)และเย็นตัวได้เร็ว

รถเตาเผา Low mass kiln cars เพื่อลดความร้อน Heat work ที่จะนำไปเผาตัวรถ โดยส่วนมากใช้ใยแก้วเซรามิคเช่นกัน ขอบนอกตัวรถจะใช้อิฐเบา (Insulation brick) เป็นโครงโดยรอบ ยกเว้นส่วนที่ต้องตั้งเสา (Post) รับแผ่นรองเผา (Bats) จะใช้อิฐทนไฟ (Refractory brick) ชนิดแข็งรองรับ

การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel consumption) ขึ้นอยู่กับสิ่งเหล่านี้

1)อุณหภูมิการเผา () ถ้าเผาอุณหภูมิสูงจะต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น โดยปกติในการเผาสุขภัณฑ์จะเผาที่อุณหภูมิ 1800 ถึง 1200 (จุดสูงสุด – Peak temperature)

2)น้ำหนักของที่เผา (Wight of ware)ถ้าหากตั้งผลิตภัณฑ์จำนวนมาก จะยิ่งต้องการความร้อนมากขึ้นตามที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์สุก (Vitrify) โดยเฉลี่ยจะตั้งผลิตภัณฑ์บนรถประมาณ 6 ชิ้น(14 – 15 กิโลกรัมต่อชิ้น) ต่อหนึ่งตารางเมตร

3)น้ำหนักของอุปกรณ์และของตั้งเผา (Wight of furniture) ไม่ควรจะใช้อุปกรณ์ดังกล่าวมีความหนาจนเกินเหตุ หรือตั้งเสาจำนวนมากเพื่อรองรับ เพราะจะเป็นการเผาอุปกรณ์เหล่านี้มากกว่าผลิตภัณฑ์ จึงทำให้สินเปลืองความร้อนโดยเปล่าประโยชน์

4)น้ำหนักของชิ้นส่วนที่รองเผา (Wight of setters) ควรหลีกเลี่ยงให้ใช้จำนวนน้อยลงเช่นเดียวกับ(Kiln furniture)

5) ปริมาณอากาศ (Quanty of excess air)หากใช้อากาศช่วยในการเผาไหม้มากเกินไปจะยิ่งทำให้ความร้อนต่ำลง ควรปรับให้อยู่ในช่วง 2 – 3 % ซึ่งไม่น้อยเกินที่จะทำให้สีเคลือบ

6) ช่วงเวลาการเผา (Length of firing cycle) ถ้ายืดเวลาเผาให้นานจะยิ่งเสียเชื้อเพลิงมากตาม

7) อุณหภูมิที่แช่และเวลาที่ยื้นไฟ (Sosking temperature and time) เช่นเดียวกับช่วงเผาแช่หรือยื้นนาน จะยิ่งเปลืองเชื่อเพลิง โดยปกติจะยื้นไฟที่อุณหภูมิที่ต้องการ ประมาณครึ่งชั่วโมง ถึงหนึ่งชั่วโมง ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์สุกและเคลือบเงามันดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2.6 การเผาผลิตภัณฑ์ (Firing)

เครื่องสุขภัณฑ์จะเผาแบบ Oxidation และจะเผาสุกครั้งเดียว (Once – fire หรือ Firat fire) เนื่องจากสุขภัณฑ์เป็นชิ้นใหญ่ ไม่เหมาะที่จะเผาคิบเป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เวลาหรือการทำงานถึงสองครั้ง การตั้งของเผาบนรถ ก่อนจะตั้งผลิตภัณฑ์ที่เคลือบต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่า ได้ฐานผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์จะต้องสะอาดปราศจากเคลือบติดอยู่ มิฉะนั้นเคลือบที่ไม่ขูดออกหรือหลงค้างอยู่จะเยิ้มติดแผ่นรองเผา ทำให้แผ่นรองเผาชำรุดหรือเสียหายและตัวผลิตภัณฑ์อาจบิ่นแตกได้ แผ่นรองเผาต้องทำความสะอาดและทาอลูมินา ป้องการติดและช่วยให้ผลิตภัณฑ์หดตัวได้สะดวกขณะที่เผา ผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าเตาเผาควรมีความชื้น 1 – 2 % ฉะนั้นทางโรงงานจึงมีที่อบแห้ง ก่อนที่จะนำเข้าเตาเผาเพื่อความแน่ใจว่า ผลิตภัณฑ์นั้นแห้งพอ หากยังไม่แห้งพอ อาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์ระเบิดในเตา หรือ ผิวเคลือบหลังเผาออกมามีตำหนิได้ การเร่งอุณหภูมิเผาช่วงไฟ 500 – 650 องศาเซลเซียส ควรระวังอย่าให้อัตราการขึ้นของอุณหภูมิสูงเร็วมาก ขณะเดียวในช่วงเย็นตัว 650 – 500 องศาเซลเซียส ควรจะให้อัตราการเย็นตัวต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการแตกร้าวในช่วงอุณหภูมิวิกฤตที่การขยายตัวของ Quartz สูง

2.2.7 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาเคลือบ

ปฏิกิริยาระหว่างการเผาเคลือบ มีระยะต่างๆดังนี้

2.2.7.1. ระยะแห้งตัว คือ ระยะที่น้ำเดือดระเหยออกจากน้ำเคลือบในระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

2.2.7. 2. ระยะการเปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องปั้นดินเผา และรวมตัวกันใหม่เป็นสารประกอบระยะนี้สารประกอบต่างๆ ในน้ำเคลือบจะมีการรวมตัวเป็นออกไซด์ เช่นสารประกอบซิลิกา โซดา และตะกั่ว อุณหภูมิในระยะนี้มีความแตกต่างกัน ตามอุณหภูมิของสารประกอบ

2.2.7.3. ระยะหลอมระลาย คือ ระยะที่สารประกอบในน้ำเคลือบหลอมรวมตัวกันที่อุณหภูมิ 600 – 1000 องซาเซลเซียส

2.2.7.4. ระยะแกร่งตัว คือ ระยะที่ดินและน้ำเคลือบหลอมละลายเป็นอันเดียวกัน และมีความแกร่งที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

2.2.7.5. ระยะการเย็นตัว คือระยะที่หลังการเผาเสร็จ ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ แล้วปล่อยให้เย็นตัว เวลาเย็นตัวนี้ถ้าปล่อยให้เย็นตังลงอย่าช้าๆ มีส่วนให้น้ำเคลือบมีความด้าน ถ้าปล่อยให้เคลือบเย็นตัวเร็วอาจมีส่วนให้เคลือบมัน(จรูญ โกมุทรัตนานนท์.2539 : 107 – 108)

2.2.8 บรรยากาศในการเผาเคลือบ(ไฟจิตร อิ่งศิริวัฒน์. 2541: 288) ได้กล่าวไว้ดังนี้

2.2.8.1. บรรยากาศออกซิเดชัน(Oxidation Firing)

เป็นการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และให้ออกซิเจน (Oxygen) มากเกินพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้ว จะมีออกซิเจนเหลืออยู่ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$OF = CH_4 + 3O_2$ (Excess) ========> $CO_2 + 2H_2 + O_2 +$ ENERGY

2.2.8.2. บรรยากาศ รีดักชัน (Reduction Firing)

เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ในเตาเผามีเพียงออกซิเจนไม่เพียงพอ ซึ่งเกิดการเผาไหม้แล้ว จะมีคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) เหลืออยู่ในปฏิกิริยาการเผาดังนี้

$RF = 2CH_4 + 3O_2$ ========> $2CO + 2H_2 + O_2 +$ ENERGY

2.2.8.3. บรรยากาศ นิวทรัล (Neutral Firing)

เป็นการเผาไม้ที่สมบูรณ์และไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่เลย การเผาไหม้ที่มีออกซิเจนที่พอดี ดังปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

$NF = CH_4 + 2O_2$ ========> $CO + 2H_2O +$ ENERGY

ลักษณะของตำนิหรือข้อบกพร้องของเคลือบที่เกิดขึ้นภายหลังการเผาเคลือบ เกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลายประการด้วยกันดังต่อไปนี้(สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ 2534 : 73 – 75)

1.)รูเข็ม (Pinholes) มีลักษณะเป็นรูเล็กๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบถ้ามีขนาดใหญ่เรียกว่า Blisters

2.)การราน (Crazing) เป็นตำหนิเคลือบที่เรามักพบกันอยู่เสมอ มีลักษณะเป็นลายเส้นตาข่าย หรือที่เรียกว่าเคลือบแตกลายงา สาเหตุที่ทำให้เคลือบเกิดการรานคือ เนื้อเคลือบกับเนื้อดินมีการหดตัวหรือขยายตัวไม่เท่ากัน

3.)เคลือบไหล (Running Glazes) คือเคลือบที่ไหลตัวจากผลิตภัณฑ์ ไปกองรวมกันที่ฐานของผลิตภัณฑ์ เคลือบไหลมักเป็นอันตรายต่อแผ่นรองเผาในอุตสาหกรรม ไม่นิยมใช้เคลือบไหล นิยมใช้เคลือบไหลเพื่อ ให้เกิดปฏิกิริยาพิเศษ (Special Effect) ให้เคลือบดูน่าสนใจ กว่าเคลือบสีเรียบๆธรรมดาๆเช่นเคลือบงานศิลปะ

4.)การแตกของเคลือบตามแนวเส้นตรงเป็นรอยลึกถึงเนื้อดิน (Dunting) คือลอยแตกร้าวของเคลือบเป็นแนวเส้นยาวๆ เป็นอันตรายต่ออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ลอยแตกนี้จะทะลุไปถึงเนื้อดิน ชั้นล่างตามแนวเคลือบ

5.)เคลือบหดตัวหรือเคลือบหนีบ (Craw ling) คือเคลือบที่หดตัวรวมกันเป็นจุดหรือก้อนทำให้เกิดบริเวณช่องว่าง บนผลิตภัณฑ์ แหล่งปราศจากเคลือบเป็นย่อมๆ

6.) สีเคลือบด่างไม่สม่ำเสมอ(Flashing) คือการที่เคลือบมีสีไม่สม่ำเสมอกันทั้งใบ อาจมีด้านได้ด้านหนึ่งเป็นรอยด่างหรือมีสีซีดกว่าบริเวณอื่นๆ ซึ่งเกิดขึ้นเฉพาะเคลือบ ที่เผาบรรยากาศยา รีดักชัน

7.)ขอบนอกของผลิตภัณฑ์ที่เคลือบเป็นวงสีดำคล้ำ (Blacktop rim) คือการที่เคลือบด่างเป็นสีคล้ำที่ขอบปากของผลิตภัณฑ์ หรือบางส่วนของผลิตภัณฑ์ดำคล้ำเป็นแถบ เป็นเคลือบที่เผาบรรยากาศยา รีดักชัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

8.)ผิวเคลือบด้านไม่ตรงตามความเป็นจริง (Loss of glaze) เป็นตำหนิเคลือบที่เกิดจากการศูนย์เสีย ของส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งอาจจะเกิดจากการเผาไหม้เกินอุณหภูมิ ทำให้สารบางอย่างที่ละเหยได้ง่ายระเหยหมดไปหมดเช่น พวกสารบอแรกซ์ และตะกั่วเป็นต้น

9.)การแยกตัวออกจากกันของเคลือบ(Crawling) เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบแยกตัวออกจากกัน

คล้ายเคลือบเคลื่อนหนีทำให้เกิดรอยว่างไม่มีเคลือบติด สาเหตุเนื่องจาก

- ผสมดินในน้ำเคลือบมากเกินไป
- บดเคลือบละเอียดเกินไป
- เคลือบหนาเกินไป

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแก้ว (Glasses)

แก้ว (Glasses) คือ วัสดุที่มีความแข็ง โปร่งแสง เปราะ มีความแวววาว มีจุดหลอมละลายสูง ไม่ละลายน้ำ และสารละลายใด ๆ ไม่ติดไฟ ในพจนานุกรมกล่าวไว้ว่า แก้ว คือ สารประกอบซิลิกากับสารโลหะออกไซด์มีลักษณะ โปร่งแสง มีความเปราะในตัว หรือในทางเทคนิคกล่าวไว้ว่า แก้ว คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหลอมอนินทรีย์สาร มีการเย็นตัวจนกระทั่งแข็งโดยไม่มีการตกผลึก ส่วนประกอบทางเคมี มี SiO_2, B_2O , Na_2CO_3 , $CaCO_3$ $MgCO_3$ (Dolomite) แก้วทำจากอนินทรีย์สารคือ ทรายแก้วเป็นสารประกอบสำคัญ นอกจากนั้นก็เป็นอนินทรีย์สารออกไซด์ต่าง ๆ เช่น Ferric oxide, Phosperie oxide แก้วมีส่วนประกอบทางเคมีไม่แน่นอน แต่ส่วนผสมจะต้องอยู่ในขอบเขตจำกัด ถ้าหากจัดสัดส่วนของส่วนผสมเกินออกไปจากที่กำหนดจะทำให้แก้วหลอมละลายหรือเกิดความยุ่งยากต่าง ๆ เกิดขึ้น (ศศิเกษม ทองยงค์. 2520 : 1)

2.3.1 ชนิดของแก้ว เราแบ่งแก้วออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

2.3.1.1 แก้วที่เกิดมาโดยธรรมชาติ (God-made glass) เป็นแก้วที่เรียกว่า Obsidian เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของสารหลอมเหลว (Magma) ที่พ่นออกมาจากช่องภูเขาไฟ มีสีเทาหรือสีม่วงดำ ต่อมาในยุคหินที่มนุษย์เริ่มรู้จักใช้ไฟในการหุงต้ม ตรงเชิงตตะกอนเตาเมื่อได้รับความร้อนสูงพอ อาจทำให้เกิดการหลอมละลายที่ผิวเป็นลูกปัดแก้ว (Glass Bead) กลม ๆได้ แก้วธรรมชาติเช่น หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) มีจุดหลอมเหลวสูงมาก กล่าวคือ ทรายแก้วบริสุทธิ์มีจุดหลอมเหลวที่ 1710 ^{o}C เมื่อละลายแก้วเรียกว่า Fused Silica

2.3.1.2. แก้วที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-mode glass) เป็นแก้วที่มนุษย์คิดประดิษฐ์ขึ้นได้แก่

1) แก้วซิลิกา (Fused silica or vitreous) ได้จากการหลอมทรายแก้วหรือควอตซ์ที่บดละเอียด โดยไม่ผสมวัตถุดิบอื่น ๆ ลงไป มีจุดหลอมเหลวสูง (1710 ^{o}C) มีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนน้อย ส่วนมากใช้ทำเครื่องใช้ในห้องปฏิบัติการ (Lab) แก้วชนิดนี้เวลา

หลอมมักมีฟองมาก จึงนิยมทำการหลอมในสุญญากาศ (Vacuum) มีความหนืดสูง มีความคงทน (Stability) ทางเคมี และทนไฟได้ดี

2) แก้วซิลิกา 96 เปอร์เซ็นต์ มีสมบัติเกือบจะเหมือน Fused Silica แต่มีจุดหลอมต่ำกว่ามีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงกว่า เพราะมีสารช่วยหลอมละลาย (Fluxing Oxide) ผสมอยู่ เพื่อลดจุดหลอมให้ต่ำลงและสะดวกในการขึ้นรูป ใช้ทำเครื่องใช้ในห้อง Lab พวก หลอดแก้ว (Tubes) หรือถ้วยแก้ว (Rod)

3) แก้วโซดาไลม์ เป็นชนิดที่ใช้มากที่สุดโดยการใช้โซดา (Soda) หรือโปแตซ (Potash) ผสมเป็นสารช่วยหลอมละลาย (Fluxing oxide) เพื่อลดจุดหลอมให้ต่ำลงลดความหนืดให้สะดวกในการขึ้นรูป นอกจากนี้ยังมีไลม์ (CaO) แมกนีเซีย (MgO) และอลูมินา (AI_2O_2) ปนอยู่เล็กน้อยเพื่อให้แก้วมีความคงทนต่อสารเคมี แก้วชนิดนี้ถ้าผลิตบางจะไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน (Thermal chock) ใช้ทำกระจกหน้าต่าง กระจกแผ่น หลอดแก้ว ถ้วยแก้ว แก้วกันกระสุน (Bullet proof glass) แก้วกระจกรถ เป็นต้น วัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวลดอุณหภูมิในการผลิตและหลอมแก้ว ได้แก่ โซดาแอซ (Na_2CO_3) สารชนิดนี้เมื่อเอาไปผสมกับทรายแก้วในอัตราส่วน 10-16% จะลดอุณหภูมิในการหลอมลงมา 700-800 องศาเซลเซียส ทำให้ทรายแก้วหลอมตัวได้ง่ายขึ้น โซดาแอซ เมื่อผสมกับทรายแก้ว จะได้แก้วชนิด Sodium silicate (Na_2 SiO_2) คุณสมบัติละลายในน้ำได้ง่าย ดังนั้นจึงใส่หินปูน ($CaCO_3$) ลงไปด้วยเพื่อไม่ให้ละลายน้ำ เมื่อหลอมตัวเป็นแก้วแล้วเลยถูกเรียกว่า (Soda Lime glass) นอกจากนี้เศษแก้ว (Cullet) ก็ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์เช่นเดียวกัน ซึ่งจะใช้ประมาณ 10-75% ของวัตถุดิบ แก้วโซดาโลม์มีราคาถูก หลอมละลายง่าย ถูกใช้ทำขวดน้ำชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดใสและมีสี ซึ่งเราสามารถพบเห็นได้ทั่วไป และใช้ทำกระจกแผ่น กระจกหน้าต่าง ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำกระจกนิรภัยหรือที่เรียกว่า Safety glass กระจกกันกระสุนหรือเรียกว่า Bullet proof glass และถูกถ้วยไฟฟ้า

สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของแก้วโซดาโลม์ทำให้แก้วชนิดนี้ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง ความใสของแก้วโซดาไลม์ถูกนำไปใช้ทำกระจกหน้าต่าง นอกจากนั้นความเรียบและความไม่มีรูพรุนของพื้นผิวทำให้ขวดน้ำหรือภาชนะที่ทำจากแก้วชนิดนี้ทำความสะอาดได้ง่าย ภาชนะที่ทำจากแก้วโซดาไลม์ใส่น้ำ เครื่องดื่ม อาหาร รสชาติจะไม่เปลี่ยนแปลง และไม่มีสิ่งอันตรายใด ๆ ปนเปื้อน ปริมาณของอัลไคด์ที่มีสูงในแก้วทำให้จุดหลอมเหลวของแก้วลดต่ำลง แต่จะเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน (Thermal expansion coefficient) ลงประมาณ 20 เท่า จาก ~0.5 x 10-6/K ถึง 9x10-6/K ซึ่งแก้วโซดาไลม์เป็นแก้วชนิด Soft glass (แก้วที่มีค่า a ต่ำกว่า 6x10-6/K จึงเรียกว่า Hard glass) เพราะมีค่า Thermal expansion สูง ความต้านทานต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันย่อมมีค่าน้อย ดังนั้น ต้องดูแลอย่างมากในขณะใช้งาน โดยเฉพาะเมื่อนำไปบรรจุของเหลวที่อุณหภูมิสูง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4) แก้วตะกั่ว (Lead alkali silicate glass) แก้วชนิดนี้ได้จากการแทนที่แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ด้วยตะกั่ว (PbO) ตามปกติแคลเซียมออกไซด์ (CaO) จะใช้ไม่เกิน 15% แต่ถ้าใช้ ตะกั่วแทนสามารถใช้ได้ถึง 80% โดยตะกั่วทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลาย (Fluxing oxide) เนื่องจากมีส่วนผสมของตะกั่วจึงมีความแวววาวสุกใสสวยงาม นิยมใช้ทำหลอดแสงสว่าง ทั้งชนิดธรรมดาและหลอดนีออน นอกจากนั้นยังนิยมเอาไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทงานศิลป์ (Art ware) และแก้วเจียระไนอีกด้วย (Gystal glass) มีความต้านทานไฟฟ้าได้ดี จึงนำไปใช้ผลิตอุปกรณ์ วิทยุ และเครื่องหลอดโทรทัศน์หลอดวิทยุต่าง ๆ เป็นต้น

5) แก้วโบโรซิลิเกต (Boro silicate glass) แก้วชนิดนี้ใช้บอแรกซ์ (Borax) เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (fluxing agent) โดย B_2O_3 จะลดความหนืดของแก้วลงแต่ทำได้น้อยกว่า Soda การขึ้นรูปค่อนข้างลำบาก แต่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน (Thermal chock) ได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของสาร (Chemical corrosion) ใช้ทำพวกภาชนะหุงต้ม เพราะทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันกัน ภาชนะที่ใช้ในห้องทดลอง (Lab) และเลนส์ของกล้องดูดาว (Telescope morror)

6) แก้วอลูมินาซิลิเกต (Alumina silicate glass) ได้แก่ แก้วที่มี Al_2O_3 มากกว่า 20% มี CaO และ MgO ปริมาณน้อยมีจุดหลอมสูงมีการขยายตัวน้อยเมื่อได้รับความร้อน จึงเหมาะที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทที่จะต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูง (Height temperature) และภาชนะหุงต้ม (Coking ware)

7) แก้วสี (Color glass) เป็นแก้วที่มีสี ทำได้โดยผสมพวกสารให้สี (Color rants) ที่เป็นออกไซด์ของโลหะ (Metteric oxide) ลงไปปริมาณเล็กน้อยประมาณ 1-4% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีที่ต้องการ

2.3.2 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตแก้ว

2.3.2.1 ทรายหรือทรายแก้ว (Glass sand) เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว ทรายแก้วที่ดีจะต้องมีปริมาณของเหล็กต่ำ และสารประกอบอื่นประเภท Impurities เจือปนอยู่น้อย มิฉะนั้นจะได้เนื้อแก้วที่ไม่ค่อยใส คือจะมีสีปะปนอยู่ในเนื้อและยากในการหลอมละลาย วัตถุดิบประเภทนี้ในประเทศไทยเรามีปริมาณมากและคุณภาพดี ที่ใช้มีอยู่ 2 แห่ง คือ ทรายแก้วจากจังหวัดระยอง กับที่จังหวัดสงขลา

2.3.2.2 ตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมแก้ว (Fluxes) ที่นิยมใช้ได้แก่ โซดาแอช (Na_2CO_3) ชนิดหนัก (Dense) สารนี้เมื่อนำไปผสมกับทรายในอัตรา 10-16% จะลดอุณหภูมิการหลอมลงมา 700-800 ^{o}C ทำให้ทรายแก้วหลอมตัวง่ายขึ้น

โซดาแอช (Na_2CO_3) เมื่อผสมกับทรายแก้ว (SiO_2) จะได้แก้วชนิด Sodium silicate (Na_2SiO_3) หรือเราเรียกว่า Water glass คุณสมบัติละลายน้ำได้ง่าย ดังนั้น จึงใส่หินปูน ($CaCO_3$) ลงไปด้วยเพื่อไม่ให้ละลายน้ำ เมื่อหลอมตัวเป็นแก้วแล้วจึงเรียกว่า Soda-lime glass นอกจากนั้นยังอาจใส่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Alkalis cart ตัวอื่น ๆ ได้อีก เช่น Magnesium, Barium เป็นต้น ฟลักตัวอื่น ๆ ที่นิยมใช้ได้แก่ Feldspar, Lead oxide และ Boric oxide ใน Borax ($Na_2B_4O_7$ $10H_2O$) หรือ ($H_2BO_3.10H_2O$) Boric oxide นิยมใช้ทำ Boric silicate glass อย่างไรก็ดีควรถือหลักเกณฑ์โดยทั่วไปว่า แก้วประเภทใดที่มีจำนวนฟลักสูงจะใช้อุณหภูมิหลอมต่ำ ราคาถูก แต่ถ้าใส่ฟลักน้อยจะทำให้เนื้อแก้วมีคุณภาพดีและมีราคาแพงขึ้น นอกจากนี้เศษแก้ว (Cullet) ก็ยังทำหน้าที่เป็นฟลักเช่นเดียวกัน ซึ่งจะใช้ในอัตราส่วนประมาณ 410-75% ของวัตถุดิบ

2.3.2.3ตัวฟอกสี (Decolorizing agent) ได้แก่ ซิลิเนียม (Selenium) และโคบอนท์ (Cobalt) ใช้ในปริมาณเล็กน้อย แต่เป็นสารที่มีราคาแพง ใช้สำหรับฟอกสีเขียวที่เกิดจากออกไซด์ของเหล็ก (เหล็กเป็นตัวทำให้เกิดสีในแก้ว) หากมีปริมาณเกิน 0.06% แม้ตัวฟอกสีก็ช่วยไม่ได้ ฉะนั้นจะต้องควบคุมปริมาณตัวที่ทำให้เกิดสีด้วยการใช้ซิลิเนียมมีข้อเสียบ้างเล็กน้อยคือ ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินจะทำให้ความสดใสของเนื้อแก้วลดลงอีกประการหนึ่งคือ ถ้าใช้ตัวไล่ฟอง (Arsenic) มากจะมีผลต่อความสมบัติในการฟอกสีของซิลิเนียมด้วย

2.3.2.4 ตัวไล่ฟอง ได้แก่ อาร์ซินิคออกไซด์ (As_2O_3) หรือโซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) การหลอมแก้วแต่ละครั้งจะเกิดฟองขึ้นอย่างมากมาย เนื่องจากสารพวกคาร์บอเนต (Carbonate) ขณะที่ทำปฏิกิริยาในการหลอมจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอเนตออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดฟอง ฟองนี้จะขจัดได้โดยการเติมพวก As_2O_3 หรือ $NaNO_3$

2.3.2.5.ตัวช่วยทำให้เกิดสีและทึบ (Coloring and opacifiying agent) ใช้ในการทำพวกแก้วสีและแก้วทึบ ได้แก่

แก้วสีน้ำเงินใช้	Co_2O_3
แก้วสีฟ้าใช้	$CuSO_4$
แก้วสีเหลืองใช้	$CdSF$, $Fe_2O_3 + C$
แก้วสีเขียวใช้	$K_2Cr_2O_7$, Cr_2O_3
แก้วสีชาใช้	$C + Fe_2O_3 + S$
แก้วสีม่วงใช้	NiO, MnO
แก้วสีเหลืองเขียวใช้	U
แก้วสีแดงใช้	SeO_2+$CdSF$, SeO_2+C,Au

ส่วนสารที่ทำให้เกิดแก้วทึบแสงก็มี Fluorite (F) กับ Phosphate (p) เป็นต้น

2.3.2.6. ตัวควบคุมความหนืดหรือการไหลตัวของแก้ว (Vicosity fluidity) นิยมใช้อลูมินา (Al_2O_3) หรือเฟลด์สปาร์ (Feldspar) ซึ่งต้องมีความบริสุทธิ์พอสมควร ไม่ควรมีปริมาณเหล็กสูงฉะนั้นอลูมินาที่ได้จากดิน (Clay) บ็อกไซท์ (Bauxite) ยิบไซท์ (Gibbsite) และไดสปอร์ (Diaspore) จึงไม่นิยมใช้ในการทำแก้วเพราะมีเปอร์เซ็นต์เหล็กสูง นอกจากนั้นอลูมินายังเป็นตัว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

เพิ่มความแข็ง (Strenge) แก่เนื้อแก้วด้วย ควรใช้ไม่เกิน 2% จากเฟลด์สปาร์เพราะราคาถูกกว่า Calcined Alumina

สรุปแล้วในอุตสาหกรรมแก้ว วัตถุดิบที่ใช้มีมากมายหลายชนิด ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ วัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติโดยตรง กับวัตถุดิบที่ผ่านการสังเคราะห์หรือกรรมวิธีทางเคมี

การนำแก้วมาใช้ใหม่นั้นมีด้วยกัน 4 ลักษณะ คือ

1)นำกลับมาใช้ใหม่ตามการใช้งานแบบเดิม เช่น ขวดน้ำอัดลม เบียร์ และภาชนะใส่อาหารต่าง ๆ ก่อนใช้งานก็จะต้องล้างทำความสะอาดเสียก่อน

2)ดัดแปลงเป็นของใช้ใหม่ ๆ เปลี่ยนรูปทรงหรือลักษณะการใช้งาน เช่น นำขวดแก้วมาตัดแต่ง แก้วนำมาทำหลังคาโบสถ์ขวดโหลเลี้ยงปลากัด ใช้เป็นวัตถุดิบทางวิศวกรรมแต่ต้องมีการควบคุมส่วนผสม ขนาด และความบริสุทธิ์การนำมาใช้จะไม่นำแก้วหลายชนิดมาปนกัน ตัวอย่างเช่น

– ใช้แทนก้อนกรวดหยาบในคอนกรีต เราสามารถนำเศษแก้วบดหยาบมาใช้แทนก้อนกรวดได้เศษขวดแก้วหรือกระจกแผ่นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เนื่องจากมีสารอัลคาไลน์สูงเป็นสาเหตุให้เกิดการขยายตัวมากและแตกในที่สุดใช้เป็นกรวดมวลเบาในการผลิตคอนกรีตก่อสร้าง

– ใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุขัดสีต่าง ๆ อยู่ในรูปของเม็ดแก้ว (Glass beads) ใช้ขัดและตกแต่งผิวชิ้นงานโลหะ

– ใช้ผสมกับยางมะตอยประมาณ 30% ช่วยเพิ่มความแข็งแกร่งให้กับผิวถนนและลดการดูดซับความชื้นทำให้แข็งแรงมากขึ้น

– ใช้ผสมแทนหินฟันม้าหรือซิลิกาในการผลิตเซรามิก เช่น พอร์ซเลน ก้อนอิฐ เพราะนอกจากจะให้ความแข็งแรงและความทนทานต่อผลิตภัณฑ์แล้วยังทำหน้าที่ช่วยเป็นฟลักช่วยลดจุดสุกตัวให้ต่ำลงซึ่งทำให้ประหยัดพลังงาน

– เป็นส่วนประกอบของกระเบื้องปูพื้นและกระเบื้องบุผนังภายในอาคารบ้านเรือน รวมทั้งอุปกรณ์ตกแต่งบ้านซึ่งผสมอยู่ 50% ขึ้นไปหรืออาจใช้ถึง 100% ลักษณะที่ได้จะโปร่งใสหรือโปร่งแสงมีความแวววาวต่างจากกระเบื้องทั่วไปกระเบื้องที่มีส่วนผสมของแก้วที่ใช้แล้วหรือทำจากแก้วใช้แล้วมีข้อดีตรงที่มีความแข็งแรงสูงทนต่อการเสียดสีสูงและสึกกร่อนได้ดีดูแลรักษาง่ายดูดซึมน้ำน้อยเพียง 0.03%

3) ใช้แทนวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเซรามิก

4) ผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ แก้วสามารถทำเป็นโฟมได้โดยการนำแก้วที่ผ่านการบดจนมีขนาดสม่ำเสมอมาผสมกับดิน หินปูน น้ำและสารก่อโฟม จากนั้นจึงนำไปอัดเป็นแผ่นแล้วนำไปเผา สารก่อไฟจะกลายเป็นก๊าซขยายตัวและทำให้เกิดโพรงพรุน ๆ ในเนื้อผลิตภัณฑ์แผ่นแก้ว

213361

มีความพรุน ทนต่อเปลวไฟ ไม่ละลายน้ำ ทนต่อสารเคมีและตัดเป็นชิ้นส่วนได้ง่าย เป็นฉนวนกันเสียงและกันความร้อนได้ดี

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มณฑล วชิรโกเมน และคณะ . (2551 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาอัตราส่วนผสมเนื้อดินและเคลือบขาวทึบผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์โดยใช้เศษแก้วเป็นส่วนผสมเพื่อลดอุณหภูมิการเผา กรณีศึกษา : บริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด ให้เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราส่วนผสมเนื้อดินผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์ ที่มีเศษแก้ว ร้อยละ 17.57 ผลทดสอบสมบัติทางกายภาพหลังการเผา มีค่าเฉลี่ยการหดตัวร้อยละ 12, ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.309, ค่าเฉลี่ยความแข็งแรง 365.447 Kg/Cm^2 สีเนื้อดินมีสีเทาเข้ม และอัตราส่วนผสมเคลือบที่มี เศษแก้ว ร้อยละ 10 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพหลังการเผา เคลือบไม่มีการรานตัว, สีของเคลือบขาวเทาทึบมันวาว, เคลือบเป็นรูเข็มเล็กน้อย และเคลือบไหลตัวน้อยประมาณ 1 มิลลิเมตร เมื่อนำไป เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์บริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด พบว่าสมบัติทางกายภาพหลังการเผาไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นสีเนื้อดินและสีเคลือบผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์ที่มีเศษแก้วเป็นส่วนผสมจะมีสีเข้มหรือคล้ำกว่าเล็กน้อย ซึ่ง ช่วยประหยัดพลังงานด้วยการลดอุณหภูมิการเผาลงได้ 30 องศาเซลเซียส และสามารถนำเศษแก้วมาใช้ประโยชน์ทดแทนทรัพยากรจากธรรมชาติได้

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.) ได้พัฒนาเนื้อกระเบื้องเซรามิกสำหรับตกแต่งที่เผาอุณหภูมิต่ำกว่า 1,000°C โดยได้นำการนำวัตถุดิบที่อยู่ภายในประเทศ ได้แก่ ดินเหนียวจากราชบุรี ดินขาวลำปาง และเศษแก้ว มาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อช่วยลดอุณหภูมิการเผา ได้ที่อุณหภูมิ 800 – 1,000 °C เป็นกระเบื้องตกแต่งชนิดไม่เคลือบ มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำต่ำ ประมาณ 0.8 % และมีค่าความแข็งแรงของกระเบื้องสูงถึง 48.54 MPa สามารถนำไปใช้เป็นกระเบื้องบุผนังหรือกระเบื้องปูพื้นได้

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (ม.ป.ป.) ได้วิจัยและพัฒนาสูตรเคลือบไร้สารตะกั่ว โดยใช้วัตถุดิบทดแทนตะกั่ว เช่น เศษแก้ว บอแรกซ์ และซิงออกไซด์ เป็นต้น โดยเศษแก้วทำหน้าที่เหมือนฟริต คือ ใช้เป็นวัตถุดิบใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับเตรียมเคลือบในอุณหภูมิต่ำ และบอแรกซ์ ทำหน้าที่เป็นตัวให้เคลือบมันวาว และซิงค์ออกไซด์ ทำหน้าที่ลดจุดหลอมตัวและทำให้เคลือบมันวาว ซึ่งในอัตราส่วนที่เหมาะสม พบว่า สามารถพัฒนาสูตรเคลือบไร้สารตะกั่วที่สามรถนำมาเผาเคลือบเซรามิกได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 915 – 1,000 °C จำนวน 3 สูตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (ม.ป.ป.) ได้วิจัยและพัฒนาสูตรเนื้อดินผลิตภัณฑ์สโตนแวร์พร้อมเคลือบปราศจากตะกั่วเผาที่อุณหภูมิต่ำ โดยอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน ประกอบไปด้วย ดินเหนียว ดินขาว ทรายบดละเอียดหรือซิลิกา หินฟันม้า และตัวช่วยหลอมละลาย ได้แก่ ทัลคัม ฟริต บอแรกซ์ เถ้ากระดูก และหินปูน ขึ้นรูป และเผาดิบที่อุณหภูมิที่ อุณหภูมิ 500- 600 °C และ

นำไปเคลือบด้วยน้ำเคลือบปราศจากสารตะกั่ว ซึ่งเตรียมจากส่วนผสมของบอแรกซ์ ซิงค์ออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต แบเรียมคาร์บอเนต หินฟันม้าชนิดโพแทส ดินขาวและทรายบดละเอียดหรือซิลิกา เผาที่อุณหภูมิ 1,000 – 1,100 °C

สุรพล พลีคราม. (2550 : บทคัดย่อ)ได้ศึกษาการนำเศษแก้วมาใช้เป็นส่วนผสมน้ำยาเคลือบ เทคโนโลยีการตกแต่งด้วยวิธีการเคลือบด้วยเศษแก้ว เป็นการนำเศษแก้วมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมเคลือบ เคลือบที่ได้จะมีลักษณะราน เหมาะสมสำหรับการตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะลอยตัวหรือซับซ้อน ในการเคลือบผลิตภัณฑ์ ควรใช้วิธีการพ่นเคลือบ เนื่องจากสามารถควบคุมความหนาของเคลือบได้ และควรให้เคลือบมีความหนามากกว่าการเคลือบปกติ เพราะจะทำให้เกิดการรานสวยงาม การตกแต่งทั้งสองวิธีสามารถใช้แยกหรือประกอบร่วมกันได้

ลดา พันธ์สุขุมธนา. (2550 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการใช้เศษแก้วในกระเบื้องดินแดง โดยผสมเศษแก้ว กับดินแดงในอัตราส่วนต่าง ๆ คือร้อยละ 10 20 30 40 คลุกให้เข้ากัน เติมน้ำนวดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน อัดขึ้นรูปเป็นชิ้นตัวอย่างด้วยมือ เผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 780 – 1050 °C ทดสอบสมบัติกายภาพ คือการดูดซึมน้ำ การหดตัวเมื่อเผา และขยายตัวเมื่อร้อน พบว่าอัตราส่วนต่าง ๆ คือร้อยละ 10 และ20 คลุกให้เข้ากัน เติมน้ำ นวดผสมในเครื่องรีดดินสุญญากาศ อัดขึ้นรูปโดยเครื่องอัดมือเป็นอิฐ เผาในเตากลมขนาด 50 ตัน ที่ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง ที่อุณหภูมิประมาณ 1000 °C นำอิฐที่ได้มาทดสอบสมบัติกายภาพ / เคมี คือการดูดซึมน้ำ ความทนสารเคมี ความต้านแรงอัดความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันตามวิธี มอก. 614-2529 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาบุผนังภายนอก ทำให้ดินแดงมีการสุกตัวเพิ่มมากขึ้น คือ มีสมบัติการดูดซึมน้ำลดลง การหดตัวเมื่อเผาเพิ่มขึ้น ความต้านแรงอัดเพิ่มขึ้น และมีผลให้สมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนเพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติความทนสารเคมี และความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันไม่เปลี่ยนแปลง โดยเศษแก้วขวดสีชามีแนวโน้มทำให้เกิดการสุกตัวของดินแดงมากกว่าเศษแก้วกระจกสีใส

ภัทธาวุธ มลต์วิเศษ (2548 : 103-112) ได้ทำการทดลอง การนำเศษแก้วสีชาไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระเบื้องเซรามิกจากการศึกษาผลการนำขวดแก้วสีชาที่ใช้แล้วมาใช้แทนแร่เฟลด์สปาร์ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระเบื้องเซรามิกในอัตราส่วนต่างกัน (0%, 25%, 50%, 75%, และ 100%) ขึ้นรูปและเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ คือ 1,000, 1,1000, และ 1,200 องศาเซลเซียส จากนั้นทดสอบคุณภาพในด้านกำลังรับแรงดัด ค่าหดตัวหลังการเผา ค่าการดูดซึมน้ำ การทนสารเคมี การทนการรานและวิเคราะห์เฟสที่เกิดขึ้นด้วยวิธี X-ray Diffraction (XRD) ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนการใช้แก้วสีชา 100% แทนแร่เฟลด์สปาร์ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมสามารถผลิตเป็นกระเบื้องเซรามิกได้และประหยัดพลังงานในการผลิตด้วย