

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การคัดเลือกปัจจัยที่จะศึกษาถึงผลกระทบต่อความแข็งแรงในการยึดเกาะ

การศึกษาถึงผลของน้ำยาชุบเคมีที่กระทบต่อค่าความแข็งแรงในการยึดเกาะ ของ ผ้าใบยางรถยนต์ชนิดโพลีเอสเตอร์นั้น ปัจจัยที่สำคัญทั้งในส่วนของการกระบวนการชุบน้ำยาชั้นใน (Predip) และ ชั้นนอก (Top coat) ที่รวบรวมมาจากการค้นคว้าวิจัยของบริษัท ผู้เชี่ยวชาญทางเคมีที่มีประสบการณ์สูงในอุตสาหกรรมผ้าใบยางรถยนต์ งานวิจัยจากต่างประเทศ และสิทธิบัตร ในต่างประเทศ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงในการยึดเกาะของผ้าใบยางรถยนต์กับ ยางมากมาย การคัดเลือกปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย จึงต้องคัดเลือกปัจจัยที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ ในการวิจัย และให้ประโยชน์สูงสุด ภายใต้ระยะเวลา และ ทรัพยากรที่มี ซึ่งหลักเกณฑ์ในการ คัดเลือกปัจจัย การออกแบบการทดลอง การควบคุมความแปรปรวน การกำหนดระดับในการ ทดลอง และขั้นตอนในการวิจัย จะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสูตรและ สารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำยาชุบผ้าใบถือว่าเป็นความลับที่สำคัญอย่างยิ่ง ต่อขีดความสามารถในการ แข่งขันในอุตสาหกรรมการผลิตผ้าใบยางรถยนต์ ดังนั้นด้วยเหตุผลทางธุรกิจ ชื่อของสารเคมีและ ระดับของปัจจัยในงานวิจัยนี้จึงไม่สามารถเปิดเผยได้ ซึ่งจะใช้ชื่อปัจจัยแฝงเป็นตัวอักษร ภาษาอังกฤษ (A, B, C, D, E, F, G) แทน รวมทั้งระดับของปัจจัยที่ทำการทดลองก็จะถูกเข้ารหัส เพื่อรักษาศักยภาพในการแข่งขันของบริษัทเอาไว้

3.1.1 หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกส่วนประกอบทางเคมีของน้ำยาชุบผ้าใบยางรถยนต์

3.1.1.1 สารเคมีที่เลือกใช้ในการวิจัยนี้ เป็นสารเคมีทั้งที่มีการใช้สำหรับการผลิต ปัจจุบันในบริษัท รวมทั้ง สารเคมีจากหลายสูตรของน้ำยาซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยของต่างประเทศ ว่ามีผลต่อค่าความแข็งแรงในการยึดเกาะ (Adhesion) ของผ้าใบยางรถยนต์ชนิดโพลีเอสเตอร์

3.1.1.2 สารเคมีที่เลือกใช้ในการวิจัยนั้น เป็นสารเคมีที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหา อนุภาคสะสมในกระบวนการผลิต และกระทบต่อผลผลิตในการผลิต

3.1.1.3 สารเคมีที่เลือกใช้ในการวิจัยนั้น ต้องสามารถเตรียมได้ในห้องปฏิบัติการด้วย อุปกรณ์ เครื่องมือ และระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่มีในห้องปฏิบัติการได้อย่างเพียงพอ โดยไม่กระทบต่อความแปรปรวนของคุณสมบัติของน้ำยา หรือความถูกต้องของผลทดสอบ

3.1.1.4 สารเคมีที่เลือกนั้นต้องสามารถเตรียมได้ในห้องปฏิบัติการ ด้วยอุปกรณ์และมาตรฐานความปลอดภัยที่พอเพียงที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติการทดลอง

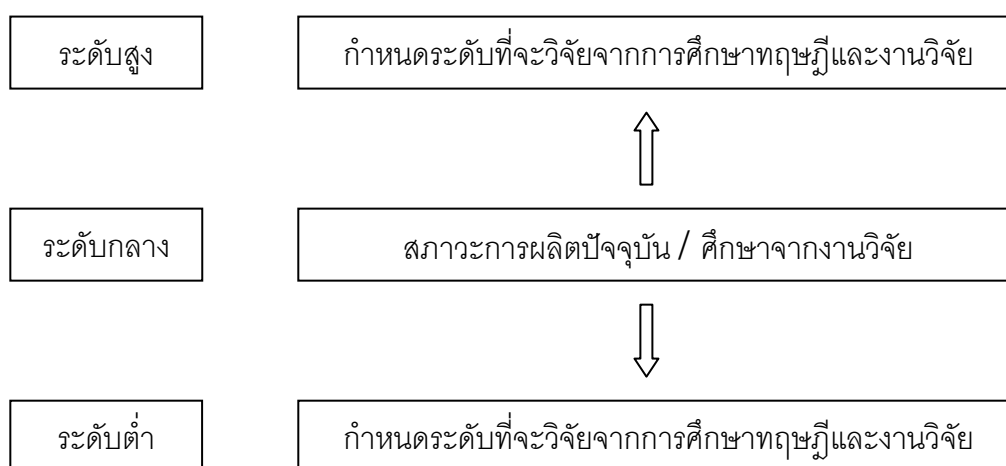
3.1.1.5 ท้ายสุดสารเคมี 7 ตัว ได้ถูกคัดเลือกมาทำวิจัย ได้แก่ปัจจัย A, B, C, D, E, F, G โดยมีวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กันดังนี้ เพื่อตรวจสอบอิทธิพลต่อผลตอบสนอง หาระดับที่เหมาะสม และ ลดปริมาณการใช้ หรือความเป็นไปได้ที่จะไม่ใช้ของสารเคมีบางตัวเพื่อแก้ปัญหาอนุภาค สะสมการผลิตโดยที่ไม่กระทบต่อผลตอบสนอง

ตารางที่ 3.1 วัตถุประสงค์ของปัจจัยที่ถูกเลือกในการทำวิจัย

ปัจจัย	กลุ่มของปัจจัย	อิทธิพลต่อ ความ แข็งแรง	หาระดับที่ เหมาะสม	ลดปริมาณ การใช้เพื่อ ลดต้นทุน	ลดการใช้ เพื่อลด ปัญหา อนุภาค สะสม
A	สารเคมีในน้ำยาชั้นนอก	ใช่	ใช่		
B	สารเคมีในน้ำยาชั้นนอก	ใช่	ใช่	ใช่	
C	สารเคมีในน้ำยาชั้นใน	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
D	สารเคมีในน้ำยาชั้นใน	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
E	สารเคมีในน้ำยาชั้นใน	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
F	สารลดแรงตึงผิวในน้ำยาชั้นใน	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
G	สารเพิ่มความหนืดในน้ำยาชั้นใน	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่

3.2 การกำหนดระดับของปัจจัย (Levels)

การกำหนดระดับของปัจจัยหลักและปัจจัยที่ควบคุมในการทดลองนี้ จะกำหนดระดับของปัจจัย (Levels) เป็นแบบคงที่ (Fixed Level) เนื่องจากเป็นปัจจัยที่กำหนดค่าได้แน่นอน โดยส่วนใหญ่ใช้สภาวะการผลิตในปัจจุบันไว้ที่ระดับกลางแล้วกำหนดเพิ่มขึ้นและลดลงของแต่ละปัจจัย อย่างละหนึ่งระดับ เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับสภาวะการผลิตในปัจจุบัน และหาสภาวะที่เหมาะสม โดยช่วง (Range) ที่ศึกษาจะอาศัยความรู้ และงานวิจัยที่ศึกษามาช่วยในการตัดสินใจกำหนดระดับของปัจจัย



ภาพที่ 3.1 การกำหนดระดับของปัจจัยในการวิจัย

3.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables)

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) จะกำหนดตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยพิจารณาวิธี (Method) ในการประเมินผลตอบสนองที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุด และ เหมาะสมกับการทดสอบแบบคอर्ड ขนาดของยางดิบที่มี และโมลที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้การทดสอบแบบคอर्ड Peel out ตามมาตรฐาน ASTM D4393

3.4 การเลือกแผนการออกแบบการทดลอง

3.4.1 การกรองปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญในการทดลองขั้นต้น

เนื่องจากคัดเลือกปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งแรงในการยึดเกาะ และมีผลต่ออนุภาคสะสมในกระบวนการผลิต มาทำวิจัยทั้งหมดมี 7 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ซึ่งจำนวนปัจจัยค่อนข้างมาก ดังนั้นแผนการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ (2^k Factorial Design) จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการวิจัยเนื่องจากใช้ตัวอย่างน้อย ประหยัดเวลา และทรัพยากร แต่พอเพียงที่จะพิจารณาได้ว่าปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง ปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลน้อยหรือไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง รวมทั้งยังสามารถพิจารณาอิทธิพลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยต่างๆได้ด้วยซึ่งจะใช้การทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomization) เพื่อกระจายอิทธิพลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และป้องกันความไม่สม่ำเสมอของเครื่องจักร ผู้ทำการทดลอง และผู้ทดสอบ

3.4.2 การหาระดับของปัจจัยที่ให้ผลตอบสนองที่สูงที่สุด

เมื่อได้ ปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบสนองจากการทดลองขั้นต้นแล้ว จะสามารถสร้างแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น ซึ่งจะสามารถหาหาระดับของปัจจัยที่ให้ผลตอบสนองที่สูงที่สุดได้ต่อจากการทดลองการป้อนขึ้นด้วยทางที่ชันที่สุด

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ระดับของปัจจัยที่สนใจคัดเลือกมา 7 ปัจจัย (A, B, C, D, E, F, G) จะถูกแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนการทดลอง ตามภาพที่ 3.2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การทดลองขั้นที่ 1 คือการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 ของปัจจัย F และ G จำนวน 2 เพลลิกेट โดยที่ปัจจัยทั้งสองนี้คือสารลดแรงตึงผิว และสารเพิ่มความหนืด ซึ่งไม่ได้เป็นสารที่ทำหน้าที่สร้างปฏิกิริยาเคมีการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของโพลิเอสเตอรักับยาง แต่ใส่ในน้ำยาเพื่อวัตถุประสงค์อื่นในการผลิต อย่างไรก็ตาม การใส่สาร F และ G นี้มีส่วนที่ทำให้เกิดปัญหาอนุภาค

สะสมในกระบวนการผลิต ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยทั้งสองต่อผลตอบสนอง (ค่าความแข็งแรงในการยึดเกาะ) เพื่อพิจารณาว่าสามารถตัดหรือลดสารเคมี F และ G ในน้ำยาโดยไม่มีผลกระทบ (หรือกระทบน้อย) ต่อความแข็งแรงในการยึดเกาะ ด้วยเหตุนี้ระดับต่ำของปัจจัย F และ G ในการทดลองนี้คือไม่มีสาร F และ G ในน้ำยา และระดับสูงคือการใส่สาร F และ G ในน้ำยา

3.5.2 การทดลองขั้นที่ 2 จะขึ้นอยู่กับผลการทดลองขั้นที่ 1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณี กรณีที่ 1 คือ ถ้าผลการทดลองในขั้นที่ 1 พบว่าการใส่ปัจจัย F และ G ไม่มีอิทธิพลในทางบวกต่อผลตอบสนอง การทดลองในขั้นที่ 2 จะดำเนินการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ 1 บล็อกต่อ 1 เพลทเคตของ 5 ปัจจัยที่เหลือ คือปัจจัย A, B, C, D และ E โดยพิจารณาผลการทดลองของเพลทเคตที่ 1 ว่าสามารถยุบจากการทดลองแบบไม่มีเพลทเคตของ 5 ปัจจัยเป็นการทดลองแบบมีเพลทเคตของ 5 – n ปัจจัยได้หรือไม่ ถ้าไม่สามารถยุบรวมผลของปัจจัยใด ไปรวมกับค่าผลรวมกำลังสองของความผิดพลาดได้ก็จะดำเนินการทดลองเพลทเคตที่ 2 ของทั้ง 5 ปัจจัยต่อ

3.5.3 กรณีที่ 2 คือกรณีที่การทดลองในขั้นที่ 1 มีปัจจัย F หรือ G เพียงตัวเดียวที่มีอิทธิพลในทางบวกต่อผลตอบสนอง การทดลองในขั้นที่สองจะดำเนินการโดยทำการทดลองแบบ เศษส่วนแฟกทอเรียลของ 2^{6-1} จำนวน 32 การทดลองต่อ 1 เพลทเคต โดยจะมุ่งพิจารณาอิทธิพลของผลหลัก และ อันตรกิริยาของ 2 ปัจจัย และละเลยผลของอันตรกิริยาของ 4, 5 และ 6 ปัจจัยซึ่งถือว่ามีผลน้อยมากออกไป จากนั้นวิเคราะห์ผลที่ได้ว่าสามารถลดรูปการทดลองเชิงเศษส่วนแฟกทอเรียลแบบ 2^{6-1} ปัจจัย เป็นการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่สมบูรณ์ (Full Factorial) แบบ 2^5 , 2^4 หรือ 2^3 ปัจจัยได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็ทดลองอีกเศษส่วนที่เหลือต่อให้กลายเป็น Full Factorial

3.5.4 กรณีที่ 3 คือกรณีที่การทดลองในขั้นที่ 1 พบว่าทั้งปัจจัย F และ G มีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง การทดลองในขั้นที่สองจะทำการทดลองเชิงเศษส่วนแฟกทอเรียลของ 2^{7-2} ปัจจัย จำนวน 32 การทดลองต่อ 1 เพลทเคต โดยจะมุ่งพิจารณาอิทธิพลของผลหลัก และ อันตรกิริยาของ 2 ปัจจัย และละเลยผลของอันตรกิริยาของ 4, 5, 6 และ 7 ปัจจัยซึ่งถือว่ามีผลน้อยมากออกไป จากนั้นวิเคราะห์ผลที่ได้ว่าสามารถลดรูปการทดลองเชิงเศษส่วนแฟกทอเรียลแบบ 2^{7-2} ปัจจัย เป็นการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่สมบูรณ์ (Full Factorial) แบบ 2^6 , 2^5 หรือ 2^4 ปัจจัยได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็ทดลองอีก 3 เศษส่วนต่อให้กลายเป็น Full Factorial

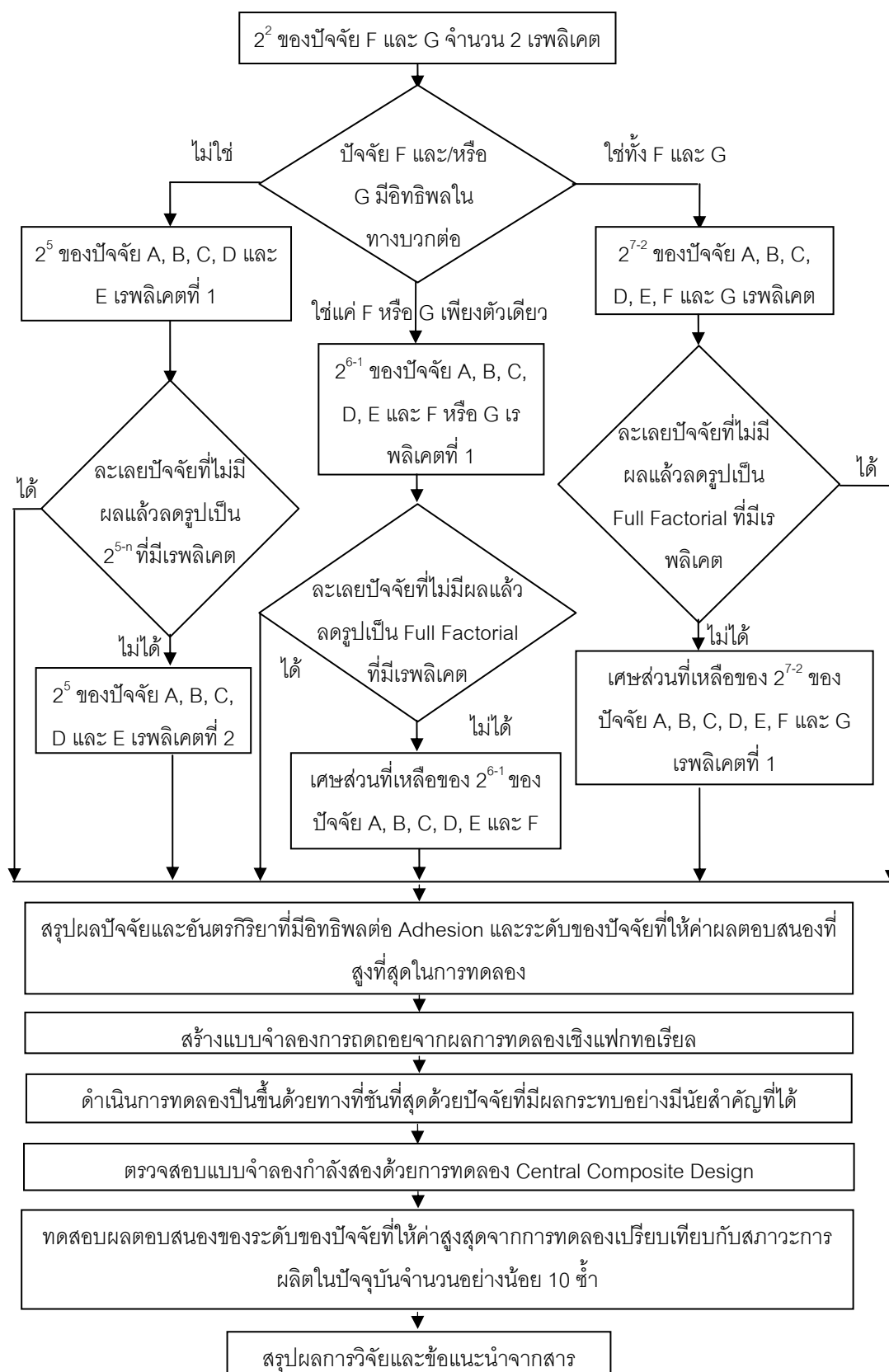
3.5.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุปผลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งแรงในการยึดเกาะของผ้าใบยางรถยนต์โฟลีโอสเตอร์ รวมทั้งสร้างแบบจำลองการถดถอย (Regression Model) จากผลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่ได้

3.5.6 การทดลองขั้นที่ 3 คือการดำเนินการทดลองป็นขั้นด้วยทางที่ชันที่สุด ด้วยปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญที่ได้จากการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

3.5.7 การทดลองขั้นที่ 4 คือการตรวจสอบแบบจำลองกำลังสอง ด้วยการทดลอง Central Composite Design

3.5.8 การทดลองขั้นที่ 5 คือการทดสอบผลตอบแทน ของระดับที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองเทียบกับ ระดับของสภาวะการผลิตในปัจจุบันจำนวนอย่างน้อย 10 ชั่ว เพื่อเปรียบเทียบหาสภาวะที่เหมาะสม

3.5.9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากสารนิพนธ์



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.6 การควบคุมความแปรปรวนของปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 กำหนดตายตัวผู้ปฏิบัติการทดลอง และผู้ทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดเกาะเพื่อลดความแปรปรวนจากปัจจัยเรื่องคน

3.6.2 ใช้โพลีเอสเตอร์คอร์ตชนิด HMLS Non-Activated 1500D/2 ; 390 x 390 เกลียวต่อเมตร จากลูกมาตรฐานลูกเดียวเป็นคอร์ตมาตรฐานในการทดสอบตลอดการทดลอง เพื่อลดความแปรปรวนจากคอร์ตที่ใช้ทดสอบ

3.6.3 ใช้อุปกรณ์การเตรียมน้ำยา และอุปกรณ์ในการทดสอบที่ได้รับการสอบเทียบมาตรฐาน และมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าเกณฑ์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ โดยกำหนดให้ดำเนินการทดลองที่เครื่องเดิมตลอดทั้งการวิจัยได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก, ตู้อบ, Curing Press, และ เครื่องทดสอบความแข็งแรง (Tensile Strength Tester) เพื่อลดความแปรปรวนจากเครื่องจักรและอุปกรณ์

ตารางที่ 3.2 ความละเอียดของอุปกรณ์ในการทดลอง

อุปกรณ์	ความละเอียดในการวัดของอุปกรณ์	ความผิดพลาดจากการสอบเทียบมาตรฐาน ณ ปัจจุบัน	เกณฑ์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ในการทดลอง
เครื่องชั่งน้ำหนัก	0.01 กรัม	- 0.03 กรัม	+/- 0.1 กรัม
ตู้อบ	0.1 C	+ 0.7 C	+/- 2 C
Curing Press	0.1 C	+ 1.5 C	+/- 2 C
เครื่องทดสอบความแข็งแรง	0.001 ก.ก.	- 0.003 ก.ก.	+/- 0.1 ก.ก.

3.6.4 การทดลองในเรพลิเคตเดียวกัน จะเตรียมจากสารเคมีและน้ำยาในล็อตเดียวกัน

3.6.5 ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และควบคุมอายุของ น้ำยาที่ใช้ทดลองไม่เกิน 3 วันนับจากวันเตรียม เพื่อลดผลกระทบของความแปรปรวนจาก บรรยากาศแวดล้อม

3.6.6 คอร์ดชุปน้ำยาจะถูกใส่ไว้ในถุง Polyethylene และ เก็บไว้ในตู้ทึบที่หลังชุปน้ำยา เพื่อ ป้องกันความชื้นและแสง UV ระหว่างรอทดสอบ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปชื่อ Minitab Release 14 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลจากการออกแบบการทดลอง โดยในการวิจัยนี้จะกำหนดช่วงความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% หรือกำหนดค่า α เท่ากับ 0.05

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลอง จะ ประกอบด้วย การตรวจสอบต่างๆ ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ โดยตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลว่าเป็นแบบปกติหรือไม่
2. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล
3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน