

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อกำหนดเลขที่ 25 ว่าด้วยผลิตภัณฑ์ยิบซัมทางทันตกรรมของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (ANSI/ADA Specification No.25 for dental gypsum product) ได้แบ่งผลิตภัณฑ์ยิบซัมทางทันตกรรมออกเป็น 5 ประเภท ตามคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะของแต่ละประเภท ดังนี้

1. ชนิดที่ 1 : ปูนปลาสเตอร์สำหรับพิมพ์ปาก (Impression plaster)
2. ชนิดที่ 2 : ปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Laboratory plaster) หรือปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ทำแบบจำลอง (Model plaster)
3. ชนิดที่ 3 : ปลาสเตอร์หินที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Laboratory stone)
4. ชนิดที่ 4 : ปลาสเตอร์หินแม่แบบ (Die stone)
5. ชนิดที่ 5 : ปลาสเตอร์หินแม่แบบที่มีความแข็งแรงสูงและมีการขยายตัวมาก (High – strength, High – Expansion Die stone)

ชนิดที่ 1 : ปูนปลาสเตอร์สำหรับพิมพ์ปาก

ใช้สำหรับการพิมพ์ปากในกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่มีฟัน มีระยะเวลาการก่อตัวค่อนข้างสั้น ประมาณ 4 – 5 นาที มีความแข็งแรงต่ำ (27.5 MPa) และมีการขยายตัวน้อย (0.13%) เนื่องจากใช้อัตราส่วนน้ำ/ผงที่มาก (0.6)

ชนิดที่ 2 : ปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการหรือปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ทำแบบจำลอง

ใช้ในการทำขึ้นหล่อศึกษา (study cast) หรือใช้ยึดขึ้นหล่อเข้ากับกลอุปกรณ์ขากรรไกรจำลอง (articulator) อัตราส่วนน้ำ/ผงเท่ากับ 0.5 ดังนั้นจึงมีการขยายตัวที่มากกว่าชนิดที่ 1 (0.3 %)

ชนิดที่ 3 : ปลาสเตอร์หินที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ใช้ในการทำขึ้นหล่อ มีความแข็งแรงมากกว่าชนิดที่ 2 มีความแข็งแรงขณะแห้ง (dry strength) ประมาณ 62 เมกกะปาสคาล อัตราส่วนน้ำ/ผงเท่ากับ 0.3 และมีการใส่สารเพื่อปรับปรุงคุณภาพทำให้มีการขยายตัวที่ลดลง (0.15 – 0.20 %)

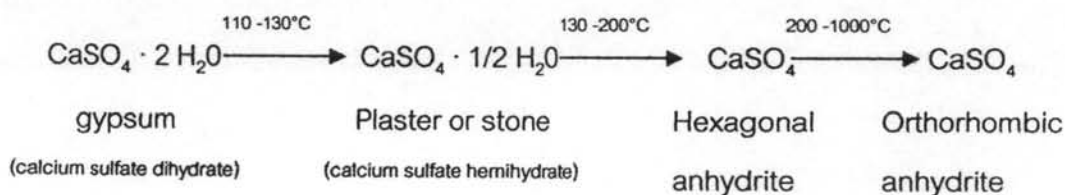
ชนิดที่ 4 : พลาสติกอร์หินแม่แบบ

ใช้ในการทำแม่แบบมีความแข็งแรง 79 เมกะปาสคาล มีความแข็งผิวสูงและการขยายตัวต่ำ (0.08 %) อัตราส่วนน้ำ/ผงเท่ากับ 0.24

ชนิดที่ 5 : พลาสติกอร์หินแม่แบบที่มีความแข็งแรงสูงและมีการขยายตัวมาก

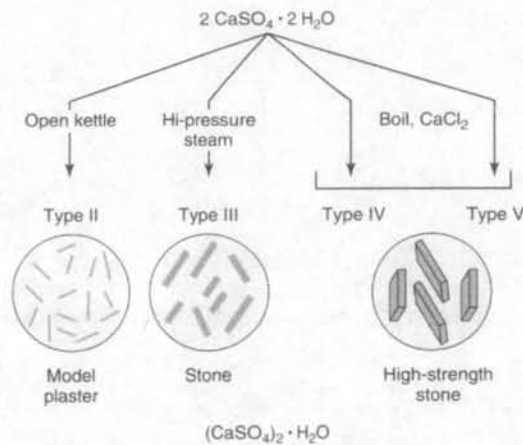
เป็นวัสดุชนิดใหม่ที่ใช้ทำแม่แบบที่มีการขยายตัวมากขึ้น (0.3 %) เพื่อชดเชยการหดตัวของโลหะที่ใช้ทำขึ้นหล่อในทางทันตกรรมชนิดใหม่ๆ เช่น โลหะผสมที่มีจุดหลอมเหลวสูง (high – melting alloy)

ผลิตภัณฑ์ยิบซัมที่ใช้ในทางทันตกรรมนั้นเป็นสารประกอบของแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) โดยขั้นตอนในการผลิตต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อน เพื่อเป็นการไล่น้ำออกจากผลึกทำให้เปลี่ยนจากสารประกอบไดไฮเดรต (dihydrate) เป็นสารประกอบเฮมิไฮเดรต (hemihydrate)



ผลิตภัณฑ์จากยิบซัม (แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต) อาทิเช่น ปูนพลาสติกอร์และพลาสติกอร์หินชนิดต่างๆ มีสูตรทางเคมีที่เหมือนกันคือ แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต จะแตกต่างกันที่ปริมาณน้ำในผลึกและลักษณะรูปร่างของผลึก ในการผลิตปูนพลาสติกอร์ เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียสจะได้สารประกอบของเบต้าแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต (β -Calcium sulfate hemihydrate) ซึ่งมีขนาดของผลึกที่ค่อนข้างเล็กและไม่เป็นระเบียบ

พลาสติกอร์หินผลิตโดยผ่านกระบวนการให้ความร้อนภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส จะได้เป็นสารประกอบของอัลฟาแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต (α -Calcium sulfate hemihydrate) ซึ่งมีขนาดของผลึกที่ใหญ่กว่า และมีความเป็นระเบียบมากกว่าเบต้าแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตซึ่งเป็นผลึกของปูนพลาสติกอร์ หากผ่านกระบวนการที่ทำให้ยิบซัมเดือดในสารละลาย 30 เปอร์เซ็นต์ของแคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) จะได้พลาสติกอร์หินที่มีความแข็งแรงสูงซึ่งมีผลึกที่มีความพรุนน้อยที่สุด ผลึกมีขนาดใหญ่ที่สุดและมีความเป็นระเบียบมากที่สุด (Anusavice, 2003; Craig, Power และ Wataha, 2004)



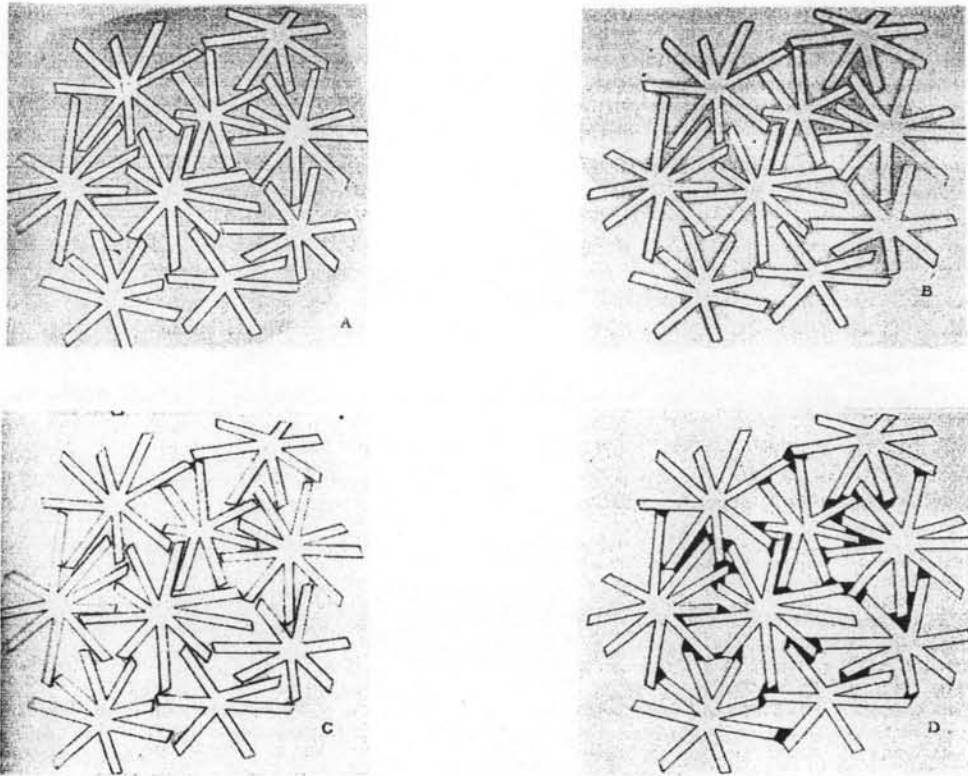
ภาพที่ 1 แสดงการผลิตแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตชนิดต่างๆ

(ที่มา Craig, R. G., Power, J. M.; and Wataha, J. C. 2004. Model and die material. Dental material properties and manipulation 8th ed. St. Louis Missouri. Mosby, Inc.:203)

เมื่อผงเฮมิไฮเดรตผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะได้สารแขวนลอยของอนุภาคเฮมิไฮเดรตในสารละลายที่อิ่มตัวที่สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นไดไฮเดรต ซึ่งเป็นปฏิกิริยาแบบย้อนกลับได้และมีการคายความร้อนเกิดขึ้น (Ferracane, 2001; O' Brien, 2002)



กระบวนการต่างๆ ของปฏิกิริยาการก่อตัวเกิดขึ้นเมื่อผงเฮมิไฮเดรตผสมกับน้ำ จะมีการละลายตัวจนได้สารละลายที่อิ่มตัวแล้วเกิดการสร้างผลึกของไดไฮเดรตขึ้น ต่อมาจำนวนผลึกจะเพิ่มมากขึ้น และมีการขยายขนาดใหญ่ขึ้น และเกิดการยึดกันระหว่างผลึก ร่วมกับมีการระเหยของน้ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้วัสดุมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 2 แสดงกลไกการก่อตัวของยิบซัม

(ที่มา Fairhurst, C. W. 1960. Compressive properties of dental gypsum. J Dent Res 39: 823)

ปูนพลาสติกอร์ และพลาสติกอร์หิน มีระยะเวลาการทำงาน (working time) ระหว่าง 5 - 7 นาที และมีระยะเวลาก่อตัว (setting time) ระหว่าง 10 - 15 นาที ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาก่อตัวของยิบซัม ได้แก่

1. อัตราส่วนของน้ำต่อผง ถ้าผงมีปริมาณน้อยจะทำให้มีจำนวนผลึกยิบซัมต่อหน่วยปริมาตรน้อย ส่งผลให้ระยะเวลาก่อตัวเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันหากเพิ่มปริมาณผงจะใช้เวลาในการก่อตัวลดลง

2. กรณีที่มียิบซัมที่ก่อตัวแล้วปนเปื้อน จะเป็นการเพิ่มจำนวนผลึกต่อปริมาตรทำให้เวลาในการก่อตัวลดลง

3. การใส่สารที่มีผลต่อระยะเวลาก่อตัว เช่น

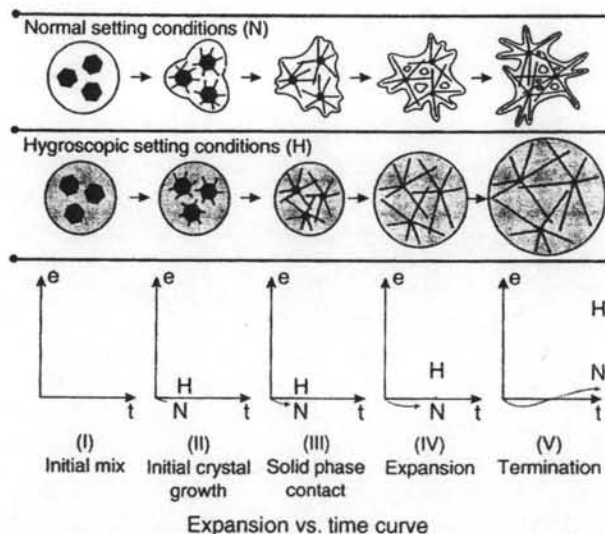
- โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) จะเป็นตัวเร่งเวลาการก่อตัว เนื่องจากจะไปเพิ่มอัตราการละลายของเฮมิไฮเดรต

- อะซิเตต (acetate) หรือ บอเรต (borate) จะเป็นตัวหน่วงปฏิกิริยาทำให้ใช้เวลาการก่อตัว เพิ่มขึ้น

4. ระยะเวลาในการผสม (mixing time) หากใช้เวลาในการผสมนานเกินไปจะเกิดการแตกของผลึกยิบซัม ซึ่งทำให้มีจำนวนผลึกต่อหน่วยปริมาตรเพิ่มมากขึ้น อันจะส่งผลให้ระยะเวลาก่อตัวลดลง

5. อุณหภูมิของน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสม การใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าในการผสมจะทำให้ระยะเวลาก่อตัวลดลง เนื่องจากการเร่งปฏิกิริยาการก่อตัวให้เร็วขึ้น (Ferracane, 2001; O' Brien, 2002; Anusavice, 2003)

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขณะก่อตัวของผลิตภัณฑ์ยิบซัม จะทำให้เกิดการขยายตัวซึ่งพบได้ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงจากสารประกอบเฮมิไฮเดรตไปเป็นสารประกอบไดไฮเดรต ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดจากกระบวนการการเกิดผลึก (crystal mechanism) โดยการขยายตัวจะเกิดขึ้นขณะที่มีการเพิ่มขนาดของผลึกของสารประกอบไดไฮเดรต ซึ่งเริ่มจากจุดศูนย์กลางของผลึกและมีการขยายขนาดใหญ่ขึ้นในแนวรัศมีของรูปทรงกลม โดยส่วนที่ขยายขึ้นของแต่ละผลึกจะขัดขวางกันเองกับผลึกใกล้เคียงทำให้เกิดแรงผลักรันกันและเกิดการขยายตัวของมวลทั้งหมด (Mahler และ Ady, 1959; Anusavice, 2003)



ภาพที่ 3 แสดงกลไกการขยายขณะแข็งตัวของยิบซัม

(ที่มา Anusavice KJ. Gypsum product. In: Anusavice KJ, editor. Phillips' science of dental materials.

11th ed. St. Louis: Saunders; 2003. p. 270.)

ปัจจัยที่มีผลต่อการขยายตัวของแรงดึงตัวของยิบซัม ได้แก่

1. อัตราส่วนของน้ำต่อผง ถ้าน้ำที่ใช้ในการผสมมีปริมาณน้อยและมีส่วนผสมของผงมาก จะเท่ากับเป็นการเพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์ต่อปริมาตร ซึ่งก็จะทำให้มีการขยายตัวของแรงดึงตัวเพิ่มมากขึ้น

2. การใส่สารบางชนิด เช่น

- เกลือแกง (sodium chloride) จะทำให้อัตราการขยายตัวของแรงดึงตัวเพิ่มขึ้นและเวลาการก่อตัวสั้นลง

- โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate) จะทำให้การขยายตัวของแรงดึงตัวและเวลาการก่อตัวลดลง (Shen, 1981)

- บอแรกซ์ (borax) จะมีผลทำให้การขยายตัวของแรงดึงตัวลดลง

3. วิธีการผสม การใช้เครื่องผสมสูญญากาศจะทำให้เกิดการขยายตัวของแรงดึงตัวน้อยกว่าการผสมด้วยมือ (Garber และคณะ, 1985)

	Hand Mix	Power-Driven Mix with Vacuum
Setting time	8.0	7.3
Compressive strength at 24 hr (MPa)	43.1	45.5
Setting expansion at 2 hr (%)	0.045	0.037
Viscosity, centipoise (cp)	54,000	43,000

ภาพที่ 4 แสดงผลของการใช้เครื่องผสมสูญญากาศ

(ที่มา Power J. M. 2002. Gypsum product and investment. Craig, R. G.; Power, J. M. Restorative dental material 11th ed. St. Louis: Elsevier. 400.)

นอกจากนี้การขยายตัวหลังการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ยิบซัม ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆอีก เช่น วัสดุพิมพ์ปากที่ใช้ ระยะเวลาการเทแบบภายหลังการผสม เป็นต้น (Hashmati และคณะ, 2002)

หลังจากผ่านระยะเวลาการทำงาน (working time) จะเข้าสู่ระยะเริ่มต้นของการก่อตัว (initial set) ซึ่งในช่วงนี้ยิบซัมจะสูญเสียความเงา ต่อมาจะเข้าสู่ระยะสุดท้ายของการก่อตัว (final set) ซึ่งจะเริ่มมีความแข็ง (hardness) และความต้านทานการขัดถู (abrasive resistance) แต่เนื่องจาก ยิบซัมจะเกิดการระเหยของน้ำอย่างต่อเนื่องมากกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น (Anusavice, 2003) ดังนั้นควรรอเวลาอย่างน้อย 45 – 60 นาที ก่อนที่จะแกะแบบหล่อออกจากรอยพิมพ์ หากแกะแบบหล่อออกก่อนที่พลาสติกหีนจะมีความแข็งแรงเพียงพอ หรือการใช้ร่วมกับวัสดุพิมพ์ปากที่มีความแข็งตึง (stiffness) สูง เช่น พอลิเอเธอร์ (polyether) อาจทำให้แบบจำลองเกิดการแตกหักได้ขณะถอดออกจากรอยพิมพ์ ในปี 1997 Schwedhelm และ Lepe แนะนำว่ากรณีที่ใช้แบบจำลองมีส่วนที่เล็กและแคบหรือส่วนของรากเทียมที่เป็นหลักยึด (implant abutment) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก (น้อยกว่า 2.8 มิลลิเมตร) ควรรอเวลาประมาณ 12 ชั่วโมงก่อนที่จะถอดแบบจำลองออกจากรอยพิมพ์เพื่อลดโอกาสที่จะทำให้เกิดการแตกหัก

ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังแรงอัดของยิบซัม ได้แก่

1. อัตราส่วนของน้ำต่อผง
2. ระยะเวลาในการผสม
3. ปริมาณในการผสม
4. ระยะเวลาที่ทิ้งไว้ภายหลังจากที่ทำการผสม
5. ความชื้น
6. อุณหภูมิในการเก็บ
7. สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบ (Tuncer, 1993)

สิ่งที่สำคัญในงานทันตกรรมประดิษฐ์ คือ การสร้างให้ได้ชิ้นงานฟันปลอมที่มีความถูกต้องและเที่ยงตรง ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งมาจากแบบหล่อพลาสติกหีน (Rudd และคณะ, 1969) ซึ่งสาเหตุของความผิดพลาดที่พบได้บ่อย เกิดจากแบบหล่อเกิดการแตกหักระหว่างการแกะออกจากวัสดุพิมพ์ปาก โดยเฉพาะวัสดุพิมพ์ปากที่มีความแข็งตึงสูง (Moon และ Holmes, 1997; Anusavice, 2003; Phillip, 1991) นอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้เกิดการแตกหักของชิ้นแบบหล่ออาจเกิดได้จากการมีส่วนคอด (undercut) เทคนิคการแกะออกจากวัสดุพิมพ์ปากที่ไม่ถูกต้องหรือการแกะแบบหล่อออกจากวัสดุพิมพ์ปากก่อนถึงเวลาการก่อตัวตามที่บริษัทกำหนด (Galindo และ Hagan, 1999) ในปี 1997 Schwedhelm และ Lepe ได้ทำการทดสอบความต้านทานต่อการ

แตกหักของพลาสติกอร์นินแม่แบบชนิดที่ 4 และ ชนิดที่ 5 ยี่ห้อต่าง ๆ โดยทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากล (Instron universal testing machine) ที่เวลา 0.5 1 12 และ 24 ชั่วโมง หลังจากทำการผสม จากผลการทดลอง Schwedhelm และ Lepe ได้แนะนำว่า ทุกผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบควรแกะแบบหล่อออกจากวัสดุพิมพ์ปากหลังจากผสมอย่างน้อย 12 - 24 ชั่วโมง เพื่อลดโอกาสที่จะทำให้เกิดการแตกหัก

ในอดีตที่ผ่านมา มีผู้ทำการทดลองเพื่อที่จะปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยิบซัม โดยการเติมสารเพิ่มประสิทธิภาพต่างๆ ในปี 1962 Ridge และ Boeli ได้นำเสนอผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่า สารแคลเซียมลิกโนซัลโฟเนต (calcium lignosulfonate) มีคุณสมบัติช่วยลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมปูนพลาสติกอร์นิน ซึ่งจะเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุหลังการก่อตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ สารลิกโนซัลโฟเนตยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของปูนพลาสติกอร์นินอีกด้วย (Budnikov และ Butt, 1948; Budnikov และคณะ Butt, 1956; Kirk, 1958) ต่อมาในปี 1971 Combe และ Smith ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบโดยใช้สารลิกโนซัลโฟเนต 3 ชนิดคือ แคลเซียมลิกโนซัลโฟเนต (calcium lignosulfonate) โซเดียมลิกโนซัลโฟเนต (sodium lignosulfonate) และลิกโนซัลโฟเนตทางการค้า (commercial lignosulfonate) ผสมกับส่วนผงของผลิตภัณฑ์ยิบซัม จากผลการทดลองของ Combe และ Smith พบว่าการใส่สารลิกโนซัลโฟเนตจะเพิ่มเวลาการก่อตัวและทำให้ชั้นหล่อยิบซัมจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น จำนวนรูพรุนลดลง และช่วยเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ แต่จะทำให้มีการขยายตัวขณะแข็งตัวเพิ่มมากขึ้น

ในปี 1981 Shen และคณะ ได้ศึกษาถึงสารละลายโปแทสเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต และสารละลายแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ที่มีผลต่อการเกิดผลึกและความแข็งแรงของยิบซัมซึ่งโปแทสเซียมซัลเฟตจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะลดเวลาการก่อตัวอย่างมาก เนื่องมาจากการเกิดของซินเจนไนต์ (syngenite; $K_2Ca(SO_4)_2 \cdot H_2O$) (Anusavice, 2003) และการผสมสารละลายแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต มีผลทำให้ปริมาณน้ำที่หลงเหลือในปูนยิบซัมหลังการก่อตัวมีการระเหยได้เร็วขึ้น ทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นในระยะเวลาที่สั้นลง ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าสารโปแทสเซียมซัลเฟตจะส่งผลให้ระยะเวลาก่อตัวลดลง และการขยายตัวขณะแข็งตัวลดลงแต่ไม่ทำให้กำลังแรงอัดเพิ่มขึ้น ส่วนสารแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาก่อตัว แต่จะทำให้มีการขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัลดลงและมีกำลังแรงอัดเพิ่มขึ้น

ปี 1984 Schneider และคณะ ได้ทำการศึกษาถึงกำลังแรงอัดและความแข็งแรงของพื้นผิวของชนิดที่ 4 พลาสติกอร์นินแม่แบบ เมื่อนำมาผสมด้วยของเหลวต่างชนิดกันเปรียบเทียบระหว่างการใช้สารเพิ่มความแข็งแรงยี่ห้อวิปมิคซ์ (Whip-Mix® hardener) สทอลไลท์ (stalite) น้ำกลั่น และสารละลายของยิบซัมที่ก่อตัวแล้ว (slurry water) ซึ่งพบว่าการใช้สทอลไลท์จะให้ค่ากำลัง

แรงอัดและความแข็งของพื้นผิวมากที่สุดและการใช้สารละลายของยิบซัมที่ก่อตัวแล้วจะให้ค่ากำลังแรงอัดและความแข็งของพื้นผิวน้อยที่สุด

การใช้สารสำหรับแทนที่น้ำ (water substitutes) เป็นวิธีการช่วยลดอัตราส่วนของน้ำต่อผงยิบซัม ซึ่งจะทำให้มีกำลังแรงอัดและความแข็งของพื้นผิวเพิ่มมากขึ้น (Overberger, 1968; Consani และ Ruhnke, 1975; Craig, 1980) แต่ต้องคำนึงถึงการขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัมด้วย ซึ่งสารเพิ่มความแข็งแรงของยิบซัม (gypsum hardener) ส่วนใหญ่มักจะทำให้การขยายตัวขณะแข็งตัวเพิ่มมากขึ้น (Hollenback และ Sullivan, 1964; Combe และ Smith, 1971) ซึ่งต่อมาในปี 1987 Hedge, Heibilli และ Johnston ได้ศึกษาถึงการใส่สารทำกระจายชนิดเหลว (Liquid dispersing agent; LDA) ในยิบซัมชนิดที่ 4 (Silky Rock) พบว่าสารทำกระจายชนิดเหลวมีคุณสมบัติในการเพิ่มกำลังแรงอัดร่วมกับการมีเวลาการก่อตัวที่นานขึ้นและไม่ทำให้การขยายตัวขณะแข็งตัวเพิ่มขึ้น ต่อมาในปี 1987 Hedge, Heibilli, และ Reisbick ได้ทำการทดลองโดยใช้สารเติมแต่งผลึกจุลภาค (Micro-crystalline additive agent; MCA) ผสมกับยิบซัมชนิดที่ 4 ซึ่งพบว่าสารดังกล่าวช่วยเพิ่มกำลังแรงอัด เพิ่มเวลาการก่อตัว และทำให้มีการขยายตัวขณะแข็งตัวที่ลดลง ในปี 1988 Zakaria และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบทั้งการใช้สารทำกระจายชนิดเหลวและสารเติมแต่งผลึกจุลภาค พบว่าสารเติมแต่งผลึกจุลภาคมีคุณสมบัติเป็นตัวหน่วงเวลาการก่อตัวมากกว่าของเหลวทำกระจายและการใช้ของเหลวทำกระจายปริมาณ 1.5 มิลลิลิตรและ 2 มิลลิลิตร ไม่มีส่วนช่วยต่อการเพิ่มกำลังแรงอัดเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับการศึกษาที่ผ่านมา

ในปี 1964 Ridge และ Boell ได้รายงานถึงผลของกัมอะราบิก (gum arabic) และแคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) ที่ทำให้ปูนปลาสเตอร์มีค่ามอดูลัสของการแตก (modulus of rupture) เพิ่มขึ้นและลดการขยายตัวขณะแข็งตัว ซึ่งต่อมาในปี 1982 Sanad, Combe และ Grant ได้ศึกษาโดยนำสูตรที่ Ridge และ Boell ที่ได้ใช้กัมอะราบิกและแคลเซียมออกไซด์ในการทดสอบร่วมกับการใช้กัมอะราบิกแห้ง (gum arabic dried) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) โดยได้ทำการทดสอบกับทั้งปลาสเตอร์หินและปูนปลาสเตอร์ จากการทดลองพบว่าทำให้มีความแข็งของพื้นผิว กำลังแรงอัด ความต้านแรงดึงและความต้านทานการขัดถูเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากชั้นห่อหุ้มยิบซัมมีความหนาแน่นมากขึ้น จึงช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ ให้ดีขึ้นและในปี 1996 Alsadi, Combe และ Yuan-aheng Cheng ได้ใช้กัมอะราบิกและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการปรับปรุงคุณภาพของปลาสเตอร์หินชนิดที่ 3 และแม่แบบปลาสเตอร์หินที่ปรับปรุงคุณภาพ (improve die stone, Die - Keen) ซึ่งพบว่าในปลาสเตอร์หิน

ชนิดที่ 3 จะช่วยเพิ่มความแข็งของพื้นผิว แต่ไม่มีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลอื่นๆ และในแม่แบบพลาสติกอร์หินที่ปรับปรุงคุณภาพจะมีคุณสมบัติเชิงกลต่างๆลดลง

นอกจากนี้ได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ยิบซัม โดยที่มีหลายบริษัทได้ผลิตพลาสติกอร์หินชนิดที่ 4 ที่มีการใส่เรซินเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงและคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ อีกทั้งยังช่วยลดการขยายตัวขณะแข็งตัวด้วย เนื่องจากการใช้เรซินจะทำให้เกิดการหดตัวจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage) ในปี 1991 Stav E. และคณะได้ทำการทดลองโดยใช้อะคริลาไมด์ (acrylamide) เพื่อช่วยในการเพิ่มความแข็งแรงให้กับยิบซัม โดยนำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมงและเข้าตู้อบที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังแรงอัด จากผลที่ได้พบว่า ยิบซัมที่ใช้อะคริลาไมด์ เป็นส่วนผสมจะมีค่ากำลังแรงอัดเพิ่มมากขึ้น แต่จากหลายการทดลองพบว่าให้ผลที่ต่างออกไป อาทิเช่น จากการทดลองของ Schwedhelm และ Lepe ในปี 1997 พบว่ายิบซัมชนิดที่ 4 ที่เสริมแรงด้วยเรซิน (resin reinforced) ที่มีในท้องตลาดไม่ได้ช่วยทำให้ความต้านทานต่อการแตกหักเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับยิบซัมชนิดที่ 4 แบบดั้งเดิม (Type IV conventional) และแนะนำว่าควรแกะแม่แบบพลาสติกอร์หินออกจากวัสดุพิมพ์ปากภายหลังจากทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง เพื่อลดโอกาสเกิดการแตกหักของแม่แบบพลาสติกอร์หิน โดยเฉพาะบริเวณที่เล็กและแคบ Schwedhelm และ Lepe พบว่าภายหลังจากที่ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จะทำให้ความต้านทานต่อการแตกหักมากกว่าที่เวลา ½ ชั่วโมงและ 1 ชั่วโมง เนื่องจากแม่แบบพลาสติกอร์หินยังมีปริมาณความชื้นหลงเหลืออยู่มาก นอกจากนี้ยังพบว่าหากมีปริมาณความชื้นลดลงจะช่วยเพิ่มความต้านทานการขจัดดูด้วย (Peyton.และคณะ, 1952; Lyon.และคณะ, 1987) ในปี 2000 Philip Duke และคณะได้ทดสอบการเปลี่ยนแปลงมิติ ความสามารถในการลอกรายละเอียด ความแข็งแรงของพื้นผิว ความต้านทานการขจัดดูและความแข็งแรงตามขวาง (transverse strength) พบว่ายิบซัมชนิดที่ 4 ที่เสริมแรงด้วยเรซินที่มีในท้องตลาดไม่ได้ให้ผลที่ดีกว่ายิบซัมชนิดที่ 4 ชนิดดั้งเดิม ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของ Spratley และคณะในปี 1972 และ Fan และคณะในปี 1981

ในปี 2002 Terry และคณะได้ทดสอบเปรียบเทียบความต้านทานการขจัดดูของยิบซัมชนิดที่ 4 แบบดั้งเดิมและยิบซัมชนิดที่ 4 ที่เสริมแรงด้วยเรซินก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

จากผลการทดลองของ Reza และคณะในปี 2002 พบว่ายิบซัมชนิดที่ 4 ที่เสริมแรงด้วยเรซิน มีการขยายตัวขณะแข็งตัวที่มากกว่ายิบซัมชนิดที่ 4 แบบดั้งเดิม

นอกจากการใส่สารพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยิบซัมแล้วยังได้มีการใช้วัสดุเคลือบที่ผิวของแม่แบบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ (Sanad.และคณะ,

1980; Fukui.และคณะ, 1980; Rosentile.และคณะ, 2000) ในปี 1974 Bajada และ Makinson พบว่าการใช้พอลิสไตรีน (polystyrene) เคลือบที่ผิวไม่ได้ช่วยในการปรับปรุงความแข็งผิวให้ดีขึ้น ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของ Fan และคณะในปี 1981 และจากการทดลองของ Lindquist และคณะในปี 2003 ที่ได้ใช้สารเคลือบผิวเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (surface hardener) 2 ชนิด คือ ไซยาโนอะไครเลท (cyanoacrylate) และ กีโตน-เบสค์เรซิน (Ketone – based resin) เคลือบที่ผิวของพลาสติกเทอร์นินชนิดที่ 4 และ 5 ซึ่งพบว่าการใช้สารเพิ่มความแข็งแรงให้กับแม่แบบ จะให้ผลที่ดีขึ้นเฉพาะกับการใช้ในขีบขั้มชนิดที่เหมาะสมกันเท่านั้น และการใช้สารเคลือบผิวจะช่วยลดการคูดน้ำได้ ในปี 2004 Harris และคณะ ได้ทำการทดสอบโดยใช้สารเคลือบผิวเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของแม่แบบ 2 ชนิดนี้เช่นกัน โดยทดสอบกับพลาสติกเทอร์นินชนิดที่ 3 4 และ 5 จากผลการทดลองพบว่าการใช้สารเคลือบผิวกลับมีผลทำให้พลาสติกเทอร์นินมีความแข็งผิวลดลง

แต่จากหลายๆ การศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบว่าการใช้สารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ขีบขั้มที่มีประสิทธิภาพโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติอื่นๆ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติบางประการของขีบขั้มชนิดที่ 4 ที่ใส่พอลิอะคริลาไมด์ โดยทำการทดสอบเวลาการก่อตัว กำลังแรงอัดที่ระยะเวลาต่างกันภายหลังการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ขีบขั้ม รวมทั้งผลกระทบของอะคริลาไมด์ต่อการขยายตัวขณะแข็งตัวด้วย และเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขีบขั้มต่อไป