

อภิปรายผลการวิจัย สรุปและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการพัฒนาการยึดติดระหว่างซีฟีนปลอมและฐานซีฟีนปลอมอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อนโดยการใช้สารเคมีไซเลน โดยศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไซเลนในเซชัน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายไซเลน และระยะเวลาที่รอให้สารละลายไซเลนแห้ง โดยสารละลายไซเลนที่นำมาใช้ครั้งนี้ได้แก่ γ -methacryloxypropyltrimethoxysilane (γ -MPS) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ทาบบนซีฟีนปลอมอะคริลิกสำเร็จรูปชนิดพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดเส้น(17)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การทดสอบการยึดติดของซีฟีนปลอมและฐานซีฟีนปลอม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึง (14, 15, 17, 39-41, 50, 55, 58, 86) และการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน (10, 44, 50, 56, 57, 60, 86) ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึง เนื่องจากเป็นวิธีที่ใกล้เคียงกับข้อกำหนดของ ADA. 15 และจากการศึกษา Finite element analysis ของการยึดติดระหว่างซีฟีนปลอมและฐานซีฟีนปลอม พบว่า แรงที่ทำให้ซีฟีนปลอมหลุดออกจากฐานส่วนใหญ่เป็นแรงดึง ถึงแม้ว่าการออกแบบการทดลองแรงแบบเฉือนจะใกล้เคียงกับในสภาวะจริงที่เกิดขึ้นในช่องปากมากกว่า แต่จากการทดสอบด้วย FEA กลับพบว่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะเกิดในชั้นตัวอย่างส่วนฐานมากกว่าบริเวณรอยต่อ (interface) จึงมีโอกาสที่จะเกิดการแตกหักของส่วนฐานได้มากกว่าบริเวณรอยต่อ ดังนั้น เพื่อที่จะศึกษาการยึดติดในบริเวณรอยต่อของวัสดุ 2 ชนิด จึงเห็นว่าการทดสอบด้วยแรงดึง สามารถบอกค่าได้แม่นยำว่าการทดสอบแรงแบบเฉือน(96)

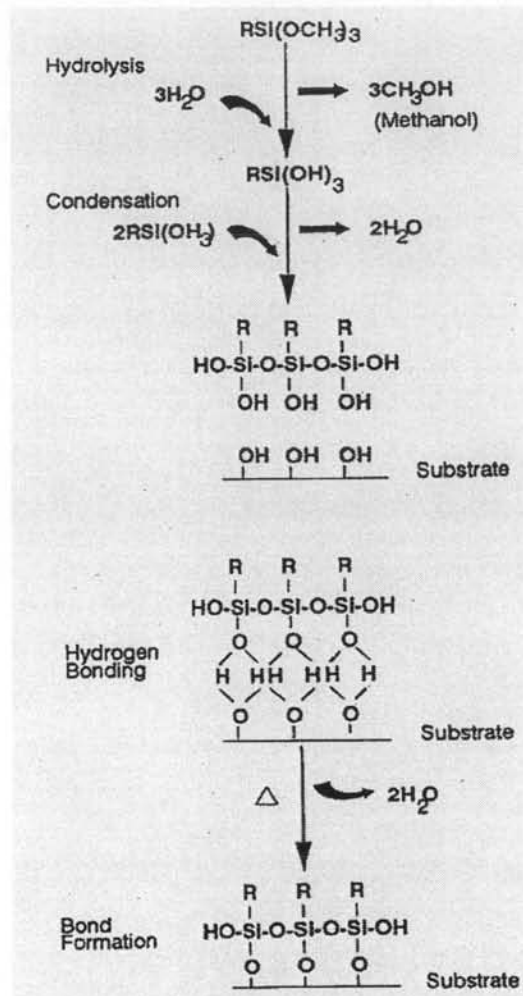
สำหรับการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เตรียมรูปร่างชิ้นงานตัวอย่างในรูป มิเนดิมเบลล์ ซึ่งได้รับการออกแบบโดย Nakabayashi ซึ่งเป็นการพัฒนาการทดสอบ microtensile ที่นิยมใช้อย่างมาก โดยการทำให้ชิ้นงานให้มีขนาดเล็ก ทำให้สามารถลดจุดบกพร่องได้มากกว่าชิ้นงานใหญ่ เมื่อจุดบกพร่องลดน้อยลงจึงเป็นการลดความแปรปรวนของการทดสอบได้ นอกจากนี้การทำให้ชิ้นงานให้มีรอยคอดตรงบริเวณรอยต่อ เพื่อให้แรงมาสะสมมากขึ้นในบริเวณรอยต่อทำให้ค่ากำลังยึดแบบดึงที่วัดได้เป็นค่ากำลังยึดแบบดึงที่บริเวณรอยต่อของซีฟีนปลอมและฐานอะคริลิก อย่างแท้จริง(17, 87)

การทดลองในการวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงปัจจัย 2 ปัจจัยที่อาจมีผลกระทบต่อการยึดติดระหว่างซีฟนปลอมและฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน(ตัวแปรอิสระ) คือ "ความเป็นกรดต่างของสารละลายไซเลน" และ "ระยะเวลารอให้สารละลายไซเลนแห้ง" ส่วนตัวแปรตามได้แก่ "กำลังแรงยึดแบบดึงระหว่างซีฟนปลอมและฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน" และได้ควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อการยึดติดระหว่างซีฟนปลอมและฐานฟันปลอม

จากสมมุติฐานตอนที่ 1 คือ การศึกษาปัจจัยด้านความเป็นกรดต่างของสารละลายไซเลนต่อกำลังแรงยึดแบบดึงระหว่างซีฟนปลอมอะคริลิกและฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนว่าสัมพันธ์กันหรือไม่ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ยอมรับสมมุติฐานแย้ง ปัจจัยด้านความเป็นกรดต่างของสารละลายไซเลนมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระหว่างซีฟนปลอมอะคริลิกและอะคริลิกทำฐานฟันปลอมชนิดบ่มด้วยความร้อน โดยที่การปรับพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลนที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.5 ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงมากกว่าการปรับพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลนที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4 และกลุ่มที่ไม่ได้รับการปรับพื้นผิวด้วยไซเลนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลดังกล่าวเป็นผลของค่าความเป็นกรดต่างของไซเลนที่มีต่อปฏิกิริยาไซลาโนเซชัน และลักษณะของชั้นโมเลกุลไซเลนที่เคลือบอยู่บนผิวของซีฟนปลอมที่แตกต่างกัน

กระบวนการเกิดไซลาโนเซชัน มีความสำคัญต่อความแข็งแรงของชั้นรอยต่อระหว่างซีฟนปลอมและฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน ปฏิกิริยาไซลาโนเซชันประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และปฏิกิริยาควบแน่น (condensation) (61, 62, 88) ดังรูปที่ 33

การเกิดปฏิกิริยาไซลาโนเซชันเริ่มต้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยอาศัยน้ำในสารละลายทำให้ alkoxy group แตกตัวเกิดเป็นพันธะไฮโดรเจน ซึ่งระยะนี้จะอยู่เพียงแค่ชั่วคราว เมื่อหมู่อัลคิลที่แตกตัวมาพบหมู่ไฮดรอกซีบนพื้นผิวแก้ว หรือออกไซด์ของโลหะ จะเข้ารวมตัวกัน และเกิดปฏิกิริยาควบแน่นต่อมา ผลของปฏิกิริยาควบแน่นจะได้น้ำเป็นผลผลิต จากที่ได้กล่าวมาเป็นการเกิดปฏิกิริยาควบแน่นในแนวตั้งบนพื้นผิว ซึ่งสามารถเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นว่าการเกิดปฏิกิริยาควบแน่นในแนวตั้ง (vertical condensation) นอกจากนี้กลุ่มของอัลโคซิลยังเหลืออีก 2 กลุ่ม ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาควบแน่นกับโมเลกุลของไซเลนข้างเคียงได้อีก เกิดเป็นปฏิกิริยาควบแน่นในแนวนอน ผลของปฏิกิริยาควบแน่นในแนวนอนจะได้ผลผลิตเป็นแอลกอฮอล์ออกมา ลักษณะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแนวนอนสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ปฏิกิริยาควบแน่นแนวนอน (horizontal condensation)(62)



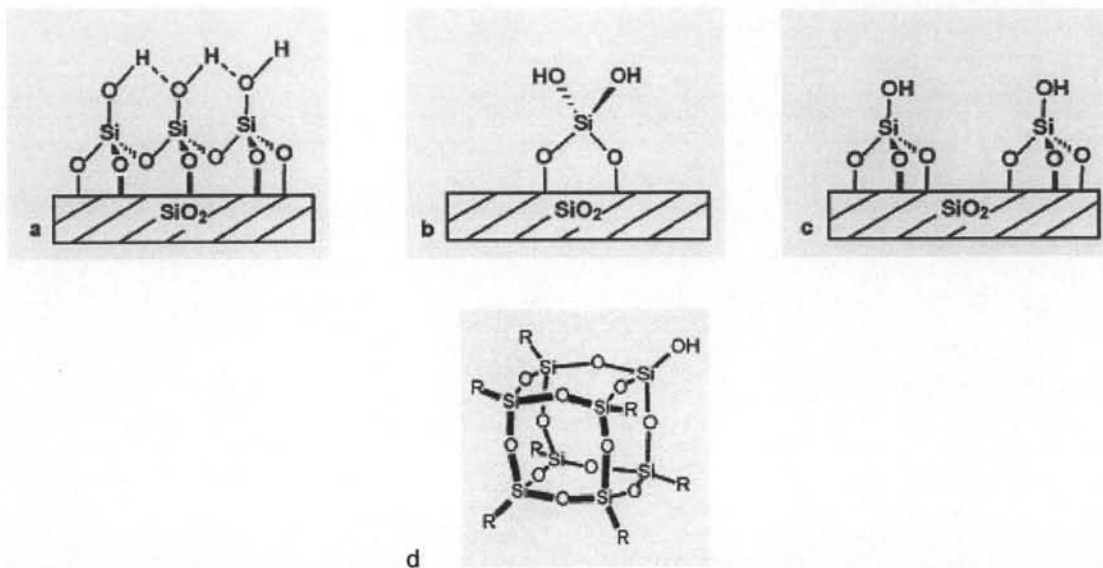
รูปที่ 33 แสดงปฏิกิริยาในระหว่างทาสารละลายซิลเลน

(ที่มา Witucki GL. A Silane Primer: Chemistry and Applications of Alkoxy Silanes. J of Coating Technology;65(822):57-60)

การเกิดกระบวนการดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้เกิดโครงสร้าง ซึ่งมีรูปร่างลักษณะเป็นสองชั้น (bi-layer) โดยกลุ่มฟังก์ชันนอลในสารละลายซิลเลนจะทำปฏิกิริยากับกลุ่มซิลานอลบนผิวแก้วหรือชั้นของออกไซด์ที่เป็นโลหะ และเกิดพันธะโควาเลนต์ขึ้น เรียกชั้นนี้ว่า chemisorbed และชั้นที่อยู่ด้านบนนอกจะเป็นชั้นของซิลเลนที่จับกันอย่างหลวม ๆ ด้วยพันธะไฮโดรเจน และแรงแวนเดอร์วาลส์ เรียกว่า ชั้น physisorbed (71) ลักษณะของ physisorbed อาจเป็นผลทำให้การยึดติดด้อยลง เนื่องจากเป็นชั้นที่เกิดการโพลีเมอไรซ์ในตัวเองเกิดเป็นโพลิโเมอร์ จึงไม่สามารถเกิดการเชื่อมระหว่างวัสดุอัดแทรกกับเมทริกซ์โดยรอบ(91)

แต่อย่างไรก็ตามขณะที่เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน กลุ่มโมเลกุลของไซเลนสามารถที่จะแพร่เข้าไปในเส้นใยโพลีเมทิลเมทาคริลิต ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของซีฟีนปลอมอะคริลิกเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายได้ (70) การเกิดโครงสร้างดังกล่าวทำให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงของกลุ่มซีฟีนปลอมอะคริลิกที่ได้รับการปรับพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลน (60.57 ± 10.4 MPa) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการปรับพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลน (45.86 ± 11.3 MPa) ซึ่งสนับสนุนแนวความคิดของการเกิดการเชื่อมแทรกของสารละลายไซเลนผ่านพื้นผิวของซีฟีนปลอมอะคริลิก นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Prayadsab ซึ่งพบว่าสารละลายไซเลนช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแบบดึงสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการปรับพื้นผิวเช่นกัน(17)

เมื่อพิจารณาโครงสร้างโมเลกุลของชั้น chemisorbed และ physisorbed พบว่าภายหลังจากการเกิดปฏิกิริยาแล้วจะได้พันธะเคมีในรูปของกลุ่มซิลานอล กลุ่มซิลานอลสามารถแบ่งรูปร่างออกได้เป็น vicinal silanols) เจมินอล (geminal silanols) และ ไอโซเลต (isolated silanols) และในกรณีที่การจับกันของไซเลนอยู่ในรูปของโพลิโอมเมอร์จะอยู่ในรูปที่เรียกว่า ซิลเซสควิออกเซน (silsequioxane) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นรูป 3 มิติ โดยอาจเป็นรูปร่างกลม ชั้นแบนได หรือเป็นกลอง (รูปที่ 34) จากชนิดของกลุ่มต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่มาเกี่ยวข้องระหว่างเกิดปฏิกิริยาไซลาไนเซชัน

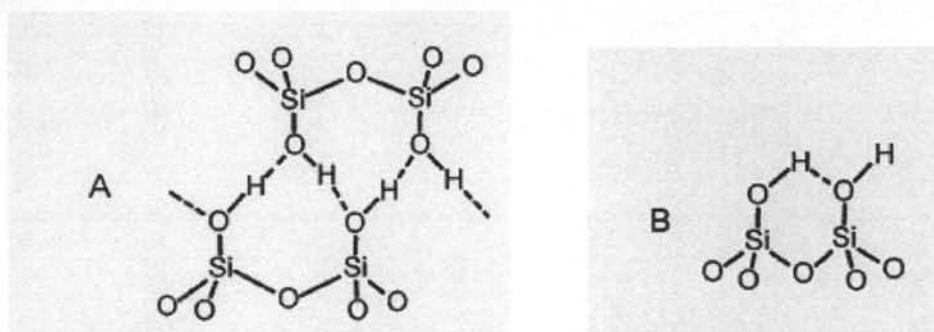


รูปที่ 34 แสดงรูปร่างของลักษณะ vicinal silanols(a), geminal silanols(b), isolated silanols(c) และ silsesquioxane(d)

(ที่มา Dijkstra TW et al. silsesquioxane Models for Geminal Silica Surface Silanol Sites. A Spectroscopic Investigation of Different Types of Silanols. J. AM. CHEM. SO C. 2002;124:9856-9864)

ไซเลนสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ส่วนใหญ่คือ γ -methacryloxypropyl trimethoxysilane (γ -MPS) ยกตัวอย่างเช่น Monobond (Ivoclar, Liechtenstein) เป็นต้น ซึ่งโดยปกติอยู่ในรูปของ prehydrolyzed form โดยการเติมกรดอะซิติก เพื่อปรับให้มีค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายเท่ากับ 4 ในสภาวะค่าความเป็นกรดต่างนี้ ไซเลนมีการจับตัวระหว่างโมเลกุลน้อย โอกาสที่จะรวมเป็นโพลิเมอร์เกิดขึ้นได้ยาก(61, 62, 74, 83) เมื่อนำมาปรับพื้นผิวในวัสดุแก้ว หรือออกไซด์ของโลหะ พบว่า มีการรั่วของอิออนของโลหะออกมาจากพื้นผิว อิออนของโลหะหรือแก้วมีค่าความเป็นกรดต่างสูงเนื่องจากอยู่ในรูปของไฮดรอกไซด์ อิออนดังกล่าวจะรวมตัวกับโปรตอนในสารละลายทำให้เกิดสภาวะโปรตอนในสารละลายลดลง(deprotonation) ส่งผลให้ความเป็นกรดในสารละลายลดลงเมื่อสภาวะค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายไซเลนสูงขึ้น จึงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาควบแน่นได้ต่อไป (90) แต่ในชั้นของซีฟอสฟอริกไม่มีออกไซด์ของโลหะหรือซิลิกอนอยู่เลย ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำให้ค่าความเป็นกรดต่างสูงขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาควบแน่นเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างของซิลเซสควิออกเซน พบว่า

ระหว่างโมเลกุลของไฮดรอกซิลอาจเกิดพันธะไฮโดรเจน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ poly-hydrogen-bonded silanols และ mono-hydrogen-bonded silanols ในสภาวะที่สารละลายไฮดรอกซิลมีความเป็นกรดที่สูง hydrogen bond ในกลุ่ม poly-hydrogen-bonded silanols มีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ hydrogen bond ใน mono-hydrogen-bonded silanols (รูปที่ 35) (89) ดังนั้นในกลุ่มสารละลายไฮดรอกซิลที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4 มีการเรียงตัวของโมเลกุลของซิลเซสควอิออกเซนซึ่งมีขนาดเล็กกว่ากลุ่มสารละลายไฮดรอกซิลที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5 (62) ส่งผลให้มีปริมาณ mono-hydrogen-bonded silanols มากกว่ากลุ่มสารละลายไฮดรอกซิลที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5 ดังนั้นค่ากำลังแรงยึดแบบดึงที่ได้จากกลุ่มที่ได้รับการปรับพื้นผิวด้วยไฮดรอกซิลที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4 จึงต่ำกว่ากลุ่มที่ปรับพื้นผิวด้วยไฮดรอกซิลที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.5



รูปที่ 35 แสดงรูปร่างของลักษณะ poly-hydrogen-bonded silanols (a), mono-hydrogen-bonded silanols (b)

(ที่มา Dijkstra TW et al. Silsesquioxane Models for Geminal Silica Surface Silanol Sites. A Spectroscopic Investigation of Different Types of Silanols. J. AM. CHEM. SO C. 2002;124:9856-9864)

ความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮดรอกซิลนอกจากมีผลต่อโครงสร้างระดับโมเลกุลของไฮดรอกซิลแล้ว ยังส่งผลถึงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วย จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งประกอบด้วยปฏิกิริยาเคมี 2 ขั้นตอน ได้แก่ ไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาควบแน่น ในสภาวะที่สารละลายไฮดรอกซิลมีความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4 จะเกิดปฏิกิริยาควบแน่นน้อยที่สุด ในขณะที่ความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮดรอกซิลเท่ากับ 7 จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสน้อยที่สุด (91, 93)

ผลของความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮดรอกซิลที่มีผลต่อโครงสร้างทั้งระดับโมเลกุล และระดับปฏิกิริยาเคมีย่อยระหว่างเกิดไฮโดรไลซิส พบว่าขัดแย้งกับผลการศึกษาค้นคว้านี้ คือ สารละลายไฮดรอกซิลที่มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.5 ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการ

ปรับพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรไลซิสที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในขณะที่สารละลายไฮโดรไลซิสได้รับการปรับค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4 ทำให้สารละลายอยู่ในสภาพที่เกิดไฮโดรไลซิสสูง ซึ่งพร้อมที่จะเกิดปฏิกิริยาควบแน่นต่อไป แต่ขณะที่ทาบบนผิวพื้นปอลิเมอร์ โครงสร้างโมเลกุลเป็นโพลีเมทิลเมทาคริเลต โครงสร้างโมเลกุลของผิวพื้นปอลิเมอร์ไม่มีองค์ประกอบของออกไซด์ของโลหะ หรือแก้ว ที่จะรั่วซึมออกมาจากพื้นผิว ทำให้ปริมาณโปรตอนในสารละลายไฮโดรไลซิสไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นสภาวะความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮโดรไลซิสจึงมีค่าเท่ากับ 4 ส่งผลให้โมเลกุลของไฮโดรไลซิสอยู่ในสภาพ pre-hydrolyzed form ตลอด การเกิดปฏิกิริยาควบแน่นในสภาวะที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4 น้อย จึงทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาควบแน่นที่สมบูรณ์ เมื่อปฏิกิริยาควบแน่นไม่สมบูรณ์จึงส่งผลให้ค่าแรงยึดแบบดึงในกลุ่มที่ได้รับการปรับพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรไลซิสที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.5 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการปรับพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรไลซิสที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4 เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างโมเลกุลที่เกิดจากผลของค่าความเป็นกรดต่างของไฮโดรไลซิส พบว่า เมื่อปฏิกิริยาควบแน่นเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ทำให้หมู่วงแหวนในซิลเซสควออกเซนอยู่ในสภาพเปิด ดังนั้นการทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้นจึงช่วยให้ปฏิกิริยาควบแน่นเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้ลดการเปิดของหมู่วงแหวนในซิลเซสควออกเซน ส่งผลให้เกิดความอ่อนแอของชั้นซิลเซสควออกเซน (62)

นอกจากนี้ปัจจัยความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮโดรไลซิสยังมีผลต่อความครอบคลุมของสารละลายไฮโดรไลซิสบนพื้นผิวของซีพินปอลิเมอร์อะคริลิก Barnes (94) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการยึดติดของ polymer films บนพื้นผิวของ sodium aluminophosphate glass โดยสารละลายไฮโดรไลซิสที่ใช้คือ γ -aminopropyltriethoxysilane (γ -APS) จากผลการศึกษาสรุปว่าสารละลายไฮโดรไลซิส γ -APS ที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7-9 สามารถไหลแผ่ครอบคลุมพื้นที่ผิวได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ คือ ค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮโดรไลซิสที่ 5.5 ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงสูงกว่าค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮโดรไลซิสที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทว่าจากการศึกษาของ Barnes เป็นการศึกษาถึงปัจจัยด้านความเป็นกรดต่างของสารละลายไฮโดรไลซิสต่างชนิดกับการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นจึงเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้วางแผนการศึกษาถึงปัจจัยด้านความเป็นกรดต่างต่อการครอบคลุมของสารละลายไฮโดรไลซิสชนิด γ -MPS ต่อไป

นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้ยังคำนึงถึงปัจจัยด้านเวลารอให้สารละลายไฮโดรไลซิสแห้งต่อกำลังแรงยึดแบบดึงระหว่างซีพินปอลิเมอร์และฐานพื้นปอลิเมอร์อะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน ซึ่งตั้งเป็นสมมุติฐานงานวิจัยตอนที่ 2 ว่า ปัจจัยด้านเวลารอให้สารละลายไฮโดรไลซิสแห้งที่เวลาต่าง ๆ กันมีผล

ต่อกำลังยึดแบบดึงระหว่างซีฟันปลอมและฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนหรือไม่ จากการศึกษาพบว่าที่ระยะเวลารอให้สารละลายให้ไซเลนแห้ง 5 นาที, 1, 2, 3, 12, 24 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เวลารอให้สารละลายให้ไซเลนแห้งนาน 14 วัน ให้ค่ากำลังยึดแบบดึงที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการศึกษาของ Ozcan ศึกษาถึงผลของเวลาที่รอให้ 3-methacryloxypropyl trimethoxysilane แห่งต่อกำลังยึดแบบเงื่อนของเรซินคอมโพสิตต่อโลหะอัลลอยชนิดเมทัลเบสและโนเบิล ที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยซิลิกา ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 นาที เมื่อพิจารณาถึงเวลาที่ผู้ศึกษากำหนดเป็นเวลาที่ผู้ศึกษายอมรับได้ในทางคลินิก จากการศึกษาพบว่าที่เวลาที่แตกต่างกันให้ค่ากำลังยึดแบบเงื่อนของเรซินคอมโพสิตต่อโลหะอัลลอยชนิดเมทัลเบสและโนเบิลที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยซิลิกาไม่แตกต่างกันทางสถิติ (95) ซึ่งเวลาที่ใช้ทำการทดลองของ Ozcan มีความใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างได้ จากผลการศึกษาของ Ozcan พบว่าสอดคล้องกับช่วงระยะต้นของเวลาที่รอให้สารละลายให้ไซเลนแห้งจากการศึกษาครั้งนี้ คือปล่อยให้แห้งแล้วทำการอัดอะคริลิกทันที

ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถอธิบายได้จากทฤษฎี Reversilbe Hydrolysis Bond Mechanism ซึ่งอธิบายโดย Erickson and Plueddemann ว่า ในชั้นของไซเลนจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องระหว่างการทำลายและการสร้างใหม่ของพันธะ ทำให้เกิดการปลดปล่อยความเครียดออกจากพื้นผิวที่ได้รับการปรับสภาพด้วยไซเลนได้ โดยปราศจากการทำลายพันธะ แต่ทว่าในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันจำเป็นต้องมีน้ำที่ทำให้เกิดความสมดุลย์กล (dynamic equilibrium) ในชั้นไซลันอล(76) จากทฤษฎีดังกล่าวสามารถอธิบายผลจากการศึกษาครั้งนี้ได้ว่า ในระหว่างที่รอให้สารละลายให้ไซเลนแห้ง เมื่อทิ้งระยะเวลาไว้นานขึ้นเป็นระยะเวลา 14 วันมีการสูญเสียน้ำออกจากพื้นผิวจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากเวลาที่รอให้สารละลายให้ไซเลนแห้งที่นานเกินไป อีกทั้งในส่วนของปูนที่ทำเบ้า เบ้าปูนจะดึงน้ำออกจากผิวฟันปลอมอย่างต่อเนื่อง จึงอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้พื้นผิวของฟันปลอมแห้ง เมื่อซีฟันปลอมแห้งทำให้เกิดความไม่สมดุลย์เชิงกลในชั้นไซลันอลในชั้นพื้นผิวของซีฟันปลอมอะคริลิก เกิดความเครียดสะสมภายในชั้นรอยต่อ ทำให้ที่เวลารอให้สารละลายให้ไซเลนแห้ง 14 วันให้ค่ากำลังยึดแบบดึงต่ำกว่าเวลาอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไซลาโนเซชันเพื่อปรับปรุงกำลังยึดแบบดึงระหว่างซีฟันปลอมกับอะคริลิกทำฐานฟันปลอมชนิดบ่มด้วยความร้อน พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดต่อกำลังดึงยึดคือ 0.1 โมลาร์โดยกำลังดึงยึดจะพบมากที่สุด ในซีฟันปลอมสำเร็จรูปชนิดเส้นใยโพลีเมทิลเมทาคริลิต (17) จากการวิจัยครั้งนี้ยังค้นพบเพิ่มเติมว่าความเป็นกรดต่างที่

เหมาะสมต่อการยึดติดคือ 5.5 โดยไม่มีผลด้านเวลาที่รอให้สารละลายไหลลงอ่างภายใน 24 ชั่วโมง ดังนั้นการศึกษานี้จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการได้โดยทำการหาสารละลายไหลลงความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.5 รอให้สารละลายไหลลงอ่าง 5 นาที หลังจากนั้นจึงอัดอะคริลิกทำฐานพิมพ์ลอมชนิดบ่มด้วยความร้อนได้ทันที

อย่างไรก็ตามจากการศึกษานี้ยังมีอีกหลายแง่มุมที่ยังต้องศึกษาเพิ่มเติม เช่น ปัจจัยด้านอุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮลาโนเซชัน ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าชั้นของไหลเลนที่ทาบนผิวของซีฟอสสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชั้นคือ chemisorbed และ physisorbed ซึ่ง physisorbed เป็นชั้นที่เกิดจากความไม่สมบูรณ์ของชั้นซิลิเกตควิออกเซน จากทฤษฎี Reversible Hydrolysis Bond Mechanism ทำให้เกิดความคิดที่ว่าอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างรอให้สารละลายไหลลงอ่างจะมีผลต่อการปรับสภาพของชั้น physisorbed ที่มีพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงมากขึ้นได้