

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ญ
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่ผ่านมา</b>	<b>4</b>
2.1 พอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer composite)	4
2.2 พอลิเมอร์เมทริกซ์ (Polymer matrix)	5
2.3 ค่าความหยาบของผิว	6
2.4 เครื่องมือวัดค่าความหยาบของผิววัสดุ	8
2.5 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส	8
2.6 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	9
2.7 งานวิจัยที่ผ่านมา	10
<b>3. วิธีการทดสอบ</b>	<b>16</b>
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	16
3.1.1 วัสดุผสมระหว่างพลาสติกและจีลีโอไม WPVC	16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.1.2 แผ่นเหล็กกำลังสูง (HCS)	17
3.1.3 อีพ็อกซี่	17
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	19
3.2.1 อุปกรณ์ยึดจับขึ้นทดสอบสำหรับการทดสอบแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส	19
3.2.2 อุปกรณ์ยึดจับขึ้นทดสอบสำหรับการทดสอบแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	21
3.3 แผนการดำเนินการทดสอบ	23
3.4 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ	25
3.5 วิธีการทดสอบ	26
3.5.1 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส	26
3.5.2 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	27
3.6 ขั้นตอนการทดสอบ	27
3.6.1 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส	27
3.6.2 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	30
<b>4. ผลการทดลอง</b>	<b>32</b>
4.1 การทดสอบค่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส	32
4.1.1 ผลของความหยาบของผิว WPVC	32
4.1.2 ผลของความหนาของอีพ็อกซี่	33
4.1.3 ผลของระยะทาบสัมผัส (Bondline)	34
4.1.4 ผลของความหยาบของผิว HCS โดยการพันทราย	36
4.1.5 ผลของวิธีการทดสอบ	38
4.1.6 อิทธิพลของผิว HCS ที่มีต่อค่ากำลังยึดเหนี่ยว	39
4.2 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	40
4.2.1 ผลของความหยาบที่ผิว WPVC	40
4.2.2 ผลของความหนาของ EPOXY	43

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
5. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	51
ก. ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง HCS กับวัสดุ WPVC	51
ข. คุณสมบัติหน้าตัดของวัสดุ	57
ค. ผลการ Calibrate เครื่องทดสอบ Universal testing machine	59
ง. ผลการทดสอบกำลังตัดในรูปแบบแนวตั้ง (Edge-wise) ของวัสดุ WPVC	63
ประวัติผู้วิจัย	65

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 สมบัติทางวิศวกรรมของแผ่นเหล็ก HCS	17
3.2 สมบัติเชิงกลในการรับแรงอัด	18
3.3 สมบัติเชิงกลในการรับแรงคด	18
3.4 สมบัติเชิงกลในการรับแรงดึง	18
3.5 สมบัติเชิงกลในการยึดเกาะ	19
3.6 รายการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส และกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	24
4.1 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง WPVC กับ HCS ที่ยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซี่โดยแปรเปลี่ยนความหนาของผิววัสดุ WPVC	32
4.2 กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนความหนาของอีพ็อกซี่	33
4.3 กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนระยะทางสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่	35
4.4 กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS เปรียบเทียบกันระหว่างแบบที่ให้มิจุดสัมผัส 2 จุด และแบบที่ให้มิจุดสัมผัส 4 จุด	36
4.5 เปรียบเทียบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนความหนาของผิวสัมผัส	41
ก.1 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง WPVC กับ HCS ที่ยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซี่โดยแปรเปลี่ยนความหนาของผิววัสดุ WPVC	52
ก.2 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนความหนาของอีพ็อกซี่	52
ก.3 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนระยะทางสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่	53
ก.4 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS เปรียบเทียบกันระหว่างแบบที่ให้มิจุดสัมผัส 2 จุด และแบบที่ให้มิจุดสัมผัส 4 จุด	53
ก.5 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS เปรียบเทียบกันระหว่างแบบที่ให้มิจุดสัมผัส 2 จุด และแบบที่ให้มิจุดสัมผัส 4 จุด	54
ก.6 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS ที่ความหนาของอีพ็อกซี่ 1.0 มิลลิเมตร และระยะทางสัมผัสของอีพ็อกซี่ที่ 75 มิลลิเมตร	54

ก.7 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนความ หยาบผิวสัมผัส	55
ก.8 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนความหยาบ ผิวสัมผัส	55
ก.9 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนความหยาบ ผิวสัมผัส	56
ค.1 Universal testing machine compression load calibration	61
ง.1 ผลการทดสอบกำลังตัดในรูปแบบแนวตั้ง (Edge-wise) ของวัสดุ WPVC	64

## รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 การวัดค่าความหยาบ Rt	6
2.2 การวัดค่าความหยาบ Ra	7
2.3 การวัดค่าความหยาบ Rz	7
2.4 การวัดค่าความหยาบ โดยใช้ไม้สัมผัส	8
2.5 ตัวอย่างการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส	9
2.6 ตัวอย่างการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	10
3.1 วัสดุผสมระหว่างพลาสติกและซีเมนต์ไม้ WPVC	16
3.2 แผ่นเหล็ก HCS กว้าง 50 มิลลิเมตร หนา 0.20 มิลลิเมตร	17
3.3 อีพ็อกซี่	19
3.4 เครื่องมือใช้จับชิ้นงานในการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส	20
3.5 เครื่องมือใช้ทำความหนาอีพ็อกซี่	20
3.6 เครื่องมือใช้จับชิ้นงานส่วนบนในการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	21
3.7 เครื่องมือใช้จับชิ้นงานส่วนล่างในการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	22
3.8 แผนผังการดำเนินงาน	23
3.9 ตัวอย่างการตัดแผ่นเหล็ก HCS	25
3.10 ตัวอย่างการผสมอีพ็อกซี่	26
3.11 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส	26
3.12 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส	27
3.13 ตัวอย่างชิ้นงานก่อนทาสีอีพ็อกซี่	28
3.14 ตัวอย่างการทาสีอีพ็อกซี่	28
3.15 ตัวอย่างชิ้นงานที่ติดแผ่นเหล็ก HCS	29
3.16 ตัวอย่างชิ้นงานการทดสอบแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัสที่บ่มเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง	29
3.17 ตัวอย่างชิ้นงานการทดสอบแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัสที่บ่มเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง	30
3.18 ตัวอย่างชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบ	31

4.1	ระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่ ที่ระยะ 50 มิลลิเมตร	34
4.2	ระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่ ที่ระยะ 75 มิลลิเมตร	34
4.3	ระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่ ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร	35
4.4	ผลการทดสอบแบบมีพื้นที่สัมผัสรับแรง 2 จุด (2 Bonding area)	37
4.5	ผลการทดสอบแบบมีพื้นที่สัมผัสรับแรง 4 จุด (4 Bonding area)	38
4.6	การกระจุกตัวของหน่วยแรง (Stress concentration)	39
4.7	กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS ที่ความหยาบของผิวต่างๆ	40
4.8	ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัสที่ขัดผิววัสดุ WPVC (Sanded surface)	42
4.9	ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัสที่ไม่ขัดผิววัสดุ WPVC (Original surface)	42
4.10	กำลังยึดเหนี่ยวแบบดึงของวัสดุ WPVC กับ HCS ที่ความหนาอีพ็อกซี่ต่างๆ	44
ค.1	การติดตั้ง Proving ring เพื่อทำการ Calibrate เครื่องทดสอบ Universal testing machine	60
ค.2	การปรับสเกลของ Proving ring เพื่ออ่านค่าแรงกด	60
ค.3	กราฟแสดงการ Calibrate เครื่องทดสอบ Universal testing machine โดยใช้ Proving ring	62