

บทที่ 4 ผลการทดลอง

บทนี้เป็นการนำเสนอผลการทดสอบค่ากำลังยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นเหล็ก HCS และ วัสดุ WPVC ซึ่งยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซี โดยได้ทำการศึกษาผลของระยะทาบ ความหยาบของผิว WPVC ความหยาบของผิว HCS และความหนาของอีพ็อกซีที่ทำหน้าที่ยึดประสาน โดยนำเสนอทั้งผลการทดสอบค่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัสและค่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส

4.1 การทดสอบค่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส

4.1.1 ผลของความหยาบของผิว WPVC

ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ แผ่นเหล็ก HCS โดยแปรเปลี่ยนความหยาบของผิว WPVC และแผ่นเหล็ก HCS ซึ่งการแปรเปลี่ยนความหยาบกระทำได้โดยการใช้วัสดุ WPVC แบบดั้งเดิม (Original surface) และขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายที่ผิวของวัสดุ WPVC ในเวลาที่เท่าๆกันทุกชิ้นส่วนเป็นเวลา 30 วินาที (Sanded surface) ในขณะที่แผ่นเหล็ก HCS จะมีการเตรียมผิวโดยการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายในเวลาเท่าๆกันทุกชิ้นส่วนเป็นเวลา 30 วินาที เพื่อทำผิวให้หยาบ (Sanded surface) เหมือนกัน ระยะทาบกำหนดให้คงที่เท่ากับ 75 มิลลิเมตรและความหนาของอีพ็อกซีกำหนดให้คงที่เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร แสดงได้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง WPVC กับ HCS ที่ยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซีโดยแปรเปลี่ยนความหยาบผิววัสดุ WPVC

WPVC surface	Ultimate tensile force, F_{max}	Bonding strength, σ_v (S.D)
	(N)	(MPa)
Original surface	3,160	0.84(0.08)
Sanded surface	6,150	1.64(0.15)

จากผลการทดสอบตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า กำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ระหว่างวัสดุ WPVC และ HCS ซึ่งยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซี ของตัวอย่างที่มีการเตรียมผิวของวัสดุ WPVC ให้หยาบจะให้กำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง WPVC กับ อีพ็อกซี สูงขึ้น โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3,160 N เป็น 6,150 N หรือค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ระหว่างวัสดุ WPVC และ HCS มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 95.24 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) มีค่าต่างกันไม่มาก

อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามการทำผิวให้หยาบนั้นต้องลงทุนในการขัดผิวด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 0.8 บาทต่อ 1 ชั้นเท่านั้น และผลที่ได้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้นร้อยละ 95.24

4.1.2 ผลของความหนาของอีพ็อกซี่

ผลการทดสอบความหนาของอีพ็อกซี่ (Epoxy thickness) ที่ใช้ยึดประสานระหว่างวัสดุ WPVC และแผ่นเหล็ก HCS ส่งผลโดยตรงกับค่ากำลังยึดเหนี่ยวเช่นกัน ระยะทางกำหนดให้คงที่เท่ากับ 75 มิลลิเมตร และเตรียมผิวความหยาบของวัสดุ WPVC และ HCS โดยการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายในเวลาที่เหมาะสมทุกชิ้นใช้เวลา 30 วินาที เหมือนกัน ซึ่งจะแปรเปลี่ยนเฉพาะความหนาของอีพ็อกซี่ที่ 3 ระดับ คือ ความหนาของอีพ็อกซี่ที่ 0.50 1.00 1.50 มิลลิเมตร ผลการทดสอบแสดงได้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนความหนาของอีพ็อกซี่

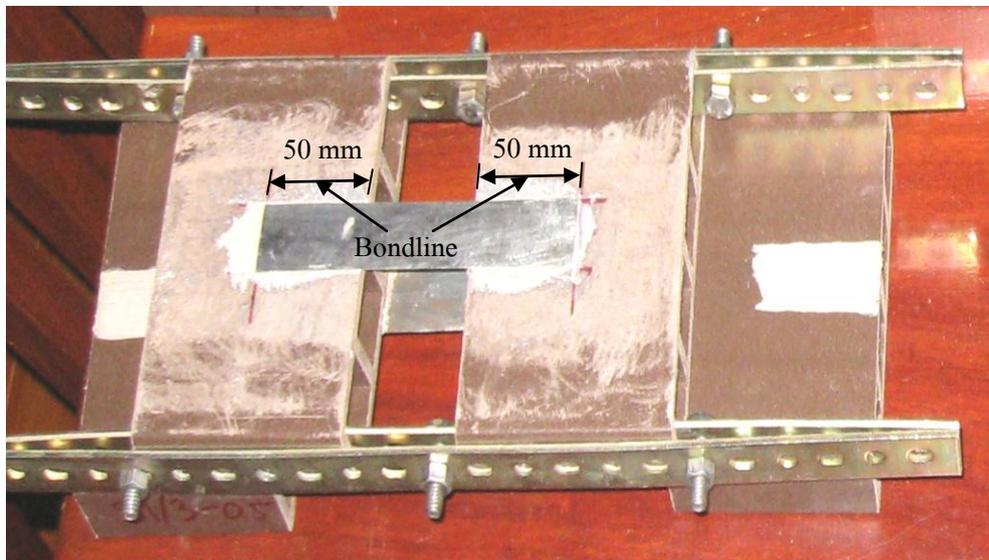
Epoxy thickness	Ultimate tensile force, F_{max}	Bonding strength, σ_v (S.D)
	(N)	(MPa)
0.5 mm.	5,325	1.42(0.04)
1.0 mm.	6,150	1.64(0.15)
1.5 mm.	5,925	1.58(0.04)

ผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า ความหนาของอีพ็อกซี่ส่งผลต่อค่ากำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS เช่นกัน โดยที่ค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของอีพ็อกซี่จากความหนา 0.5 มิลลิเมตร เป็น 1.0 มิลลิเมตร โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5,325 N เป็น 6,150 N หรือค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ระหว่างวัสดุ WPVC และ HCS มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.49 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) มีค่าต่างกันไม่มากอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ที่ความหนาของอีพ็อกซี่ 1.00 มิลลิเมตร และที่ความหนา 1.50 มิลลิเมตร มีค่ากำลังยึดเหนี่ยวใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามถ้าจะเลือกใช้เนื้อวัสดุยึดประสานมากกว่าที่ความหนา 1.50 มิลลิเมตร ก็ไม่ทำให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานคงที่ และพื้นที่รับแรงที่ขนานกับแนวแรงเท่ากัน นอกจากนี้การเพิ่มความหนาของอีพ็อกซี่ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการลงทุน 1.1 บาทต่อตารางเซนติเมตร แต่ผลการทดสอบค่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ซึ่งให้เห็นว่ามีค่าไม่มาก ดังนั้นแทนที่จะลงทุนในการเพิ่มความหนาของอีพ็อกซี่ ควรจะลงทุนในเรื่องของการเตรียมผิวเพื่อ

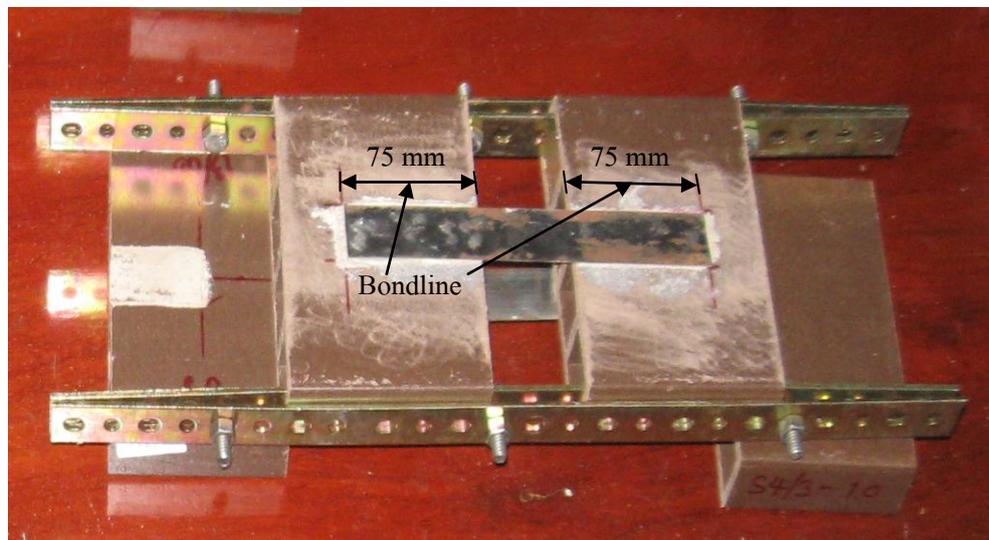
เพิ่มสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน หรือพื้นที่รับแรงที่ขนานกับแนวแรงมากขึ้น สามารถทำให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) เพิ่มขึ้นได้มากกว่า

4.1.3 ผลของระยะทาบสัมผัส (Bondline)

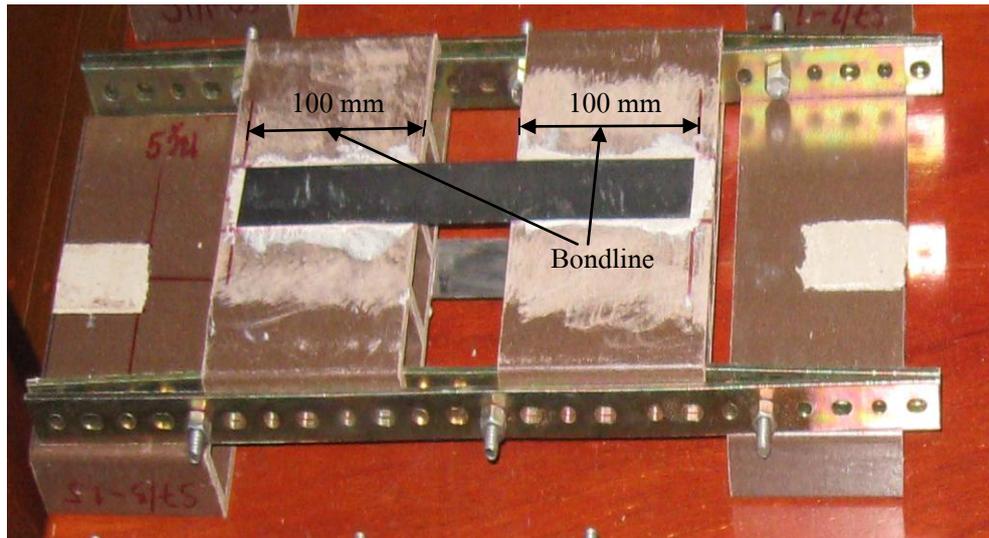
ผลการทดสอบระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่ ดังรูปที่ 4.1 4.2 4.3 ตามลำดับ ที่ใช้ยึดประสานระหว่างวัสดุ WPVC และ แผ่นเหล็ก HCS โดยกำหนดให้ใช้ความหนาของอีพ็อกซี่ 1.0 มิลลิเมตร และเตรียมผิวความหยาบของวัสดุ WPVC และ HCS โดยการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายในเวลาที่เหมาะสมทุกชิ้นส่วนเป็นเวลา 30 วินาที เหมือนกัน และแปรเปลี่ยนระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่ที่ 3 ระดับ คือ ระยะทาบสัมผัสของอีพ็อกซี่ที่ 50 75 100 มิลลิเมตร ซึ่งจากการทำการทดสอบสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.1 ระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่ ที่ระยะ 50 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.2 ระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่ ที่ระยะ 75 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.3 ระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่ ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.3 กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนระยะทาบสัมผัส (Bondline) ของอีพ็อกซี่

Bondline	Ultimate tensile force, F_{\max}	Bonding strength, σ_v (S.D)
	(N)	(MPa)
50 mm.	5,600	2.23(0.09)
75 mm.	6,150	1.64(0.15)
100 mm.	7,100	1.42(0.01)

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS ต่ำลงเมื่อเพิ่มระยะทาบ (Bondline) ของอีพ็อกซี่ ซึ่งระยะทาบที่เพิ่มขึ้น 100 % จากระยะทาบที่ 50 mm. เป็น 100 mm. แต่ผลของ Ultimate tensile force, F_{\max} เพิ่มขึ้น 26.79 % เนื่องจาก พื้นที่รับแรงในแนวนอนกับแรงเป็นวัสดุคนละชนิดกันคือระหว่าง อีพ็อกซี่กับแผ่นเหล็ก HCS การกระจายของหน่วยแรงของการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ที่เกิดขึ้นจึงไม่เท่ากัน เมื่อเกิดรอยร้าวหรือจุดใดที่อ่อนแอกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ HCS กับ อีพ็อกซี่ จะไม่สามารถต้านทานแรงที่เกิดขึ้นได้ การเพิ่มระยะทาบ (Bondline) ขึ้น 100 % ค่า F_{\max} จึงไม่เพิ่มขึ้น 100 % ตามด้วย ซึ่งการเพิ่มระยะทาบต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพิ่ม 1.73 บาทต่อความยาว 10 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า F_{\max} ที่ได้กลับไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ดังนั้นการที่จะเพิ่มกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวที่กระทำระหว่างแผ่นเหล็ก HCS กับ อีพ็อกซี่ ด้วยการเพิ่มระยะทาบจึงไม่เหมาะสม ควรที่จะเพิ่มความหนาให้กับ HCS มากกว่า ซึ่งในการทดสอบต่อไปจะใช้วิธีการเพิ่มความหนาให้กับ HCS โดยการพันทราย

4.1.4 ผลของความหยาบของผิว HCS โดยการพันทราย

ผลการทดสอบความหยาบของแผ่นเหล็ก HCS ที่ผ่านการพันทราย โดยให้ค่าความหยาบ Ra เท่ากับ 3 ไมครอน และ 6 ไมครอน ซึ่งใช้ฮีฟ็อกซีอีดีประสานระหว่างวัสดุ WPVC และ แผ่นเหล็ก HCS โดยกำหนดให้มีความหนาของฮีฟ็อกซี 1.0 มิลลิเมตร ความหยาบของวัสดุ WPVC โดยการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายในเวลาที่เท่าๆกันทุกชิ้นส่วนเป็นเวลา 30 วินาที เหมือนกัน ระยะทางของฮีฟ็อกซีที่ 75 มิลลิเมตร ซึ่งจากการทำการทดสอบแบ่งเป็น 2 แบบด้วยกันคือ แบบที่ให้มียึดสัมผัส 2 จุด (2 Bonding area) และแบบที่ให้มียึดสัมผัส 4 จุด (4 Bonding area) สามารถอธิบายผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.4 และผลของการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.4 กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS เปรียบเทียบกันระหว่างแบบที่ให้มียึดสัมผัส 2 จุดและแบบที่ให้มียึดสัมผัส 4 จุด

Experimental setup	Ultimate tensile force, F_{max}	Bonding strength, σ_v (S.D)
	(N)	(MPa)
4 Bonding area (3 μm)	8,025	2.14(0.08)
2 Bonding area (3 μm)	7,252	1.94(0.43)
4 Bonding area (6 μm)	9,622	2.56(0.03)
2 Bonding area (6 μm)	8,452	2.25(0.37)

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า การทดสอบความหยาบของแผ่นเหล็ก HCS ที่ผ่านการพันทราย โดยให้ค่าความหยาบ Ra เท่ากับ 3 ไมครอน ซึ่งแบบที่ให้มียึดสัมผัส 4 จุด (4 Bonding area 3 μm) และแบบที่ให้มียึดสัมผัส 2 จุด (2 Bonding area 3 μm) มีค่ากำลังยึดเหนี่ยวใกล้เคียงกัน และความหยาบ Ra เท่ากับ 6 ไมครอน แบบที่ให้มียึดสัมผัส 4 จุด (4 Bonding area 6 μm) มีค่ากำลังยึดเหนี่ยวใกล้เคียงกับแบบที่ให้มียึดสัมผัส 2 จุด (2 Bonding area 6 μm) เหมือนกัน จึงสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัสถูกต้อง การออกแบบการทดสอบให้มีพื้นที่รับแรง 4 จุด และ 2 จุด ไม่ส่งผลต่อค่ากำลังยึดเหนี่ยวที่ได้ และเมื่อสังเกตผลของความหยาบ 3 ไมครอน และ 6 ไมครอน แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มความหยาบให้กับแผ่นเหล็ก HCS สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวให้กับวัสดุ WPVC ได้ และเมื่อเปรียบเทียบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS ที่มีระยะทาง (Bondline) 75 มิลลิเมตร ความหนาของฮีฟ็อกซีเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร ความหยาบของ HCS ที่ใช้เครื่องขัดกระดาษทรายขัดจากตารางที่ 4.3 กับ กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS ที่มีความหนาของฮีฟ็อกซีเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร ระยะทาง (Bondline) 75 มิลลิเมตร ซึ่งความหยาบของ

HCS ที่พ่นด้วยทรายที่มีค่าความหยาบ Ra เท่ากับ 3 ไมครอน จากตารางที่ 4.4 มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 30.49 และความหยาบของ HCS ที่พ่นด้วยทรายที่มีค่าความหยาบ Ra เท่ากับ 6 ไมครอน จากตารางที่ 4.4 มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 56.10 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความหยาบให้ระยะทาง (Bondline) ของ HCS โดยการพ่นทราย สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS ให้มีค่าสูงขึ้นได้



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบแบบมีพื้นที่สัมผัสรับแรง 2 จุด (2 Bonding area)

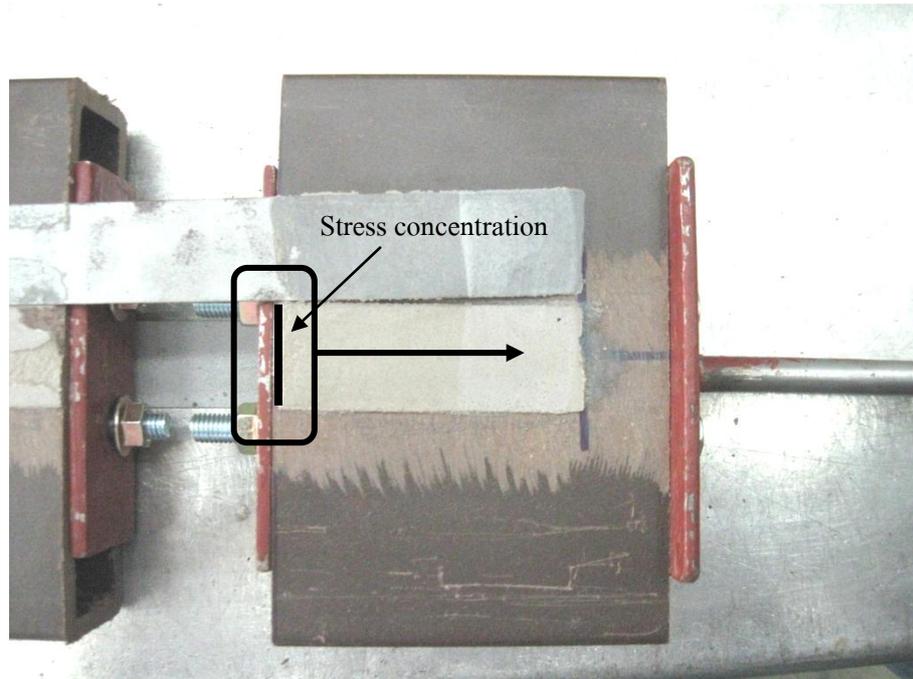


รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบแบบมีพื้นที่สัมผัสรับแรง 4 จุด (4 Bonding area)

4.1.5 ผลของวิธีการทดสอบ

ผลของการทดสอบความหยาบของแผ่นเหล็ก HCS สำหรับการออกแบบวิธีการทดสอบให้มีจุดสัมผัสระหว่าง WPVC และ HCS จำนวน 4 จุด และออกแบบให้มีจุดสัมผัสลดลงเหลือเพียง 2 จุด ที่ผ่านการพ่นทราย ที่มีค่าความหยาบ R_a เท่ากับ 3 ไมครอน และ 6 ไมครอน ซึ่งใช้ฮีฟ็อกซีอีดีประสานระหว่างวัสดุ WPVC และแผ่นเหล็ก HCS โดยกำหนดให้มีความหนาของฮีฟ็อกซี 1.0 มิลลิเมตร ความหยาบของวัสดุ WPVC โดยการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายในเวลาที่เหมาะสมทุกชิ้นส่วนเป็นเวลา 30 วินาที เหมือนกัน ระยะทางของฮีฟ็อกซีที่ 75 มิลลิเมตร ซึ่งจากตารางที่ 4.4 สามารถเปรียบเทียบการทดสอบแบบที่มีจุดสัมผัส 4 จุด (4 Bonding area) ที่มีค่าความหยาบ R_a เท่ากับ 3 ไมครอน และ 6 ไมครอน ได้ว่า ค่าความหยาบที่เพิ่มขึ้นจาก 3 ไมครอน เป็น 6 ไมครอน ทำให้ค่า F_{max} เพิ่มขึ้น 19.90 % ซึ่งจะเห็นว่าค่าความหยาบที่เพิ่มขึ้นสามารถทำให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้นได้ แต่เพิ่มในอัตราส่วนร้อยละไม่มาก และเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบแบบที่มีจุดสัมผัส 2 จุด (2 Bonding area) ที่มีค่าความหยาบ R_a เท่ากับ 3 ไมครอน และ 6 ไมครอน ได้ว่า ค่าความหยาบที่เพิ่มขึ้นจาก 3 ไมครอน เป็น 6 ไมครอน ทำให้ค่า F_{max} เพิ่มขึ้น 16.55 % ซึ่งถ้าเปรียบเทียบร้อยละที่เพิ่มขึ้นระหว่างการทดสอบ

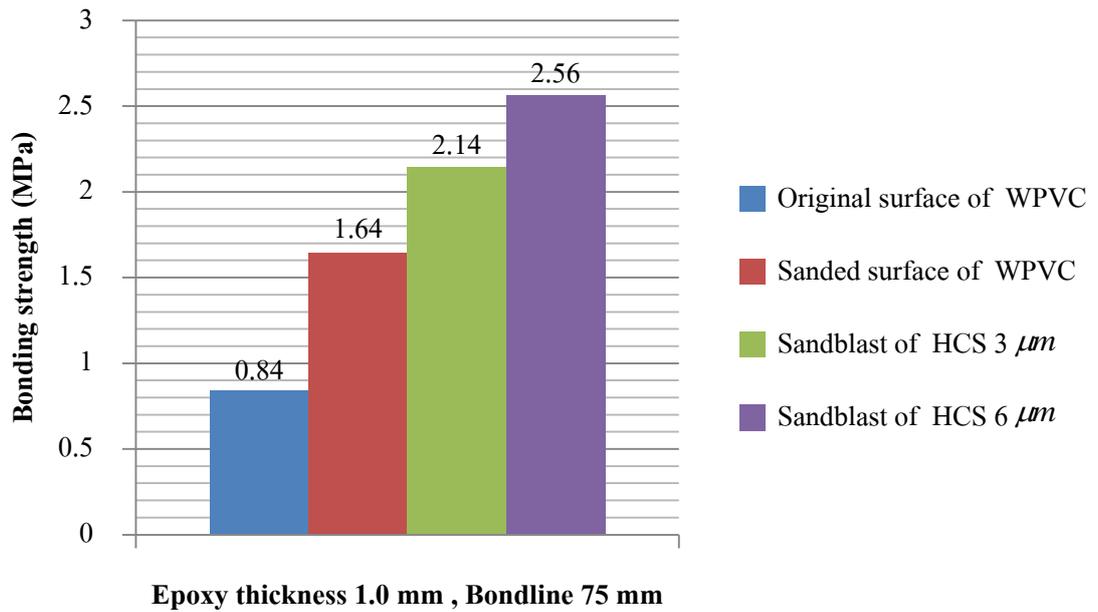
แบบที่ให้มียึดสัมผัส 4 จุด (4 Bonding area) และแบบที่ให้มียึดสัมผัส 2 จุด (2 Bonding area) จะเห็นว่าค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าความหยาบมีผลทำให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงขึ้น ซึ่งในการทดสอบสามารถสังเกตเห็นได้ว่าจุดที่เกิดการกระจุกตัวของหน่วยแรง หรือที่เรียกว่า Stress concentration จะเป็นจุดที่ทำให้การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวเริ่มพังก่อน ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การกระจุกตัวของหน่วยแรง (Stress concentration)

4.1.6 อิทธิพลของผิว HCS ที่มีต่อค่ากำลังยึดเหนี่ยว

ผลการทดสอบเปรียบเทียบความหยาบของแผ่นเหล็ก HCS ซึ่งใช้อีพ็อกซีซีตประสานระหว่างวัสดุ WPVC และ แผ่นเหล็ก HCS โดยกำหนดให้มีความหนาของอีพ็อกซี 1.0 มิลลิเมตร ความหยาบของวัสดุต่างกัน คือ ใช้วัสดุ WPVC แบบดั้งเดิมโดยไม่ได้ขัดให้ผิวหยาบ (Original surface of WPVC) ใช้วัสดุ WPVC แบบขัดให้ผิวหยาบโดยใช้เครื่องขัดกระดาษทราย (Sanded surface of WPVC) ใช้วัสดุ HCS แบบขัดให้ผิวหยาบโดยใช้เครื่องพ่นทรายให้มีความหยาบ 3 ไมครอน (Sandblast of HCS 3 μm) ใช้วัสดุ HCS แบบขัดให้ผิวหยาบโดยใช้เครื่องพ่นทรายให้มีความหยาบ 6 ไมครอน (Sandblast of HCS 6 μm) ระยะทางของอีพ็อกซีที่ 75 มิลลิเมตร ซึ่งจากการทดสอบสามารถอธิบายผลการทดสอบได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS ที่ความหยาบของผิวต่างๆ

จากตารางที่ 4.6 แสดงเปรียบเทียบให้เห็นว่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ของวัสดุ WPVC กับ แผ่นเหล็ก HCS เมื่อเพิ่มความหยาบผิวให้กับผิวของวัสดุ WPVC และแผ่นเหล็ก HCS สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ให้สูงขึ้นได้ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างใช้วัสดุ WPVC แบบดั้งเดิมโดยไม่ได้ขัดให้ผิวหยาบ (Original surface of WPVC) กับ ใช้วัสดุ HCS แบบขัดให้ผิวหยาบโดยใช้เครื่องพ่นทรายให้มีความหยาบ 6 ไมครอน (Sandblast of HCS 6 μm) จะเห็นว่า กำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) เพิ่มขึ้น 3.05 เท่า ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความหยาบผิวของวัสดุ WPVC และความหยาบของแผ่นเหล็ก HCS สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวให้กับวัสดุ WPVC กับ HCS สูงขึ้นได้ แต่ก็ต้องลงทุนเพิ่มขึ้น 120 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน

4.2 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส

4.2.1 ผลของความหยาบที่ผิว WPVC

ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ แผ่นเหล็ก HCS ที่แปรเปลี่ยนความหยาบของผิวสัมผัส WPVC และแผ่นเหล็ก HCS ซึ่งแบ่งการทดสอบเป็น 2 ชนิดคือ แบบดั้งเดิม โดยไม่ได้ขัดผิวของวัสดุ WPVC (Original surface) และ แบบขัด (Sanded surface) ให้ผิวของวัสดุ WPVC หยาบโดยใช้เครื่องขัดกระดาษทราย และขัดเหล็ก HCS ด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายในเวลาที่แตกต่างกันทุกชิ้นส่วนเป็นเวลา 30 วินาที เหมือนกัน โดยกำหนดให้มีระยะทาบ (Bondline) ของแผ่นเหล็ก HCS 144

มิลลิเมตร และความหนาของอีพ็อกซีที่ใช้ยึดประสาน 0.5 1.0 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งจากการทดสอบสามารถอธิบายผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ HCS โดยแปรเปลี่ยนความหยาบผิวสัมผัส

Specimen	Ultimate tensile force, F_{max}	Bonding strength, σ_T (S.D)
Code	(N)	(MPa)
Original surface 0.5 mm	750	0.208(0.02)
Sanded surface 0.5 mm	1,280	0.356(0.03)
Original surface 1.0 mm	960	0.267(0.04)
Sanded surface 1.0 mm	1,430	0.397(0.01)
Original surface 1.5 mm	1,290	0.358(0.03)
Sanded surface 1.5 mm	1,880	0.522(0.04)

จากผลการทดสอบตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า กำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) ระหว่างวัสดุ WPVC และ HCS ซึ่งยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซี 0.50 มิลลิเมตร ซึ่งความหยาบผิว (Sanded surface) ของวัสดุ WPVC ทำให้กำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง WPVC กับ อีพ็อกซียึดเหนี่ยวดีขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) ระหว่างวัสดุ WPVC และ HCS มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 71.15 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ระหว่างวัสดุ WPVC และ HCS จากตารางที่ 4.1 มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 95.24 แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของวัสดุ WPVC ส่งผลต่อกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) มากกว่า โดยการทำให้หยาบผิวโดยลงทุนเครื่องจักรกระดาษทราย และกระดาษทรายนั้นสามารถเพิ่มค่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) และค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ได้ ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน และผลการทดสอบแบบดึงที่ขีดผิววัสดุ WPVC จะมีเศษผงไม่ติดมากับอีพ็อกซี ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ส่วนผลการทดสอบแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัสที่ไม่ขีดผิววัสดุ WPVC อีพ็อกซีจะเรียบสนิทไม่มีเศษผงไม่ติดมาดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส
ที่ขัดผิววัสดุ WPVC (Sanded surface)

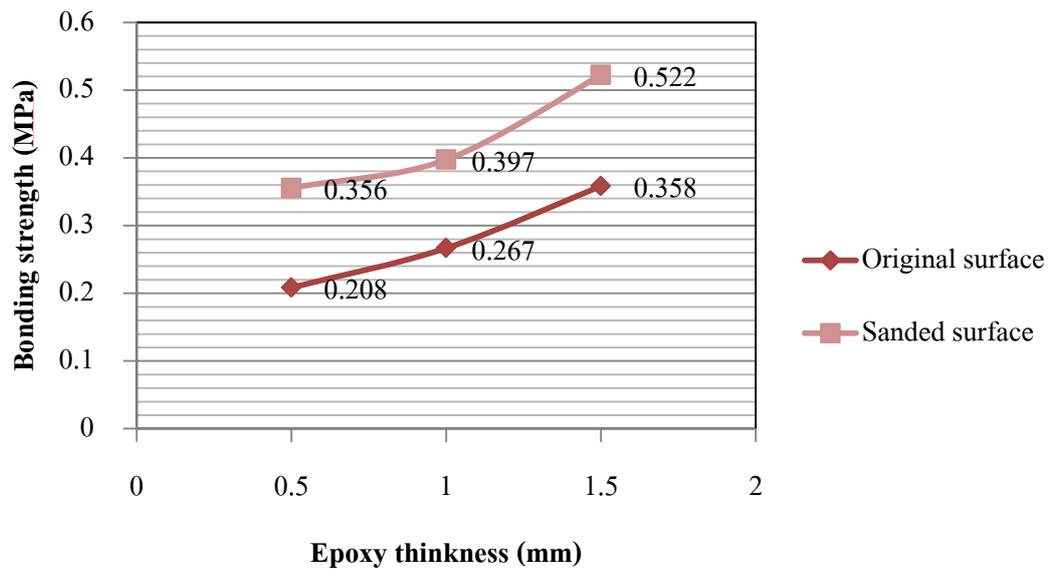


รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส
ที่ไม่ขัดผิววัสดุ WPVC (Original surface)

และเมื่อพิจารณา ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) ระหว่างวัสดุ WPVC และ HCS ซึ่งยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซี่ 1.00 มิลลิเมตร ซึ่งความหยาบผิว (Sanded surface) ของวัสดุ WPVC ทำให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง WPVC กับ อีพ็อกซี่ ยึดเหนี่ยวดีขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.69 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) ที่ความหนาของอีพ็อกซี่ 0.5 มิลลิเมตร ที่มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 71.15 ซึ่งอัตราส่วนร้อยละมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มความหนาให้กับอีพ็อกซี่ ซึ่งเมื่อเพิ่มความหนาของอีพ็อกซี่อีกระดับหนึ่งเป็น 1.50 มิลลิเมตร ทำให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง WPVC กับ อีพ็อกซี่ ยึดเหนี่ยวดีขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 45.81 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) ที่ความหนาของอีพ็อกซี่ 1.00 มิลลิเมตร ที่มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.69 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า อัตราส่วนร้อยละมีแนวโน้มคงที่เมื่อเพิ่มความหนาให้กับอีพ็อกซี่ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความหนาของอีพ็อกซี่ส่งผลต่อกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) ให้สูงขึ้น

4.2.2 ผลของความหนา Epoxy

ผลของความหนาโดยการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุ WPVC กับ แผ่นเหล็ก HCS ที่แปรเปลี่ยนความหยาบของผิวสัมผัส WPVC และแผ่นเหล็ก HCS โดยกำหนดให้มีระยะทาบ (Bondline) 144 มิลลิเมตรและความหนาของอีพ็อกซี่ที่ใช้ยึดประสาน 0.5 1.0 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งจากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่ากำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) ระหว่างวัสดุ WPVC และ HCS ซึ่งยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซี่ สูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความหนาของอีพ็อกซี่แบบที่ไม่ขัดผิววัสดุ WPVC (Original surface) ที่ 0.5 มิลลิเมตร กับ 1.5 มิลลิเมตร แล้วพบว่า ค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงขึ้นร้อยละ 72.12 และเมื่อเปรียบเทียบความหนาของอีพ็อกซี่แบบที่ขัดผิววัสดุ WPVC (Sanded surface) ที่ 0.5 มิลลิเมตร กับ 1.5 มิลลิเมตร พบว่า ค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงขึ้นร้อยละ 46.63 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความหนาของอีพ็อกซี่ ส่งผลให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงขึ้น



รูปที่ 4.10 กำลังยึดเหนี่ยวแบบดึงของวัสดุ WPVC กับ HCS ที่ความหนานีพ็อกซี่ต่างๆ