

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)

(1) **ชื่อโครงการ** การเตรียมสารเคลือบผิวจากยางธรรมชาติอะคริเลท

คำสำคัญ ยางธรรมชาติอีพอกไซค์, ยางธรรมชาติอะคริเลท, สารเคลือบผิว

Preparation of Surface Coating from Acrylated Natural Rubber

Keywords Epoxidized natural rubber, acrylated natural rubber, surfactant coating

(2) **ชื่อหัวหน้าโครงการ**

รศ.ดร. ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์

หน่วยงาน

ภาควิชาวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000

โทรศัพท์

073 313930-50 ต่อ 1845

โทรสาร

073 335130

E-mail

kpairote@bunga.pn.psu.ac.th

(3) **ชื่อนักศึกษา**

นายทรงธรรม บุรณะ

หน่วยงาน

ภาควิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000

โทรศัพท์

015615219

โทรสาร

073 335130

E-mail

s4445606@mor-or.pn.psu.ac.th

(4) ชื่อและสถานที่ติดต่อของผู้บังคับบัญชาของหน่วยงานของหัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล	ผศ.สมปอง ทองผ่อง (คณบดี)
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000
โทรศัพท์	073 313930-50 ต่อ 1800
โทรสาร	0 7333 5130
E-mail	psompong@bunga.pn.psu.ac.th

(5) สาขาที่ทำกรวิจัย เคมียางและเทคโนโลยียาง

(6) ได้เสนอโครงการนี้ หรือโครงการที่มีส่วนเหมือนกับเรื่องนี้บางส่วนขอทุนจากแหล่งอื่นใดบ้าง

(√) ไม่ได้เสนอต่อแหล่งทุนอื่น

(7) งบประมาณตลอดโครงการ 100,000 บาท

(8) ระยะเวลาดำเนินการ 6 เดือน

(9) ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

วัตถุดิบที่เป็นยางธรรมชาติได้จากการกรีดจากต้นยางพารา ซึ่งให้ผลผลิตออกมาในรูปของเหลวที่มีลักษณะสีขาวคล้ายน้ำมันอยู่ในสภาพที่เรียกว่า สารแขวนลอย ที่เรียกกันว่า “น้ำยางสด” โดยจะมีเนื้อยางประมาณร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 45 ตามแต่ละชนิดของสายพันธุ์ยาง อายุของต้นยางและฤดูกาล น้ำยางสามารถไหลได้เองโดยอิสระประมาณ 12–15 centipoise จะมีความเป็นกรด-ด่าง ที่ pH 6.5 – 7.0 มีความหนาแน่นประมาณ 0.975–0.980 g/cm³ หลังจากนั้นนำน้ำยางสดมาทำให้มีการจับตัวโดยใช้สารเคมีและได้มีการผลิตออกมาจำหน่ายในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ยางแท่งที่ทีอาร์ ยางแท่งรมควัน ยางเครพ (crapes) และน้ำยางข้น (ชัยยุทธ และเลิศณรงค์, 2543)

สารเคลือบผิว (Surface coatings) เช่น สี มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อมนุษย์มากมายพอควร เช่น จิตรกรใช้สีเป็นสื่อแสดงออกถึงจินตนาการของตนในรูปแบบต่าง ๆ กัน นักอุตสาหกรรมใช้สารเคลือบผิวป้องกันพื้นผิววัสดุ โครงสร้างให้มีความคงทนถาวรขึ้น เป็นต้น โดยที่วัตถุประสงค์ของการ

เคลือบผิว เพื่อป้องกันพื้นผิววัสดุจากมลภาวะต่าง ๆ สารเคลือบผิวจะช่วยให้ผิวหน้าของวัสดุที่ถูกเคลือบมีความทนทานต่ออากาศ น้ำ และสารเคมีต่าง ๆ นอกจากนี้สารเคลือบผิวยังช่วยให้ผิวหน้าของวัสดุมีความแข็งแรงขึ้น ทนทานต่อการขัดสีได้มากขึ้น อายุการใช้งานยาวนานขึ้นและเพื่อตกแต่งให้แลดูสวยงามสี (อรอุษา, 2543)

ผลงานที่เกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกับงานที่ทำ

Shelton (1971) ได้กล่าวถึงธรรมชาติของปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันการเสื่อมสลายและความเสถียรของอีลาสโตเมอร์พบว่า การสังเคราะห์ด้วยวิธี Autooxidation ที่อุณหภูมิห้องโดยมีความร้อน แสง และตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ Peroxide แตกตัวเป็นอนุมูลอิสระและผลของการสลายตัวเป็นการตัดสายโซ่โมเลกุลของยาง Polyisoprene ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีหมู่ Methyl ketone อยู่ทั่วไปแล้วยังทราบว่ายางที่เสถียรมีสารประกอบซัลเฟอร์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นตัว Antioxidant

Cunneen (1973) and Tilleratne *et al.* (1977) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) การ พอลิเมอไรซ์ยางธรรมชาติ โดยการเติมไนโตรเบนซีนและสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะทรานซิชัน จะได้ยางที่มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ M_n 3,000

NG and Gan (1981) ได้ศึกษาปฏิกิริยาของยางธรรมชาติกับกรดอะคริลิกโดยมาทำปฏิกิริยากับกรดเปอร์ฟอร์มิกที่สามารถเตรียมได้จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างกรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำให้เกิดเปอร์เซนต์อีพอกไซด์มากขึ้น และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 1.71 โมลต่อลิตร และปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลาเกิน 24 ชั่วโมง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของวงแหวนอีพอกไซด์เป็น Tetrahydrofuran และ Glycol และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะพบว่ามีเกิดวง Tetrahydrofuran เพิ่มขึ้น เนื่องจาก การแตกของวงแหวนอีพอกไซด์

Kok (1985) ทำการศึกษาในการสลายโมเลกุลของยางธรรมชาติ (Natural Rubber ; NR) ด้วย ไนโตรเบนซีนภายใต้การฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต ยางธรรมชาติที่ใช้ในการสลายโมเลกุลจะอยู่ในรูปของ น้ำยาง และได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติที่มีการสลายโมเลกุล

Burfield (1987) ศึกษาการเกิด trans-epoxide ระหว่างปฏิกิริยา Photochemical oxidation ของยางธรรมชาติและ cis - polyisoprene ที่ได้จากการสังเคราะห์ถูกทำให้สลายตัวด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าได้ยางเหลว น้ำหนักโมเลกุลต่ำ เมื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้เทคนิค IR และ NMR แสดงให้เห็นว่ายางที่เตรียมได้มีหมู่ Hydroxy, Carbonyl และ Epoxide เป็นหมู่ฟังก์ชันซึ่งหมู่อีพอกไซด์ทำให้เกิด trans-configuration ได้เป็น trans-epoxide ไม่ใช่เป็นผลผลิตที่ได้ของ Radical oxidation แต่เหมาะที่จะเป็นตัวเร่งกระบวนการทำให้เกิด Stereospecific

De Livonniere (1988) ศึกษาการเตรียมยางเหลวจากยางธรรมชาติโดยปฏิกิริยาดีพอลิเมอไรเซชันโดยใช้สาร Oxido-reducing couple (Oxygen-Phenylhydrazine) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติจากประมาณ $0.6 \times 10^6 - 1.0 \times 10^6$ ลดลงเป็น $8 \times 10^3 - 20 \times 10^3$

Xuan and Decker (1993) ได้ทำการศึกษาพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดโครงสร้างตาข่ายด้วยแสงได้ โดยขึ้นอยู่กับหมู่เอคริเลทซึ่งหมู่เอคริเลทนี้ได้จากปฏิกิริยาการเปิดวงอีพอกไซด์ในยางธรรมชาติอีพอกไซด์โดยใช้กรดอะคริลิก จลนศาสตร์ของปฏิกิริยานี้ศึกษาได้จาก IR และเป็นไปตามกฎอัตราอันดับที่ 1 โดยยางธรรมชาติอะคริเลทจะเกิดการเชื่อมโยงเป็นโครงสร้างตาข่ายอย่างรวดเร็วเมื่อทำการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต ในขณะที่มีพวก Aryl ketone เป็นตัวริเริ่มที่แตกตัวด้วยแสงได้ จากจลนศาสตร์ของการเกิดปฏิกิริยาจะได้ค่าองศาของการอะคริเลชันเท่ากับ $3 \text{ mol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ และพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จะไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์และได้นำไปทดสอบค่าคุณสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็ง, ความยืดหยุ่น และการทนแรงกระแทก โดยที่เศษส่วนเจลและความแข็งของพอลิเมอร์จะเพิ่มขึ้นตามองศาของการอะคริเลชันและการดำเนินไปของปฏิกิริยาการเกิดโครงสร้างตาข่าย

Phinyocheep and Duangthong (1998) ได้ศึกษาการเตรียมยางธรรมชาติอีพอกไซด์เหลวที่มีหมู่ว่องไวต่อแสง โดยใช้การเติมหมู่ที่ว่องไวต่อแสงด้วยการใช้ Acrylic acid เติมลงในยางธรรมชาติอีพอกไซด์เหลวที่เตรียมได้ก่อนหน้าและได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเติมกรดอะคริลิกลงไป โดยมีกราฟอัตราส่วนระหว่าง Epoxide / Methyl โดยอาศัยเทคนิค FT - IR โดยยางธรรมชาติอีพอกไซด์เหลวที่มีหมู่ว่องไวต่อแสงที่เตรียมได้นำไปทำให้เกิดโครงสร้างตาข่ายโดยแสงอัลตราไวโอเล็ตและใช้วิธีการ Photocalorimetry เพื่อศึกษาการดำเนินไปของปฏิกิริยา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ Diacrylate monomer และความเข้มข้นของตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาที่แตกตัวโดยใช้แสง

Tangpakdee *et al.*, (2001) ศึกษาการตัดสลายยางธรรมชาติที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยการออกซิเดชันยางธรรมชาติโปรตีนต่ำโดยการเร่งปฏิกิริยาด้วยโลหะ โดยนำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำมาทั้งในรูปน้ำยางและในรูปสารละลาย และยางธรรมชาติโปรตีนต่ำที่สกัดด้วยอะซิโตนมาเติมด้วย 1 p.h.r. Co(acac)₂ แล้วนำไปเขย่าที่ 135 r.p.m. อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปตก ตะกอนใหม่ 3 ครั้ง ด้วยสารละลายโทลูอินในเมทานอล แล้ววัดความหนืดโดย Ubbelohde viscometer รวมทั้งหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยจำนวน จาก vapour pressure osmometry และ วิเคราะห์โครงสร้างด้วยเครื่อง FTIR , ¹H-NMR และ ¹³C-NMR พบว่าค่าความหนืดของยางธรรมชาติในรูปสารละลายเกิดการสลายตัวได้ง่ายกว่าในรูปน้ำยาง และค่าความหนืดของยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ และยางธรรมชาติโปรตีนต่ำที่สกัดด้วยอะซิโตนมีค่า $[\eta] = 1.2$ และ $[\eta] = 0.7$ ตามลำดับ

ได้ค่า Degree of polymerization (DP_n) จาก vapor pressure osmometry (VPO) ประมาณ 97 ซึ่งคิดเป็นค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยจำนวน (M_n) ประมาณ 6.6×10^3

Bajpai et al., (2002) ได้ศึกษาการทำให้ยางเกิดโครงสร้างร่างแหโดยใช้รังสีในศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้จะใช้ Novolac ซึ่งรู้จักกันในชื่อ Bisphenol-A based epoxy acrylated หรือ Vinyl ester resin (VERs) โดยที่จะศึกษาในส่วนของกรดคาร์บอกซิลิกและการพอลิเมอไรเซชัน โดยที่การทดลองนี้จะทำการเตรียมสายโซ่พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยใช้สารที่ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหที่มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะหมู่คีโตนหรือสารที่มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะหลายหมู่ และจากการทดลองพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของตัวริเริ่มที่แตกตัวด้วยแสงเท่ากับ 5% ซึ่งในการทดลองใช้ 2,2-Diethoxyacetophenone เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่แตกตัวด้วยแสง

Okieimen et al. (2002) ได้ศึกษาลักษณะพิเศษและคุณสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ (Natural Rubber ; NR) ที่ปรับปรุงด้วยยางธรรมชาติเหลว (Liquid Natural Rubber ; LNR) ซึ่งยางธรรมชาติเหลวได้มาจากการตัดสายโซ่โมเลกุลของน้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex ; NLR) โดยใช้ ในโตรเบนซีนเป็น depolymerizing agent เพื่อให้ได้ยางที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ความเข้มข้นของ ในโตรเบนซีนที่เหมาะสมในการตัดสายโซ่โมเลกุลของยางธรรมชาติคือ 2.0 และ 2.5 phr

10. วัตถุประสงค์

- 10.1 เพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างยางอีพอกไซด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกับกรดอะคริลิก
- 10.2 เพื่อศึกษาการเตรียมสารเคลือบผิวจากยางธรรมชาติอะคริลิก
- 10.3 เพื่อศึกษาสมบัติของสารเคลือบผิว

11. ทางเลือกและแนวการแก้ปัญหา

เป็นความพยายามในการใช้ยางธรรมชาติซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับต้น ๆ ของประเทศมาใช้ภายในประเทศให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ในงานวิจัยนี้เป็นการเตรียมยางธรรมชาติอะคริลิกจากยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกับกรดอะคริลิก ทั้งนี้การศึกษานี้จะใช้ยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำในรูปอีพอกไซด์ซึ่งได้จากปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันของยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลซึ่งได้จากการคัดพอลิเมอไรเซชันน้ำยางธรรมชาติด้วย phenylhydrazine/ O_2 ทำให้ยางธรรมชาติอะคริลิกเกิดโครงสร้างตาข่ายโดยใช้ Irgacure 184 เป็น photoinitiator และ ใช้ 1,6-Hexanediol Diacrylate (HDDA) เป็น photocrosslinker ผสมเข้าด้วยกันและทาบनผิววัสดุที่จะเคลือบ แล้วนำไป ฉายด้วย UV lamp ทำให้เกิดโครงสร้างตาข่ายเคลือบบนผิวของวัสดุ

12. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

12.1 สามารถเตรียมสารเคลือบผิวจากยางธรรมชาติอะคริเลท

12.2 ทราบสมบัติที่เหมาะสมของยางธรรมชาติอะคริเลทเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

13. แนวในการดำเนินงาน

13.1 เตรียมยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจากยางธรรมชาติ

นำน้ำยางชั้น (60% DRC) มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้น้ำยางธรรมชาติ 10% DRC ใน reaction kettle ที่ต่ออยู่กับคอนเดนเซอร์และ Magnetic stirrer ซึ่งแช่อยู่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เติม 3 phr Teric N-30 และกวนประมาณ 30 นาที และเติม phenylhydrazine.HCl 12×10^{-4} mol/ กรัมของยางและเติมอากาศแล้วกวนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำยางบางส่วนออกมาจับตัวด้วยอะซิโตน ทำยางให้เป็นแผ่นบาง ๆ และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40°C ในตู้อบ นำยางที่ได้พิสูจน์โครงสร้างโดยใช้เครื่อง FT-IR และหาความหนืดโดย Ubbelohde viscometer

13.2 เตรียมยางธรรมชาติอิพอกไซด์จากยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

นำยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่ได้ (น้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงประมาณ 10,000-20,000) มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 150 มล. และทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอร์มิค วาง reaction kettle ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เติมกรดฟอร์มิค 20% โมล (เทียบกับหน่วยไอโซปรีน) และเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 40% โมล (เทียบกับหน่วยไอโซปรีน) กวนสารผสมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารที่ได้มาจับตัวด้วยอะซิโตนและให้แห้งที่อุณหภูมิ 40°C ในตู้อบ นำยางอิพอกไซด์ที่ได้พิสูจน์โครงสร้างด้วยเครื่อง FT-IR

13.3 ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติอิพอกไซด์กับกรดอะคริลิก

ผสมยางอิพอกไซด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกับกรดอะคริลิกในโทลูอีนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทุก ๆ 1 ชั่วโมง นำสารผสมออกมาจับตัวด้วยอะซิโตน ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 40°C ในตู้อบสูญญากาศ นำยางอะคริเลทที่ได้มาพิสูจน์โครงสร้างด้วยเครื่อง FT-IR และคำนวณหา % Acrylation ของปฏิกิริยา

13.4 เตรียมยางธรรมชาติให้เกิดโครงสร้างตาข่ายด้วยแสง

ผสมยางอะคริเลทกับ Irgacure 184 และ 1,6-Hexanediol diacrylate (HDDA) ในโทลูอีน นำสารละลายที่เตรียมได้ไปเคลือบลงบนแผ่นกระจกแล้วนำไปฉายด้วย UV lamp เป็นเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วินาที

13.5 เตรียมยางธรรมชาติเพื่อใช้เป็นสารเคลือบผิว

นำสารเคลือบผิวบนกระจกไปทดสอบระยะแห้งแห้งแล้วนำไปแช่ลงในสารละลายในสภาวะต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ASTM D1647-89 ซึ่งประกอบด้วยสารละลาย 2% H_2SO_4 , 2% NH_4OH และน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องภายในระยะเวลา 20 นาที, 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง แล้วรายงานผลเป็น 4 ระดับ คือ

ระดับที่ 1: ภายในระยะเวลา 20 นาทีหลังการแช่ สารเคลือบผิวเกิดเป็นฝ้าสีขาว หรือ เกิดการพอง หรือ เกิดบัพพองอื่น ๆ

ระดับที่ 2: ระยะเวลาผ่านไป 20 นาทียังไม่เกิดการบัพพอง แต่ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง เกิดข้อบกพร่องของสารเคลือบผิว

ระดับที่ 3: ระยะเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง ยังไม่เกิดข้อบกพร่อง แต่ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง เกิดข้อบกพร่องของสารเคลือบผิว

ระดับที่ 4: เมื่อระยะเวลาผ่านไปครบ 24 ชั่วโมงสารเคลือบผิวไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

14. ผลการดำเนินงานโดยย่อ

จากการนำน้ำยางธรรมชาติไปหาน้ำหนักโมเลกุลด้วยเครื่อง Gel Permeable Chromatography (GPC) ก่อนการนำน้ำยางธรรมชาติไปลดน้ำหนักโมเลกุลได้ค่าน้ำหนักโมเลกุล (M_w) เท่ากับ 1,029,690 หลังจากการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติโดยใช้ Phenylhydrazine hydrochloride 6×10^{-4} mol / g rubber ในสภาวะออกซิเจนที่อุณหภูมิ $60^\circ C$ ได้ยางธรรมชาติเหลวที่มีลักษณะของเหลวหนืด สีน้ำตาลและมีน้ำหนักโมเลกุล (M_w) เท่ากับ 162,360

การใช้กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งใช้ปริมาณกรดฟอร์มิก 20% และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% ของจำนวนโมลยางธรรมชาติเหลวนั้นจะได้ % Epoxidation เท่ากับ 18.03%

การทำปฏิกิริยาอะคริเลชันโดยใช้ปริมาณกรดอะคริลิก 2 ส่วน ต่อ ยางธรรมชาติออกไซด์เหลว 1 ส่วน โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ $60^\circ C$ พบว่าที่เวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ได้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของการเกาะติดของกรดอะคริลิกเท่ากับ 10 %

สารเคลือบผิวที่เหมาะสมเตรียมได้จากใช้ ALNR : HDDA : Irgacure 184 เท่ากับ 100 : 60 : 5 โดยฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นเวลา 4 นาที ทำให้เกิดโครงสร้างตาข่ายมีลักษณะของฟิล์มแข็งเคลือบบนแผ่นกระจกทดสอบ

การทดสอบความทนทานของสารเคลือบผิวต่อสารละลายต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ASTM D1647 - 89 โดยการนำแผ่นกระจกทดสอบที่ผ่านการเคลือบผิวแล้ว ไปทดสอบความทนทานต่อสารละลายกรดซัลฟิวริก 2% โดยปริมาตร, สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยปริมาตรและน้ำกลั่นที่

อุณหภูมิห้อง ผลจากการทดสอบสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ปรากฏว่าสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ทั้งหมดสามารถทนได้ดีมากต่อสารละลายกรดซัลฟิวริกกับน้ำกลั่น แต่ทนต่อสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ได้ดี