

รายงานทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2548

เรื่อง

ความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของวัสดุอลเซรามิกสองชนิดที่ภาวะความหนาของโครงสร้าง
ชั้นต่างๆ

Biaxial flexural strength of all-ceramic materials with different layering thickness

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผศ.ทพญ.ดร. ประรอมภ์ ซาลิมี่ (Prarom Salimee)

ผู้ร่วมโครงการ

รศ.ทพ.ดร. แมนสรวง อักษรนุกิจ (Mansuang Arksornnukit)

ร.อ ทพญ. ปวีริศา ธรรมวานิช (Pawarisa Thomvanich)

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Prosthodontics, Chulalongkorn University

Faculty of Dentistry, Bangkok, Thailand.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยประยุกต์ กลุ่มทันตวัสดุศาสตร์ (dental material)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของวัสดุอินซีเรมและวัสดุไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ที่มีอัตราส่วนความหนาของชั้นคอร์และวีเนียร์แตกต่างกัน

วัสดุและวิธีการ ทำการขึ้นรูปขึ้นทดสอบเซรามิกทั้งสองชนิด เป็นแผ่นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. หนา 1.2 มม. ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตชนิดละ 50 ชิ้น แต่ละชนิดแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มตามอัตราความหนาของส่วนคอร์ต่อวีเนียร์ กลุ่มละ 10 ชิ้น ดังนี้ กลุ่มที่ 1 = 1.2 : 0 กลุ่มที่ 2 = 0.8 : 0.4 กลุ่มที่ 3 = 0.6 : 0.6 กลุ่มที่ 4 = 0.4 : 0.8 กลุ่มที่ 5 = 0 : 1.2 นำขึ้นตัวอย่างทั้งหมดมาทดสอบหาความแข็งแรงดัดขวางสองแกนตามมาตรฐาน ISO 6872 ปี ค.ศ. 1995 โดยใช้เครื่องทดสอบสากลด้วยความเร็วหัวกด 1 มม./นาที

ผลการศึกษา ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มมีดังนี้ กลุ่มที่ 1 = 433.06 ± 68.37 กลุ่มที่ 2 = 338.90 ± 22.56 กลุ่มที่ 3 = 294.43 ± 15.19 กลุ่มที่ 4 = 259.94 ± 14.53 กลุ่มที่ 5 = 56.59 ± 10.54 กลุ่มที่ 6 = 288.31 ± 44.64 กลุ่มที่ 7 = 246.34 ± 28.16 กลุ่มที่ 8 = 258.63 ± 27.87 กลุ่มที่ 9 = 226.59 ± 26.37 และ กลุ่มที่ 10 = 68.56 ± 5.52 MPa ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบแบบแทมเฮน พบว่า อินซีเรมทั้งชิ้นมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนสูงกว่าแบบที่เคลือบวีเนียร์ โดยเมื่อความหนาของชั้นคอร์ลดลงค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนจะลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ทั้งชิ้นมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนแตกต่างจากไอพีเอสเอ็มเพรส 2 แบบที่เคลือบวีเนียร์อย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยแม้ว่าความหนาของชั้นคอร์ลดลงค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สรุป อัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์มีผลต่อค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของอินซีเรม แต่ไม่มีผลต่อไอพีเอสเอ็มเพรส 2

คำสำคัญ: ความแข็งแรงดัดขวางสองแกน คอร์ วีเนียร์พอร์ซเลน ออลเซรามิก อินซีเรม ไอพีเอสเอ็มเพรส

Abstract

Objective To investigate the strength of two all ceramic systems; In-Ceram and IPS Empress 2 with different thicknesses of core and veneer ratio by means of biaxial flexural strength (BFS).

Material and methods Fifty disc samples of each all ceramic system, 15 mm. in diameter and 1.2 mm. in thickness, were fabricated following manufacturer's recommendations. The samples were divided into five groups (n=10 each) depending on different core and veneer thickness ratio; group 1 in ratio 1.2 : 0, group 2 in ratio 0.8 : 0.4, group 3 in ratio 0.6 : 0.6, group 4 in ratio 0.4 : 0.8, group 5 in ratio 0 : 1.2. All samples were subjected to BFS testing following ISO 6872(1995) on the universal testing machine with crosshead speed of 1.0 mm/min.

Results The means \pm SD of BFS of each groups were : group 1 = 433.06 ± 68.37 ; group 2 = 338.90 ± 22.56 ; group 3 = 294.43 ± 15.19 ; group 4 = 259.94 ± 14.53 ; group 5 = 56.59 ± 10.54 ; group 6 = 288.31 ± 44.64 ; group 7 = 246.34 ± 28.16 ; group 8 = 258.63 ± 27.87 ; group 9 = 226.59 ± 2.37 and group 10 = 68.56 ± 5.52 MPa ,respectively. ANOVA and Tamhane's test revealed that the BFS of In-Ceram alone was significantly higher than In-Ceram combined with veneer porcelain as well as the decreasing of BFS when the thickness of core was decreased respectively ($p < 0.05$). For IPS Empress 2, the BFS of IPS Empress 2 alone was not significantly different from IPS Empress 2 combined with veneer porcelain with any core:veneer ratio as well as the BFS among the group combined with veneer porcelain ($p > 0.05$).

Conclusion The core and veneer thickness ratio affects the BFS of In-Ceram but not for that of IPS Empress 2.

KEYWORD : All ceramic, Biaxial flexural strength , In-Ceram, IPS Empress, Veneer porcelain

บทนำ

การใช้เซรามิกร่วมกับโลหะในทางทันตกรรมเป็นที่นิยมในการทำครอบฟันและสะพานฟัน เนื่องจากการใช้เซรามิกซึ่งมีความสวยงามใกล้เคียงกับฟันไม่มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะใช้ต้านทานแรงบดเคี้ยว จึงนำโลหะมาใช้เป็นโครงสร้างภายในเพื่อให้เกิดความแข็งแรงและนำฟอร์ซเลนมาพอกทับ แต่เนื่องจากโลหะทำให้ครอบฟันที่ได้มีความทึบแสง ความสวยงามจึงยังไม่ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ดังนั้นจึงยังมีความพยายามพัฒนาเซรามิกให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจนสามารถนำมาทำครอบฟันหรือสะพานฟันได้โดยปราศจากโครงโลหะร่วมที่เรียกว่า วัสดุออลเซรามิก (all-ceramic material) และสามารถนำมาใช้ในทางคลินิกโดยมีผลประสบความสำเร็จที่ดีในระดับหนึ่ง ปัจจุบันออลเซรามิกเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ต้องการความสวยงาม เช่น ฟันหน้า เนื่องจากมีคุณสมบัติทางแสง เช่น การดูดซับ การกระจาย และการส่งผ่านของแสงใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ มากกว่าการใช้เซรามิกร่วมกับโลหะ (Myer,1994; Holloway,1997) นอกจากนั้นออลเซรามิกยังมีคุณสมบัติการเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อที่ดี (biocompatibility) และยังช่วยขจัดปัญหาเกี่ยวกับการแพ้โลหะในผู้ป่วยบางราย (Anusavice, 1991; Wen, 1999)

ออลเซรามิกที่ใช้ในทางทันตกรรมมีหลายชนิด ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดโครงสร้างทางเคมีของวัสดุ ขบวนการขึ้นรูป ฯลฯ ออลเซรามิกที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 (IPS Empress 2 : Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) อินซีแรม (In-Ceram: Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) โพรเซรา (Procera Allceram : Procera Sandvik AB, Stockholm, Sweden) วัสดุที่ได้รับความนิยมและสามารถขึ้นรูปในประเทศไทย ได้แก่ อินซีแรม ซึ่งเป็นอะลูมินัสปอร์ซเลนที่เสริมสร้างความแข็งแรงโดยการแทรกซึมด้วยแก้ว (glass-infiltrated aluminous porcelain) สามารถนำมาทำเป็นครอบ-ฟัน อินเลย์ (inlay) ออนเลย์ (onlay) และสะพานฟันได้ และไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ซึ่งเป็นฟอร์ซเลนที่เสริมสร้างความแข็งแรงด้วยผลึกลิเทียมไดซิลิเกต (Lithium disilicate glass) และมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทำครอบฟันหรือขึ้นบรูณะในซี่เดี่ยวทุกตำแหน่งในปาก และสะพานฟัน 3 ซี่ ในตำแหน่งฟันหน้าจนถึงฟันกรามน้อยซี่สองได้

ในการกรอฟันเพื่อทำครอบฟันหรือสะพานฟันสำหรับวัสดุออลเซรามิก มีข้อจำกัดที่ต้องกรอฟันออกในแนวแกนฟันโดยรอบประมาณ 1.0 - 1.2 มิลลิเมตร เพื่อความแข็งแรงของชั้นครอบฟันและต้องคำนึงถึงโพรงประสาทฟันที่อยู่ภายในด้วย ซึ่งในปริมาณความหนาที่จำกัดในการสร้างครอบฟันหรือสะพานฟันนี้ จะต้องมีทั้งส่วนของไอพีเอสเอ็มเพรส 2 หรือ อินซีแรม ที่เป็นคอร์หรือแกน (คล้ายกับโครงโลหะ) และชั้นของวีเนียร์ฟอร์ซเลนด้วย ทางบริษัทผู้ผลิตได้กำหนดความหนาอย่างต่ำของชั้นคอร์ต้องไม่น้อยกว่า 0.8 มิลลิเมตร เพื่อความแข็งแรงของวัสดุบูรณะทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การยึดติดของชั้นวีเนียร์ฟอร์ซเลนกับเซรามิกคอร์ของเซรามิกแต่ละชนิดอาจมีความแตกต่างกัน ความแข็งแรงของชั้นเซรามิกเมื่อได้รับการเคลือบด้วยวีเนียร์ฟอร์ซเลนนั้นจะขึ้นอยู่กับความหนาของส่วนคอร์หรือไม่นั้นยังไม่เป็นที่ปรากฏ

ชัดเจน ในการกรอบฟันเพื่อเตรียมครอบฟันนั้นในบางบริเวณอาจมีความหนาโดยรวมที่มากหรือน้อยกว่าที่กำหนด ดังนั้น การสร้างให้ส่วนคอร์มีความหนามาก และมีส่วนของวีเนียร์พอร์ซเลนน้อย ก็น่าจะมีความแข็งแรงดีแต่อาจขาดความสวยงาม และหากมีส่วนวีเนียร์พอร์ซเลนมากก็น่าจะมีความสวยงามแต่ความแข็งแรงอาจต่ำลง นอกจากนี้ ความแข็งแรงของเซรามิกซึ่งประกอบด้วยคอร์และวีเนียร์ร่วมกันนั้นอาจมิได้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของวัสดุแต่ละชั้น หากยังขึ้นอยู่กับความเข้ากันได้ของวัสดุที่ต้องนำมาเชื่อมร่วมกันอีกด้วย

ในการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาถึงอัตราส่วนความหนาของคอร์และวีเนียร์พอร์ซเลนที่เหมาะสมที่จะให้ความแข็งแรงและความสวยงามที่ดีแก่ครอบฟันและสะพานฟันอลเซรามิกชนิดไอทีเอสเอ็มเพรส 2 ที่ทำการขึ้นรูปจากวีเนียร์พอร์ซเลนสองชนิดคือ ไอทีเอสเอ็มเพรส 2 layering material ซึ่งเป็นชนิดดั้งเดิม และ ERIS for E2 ซึ่งเป็นวีเนียร์พอร์ซเลนชนิดใหม่ และอินซีแรมซึ่งใช้วีเนียร์พอร์ซเลนวิตาดัวร์อัลฟา โดยใช้วิธีการวัดความแข็งแรงดัดขวางสองแกน (Biaxial flexural strength) ในชั้นตัวอย่างที่มีความหนาของส่วนคอร์และวีเนียร์พอร์ซเลนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

วรรณกรรมปริทัศน์

เซรามิกทางทันตกรรม (dental ceramics) เป็นวัสดุบูรณะที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงมาเป็นเวลานาน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ มีความสวยงามสามารถทำให้มีสีใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ทั้งในด้านความโปร่งแสง ความเข้มอ่อนของสี การดูดซับและการกระจายของแสง ความสวยงามที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป มีความต้านทานต่อสารเคมีและความร้อน มีความแข็งแรงทนทานต่อแรงในช่องปากได้ดีพอสมควร เข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อในช่องปากได้เป็นอย่างดี นำความร้อนและกระแสไฟฟ้าที่ต่ำมากซึ่งแตกต่างจากโลหะ ทำให้ลดโอกาสการเกิดการนำกระแสไฟฟ้าและมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ

เซรามิกถูกใช้ครั้งแรกในทางทันตกรรมในปลายปีคริสต์ศตวรรษ 1700 ต่อมาในปี ค.ศ.1903 ได้มีการทำ ครอบฟันพอร์ซเลน (porcelain jacket crown) โดย Land ซึ่งทำจากเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (feldspathic porcelain) ซึ่งมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ ควอทซ์ หรือ ซิลิกา เกาลิน และ เฟลด์สปาร์ พอร์ซเลนที่ใช้ในทางทันตกรรมมีองค์ประกอบที่แตกต่างจากที่ใช้ทำเครื่องครัวและเครื่องสุขภัณฑ์ โดยเพิ่มส่วนของเฟลด์สปาร์ที่สูงถึงร้อยละ 65 การที่พอร์ซเลนมีการนำความร้อนต่ำ เมื่อนำพอร์ซเลนออกจากเตาเผาและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บริเวณพื้นผิวจะเย็นลงเร็วกว่าบริเวณที่อยู่ภายในและหดตัวลงมากกว่า ทำให้เกิดแรงอัด (compressive load) ที่บริเวณผิวด้านใน และเกิดความเค้นตึงค้าง (residual tensile stress) ที่ผิวด้านใน ถ้าหากมีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงมิติที่มากพอก็จะทำให้ผิวด้านในที่อยู่ภายใต้แรงดึง (tension) ขาดออกจากกัน

เพื่อลดความเค้นลง ดังนั้นบริเวณพื้นผิวภายในก็จะเกิดรอยแตกเล็ก ๆ (microcracks) หรือที่เรียกว่า Griffith's flaws กระจุกกระจายอยู่มากมาย เมื่อมีแรงดึงเกิดขึ้นจะเกิดการสะสมความเค้นที่บริเวณส่วนปลายของรอยแตกเล็ก ๆ นี้ และมีการแพร่ขยายของรอยแตกเหล่านี้จนนำไปสู่การแตกหักของพอร์ซเลนได้ (Van Noort, 1994) จะเห็นได้ว่าพอร์ซเลนมีข้อด้อยที่สำคัญ คือ เปราะและเมื่อได้รับแรงดึงจะแตกหักได้ง่าย ดังนั้นการจะนำพอร์ซเลนมาใช้ในทันตกรรมเพื่อให้ทนทานต่อแรงบดเคี้ยวจึงจำเป็นต้องเสริมความแข็งแรงให้แก่พอร์ซเลนด้วยวิธีต่าง ๆ แต่ที่เป็นผลสำเร็จมากที่สุดได้แก่การนำพอร์ซเลนมาใช้ร่วมกับโลหะ แต่เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวระหว่างโลหะและพอร์ซเลนที่มีความแตกต่างกันอย่างมาก โดยที่โลหะและพอร์ซเลนจะหดตัวแตกต่างกันเมื่อเย็นตัวลงทำให้เกิดการแตกของพอร์ซเลนได้ง่าย ดังนั้นในปี ค.ศ.1962 Weinstein และคณะ ได้นำพอร์ซเลนมาเคลือบบนโลหะเป็นครอบฟันพอร์ซเลนเคลือบโลหะ (ceramo-metal crown) โดยปรับปรุงคุณสมบัติของพอร์ซเลน โดยการเพิ่มโปตัสเซียมออกไซด์ (K_2O) ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการเผาจะเกิดการก่อตัวของผลึกลูโซท์หรือโปตัสเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกต ทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนของพอร์ซเลนเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับโลหะจึงสามารถเคลือบพอร์ซเลนบนโลหะได้เป็นผลสำเร็จ (Binns, 1983)

พอร์ซเลนที่ใช้เคลือบโลหะคือเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนซึ่งมีองค์ประกอบหลักของซิลิกา (SiO_2) ร้อยละ 64 นอกจากนี้มีอะลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 18 โพแทช (K_2O) และโซดา (Na_2O) ร้อยละ 8-10 เพื่อควบคุมการขยายตัว ซึ่งเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนนั้นมีค่ากำลังดัดขวางต่ำประมาณ 60-70 MPa (Giordano, 1996) ครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนมีข้อด้อยที่สำคัญคือ โครงโลหะภายในจะลดการส่องผ่านของแสง ทำให้ดูไม่เป็นธรรมชาติ อีกทั้งทำให้ขอบเหงือกดำจากการถูกกัดกร่อนของโลหะและผู้ป่วยบางรายมีอาการแพ้โลหะ (Rosenblum และ Schulman, 1997) ดังนั้นจึงมีความพยายามในการทำครอบฟันพอร์ซเลนที่ปราศจากโลหะ แต่เนื่องจากเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนนั้นไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะทำครอบฟันพอร์ซเลนได้ โดยเฉพาะในตำแหน่งที่มีแรงจากการบดเคี้ยวมาก จึงได้มีการพัฒนาพอร์ซเลนให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

ปีค.ศ. 1965 McLean และ Hughes ได้พัฒนาอะลูมินัสพอร์ซเลนจากเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน โดยแทนที่ควอทซ์ด้วยอะลูมินา ร้อยละ 40-50 โดยน้ำหนัก เพื่อใช้เป็นแกนภายในครอบฟันเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของพอร์ซเลนเป็นครอบฟันอะลูมินัสพอร์ซเลน ซึ่งมีความสวยงามโดยไม่ต้องมีโครงโลหะภายใน และอะลูมินัสพอร์ซเลนมีค่ากำลังดัดขวางเพิ่มขึ้นถึง 100-130 MPa (Giordano, 1996) โดยอะลูมินาหรืออะลูมิเนียมออกไซด์ที่ใช้งานทางทันตกรรมเป็นอะลูมินาในรูปของผงละเอียดขนาด 10-20 ไมครอนร่วมกับแก้วแมทริกซ์ (glass matrix) ซึ่งอะลูมินานี้ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวหยุดรอยแตก (crack stopper) อะลูมินาและแก้วแมทริกซ์มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนต่างกันเล็กน้อยทำให้เมื่อพอร์ซเลนเย็นตัวลงเกิดเป็นแรงเค้นอัดรอบ ๆ อะลูมินา ซึ่งแรงเค้นอัดนี้เองที่สามารถ

ช่วยหยุดการแพร่ของรอยแตกได้ (McLean และ Hughes, 1965) ครอบฟันอะลูมินัสฟอร์ซเลนประกอบด้วยสามส่วนคือ ส่วนแรกคือส่วนแกนอะลูมินาที่มีความแข็งแรงสูง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนประมาณ $7.95 \times 10^{-6} K^{-1}$ ค่าความแข็งแรงตามขวางประมาณ 130-150 MPa ส่วนที่สองและสามคือวีเนียร์ฟอร์ซเลนชั้นเนื้อฟันและชั้นเคลือบฟันซึ่งทำจากแก้วบอโรซิลิเกต (borosilicate glass) ที่มีอะลูมินาร้อยละ 5-10 เป็นส่วนที่ให้สีและความโปร่งแสงแก่ตัวครอบฟันฟอร์ซเลน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนประมาณ $7.5 \times 10^{-6} K^{-1}$ ดังนั้นเมื่อมีการเย็นตัวลงส่วนฟอร์ซเลนเคลือบฟันจะอยู่ภายใต้แรงเค้นอัดและสามารถต้านทานต่อรอยแตกทำให้ครอบฟันฟอร์ซเลนมีความแข็งแรงขึ้น อย่างไรก็ตามครอบฟันชนิดนี้ยังมีความแข็งแรงไม่เพียงพอและเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเมื่อนำไปใช้งานในคลินิก อีกทั้งอะลูมินัสฟอร์ซเลนมีการหดตัวขณะขึ้นคอนทราสต์การเผาทำให้ความแนบของครอบฟันต่ำกว่าครอบฟันฟอร์ซเลนเคลือบโลหะ (Rosenblum, 1997)

ปัจจุบันนี้วัสดุอลูเซรามิกชนิดใหม่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดยมีผลความสำเร็จทางคลินิกที่สูงขึ้นด้วยเหตุผลใหญ่ ๆ 3 ประการคือ ตัววัสดุที่ได้รับการพัฒนาให้มีความแข็งแรงขึ้น มีวิธีการขึ้นรูปที่ดีขึ้น และการพัฒนาทางด้านการยึดติดโดยสามารถใช้กรดกัด (acid etch) บนผิวเซรามิกและเคลือบฟันหรือเนื้อฟัน และยึดเข้ากันได้ด้วย dentin adhesive ชนิดใหม่ ๆ

ปัจจุบันวัสดุอลูเซรามิกได้มีการพัฒนาขึ้นจากหลายบริษัทผู้ผลิตด้วยเทคนิคต่าง ๆ กัน Rosenblum และ Schulman (1997) ได้ทำการจำแนกชนิดตามวิธีการขึ้นรูปของอลูเซรามิกไว้ ได้แก่

1. เซรามิกชนิดสลurryนิยม (conventional powder slurry ceramic) เป็นการเติมน้ำลงในผงเซรามิก โดยการขึ้นรูปเป็นชั้นของเนื้อฟัน เคลือบฟันบนแบบหล่อ ส่วนผงจะมีหลายสีและระดับความหลายความโปร่งแสง ได้แก่ Optec HSP และ Duceram LFC เป็นต้น

2. เซรามิกชนิดเหวียง (castable ceramic systems) ได้แก่ Dicor ซึ่งเป็น castable glass ceramic สามารถขึ้นรูปโดยใช้วิธี lost wax ในเครื่องเหวียงหนีศูนย์กลาง

3. เซรามิกชนิดใช้เครื่องมือกลึงตัด (ceramic machining systems) ได้แก่

- 3.1 Cerec (Siemens, Bensheim, Germany) เป็นการ ใช้ระบบ CAD-CAM (computer-assisted designs and computer assisted manufacturer) ข้อดีของระบบนี้คือไม่จำเป็นต้องส่งงานออกไปยังห้องปฏิบัติการ และสามารถทำงานเสร็จได้ในครั้งเดียว แต่เครื่องมือราคาแพงมาก ไม่ต้องใส่วัสดุบูรณะชั่วคราวให้คนไข้ และสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานเองได้ ลดปัญหาจากแลปที่ไม่ได้คุณภาพ

- 3.2 Celay (Mikrona Technologies, Spreitenbach, Switzerland) ใช้ระบบ copy-milling ใช้กระสวยขี้ผึ้งหรือเรซินที่เรียกว่าโปรอินเลย์ (pro-Inlay) ที่ได้จากแบบหล่อนำไปใส่ในเครื่องมือที่คล้ายกับเครื่องปั๊มก๊วยแจโดยข้างหนึ่งทำหน้าที่ลอกแบบต้นแบบมีหัวกรอที่ไม่มีคมซึ่ง

ใช้ลอกเลียนรายละเอียดจากแม่แบบสู่อีกข้างหนึ่งซึ่งเป็นหัวกรอ กรอแท่งเซรามิกที่ใส่ไว้ให้ได้รูปร่างตามแบบอีกข้างหนึ่ง

3.3 โพรเซรา (Procera) (Nobel Biocare, Yorba Linda, CA) ประกอบด้วยอะลูมินาที่มีความแข็งแรงสูง (densely sintered alumina) แล้วมีการเคลือบชั้นนอกด้วยวัสดุพอร์ซเลน โดยในการผลิตส่วนของคอร์ทำโดยหลังจากนำรอยพิมพ์ไปเทขึ้นหล่อฟันหลัก แล้วส่งข้อมูลขนาดของแบบไปยังคอมพิวเตอร์ของห้องปฏิบัติการโดยอาศัยส่วนอุปกรณ์ถ่ายทอดข้อมูล (modem) เมื่อได้รับข้อมูลเครื่อง CAD-CAM ที่ห้องปฏิบัติการ การจะกลึงขึ้นหล่อย่อยฟันหลักที่มีขนาดใหญ่ขึ้นร้อยละ 12-20 เพื่อชดเชยกับการหดตัวของพอร์ซเลน แล้วฟันผงอะลูมินาออกไซด์ ไปยังขึ้นหล่อฟันหลักด้วยแรงอัดสูง (dry pressing technique) นำแกนที่ได้ไปกลึงและเผา ขั้นตอนสุดท้ายคือการพอกทับด้วยพอร์ซเลนที่มีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำ

4. เซรามิกชนิดแทรกซึม (Infiltrated ceramics) เป็นอะลูมินีสพอร์ซเลนที่ได้มีการพัฒนาโดยเพิ่มปริมาณของอะลูมินาในส่วนแกนครอบฟันให้สูงขึ้นและแทรกซึมด้วยวัสดุที่เป็นแก้ว (glass matrix phase) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของครอบฟันตัวอย่างของเซรามิกชนิดได้แก่อินซีแรม (In-Ceram)

อินซีแรม (In-Ceram)

ภายใต้เครื่องหมายการค้า ชื่อ อินซีแรม (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) ซึ่งพัฒนาขึ้นในปี 1982 โดย Michael Sadaun ที่เมืองปารีส ประเทศฝรั่งเศส โดยแนะนำให้ใช้เป็นแกนของครอบฟันหรือสะพานฟันบริเวณฟันหน้า 3 ซี่ แทนการใช้โลหะ เซรามิกชนิดนี้มีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันออกไปเช่น Infiltration ceramic หรือ glass infused ceramic หรือ glass infiltrated alumina ceramic นอกจากนี้ยังอาจเรียกตามเทคนิคการขึ้นรูปของวัสดุว่า slip casting alumina ceramic

อินซีแรมประกอบด้วยวัสดุ 2 ชนิดแทรกประสานกัน (interpenetrating phase material) โดยมีวัสดุที่เป็นผลึก (crystalline phase) โดยอะลูมินาจะถูกล้อมรอบและแทรกซึมด้วยวัสดุที่เป็นแก้ว (glass matrix phase) โครงสร้างลักษณะนี้ทำให้วัสดุมีคุณสมบัติเฉพาะตัวซึ่งรวมเอาคุณสมบัติเด่นของแต่ละวัสดุเข้าด้วยกัน อินซีแรมที่เผาแล้วมีปริมาณผลึกอะลูมินาร้อยละ 74 โดยปริมาตรหรือร้อยละ 80-85 โดยน้ำหนัก และแมทริกซ์แก้วแลนทานัมร้อยละ 26 ในส่วนของผงขึ้นรูปอะลูมินาประกอบด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์เกือบทั้งหมดคือ ประมาณร้อยละ 99.56 โดยน้ำหนัก มีขนาดของผลึกตั้งแต่ 0.5 - 5 ไมครอน (เฉลี่ยประมาณ 3 - 3.5 ไมครอน) สำหรับแมทริกซ์แก้วมีส่วนประกอบหลักคือแลนทานัมอะลูมิโนซิลิเกต (lanthanum aluminosilicate) ซึ่งเป็นสารประกอบระหว่าง lanthanum oxide ร้อยละ 39 silicon dioxide ร้อยละ 15 aluminum oxide ร้อยละ 15 และ boron oxide ร้อยละ 14 (Pober และคณะ, 1992)

การขึ้นรูปอินซีแรมทำโดยนำผงอะลูมินาละลายในน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) และใส่สารทำให้กระจาย (dispersing agent) คือโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol) (Giordano, 1996) เรียกวิธีนี้ว่า slip casting ซึ่งจะทาส่วนผสมลงบนแม่แบบยิปซัม (gypsum die) ส่วนน้ำจะถูกดูดเข้าสู่แม่แบบ จึงเหลือเฉพาะอะลูมินาอัดแน่นอยู่ (Prober และคณะ, 1992) ส่วนนี้จะเป็นส่วนแกนของครอบฟัน จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1120 °C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ในระหว่างกระบวนการเผาที่อะลูมินาจะหลอมเข้าด้วยกันและเกิดการหดตัวร้อยละ 0.3 ซึ่งให้ความเสถียรภาพและต้านทานต่อการบิดเบี้ยวในระหว่างการเผาของพอร์ซเลนเคลือบในกระบวนการต่อไปได้ การที่แม่แบบมีการหดตัวจากส่วนแกนนี้ทำให้สามารถดึงส่วนแกนออกได้โดยไม่ทำให้บริเวณครอบฟันเกิดความเสียหาย จากนั้นผสมแก้วเลนทานัมอะลูมิโนซิลิเกตกับน้ำทาลงบนส่วนแกน นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1120 °C เป็นเวลา 3-5 ชั่วโมง ซึ่งส่วนแก้วจะหลอมตัวและแทรกซึม (infiltrate) เข้าไปในช่องว่างระหว่างอะลูมินา โดยกระบวนการแคปิลลารี (capillary action) ซึ่งช่วยความโปร่งแสงให้แก่อินซีแรม จากนั้นกำจัดแก้วส่วนเกินด้วยหัวกรอกกาเพชรหรือผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 35-50 ไมครอน ความดัน 3-6 บาร์ และขั้นตอนสุดท้ายคือการตกแต่งรูปร่างของชิ้นงานด้วยวีเนียร์พอร์ซเลนชนิดอะลูมินัสพอร์ซเลนชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟันบนส่วนแกนให้ถูกต้องตามลักษณะกายวิภาค (Probster และ Dichl, 1992; Sorensen, Knode และ Torres, 1992; Giordano, 1996) อินซี-แรมนั้นสามารถใช้ในงานครอบฟันหน้าและฟันหลังรวมทั้งสะพานฟันหน้าซึ่งมีรายงานค่ากำลังดัดขวางสูงสุดคือ 384.50 ± 40.01 MPa (Kanchanatawewat และคณะ, 1997) มีค่าแรงดึงที่สูงกว่าพอร์ซเลนชนิดอื่น 3-4 เท่า (Seghi และคณะ, 1990; Seghi และ Sorensen, 1995; Giordano และคณะ, 1995) มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายเมื่อร้อน $7.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ นอกจากนี้มีอัตราอายุร่อยละ 98.4 จากการใช้งานในช่วง 24-44 เดือน (เฉลี่ย 37.6 เดือน) (Scotti, 1995)

อย่างไรก็ตาม อินซีแรมมีข้อด้อยที่สำคัญคือ ส่วนแกนมีความทึบแสงจากอะลูมินาทำให้ครอบฟันแลดูไม่เป็นธรรมชาติ จึงได้มีการพัฒนาส่วนแกนให้มีความโปร่งแสงขึ้น โดยใช้แมกนีเซียมอะลูมิเนต (MgAl_2O_4) เรียกว่า อินซีแรมสปิเนล (In-Ceram Spinell) แต่มีค่ากำลังดัดขวางนั้นไม่สูงเท่ากับอินซีแรม โดยมีค่าประมาณ 259.10 ± 31.49 MPa (Kanchanatawewat และคณะ, 1997) ต่อมาได้มีการพัฒนาอินซีแรมเซอร์โคเนีย (In-Ceram Zirconia) ซึ่งใช้เซอร์โคเนียออกไซด์ (ZrO_2) สร้างส่วนแกนภายใน พบว่ามีค่ากำลังดัดขวางสูงถึง 800 MPa แต่ก็มีค่าโปร่งแสงน้อยกว่าสองชนิดที่ผ่านมาโดยอินซีแรมเซอร์โคเนียนั้นใช้ในงานสะพานฟันในฟันหลัง (Giordano, 1996)

วิตาดัวร์อัลฟา (vitadur alpha) เป็นวัสดุที่ใช้ทำเป็นวีเนียร์พอร์ซเลนของอินซีแรมในการตกแต่งรูปร่างของชิ้นงานในชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟัน ส่วนประกอบของวิตาดัวร์อัลฟาจะมี อะลูมินัสออกไซด์ร้อยละ 10 มีความแข็งแรงดัดขวาง 110 MPa มีลักษณะเป็นอนุภาคละเอียด มีการดูดแสง ความโปร่งแสงและการสะท้อนแสง คล้ายฟันธรรมชาติ ทนต่อการสะสมของคราบจุลินทรีย์ ทนต่อการกัด มีการ

หดตัวน้อยขณะเผา มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน $6.2 - 6.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ความแข็งผิว 470 HV_{10} ความหนาแน่น 2.3 g/cm^3 มีสีให้เลือกใช้ตรงกับ vita shade หรือ vitapan system

5. เซรามิกชนิดขึ้นรูปด้วยการกดอัด (Pressable ceramic)

เป็นเซรามิกที่ผ่านกระบวนการเผาและอัดภายใต้ความร้อน (heat-pressing) ตัวอย่างเซรามิกชนิดนี้ได้แก่ IPS Empress และ IPS Empress 2

ไอพีเอสเอ็มเพรส (IPS Empress)

ไอพีเอสเอ็มเพรสเป็นวัสดุซอลเซรามิกอีกระบบหนึ่งที่พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1988 โดย Wohlwend และ Scharer แห่งมหาวิทยาลัยซูริก ร่วมกับบริษัท Ivoclar ประเทศลิกเตนสไตน์ (Dong และคณะ, 1992) ไอพีเอสเอ็มเพรสมีส่วนประกอบพื้นฐานของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนที่มีองค์ประกอบโดยน้ำหนักคือซิลิกอนไดออกไซด์ ร้อยละ 59.0 - 63.0 อะลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 19.0 - 23.5 โบรอนออกไซด์ร้อยละ 10.0 - 14.0 ซึ่งส่วนประกอบพื้นฐานเหล่านี้จะถูกหลอมเข้าด้วยกัน จากนั้นให้ความร้อนเริ่มต้นการเกิดนิวเคลียสและการเกิดผลึกโดยกลไกการควบคุมการเกิดผลึกที่ผิว (controlled surface crystallization) ในกระบวนการนี้การเกิดนิวเคลียสจะเริ่มต้นที่ขอบนอกของผลึก จากนั้นทำให้เย็นลงแล้วบดเป็นผง นำมาเติมสารฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence) สารคงสภาพและแอดดีทีฟ (additives) แล้วอัดเป็นก้อนที่เรียกว่า อินกอต (ingot) หลังจากนั้นนำอินกอตมาเผาอีกครั้งในช่วงอุณหภูมิประมาณ $900 - 1,200$ องศาเซลเซียส ในช่วงที่ให้ความร้อนนี้จะเกิดผลึกลูไซต์ในแก้วแมทริกซ์ ขนาดประมาณ $1 - 3$ ไมครอน ซึ่งมีสูตรโมเลกุลคือ $\text{K}(\text{AlSi}_2\text{O}_6)$ หรือ $\text{K}_2\text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ ปริมาณร้อยละ 23.6 (Denry, Rosenstiel and Holloway, 1994) ผลึกลูไซต์จะโตอย่างช้า ๆ ในช่วงที่ให้ความร้อนนี้ โดยผลึกลูไซต์สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้เอ็มเพรส ด้วยกลไกสองประการคือ ประการแรก เกิดจากความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนระหว่างลูไซต์กับแก้วแมทริกซ์ โดยลูไซต์มีค่าเท่ากับ $20 - 25 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ในขณะที่แก้วแมทริกซ์มีค่าน้อยกว่า $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (Anusavice, 1996) ซึ่งการที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่แตกต่างกับแก้วแมทริกซ์ ทำให้ส่วนของลูไซต์เกิดความเค้นดึง และในส่วนของแก้วแมทริกซ์เกิดความเค้นอัด ความเค้นอัดที่เกิดขึ้นนี้สามารถต้านต่อแรงที่ทำให้เกิดการแตกทำได้ ประการที่สอง ในกระบวนการอัดด้วยความร้อน (heat press) ในห้องปฏิบัติการ จะทำให้ผลึกลูไซต์มีการเรียงตัวและการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในส่วนของแก้วแมทริกซ์ที่เป็นเนื้อเดียวกัน มีผลด้านการแตกได้ (Dong และคณะ, 1992; Seghi and Sorensen, 1995; Mackert and Russell, 1996)

ในการทำวัสดุบูรณะฟันโดยใช้วัสดุในระบบของไอพีเอ็มเพรส มีวิธีทำ 2 แบบ คือ เทคนิคระบายสี (staining technique) คือหลังจากได้ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดแล้ว นำชิ้นงานมาลงสีจนได้สีตามต้องการ โดยทำการเผาที่อุณหภูมิ 850°C จากนั้นทาสารเคลือบแล้วเผาที่อุณหภูมิ 870°C อีกครั้ง อีกวิธีหนึ่งคือเทคนิคทำเป็นชั้น (layering technique) เป็นวิธีที่ให้ความสวยงามเป็นลักษณะของชั้น

เนื้อฟันและเคลือบฟันได้เหมือนฟันธรรมชาติ ซึ่งเมื่อได้ชิ้นงานที่เป็นแกนแล้ว นำมาตัดส่วนปลายฟันด้วยหัวกรอกากเพชรลึกระมาณ 0.8 มิลลิเมตร แล้วเติมฟอร์ชเลนปลายฟันซึ่งเป็นเฟลด์สปาทิกฟอร์ชเลน เพื่อให้มีความใสและสีตามต้องการ แล้วเผาที่อุณหภูมิ 890 °C โดยเทคนิคการทำเป็นชั้นจะใช้ในงานที่ต้องการความสวยงามเช่น ครอบฟันซี่เดียวในฟันหน้า ส่วนเทคนิคระบายสีใช้ในงานอินเลย์ ออนเลย์ และวีเนียร์ ในปี ค.ศ.1992 Dong และคณะ ศึกษาผลการเผาตามเทคนิคระบายสี และการเผาตามเทคนิคทำเป็นชั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกำลังดัดขวางอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ไอพีเอสเอ็ม-เพรส มีค่าความแข็งแรงดัดขวาง 120 - 200 MPa ซึ่งมีความแข็งแรงไม่เพียงพอที่จะสามารถใช้ทำสะพานฟันได้

ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ในปี ค.ศ.1999 Schweiger และคณะ ได้มีการคิดค้นพัฒนาวัสดุใหม่ที่มีชื่อว่า ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ซึ่งใช้วิธี lost-wax technique และ heat-pressed technique เหมือนกัน แต่มีโครงสร้างที่แตกต่างไปจากไอพีเอสเอ็มเพรสเดิม โดยใช้ผลึกลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate glass) ซึ่งเป็นผลึกที่มีความแข็งแรงกว่า โดยประกอบด้วยโครงสร้างของผลึกลิเทียมไดซิลิเกตมากกว่าร้อยละ 60 โดยที่ผลึกนี้แทรกอยู่ในโครงสร้างที่เป็นแมทริกซ์แก้ว ในขณะที่ขบวนการเผาและอัดภายใต้ความร้อน ทำให้มีความแข็งแรงดีกว่า ผลึกลิเทียมไดซิลิเกตแพร่กระจายในโครงสร้างที่ประสานกันทำให้สามารถป้องกันการลุกลามของรอยแตก โดยขบวนการดูดซับพลังงาน (energy-absorbing) เช่น การหักเหของรอยแตก (crack deflection) และการแตกแขนงของรอยแตก (branching) (Schweiger, Holand and Frank, 1999) ทำให้สามารถสร้างครอบฟันซี่เดียวทุกตำแหน่งในปาก และสะพานฟัน 3 ซี่ในตำแหน่งฟันหน้าจนถึงฟันกรามน้อยที่สองได้ ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกน 350 ± 50 MPa ซึ่งสูงกว่าไอพีเอสเอ็มเพรสคือ 3 เท่า เพราะมีอัตราการเกิดผลึกสูงกว่า มีค่าความสามารถในการดูดซับพลังงานก่อนการแตกหัก (fracture toughness) 3.2 ± 0.3 MPa ซึ่งสูงกว่าไอพีเอสเอ็มเพรสเดิม มีความแข็งแรงเมื่อทดสอบกับชิ้นทดสอบสะพานฟัน 3 ซี่ (ultimate strength) ที่มีส่วนเชื่อมต่อ (connector) ขนาด 4×4 มิลลิเมตร โดยมีค่าแรงกด (load) ขนาด 700-1000 นิวตัน ซึ่งสูงกว่าไอพีเอสเอ็มเพรส สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนของไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ต่ำกว่า ผลจากการที่ผลึกลิเทียมได-ซิลิเกตมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนต่ำกว่าผลึกยูไรท์ของไอพีเอสเอ็มเพรส และได้มีการพัฒนาวีเนียร์ฟอร์ชเลนขึ้นมาใหม่เหมาะสำหรับไอพีเอสเอ็มเพรส 2 เป็นชนิดฟลูออโรอะโรอะพาไทด์กลาสเซรามิก ซึ่งมีลักษณะผลึกคล้ายกับในฟันธรรมชาติและทำให้คุณสมบัติการกระจายแสงใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ จึงทำให้ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 สวยงามกว่าไอพีเอสเอ็มเพรส ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 มีอัตราการสึกใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ด้านทานต่อความชื้น การกัดกร่อนและทนต่อสารเคมีได้ดีกว่า สามารถยึดกับฟันธรรมชาติได้ดี จากการศึกษาพบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเจลกัดเป็นเวลา 20 วินาที และทาสารไฮเลนและปรับสภาพ ทำให้เกิดกำลังแรงยึด (bond strength) 30.8 MPa โดยใช้เรซินซีเมนต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าการยึดกับเซรามิกที่ทำจากเซอร์โคเนียมและอะลูมินา (Schweiger และคณะ, 1999)

เนื่องจากปัญหาของวีเนียร์ชนิดดั้งเดิมเกิดการแตกง่าย เพราะช่วงอุณหภูมิในการเผาเคลือบ ดังนั้นทางบริษัทผู้ผลิตไอทีเอสเอ็มเพรส 2 จึงได้ทำการผลิตวีเนียร์ฟอร์ชเลนชนิดใหม่คือ IPS Eris วีเนียร์ชนิดใหม่มีช่วงอุณหภูมิในการเผากว้างขึ้น ประกอบด้วย SiO_2 ร้อยละ 60.0 - 72.0 K_2O ร้อยละ 10 - 23 ZnO ร้อยละ 8.5 - 20 Al_2O_3 ร้อยละ 2 - 8 CaO ร้อยละ 1 - 10.5 Li_2O ร้อยละ 1 - 5 P_2O_5 ร้อยละ 0.5 - 6 F ร้อยละ 0.1 - 1 oxide อื่นๆ ร้อยละ 5 -10 และรงควัตถุ 0 - 3 อุณหภูมิในการเผาสำหรับทำครอบ-ฟันอยู่ในช่วง $730 - 760^\circ\text{C}$ ซึ่งต่ำกว่า อุณหภูมิวิกฤติ (critical temperature) ที่มีค่า 800°C ผลของการที่อุณหภูมิอยู่ในช่วงกว้างทำให้การหลอมเซรามิกนี้มีความผิดพลาดน้อยกว่าเซรามิกเดิม ซึ่งทางบริษัทอ้างว่าให้ประสิทธิภาพในการใช้ร่วมกับไอทีเอสเอ็มเพรส 2 ได้ดีขึ้นตามตารางข้างล่าง อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีผลการยืนยันในทางการวิจัยและทางคลินิก

ตารางที่ 1 Physical and material properties of IPS Empress 2 Layering material

	IPS Empress 2 Layering material	IPS Eris Layering material
CTE ($100-400^\circ\text{C}$)	$9.7 \pm 0.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$9.75 \pm 0.25 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$
3 - point flexural strength	$100 \pm 25 \text{ MPa}$	$85 \pm 25 \text{ MPa}$

ข้อบ่งชี้สำหรับไอทีเอสเอ็มเพรส 2 ได้แก่การทำครอบฟันที่เดียวฟันหน้า ฟันหลัง วีเนียร์ อินเลย์ และ ออนเลย์ สะพานฟันหน้า 3 ซี่ ถึงฟันกรามน้อยซี่ที่สอง มีข้อห้ามใช้ในผู้ป่วยที่มีการทำงานนอกหน้าที่ (parafuction) เช่น นอนกัดฟัน ขบแน่นฟัน ฟันหลักเปลี่ยนสีมาก สะพานฟันที่มีฟันหลักเดียว ไม่มีความสูงพอสำหรับทำส่วนเชื่อมต่อโยงให้แข็งแรง หรือมีช่องระหว่างฟันที่กว้าง 11 มิลลิเมตรในฟันหน้าและ 9 มิลลิเมตรในฟันเขี้ยว นอกจากนี้ในการใส่ฟันกรามใหญ่และฟันกรามน้อยซี่ที่สอง ฟันที่บิดเอียงตำแหน่งมาก ๆ ฟันปลอมติดแน่นชนิดขั้วเดียว (cantilever) และฟันโยงมาก ๆ ก็เป็นข้อห้ามเช่นเดียวกัน

ปัจจุบัน ออลเซรามิกที่ประสบความสำเร็จในทางคลินิกและมีใช้ในประเทศไทย ได้แก่ อินซีแรม ซึ่งมีความแข็งแรงแต่ค่อนข้างทึบแสง และไอทีเอสเอ็มเพรส 2 ซึ่งมีความโปร่งแสงสูงกว่าแต่มีความแข็งแรงน้อยกว่า

การศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงของเซรามิกด้วยการทดสอบความแข็งแรงดัดขวางสองแกน

ความแข็งแรงดัดขวางสองแกน (biaxial flexural strength) ใช้ทดสอบความแข็งแรงของวัสดุเซรามิกได้ดี เนื่องจากสามารถให้ผลการทดลองที่น่าเชื่อถือได้ดีในกรณีที่วัสดุอาจมีตำหนิเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ จึงมีผู้ทำการวิจัยเพื่อทดสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่าง ๆ ต่อความแข็งแรงดัดขวางของเซรามิกชนิดต่าง ๆ ด้วยวิธีนี้การวิจัยที่เกี่ยวข้องและน่าสนใจได้แก่

- การเปรียบเทียบความแข็งแรงของเซรามิกที่มีโครงสร้างต่าง ๆ กัน

Wagner และ Chu (1996) ได้ทำการเปรียบเทียบความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ ไอพีเอสเอ็มเพรส อินซีแรม และโพรเซราอลซีแรม ปรากฏว่าความแข็งแรงดัดขวางของทั้ง 3 วัสดุ มีความแตกต่างกัน โดยโพรเซราอลซีแรมมีค่าสูงสุด (687 MPa) รองลงมาคือ อินซีแรม (352 MPa) และไอพีเอสเอ็มเพรสมีค่าน้อยที่สุด 134 MPa) Wen และคณะ (1999) ทำการศึกษาลักษณะเดียวกัน แต่พบว่าอินซีแรมและโพรเซราอลซีแรม มีค่าความแข็งแรงดัดขวางใกล้เคียงกัน และมีค่ามากกว่าไอพีเอสเอ็มเพรส (433 ± 90 MPa , 472 ± 107 MPa และ 155 ± 24 MPa ตามลำดับ) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Zeng Oden และ Roweliffe (1998) ซึ่งได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของโพรเซราอลซีแรมและอินซีแรม ในการสร้างเป็นแกนพบว่าความแข็งแรงดัดขวางของโพรเซราอลซีแรมสูงกว่าอินซีแรม Arbakry และคณะ (2003) ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงดัดขวางของไอพีเอสเอ็มเพรส และไอพีเอสเอ็มเพรส 2 พบว่า ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 มีค่าความแข็งแรงดัดขวางมากกว่าไอพีเอสเอ็มเพรส โดยมีค่า 440 ± 55 MPa และ 407 ± 45 MPa ตามลำดับ

Zeng Oden และ Roweliffe (1998) ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของ โพรเซราอลซีแรม อินซีแรม และ พอร์ซเลนทางทันตกรรม 3 ชนิด คือ โพรเซราอลซีแรมซึ่งเป็นชั้นเดียว วิตามินดีวีเอ็นซึ่งเป็นสองชั้น และวิตามินดีวีแอลฟาซึ่งเป็นสองชั้น พบว่า ความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุสองชั้นสูงกว่าพอร์ซเลนชั้นเดียว 5-6 เท่า Ohyama Yoshinari และ Oda (1999) ทดสอบความแข็งแรงดัดขวางของอินซีแรมและไอพีเอสเอ็มเพรสโดยทำชั้นตัวอย่างเป็นแบบต่างๆ พบว่าอินซีแรมคอร์มีความแข็งแรงดัดขวางสูงสุด อินซีแรมที่เป็นชั้นเดียวจะมีความแข็งแรงดัดขวางสูงกว่าแบบสองชั้น แต่ไอพีเอสเอ็มเพรสทั้งชั้นมีค่าความแข็งแรงดัดขวางใกล้เคียงกับของไอพีเอสเอ็มเพรสที่รวมกับพอร์ซเลน Thompson (2000) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของความสัมพันธ์ความหนาของชั้นพอร์ซเลนต่อจุดเริ่มต้นการแตก (failure origin) และชนิดของการแตก (failure mode) โดยทำชั้นทดสอบเป็นแผ่นสองชั้นจากอินซีแรม และวิตามินดีวีแอลฟา ด้วยความหนาที่แตกต่างกันเป็น 1:2 , 1:1 และ 2:1 เมื่อทำการวัดความแข็งแรงดัดขวางของทั้งสามแบบพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการเริ่มแตกที่ผิวและการเริ่มแตกระหว่างชั้น (interface) โดยการเริ่มแตกที่ผิวจะพบมากในความหนา 1:2 , 1:1 และ 2:1 ตามลำดับ และการเริ่มแตกระหว่างชั้นจะพบมากในความหนา 2:1, 1:1 และ 1:2 ตามลำดับ สำหรับชนิดของการแตก พบว่ามีการแตกแยกชั้นมากที่สุดในความหนา 1:2 รองลงมาที่ความหนา 2:1 และ 1:1 ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของอินซีแรมและไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ในภาวะโครงสร้างชั้นต่าง ๆ กัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดความล้มเหลวในการทำครอบฟันและสะพานฟันอลูมินาเซรามิก
2. เป็นแนวทางในการเลือกใช้ครอบฟันอลูมินาเซรามิก
3. เป็นแนวทางในการวิเคราะห์เปรียบเทียบโครงสร้างของการบูรณะฟันด้วยเซรามิกที่มีพื้นฐานทางองค์ประกอบที่ต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. วัสดุของไอพีเอสเอ็มเพรส และวีเนียร์ฟอร์ซเลน (IPS Empress Layering material)
2. วัสดุไอพีเอสเอ็มเพรส 2 และวีเนียร์ฟอร์ซเลนชนิด Eris for E2
3. วัสดุอินซีแรมและวีเนียร์ฟอร์ซเลนชนิดวิต้าดิวไรอัลฟา
4. ขี้ผึ้งหล่อแบบสีน้ำเงิน (blue inlay wax)
5. กระดาษทรายเบอร์ 150 360 600 และ 1000
6. แผ่นเหล็กเป็นแบบขึ้นรูปขี้ผึ้ง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เตาเผา EP 500 press furnace
2. เตาเผา Vita In-Ceramat furnace
3. เครื่องทำความสะอาดด้วยความถี่เหนือเสียง (ultrasonic cleanser)
4. เครื่องทดสอบ Instron 5583 และแป้นทดสอบ piston on three ball
5. เครื่องวัดดิจิตอล (digital micrometer)
6. เครื่องขัดกระดาษทรายไฟฟ้า

วิธีการทดลอง

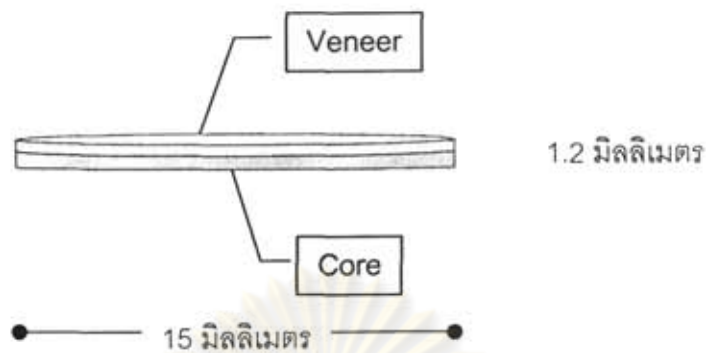
การศึกษานี้เป็นการทดสอบความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของ อินซีแรม และไอพีเอสเอมเพรส 2 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความหนาชั้นคอร์ต่อวีเนียร์ต่าง ๆ กัน โดยทำการขึ้นรูปขึ้นตัวอย่างเซรามิกทั้งสองชนิดคืออินซีแรมที่ใช้ร่วมกับวีเนียร์ฟอร์ชเลนวิต้าดัวร์อัลฟา และ ไอพีเอสเอมเพรส 2 ที่ใช้ร่วมกับวีเนียร์ฟอร์ชเลน IPS Eris (ภาคผนวกตาราง ก)

จากการศึกษานำร่อง (ภาคผนวก) โดยใช้วัสดุไอพีเอสเอมเพรส 2 ร่วมกับวีเนียร์ชนิดเดิม คือ IPS layering material ที่มีอัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์เปรียบเทียบ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 1:0 (คอร์หนา 1.2 ม.ม.) กลุ่มที่ 2 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 3:1 (คอร์หนา 0.9 ม.ม. + วีเนียร์ฟอร์ชเลนหนา 0.3 ม.ม.) กลุ่มที่ 3 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 2:1 (คอร์หนา 0.8 ม.ม. + วีเนียร์ฟอร์ชเลนหนา 0.4 ม.ม.) และกลุ่มที่ 4 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 1:1 (คอร์หนา 0.6 ม.ม. + วีเนียร์ฟอร์ชเลนหนา 0.6 ม.ม.) พบว่า ผลการทดลองสรุปได้ยากเนื่องจากการขึ้นรูปชิ้นงานในกรณีที่มีวีเนียร์ฟอร์ชเลนบางทำได้ยาก และเกิดการแตกได้ง่ายเมื่อทำการทดสอบ จึงทำการแบ่งกลุ่มให้มีอัตราส่วนที่ต่อเนื่องมากขึ้นเพื่อสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดีขึ้น ดังนั้นในการทดลองนี้จึงแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม คือการใช้อัตราส่วนคอร์: วีเนียร์ ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 1:0 คือส่วนคอร์ทั้งชิ้น หนา 1.2 ม.ม.
- กลุ่มที่ 2 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 2:1 คอร์หนา 0.8 ม.ม. + วีเนียร์ฟอร์ชเลนหนา 0.4 ม.ม.
- กลุ่มที่ 3 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 1:1 คอร์หนา 0.6 ม.ม. + วีเนียร์ฟอร์ชเลนหนา 0.6 ม.ม.
- กลุ่มที่ 4 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 1:2 คอร์หนา 0.4 ม.ม. + วีเนียร์ฟอร์ชเลนหนา 0.8 ม.ม.
- กลุ่มที่ 5 อัตราส่วนคอร์ : วีเนียร์ เท่ากับ 0:1 คือส่วนวีเนียร์ฟอร์ชเลนทั้งชิ้น หนา 1.2 ม.ม.

การขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับการทดลอง

ขึ้นรูปชิ้นงานเซรามิกให้มีลักษณะตามมาตรฐาน ISO 6872 (1995) คือมีรูปร่างเป็นแผ่นกลม (disc) เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ± 0.5 มิลลิเมตร และหนา 1.2 ± 0.005 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงชั้นตัวอย่างที่ใช้วัดความแข็งแรงดัดขวางสองแกน

การทดสอบความแข็งแรงดัดขวางสองแกนในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ชั้นตัวอย่างที่ทำจากวัสดุอินซีแรม ร่วมกับวีเนียร์พอร์ซเลนวิต้าดัวร์อัลฟา (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) และวัสดุไอทีเอสเอมเพรส 2 ร่วมกับวีเนียร์พอร์ซเลน IPS Eris (Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) กลุ่มในการทดลองทั้งหมดเป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการแบ่งกลุ่มของชั้นตัวอย่าง

กลุ่มที่	ชั้นตัวอย่าง	จำนวน (ชิ้น)
1	อินซีแรม คอร์ทั้งชั้น 1.2 ม.ม.	10
2	อินซีแรมคอร์ 0.8 ม.ม. + วิต้าดัวร์อัลฟา 0.4 ม.ม.	10
3	อินซีแรมคอร์ 0.6 ม.ม. + วิต้าดัวร์อัลฟา 0.6 ม.ม.	10
4	อินซีแรมคอร์ 0.4 ม.ม. + วิต้าดัวร์อัลฟา 0.8 ม.ม.	10
5	วิต้าดัวร์อัลฟา ทั้งชั้น 1.2 ม.ม.	10
6	ไอทีเอสเอมเพรส 2 คอร์ทั้งชั้น 1.2 ม.ม.	10
7	ไอทีเอสเอมเพรส 2 คอร์ 0.8 ม.ม. + IPS Eris 0.4 ม.ม.	10
8	ไอทีเอสเอมเพรส 2 คอร์ 0.6 ม.ม. + IPS Eris 0.6 ม.ม.	10
9	ไอทีเอสเอมเพรส 2 คอร์ 0.4 ม.ม. + IPS Eris 0.8 ม.ม.	10
10	IPS Eris ทั้งชั้น 1.2 ม.ม.	10

การเตรียมชั้นอินซีแรม (Thompson, 2000)

1 การเตรียมส่วนแกน

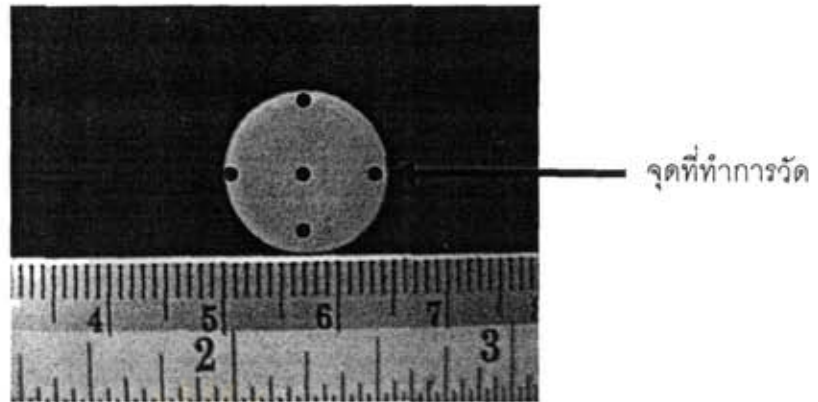
สร้างแบบของขึ้นตัวอย่าง โดยทำการเตรียม slip material โดยนำน้ำ 1 ขวด ใส่ลงในบีกเกอร์ พร้อมกับ additive 1 หยดผสมให้เข้ากัน จากนั้นตวงส่วนผสม 38 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ผสมในเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 5-8 วินาที ส่วนผสมจะมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันไม่เหนียว หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องดูดสุญญากาศเป็นเวลา 1 นาที รินส่วนผสมของ slip ลงบนขวดพลาสติกปิดฝาขวด เพื่อป้องกันการระเหยของส่วนผสม

ผสม special plaster ในอัตราส่วน ผง 20 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ในเครื่องสุญญากาศ เทลงท่อทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว สูง 1 นิ้ว รอให้แข็งตัวแล้วค่อยเอาออกจากท่อทรงกระบอก ทำส่วนของ slip material ลงบนแผ่นเหล็กที่ผ่านการกลึงให้เป็นหลุมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร หนากว่าขนาดของขึ้นตัวอย่างที่ต้องการประมาณ 0.2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2 โดยมี special plaster รองอยู่ข้างใต้ ทิ้งให้แห้งเป็นเวลา 40 นาที นำเข้าเผาในเตาเผา (ภาคผนวกตาราง ข)

ขัดขึ้นตัวอย่างด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 ให้ได้ขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการเล็กน้อย ให้ทำการคัดเลือกขึ้นตัวอย่างก่อนแทรกซึมด้วยแก้วแลนทาลัมอะลูมิเนียมในซิลิเกต แล้ววางบนแผ่น แพลตินัม - ทองหนา 0.1 มิลลิเมตรสำหรับขบวนการเผาแทรกซึมและทำการแทรกซึมขึ้นตัวอย่างด้วยแก้วแลนทาลัมอะลูมิเนียมในซิลิเกตในเตาเผา ขบวนการเผาขึ้นกับความสูงของขึ้นตัวอย่าง (ขึ้นตัวอย่างสูง 0.6 มิลลิเมตร เผาเป็นเวลา 30 นาที จนถึงอุณหภูมิ 1100 °C แล้วปล่อยให้เป็นเวลา 4 ชั่วโมงในขึ้นตัวอย่างที่สูง 0.6 -1.2 มิลลิเมตรจะเผาเป็นเวลา 30 นาที จนถึงอุณหภูมิ 1100 °C แล้ว ปล่อยให้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง) ทำการกำจัดแก้วส่วนเกินออกโดยการเป่าทรายด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน ขัดอีกครั้งด้วยการเป่าทรายเพื่อให้แน่ใจว่ากำจัดแก้วส่วนเกินออกจนหมด และได้ขนาดของอินซีแรมตามต้องการ

2. การเตรียมชั้นวีเนียร์ (vitadur alpha porcelain)

ล้างขึ้นตัวอย่างด้วยน้ำเปล่าแล้วทำวีเนียร์ด้วยวิต้าดัวร์อัลฟ่า โดยเผาในเตา (ภาคผนวกตารางที่ ค) จากนั้นขัดด้านที่พอกพอร์ซเลนทับด้วยกระดาษทราย เบอร์ 80 150 320 600 และ 1000 ตามลำดับ โดยวางแบบขึ้นตัวอย่างบนแบบที่กลึงไว้มีความลึกของแบบเท่ากับความหนาที่ต้องการ ใช้ดิจิตอลไมโครมิเตอร์ ทำการวัด 5 จุด คือ มุมทั้ง 4 และ ตรงกลาง 1 จุด ดังรูปที่ 2 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยให้มีความหนารวม 1.2 ± 0.005 มิลลิเมตร ก่อนนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก



รูปที่ 2 แสดงจุดที่ทำการวัดความหนาแน่นตัวอย่าง

การเตรียมชิ้นตัวอย่างไอพีเอสเอ็มเพรส 2

1. การเตรียมชิ้นแกน

สร้างแบบขี้ผึ้งจากแบบหล่อด้วย blue inlay wax (Kerr , U.S.A) ซึ่งเป็นขี้ผึ้งที่เผาแล้วไม่มีเศษ (residual) หลงเหลืออยู่ โดยสร้างขี้ผึ้งให้มีรูปร่างเป็นแผ่นกลมสำหรับเซรามิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร หนากว่าชั้นไอพีเอสเอ็มเพรสที่ต้องการประมาณ 0.2 มิลลิเมตร โดยใช้แผ่นเหล็กเช่นเดียวกับที่กล่าวในอินซีแรม นำแบบหล่อขี้ผึ้งไปลงอินเวสท์เมนต์ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต นำแบบหล่อไป Preheat เพื่อเผาไล้ขี้ผึ้ง (lost-wax technique) (ภาคผนวกตารางที่ ง) จากนั้นนำไปเข้าขบวนการ heat pressing ด้วยเครื่อง EP 500 press furnace (ภาคผนวกตารางที่ จ)

นำแบบหล่อออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ทำการแกะชิ้นเซรามิกที่ได้ ออกจากแบบหล่อ จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาขัดแต่งให้ได้ขนาดตามต้องการด้วยกระดาษทรายเบอร์ 80 150 320 600 และ 1000 ตามลำดับ โดยวางแบบขึ้นตัวอย่างบนแบบที่กลึงไว้มีความลึกของแบบเท่ากับความหนาที่ต้องการ

วัดความหนาของชิ้นงานโดยใช้ ดิจิตอล ไมโครมิเตอร์ ทำการวัด 5 จุด เช่นเดียวกับของอินซีแรม หลังจากนั้นทำการเตรียมพื้นผิว (surface treatment) เซรามิกด้วยการเป่าทรายที่ขึ้นตัวอย่างด้วย Al_2O_3 (50 microns) ที่ความดัน 1 bar จากนั้นทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและทำให้แห้งด้วยลมที่ปราศจากน้ำมัน

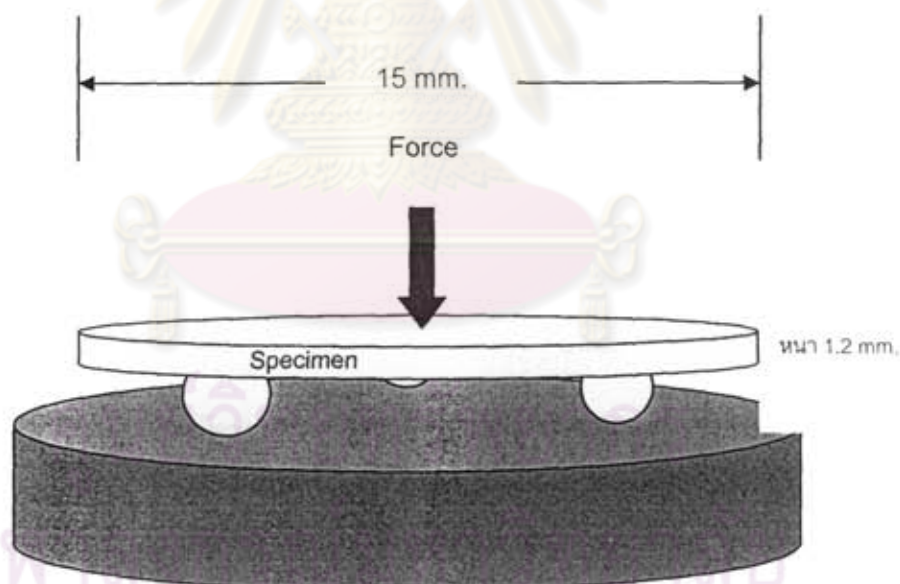
2 การสร้างชั้นวีเนียร์พอร์ซเลน (dentin material)

สร้างชั้นวีเนียร์พอร์ซเลน สำหรับขึ้นตัวอย่างในกลุ่มที่ 7 8 9 12 13 14 และสร้างวีเนียร์พอร์ซเลนทั้งขึ้นในกลุ่มที่ 10 และ 15 โดยใช้แผ่นเหล็กหนา 1.4 มิลลิเมตรเป็นแบบ นำส่วนของคอร์ที่ขัดได้ขนาดแล้ววางบนแผ่นเหล็ก จากนั้นนำไปขึ้นรูปวีเนียร์พอร์ซเลนแล้วนำไปเผาตามอุณหภูมิของบริษัท ผู้ผลิต (ภาคผนวกตาราง ฉ) จากนั้นขัดด้านที่พอกพอร์ซเลนทับด้วยกระดาษทราย เบอร์ 80 150 320 600 และ 1000 ตามลำดับ ให้ได้ชิ้นตัวอย่างที่มีความหนารวม 1.2 มิลลิเมตร ทำการวัดความหนาของชิ้นงานด้วยวิธีเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

ในขบวนการสร้างชิ้นงานตั้งแต่ขบวนการสร้างชั้นคอร์หรือชั้นวีเนียร์ หากพบชิ้นงานที่มีรอยร้าวหรือรูพรุนจะทำการคัดออกและสร้างชิ้นงานใหม่ทดแทน นำชิ้นตัวอย่างทั้งหมดมาทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 15 นาที

การทดสอบความแข็งแรงดัดขวางสองแกน

นำชิ้นตัวอย่างมาทดสอบความแข็งแรงดัดขวางสองแกนตามมาตรฐาน ISO 6872 ปี 1995 โดยใช้วิธี piston on three ball test ในสภาพแวดล้อมที่แห้ง โดยใช้เครื่อง Instron 5583 (Instron, Canton, MA, USA) เป็นทดสอบเป็นลูกบอลเหล็กรองรับสามลูกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เรียงตัวทำมุม 120 องศา บนวงกลมที่รองรับ (support circle) เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร วางชิ้นตัวอย่างลงบนแป้นทดสอบโดยให้ส่วนของวีเนียร์พอร์ซเลนอยู่ทางด้านบน จากนั้นเคลื่อนหัวกดลงที่กึ่งกลางของชิ้นตัวอย่างด้วยความเร็วหัวกด 1 มิลลิเมตรต่อนาทีจนแตก ดังรูปที่ 3 บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตก และเก็บชิ้นตัวอย่างที่แตกเพื่อนำมาศึกษาลักษณะการแตก (fracture analysis)



รูปที่ 3 การทดสอบ Biaxial flexural strength test โดยใช้วิธี piston on three ball test

คำนวณค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนโดยใช้สูตรดังนี้

สำหรับ กลุ่มที่ 1, 5, 6, 10, 11 และ 15 (monolayer)

BFS = $-0.2387 P (X-Y) / d^2$ (The International Organization for Standardization [ISO], 1995)

สำหรับ กลุ่มที่ 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 13 และ 14 (Bilayer)

BFS = $6 M / t_a^2 k_{2p} \{E_b t_b / E_a t_a + E_b (t_a + t_b) / (E_a t_a + E_b t_b)\}$ (Ohyama และคณะ, 1999)

โดย $X = (1+\nu) \ln (r_2/r_3)^2 + \{(1-\nu) / 2\} (r_2/r_3)^2$

$Y = (1+\nu) \{1 + \ln (r_1/r_3)^2\} + (1-\nu) (r_1/r_3)^2$

$K_{2p} = 1 + (E_b t_b^3 / E_a t_a^3) + \{3E_b t_b (1+t_b/t_a)^2 / (E_a t_a + E_b t_b)\}$

$M = P/8\pi\{(1+\nu) + 2(1+\nu) \ln r_1/r_2 + (1-\nu) \{1-r_2^2/2r_1^2\} r_1^2 r_3^2\}$

P คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตก (N)

D คือ ความหนาของชั้นตัวอย่าง ณ จุด ที่เกิดการแตก (มิลลิเมตร)

ν คือ Poisson's ratio (0.25)

r_1 คือ รัศมีของวงกลมรองรับ (5 มิลลิเมตร)

r_2 คือ รัศมีของบริเวณที่โดนกด (0.75 มิลลิเมตร)

r_3 คือ รัศมีของชั้นตัวอย่าง (7.5 มิลลิเมตร)

E_a คือ Young's modulus ของวีเนียร์พอร์ซเลน (69 GPa), วิต้าดีวีอัลฟา (64 GPa)

E_b คือ Young's modulus ของไอทีเอสเอ็มเพรส (96 GPa), อินซีแรม (234 GPa)

t_a คือ ความหนาของชั้นวีเนียร์พอร์ซเลน (มิลลิเมตร)

t_b คือ ความหนาของชั้นคอร์ (มิลลิเมตร)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window โดยใช้ ANOVA (Analysis of variance) จากนั้นนำชั้นตัวอย่างที่แตกมาตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของรอยแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM, JSM 5410LV, JEOL Ltd, Tokyo, Japan)

ผลการทดลอง

ผลการทดลองค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของวัสดุอลเซรามิก 2 ชนิด ที่มีอัตราส่วนของคอร์ต่อวีเนียร์ที่แตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 3

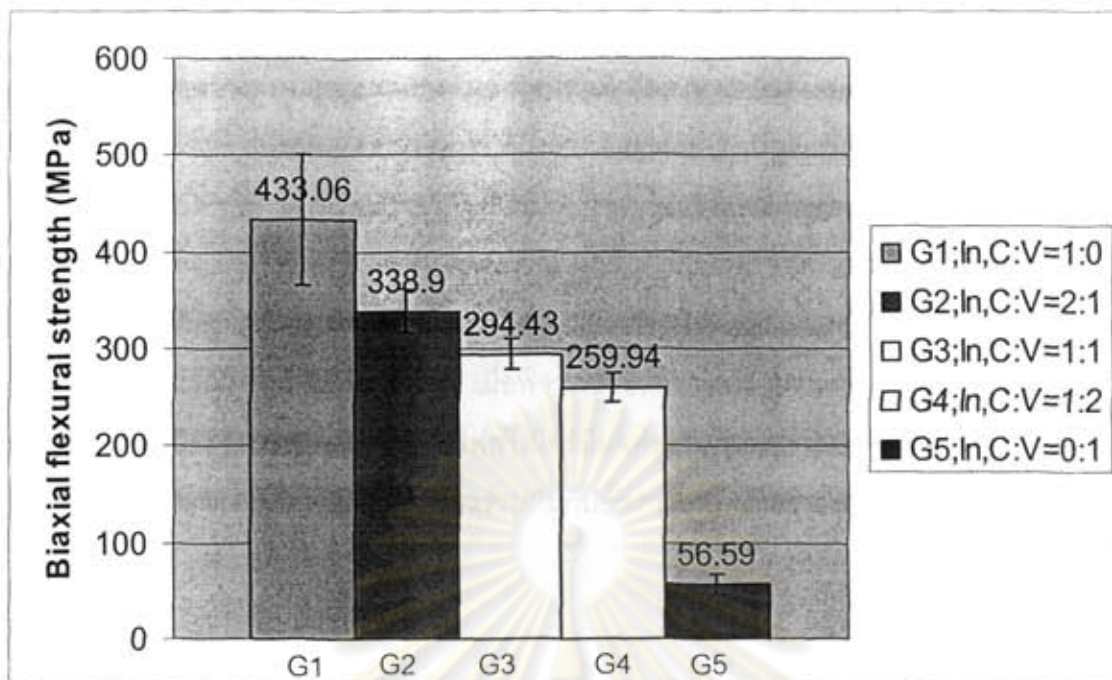
ตารางที่ 3 ค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของเซรามิก 2 ชนิด

ชั้น	Biaxial flexural strength (MPa)									
	In-Ceram : vitadur alpha					IPS Empress : IPS Eris				
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6	กลุ่มที่ 7	กลุ่มที่ 8	กลุ่มที่ 9	กลุ่มที่ 10
ตัวอย่าง 1	495.95	343.47	325.49	256.53	55.51	270.63	219.54	232.50	236.90	75.66
2	466.05	290.48	297.34	266.32	53.84	333.49	237.03	271.47	243.82	68.57
3	479.53	368.32	305.50	260.00	65.07	270.14	209.45	271.50	258.28	58.36
4	354.89	347.03	295.41	270.45	79.24	334.63	230.79	247.47	219.56	69.70
5	418.71	321.12	303.82	241.75	43.77	337.42	218.79	231.42	204.99	75.95
6	345.34	351.24	286.95	286.74	43.24	215.81	252.34	272.95	251.29	68.96
7	453.32	320.05	290.56	270.59	61.52	314.16	292.16	263.23	206.27	73.06
8	515.02	340.59	269.92	250.56	56.88	234.61	283.34	295.01	258.93	62.91
9	477.21	348.93	280.88	258.56	56.45	316.70	266.84	291.78	194.26	65.82
10	324.53	357.79	288.43	237.91	50.39	255.51	253.10	290.00	191.64	66.58
Mean	433.06	338.90	294.43	259.94	56.59	288.31	246.34	266.73	226.59	68.56
SD	68.37	22.56	15.19	14.53	10.54	44.64	28.16	23.22	26.37	5.52

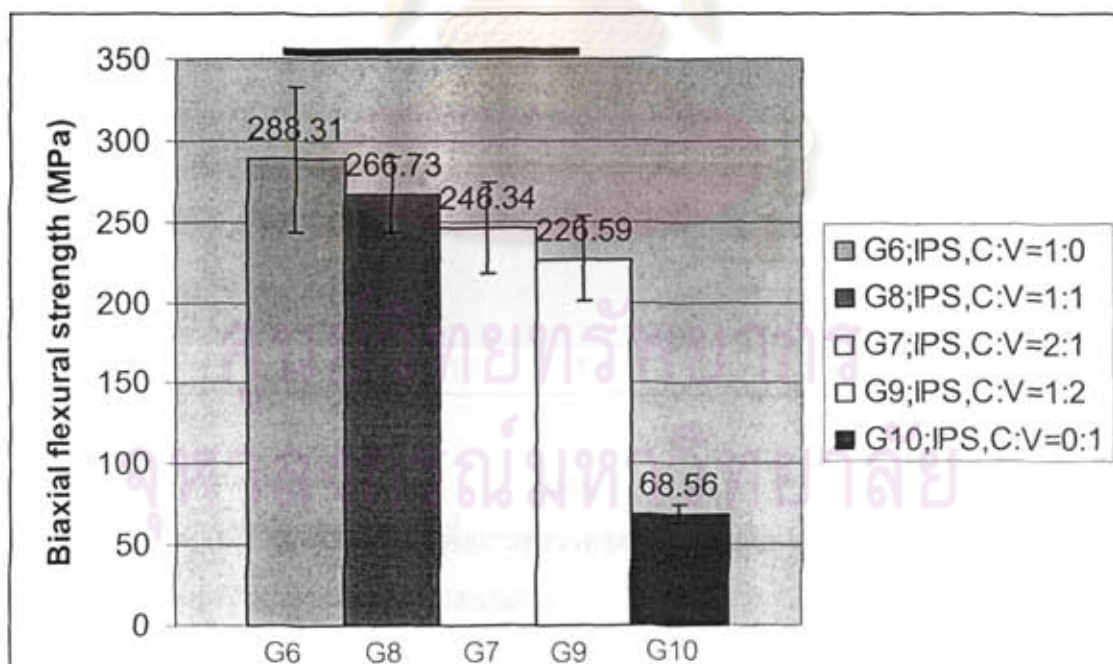
ปัจจัยที่จะมีผลต่อค่าความแข็งแรงดัดขวางมี 2 ปัจจัย ได้แก่ความแตกต่างของชนิดของวัสดุและอัตราส่วนของคอร์และวีเนียร์ เมื่อทำการทดสอบทางสถิติจึงแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ตอนดังนี้

1. ผลของอัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์ในเซรามิกแต่ละชนิดต่อความแข็งแรงดัดขวางสองแกนเมื่อวิเคราะห์ด้วยการทดสอบสถิติ one-way ANOVA

นำค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของเฉพาะกลุ่มเซรามิกชนิดเดียวกันโดยที่อัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์ที่แตกต่างกันมาวิเคราะห์ความแตกต่างที่นัยสำคัญ ($p < 0.05$) ได้ผลของอินซีแรมดังรูปที่ 4 และไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ดังรูปที่ 5 จากผลการทดลอง พบว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนสูงสุดคือ กลุ่มของอินซีแรมทั้งชิ้น โดยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนเท่ากับ 433.06 ± 68.37 MPa ส่วนกลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนต่ำสุดคือ กลุ่มของวีเนียร์วีต้าดีวีร์อัลฟาทั้งชิ้น โดยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนเท่ากับ 56.59 ± 10.54 MPa



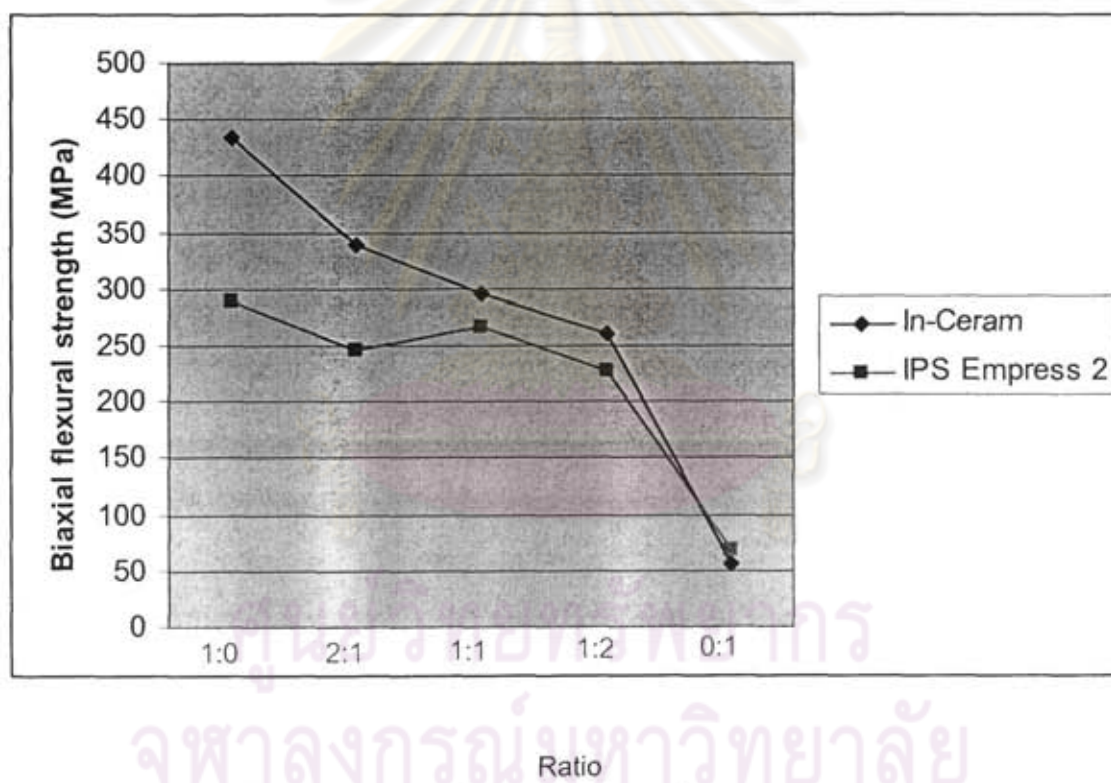
รูปที่ 4 แผนภูมิที่เรียงค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของกลุ่มของอินนีลเม
เมื่อวิเคราะห์ one-way ANOVA ทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p=0.05$



รูปที่ 5 แผนภูมิที่เรียงค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของกลุ่มของไอพีเอสเอมเพรส 2
เมื่อวิเคราะห์ one-way ANOVA เส้นขีดเหนือแท่งกราฟแสดงกลุ่มที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญที่ $p=0.05$

จากรูปที่ 4 พบว่าในกลุ่มที่มี In-Ceram เป็นคอร์นัมเมื่ออัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์แตกต่างกัน ค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่านันลดลงเมื่อความหนาของชั้นคอร์นัมลดลง แต่จากรูปที่ 5 พบว่าในกลุ่มที่มี IPS Empress 2 เป็นคอร์นัมเมื่ออัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์แตกต่างกัน โดยไม่รวมกลุ่มที่มีเฉพาะวีเนียร์ พบว่าค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

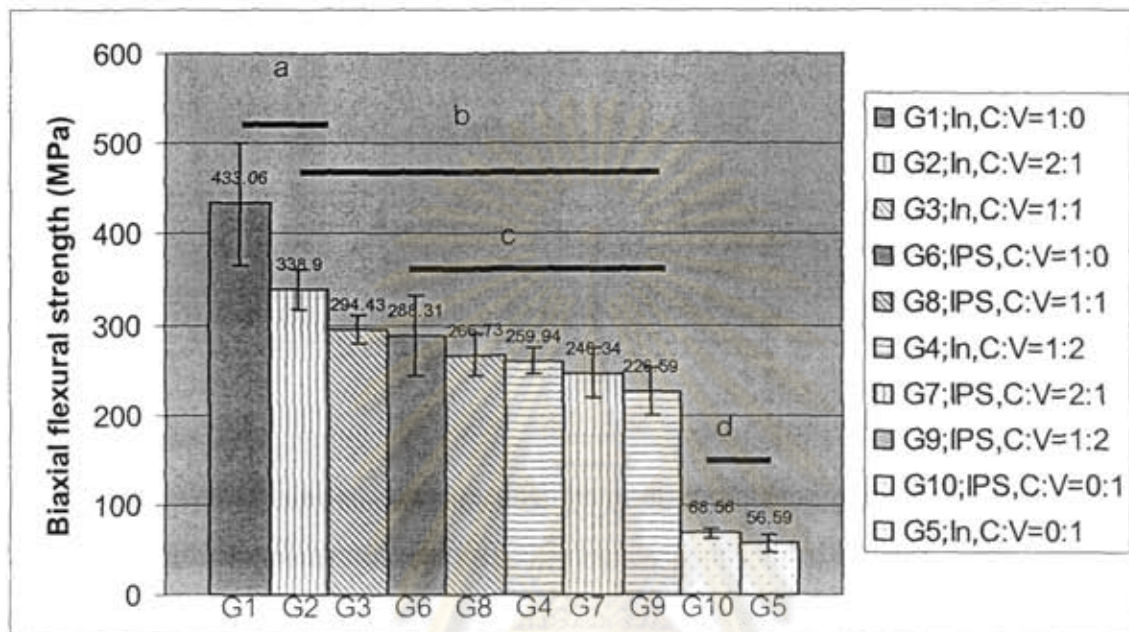
2. ผลของอัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์และชนิดของเซรามิกต่อความแข็งแรงดัดขวางสองแกนเมื่อวิเคราะห์ด้วยการทดสอบสถิติ two-way ANOVA เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ 2 ปัจจัยร่วมกันเพื่อวิเคราะห์ว่าชนิดของเซรามิกและอัตราส่วนความหนาคอร์ต่อวีเนียร์มีผลต่อค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนหรือไม่ (รูปที่ 6) พบว่า ชนิดของเซรามิกมีผลร่วมกันกับอัตราส่วนความหนาคอร์ต่อวีเนียร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 6 กราฟค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเพื่อการตรวจสอบว่าทั้งชนิดของเซรามิกและอัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์มีผลร่วมกันต่อความแข็งแรงดัดขวางสองแกน

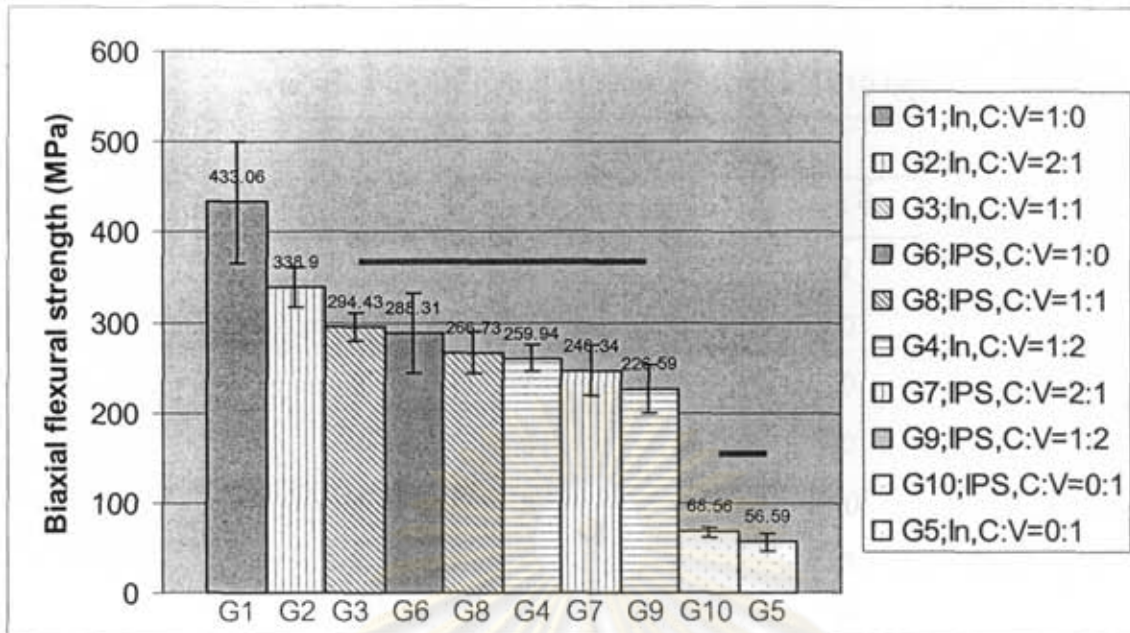
จากนั้นนำข้อมูลทั้ง 10 กลุ่มมาทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ และนำมาเปรียบเทียบด้วยการทดสอบแบบลีเวน (Levene's Test) พบว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลทั้ง 10 กลุ่มค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงเลือกการทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮน (Tamhane's Test) ซึ่งเป็นการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลทีละคู่โดยมีพื้นฐานดั้งเดิมมาจากการเปรียบเทียบแบบ

ที-เทสต์ (t - test) โดยยึดค่าเฉลี่ยของกลุ่มนั้น ๆ เป็นจุดกลางเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลกลุ่มเหลือทั้งหมด แล้วแสดงผลการเปรียบเทียบซึ่งสามารถบอกค่ากลุ่มนั้นมีความแตกต่างหรือไม่จากกลุ่มใดบ้าง เมื่อนำค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนมาเรียงลำดับจากมากไปน้อย และลากเส้นต่อเนื่องในกลุ่มค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติผลการวิเคราะห์จะได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงกราฟที่เรียงค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนเรียงจากมากไปน้อย 10 กลุ่มเมื่อวิเคราะห์ด้วย two-way ANOVA เส้นขีดเหนือแท่งกราฟแสดงกลุ่มที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p=0.05$

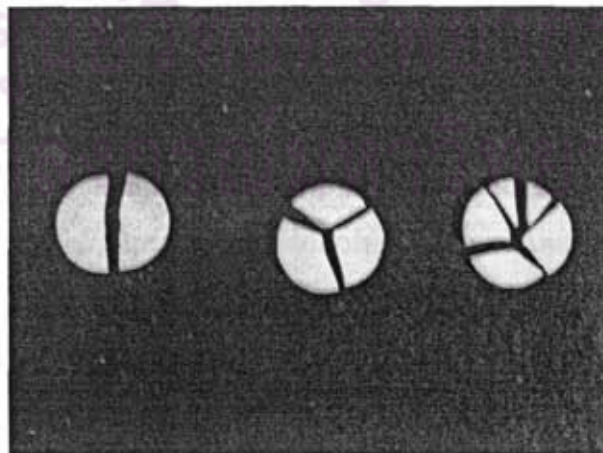
แต่จากภาพพบว่าเส้นต่อเนื่อง a, b, c มีการซ้อนทับกันอยู่ของข้อมูลในกลุ่มที่ 2 เนื่องจากการทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮน ยังมีความบกพร่องเพราะค่าความแปรปรวนไม่เท่ากันทำให้การแบ่งกลุ่มทำได้ไม่ชัดเจน จึงใช้ที-เทสต์ทดสอบเพื่อจัดกลุ่มที่ไม่แตกต่างกันให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งแสดงผลออกมาดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงการแบ่งกลุ่มหลังการทดสอบด้วย Independent T-test
เส้นขีดเหนือแท่งกราฟแสดงกลุ่มที่ไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p=0.05$

ตอนที่ 2 ลักษณะของการแตกของชิ้นตัวอย่าง

ลักษณะของชิ้นตัวอย่างที่แตกมี 3 ลักษณะคือ แตกออกเป็น 2 ส่วน แตกออกเป็น 3 ส่วน และ แตกมากกว่า 3 ส่วน โดยที่ชิ้นตัวอย่างส่วนใหญ่จะแตกออกเป็น 2 ส่วน ดังรูปที่ 9 และตารางที่ 4



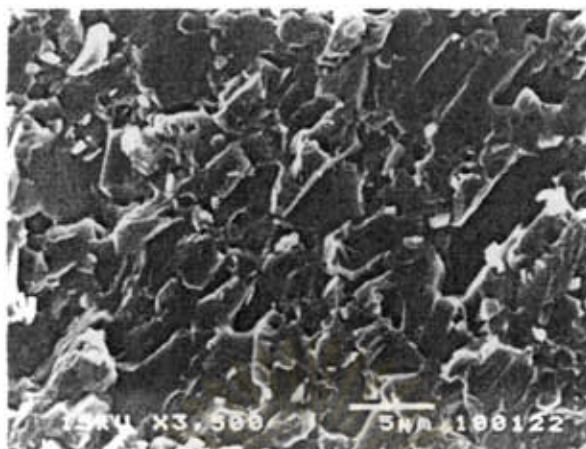
รูปที่ 9 แสดงลักษณะการแตก

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนการแตกของชั้นตัวอย่างทั้ง 10 กลุ่ม

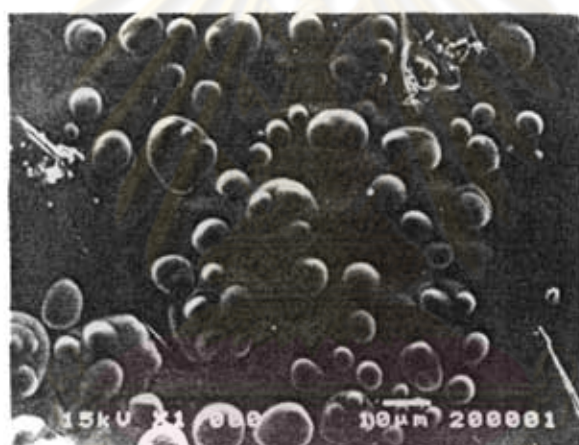
กลุ่ม	จำนวนการแตก		
	2 ชั้น	3 ชั้น	> 3 ชั้น
1	2	6	2
2	7	3	0
3	7	3	0
4	5	5	0
5	8	2	0
6	5	5	0
7	7	3	0
8	5	5	0
9	8	2	0
10	8	2	0

เมื่อนำตรงบริเวณรอยแตกมาตรวจสอบด้วยกล้อง SEM ในกลุ่มที่เป็นคอร์หรือวีเนียร์ทั้งชั้น พบว่าในกลุ่มที่ 1 อินซีแรมมีลักษณะหยาบเป็นผลึกเกาะกันแน่น และมีแนวการแตกตามรูปร่างของผลึกอะลูมินา (รูปที่ 10) ในกลุ่มที่ 5 คือวีเนียร์วีต้าดัวร์อัลฟาพบว่ามีลักษณะไม่เรียบมีส่วนของผงอะลูมินาลอยอยู่ในส่วนของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (รูปที่ 11) ในกลุ่มที่ 6 ที่เป็นไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ทั้งชั้นมีลักษณะหยาบเป็นผลึกลิเทียมไดซิลิเกตเกาะกันแน่น และมีแนวการแตกตามรูปร่างของผลึก (รูปที่ 12) และในกลุ่มที่ 10 ชั้นวีเนียร์พอร์ซเลนทั้งชั้นของ IPS Eris พบว่ามีรูพรุนค่อนข้างมาก (รูปที่ 13)

ส่วนในกลุ่มที่เป็นแบบ 2 ชั้น พบว่า ในกลุ่มที่ 2 มีลักษณะ 2 ชั้น ชั้นบนเป็นคอร์มีลักษณะเหมือนในกลุ่มที่ 1 ชั้นล่างเป็นวีเนียร์พอร์ซเลนวีต้าดัวร์อัลฟา มีรูไม่แน่นและแตกแนวเฉียงทแยง แต่มีการแตกระหว่างชั้น (รูปที่ 14) ในกลุ่มที่ 7 มีลักษณะ 2 ชั้น ชั้นบนเป็นคอร์มีลักษณะเหมือนในกลุ่มที่ 6 ชั้นล่างเป็นวีเนียร์พอร์ซเลน มีรูไม่แน่นและแตกแนวเฉียงทแยง แต่ไม่มีการแตกระหว่างชั้น (รูปที่ 15) ในกลุ่มที่ 8 มีชั้นวีเนียร์พอร์ซเลนหนาขึ้นมีการแตกในชั้นวีเนียร์พอร์ซเลนกว้างออกเป็นวง แต่ไม่มีการแตกระหว่างชั้นเช่นเดียวกัน (รูปที่ 16) และในกลุ่มที่ 9 มีชั้นวีเนียร์พอร์ซเลนหนาขึ้น และมีการแตกผ่านรูพรุนในเนื้อพอร์ซเลน แต่ไม่มีการแตกระหว่างชั้น (รูปที่ 17)

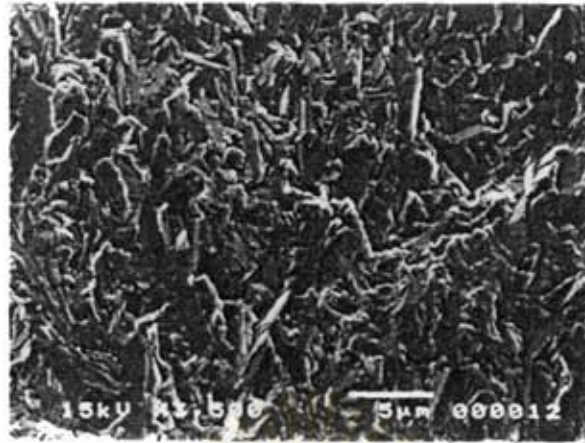


รูปที่ 10 SEM แสดงพื้นผิวการแตกของชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็น อินซึเรมคอร (x 3,500 เท่า)

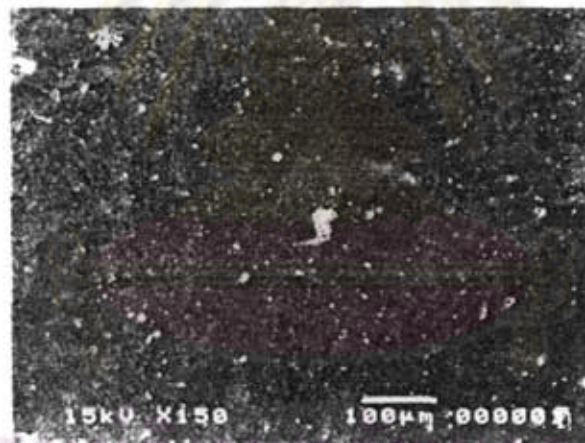


รูปที่ 11 SEM แสดงพื้นผิวการแตกของชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 5 วิเนียร์วิต้าตัวรัอัลฟา (x 1,000 เท่า)

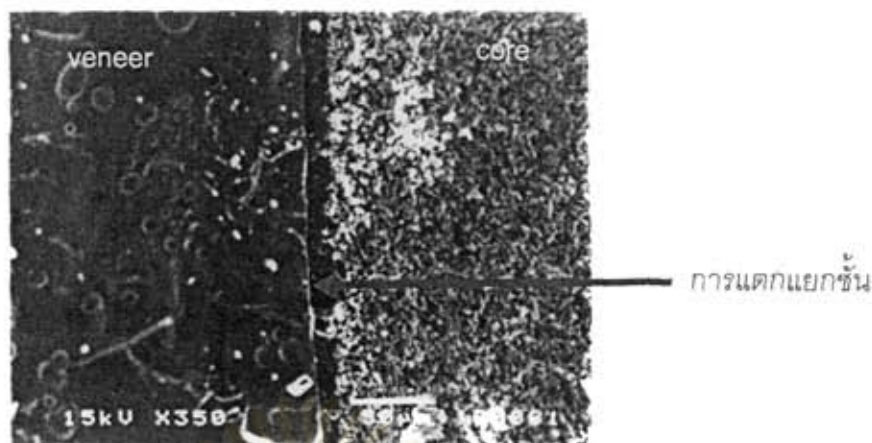
ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



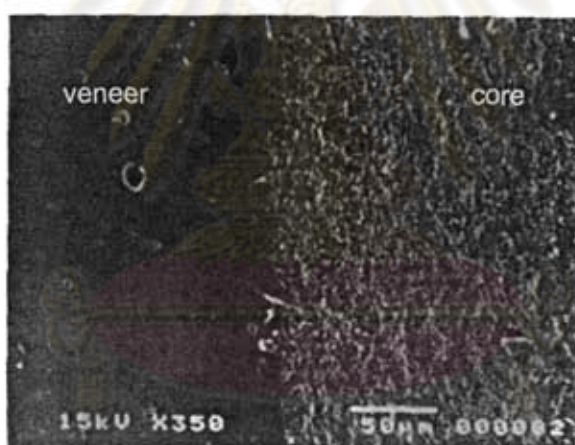
รูปที่ 12 SEM แสดงพื้นผิวการแตกของชั้นตัวอย่างกลุ่มที่ 6 ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 คอร์
(x 3,500 เท่า)



รูปที่ 13 SEM แสดงพื้นผิวการแตกของชั้นตัวอย่างกลุ่มที่ 10 วิเนียร์ IPS Eris
(x 150 เท่า)

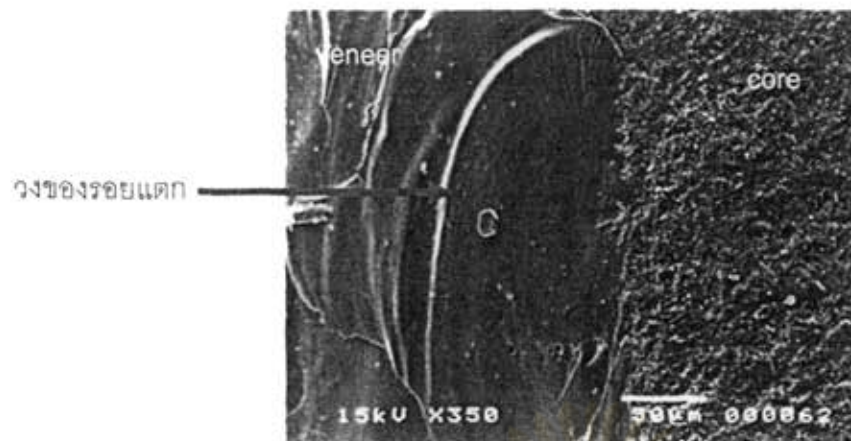


รูปที่ 14 SEM แสดงพื้นผิวการแตกของชั้นตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มอินซิแรมคอร์ หนา 0.8 มม
วีเนียร์วีต้าดัวร์อัลฟา หนา 0.4 มม (x 350 เท่า)

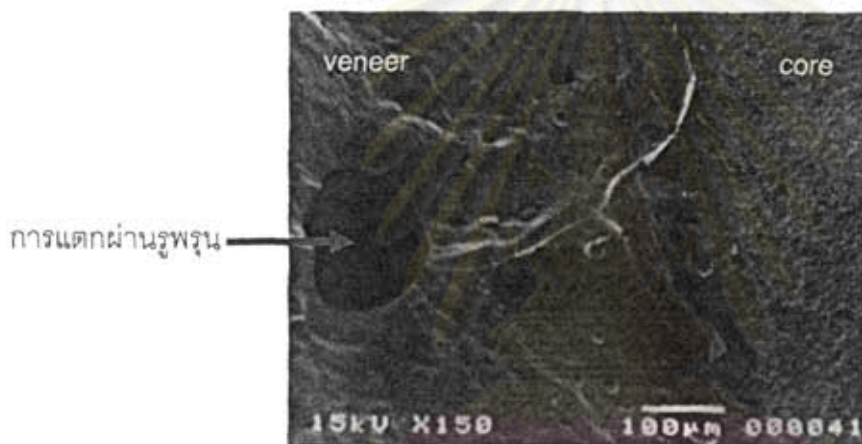


รูปที่ 15 SEM แสดงพื้นผิวการแตกของชั้นตัวอย่างกลุ่มที่ 7 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไอพีเอสเอมเพรส 2 คอร์หนา
0.8 มม วีเนียร์ IPS Eris 0.4 มม (x 350เท่า)

ศูนย์วิทยุทันตกรรม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 16 SEM แสดงลักษณะการแตกของชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 8 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 คอร์
หนา 0.6 มม วีเนียร์ IPS Eris 0.6 มม x 350เท่า



รูปที่ 17 SEM แสดงลักษณะการแตกของชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 9 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 คอร์หนา
0.4 มม วีเนียร์ IPS Eris 0.8 มม x 150

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ความแข็งแรงดัดขวางสองแกน เป็นตัวเปรียบเทียบความแข็งแรงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 กลุ่ม เนื่องจากค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนมีความเหมาะสมที่จะใช้กับวัสดุที่มีความเปราะอย่างเซรามิก อีกทั้งยังให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากกว่าความแข็งแรงดัดขวางแกนเดียว ในการทดสอบความแข็งแรงดัดขวางสองแกน ส่วนล่างของชิ้นตัวอย่างจะเกิดแรงเค้นดึงและส่วนด้านบนจะเกิดแรงเค้นอัด (compressive stress) เนื่องจากแรงเค้นดึง (tensile stress) จะเกิดมากที่สุดที่บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานที่ถูกกด ความบกพร่องที่ขอบไม่มีผล มีแนวโน้มให้เห็นการแตกแยกชั้น ได้ดีกว่า (Thompson, 2000) และมีผลต่อชิ้นงานที่มีรอยพรุนจากการขึ้นรูปน้อยมากเมื่อเทียบกับความแข็งแรงดัดขวางแกนเดียว (Wen และคณะ, 1999; Ohya และคณะ, 1999; Ban และ Anusavice, 1990) วิธีการทดสอบความแข็งแรงดัดขวางสองแกนมีหลายวิธี ได้แก่ วิธี Ring-on ring, Piston-on-ring, Ball-on-ring, Ring-on-ball, Ring-on-spring และ piston-on-three-ball (Ban และ Anusavice, 1990) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกน พบว่า วิธี piston-on-three-ball ให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนสูงกว่าวิธี Ring-on-ring (Oden และคณะ, 1996)

จากการทดลองของ White (1994) ได้ทำการศึกษาค่าความแข็งแรงดัดขวางแกนเดียวของเซรามิกสองชั้นโดยลองสลัดเสาส่วนคอร์ไว้ด้านบนเทียบกับการเอาส่วนคอร์ไว้ด้านล่าง พบว่า กลุ่มที่คอร์อยู่ด้านล่างได้ต่อวินีเรียพอร์ซเลนนั้นจะให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางแกนเดียวมากกว่า เช่นเดียวกับการศึกษาของ Guazzato และคณะ (2004) ที่พบว่าค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนนั้นได้รับผลจากคุณสมบัติของวัสดุที่อยู่ชั้นล่างมากกว่า นอกจากนี้ยังได้แสดงผลให้เห็นจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element) ว่า ถ้าคอร์อยู่ด้านล่างและวินีเรียพอร์ซเลนอยู่ด้านบนจะมีการกระจายแรงเป็นลักษณะเดียวด้วยแรงเค้นอัดบนผิววินีเรียภายใต้แรงกด ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้ชั้นคอร์อยู่ด้านล่างได้ต่อชั้นวินีเรียโดยให้ชั้นวินีเรียรับแรงกดด้านบน

จากผลการทดลองหากเปรียบเทียบความแข็งแรงของวัสดุแต่ละชนิดพบว่า คอร์ของอินซีแรมมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกน (433.06 ± 68.37 MPa) มากกว่าคอร์ของไอพีเอสเอมเพรส 2 (288.31 ± 44.64 MPa) ประมาณ 1.5 เท่า ส่วนวินีเรียพอร์ซเลน IPS Eris (68.56 ± 5.52 MPa) กับ วินีเรียพอร์ซเลนวิต้าดัวร์อัลฟา (56.59 ± 10.54 MPa) มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบการใช้งานภายในแต่ละระบบ คอร์ของอินซีแรมมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนมากกว่าวินีเรียพอร์ซเลนวิต้าดัวร์อัลฟา ประมาณ 8 เท่า ในขณะที่คอร์ของไอพีเอสเอมเพรส 2 มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนมากกว่าวินีเรียพอร์ซเลน PS Eris ประมาณ 4 เท่า ในแง่ของความแตกต่างของค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่น ส่วนของคอร์และวินีเรีย

ของอินซีแรมจะมีค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นแตกต่างกันมากประมาณ 4 เท่า ในขณะที่ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 มีความแตกต่างกันเพียงประมาณ 1.4 เท่า

จากผลการทดลองพบว่าในกลุ่มที่ 1 อินซีแรมที่เป็นคอร์ทั้งชิ้น มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนสูงที่สุดซึ่งสูงกว่าแบบที่ประกอบด้วยคอร์และวีเนียร์ แต่ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ทั้งชิ้นมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนใกล้เคียงกับแบบที่ประกอบด้วยคอร์และวีเนียร์ แสดงว่าการใส่วีเนียร์ฟอร์ซเลนในอินซีแรมมีผลทำให้ความแข็งแรงของอินซีแรมนั้นลดลง แต่ในขณะที่ไอพีเอสเอ็มเพรส 2 นั้นแทบจะไม่มีผล ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Ohyama และคณะ ในปี 1999 ถ้าแยกวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มของอินซีแรมนั้นพบว่าเมื่ออัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์ลดลง ค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนก็ลดลงไปด้วย แสดงว่า ความหนาของส่วนคอร์น่าจะมีบทบาทสำคัญต่อค่าความแข็งแรงของอินซีแรม ในขณะที่กลุ่มของไอพีเอสเอ็มเพรส 2 นั้นความหนาของคอร์ไม่มีผลต่อความแข็งแรงมากนัก

Wakabayashi และ Anusavice ในปี ค.ศ. 2000 พบว่า ความแข็งแรงของการใช้วัสดุเซรามิก 2 ชนิดร่วมกันในทางคลินิก ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาของเซรามิกแต่ละชั้น คุณสมบัติของเซรามิก ค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่น (elastic modulus) ของวัสดุรองรับเช่น เนื้อฟัน ขนาดและความถี่ของแรงที่ใช้กด ขนาดและตำแหน่งของจุดสัมผัสด้านบดเคี้ยว แรงเครียดที่เหลือค้างของวัสดุหลังจากขบวนการขึ้นรูป ความบกพร่องระหว่างชั้นของวัสดุบูรณะและชั้นซีเมนต์ และสุดท้ายคือ สภาพภายในช่องปากเช่น น้ำลาย แต่การสร้างให้เกิดความแข็งแรงของวัสดุบูรณะที่เป็นการใช้เซรามิกสองชนิดร่วมกัน นอกจากจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเซรามิกแต่ละชนิดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความเข้ากันได้ของวัสดุทั้งสองชนิดด้วยซึ่งได้แก่คุณสมบัติเชิงกล เช่น ค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่น ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน และการยึดติดกันของวัสดุ เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเซรามิกทั้งสองชนิด ถ้าเป็นเซรามิกชนิดเดียวกันหรือใกล้เคียงกันก็จะเกิดการยึดติดกันได้ดีในขณะที่ทำการเผาขึ้นรูปเพื่อให้เกิดแรงยึดทางเคมีซึ่งมีความเสถียรมากกว่า หรือหากเซรามิกมีความแตกต่างกันก็อาจใช้วิธีปรับสภาพผิวเพื่อให้เกิดการยึดติดเชิงกล เช่น การเป่าทรายเพื่อให้เกิดสภาพผิวที่ขรุขระ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้คอร์และวีเนียร์ฟอร์ซเลนที่มีความแข็งแรงแตกต่างกันมาก ความหนาของชั้นที่มีความแข็งแรงสูงจะมีผลต่อค่าความแข็งแรงโดยรวม ดังจะเห็นได้จากการที่อินซีแรมมีอัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์ลดลงค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนก็ลดลงไปด้วย แต่ในไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ซึ่งมีความแตกต่างกันของความแข็งแรงของวัสดุน้อยกว่าพบว่าเมื่อความหนาของคอร์ลดลงแทบจะไม่มีผล ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าวัสดุคอร์และวีเนียร์มีความเข้ากันได้ดีเนื่องจากมีค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันมากทำให้มีการส่งผ่านและกระจายแรงได้ดีในเซรามิกทั้งชิ้นจึงส่งผลทำให้มีความแข็งแรงโดยรวมใกล้เคียงกันทั้งที่ความหนาของคอร์แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้จากผลการทดลองจาก SEM ซึ่งบ่งให้เห็นได้ชัดว่า พบการแตกแยกชั้นของอินซีแรมเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ไม่พบการแตกลักษณะนี้ในไอพีเอสเอ็มเพรส 2 เลย ผลการทดลองสามารถยืนยันได้จากผล

การศึกษาไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งพบการสะสมความเค้นที่บริเวณรอยต่อ (interface) ของวัสดุที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะเกิดการแตกจากชั้นวีเนียร์ฟอร์ซเลน (Guazzato, 2004) ที่เป็นเช่นนี้เพราะค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนของอินซีแรมแตกต่างจากของวีเนียร์วีต้าตัวรีอัลฟา มาก ทำให้เกิดแรงเค้นอัดตกค้างทำให้เกิดการแตกแยกชั้นได้มากกว่าไอพีเอสเอ็มเพรส 2 กับวีเนียร์ IPS Eris นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นยิ่งถ้ามีความแตกต่างกันมากระหว่างวัสดุสองชนิดยิ่งทำให้มีแนวโน้มจะทำให้เกิดการแตกแยกชั้นกันมากขึ้น คล้ายกับการศึกษาของ Smith และคณะ ในปี ค.ศ.1994 เนื่องจากวีเนียร์วีต้าตัวรีอัลฟา และ อินซีแรม มีค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นแตกต่างกันมาก (Cattell และคณะ, 2002) Al-Dohan และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาค่าความแข็งแรงเฉือนของระหว่างชั้นคอร์กับวีเนียร์ในเซรามิกแบบ 2 ชั้น พบว่าไอพีเอสเอ็มเพรส 2 กับวีเนียร์ IPS Eris มีค่าความแข็งแรงเฉือนมากกว่าเซรามิก ชนิดอื่น

จากผลการทดลองพบว่าในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นอินซีแรมทั้งชั้น มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางสูงที่สุดและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาก และจากการดูลักษณะการแตกพบว่ามี การแตกออกเป็น 5 ส่วน น่าจะเป็นเพราะมีการแตกผ่านรูพรุนหลายอันที่เกิดขึ้นภายในชั้นตัวอย่าง (internal porous) ซึ่งรูพรุนเหล่านี้มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการขั้นตอนและขบวนการขึ้นรูปของอินซีแรมมีความยุ่งยากและซับซ้อนทั้งขบวนการขึ้นรูป ขบวนการเผา และปริมาณแก้วที่ใส่เข้าไป จึงมีความผิดพลาดต่าง ๆ เกิดขึ้นได้ง่าย ทำให้ไม่สามารถทำขึ้นตัวอย่างทุกชิ้นได้เหมือนกัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ นอกจากจะมีผลต่อค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนแล้ว ยังมีผลต่อสีของเซรามิกอีกด้วย ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

ในการนำไปใช้งานนั้นไอพีเอสเอ็มเพรส 2 นั้นจะมีความสวยงามใกล้เคียงฟันธรรมชาติ มากกว่าอินซีแรมเพราะมีความโปร่งแสงมากกว่า และพบว่าหากใช้คอร์ของอลเซรามิกที่มีความหนาจะทำให้ครอบฟันนั้นมีความทึบแสงมากขึ้น (Heffernan และคณะ, 2002) เป็นที่น่าสังเกตว่าอัตราส่วนของคอร์ต่อวีเนียร์ของไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ที่นำใช้ก็คืออัตราส่วนคอร์ต่อวีเนียร์ ที่ 1:2 เพราะมีความแข็งแรงไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 6 ที่เป็นคอร์ทั้งชั้น ซึ่งยังให้ความสวยงามจากวีเนียร์ฟอร์ซเลนด้วย แต่ถ้าบริเวณพื้นที่ต้องการความแข็งแรงและต้องการความสวยงามด้วยอาจต้องใช้อินซีแรม 2:1 ซึ่งน่าจะได้ทั้งความแข็งแรงและความสวยงาม Guazzato และคณะ (2004) กล่าวว่าหากค้ำนึ่งแต่ในแง่ความแข็งแรงบางครั้งอาจไม่จำเป็นต้องเคลือบด้วยชั้นวีเนียร์ เพราะการเคลือบด้วยชั้นวีเนียร์กับวัสดุชั้นคอร์ที่มีความแข็งแรงมาก ๆ เช่นอินซีแรมจะทำให้ค่าความแข็งแรงของครอบฟันนั้นลดลง ยกเว้นบริเวณที่ต้องการความสวยงามอาจหลีกเลี่ยงไม่ได้ อย่างไรก็ตามการกล่าวเช่นนี้อาจใช้ได้กับบริเวณส่วนเชื่อมต่อ (connector) ของสะพานฟัน หรือบริเวณด้านลื่นของเคลือบฟันหน้า เป็นต้น

การนำไปใช้งานนอกจากค้ำนึ่งถึงค่าความแข็งแรงของเซรามิกแล้ว ยังต้องค้ำนึ่งถึงความสามารถในการยึดติดกับฟัน เนื่องจากไอพีเอสเอ็มเพรส 2 มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบภายในปริมาณร้อยละ 57 - 80

ซึ่งสูงกว่าอินซีแรมที่มีอะลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นการเตรียมพื้นผิวก่อนการยึดติดจึงแตกต่างกัน โดยไอพีเอสเอ็มเพรส 2 ผ่านการเป่าด้วยอนุภาคแก้วขนาด 90 ไมโครเมตรและการปรับสภาพผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 4.5 โดยฟลูออไรด์ไปจับซิลิกาแล้วเปลี่ยนเป็นเฮกซะฟลูออโรซิลิเกต เมื่อผ่านการล้างด้วยเครื่องอัลตราโซนิคเฮกซะฟลูออโรซิลิเกตมักหลุดออกมาเกิดเป็นช่องว่างอันเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวและเพิ่มการยึดติดทางกล จากนั้นทาสารคูกวบไซเลนเพื่อการยึดติดทางเคมี โดยหมู่ไซเลนอลจากส่วนของสารคูกวบไซเลนสามารถเกิดพันธะไฮดรอกเซนกับผิวของไอพีเอสเอ็มเพรส 2 เมื่อเปรียบเทียบกับอินซีแรมซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอะลูมินา มีซิลิกาในองค์ประกอบเพียง 5% จึงไม่สามารถใช้กรดไฮโดรฟลูออริกปรับสภาพพื้นผิวได้ รวมทั้งการทาสารคูกวบไซเลนไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติด การยึดติดของอินซีแรมจึงเกิดขึ้นน้อยมาก ส่วนมากเป็นการเพิ่มความสามารถในการยึดทำได้โดยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินาขนาด 50 - 110 ไมครอนขึ้นไป เพราะผิวของอินซีแรมมีความขรุขระได้จึงต้องใช้อนุภาคอะลูมินาที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ในการเลือกใช้วัสดุซอลเซรามิกนอกจากจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของเซรามิกและความสามารถในการยึดกับเนื้อฟันแล้ว ยังอาจต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในอัตราการใช้ ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในช่องปาก และสภาพเนื้อฟันที่เหลืออยู่อีกด้วย (Heffernan และคณะ, 2002)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัย

1. อัตราส่วนคอร์ตอวีเนียร์แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของอินทีแรมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
2. อัตราส่วนคอร์ตอวีเนียร์แตกต่างกัน (ยกเว้นกลุ่ม veneer อย่างเดียว) มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของไอพีเอสเอ็มเพรส2 มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
3. ความแข็งแรงโดยรวมของเซรามิกที่ใช้ร่วมกันระหว่างวัสดุคอร์และวีเนียร์ขึ้นอยู่กับทั้งชนิดของเซรามิกและอัตราส่วนของคอร์และวีเนียร์ โดยเซรามิกที่มีความแตกต่างกันของวัสดุคอร์และวีเนียร์ ค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนจะขึ้นกับความแข็งแรงของชั้นคอร์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- Al-Dohan, H.M., Yaman, P., Dennison, J.B., Razzoog, M.E. and Lang, B.R. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. J Prosth Dent 91 (4) (2004): 349-355.
- Al-Shehri, S.A., Mohammed, H. and Wilson, C.A. Influence of lamination on the flexural strength of a dental castable glass ceramic. J Prosth Dent 76 (1996) : 23-28.
- Anusavice, K.J., and Hojjatie, B. Effect of thermal tempering on strength and crack propagation behavior of feldspathic porcelain. J Dent Res 70 (1991): 1009-1013.
- Anusavice, K.J. Recent developments in restorative dental ceramics. JADA 124 (1993): 72-84.
- Anusavice, K.J. Philips science of dental materials. 10th ed. Philadelphia : W.B. Sauder Company, 1996: 583-618.
- Arbakry, M., Guazzato, M., and Swain, M.V. Biaxial flexural strength, elastic moduli, and x-ray diffraction characterization of three pressable all-ceramic material. J Prosth Dent 89 (2003): 374-380.
- Ban, S., and Anusavice, K.J. Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. J Dent Res 69 (1990): 1791-1799.
- Binns, D. The chemical and physical properties of dental porcelain. In J.W. Mclean editor. Dental ceramics : proceeding of the first international symposium on ceramics. Chicago : Quintessence. (1993): 41-82.
- Cattell, M.J., Palumbo, R.P. and Knowles, J.C. The effect of veneering and heat treatment on the flexural strength of Empress 2 ceramics. J Dent 30 (2002): 161-169.
- Denry, I.R., Rosenstiel, S.F., Holloway, J.A. and Niemiec, M.S. Enhanced chemical strengthening of feldspathic dental porcelain. J Dent Res 72 (1993): 1429-1433.
- Denry, I.R., Rosenstiel, S.F. and Holloway, J.A. Characterization of crystalline leucite in feldspathic dental porcelains. J Dent Res 73 (1994): 369.
- Denry, I.L., Mackert, J.R., Holloway, J.A. and Rosenstiel, S.F. Effect of cubic leucite stabilization on the flexural strength of feldspathic dental porcelain. J Dent Res 75 (1996) : 1928-1935.
- Dong, J.K., Luthy, H., Wohlwend, A. and Schärer, P. Heat-pressed ceramics : Technology and strength. Int J Prosthodont 5 (1992): 9-16.

- Fairhurst, C.W., Lockwood, P.E., Ringle, R.D. and Thompson, W.O. The effect of glaze on porcelain strength. Dent Mater 8 (1992) : 203-207.
- Fairhurst, C.W., Lockwood, P.E., Ringle, R.D. and Twiggs, S.W. Dynamic fatigue of feldspathic porcelain. Dent Mater 9 (1993): 269-273.
- Giordano, R.A., Cima, M. and Pober, R. Effect of surface finishing on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. Int J Prosthodont 5 (1995): 311-319.
- Giordano, R.A. Dental ceramic restorative systems. Compend Contin Educ Dent 17 (1996): 779-794.
- Guazzato, M., Proos, K., Sara, G. and Swain, M.V. Strength, reliability, and mode of fracture of bilayered porcelain/core ceramics. Int J Prosthodont 17 (2004): 142-149.
- Heffernan, M.J., Aquillino, S.A., Diaz-Arnold, A.M., Haselton, D.R., Stanford, C.M. and Vasgas, M.A. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials. Prosth Dent 88 (2002): 4-9.
- Holloway, J.A., Denry, I.R. and Rosenstiel, S. Surface layer characterization after dual ion exchange of a leucite — reinforced dental porcelain. Int J Prosthodont 10 (1997): 136-141.
- Kanchanatawewat, K., Giordano, R.A., Pober, R.L. and Nathason, D. Evaluation flexural strength of materials for all-ceramic restorations. C U Dent J 20 (1997) : 1-8.
- Kosmac, T., Oplak, C., Jevnikar, P., Funduk, N. and Marion, L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. Dent Mater 15 (1999): 426-433.
- Mackert, J.R. Jr. and Russell, C.M. Leucite crystallization during processing. J Dent Res 74 (1996): 166.
- Manufacturer of IPS Empress 2. Ivoclar, Schann, Liechtenstein.
- McLean, J.W. and Hughes, T.H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. Br Dent J 119 (1965): 251-267.
- Myer, M.L., Ergle, J.W., Fairhurst, C.W. and Ringle, R.D. Fatigue failure parameters of IPS Empress porcelain. Int J Prosthodont 7 (1994): 549-533.
- Nakazato, T., Takahashi, H., Yamamoto, M., Nishimura, F. and Kurosaki, N. Effect of polishing on cyclic fatigue strength of CAD/CAM ceramics. Dent Mater 18 (1999): 395-402.

- Oden, A. and Rowcliffe, D. and Zeng, K. Flexural test on dental ceramics. Int J Prosthodont 9 (1996): 434-439.
- Oh, S.C., Dong, J.K., Luthy, H. and Schärer, P. Strength and microstructure of IPS Empress 2 glass-ceramic after different treatment. Int J Prosthodont 13 (2000) : 468-472.
- Ohyama, T., Yoshinari, M. and Oda, Y. Effect of cyclic loading on the strength of all ceramic materials. Int J Prosthodont 12 (1999): 28 -37.
- Piddock, V., Qualtrough, A.J., Slevin, A. and Fernandes, J.C. Lithium ion strengthening of dental porcelain. Int J Prosthodont 8 (1995): 280-284.
- Prober, R.L., Giordano, R.A., Campbell, S.D. and Pelletier, L.B. Compositional analysis of In-Ceram infusion glass. J Dent Res 71 (1992): 253.
- Probster, L. and Diehl, L. Slip casting alumina ceramic for crown and bridge restoration. Quintessence Int 23 (1992): 25-31.
- Rosenblum, M.A. and Schulman, A. A review of all-ceramic restorations. J Am Dent Assoc. 128 (1997): 279-309.
- Rosenstiel, S.F., Gupta, P.K., Van der Sluys, R.A. and Zimmerman, M.H. Strength of a dental glass- ceramic after surface coating. Dent Mater 9 (1993): 247-249.
- Schweiger, M., Holand, W., and Frank, M. IPS Empress 2 : A new pressable high-strength glass-ceramic for esthetic all-ceramic restoration. Quintessence Dent Tech 22 (1999): 143-151.
- Scotti, R., Catapano, S. and D' Elia, A. A clinical evaluation of In-Ceram crowns. Int J Prosthodont 8 (1995): 320-323.
- Seghi, R.R., Daher, T. and Caputo, A. Relative flexural strength of dental restorative ceramics. Dent mater 6 (1990): 181-184.
- Seghi, R.R. and Sorensen, J.A. Relative flexural strength of six new ceramic materials. Int J Prosthodont 8 (1995): 239-246.
- Smith, T. B., Kelly, J.R. and Tesk, J.A. In vitro fracture behavior of ceramic and metal-ceramic restorations. J Prosthodont 3 (1994): 138-144.
- Sorensen, J.A., Knode, H. and Torres T.J. In-Ceram all ceramic bridge technology. Quintessence Dent Tech (1992): 41-46.

- Sorensen, J.A., Cruz, M., Mito, W.T., Raffeiner, O., Meredith, H.R. and Foser, H.P. A clinical investigation on three-unit fixed partial dentures fabricated with a lithium disilicate glass-ceramic. Pract Periodontics Aesthet Dent 11 (1999): 95-106.
- The international organization for Standardization. Dental ceramic. International standard ISO 6872 2 nd ed. Switzerland : Case Postale 56, 1995: 6-8.
- Thompson, G.A. Influence of relative layer height and testing method on the failure mode and origin in a bilayered dental ceramic composite. Dent Mater 16 (2000): 235-243.
- Thompson, J.Y. and Anusavice, K.J. Effect of surface etching on the flexure strength and Fracture toughness of Dicor disks coating controlled flaws. J Dent Res 10 (1994): 1015-1025.
- Van Noort, R. Introduction of dental materials. London : Mosby (1994): 201-214.
- Wagner, W.C. and Chu, T.M. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. J Prosthet Dent 76 (1996): 140-144.
- Wakabayashi, N. and Anusavice, K.J. Crack initiation modes in bilayered alumina/porcelain disks as a function of core/veneer thickness ratio and supporting substrate stiffness. J Dent Res 79 (6) (2000): 1398-1404.
- Wen, M.Y., Mueller, H.J., Chai, J. and Wonzniak, W.T. Comparative mechanical property characterization of 3 all-ceramic core materials. Int J Prosthodont 12 (1999): 534-541.
- White, S.N., Caputo, A.A, Vidjak, F.M. and Seghi, R.R. Moduli of rupture of layered dental ceramics. Dent Mater 10 (1994): 52-58.
- Zeng, K., Oden, A. and Rowcliffe, D. Evaluation of mechanical properties of dental ceramic core materials in combination with porcelains. Int J Prosthodont 11 (1998): 183-189.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนการวิจัยจากเงินทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ . 2548

ขอขอบคุณ อาจารย์ ไพพรรณ วิทยานนท์ ที่ช่วยให้ความรู้และคำแนะนำทางด้านสถิติ

ขอขอบคุณบริษัทเดนท์วิชั่น ที่เอื้อเฟื้อ Ingot IPS Empress 2 และวีเนียร์ IPS Eris

ขอขอบคุณแลปบุญชู อารียา ที่ทำการขึ้นรูปเซรามิกทั้งหมดของงานวิจัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

1. การทดสอบนำร่อง

ตาราง ค่าความแข็งแรงดัดขวางสองแกนของเซรามิกไอทีเอสเอ็มเพรสร่วมกับวีเนียร์พอร์ซเลนชนิดเดิม

ชั้น ตัวอย่าง	Biaxial flexural strength (MPa)			
	IPS Empress + IPS layering material			
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
	1:0	3:1	2:1	1:1
1	330.4	229.1	270.8	394.3
2	257.1	299.6	267.6	362.5
3	291.0	219.6	254.5	342.5
4	315.8	266.8	300.4	373.1
5	266.9	259.1	275.6	329.0
6	314.5	200.7	290.9	342.4
7	326.1	234.2	258.9	283.8
8	282.7	280.5	265.7	348.4
9	272.4	211.4	272.3	266.2
10	285.0	240.6	288.4	331.0
Mean	294.2	244.2	274.51	340.9
SD	25.9	31.7	14.61	41.3

หมายเหตุ

จากผลการทดลองพบว่าในกลุ่มที่มีอัตราส่วนของคอร์และวีเนียร์เท่ากัน มีความแข็งแรงมากที่สุด และมากกว่ากลุ่มที่เป็นคอร์ทั้งชิ้น และพบว่าในส่วนของกลุ่มที่มีอัตราส่วนคอร์มาก คือกลุ่มที่สองกลับมีความแข็งแรงต่ำที่สุด ซึ่งผลการทดลองไม่เป็นไปตามแนวโน้มที่คาดเดาไว้ ซึ่งในกลุ่มที่เป็นคอร์ทั้งชิ้นน่าจะมีความแข็งแรงสูงสุด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะขบวนการขึ้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานไม่สามารถควบคุมได้ดีพอ รวมทั้งการขึ้นรูปร่วมกันระหว่างส่วนคอร์และส่วนวีเนียร์พอร์ซเลนในกรณีที่มีวีเนียร์มีความบางมาก เช่นในอัตราส่วน 3:1 นั้น มีแนวโน้มทำให้เกิดรอยแตกได้ง่ายขึ้นในขบวนการขัดเนื่องจากอาจไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ เป็นสาเหตุให้เกิดรอยตำหนิเล็กๆที่ไม่อาจมองเห็นด้วยตาเปล่าก่อนนำไปทดสอบ

2. ตารางแสดงการเผาพอร์ซเลนชนิดต่าง ๆ

ตาราง ก วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อวัสดุ	Material	องค์ประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
1. In-Ceram	Aluminous porcelain	Al ₂ O ₃ 70 %, LaAl ₂ O ₃ 30 %	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany
2. Vitadur alpha	Feldspathic porcelain	Al ₂ O ₃ 10 %	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany
3. IPS - Empress2	Lithium disilicate & Lithium orthophosphate glass	SiO ₂ 45-70%, Al ₂ O ₃ 22%, P ₂ O ₅ 0.5 - 6.5%, K ₂ O 3-9%, Na ₂ O 4 %, CaO 1-11 %, F 0.1-2.5 %	Vivadent, Schaan, Liechtenstein
4. IPS Eris	Silica oxide	SiO ₂ 60.0 - 72.0 %, K ₂ O 10.0 - 23.0 %, ZnO 8.5 - 20.0%, Al ₂ O ₃ 2.0 - 8.0 %, CaO 1.0 -10.5%, Li ₂ O 1.0 - 5.0 %, P ₂ O ₅ 0.5 - 6.0%, F 0.1 - 1.0 %,	Vivadent, Schaan, Liechtenstein

ตาราง ข แสดงอุณหภูมิการเผา In-Ceram

อุณหภูมิเริ่มต้น	120 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
เผาต่อ	1120 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น 2 ชั่วโมง

ตาราง ค แสดงอุณหภูมิการเผาวิเนียร์วีต้าดัวร์อัลฟา

อุณหภูมิเริ่มต้น	600 °C เป็นเวลา 6 นาที
เผาต่อ	6 นาที จนถึง 950 °C ทิ้งไว้ให้เย็น 1 นาที

ตาราง ง แสดงอุณหภูมิการเผาไอทีเอสเอ็มเพรส 2 ในขบวนการ lost-wax technique

อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 5°C ต่อ นาทีจนถึง 250 °C	คงที่ 30 นาที
เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 850 °C	คงที่ 60 นาที

ตาราง จ แสดงอุณหภูมิการเผาไอทีเอสเอ็มเพรส 2 ในขบวนการ heat pressing

อุณหภูมิเริ่มต้น	700 °C
อุณหภูมิหลอม Ingot	920 °C ทิ้งไว้ 20 นาที

หมายเหตุ แรงดันขณะ pressing 5 bar

ตาราง ฉ แสดงอุณหภูมิการเผาชั้นวีเนียร์ฟอร์ซเลน (IPS Eris)

อุณหภูมิเริ่มต้น	403 °C เป็นเวลา 6 นาที
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเผา	60 °C/นาที
อุณหภูมิเผา	755 °C ทิ้งไว้ 2 นาที