

3 วิจัยและสรุปผล

3.1 ศึกษาการเกาะติดของแก้วอีนาเมลกับโลหะทองแดง

ได้ศึกษาการเกาะติดของแก้วอีนาเมลกับโลหะทองแดงด้วยเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันและเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ โดยนำชิ้นทดสอบเตรียมจากแผ่นโลหะทองแดงที่ทำความสะอาดแล้ว มาเคลือบด้วยเคลือบดิบที่ผ่านการบดและล้าง จากนั้นนำไปตากให้แห้งและนำไปเผาด้วยหัวพันไฟที่อุณหภูมิไม่เกิน 900°C บรรยากาศแบบออกซิเดชัน ตามขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบ¹⁶ หัวข้อ 2.1

การวิเคราะห์ให้ความสำคัญตำแหน่งการเกิดของชั้นกลางระหว่างผิวเคลือบกับโลหะทองแดง ซึ่งเป็นชั้นระหว่างกลางของเคลือบ 4 ชนิด คือ ชั้นระหว่างกลางของเคลือบอีนาเมลหมายเลข A16, A26, A54 และ A238 โดยนำชิ้นทดสอบหลังเผามาขัดเอาชั้นเคลือบเหล่านี้ออกด้วยทรายพ่น แล้วล้างซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ แช่ในคลอโรฟอร์ม 1 นาที แช่ในผงซักฟอก 52.4 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร 10 นาที ที่ 70°C ล้างน้ำอุ่น 2 นาที ล้างน้ำดีไอออนไนซ์ 2 นาที เช็ดให้แห้ง แช่ในสารละลายกรดซัลฟูริก 70 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ที่ 70°C ปรับ pH มีค่า 3-3.5 ด้วยกรดซัลฟูริก ล้างน้ำดีไอออนไนซ์ที่อุณหภูมิห้อง 1 นาที และละลายชั้นของโลหะทองแดงออก โดยแช่สารละลายโบรมีนในเมธานอลความเข้มข้น 10% พร้อมเติม d-tartaric acid 1% แช่ไว้นาน 48-72 ชั่วโมง ได้ตะกอนชั้นใหญ่ของชั้นที่ต้องการ ล้างตะกอนด้วยเมธานอล นำตะกอนที่ได้มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 325 เมช ก็จะได้ตะกอนขนาดเล็กที่ขนาดอนุภาคประมาณ 0.045 มิลลิเมตร ซึ่งขั้นตอนการเตรียมชั้นระหว่างเคลือบแก้วอีนาเมลกับโลหะทองแดง สำหรับวิเคราะห์เอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน และเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์¹⁵ หัวข้อ 2.2

จากผล X-ray diffraction (XRD) ของชั้นระหว่างกลางเคลือบทั้ง 4 ชนิดกับโลหะทองแดง คือ ชั้นระหว่างกลางของเคลือบอีนาเมลหมายเลข A16, A26, A54 และ A238 แสดงเป็น X-ray diffraction pattern ดังรูป 2.3-2.6 จะเห็นว่าลักษณะพีก(peak)จาก X-ray diffraction pattern ที่ได้มีความแตกต่างกันแสดงว่าองค์ประกอบต่างๆ ในชั้นผิวสัมผัสระหว่างเคลือบกับโลหะอาจแตกต่างกัน ส่วนความเข้มของพีก(intensity)นั้นค่อนข้างไม่ชัดเจน ที่เป็นเช่นนี้เข้าใจว่าสารองค์ประกอบในระหว่างชั้นผิวยังคงมีสภาพเป็นแก้วรวมกับสารประกอบอื่นๆที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมี โดยทั่วไปเมื่อให้รังสีเอกซ์ผ่านเนื้อแก้วไม่สามารถบันทึกการหักเหของแสงได้แต่อาจสะท้อนภาพ

องค์ประกอบของเนื้อแก้วจำนวนหนึ่ง จึงเป็นเหตุผลให้ฟีกที่ได้มีความเข้มต่ำ และเนื่องจากปริมาณของธาตุที่ผสมกันทำให้เกิดฟีกเล็กๆขึ้นอย่างต่อเนื่องของระบุมุม X-ray diffraction pattern (2θ) หรือค่า d เป็นผลให้บอค่าตำแหน่งมุม 2θ หรือค่า d ก่อนข้างยาก อย่างไรก็ตามได้พยายามประเมินและแปลผลของ X-ray diffraction pattern ดังแสดงในตารางที่ 2.1

จากผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction ได้พบว่า เคลือบทั้ง 4 ชนิด มีการปรากฏลักษณะฟีกของ CuO ตำแหน่งที่ 2θ มีค่าเท่ากับ 2.52(s), 2.34(s) และ 1.87(m) และ Cu₂O ตำแหน่งที่ 2θ มีค่าเท่ากับ 2.47(s), 2.14(m) และ 1.51(m) ซึ่งสอดคล้องกับค่า d ในเอกสารอ้างอิง¹⁵ และได้นำ CuO มาตรวจสอบด้วย X-ray diffraction อีกด้วย ดังในรูป 2.7 ส่วนฟีกที่เหลือน่าจะเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เรียกว่า matrix หรือ complex หรือ โลหะผสม (alloy) เกิดขึ้นในชั้นระหว่างกลางนี้ด้วย การปรากฏของ CuO Cu₂O และ สารประกอบ matrix น่าจะเป็นวัตถุที่ช่วยในการยึดเกาะแก้ว(เคลือบอีนาเมล)กับโลหะทองแดง จึงคาดว่าเป็นเหตุผลจากการเกิดพันธะทางเคมี^{4,14} และอาจรวมถึงการเชื่อมโยงทางกล^{5,6}

ผลจาก X-ray fluorescence (XRF) ที่กระตุ้นด้วยต้นกำเนิด Pu238 ของเคลือบอีนาเมลดิบ 4 ชนิด คือเคลือบอีนาเมลดิบหมายเลข A16, A26, A54 และ A238 ให้สเปกตรัม แสดงดังรูป 2.9-2.12 ตามลำดับ และชั้นกลางระหว่างผิวเคลือบกับโลหะทองแดงของเคลือบ 4 ชนิด ที่กล่าวมาแล้วก็ให้สเปกตรัม แสดงดังรูป 2.14-2.17 ตามลำดับ และค่าต่างๆ ที่ได้จากสเปกตรัมแสดงใน ตาราง 2.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเหล่านี้ทำให้ทราบว่า ธาตุต่างๆที่ปรากฏประกอบด้วย Pb, Br, Cu, Co และ Mn ดูจากค่าของระดับพลังงาน (keV) และปริมาณของธาตุที่ปรากฏเหล่านี้ได้จากพื้นที่ใต้ฟีก (peak) พบว่าปริมาณของตะกั่ว (Pb) จะมีมากที่สุด รองลงมาคือโบรมีน (Br) และ ที่พบเพียงเล็กน้อยได้แก่ ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) และที่น้อยที่สุดเป็นของโคบอลต์ (Co) และยังพบว่า เคลือบดิบและชั้น interlayer ของเคลือบหลังเผาของเคลือบทั้ง 4 ชนิด ให้ผลใกล้เคียงกัน และนอกจากนี้สเปกตรัมที่ได้ของเคลือบทุกชนิดเหมือนกันหมด แสดงว่าเคลือบทั้งสี่ชนิดเป็นเคลือบที่มีส่วนผสมใกล้เคียงกันและประกอบด้วยธาตุต่างๆเช่นเดียวกันและทำให้ทราบว่าเคลือบอีนาเมลที่นำมาวิเคราะห์นี้มีองค์ประกอบคล้ายกัน โดยมีตะกั่วอยู่ในส่วนของฟริดเป็นหลัก ซึ่งธาตุต่างๆดังกล่าวที่มีในเคลือบดิบยังปรากฏในชั้นระหว่างผิวหลังเผาเป็นผลิตภัณฑ์อีนาเมลอีกด้วย แสดงว่าธาตุต่างๆดังกล่าวนี้ไม่ได้สูญหายไป ยังคงอยู่ในรอยต่อของผิวสัมผัสระหว่างเคลือบอีนาเมลกับโลหะทองแดงการปรากฏของธาตุ Pb, Br, Cu, Co และ Mn ในชั้นระหว่างผิวของผลิตภัณฑ์อีนาเมล น่าจะเป็นสารประกอบ complex หรือโลหะ matrix หรือโลหะ alloy รวมทั้งมี CuO และ Cu₂O ผสมผสานเกี่ยวข้องอยู่ด้วย ซึ่งเป็นชั้นที่ทำให้เกิด

การเกาะติดระหว่างเคลือบอีนาเมลกับโลหะทองแดง ที่สอดคล้องกับผลการทดลองของการวิเคราะห์ด้วย XRD ในหัวข้อ 2.1

นอกจากนี้ได้นำชิ้นทดสอบที่ชั้นกลางระหว่างผิวเคลือบอีนาเมลกับโลหะทองแดงที่มีการเกาะติดสมบูรณ์ ไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) แต่ภาพที่ได้ไม่เป็นประโยชน์

กล่าวโดยสรุปของการศึกษาการเกาะติดของแก้วอีนาเมลกับโลหะทองแดงจะเกิดขึ้นเป็นชั้นกลางระหว่างผิวแก้วกับโลหะ โดยมีออกไซด์ของธาตุหรือสารประกอบเชิงซ้อนหรือโลหะผสมที่มีธาตุต่างๆ เกาะเชื่อมโยงเป็นพันธะทางเคมีเกิดขึ้น และอาจมีองค์ประกอบแบบ matrix อันเป็นลักษณะเฉพาะของการเกิด dendrite และตกจมลงรวมกันของสารประกอบของตะกั่ว โบรมีน ทองแดง โคบอลต์ และ แมงกานีส ที่เป็นการเกาะติดแบบ mechanical

3.2 การศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น เมื่อการเกาะติดไม่สมบูรณ์ เช่น การปรากฏรอยแตก และการเกิดฟอง

ผลกระทบที่เกิดขึ้นในที่นี้ได้เน้นไปที่ปัญหาการเกิดฟองอากาศ และการเกิดรอยแตกจากการทดลองพบสาเหตุ 4 ประการ ประกอบด้วย สาเหตุจากชนิดของเคลือบอีนาเมล การกระจายขนาดอนุภาคของเคลือบดิบ รูปแบบของโลหะทองแดงจากการออกแบบ และความหนาของแผ่นทองแดง

3.2.1 ผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากชนิดของเคลือบอีนาเมล

จากการทดลองได้นำเคลือบอีนาเมลจากโรงงาน จำนวน 14 เคลือบ ประกอบด้วย A12, A16, A17, A20, A26, A41, A43, A54, A65, A66, A238, F35, F61, และ F82 เคลือบเหล่านี้ ทางโรงงานพบปัญหาแตกต่างกัน ส่วนเคลือบที่เหลืออีกจำนวนหนึ่งเป็นเคลือบที่ใช้ได้ผลดี ด้วยเหตุนี้จึงสนใจเคลือบที่มีปัญหามาศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น ตามหัวข้อ 2.4.1 ทำให้มีความเชื่อว่าปัญหาหรือผลกระทบทำให้เกิดฟองอากาศ และรอยแตกนั้น อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบในสูตรเคลือบอีนาเมล ซึ่งทางโรงงานไม่ทราบถึงส่วนผสมของเคลือบอีนาเมล เพราะซื้อสำเร็จรูปจากผู้ผลิต ดังนั้นในการทดลองจึงนำมาเปรียบเทียบในการติดตามฟองอากาศ และรอยแตกที่เกิดขึ้น

ผลการทดลองจากตาราง 2.3 พบว่าในจำนวนเคลือบ 14 ชนิด สามารถจำแนกเคลือบที่ให้ฟองอากาศเป็นปริมาณสูงมากถึง 10-100% ของชิ้นงาน ประกอบด้วย เคลือบหมายเลข A16, A26, A43, A54 และ A238 นอกจากนี้ยังพบการเกิดฟองเล็กน้อยระหว่าง 3-8% ได้แก่ A17,

A41, F61, และ F82 ส่วนการเกิดรอยแตกไม่ปรากฏในการทดสอบเคลือบจาก 14 ชนิด สาเหตุของการเกิดฟองอากาศที่เป็นปัญหาหลัก อาจจะเป็นเพราะองค์ประกอบในเคลือบอีนาเมล ใช้ฟritเป็นตัวหลัก ซึ่งฟritเป็นตัวช่วยหลอมนี้ อาจเป็นฟritไฟฟ้าและอาจหลอมตัวต่ำกว่า อุณหภูมิเผา จึงทำให้ฟritหรือเคลือบอีนาเมลนี้เค็ดเป็นฟองขึ้นได้ เช่นเคลือบหมายเลข A238 เกิดฟองอากาศถึง 100% เมื่อเป็นเช่นนี้ทำให้จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงเคลือบให้เหมาะสมกับ อุณหภูมิเผา เช่นใช้เคลือบชนิดอื่น หรืออาจใช้เคลือบไฟฟ้าเหล่านั้นมาเติมสารเคมีบางตัว เพื่อเพิ่ม อุณหภูมิจุดหลอมตัวให้สูงขึ้น โดยสารเคมีที่มีความทนไฟและไม่มีสี เช่นการเติม ZrO_2 , NiO หรือ สารเคมีที่ทนไฟและให้สี เช่นการเติมสีสแตน เป็นต้น¹⁹

3.2.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากขนาดอนุภาคของอีนาเมล

โดยปกติทางโรงงานจะมีการบดเคลือบก่อนใช้งานทุกครั้ง โดยใช้ครกไฟฟ้าบด เป็นระยะเวลา 11/2 ชั่วโมง จึงสนใจว่า ขนาดอนุภาคมีผลมาจากระยะเวลาการบดเคลือบ อาจเป็น เหตุผลให้มีผลกระทบเกิดเป็นฟองอากาศและรอยแตกเนื่องจากเคลือบละเอียดเกินไป เพื่อต้องการ เปรียบเทียบขนาดอนุภาคของเคลือบอีนาเมลจึงได้ทำการทดลองบดเคลือบนาน 15 นาที 11/2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนการทดลอง ตามหัวข้อ 2.4.2 การเลือกพิจารณาเพียง 3 ขนาด จากระยะเวลาการบดดังกล่าว ก็เพื่อให้เห็นความแตกต่างกับขนาดของโรงงานที่ปฏิบัติมาและ พิจารณาว่า การเปรียบเทียบก็น่าจะเพียงพอ อย่างไรก็ตามระยะเวลาทั้ง 3 ที่กำหนดย่อมจะทำให้ การกระจายขนาดอนุภาคของเคลือบได้จำนวนหนึ่ง

ผลจากการทดลอง พบว่าการกระจายขนาดอนุภาคของเคลือบหมายเลข A43 ได้ จากตาราง 2.4 และแสดงเป็นกราฟได้ ดังรูป 2.20 ซึ่งการกระจายขนาดอนุภาคของเคลือบที่ได้ ทั้ง 3 ระยะเวลาบดนี้ไม่แตกต่างกันมาก ส่วนเคลือบหมายเลข A54 ผลการกระจายขนาดอนุภาค ของเคลือบที่ได้จากตาราง 2.5 และแสดงเป็นกราฟได้ ดังรูป 2.21 มีความแตกต่างกันบ้างเพียง เล็กน้อยอีกเช่นกัน

โดยการทดลองนี้เคลือบหมายเลข A43 และ A54 จะไม่นำมาเปรียบเทียบกัน เพียงแต่จะพิจารณาของแต่ละเคลือบในตัวเอง เมื่อใช้เวลาดบต่างกันทั้ง 3 ระยะดังกล่าว ผลการทดลองของเคลือบที่ผ่านการบด 15 นาที 11/2 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมง และตรวจสอบผลิตภัณฑ์ หลังเผา ผลการทดลองจากตาราง 2.6 พบว่าเคลือบหมายเลข A43 เกิดฟองอากาศ คือระหว่าง 4-5% ของปริมาณชิ้นงานทั้งหมดที่ทำการทดลอง ผลการเกิดฟองอากาศใกล้เคียงเช่นนี้ สอดคล้อง กับการกระจายตัวของอนุภาคเคลือบดิบที่แสดงไว้ในกราฟการกระจายขนาดอนุภาคของเคลือบ บอกให้ทราบว่า การบดทั้ง 3 ระยะเวลา ยังคงมีผลให้ขนาดอนุภาคใกล้เคียงกัน มีความเห็นว่าอาจ

เป็นเพราะประสิทธิภาพของเครื่องบด สามารถทำการบดได้ในระดับหนึ่ง ถึงแม้ว่าจะใช้ระยะเวลานานหรือระยะเวลายาว ขนาดอนุภาคที่ได้จากการบดไม่มีการเปลี่ยนแปลง และเมื่อพิจารณาเคลือบหมายเลข A54 ที่มีผลการบดทำให้การกระจายขนาดอนุภาคแตกต่างกันบ้าง ผลที่ได้น่าจะมีผลการเกิดฟองใกล้เคียงกัน แต่จากตาราง 2.6 กลับให้ผลที่แตกต่างกันอย่างผิดปกตินั้นคือยิ่งบดนานขึ้น ซึ่งหมายถึงการบด 3 ชั่วโมง จะมีฟองอากาศเกิดขึ้นเป็น 8% ของการทดลอง แต่เมื่อใช้ระยะเวลาในการบด 15 นาที การเกิดฟองอากาศกลับมีมากขึ้นถึง 21% ส่วนการบดปกติของโรงงานด้วยระยะเวลา 11/2 ชั่วโมงเกิดฟองอากาศ 14% ผลที่ได้นี้อาจพิจารณาได้ว่า เมื่อบดด้วยระยะเวลานานการกระจายตัวของขนาดอนุภาคจะเหมาะสมกับการหลอมเนื่องจากเกิดสภาพความเปียกฉาบบนผิวโลหะทองแดงได้ดี และทำให้เกิดกลไกการเกาะติดรวมประสานกับแผ่นโลหะในหลักการที่เป็นเดนไดรท์หรือการตกตะกอนได้อย่างเหมาะสม ทำให้ฟองเกิดขึ้นด้วยปริมาณขึ้นทดสอบน้อยกว่าการบดที่ใช้ระยะเวลานาน ส่วนการหลอมตัวเนื่องจากขนาดอนุภาคที่ยังแตกต่างกันมาก แม้ปริมาณอนุภาคเม็ดเล็กจะมีมากกว่าอนุภาคเม็ดโต (ดูจากกราฟการกระจายขนาดอนุภาค รูป 2.20) ด้วยเม็ดเล็กเหล่านั้นเป็นตัวทำหน้าที่ช่วยหลอม และหลอมตัวก่อนอาจทำให้เกิดการเดือดร่วมกับเม็ดโตจึงเกิดฟองอากาศมาก ส่วนกรณีระยะเวลาบด 11/2 ชั่วโมงปรากฏผลในระหว่างกลางนั้นคือการกระจายขนาดอนุภาคกำลังจะเข้าสู่ความเหมาะสมของอนุภาคให้ดีขึ้น ผลการทดลองขนาดอนุภาคของเคลือบทดสอบ A54 อาจขัดแย้งกับความเป็นจริงที่ควรจะมีผลในทางตรงกันข้าม คือเมื่อใช้เวลาดบนานควรจะมีฟองอากาศมากกว่า อาจเป็นเพราะมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องและมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ได้ผลดังที่ปรากฏในข้างต้น ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่ สภาพการเผาโดยเฉพาะผู้ควบคุมการเผาที่อุณหภูมิเผากับเคลือบ A54 จะมีผลผิดปกติเกิดขึ้น นอกจากนี้อาจเป็นปัจจัยเกี่ยวกับการหลอมตัวของเคลือบการเปียกของเคลือบบนผิวโลหะที่มีสมบัติเกี่ยวข้องกับแรงตึงผิว และอัตราการเย็นตัวของชิ้นงานหลังการเผา ปัจจัยดังกล่าวเหล่านั้น สามารถเข้ามาผสมผสานจนทำให้ผลการทดลองของเคลือบหมายเลข A54 ถูกประเมินว่าเป็นผลงานผิดปกติที่เกี่ยวกับขนาดอนุภาคของเคลือบอื่นาเมลกับผลกระทบการเกิดฟอง ในกรณีการเกิดรอยแตกนั้นไม่ปรากฏในการทดลองนี้

3.2.3 ผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากรูปแบบโลหะแผ่นทองแดง

ในการทดลองนี้ รูปแบบเกิดจากการออกแบบ (design) เพื่อให้ได้รูปแบบเป็นงานศิลปะ ดังนั้นการออกแบบบนผิวโลหะ อาจมีวิธีการทำด้วยแรงกด หรือปั๊ม ชูด จัด ขัด หรือการกระทำอย่างหนึ่งอย่างใดที่ทำให้ผิวของโลหะเกิดเป็นรูเล็ก รอยเว้า แหว่ง ผิวไม่เรียบ ล้วนเป็นงานออกแบบที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อื่นาเมลสวยงาม ผิวขรุขระที่กล่าวมาอาจเป็นสาเหตุทำให้

เกิดฟองอากาศหรือรอยแตกของเคลือบได้ จากผลการทดลอง ตามหัวข้อ 2.4.3 ใช้ชิ้นแผ่นโลหะทองแดงที่มีรูปแบบต่าง ๆ ของ 11 รูปแบบตัวอย่างชิ้นงาน เมื่อนำมาทดลองกับเคลือบ 2 ชนิด เป็นเคลือบที่ไม่มีประวัติการเกิด คือ A55 และ F35 กับเคลือบที่เป็นฟองอากาศ จากผลการทดลองข้างต้น ในที่นี้ใช้เคลือบหมายเลข A16 การออกแบบงานทดสอบเช่นนี้มีวัตถุประสงค์อยากทราบ ว่า ถ้าใช้เคลือบที่ไม่มีปัญหาเรื่องฟองมาฉาบลงบนผิวขรุขระจะทำให้เกิดฟองอากาศได้หรือไม่ ส่วนสำหรับการใช้เคลือบหมายเลข A16 เดิมเป็นฟองอากาศมาก่อนจะช่วยลดหรือเพิ่มการเกิดฟองอากาศ ผลการทดลองจากตาราง 2.7-2.9 จากการใช้รูปแบบพิมพ์ทั้งสิ้น 11 รายการ พบว่ารูปแบบพิมพ์รหัส EB0491 และ EW0730 พบการเกิดฟองอากาศคิดเป็น 100% และใช้ร่วมกับเคลือบอีนาเมลหมายเลข A16 ซึ่งเป็นเคลือบอีนาเมลชนิดที่ทำให้เกิดฟองอากาศได้ง่ายเนื่องจากองค์ประกอบของตัวมันเอง จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ของฟองอากาศมีค่ามากที่สุด ส่วนรูปแบบพิมพ์รหัส EV0027 EW0436, EB0546 และ EB0782 พบการเกิดฟองอากาศคิดเป็น 6%, 18%, 25% และ 33% ตามลำดับ ซึ่งผิวขรุขระกับเคลือบที่ไม่มีฟอง สามารถเกิดฟองขึ้นได้บ้างในบางตำแหน่ง โดยเฉพาะตำแหน่งที่มีส่วนของยอดแหลมจากผิวขรุขระที่ออกแบบไว้ อาจเนื่องมาจากผิวขรุขระที่มียอดแหลมจะสามารถยึดเกาะฟองได้แน่น และโดยทั่วไปเคลือบที่ฉาบลงบนผิวขรุขระเมื่อได้รับความร้อนจากเปลวไฟทำให้เกิดการเดือดได้เร็วกว่าตำแหน่งอื่น หรือเกิดฟองได้ง่ายกว่าผิวราบ ส่วนผลการทดลองใช้เคลือบที่มีฟอง A16 ผลปรากฏว่าการเกิด ฟองอากาศยังมีมากขึ้นถึง 100% สรุปได้ว่าผิวขรุขระเนื่องจากการออกแบบบนโลหะ จะก่อให้เกิดผลกระทบการเกิดฟอง ส่วนการเกิดฟองรอยแตกไม่ปรากฏ

3.2.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากความหนาของแผ่นทองแดง

ในการทดลองนี้ให้ความสนใจในเรื่องความหนาของชิ้นงาน โดยเลือกรูปแบบหนึ่งของรหัสชิ้นงาน EV0027 โดยมีความหนาของโลหะทองแดง 1.5 มิลลิเมตร กับชิ้นงานของโลหะ EE0027 ที่ออกแบบเหมือนกันและขนาดเท่ากันแต่ความหนาเพียง 1.0 มิลลิเมตร ด้วยความหนาที่แตกต่างกันนี้ จะมีผลให้เกิดฟองอากาศหรือรอยแตกได้หรือไม่ โดยใช้เคลือบซึ่งไม่มีประวัติการเกิดฟอง A20 และ F35 เปรียบเทียบกับเคลือบมีฟอง A26 จากการทดลองตามหัวข้อ 2.4.4 ผลการทดลองจากตาราง 2.10 พบว่าเกิดฟองอากาศบนแผ่นโลหะที่หนากว่าคือผลิตภัณฑ์รหัส EV0027 คิดเป็น 3% เมื่อใช้เคลือบ A20 และ F35 แต่ไม่พบฟองอากาศเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์รหัส EE0027 เมื่อใช้เคลือบที่มีฟองอากาศของ A26 ปริมาณการเกิดฟองขึ้นของ EV0027 (หนา 1.5 มิลลิเมตร) มีปริมาณฟองเป็น 4% ส่วนชิ้นงานที่บางกว่าคือ EE0027 (หนา 1.00 มิลลิเมตร) มีฟองน้อยกว่า 2% เมื่อใช้เคลือบ A26 คำอธิบายในเรื่องนี้จะมีเหตุผลที่ว่า

เมื่อขึ้นโลหะหนาจะอมความร้อนได้นานกว่าขึ้นบาง ดังนั้นความร้อนที่อาจจะมากเกินไปที่เคลือบได้รับอาจเดือดเป็นฟอง ส่วนการเกิดรอยแตกไม่ปรากฏอีกเช่นกัน

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น เมื่อเกาะติดไม่สมบูรณ์ คือ การเกิดฟองอากาศ และรอยแตก อันเนื่องมาจากสาเหตุ 4 ประการ ของการศึกษาครั้งนี้ คือ ประการแรก เป็นผลมาจากชนิดของเคลือบอีนาเมลที่วินิจฉัยว่าองค์ประกอบ ฟรตในเคลือบจะมีจุดหลอมตัวต่ำกว่าปกติสมควรเลือกใช้เคลือบชนิดอื่น หรือให้มีตัวเติมเพิ่มจุดหลอมตัวของเคลือบชนิดนั้น ประการที่สองเป็นผลมาจากขนาดอนุภาค ด้วยหลักการที่ว่ายิ่งอนุภาคของเคลือบเล็กลงจะมีโอกาสเกิดฟองได้มากขึ้น ย่อมสร้างการกระจายตัวขนาดอนุภาคที่อาจส่งผลให้เกิดการหลอมของเคลือบ พร้อมกับมีสภาพเปียกและฉาบบนผิวโลหะ เกาะยึดด้วยแรงดึงดูดผิวของเคลือบเกิดส่วนผสม จูกระหว่างชั้นผิวที่เรียกว่า dendrite ตกตะกอนจมลงมีผลให้เกิดความเหมาะสมได้ดี มีฟองอากาศน้อยกว่าขนาดอนุภาคที่บดในระยะเวลาสั้น ประการที่สามรูปแบบ โลหะแผ่นทองแดงเนื่องมาจากการออกแบบ ทำให้ผิวโลหะขรุขระ ผลการทดลองนี้กล่าวได้ว่า ยิ่งผิวขรุขระมากขึ้นการเกิดฟองอากาศยิ่งมากขึ้น และเหตุประการที่สี่ความหนาของแผ่นทองแดงจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แผ่นโลหะทองแดงที่หนากว่าจะมีผลให้เกิดฟองได้มากกว่าแผ่นบาง แต่ผลการทดลองไม่แสดงความแตกต่างมากนักของฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากจำนวนชิ้นทดลอง ส่วนการปรากฏรอยแตกจากการศึกษาผลกระทบครั้งนี้ไม่ปรากฏ