

บทที่ 3  
วิธีดำเนินการวิจัย



วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างอีพอกซี และอีพอกซีคอมโพสิต

3.1.1 อีพอกซีเรซิน(Epoxy resin)

เป็นชนิด Modified multifunctional epoxy resin ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง Epichlorohydrin และ Phenolformaldehyde novalac

ลักษณะ	:	ของเหลวสีอำพัน
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	:	1.16-1.22 ที่ 20 °C
ความหนืด(cPs)	:	20,000-40,000
การละลายน้ำ	:	ไม่ละลาย
จุดเดือด	:	สลายตัวก่อนถึงจุดเดือด
กลิ่น	:	อีพอกซีอ่อน

ที่มา : บริษัทไทยอีพอกซีแอนคัลติลลาคส์โปรดักส์จำกัด

3.1.2 นำยาแข็ง(Hardener)

เป็นชนิด Modified Cycloaliphatic amine ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง Modified amine และ Benzyl alcohol

ลักษณะ	:	ของเหลวใส
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	:	1.05 ที่ 20 °C
ความหนืด(cPs)	:	250-350
การละลายน้ำ	:	ละลาย
จุดเดือด	:	> 200 °C
กลิ่น	:	ระคายเคือง

ที่มา : บริษัทไทยอีพอกซีแอนคัลติลลาคส์โปรดักส์จำกัด

### 3.1.3 แม่สีเรซิน

เป็น Phthalocyanin carbon black and Titanium dioxide in polyester resin

ลักษณะ	:	Paste
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	:	1.30 ที่ 20 °C
การละลายน้ำ	:	ละลาย
จุดเดือด	:	200 °C
กลิ่น	:	อ่อน

### 3.1.4 ททราย(Silica)

ลักษณะ	:	ผงสีขาว
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	:	2.65 ที่ 20 °C
Mesh No.	:	100
ขนาดอนุภาค(ไมครอน)	:	150

### 3.1.5 สารปรับแต่งประเภท Levelling

เป็น Solution of polyacrylate ประกอบด้วย Di-isobutyl ketone และ Solvent naphtha

ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	:	1.05 ที่ 20 °C
ปริมาณการใช้(%)	:	0.20

หน้าที่ : ปรับปรุงคุณสมบัติทางด้าน Levelling และ ความเงา(gloss) ช่วยลดปัญหาการเกิดคลื่น(Long wave effect) และหลุม(Crater) ในระบบ  
ที่มา : บริษัท โคลอสซอลอินเตอร์เนชันแนลจำกัด

### 3.1.6 สารปรับแต่งประเภท Air release

เป็น Solution of foam destroying polymers and polyxilanes ประกอบด้วย hydrocarbon

ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	:	1.05 ที่ 20 °C
ปริมาณการใช้(%)	:	0.50-1.00

หน้าที่ : ไล่ฟองอากาศที่เกิดขึ้นสู่ผิวภายนอก ป้องกันการเกิดรูและฟองอากาศที่  
ภายในชิ้นงาน และช่วยปรับปรุงการไหลให้ดีขึ้น  
ที่มา : บริษัทโคลอสซอลอินเตอร์เนชันแนลจำกัด

### 3.1.7 สารปรับแต่งประเภท Wetting and dispersing

เป็น Solution of a boric ester ซึ่งประกอบด้วย Methylpropan-1-ol;isobutanol,  
1-Methoxy-2-propanol; monopropylene glycol methylether, Boric acid ester และ  
Xylene

ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	:	0.80 ที่ 20 °C
ปริมาณการใช้(%)	:	0.50-1.00

หน้าที่ : ลดความหนืด จึงช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านการไหล ทำให้เกิด  
Levelling ได้ดีขึ้น  
ที่มา : บริษัทโคลอสซอลอินเตอร์เนชันแนลจำกัด

## 3.2 การทำตัวอย่างอีพอกซี และอีพอกซีคอมโพสิต

### 3.2.1 การเตรียมตัวอย่างอีพอกซี และอีพอกซีคอมโพสิต

3.2.1.1 ตัวอย่างอีพอกซี ให้นำอีพอกซีเรซิน ผสมกับน้ำยาแข็งตามอัตราส่วนโดย  
ใช้ความเร็วรอบของเครื่อง 30 รอบต่อนาที ระยะเวลาในการผสม  
หลังจากเติมน้ำยาแข็ง 18-20 นาที

3.2.1.2 ตัวอย่างอีพอกซีคอมโพสิต ให้นำอีพอกซีเรซิน ผสมกับสารปรับแต่ง  
สารเสริมแรงให้เข้ากันครั้งละน้อยตามลำดับจนหมด จากนั้นตามด้วย  
น้ำยาแข็งตามอัตราส่วน โดยใช้ความเร็วรอบของเครื่อง 30 รอบต่อนาที  
ระยะเวลาในการผสมหลังจากเติมน้ำยาแข็ง 18-20 นาที

3.2.1.3 นำอิพอกซี และอิพอกซีคอมโพสิตที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้ว เทลงใน  
โมลด์ขนาด 15x15x0.15 ซม. ที่เตรียมไว้ หล่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็น  
เวลา 7 วัน จึงถอดตัวอย่างออกจากโมลด์

3.2.2 นำมาทดลองทำตัวอย่างอิพอกซี และอิพอกซีคอมโพสิตโดยการเติมสารเสริมแรง  
ด้วยทราย และเติมสารปรับแต่ง(Additive) ประเภท Levelling 0.20% คงที่, สาร  
ปรับแต่งประเภท Air release 0.50%, 0.75% และ 1.00% ตามลำดับ ดังแสดง  
ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนผสมของอิพอกซีกับอิพอกซีคอมโพสิต

อัตราส่วนผสม		สูตรที่					
		1	2	3	4	5	6
อิพอกซีเรซิน		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
น้ำยาแข็ง		33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00
แม่สีเรซิน		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
สารเสริมแรง		ทราย	-	195.00	195.00	195.00	195.00
สารปรับแต่ง ประเภท	Leveling	-	-	0.20	0.20	0.20	0.20
	Air release	-	-	-	0.50	0.75	1.00
	Wetting and dispersing	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: จากสูตรที่ 4-6 ให้เลือกปริมาณสารปรับแต่งประเภท Air release ที่ให้สมบัติต่างๆ  
สูงสุด มาใช้กับสูตรที่ 7-9

3.2.3 ทดลองทำตัวอย่างอิพอกซีคอมโพสิตโดยการเติมสารเสริมแรงด้วยทราย และเติม  
สารปรับแต่งประเภท Levelling 0.20 คงที่, สารปรับแต่งประเภท Air release ด้วย  
อัตราส่วนจากข้อ 3.2 และเติมสารปรับแต่งประเภท Wetting and dispersing 0.50,  
0.75% และ 1.00% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนผสมของอีพอกซีคอมโพสิต

อัตราส่วน		สูตรที่		
		7	8	9
อีพอกซีเรซิน		100.00	100.00	100.00
น้ำยาแข็ง		33.00	33.00	33.00
แม่สีเรซินสีเทา		5.00	5.00	5.00
สารเสริมแรง		ทราย	195.00	195.00
สารปรับแต่ง ประเภท	Leveling	0.20	0.20	0.20
	Air release	X	X	X
	Wetting and dispersing	0.50	0.75	1.00

หมายเหตุ : X หมายถึง ปริมาณสารปรับแต่งประเภท Air release ที่ให้ค่าคุณสมบัติต่างๆสูงสุด จากสูตรที่ 4-6

### 3.3 การทดสอบคุณสมบัติของต่างๆของอีพอกซี และอีพอกซีคอมโพสิต

#### 3.3.1 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของอีพอกซีเรซิน และอีพอกซีคอมโพสิต ได้แก่

-ความหนาแน่น(Density) ตาม ASTM D792-Standard Test Method for Density and Specific Gravity(Relative Density) of Plastics by Displacement ดังนี้

เตรียมตัวอย่างชิ้นงานขนาดประมาณ 10x10x10 ตร.มม(กว้างxยาวxสูง) และนำไปชั่งน้ำหนักในอากาศและชั่งน้ำหนักในน้ำที่อุณหภูมิ 23 °C

#### 3.3.2 เปรียบเทียบสมบัติทางกลของอีพอกซีเรซิน และอีพอกซีคอมโพสิต ได้แก่

-การทดสอบแรงอัด(Compressive strength) ตาม ASTM D695-Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics ดังนี้

เตรียมตัวอย่างชิ้นงานขนาดประมาณ 10x10x50.4 ตร.มม(กว้างxยาวxสูง) ทดสอบตามสภาวะการวิเคราะห์ คือ

ความเร็วหัวทดสอบ	:	5 มิลลิเมตร/นาที
อุณหภูมิ	:	22 °C
ความชื้นสัมพัทธ์	:	53%R.H.

-ความแข็ง(Hardness) ตาม ASTM D785-Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials ดังนี้

เตรียมตัวอย่างชิ้นงานขนาดประมาณ 10x100x15 ตร.มม.(กว้างxยาวxสูง)  
ทดสอบตามสภาวะการวิเคราะห์ คือ

Indenter	:	1/4" ball
Preload	:	10 kg <sub>f</sub>
Total load	:	100 kg <sub>f</sub>
1 <sup>st</sup> Minor load hold time	:	5 sec
Major load application time	:	5 sec
Major load hold time	:	15 sec
อุณหภูมิ	:	22 °C
ความชื้นสัมพัทธ์	:	63%R.H.

หมายเหตุ : ส่งทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางกล ที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

3.3.3 เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของอีพอกซี และอีพอกซีคอมโพสิต ได้แก่ การทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี(Chemical resistance) ดังนี้

#### สารเคมีที่ไม่ระเหย (Non-Volatile Reagents)

หยดสารระเหยประมาณ 0.5 ลบ.ซม. ลงบนผิวที่ทำการทดสอบ จากนั้นปิดด้วยขวดปากกว้างเพื่อป้องกันการระเหยเป็นเวลา 16 ชม. แล้วล้างผิวด้วยสบู่และน้ำ ทำให้แห้งก่อนตรวจสอบและสังเกตผล

### สารเคมีที่ระเหย (Volatile Reagents)

ใช้สำลีสักขนาดประมาณ 1 นิ้วจุ่มด้วยสารที่ระเหยแล้ววางบนผิวที่ทำการทดสอบ จากนั้นปิดด้วยขวดปากกว้างเพื่อป้องกันการระเหยเป็นเวลา 16 ชม. แล้วล้างผิวด้วยสบู่และน้ำ ทำให้แห้งก่อนตรวจสอบและสังเกตผล

หมายเหตุ :	No effect	คือ ไม่มีรอยด่าง, ความเงาลดลง
	Slight spot	คือ มีรอยด่างเล็กน้อย, ความเงาลดลงแต่ไม่ทำให้ความเรียบ (Smoothness) หรือคุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนไป
	Spot	คือ มีรอยด่างอย่างเห็นได้ชัด, ความเงาลดลงแต่ไม่ทำให้ความเรียบ หรือคุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนไป

### 3.4 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ ทางกล และทางเคมี ของอีพอกซี อีพอกซีคอมโพสิตกับอีพอกซีที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

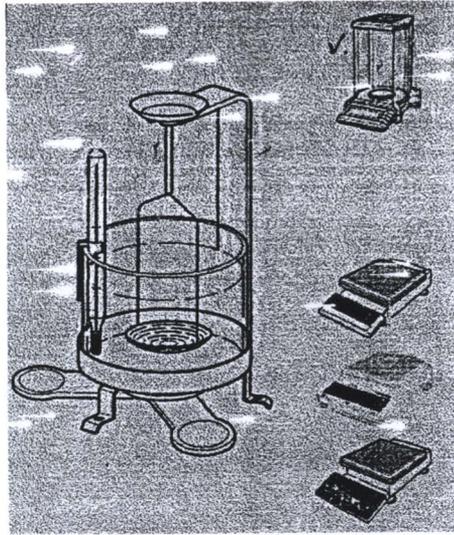
### 3.5 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

### 3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 Mold สำหรับการเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน

3.6.2 เครื่องวัดความหนาแน่น (Density Meter) ดังรูปที่ 3.1

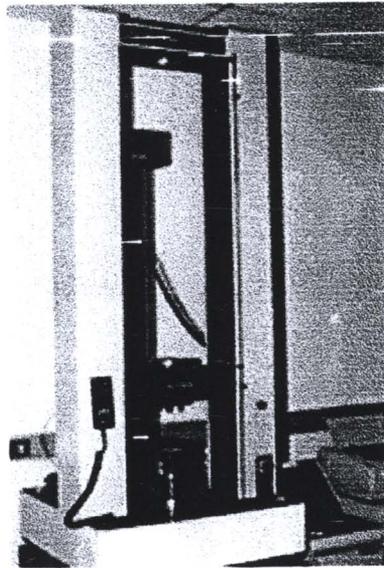
รุ่น : Mettler Toledo AG204



รูปที่ 3.1 เครื่องวัดความหนาแน่น

### 3.6.3 เครื่องทดสอบสมบัติทางกล(Universal Testing Machine) ดังรูปที่ 3.2

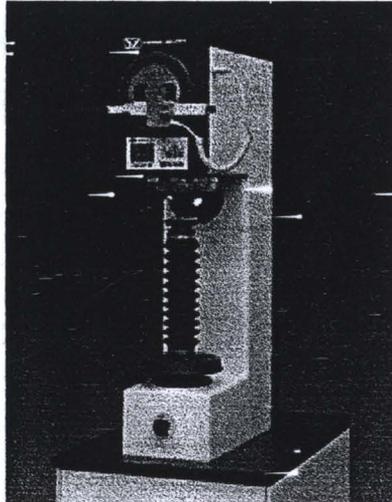
รุ่น : Instron 452



รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบสมบัติทางกล

### 3.6.4 เครื่องวัดความแข็ง (Hardness Testing Machine) ดังรูปที่ 3.3

รุ่น : Instron-Wolpert930/250



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดความแข็ง