

การผลิตกระเบื้องปูผนังแบบ Monoporosa

ดร.คชินท์ สายอินทวงศ์



ในปัจจุบันนี้ความนิยมในการใช้กระเบื้องเซรามิกสำหรับที่อยู่อาศัยมีมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้งานกระเบื้องปูผนัง (Wall tile) สมัยก่อนกระเบื้องปูผนัง (Wall tile) มักจะใช้อยู่แต่เพียงในห้องน้ำเท่านั้น แต่ในปัจจุบันการใช้งานกระเบื้องปูผนังมีความหลากหลายมากขึ้น สามารถนำไปใช้กับห้องครัว ห้องอาหาร ห้องนั่งเล่น ห้องรับแขก หรือแม้กระทั่งห้องนอน ด้วยความที่ปัจจุบันผู้ผลิตกระเบื้องนั้นได้นำเทคนิคการผลิตใหม่ๆ มาใช้ รวมทั้งลดความหนาและสีที่หลากหลายนั่นเอง ทำให้กระเบื้องปูผนัง (Wall tile) มีความน่าใช้ขึ้นอย่างมาก ด้วยข้อดีที่เหนือกว่าสีทาบ้านและวอลเปเปอร์ เนื่องจากกระเบื้องปูผนังทำความสะอาดได้ง่ายกว่า มีสีสันสวยงาม มีความมันเงางามและคงทนถาวร ไม่ซีดจางไปตามกาลเวลา ทำให้มีความนิยมในการใช้งานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งบริษัทผู้ผลิตกระเบื้องรายใหญ่ต่างก็มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมาสู่ตลาดเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าอยู่เสมอ นับว่าปัจจุบันตลาดในส่วนของกระเบื้องปูผนังนั้นมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องวารสารเซรามิกฉบับนี้จะขอแนะนำกระบวนการผลิตกระเบื้องปูผนังแบบเผาครั้งเดียว ที่เรียกกันติดปากในวงการเซรามิกว่า **Monoporosa** ซึ่งคำนี้มาจากภาษาอิตาลีเปลี่ยนคือ **Mono** ที่แปลว่าหนึ่ง กับคำว่า **Porous** ที่แปลว่ารูพรุน เมื่อนำมารวมกันก็หมายถึงกระเบื้องที่มีรูพรุนสูงที่ใช้การเผาเพียงครั้งเดียว ในอดีตนั้นการผลิตกระเบื้องปูผนังจะใช้วิธีการเผาแบบสองครั้ง โดยที่ครั้งแรกจะเป็นการเผาบิสกิทก่อนที่อุณหภูมิ 1000-1050 องศาเซลเซียสแล้วจึงนำไปบิสกิทมาเคลือบสีและสกรีนลวดลายแล้วจึงนำไปเผาเคลือบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 950-980 องศาเซลเซียส เมื่อพลังงานมีต้นทุนที่สูงขึ้นโดยเฉพาะกาชธรรมชาติที่เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระเบื้อง ทางอิตาลีซึ่งเป็นผู้นำเทคโนโลยีในการผลิตกระเบื้องจึงได้คิดการผลิตกระเบื้องปูผนังแบบเผาครั้งเดียวขึ้น เพื่อลดต้นทุนในการผลิต โดยเริ่มจากการขึ้นรูป อบแห้ง เคลือบสี สกรีนลวดลาย และเข้าเตาเผาทั้งเคลือบและเนื้อดินไปพร้อมๆกัน ทำให้สามารถลดต้นทุนในการเผาบิสกิทรวมทั้งค่าบำรุงรักษาเตา ค่าแรงคนงาน ค่าใช้จ่ายต่างๆในการผลิตลงไปได้อย่างมาก ในตอนที่เทคโนโลยีการผลิตกระเบื้องปูผนังแบบ **Monoporosa** เข้ามาในเมืองไทยใหม่นั้น มีหลายบริษัทที่เปลี่ยนไปใช้เทคโนโลยีนี้กันมาก อย่างกระเบื้องคอตโต้เมื่อก่อนผลิตกระเบื้องปูผนังโดยใช้เตาอุโมงค์ที่เผาานานมากทั้งเผาบิสกิทและเผาเคลือบ ก็ทุบเตาเก่าทิ้งและเปลี่ยนเป็นเตา **Roller** แบบเผาครั้งเดียว แต่ก็ไม่ค่อยประสบความสำเร็จนักเพราะว่าได้ **%Yield A** ต่ำ จนในที่สุดจึงต้องยอมเปลี่ยน

กลับไปใช้เป็นแบบเผาสองครั้ง เพียงแต่เปลี่ยนจากการเผานานโดยใช้เตาอุโมงค์มาเป็นการเผาเร็ว โดยใช้เตา Roller (Double fast firing) และอีกหลายบริษัทก็ใช้การผลิตกระเบื้องปูผนังแบบ Double fast firing นี้แทนที่การผลิตแบบ Monoporosa เนื่องจากมีของเสียในกระบวนการน้อยกว่า ได้ %Yield A สูงกว่า ควบคุมการผลิตได้ง่ายกว่า ไม่ต้องระวังมากมายนักเพราะกระเบื้องดิบได้เผาให้แข็งมาเป็นกระเบื้องบิสกิตแล้ว โดยจะใช้วิธีการเผาแบบ High biscuit -low glost ซึ่งหมายถึงการเผาบิสกิตที่อุณหภูมิสูงและนำมาเผาเคลือบที่อุณหภูมิต่ำกว่า เพื่อให้เนื้อดินสุกตัวได้ดีไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายหลัง เพราะกระเบื้องปูผนังนั้นมีการดูดซึมน้ำสูง โครงสร้างจะมีการเปลี่ยนแปลง มีการยุบตัวได้ในภายหลัง การที่เผาเนื้อดินให้สุกจะช่วยลดปัญหานี้ไปได้ นอกจากนี้ยังช่วยปรับค่า COE ของเนื้อดินให้คงที่ขึ้น เพื่อไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงในขณะตอนเผาเคลือบซึ่งจะช่วยลดปัญหาเรื่องกระเบื้องโก่งหรือแอ่นได้ แต่การผลิตกระเบื้องปูผนังแบบ Double fast firing นั้นก็มีข้อเสียคือยังต้องเผาสองครั้งอยู่ เพราะฉะนั้นจะเสียค่าเชื้อเพลิงสูง ค่าบำรุงรักษาเตา Ceramic roller ค่าแรง ค่าสอยต่างๆเพิ่มเป็นสองเท่าหมด เมื่อเกิดวิกฤตน้ำมันอีกครั้งเมื่อสองปีก่อนและแนวโน้มราคาน้ำมันซึ่งผูกติดอยู่กับราคาก๊าซธรรมชาติดูไม่มีที่ท่าว่าจะลดลง การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจึงต้องถูกนำกลับมาพิจารณาอีกครั้ง



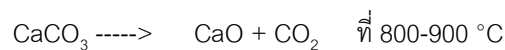
ดังนั้นการผลิตกระเบื้องปูผนังแบบ Monoporosa จึงกลับมาได้รับความนิยมอีกครั้ง จริงๆแล้วโรงงานในบ้านเราหลายแห่งก็ผลิตกระเบื้องปูผนังแบบ Monoporosa อยู่แล้ว เช่นบริษัทสหโมเสคอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน) ผู้ผลิตกระเบื้องแบนด์คูราเกรส บริษัทรอยัลเซรามิค จำกัด (มหาชน) ผู้ผลิตกระเบื้องแบนด์ RCI บริษัทไทยเยอรมันเซรามิคอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) ผู้ผลิตกระเบื้องแบนด์คัมพานาและบริษัทโกลด์เซรามิค จำกัดผู้ผลิตกระเบื้องแบนด์โกลด์

กระบวนการผลิตกระเบื้องปูผนังแบบ Monoporosa

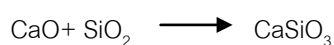
หัวใจสำคัญของการผลิตกระเบื้องชนิดนี้อยู่ที่สูตรเนื้อดิน ที่ต้องเข้ากันได้กับเคลือบ และมีคุณสมบัติที่สำคัญตามที่กระเบื้องปูผนังควรจะมีได้แก่ %การดูดซึมน้ำที่สูงอยู่ในช่วง 12-18% ค่าความแข็งแรงปานกลาง อยู่ในช่วง 150-200 kg/cm² %การหดตัวหลังเผาต่ำมากหรืออาจถึงขั้นขยายตัวเล็กน้อย โดยค่าการหดตัวหลังเผาของกระเบื้องปูผนังอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0-0.5% กระเบื้องต้องมีความตรง ไม่โก่งหรือแอ่นเกินไป โดยค่าที่เหมาะสมที่เมื่อลูกค้าเอาไปใช้งานแล้วไม่เกิดปัญหาหรือดูแล้วไม่สวยเวลาปูผนัง จะอยู่ที่ -0.3 ถึงโก่งไม่เกิน 0.5 mm (ค่าโก่งกลางและโก่งขอบ) ต้องผ่านการ

ทดสอบการร้าวโดยใช้ Autoclave test เพื่อป้องกันปัญหาการเกิด Delay crazing เนื่องจากสาเหตุของ Moisture expansion ในเนื้อกระเบื้อง

ดังนั้นเนื้อดินสำหรับกระเบื้องบุผนังจะต้องมีค่า COE ที่เหมาะสมกับเคลือบ มีค่าการหดตัวหลังเผาที่ต่ำมาก มีค่าการดูดซึมน้ำสูง ค่าความแข็งแรงปานกลาง สามารถทนต่อการขยายตัวเนื่องจากความชื้น (Moisture expansion) ได้ดี และมีน้ำหนักเบา การออกแบบสูตรเนื้อดินจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเหล่านี้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเนื้อดินประเภทเออร์เทนแวร์ การที่จะทำให้เนื้อดินมีน้ำหนักเบา มีความพรุนตัวสูงและที่สำคัญคือต้องไม่หดตัวหลังเผาเลย จึงต้องหาวัตถุดิบตัวที่จะทำให้อุณหภูมิเป็นรูพรุนและเบาได้ ตัวที่เหมาะสมที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือหินปูน (CaCO_3) เนื่องจากหินปูนเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 800-900 องศาเซลเซียสจะเกิดการสลายตัวกลายเป็น CaO และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ



ซึ่ง gas CO_2 นี้ในหินปูนจะสลายออกไปกว่า 40% โดยน้ำหนัก ซึ่งนอกจากจะทำให้กระเบื้องเบาขึ้นแล้ว แต่ที่ส่งผลให้เป็นปัญหาสำคัญที่จะทำให้เกิดตำหนิได้ ในช่วงการเผาเคลือบ ถ้าควบคุมการผลิตไม่ดีเพียงพอหรือสูตรเคลือบมีจุด Softening point ไม่เหมาะสม ก็จะทำให้เคลือบปิดผิวหน้าได้ก่อนที่ก๊าซในเนื้อดินจะสลายตัวออกมา ส่งผลให้เกิดปัญหารูพรุนบนผิวหน้าเคลือบ นอกจากนี้ CaO ที่ได้จากการสลายตัวของหินปูนจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ SiO_2 ที่เราเติมเข้าไปในรูปของดินหรือทราย ดังปฏิกิริยา



และเกิดเป็นผลึกรูปเข็มของ CaSiO_3 (wollastonite) ซึ่งผลึกรูปเข็มนี้จะสานกันเป็นเส้นใย และทำให้ผลิตภัณฑ์หลังเผามีความแข็งแรงพอสมควร โดยไม่เกิดเนื้อแก้วขึ้น ซึ่งจะแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้เฟลด์สปาร์เป็นวัตถุดิบหลักในเนื้อดิน (vitreous body) นอกจากผลึกวอลลาสโตไนท์แล้วในบางกรณีที่ไม่ถึงจุดที่เหมาะสมก็จะได้ผลึกของ Anorthite แทรกขึ้นมาด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ Lime stone body นั้นจะมีน้ำหนักเบา เนื่องจากจะมี ความพรุนตัว (porosity) สูงจากการสลายตัวออกไปของ gas CO_2 ในการที่เราเติม CaCO_3 ลงไปในเนื้อดินนั้น เราจะต้องระมัดระวังปัญหาที่ตามมาคือ ปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านช่วงอุณหภูมิ 800-900 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สีเคลือบหลอมตัวกลายเป็นแก้วแล้ว gas CO_2 ที่ออกมาจากเนื้อดิน (body) จะทำให้เกิดตำหนิประเภทรูพรุน รูเข็มที่บนผิวเคลือบได้ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เผาครั้งเดียวอย่าง Monoporosa ซึ่งแนวทางแก้ไขนั้นเราควรควบคุมความละเอียดของ CaCO_3 ในช่วงการบดน้ำ slip ของ body ไม่ให้มีอนุภาคที่ใหญ่เกินไปจนการเกิดปฏิกิริยาเกิดขึ้นภายหลังที่เคลือบหลอมตัวไปแล้ว อีกวิธีที่จะช่วยแก้ไขปัญหารูพรุน

และรูเข็มที่เกิดจาก gas CO₂ จาก limestone คือการปรับสูตรของซีเมนต์ให้มีความอ่อนตัว (softening point) สูงขึ้น โดยการหลอมตัวของผิวเคลือบจะเริ่มเกิดขึ้นหลังจากมีการสลายตัวของ gas CO₂ ไปแล้ว

สำหรับกระเบื้องบุผนังแบบ Double fast firing ที่มีการเผาปัสติกท่อนั้นมักจะไม่พบปัญหาพูน ถ้าเราทำการเผาอย่างช้าๆในช่วงอุณหภูมิ 700-900 °C เพื่อให้พวก gas ต่างๆออกไปก่อน

วัตถุดิบหลักในการทำเนื้อดิน Monoporosa จะมี หินผุ ซึ่งจะมีใช้ทั้งหินผุทั้งดินและหินผุทั้งหิน ดินเหนียวแดง ดินขาว หินปูน ดินดำ (ในกรณีที่ต้องการผลิตกระเบื้องบุผนังแบบเนื้อขาว ที่ต้นทุนสูง) บางที่ยังมีการใช้เฟลด์สปาร์อยู่บ้าง แต่จริงๆแล้วไม่จำเป็นต้องใส่เฟลด์สปาร์ลงไปในสูตรเลย เนื่องจากเฟลด์สปาร์ใช้สำหรับเนื้อดินที่ต้องการความเป็นแก้วสูง และหลอมตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซลเซียส แต่การเผา Monoporosa นั้นจะใช้ Heat work ไม่เกิน 1000 องศาเซลเซียส (Set temp~ 1100 °C cycle time 45 min)

ในการบดน้ำดินนั้นเราจะต้องบดหินปูนให้ละเอียดเพียงพอ ดังนั้นบางบริษัทจะใช้วิธีการบดแยกส่วน โดยทำการบดหินปูนต่างหากเป็นน้ำสลิบโดยควบคุมความละเอียดให้มีค่า %Residue<0.2% on 325 mesh แล้วจึงนำไปผสมกับส่วนของน้ำดินที่บดแยกส่วนมาแล้ว โดยให้การคำนวณตามปริมาตร สำหรับบางบริษัทจะใช้การซื้อหินปูนที่บดผ่าน 80 mesh มาแล้วและนำไปบดรวมกับวัตถุดิบอื่นๆเลย เนื่องจากเนื้อดินของกระเบื้อง Monoporosa นั้น ไม่ต้องการการหดรัดตัว ทำให้การเลือกใช้ดินและหินปูนนั้นจะเลือกที่มีการหดรัดตัวต่ำ ซึ่งสิ่งที่ได้ตามมาคือวัตถุดิบเหล่านี้จะมีสารอินทรีย์ต่ำ มีค่า Deflocculant demand ต่ำ ทำให้เราสามารถบดน้ำดินที่มีความหนาแน่นสูงได้ เพราะน้ำดินไม่หนืดมาก โดยค่าความหนาแน่นของน้ำดินอยู่ในช่วง 1.75-1.80 g/cc ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดค่าพลังงานความร้อนในการสเปรย์น้ำดินได้อย่างมาก

ขนาดการกระจายตัวของเม็ดดิน (Grain size distribution) เป็นเรื่องที่ต้องควบคุมเป็นอย่างดี โดยเฉพาะค่าขนาดเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่และที่เป็นฝุ่น เพราะจะส่งผลถึงเรื่อง Bulk density ของกระเบื้องดิบ ทำให้การ Pack ตัวของเนื้อดินเปลี่ยนไป ซึ่งเรื่อง Bulk density ที่เปลี่ยนแปลงไปนี้จะส่งผลทั้งในเรื่อง Green strength, dry strength และการสลายกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาจากหินปูนในสูตร

หลังจากการ Aging ผงดินได้ตามกำหนดเวลาแล้วก็จะมาถึงกระบวนการขึ้นรูป ซึ่งจุดที่สำคัญที่ต้องควบคุมก็คือค่า Specific pressing pressure ที่ต้องคุมไม่ให้มีค่าสูงจนเกินไปจนทำให้เนื้อกระเบื้องดิบแน่นมากจนการสลายกาซในเนื้อดินเป็นไปด้วยความยากลำบาก แต่ก็ต้องไม่ต่ำจนเกินไปจนทำให้ค่า Green strength ต่ำและส่งผลต่อการแตกร้าวของกระเบื้อง โดยค่า Green strength ที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 3-7kg/cm² ซึ่งถ้ามีค่าต่ำไปจะทำให้แตกร้าวได้ง่าย แต่ถ้ามีค่าสูง

เกินไป จะไม่เกิดปัญหาแตกร้าว แต่จะมีปัญหาในการไล่วกคาร์บอนในระหว่างการเผา ซึ่งจะส่งผลต่อเรื่องรูปทรงบนหน้ากระเบื้องได้



หลังขึ้นรูปแล้วจะเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง ซึ่งในขั้นตอนนี้ก็เพื่อต้องการไล่อากาศที่ขึ้นที่อยู่ในเนื้อดินประมาณ 5-6% ให้มีค่าความชื้นเหลือไม่เกิน 0.5% และมีค่าอุณหภูมิหน้ากระเบื้องที่พอเหมาะสำหรับกระบวนการเคลือบสีต่อไป โดยค่าอุณหภูมิหน้ากระเบื้องจะอยู่ในช่วง 70-80 °C ก่อนเข้าตู้เอนโกบจะต้องมีการสเปรย์น้ำเพื่อปรับอุณหภูมิที่ผิวหน้าของกระเบื้องให้สม่ำเสมอและให้มีค่าต่ำลงเสียก่อนเพื่อไม่ให้เอนโกบและเคลือบแห้งเร็วจนเกินไปจนอาจทำให้เกิดปัญหาหน้าเป็นรูลึกจากการที่เกิด Capillary force ดูดเอาเอนโกบและฟองอากาศเข้าไปแทรกอยู่ในรูของเนื้อกระเบื้อง ซึ่งปัญหานี้จะเกิดเมื่อเรานำกระเบื้องไปเผา ฟองอากาศที่ถูกจับอยู่ภายในรูขนาดเล็ก (Capillary pore) จะขยายตัวขึ้นและกลายเป็นรูเข็มที่ผิวหน้าในที่สุด การเคลือบเอนโกบและสีเคลือบนั้นนิยมใช้ Bell, Water fall เพราะทำให้ผิวหน้าเรียบมากและสามารถใช้ความหนาแน่นของเอนโกบและเคลือบที่ค่าสูงได้ แต่ก็สามารถใช้ Double disc หรือ Airless spray สำหรับใช้ในการเคลือบเอนโกบได้ เพียงแต่ผิวหน้ากระเบื้องจะไม่เรียบสวยเหมือนการใช้ Bell



ยิ่งถ้าเราใช้ความหนาแน่นของเอนโกบและเคลือบสูงนั้นหมายถึงเรามีน้ำอยู่ภายในกระเบื้องน้อยลงจะช่วยให้การไล่น้ำเร็วขึ้น กระเบื้องไม่โก่งและแ่นหลังเคลือบมาก ซึ่งจะช่วยลดปัญหา Pre heating crack และปัญหาการแตกร้าวที่ผิวเคลือบรวมทั้งร้าวพื้นปลาคันเกิดเนื่องจากการไล่น้ำในขณะการอบได้ด้วย นอกจากนี้การใช้ความหนาแน่นของเอนโกบและเคลือบต่ำจะส่งผลต่อเรื่องรูพูน รูเข็มด้วย ค่าที่เหมาะสมสำหรับความหนาแน่นของเอนโกบอยู่ที่ 1.85-2.00 g/cc (มีหลายบริษัทที่ให้ความสำคัญเรื่องความหนาแน่นมากๆจนสามารถทำสูตรเอนโกบที่ใช้ D=2.00 g/cc ได้ โดยที่ได้ค่าความหนืดเหมาะสมตามลักษณะการเคลือบ สำหรับเคลือบนั้น ค่าความหนาแน่นที่เหมาะสมอยู่ที่ 1.82-2.00 ขึ้นกับว่าใช้ฟริตอะไร ถ้าใช้ฟริตไฮดรอกไซด์ก็ไม่สามารถทำความหนาแน่นสูงได้เพราะจะมีค่าความถ่วงจำเพาะไม่สูงมากนัก แต่ถ้าเป็นฟริตที่พิเศษ เช่น Matt Zn frit, Ca-frit จะช่วยให้ค่าความหนาแน่นของเคลือบสูงได้ถึง 1.90-2.00 g/cc สำหรับการแห้งตัวของผิวหน้าเคลือบนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของเอนโกบและเคลือบ ค่าอุณหภูมิหน้ากระเบื้อง ค่าความเร็วสายพาน ปริมาณ Additive ที่เติมลงไปเ็นเคลือบ ทั้งพวก Deflocculant และ Binder ถ้าเคลือบมีการแห้งตัวเร็วเกินไปก็จะทำให้เกิดปัญหารูเข็ม และเคลือบเป็นฝุ่นได้ในขณะผ่านเครื่องสกรีน แต่ถ้าเคลือบแห้งตัวช้าไปก็จะมีปัญหาเศษกระเบื้องขณะที่ขัด

ขอบและสกรีนและหรือสกรีนขาดเนื่องจากเคลือบมีน้ำอยู่มากเกินไปจนทำให้สีเคลือบไปติดอยู่ที่เฟรมสกรีน ปกติค่าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 10-15 เมตร หลังผ่านเคลือบไปแล้ว โดยที่มีค่า Stroke press อยู่ที่ 14-15 stroke/min

การตกแต่งลวดลายกระเบื้อง Monoporosa นั้น สามารถใช้ได้ทั้ง Flat screen, Drum printing, Rotocolor ขึ้นอยู่กับลวดลาย ความซับซ้อนและความสวยงามของการออกแบบกระเบื้อง

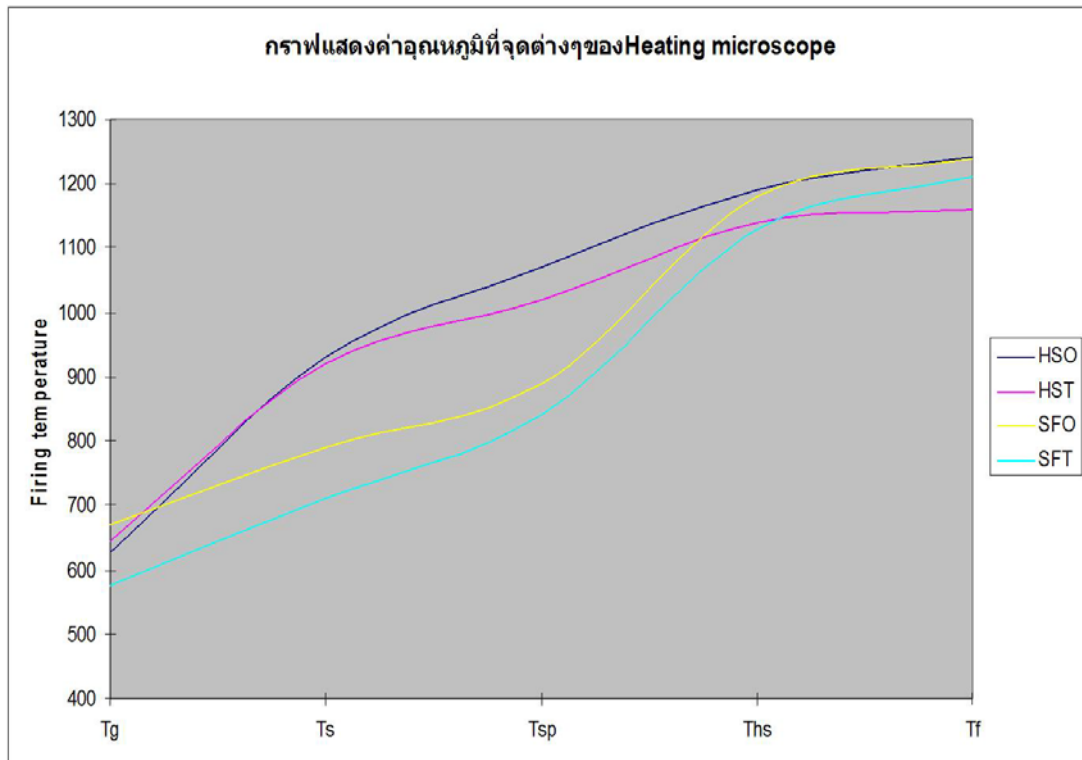


หลังจากผ่านการตกแต่งลวดลายแล้วก็จะนำไปเก็บในรถเก็บกระเบื้องหรือบางโรงงานที่ไม่ใช้ระบบเก็บ Stock ก็จะมีวิ่งตรงเข้าเตาไปเลย แต่จุดสำคัญของการเผากระเบื้อง Monoporosa นี้คือช่วงการอบแห้งเพื่อไล่น้ำก่อนการเผา เนื่องจากในกระบวนการเคลือบสีนั้นเรามีการใส่น้ำลงไปในการเป็นจำนวนมาก เพราะกระเบื้องบุผนังนั้นมักจะใช้น้ำหนักเคลือบมากเพื่อให้ผิวหน้ากระเบื้องเรียบเนียน สวยงาม ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องอบไล่น้ำออกไปก่อนเพื่อป้องกันปัญหา ร้าวผิวเคลือบและร้าวพื้นปลา หลังอบแห้งดีแล้วก็เข้าสู่กระบวนการเผาซึ่งเตาสำหรับที่ใช้เผา Monoporosa นั้นจะมีชุด Burner ที่อยู่ด้านล่างของ Roller เพื่อใช้ในการเผาเนื้อกระเบื้องที่ด้านใต้ก่อน เพื่อไล่สารอินทรีย์และกาซที่เกิดจากหินปูนให้สลายออกไปจากเนื้อกระเบื้องก่อนที่เคลือบจะเริ่มหลอมตัว เคลือบที่ใช้สำหรับกระเบื้อง Monoporosa นี้จะเป็นเคลือบประเภท High softening point เพื่อให้สารอินทรีย์และพวกคาร์บอนที่สลายตัวถูกปลดปล่อยออกไปก่อนที่เคลือบจะหลอมปิดผิวหน้ากระเบื้อง

จากตารางข้างล่างนี้แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบทางเคมีของฟritชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นฟrit High softening point และฟritประเภท Single firing อกรรมดา

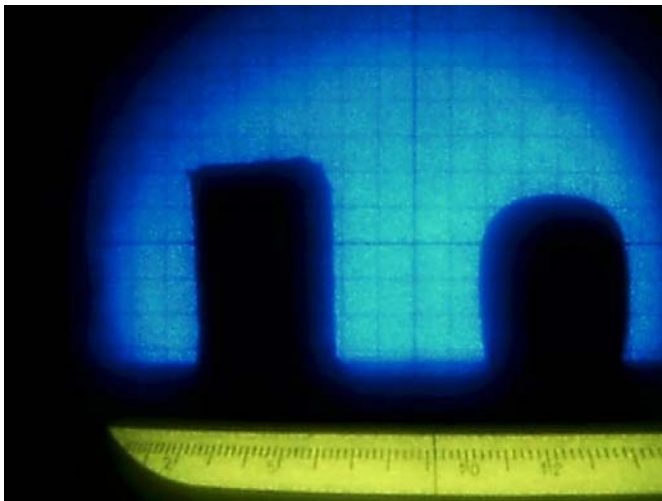
ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของฟritชนิดต่างๆ

Frit	SiO ₂	ZrO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	ZnO	Alcali
High softening opaque HSO	56	7	4	5	5	10	10	4
High softening transparent HST	55	0	5	10	5	10	10	4
Single fire opaque SFO	60	10	12	5	0	5	2	4
Single fire transparent SFT	65	0	12	7	0	5	2	6



จากกราฟนั้น Tg หมายถึง ช่วงที่แก้วเริ่มมีการเปลี่ยนสภาพ Ts หมายถึงช่วงที่เคลือบเริ่มอ่อนตัวหรือเรียกว่า Softening point Tsp-sphere point คือช่วงที่เคลือบเริ่มหลอมและมีแรงดึงผิวดึงไว้จนทำให้เคลือบมีลักษณะทรงกลม

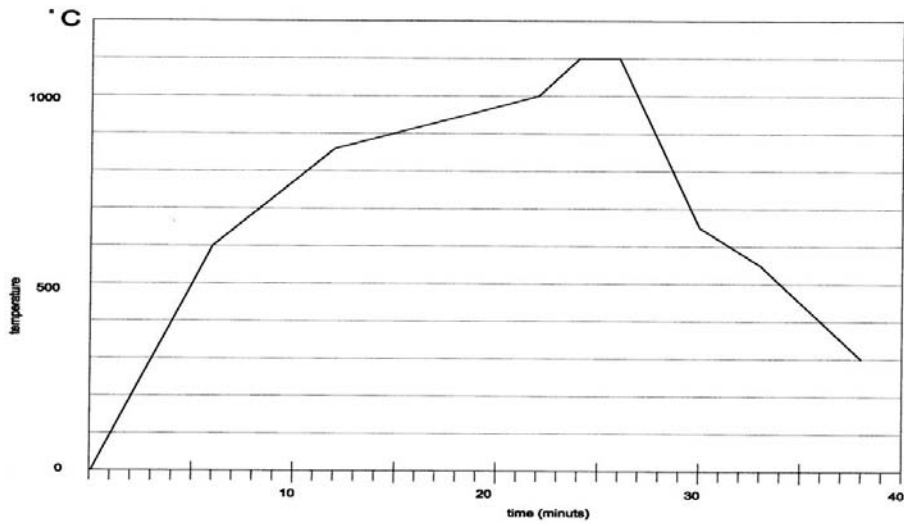
Ths-Haft sphere point เป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นจนเคลือบเริ่มหลอม และจุดสุดท้ายคือ Tf-Flat point เป็นช่วงที่เคลือบหลอมตัวสมบูรณ์จนแบนราบ จะเห็นว่าจากกราฟนั้นถ้าดูที่ค่า Ts(Softening point) จะพบว่า Frit HSO- High softening opaque และ Frit HST- High softening transparent จะมีค่าอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 950 องศาเซลเซียส ในขณะที่ Frit SFT- Single fire transparent จะมีค่า Softening point อยู่ที่เพียง 700 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่ากันมาก ความหมายก็คือถ้าเราใช้ฟrit SFT ในเคลือบกระเบื้อง Monoporosa ที่มีหินปูนอยู่กว่า 8% เคลือบจะเริ่มหลอมตัวที่ 700 องศาเซลเซียส ในขณะที่พวกคาร์บอนเนตในเนื้อดินยังคงสลายตัวออกมาเป็นก๊าซ ซึ่งก็จะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับหน้ากระเบื้องในที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกฟrit ที่มีค่า Softening point สูงๆ เช่นที่ 950 องศาเซลเซียส เพื่อให้คาร์บอนเนตสลายตัวออกไปจนหมดแล้วเคลือบจึงค่อยเริ่มหลอมตัว



ภาพแสดงลักษณะของฟrit ที่มี Softening point ต่างกัน

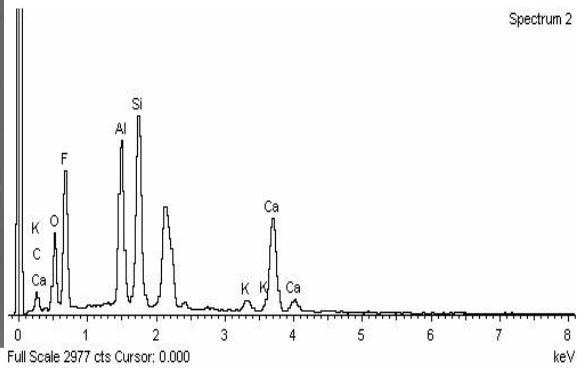
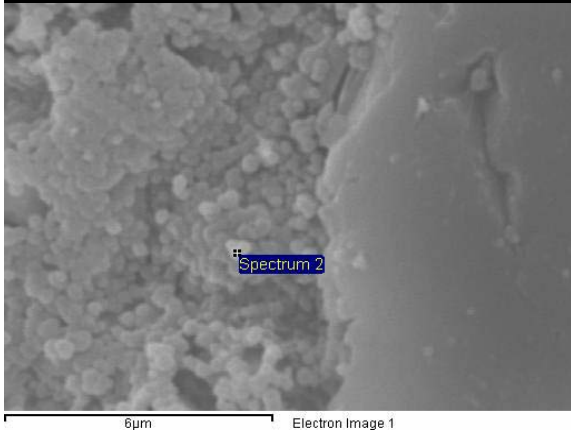
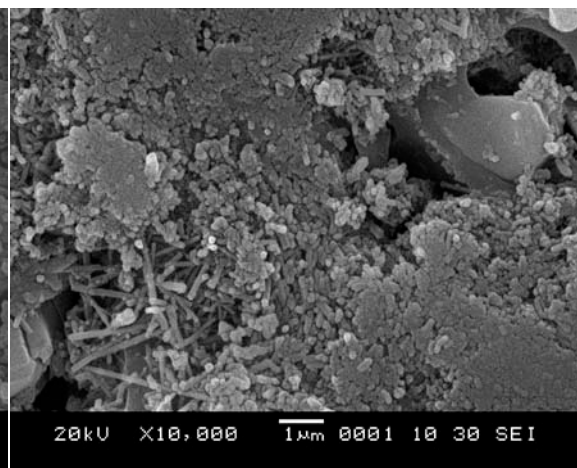
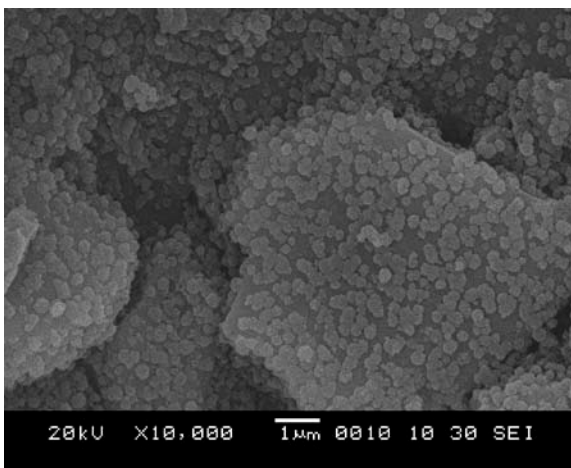
นอกจากการเลือกฟrit ที่ต้องดูเรื่องค่า Softening point ที่เหมาะสมแล้ว ยังต้องดูเรื่องการนำกระเบื้องไปเผาตกแต่ง (Third fired) ด้วยว่าหลังเผาไฟต่ำจะทำให้เคลือบมีความมันลดลงหรือทำให้สีเพี้ยนไปจากกระเบื้องมาตรฐานหรือไม่ เพราะถ้าเป็นเช่นนั้นจะทำให้เกิดปัญหาหลังจากนำกระเบื้อง Monoporosa มาทำการตกแต่งซ้ำได้ สาเหตุที่ทำให้เคลือบมีความมันลดลงเมื่อนำไปเผาซ้ำที่อุณหภูมิต่ำเนื่องจากว่าเคลือบเกิดการตกผลึกกลับ (Devitrification) ของพวก Ca, Mg, Zn

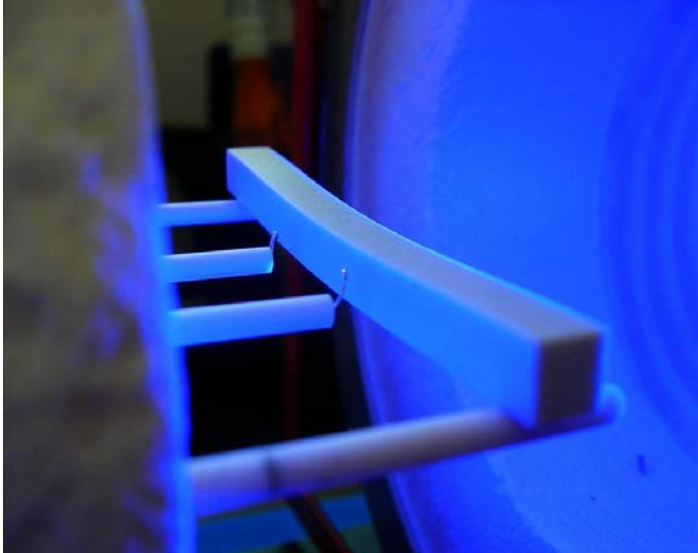
สำหรับปฏิกิริยาของเนื้อดินนั้นก็เกิดผลึกของพวก CaSiO_3 ขึ้นทั้งที่อยู่ในรูปของวอลลาสไตไนท์ที่เป็นผลึกรูปเข็มและพวกอนอร์ไทต์หรือพวก Ca-feldspar ที่เป็นผลึกรูป orthorhombic ซึ่งผลึกทั้งสองสามารถเกิดร่วมกันในเนื้อดิน Monoporosa ได้ แต่ถ้ามีสัดส่วนของวอลลาสไตไนท์มากกว่าก็จะทำให้กระเบื้องมีความแข็งแรงหลังเผาได้สูงกว่า การที่เกิดเป็นผลึกอนอร์ไทต์มากกว่าอาจเนื่องมาจากในสูตรมีอัลคาไลที่เป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดผลึกวอลลาสไตไนท์ที่มีปริมาณน้อยในสูตรเนื้อดิน หรือเกิดจากการเผาไม่ถึงจุดที่มีการเปลี่ยนเฟส หรือมีสัดส่วนของ CaO อยู่ในปริมาณที่สูงเกินไปจนเกิดการฟอร์มตัวเป็นผลึกของอนอร์ไทต์มากกว่าวอลลาสไตไนท์



ผลิตภัณฑ์ออร์ไทต์

ผลิตภัณฑ์กลาสไดไนท์





เครื่อง Dilatometer ที่ใช้หาค่า COE ของเนื้อดิน

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (COE) เป็นเรื่องที่สำคัญมากสำหรับการผลิตกระเบื้อง Monoporosa เพราะการควบคุมค่า COE ของทั้งเนื้อดินและสีเคลือบรวมทั้งเอนโกบ จะช่วยควบคุมค่าโก่งแอ่น (Planarity) ของกระเบื้องได้เป็นอย่างดี เพราะในระหว่างการเผากระเบื้องนั้น จะเกิดปฏิกิริยาทั้งในตัวเนื้อดินและสีเคลือบพร้อมๆกัน ถ้าค่า COE แตกต่างกันไปมากก็จะส่งผลต่อค่าการโก่ง แอ่นในระหว่างการเผาได้ นอกจากนี้การควบคุมค่า COE จะช่วยป้องกันปัญหา Delay crazing หลังการใช้งานไปนานๆจากปัญหาการขยายตัวเนื่องจากความชื้น (Moisture expansion) เพราะกระเบื้องบุผนังนั้นจะมีค่าการดูดซึมน้ำสูง

ตำหนิที่พบบ่อยในกระเบื้อง Monoporosa

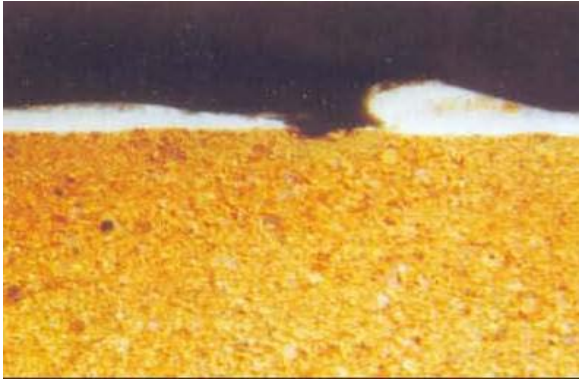
รูลึก

สาเหตุ เกิดจากหลายสาเหตุที่ต่างกันแต่สามารถเห็นเป็นรูลึกได้เหมือนกัน โดยสาเหตุแรกพบได้จากการที่บดน้ำดินไม่ละเอียดพอทำให้มีอนุภาคของหินปูนขนาดใหญ่อยู่ที่ผิวหน้า เมื่อผ่านการเผาทำให้หินปูนสลายตัวทำให้เกิดกาซขึ้น หรืออาจเกิดจากการที่ตะแกรงกรองน้ำดินขาดหรือมีขนาดหยาบเกินไป ทำให้มีอนุภาคที่ไม่ดูดซับเอนโกบและเคลือบ ซึ่งได้แก่พวก Hard materials ที่ใส่เข้าไปในสูตรเนื้อดิน เช่นเฟลด์สปาร์ หินผุ ททราย ทำให้บริเวณที่มีเม็ดดังกล่าวเกิดรอยแยกเล็กๆ เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงนั้น เคลือบของกระเบื้อง Monoporosa เป็นเคลือบที่มีแรงดึงผิวสูงกว่าปกติ ซึ่งเป็นธรรมชาติของเคลือบที่ High softening point จึงเกิดรอยแยกขึ้นที่ผิวหน้าเคลือบ นอกจากนี้สาเหตุหลักอีกอย่างที่ทำให้เกิดปัญหารูลึกคือการที่กระเบื้องร้อนเกินไปก่อนเข้าเอนโกบ ทำให้เกิด Capillary pore ขึ้นที่ผิวเอนโกบเนื่องจากน้ำในเอนโกบระเหยออกไปเร็วเกินไปและเกิดเป็นฟองอากาศถูกดักไว้ในรูเล็กๆที่ผิว และอากาศจะระเบิดออกเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง

แนวทางการแก้ไข

1. บดเนื้อดินให้ละเอียดขึ้น โดยเฉพาะส่วนของหินปูน
2. กรองน้ำดินด้วยตะแกรงที่ละเอียดขึ้น ค่าที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 100 mesh

3. หมั่นตรวจสอบตะแกรงกรองน้ำดินเสมอ เพื่อดูว่ามีรอยรั่วหรือไม่
4. ควบคุมอุณหภูมิหน้ากระบี่ ปริมาณน้ำที่สเปรย์ และอุณหภูมิหน้ากระบี่ก่อนเข้าสู่เอนโกบ และควบคุมการแห้งตัวของทั้งเอนโกบและเคลือบให้เหมาะสม



ร้าวที่ผิวเคลือบ

สาเหตุ เกิดจากปัญหาของการอบกระบี่ก่อนเผาไม่ดีพอ ทำให้ยังมีความชื้นคงเหลืออยู่ในกระบี่อีกมาก หรือเกิดจากการใช้ดินเหนียวในสูตรมากเกินไปทำให้ในระหว่างการเคลือบกระบี่จะโก่งมาก และเมื่อน้ำซึมลงไปด้านล่างก็จะทำให้กระบี่แอ่นขึ้นจนทำให้เกิดแรงเค้นที่ผิวหน้าเคลือบ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดรอยร้าวเล็กๆที่ผิวเคลือบได้

แนวทางการแก้ไข

1. ต้องอบกระบี่ก่อนเข้า **Glazing line** ให้ดีพอเพื่อควบคุมความชื้นหลังอบไม่ให้เกิน **0.5%**
2. ต้องอบกระบี่หลังเคลือบแล้วให้ดีก่อนเข้าเตา เพื่อลดความชื้นภายหลังจากการเคลือบมาแล้ว โดยให้ความชื้นคงเหลือก่อนเข้าเตาไม่ควรเกิน **1%**
3. ลดปริมาณการใช้ดินแดงหรือดินเหนียวในสูตรลง โดยไปเพิ่มเป็นหินฟุ้งดินแทน

4. ไม่ควรเก็บกระเบื้องเคลือบแล้วไว้นานเกินไปเพราะมีโอกาสเกิดปัญหานี้ขึ้นได้ เนื่องจากในปัจจุบันการแข่งขันด้านราคามีสูงมาก ดังนั้นในแต่ละบริษัทจำเป็นต้องลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด และต้นทุนที่ลดได้มากก็คือเรื่องต้นทุนวัตถุดิบนั่นเอง ดังนั้นเมื่อเราลดต้นทุนวัตถุดิบลง กระบวนการผลิตก็ต้องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อดินที่เปลี่ยนไป

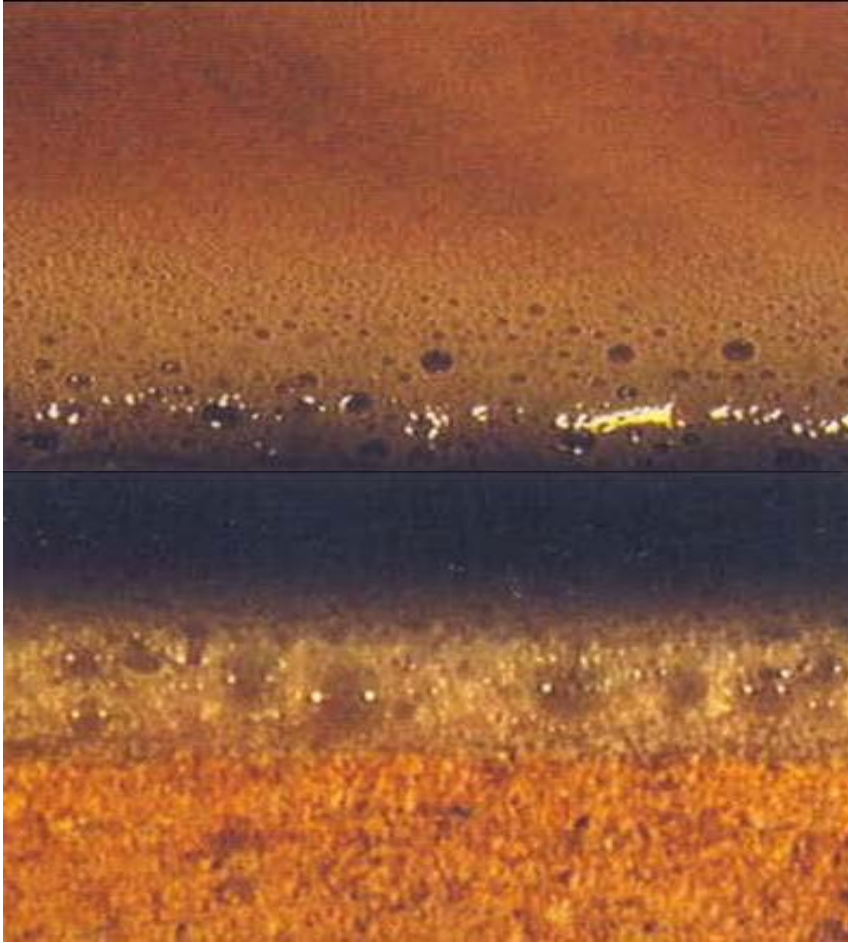


เคลือบเดือด

สาเหตุเกิดมาจากการไล่ฟองคาร์บอนเตยังไม่ดีพอในขณะที่เคลือบเริ่มหลอมปิดผิว อาจเกิดมาจากการบดหินปูนไม่ละเอียดเพียงพอ หรือการบดเคลือบละเอียดเกินไป หรือการเผาเร็วเกินไปในช่วง **Pre heating**

แนวทางการแก้ไข

1. บดน้ำดินให้มีค่าความละเอียดตามที่ได้กำหนดไว้ ควบคุมค่า PSD ของน้ำดินด้วย
2. ปรับสูตรเคลือบให้มีค่า **Softening point** สูงขึ้น หรือบดเคลือบให้หยาบขึ้น
3. เพิ่มค่าความหนาแน่นของสีเคลือบให้สูงขึ้น เพื่อลดปริมาณน้ำที่อยู่ในเนื้อกระเบื้องให้น้อยลง
4. ปรับ **Pre heating curve** ให้เผาไล่ฟองคาร์บอนเตให้ออกไปให้เร็วขึ้น ซึ่งอาจเปิด **Burner** เพิ่ม หรือใช้วิธีดึง **Draft** ไปช่วย **Pre heat** ให้มากขึ้น



ร้าว

สาเหตุเกิดจากความแข็งแรงก่อนเผาของกระเบื้องต่ำเกินไปหรือการปรับ **Glazing line** ทั้งในแง่ของระดับสายพาน เครื่องสกกรีน ระบบลำเลียง ไม่สมบูรณ์เพียงพอ ทำให้เกิดการกระแทกของกระเบื้องกับอุปกรณ์ใน **Glazing line**

แนวทางการแก้ไข

1. ควบคุมเรื่องความชื้นของผงดินให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม อย่าให้แห้งเกินไป
2. ปรับสูตรเพิ่ม **Plastic materials** เพื่อเพิ่มค่า **Green, Dry strength** ให้สูงขึ้น เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวได้
3. ตั้งระดับสายพาน ตั้งระดับ **Guide** รองสายพาน ตรวจสอบสภาพ **Guide** และสายพาน ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
4. ปรับระดับ **Support** รองสายพานเครื่องสกกรีนและตั้งระดับเฟรม ใบบาดสกกรีน
5. ดูแลระบบลำเลียงทั้งหมดของ **Glazing line**



การตรวจสอบคุณภาพของกระเบื้องบุผนัง

คุณภาพของกระเบื้องบุผนังจะอยู่ที่เรื่องของขนาด โดยกระเบื้องบุผนังจะมีความผันแปรของขนาดน้อยมาก เนื่องจากสูตรเนื้อดินเป็นแบบไม่หดตัวเลย สำหรับเรื่องค่าความโก่งแอ่นนั้น การควบคุมหลังเผาจะคุมให้มีค่าโก่งเล็กน้อยไม่เกิน 0.3 mm เนื่องจากเมื่อกระเบื้องเย็นลงแล้วกระเบื้องบุผนังจะมีการยุบตัวลงได้อีก ดังนั้นถ้าเผาให้กระเบื้องตรงเกินไปเมื่อเย็นตัวกระเบื้องอาจจะแอ่นได้และจะส่งผลต่อเรื่องการรานตัว และความลำบากในการปูกระเบื้อง

ค่าการดูดซึมน้ำของกระเบื้องบุผนังจะมีค่าสูง เนื่องจากเนื้อดินที่มีรูพรุนอยู่มาก ซึ่งถ้ามีค่าสูงเกินไปก็มีโอกาสทำให้เกิด Moisture expansion ได้ง่าย สำหรับค่าความแข็งแรงของกระเบื้องบุผนังจะมีค่าไม่สูงมากนัก โดยทั่วไปจะมีค่ามากกว่า 150 kg/cm^2 คุณสมบัติในการทนทานต่อ Delay crazing นั้นต้องมีการตรวจสอบโดยนำกระเบื้องไปเข้าเครื่อง Autoclave ที่ความดัน 5 bar 3 ชั่วโมง อย่างน้อยสามารถบอจจะมั่นใจได้ว่ากระเบื้องบุผนังของเราจะไม่มีปัญหาการรานตัวเมื่อใช้งานไปนานๆ แต่ก็ต้องนำมาทดสอบอีกครั้งหลังจากการนำกระเบื้องไปตกแต่งพิเศษที่อุณหภูมิต่ำด้วย เพราะอาจจะทำให้เกิดปัญหาได้จากการเผาไฟต่ำที่ไม่เหมาะสม