

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ปรับสภาพพื้นผิวแบบต่างๆ กับเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยตัวเอง

Shear-Bond Strength Between Heat-Polymerized Acrylic Resin Within Different Surface Treatments and Autopolymerized Acrylic Resin

ปิริยะ ยาวีราช¹, สุธาพร ดวงสุริยะ², อุบลวรรณ เสริมชัยวงศ์

¹สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,

²นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิตชั้นสูงทางวิทยาศาสตร์คลินิก

สาขาทันตแพทยศาสตร์ แผนกวิชาทันตกรรมประดิษฐ์, คณะทันตแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Piriya Yavirach¹, Sudaporn Duangsuriya², Ubonwan Sermchaiwong²

¹Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,

²Postgraduate student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม.ทันตสาร 2554; 32(2) : 93-101

CM Dent J 2011; 32(2) : 93-101

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีต่างๆ กับเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง ขึ้นทดสอบ 78 ชิ้นถูกเตรียมด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนแล้วแบ่งเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 13 ชิ้นตามวิธีการปรับสภาพพื้นผิวดังนี้ 1 ไม่มีการปรับสภาพพื้นผิว, 2 ทาด้วยเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์, 3 พ่นด้วยผงอลูมินา, 4 พ่นด้วยเจ็ทพลาสมา, 5 พ่นด้วยเจ็ทพลาสมาและทาด้วยมอนอเมอร์ และ 6 พ่นด้วยเจ็ทพลาสมา ทาด้วยมอนอเมอร์ และพ่นด้วยเจ็ทพลาสมาอีกครั้ง ยึดเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of various surface treatments on shear bond strength between heat-polymerized acrylic resin and autopolymerized acrylic resin. Seventy eight heat-polymerized acrylic resin specimens were divided into six groups according to their surface treatments as follows: 1) no surface treatment, 2) methylmethacrylate monomer application, 3) blasted with alumina particles, 4) plasma jet treatment, 5) plasma jet treatment and monomer application, 6) plasma jet treatment, monomer application and plasma jet treatment.

Corresponding Author:

ปิริยะ ยาวีราช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Piriya Yavirach

Assistant Professor Dr., Department of Prosthodontics,

Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,

Chiang Mai 50200, Thailand.

E-Mail: piriya@chiangmai.ac.th

บนพื้นผิวที่เตรียมไว้ ทดสอบค่าแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชี้ให้เห็นว่า กลุ่มที่พ่นด้วยผงอลูมินาให้ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวสูงสุด กลุ่มควบคุมและกลุ่มทาด้วยมอนอเมอร์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มที่พ่นด้วยเจ็ต พลาสมาทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มพ่นผงอลูมินาอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: แรงยึดเหนี่ยว เจ็ตพลาสมา เรซินอะคริลิก

An autopolymerized acrylic resin was applied to the treated surfaces. Shear bond strength tests were performed using a Universal Testing Machine. One-way ANOVA revealed that the group treated with alumina particles had the highest shear bond strength value. No significant difference was detected between the control group and the monomer application group. The shear bond strength of every group treated with plasma jet was significantly lower than that of the control group and the group treated with alumina particles alone.

Keywords: Shear bond strength, Plasma jet, Acrylic resin

บทนำ

วัสดุประดิษฐ์ฐานฟันเทียมที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ได้แก่ เรซินสังเคราะห์เมทิลเมทาคริลेट (synthetic methyl methacrylate) หรือที่เรียกกันว่า เรซินอะคริลิก เนื่องจากมีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในช่องปาก ได้แก่ มีความแข็งแรงเพียงพอ การดูดน้ำและการละลายน้ำต่ำ มีเสถียรภาพของมิติเป็นที่น่าพอใจ ให้ความสวยงาม นอกจากนี้ การสร้างฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกและการซ่อมฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกที่แตกหักยังสามารถทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยาก ซับซ้อน หรือราคาแพง⁽¹⁾

แม้ว่าเรซินอะคริลิกจะมีคุณสมบัติที่ดีในการทำฐานฟันเทียม แต่การแตกหักของฟันเทียมเรซิน อะคริลิกเป็นเหตุการณ์ที่พบได้บ่อยในคลินิก โดยพบว่าเกิดการแตกหักที่ฐานฟันเทียมถึงร้อยละ 64⁽²⁾ และพบการแตกหักซ้ำหลังการซ่อมภายในระยะเวลา 3 ปีถึงร้อยละ 68⁽³⁾ การแตกหักของฐานฟันเทียมมักมีสาเหตุจาก การออกแบบฟันเทียม และ การเลือกวัสดุที่ไม่ถูกต้อง⁽⁴⁾ ความไม่เหมาะสมของฐานฟันเทียม การขาดการสบได้ดูล และ การมีแรงมากระทำต่อฐานฟันเทียม⁽⁵⁾ การสร้างฟันเทียมขึ้นใหม่แทนชิ้นเดิมผู้ป่วยจะต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูง ต้องใช้เวลาในขั้นตอนการทำ และการไม่มีฟันเทียมใช้งานอาจ

ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่สะดวกในการเคี้ยวอาหาร หรือเข้าสังคม ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงมักพิจารณาซ่อมฟันเทียมให้ผู้ป่วย ซึ่งอาจเป็นการซ่อมชั่วคราว หรือถาวรก็ได้⁽⁴⁾ อย่างไรก็ตาม เรซินอะคริลิกที่นำมาใช้ซ่อมฟันฐานเทียมมีหลายชนิด ได้แก่ เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (autopolymerized) ชนิดบ่มด้วยความร้อน (heat-polymerized) ชนิดบ่มด้วยแสง (light-polymerized) และชนิดบ่มด้วยคลื่นไมโครเวฟ (microwave-polymerized)⁽⁶⁾ การเลือกใช้วัสดุชนิดใดขึ้นอยู่กับพิจารณาปัจจัยด้านต่างๆ ได้แก่ ระยะเวลาในการซ่อมฟันเทียม แรงดัดขวาง (transverse strength) และ การคงความเที่ยงของมิติ (dimensional accuracy) ในขณะที่ซ่อม เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าการเพิ่มอุณหภูมิขณะบ่มทำให้เรซินอะคริลิกมีคุณสมบัติเชิงกลและเคมีดีขึ้น⁽⁶⁾ ดังนั้นเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน และชนิดบ่มด้วยคลื่นไมโครเวฟจึงเป็นวัสดุซ่อมฐานฟันเทียมที่ให้ความแข็งแรงมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังการซ่อมฐานฟันเทียมด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน ชนิดบ่มด้วยคลื่นไมโครเวฟ และชนิดบ่มด้วยตัวเองกับของฐานฟันเทียมที่ปกติ พบว่าให้ความแข็งแรงร้อยละ 75 ถึง 80 ร้อยละ 93 ถึง 106 และ ร้อยละ 60 ถึง 65 ตามลำดับ แม้ว่าวัสดุสองชนิดแรกให้ความ

แข็งแรงที่ดีแต่ต้องใช้ระยะเวลาในการซ่อมแซมและใช้เครื่องมือหลายชนิด เนื่องจากมีขั้นตอนการลงเบ้าหล่อและการอัด อีกทั้งยังมีโอกาสเกิดการบิดเบี้ยวของฐานฟันเทียมอันเนื่องมาจากความร้อนได้ ดังนั้นการซ่อมฐานฟันเทียมด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองแม้จะมีความแข็งแรงน้อยกว่า⁽⁶⁾ แต่ก็เป็นวัสดุที่เป็นที่นิยมมากที่สุดเนื่องจากสามารถใช้ซ่อมฟันเทียมได้ง่ายและรวดเร็ว⁽⁴⁾ และปัจจุบันได้มีการพัฒนาขั้นตอนการซ่อมและพัฒนาวัสดุให้มีความแข็งแรงมากขึ้นกว่าในอดีต เช่น การใช้ความดันอากาศร่วมกับความร้อนต่ำ (air pressure and low heat) เพื่อช่วยลดการเกิดรูพรุนอันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของวัสดุ ส่งผลให้การซ่อมฐานฟันเทียมด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองมีความแข็งแรงมากขึ้น⁽⁶⁾

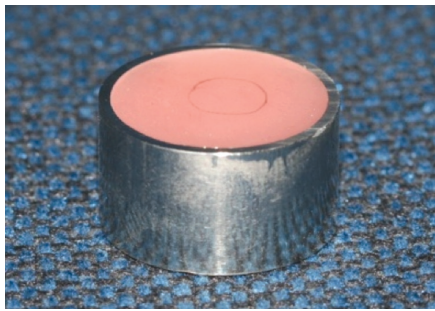
แม้ว่าเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองเป็นที่นิยมใช้ในการซ่อมฐานฟันเทียมที่เกิดการแตกหัก อย่างไรก็ตามมักพบเสมอว่าฟันเทียมชิ้นนั้นมักเกิดการแตกหักซ้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุเก่าและใหม่ เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่เกิดแรงเค้นสะสมมากที่สุดเมื่อรับแรง^(5,7) ประกอบกับความแข็งแรงของการยึดติดที่น้อยระหว่างเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนในส่วนที่เป็นฐานฟันเทียมซึ่งเกิดโครงสร้างพอลิเมอร์ที่สมบูรณ์แล้ว (complete polymerization) กับเรซินอะคริลิกที่บ่มด้วยตัวเอง จึงได้มีความพยายามที่จะหาวิธีการเพิ่มแรงยึดติดนี้ด้วยวิธีการเตรียมพื้นผิวของฐานฟันเทียม⁽⁵⁾ อาทิ วิธีทางเคมี เช่น การใช้ คลอโรฟอร์ม เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์อะซีโตน และ เมทิลลีน คลอไรด์^(4,8,9) วิธีทางกล เช่น การเพิ่มความขรุขระของพื้นผิวด้วยการพ่นผงอลูมินา⁽⁴⁾ การกรอผิวบริเวณรอยต่อให้มีรูปแบบต่างๆ⁽⁷⁾ และวิธีทางฟิสิกส์โดยใช้เทคโนโลยีพลาสมา ซึ่งพลาสมาในที่นี้หมายถึงสภาวะที่ก๊าซแตกตัวไปเป็นก๊าซที่มีประจุ โดยทั่วไปประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบที่มีความหนาแน่นเท่ากัน หรือกล่าวได้ว่าเป็นกลุ่มของอิเล็กตรอน ไอออน โมเลกุล อนุภาคมูลฐาน และอะตอมในสถานะกระตุ้น⁽¹⁰⁾ เมื่อปรับสภาพผิวพอลิเมอร์ด้วยพลาสมา ก่อให้เกิดผลดังต่อไปนี้ 1) การทำความสะอาดและกำจัดสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวพอลิเมอร์ 2) สามารถปรับเปลี่ยนส่วนประกอบพื้นผิวโดยการแตกแรงยึดระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ จาก

นั้นทำปฏิกิริยากับอนุภาคในพลาสมา ทำให้คุณสมบัติการเปียกน้ำบนพื้นผิว (surface wettability) ดีขึ้น 3) สามารถเปลี่ยนโครงสร้างพื้นผิว (surface topography) โดยการกัดกร่อน (etching) หรือการเปลี่ยนองค์ประกอบพื้นผิว (decomposition) ด้วยการเคลือบผิว^(11,12) รวมทั้ง 4) สามารถทำให้เกิดชั้นตาข่าย (cross-linking) ได้ต่อชั้นผิวพอลิเมอร์⁽¹¹⁾ ทำให้พื้นผิวที่ผ่านการปรับสภาพพร้อมทำปฏิกิริยากับสารที่นำมายึดติด

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ายังไม่มีการศึกษาใดที่เปรียบเทียบการเพิ่มแรงยึดติดระหว่างเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนและเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองโดยใช้วิธีทางเคมี ทางกล และทางฟิสิกส์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีต่างๆ ต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนกับเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง โดยมีสมมุติฐานว่าง (null hypothesis) ของการศึกษาคือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ใช้วิธีการปรับสภาพพื้นผิวแบบต่างๆ กับเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมชิ้นทดสอบเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนจำนวน 78 ชิ้น โดยนำท่อนวาทวนโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร สูง 11 มิลลิเมตร มาอัดด้วยซีเมนต์ซีเมนต์ให้เต็ม นำชิ้นทดสอบไปลงเบ้าหล่อ และต้มไล่ซีเมนต์ออกจนหมด แล้วผสมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน (Triplex[®], ivoclar) ตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตแนะนำ (พอลิเมอร์ 23.4 กรัม ต่อ มอนอเมอร์ 10 มิลลิลิตร) อัดในท่อนวาทวนให้เต็ม จากนั้นนำไปบ่มด้วยอุณหภูมิและเวลาตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ นำชิ้นทดสอบที่ได้มาขัดด้วยกระดาษทรายจนถึงเบอร์ 1,200 โดยใช้เครื่องขัดชิ้นทดสอบ (Grinder Polisher, MoPao 160E) จากนั้นใช้ดินสอวาดวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรตรงกลางชิ้นทดสอบ แล้วนำชิ้นทดสอบทั้งหมดไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (ultrasonic) (Bio Sonic, UC 125) นาน 30 นาที ได้ชิ้นทดสอบดังรูปที่ 1

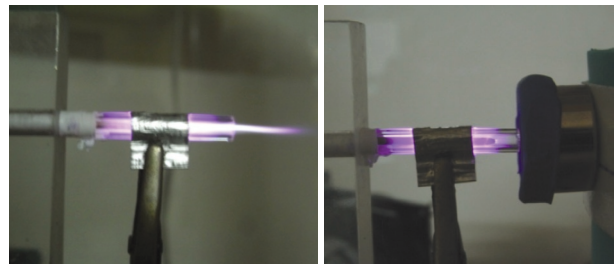


รูปที่ 1 แสดงชิ้นทดสอบเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนที่เตรียมเสร็จแล้ว

Figure 1 Illustration of prepared heat-polymerized acrylic resin specimen

แบ่งชิ้นทดสอบออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 13 ชิ้น โดยมีวิธีการปรับสภาพพื้นผิวเพื่อยึดกับเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยตัวเอง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ไม่มีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีใด (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 ทาเมทิลเมทา ครีเลต มอนอเมอร์ (MMA, Unifast®, GC) บนพื้นผิวของชิ้นทดสอบแล้วทิ้งไว้ 180 วินาที กลุ่มที่ 3 ใช้วิธีพ่นด้วยผงอลูมินา ขนาด 50 ไมครอน (TEC-LINE®) ภายใต้อากาศ 0.5 bar โดยมีระยะห่างของปลายหัวพ่นกับชิ้นทดสอบ 30 มิลลิเมตร นาน 5 วินาที กลุ่มที่ 4 ใช้ระบบพลาสมาความดันบรรยากาศ ปรับสภาพตรงกึ่งกลางของชิ้นทดสอบด้วยเจ็ต พลาสมาที่เหนี่ยวนำด้วยระบบความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง โดยใช้ก๊าซอาร์กอน 14.28% ผสมกับอากาศ 85.72% โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 25 โวลต์ ความถี่ 56 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยมีระยะห่างของปลายกระบอกเจ็ตกับชิ้นทดสอบ 0.5 มิลลิเมตร นาน 180 วินาที (รูปที่ 2) กลุ่มที่ 5 ใช้การปรับสภาพด้วยเจ็ต พลาสมาเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 4 แล้วตามด้วยการทาเมทิลเมทาครีเลต มอนอเมอร์ ทิ้งไว้ 180 วินาที และ กลุ่มที่ 6 ปรับสภาพผิวด้วยเจ็ต พลาสมาแล้วตามด้วยการทาเมทิลเมทาครีเลต มอนอเมอร์ จากนั้นปรับสภาพผิวด้วยเจ็ต พลาสมาอีกครั้ง

นำเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (Unifast®, GC) มายึดกับชิ้นทดสอบจำนวน 8 ชิ้นในแต่ละกลุ่ม ด้วยการใส่ผงเมทิลเมทาครีเลต และเมทิลเมทาครีเลต มอนอเมอร์ที่ละน้อยสลับกัน (sprinkle-on technique) โดยใช้แผ่นซีดีแผ่นหนึ่งเพื่อที่จะรูตรงกลางให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตรเป็นแม่



รูปที่ 2 แสดงลำเจ็ต พลาสมา และการปรับสภาพพื้นผิวชิ้นทดสอบด้วยเจ็ต พลาสมา

Figure 2 Illustration of jet plasma beam and surface treatment of the specimen by jet plasma

แบบในการขึ้นรูป หลังจากเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองเต็มแม่แบบและแข็งตัวเต็มที่ จึงนำแผ่นซีดีออก จะได้ชิ้นงานดังรูปที่ 3



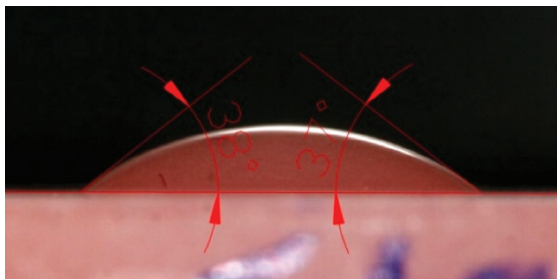
รูปที่ 3 แสดงชิ้นทดสอบที่ถูกยึดด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

Figure 3 Illustration of autopolymerized acrylic resin applied on the specimen

เก็บชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิห้องนาน 72 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal Testing Machine) (Instron®) กำหนดค่าความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตร ต่อนาที บันทึกผลการทดสอบค่าแรงยึดเหนี่ยวของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นในหน่วยเมกะปาสคาล (MPa) แล้วนำค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มทดสอบแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (1-way ANOVA) แล้วทดสอบเชิงซ้อนด้วยวิธีทูกี้ ที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Tukey multiple comparison test

($p < .05$)) จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่ผ่านการวัดค่าแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล ไปตรวจสอบรูปแบบความล้มเหลวของการยึดติด (mode of failure) ด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope) (Olympus® SZX12) เพื่อแยกประเภทของการแตกหักว่าเป็น การแตกหักในส่วนของเรซินอะคริลิกด้านใดด้านหนึ่ง (cohesive failure) หรือเป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อของเรซินอะคริลิกทั้งสองชนิด (adhesive failure) หรือเกิดขึ้นทั้งสองแบบร่วมกัน (mix type)

นำชิ้นงานที่ปรับสภาพพื้นผิวแต่ละแบบจำนวน 5 ชิ้นในแต่ละกลุ่มทดลอง มาทดสอบคุณสมบัติการเปียกน้ำบนพื้นผิว โดยการหยดน้ำด้วยไมโครปิเปต (socorex, Switzerland) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร บนผิวชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น ให้ระยะห่างของปลายไมโครปิเปตกับชิ้นทดสอบคงที่ 2 เซนติเมตรตลอดการทดลอง ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลขนาดความยาวโฟกัสของเลนส์ 125 มิลลิเมตร ถ่ายรูปหยดน้ำแต่ละหยดภายในเวลา 10 วินาที หลังการหยด โดยให้ระยะระหว่างหยดน้ำกับกล้องคงที่ 35 เซนติเมตรตลอดการทดลอง นำภาพที่ได้ไปวัดมุมสัมผัสทั้งสองข้างของหยดน้ำด้วยโปรแกรม ออโตแคต (Auto Cad2007 (Autodesk Inc., USA)) (รูปที่ 4) จากนั้นนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของแต่ละกลุ่ม

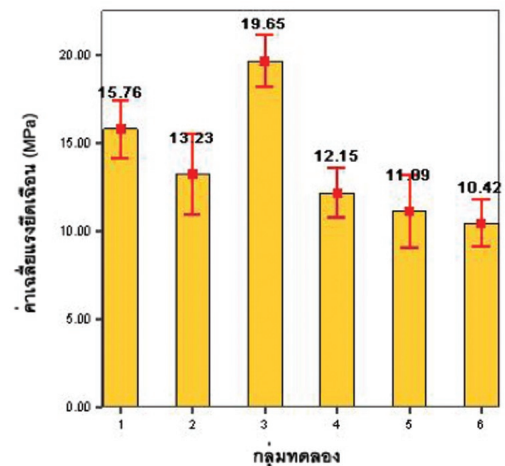


รูปที่ 4 แสดงการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผิวชิ้นทดสอบด้วยโปรแกรม ออโตแคต

Figure 4 Illustration of the contact angle measurement of water droplet by AutoCAD program

ผลการวิจัย

ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยว (MPa) ของแต่ละกลุ่มทดสอบแสดงในรูปที่ 5 และตารางที่ 1 จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (1-way ANOVA) และการทดสอบทูกี พบว่า แรงยึดเหนี่ยวในกลุ่มที่ 3 (พ่นด้วยผงอลูมินา) มีค่ามากกว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวในทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่มที่ 2 (ทาด้วยเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์) ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ แรงยึดเหนี่ยวในกลุ่มที่ 4 (ปรับสภาพพื้นผิวด้วยเจ็ท พลาสมา) กลุ่มที่ 5 (ปรับสภาพพื้นผิวด้วยเจ็ทพลาสมาแล้วทาด้วยเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์) และกลุ่มที่ 6 (ปรับสภาพผิวด้วยเจ็ทพลาสมา ทาด้วยเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์และเจ็ทพลาสมาอีกครั้งหนึ่ง) แตกต่างจาก กลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 กลับพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยวในระหว่างกลุ่มที่มีปรับสภาพพื้นผิวด้วยเจ็ท พลาสมา (กลุ่มที่ 4, 5 และ 6) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละกลุ่มทดลอง

Figure 5 Mean of shear bond strength values of each experimental group

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยว (เมกะปาสคาล) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มทดลอง

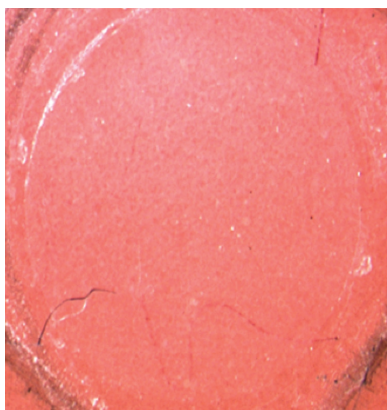
Table 1 Mean of shear bond strength values in MPa and standard deviations of each experimental group.

กลุ่มตัวอย่าง	Mean (MPa)
กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)	15.15 (± 0.74) ^a
กลุ่มที่ 2 (ทาเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์)	13.23 (± 2.73) ^{ab}
กลุ่มที่ 3 (ฟันผงอลูมินา)	19.65 (± 1.81) ^c
กลุ่มที่ 4 (เจ็ท พลาสมา)	12.15 (± 1.65) ^b
กลุ่มที่ 5 (เจ็ท พลาสมา และทาเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์)	11.09 (± 2.49) ^b
กลุ่มที่ 6 (เจ็ท พลาสมา ทาเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์และเจ็ทพลาสมาอีกครั้งหนึ่ง)	10.42 (± 1.60) ^b

อักษรตัวกที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

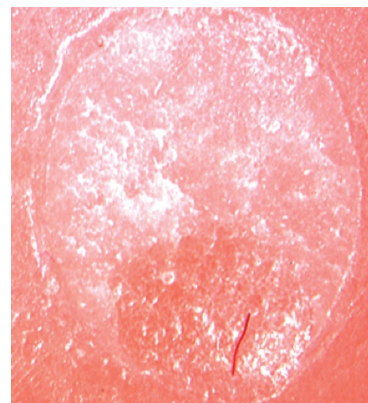
Differences in letter of superscript denote significant differences at $p < 0.05$

จากการตรวจลักษณะพื้นผิวเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน หลังเกิดความล้มเหลวของการยึดติดด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคป พบว่ากลุ่มที่ 1 มีลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดส่วนใหญ่เป็นแบบแอคฮีฟ แต่มีเพียงหนึ่งชิ้นที่พบความล้มเหลวชนิดโคฮีซีฟในเนื้อเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน กลุ่มที่ 2, 4, 5 และ 6 พบลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดชนิดแอคฮีฟในทุกชิ้น (รูปที่ 6) และกลุ่มที่ 3 พบลักษณะพื้นผิวแบบโคฮีซีฟในเนื้อเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (รูปที่ 7)



รูปที่ 6 แสดงลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดชนิดแอคฮีฟ

Figure 6 Illustration of mode of failure; adhesive type



รูปที่ 7 แสดงลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดชนิดโคฮีซีฟ

Figure 7 Illustration of mode of failure; cohesive type

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำและค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยว (ตารางที่ 2) พบว่ากลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำน้อยสุด (กลุ่มที่ 6) ไม่ได้มีค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวมากที่สุด แต่ในทางกลับกันชิ้นงานกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำสูงสุด (กลุ่มที่ 3) กลับเป็นกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวมากที่สุด และพบว่ากลุ่มที่ 6 และกลุ่มที่ 4 มีค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำใกล้เคียงกัน ในขณะที่กลุ่มที่ 2, 3 และ 5 มีค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำและค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยว (เมกะปาสคาล) ของแต่ละกลุ่มทดลอง

Table 2 Mean of contact angle of water droplet and mean of shear bond strength values in MPa of each experimental group

กลุ่มทดลอง	ค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำ (องศา)	ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยว (เมกะปาสคาล)
กลุ่มที่ 1	68.7	15.15 (± 0.74)
กลุ่มที่ 2	76.7	13.23 (± 2.73)
กลุ่มที่ 3	77.6	19.65 (± 1.81)
กลุ่มที่ 4	40.4	12.15 (± 1.65)
กลุ่มที่ 5	78.9	11.09 (± 2.49)
กลุ่มที่ 6	38.4	10.42 (± 1.60)

บทวิจารณ์

การที่ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการพ่นผงอลูมินามีค่าสูงที่สุด เนื่องจากการพ่นด้วยผงอลูมินาทำให้เกิดความขรุขระในระดับไมครอนบนพื้นผิวส่งผลให้มีพื้นที่ผิวในการยึดติดมากขึ้น ซึ่งการทดลองของ Minami และคณะ⁽⁸⁾ พบว่าการพ่นผงอลูมินาทำให้เกิดเกิดลักษณะส่วนคอดบนพื้นผิวจึงทำให้เกิดการยึดติดเชิงกลที่ดีขึ้น ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สอดคล้องกับจากผลการทดลองเชิงกลอื่นๆ ซึ่งพบว่าการเพิ่มการยึดติดด้วยวิธีเชิงกลมักเป็นวิธีที่ให้ค่าการยึดติดสูงสุด

การศึกษาที่ผ่านมาแนะนำให้ใช้เมทิลเมทาคริเลตทาที่ผิวฐานฟันเทียมก่อนยึดด้วยเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยตัวเองเพื่อให้การยึดติดดีขึ้น ซึ่งการทามอนอเมอร์ทำให้เกิดการละลายผิวของพอลิเมทิลเมทาคริเลตบางส่วนจึงทำให้เกิดลักษณะรูพรุนคล้ายการกัดด้วยกรด (etching) ส่งผลให้พื้นที่ผิวในการยึดติดเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดการยึดติดเชิงกลเกิดขึ้น⁽⁹⁾ แม้ว่าจะมีผู้กล่าวถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนกับเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองหลังจากปรับสภาพพื้นผิวด้วยเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์⁽⁹⁾ แต่ยังไม่พบว่ามีการศึกษาใดสามารถว่าพิสูจน์ว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นจริง Vallittu และคณะ⁽⁹⁾ พบว่าการทาผิวเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์ เป็นเวลา 180 วินาทีก่อนยึดด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง ให้ค่าการยึดติดสูงสุดเมื่อเทียบกับการทาเป็นเวลา 5, 30 และ 60 วินาที ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกทาเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์ เป็น

เวลา 180 วินาทีก่อนยึดด้วยเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยตัวเอง แต่กลับพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มทาเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อาจเนื่องมาจากทาเมทิลเมทาคริเลตหนาเกินไปส่งผลให้เกิดลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์มเคลือบบนผิวซึ่งขัดขวางการยึดติด นอกจากนี้ Shen และคณะ⁽⁷⁾ กล่าวว่า มอนอเมอร์ไม่มีประสิทธิภาพมากพอที่จะกำจัดสิ่งสกปรกบนพื้นผิวและไม่สามารถสร้างให้เกิดลักษณะพื้นผิวที่พร้อมในการยึดติด ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงส่งผลให้ผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับผลการทดลองที่ผ่านมา

ในกลุ่มที่ 4, 5 และ 6 ที่มีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยเจ้ทพลาสมา ร่วมกับการทาและไม่ทาด้วยเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์พบว่ามีความแข็งแรงยึดเหนี่ยวต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในทางทฤษฎีแล้ว พื้นผิวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ้ทพลาสมาจะมีความสะอาดและมีความพร้อมในการทำปฏิกิริยาดังได้กล่าวไว้ในตอนต้น นอกจากนี้การปรับสภาพผิวพอลิเมอร์ด้วยพลาสมายังปรับปรุงคุณสมบัติความชอบน้ำของพื้นผิว (hydrophilicity) ได้ดีขึ้นด้วยการสร้างหมู่ฟังก์ชัน (functional groups) ได้แก่ C=O⁽¹³⁾ และ -OH⁽¹⁴⁾ บนผิวพอลิเมอร์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hook และคณะ⁽¹⁵⁾ ที่รายงานผลของการใช้ พลาสมาของก๊าซอาร์กอนร่วมกับน้ำ ปรับพื้นผิวของพอลิเมทิลเมทาคริเลต พบว่าทำให้เกิดหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ขึ้นบนพื้นผิว และเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบริเวณผิวชั้นบนสุด และบริเวณใต้ชั้นผิวลึกลงไป 20 นาโนเมตร แต่อย่างไรก็ตาม

พบว่าภายใต้การใช้พลาสติกวิธีนี้ ทำให้พื้นผิวของพอลิเมทิลเมทาคริเลตเกิดการเสื่อมสภาพ (surface degradation) ร่วมด้วย และจากการศึกษาของ Kitova และคณะ⁽¹⁶⁾ โดยใช้พลาสติกของก๊าซอาร์กอนร่วมกับไอน้ำ ($\text{Ar}/\text{H}_2\text{O}$) และ ก๊าซอาร์กอนร่วมกับเอทานอล ($\text{Ar}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ปรับสภาพผิวพอลิเมทิลเมทาคริเลตพบว่าพลังงานพื้นผิว (surface energy) มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความชื้นของโมเลกุลบนผิวพอลิเมทิลเมทาคริเลต และมีความสัมพันธ์ผกผันกับค่าแรงยึดระหว่างโมเลกุล (dispersion force) ที่วัดได้ แสดงว่าค่าแรงยึดระหว่างโมเลกุล ไม่ได้แปรผันตามความชื้นที่เพิ่มขึ้นบนพื้นผิววัสดุ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า กลุ่มที่ใช้พลาสติกปรับสภาพพื้นผิวมีค่ามุมสัมผัสผิวน้ำลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ แต่ก็พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวลดลงด้วย สาเหตุอาจเนื่องมาจากพื้นผิวของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและชั้นที่ลึกลงไปในระดับนาโนเมตรเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เกิดการทำลายพันธะและแรงยึดระหว่างโมเลกุลทำให้แรงยึดระหว่างโมเลกุลมีค่าลดลง⁽¹⁶⁾ จึงทำให้โครงสร้างบริเวณชั้นผิวที่อยู่ลึกลงไปนี้มีความอ่อนแอ เมื่อเกิดการแตกหักระหว่างรอยต่อของเรซินอะคริลิกทั้งสองชนิด บริเวณที่เกิดการแตกหักอาจอยู่ในชั้นที่ลึกลงไปไม่กี่นาโนเมตรในเนื้อเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า และกล้องสเตอริโอไมโครสโคป

ในแง่คุณสมบัติของเจ็ท พลาสติก พบว่า คุณสมบัติของเจ็ทพลาสติกสูงกว่าคุณสมบัติห้อง⁽¹⁷⁾ จึงอาจเป็นไปได้ว่าค่าความถี่ของพลังงานที่เราให้แก่พลาสติก มีค่าไม่เหมาะสม อาจทำให้คุณสมบัติบริเวณขึ้นทดสอบที่กระทบกับลำเจ็ท พลาสติก มีค่าสูง และอาจสูงเกินกว่า Glass transition temperature (T_g) ของเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน จึงอาจทำให้บริเวณพื้นผิวของ เรซินอะคริลิกเกิดการเสื่อมสภาพจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวลดลง

จากการทดลองนี้พบว่าค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำไม่สามารถทำนายค่าแรงยึดเหนี่ยวได้ อาจเนื่องมาจากพลังงานพื้นผิวของพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ต้องการสำหรับให้น้ำหรือ มอนอเมอร์ไหลผ่าน

ที่ได้นั้นแตกต่างกันอย่างขึ้นเชิงซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ พิริยะและคณะ⁽¹⁸⁾

ดังนั้นจากผลการทดลองจึงปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ใช้วิธีการปรับสภาพพื้นผิวแบบต่างๆ กับเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการทดลอง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. แรงยึดเหนี่ยวในกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการทาเมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์เพียงอย่างเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่ปรับสภาพพื้นผิว พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2. แรงยึดเหนี่ยวในกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการพ่นผงอลูมินา เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองทุกกลุ่ม พบว่ามีค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
3. การใช้เจ็ทพลาสติก ไม่ได้ช่วยให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเมทิลเมทาคริเลต ชนิดบ่มด้วยความร้อนกับชนิดบ่มด้วยตัวเองมีค่าเพิ่มขึ้น
4. ค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสของหยดน้ำไม่สามารถทำนายค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเมทิลเมทาคริเลต ชนิดบ่มด้วยความร้อนกับชนิดบ่มด้วยตัวเองได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ธีรวรรณ บุญญวรรณ รศ.ทพ.ดร.แมนสรวง อักษรนุกิจ อ.ทพ.พิสัยศิษฐ์ ชัยจรินนท์ เป็นอย่างสูงในความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ขอขอบคุณ คุณพรณี อุดทน ในความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในเรื่องการใช้เครื่องทดสอบสากล ขอขอบคุณ คุณสมฤทัย ตันมา คุณชาญชัย อุโมงโน ที่ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสติกและล้าอนุภาค ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในความอนุเคราะห์และให้คำปรึกษารวมทั้งอำนวยความสะดวกในด้านการใช้ระบบเจ็ท พลาสติกที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ประไพ สัลละพันธ์, รศ. คำสอนทันตวัสดุศาสตร์ เล่ม 1. หน้า 160-195.
2. Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Evaluation of damage to removable dentures in two cities in Finland. *Acta Odontol Scand* 1993; 51: 363-369.
3. Hargreaves AS. The prevalence of fracture in dentures. *Br Dent J* 1961; 126: 451-455.
4. Sarac YS, Sarac D, Kulunk T, et al. The effect of chemical surface treatment of different denture base resins on the shear bond strength of denture repair. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 259-266.
5. Nagai E, Otani K, Satoh Y, et al. Repair of denture base resin using woven metal and glass fiber: effect of the methylene chloride pretreatment. *J Prosthet Dent* 2001; 85: 496-500.
6. Rached RN, Powers JM, Del Bel Cury AA. Repair strength of autopolymerizing, micro-wave, and conventional heat-polymerized acrylic resin. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 79-82.
7. Shen C, Colaizzi FA, Birns B. Strength of denture repairs as influenced by surface treatment. *J Prosthet Dent* 1984; 52: 844-848.
8. Minami H, Suzuki S, Minesaki Y, et al. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 164-170.
9. Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Wetting the surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. *J Prosthet Dent* 1994; 72: 639-643.
10. ถีรวรรณ บุญญวรรณ พิสิกส์ของพลาสมา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546, ISBN : 974-672-036-8.
11. Grace JM, Gerenser LJ. Plasma treatment of polymers. *J Dispersion Sci Technol* 2003; 24: 305-341.
12. Liston EM, Martinu L, Wertheimer MR. Plasma surface modification of polymers for improved adhesion: a critical review. *J Adhesion Sci. Technol* 1993; 7: 1091-1127.
13. Lai J, Sunderland B, Xue J, et al. Study on hydrophilicity of polymer surfaces improved by plasma treatment. *Appl Surf Sci* 2006; 252: 3375-3379.
14. Schultz J, Nardin M. *Handbook of adhesive technology*, Pizzi A, Mittal KL editors. Marcel Decker Inc., New York, 1994, pp. 181-192.
15. Hook T, Gardella J, Salvati L. Multitechnique surface spectroscopic studies of plasma-modified polymers II: H₂O/Ar plasma-modified polymethylmethacrylate/polymethylmethacrylic acid copolymers. *J Mater Res* 1987; 2(1): 132-142.
16. Kitova S, Minchev M, Danev G. Soft Plasma Treatment of Polymer Surfaces. *J Opto and Advan Mat* 2005; 7(1): 249-252.
17. Toshifuji J, Katsumata T, Takikawa H. Cold arc-plasma jet under atmospheric pressure for surface modification. *Surf and coat Technol* 2003; 171: 302-306.
18. พิริยะ ยาวีราช, พิสัยศิษฐ์ ชัยจรีนนท์, เกษรา ปัทมพันธ์, และคณะ. ผลของเวลาที่ใช้ปรับสภาพด้วยพลาสมาต่อแรงดึงเฉือนระหว่างเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใย กับคอมโพสิตแกนฟันชนิดเหลวและการเป็ยกบนพื้นผิวพอลิเมอร์. ชม.ทันตสาร 2553; 31(1): 67-76.