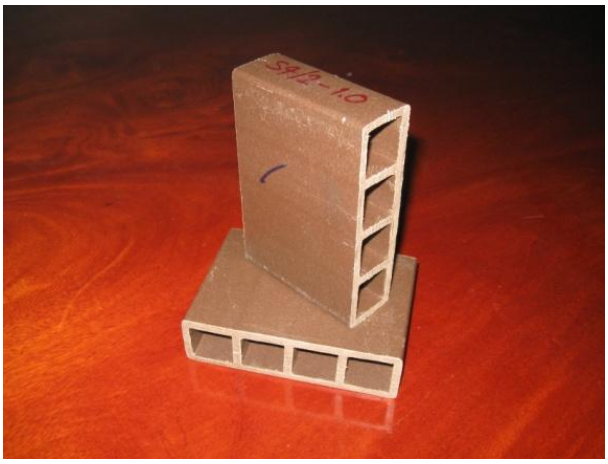
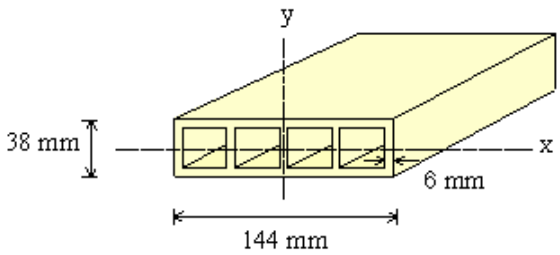
บทที่ 3 วิธีการทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 วัสดุผสมระหว่างพลาสติกและขี้เลื่อยไม้ WPVC

ชิ้นตัวอย่างของวัสดุผสมที่ใช้ในการทดสอบนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท วีพี วู๊ด จำกัด เป็นการผสมของขี้เลื่อยไม้ยางพาราและพลาสติกประเภทพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) ในอัตราส่วนผสมระหว่างพลาสติกและ ขี้เลื่อยไม้ คือ 100:100 ส่วน โดยน้ำหนัก สำหรับชิ้นตัวอย่างวัสดุผสมระหว่างพลาสติกและ ขี้เลื่อยไม้ที่ใช้ในการทดสอบหน้าตัดเป็นแบบกลวง (Hollow net section) รูปแบบ 4 ช่อง รูปร่างและลักษณะของชิ้นงาน WPVC แสดงในรูปที่ 3.1

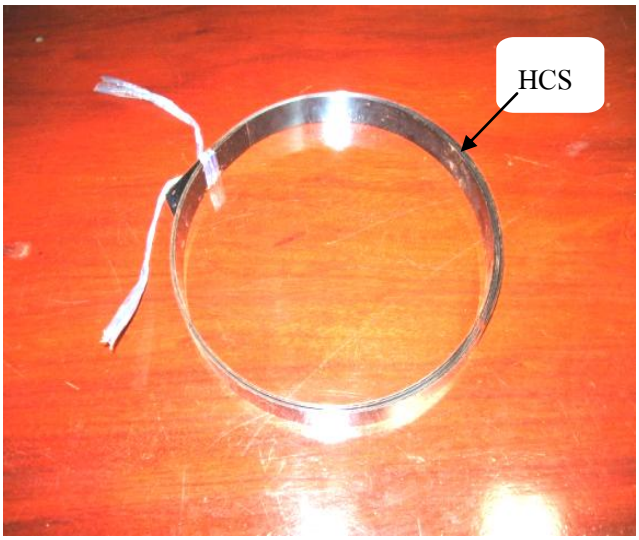




รูปที่ 3.1 วัสดุผสมระหว่างพลาสติกและขี้เลื่อยไม้ WPVC

3.1.2 แผ่นเหล็กกำลังสูง (HCS)

สำหรับแผ่นเหล็กกำลังสูงที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้มีขนาดความกว้าง 25 มิลลิเมตร หนา 0.20 มิลลิเมตร สามารถม้วนงอได้ ตัดขนาดความยาวต่างๆได้ตามต้องการ รูปร่างและลักษณะของแผ่นเหล็กกำลังสูงดังแสดงในรูปที่ 3.2 และมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมดังแสดงในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.2 แผ่นเหล็ก HCS กว้าง 50 มิลลิเมตร หนา 0.20 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางวิศวกรรมของแผ่นเหล็ก HCS [4]

Flat bar type	Size		Area (mm^2)	Ultimate Load (kN)	Tensile Stress (MPa)	Elastic Modulus (MPa)
	Width (mm)	Thickness (mm)				
HCS	25.00	0.20	5.00	8.41	$1.68x10^3$	$1.99x10^5$

3.1.3 อีพ็อกซี่

อีพ็อกซี่เป็นสารเคมีชนิดหนึ่งแยกเป็นส่วนคือ A ที่เป็นเนื้ออีพ็อกซี่ ซึ่งจะทำให้คงทน ส่วน B เป็นส่วนที่ทำให้แข็งแห้งไว อีพ็อกซี่มีคุณสมบัติในการยึดเกาะสูงและทนต่อแรงดึงมากอีกทั้งยังมีความทนทานและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โดยในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ Sikadur® – 31 CF Normal ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งมีคุณสมบัติเชิงกลในการรับแรงอัด ดังตารางที่ 3.2 การรับแรงดัด ดังตารางที่ 3.3 การรับแรงดึง ดังตารางที่ 3.4 และค่าการยึดเกาะของอีพ็อกซี่ ดังตารางที่ 3.5 โดยในงานวิจัยนี้พิจารณาคุณสมบัติเชิงกลของอีพ็อกซี่ที่ระยะเวลา 3 วัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ 30 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3.2 สมบัติเชิงกลในการรับแรงอัด

คุณสมบัติเชิงกล	ระยะเวลาก่อตัว (วัน)	ที่อุณหภูมิ 10 ^{0}C (N/mm^2)	ที่อุณหภูมิ 23 ^{0}C (N/mm^2)	ที่อุณหภูมิ 30 ^{0}C (N/mm^2)
ค่ารับกำลังอัด	1	25-35	45-55	50-60
	3	40-50	55-65	60-70
	7	50-60	60-70	60-70

ตารางที่ 3.3 สมบัติเชิงกลในการรับแรงดัด

คุณสมบัติเชิงกล	ระยะเวลาก่อตัว (วัน)	ที่อุณหภูมิ 10 ^{0}C (N/mm^2)	ที่อุณหภูมิ 23 ^{0}C (N/mm^2)	ที่อุณหภูมิ 30 ^{0}C (N/mm^2)
ค่ารับแรงดัด	1	11-17	20-30	20-30
	3	20-30	25-35	25-35
	7	25-35	30-40	30-40

ตารางที่ 3.4 สมบัติเชิงกลในการรับแรงดึง

คุณสมบัติเชิงกล	ระยะเวลาก่อตัว (วัน)	ที่อุณหภูมิ 10 ^{0}C (N/mm^2)	ที่อุณหภูมิ 23 ^{0}C (N/mm^2)	ที่อุณหภูมิ 30 ^{0}C (N/mm^2)
ค่ากำลังรับกำลังดึง	1	2-6	6-10	9-15
	3	9-15	17-23	17-23
	7	14-20	18-24	19-25

ตารางที่ 3.5 สมบัติเชิงกลในการยึดเกาะ

ระยะเวลาก่อตัว (วัน)	อุณหภูมิ (^{0}C)	สภาพพื้นผิว	ค่าแรงยึดเกาะ (N/mm^2)
1	10	พื้นผิวคอนกรีตแห้ง	> 4*
1	10	พื้นผิวคอนกรีตชื้น	> 4*
1	10	เหล็ก	6-10
3	10	เหล็ก	10-14
3	23	เหล็ก	11-15
3	30	เหล็ก	13-17

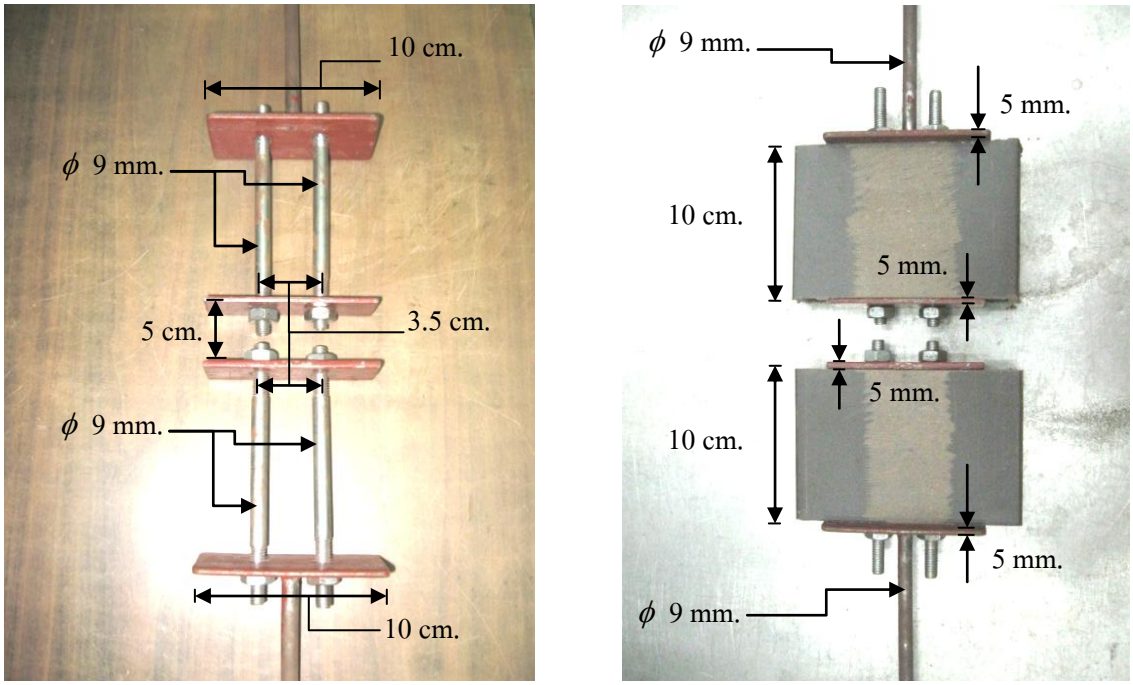
หมายเหตุ : * หมายถึง 100% พังที่คอนกรีต

รูปที่ 3.3 อีพ็อกซี่

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

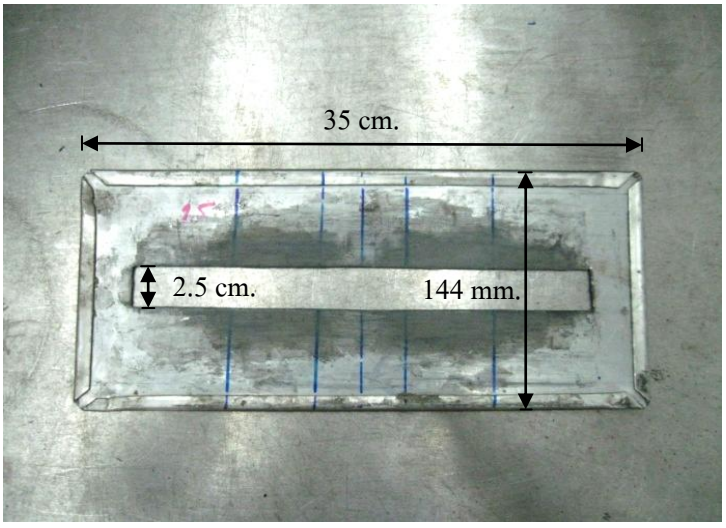
3.2.1 อุปกรณ์ยึดจับชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่จัดทำขึ้นใหม่ มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนที่จับ WPVC ด้านบนและด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และเครื่องทำความหนาอีพ็อกซี่ดังแสดงในรูปที่ 3.5



(a) (b)

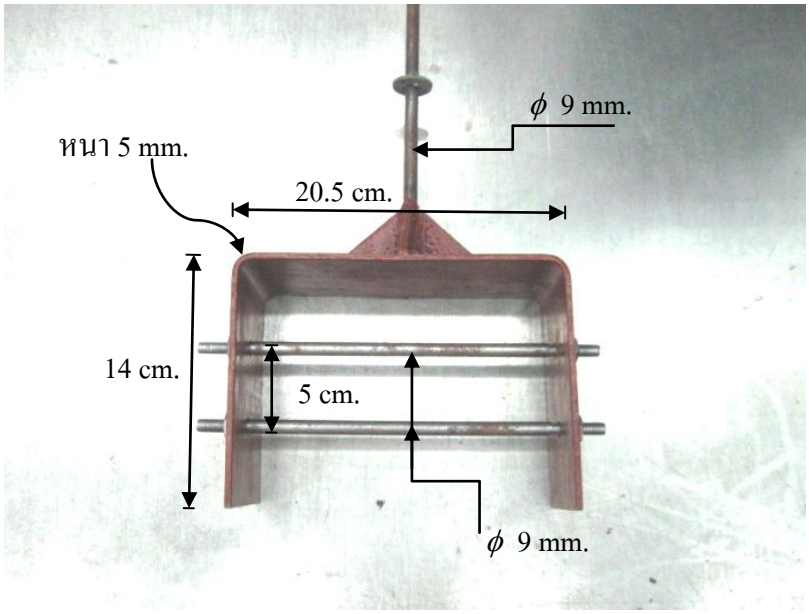
รูปที่ 3.4 เครื่องมือใช้จับชิ้นงานในการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (a) เครื่องมือจับชิ้นงาน (b) ตัวอย่างการจับชิ้นงาน



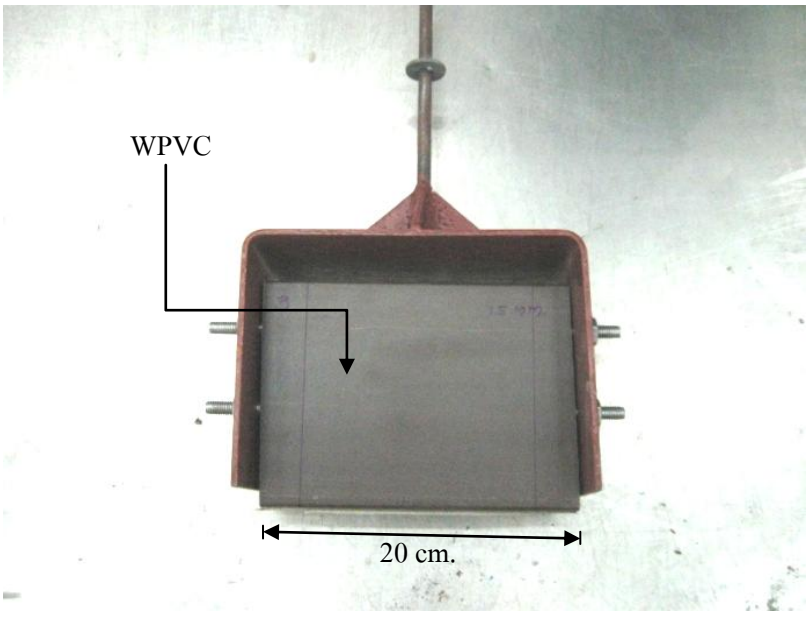
รูปที่ 3.5 เครื่องมือใช้ทำความหนาอีพ็อกซี่

3.2.2 อุปกรณ์ยึดจับชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่จัดทำขึ้นใหม่ มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนที่จับ WPVC ด้านบนและด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7

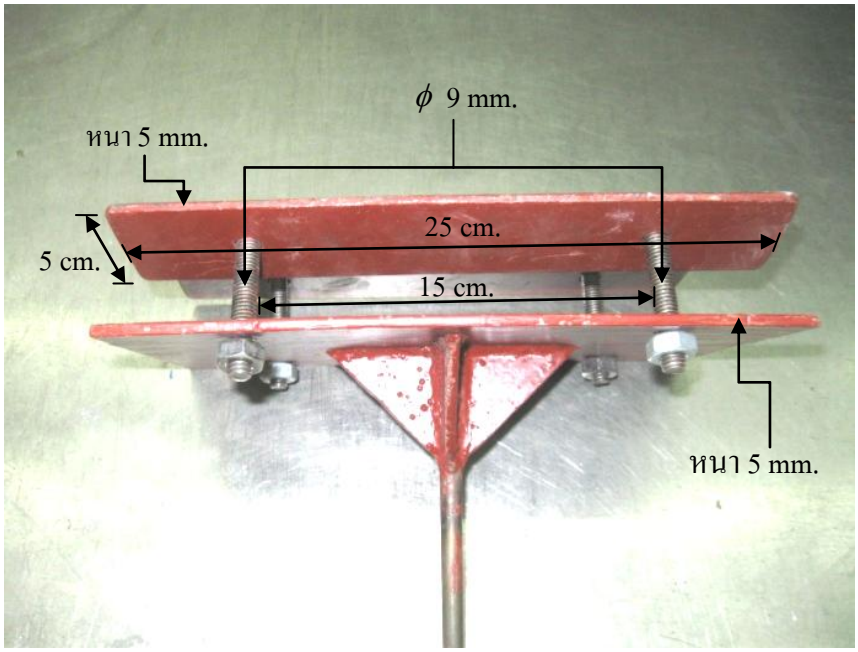


(a)

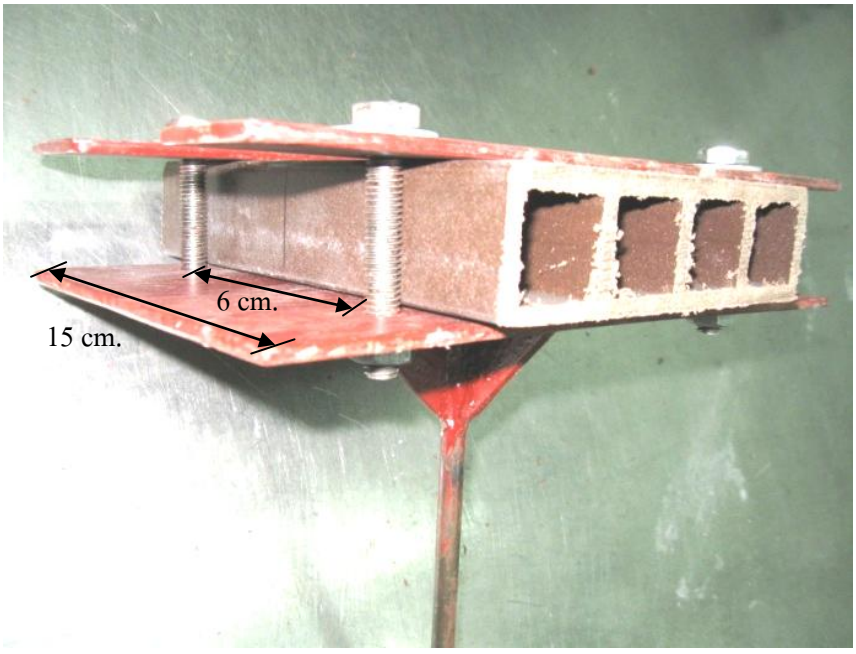


(b)

รูปที่ 3.6 เครื่องมือใช้จับชิ้นงานส่วนบนในการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (a) เครื่องมือจับชิ้นงาน (b) ตัวอย่างการจับชิ้นงานส่วนบน



(a)

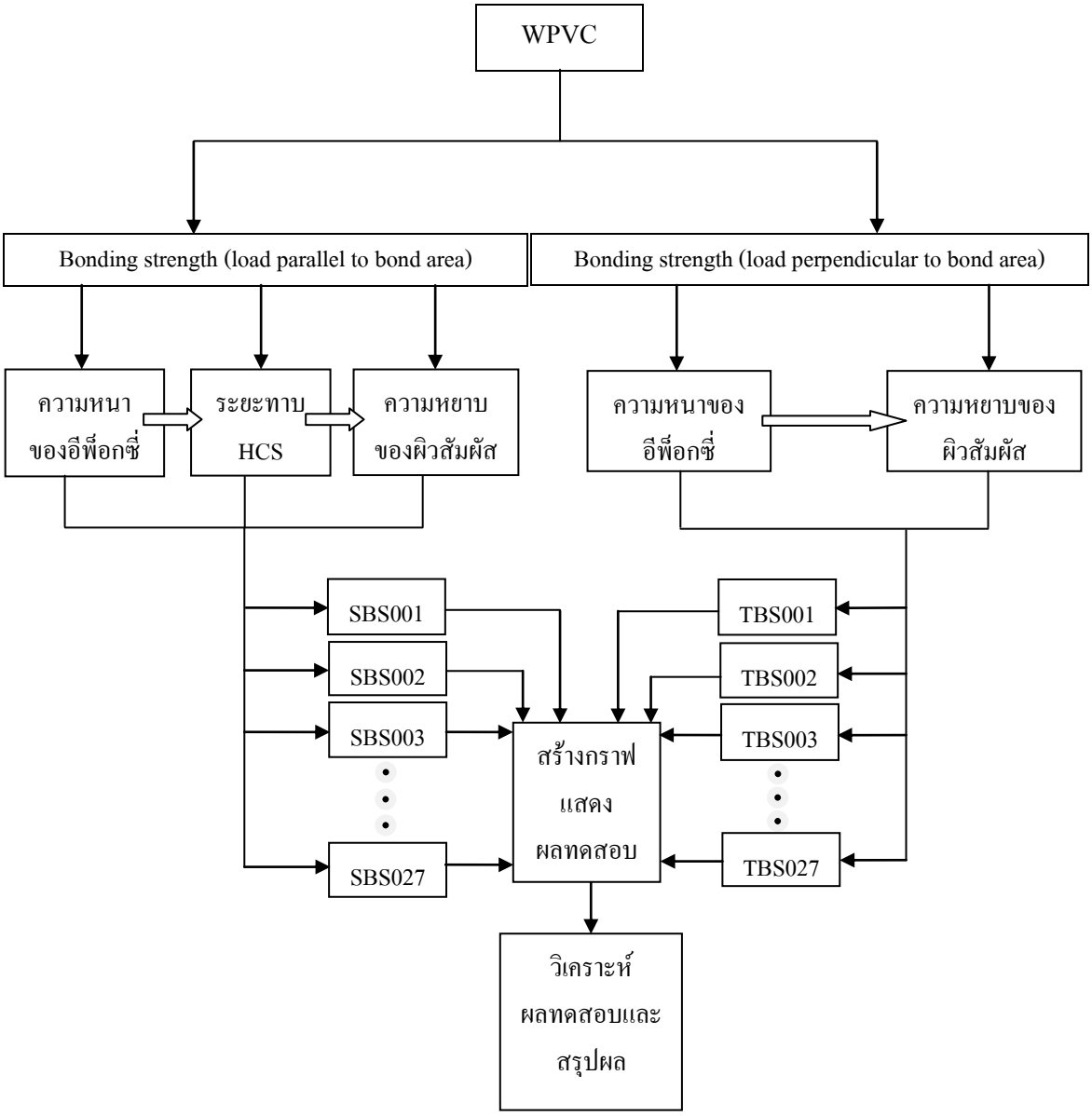


(b)

รูปที่ 3.7 เครื่องมือใช้จับชิ้นงานส่วนล่างในการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (a) เครื่องมือจับชิ้นงาน (b) ตัวอย่างการจับชิ้นงานส่วนล่าง

3.3 แผนการดำเนินการทดสอบ

แผนผังการดำเนินงานในการศึกษากำลังยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุ WPVC และ แผ่นเหล็ก HCS ซึ่งยึดประสานกันด้วยอีพ็อกซี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และมีรายการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.6



รูปที่ 3.8 แผนผังการดำเนินงาน

หมายเหตุ : กำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v) ใช้สัญลักษณ์ SBS
กำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T) ใช้สัญลักษณ์ TBS

ตารางที่ 3.6 รายการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส และกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส

Sample codes	Epoxy thickness (mm)	Bondline (mm)	Roughness	Curing	Sample No.
1) Bonding strength (σ_v) : load parallel to bond area					
SBS001	1.0	50	Sanded surface	3	3
SBS002	1.0	75	Sanded surface	3	3
SBS003	1.0	100	Sanded surface	3	3
SBS004	0.5	75	Sanded surface	3	3
SBS005	1.5	75	Sanded surface	3	3
SBS006	1.0	75	Original surface	3	3
SBS007	1.0	75	Sandblast (6 μm)	3	3
SBS008	1.0	75	Sandblast (6 μm)	3	3
SBS009	1.0	75	Sandblast (3 μm)	3	3
SBS010	1.0	75	Sandblast (3 μm)	3	3
2) Bonding strength (σ_T) : load perpendicular to bond area					
TBS001	0.5	144	Sanded surface	3	3
TBS002	0.5	144	Original surface	3	3
TBS003	1.0	144	Sanded surface	3	3
TBS004	1.0	144	Original surface	3	3
TBS005	1.5	144	Sanded surface	3	3
TBS006	1.5	144	Original surface	3	3

หมายเหตุ : SBS หมายถึง กำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส (σ_v)
TBS หมายถึง กำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส (σ_T)

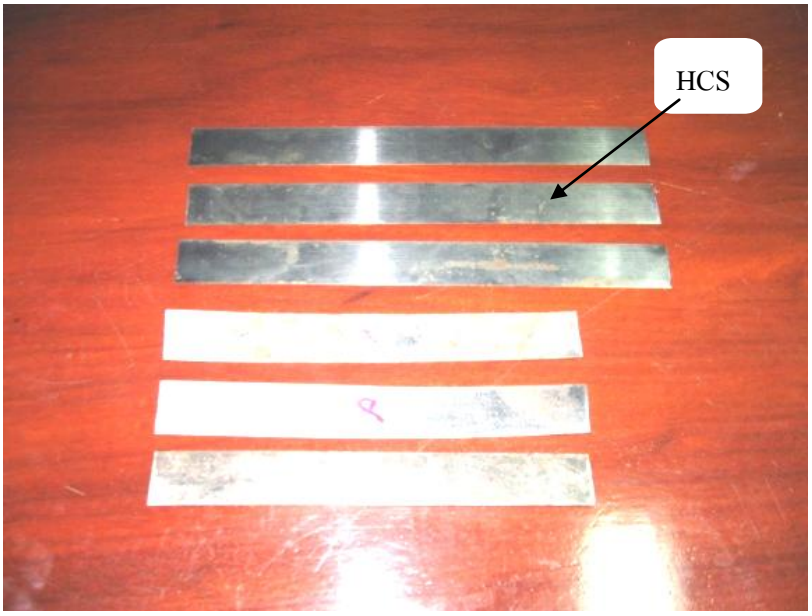
3.4 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

1) ตัดชิ้นส่วนวัสดุ WPVC ขนาดต่างๆ ดังนี้

- ขนาดยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น
- ขนาดยาว 200 มิลลิเมตร จำนวน 36 ชิ้น

2) ตัดชิ้นส่วนวัสดุแผ่นเหล็ก HCS ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.9 มีขนาดต่างๆ ดังนี้

- ขนาดยาว 150 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น
- ขนาดยาว 200 มิลลิเมตร จำนวน 84 ชิ้น
- ขนาดยาว 250 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการตัดแผ่นเหล็ก HCS

3) ขัดชิ้นส่วนวัสดุ WPVC ด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย ที่มีการทำงานของมอเตอร์ 10,000 รอบต่อนาทีโดยใช้เวลาในการขัด 30 วินาทีเท่ากันทุกชิ้นส่วน

4) นำเหล็กคาร์บอนกำลังสูงขัดผิวให้หยาบด้วยเครื่องพ่นทราย ที่ความดัน 8 บาร์ โดย เลือกระดับความหยาบของผิวที่ 2 ระดับ คือ 3 ไมครอน (μm) และ 6 ไมครอน (μm)

5) นำวัสดุ WPVC ที่ขัดแล้วทำความสะอาด โดยไม่ให้มีความชื้น

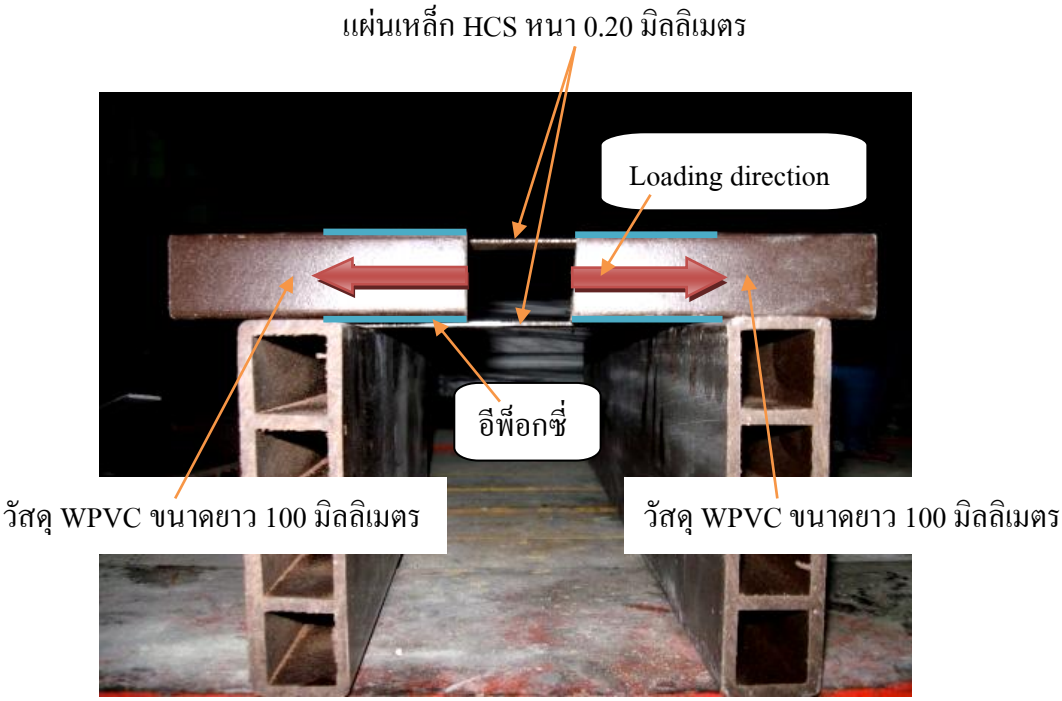
6) เตรียมวัสดุอีพ็อกซี่ นำส่วน A และส่วนB ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.1.3 มารวมกันในอัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนักดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการผสมอีพ็อกซี่

3.5 วิธีการทดสอบ

3.5.1 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส

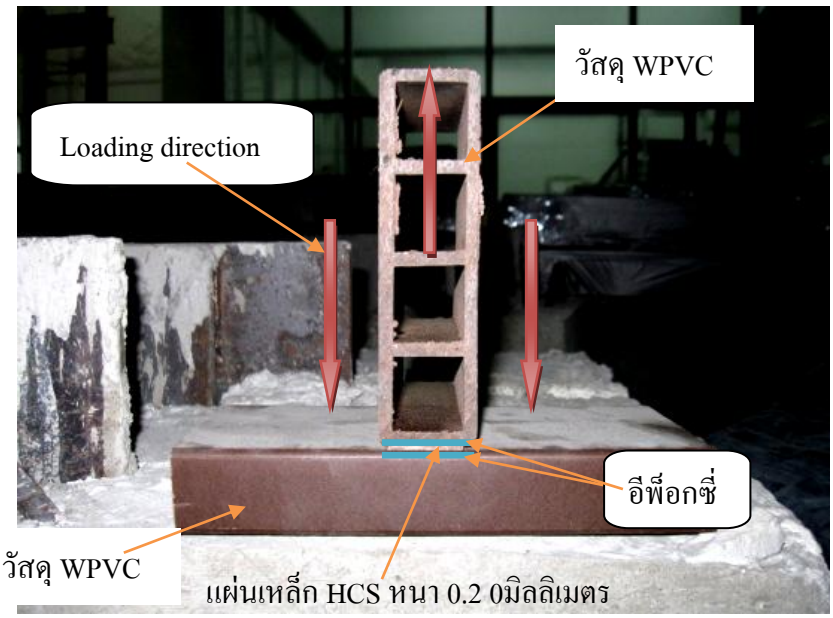
จากรูปที่ 3.11 แผ่นเหล็ก HCS ขนาด 50x150 มิลลิเมตร หนา 0.20 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับวัสดุ WPVC โดยใช้ อีพ็อกซี่เป็นตัวประสาน ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงระยะทาบของแผ่นเหล็ก HCS ความหยาบของผิวสัมผัส และความหนาของอีพ็อกซี่ ตามตารางการทดสอบ แล้วออกแรงดึงชิ้นส่วนของวัสดุ WPVC ตามลูกศรชี้ในแนวขนานกับแผ่นเหล็ก HCS และวัสดุ WPVC พร้อมๆกัน โดยเครื่องทดสอบ [11]



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส

3.5.2 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส

จากรูปที่ 3.12 แผ่นเหล็ก HCS ขนาด 50x200 มิลลิเมตร หนา 0.20 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับวัสดุ WPVC โดยใช้ อีพ็อกซี่เป็นตัวประสาน ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงความหนาของอีพ็อกซี่ และความหยาบของผิวสัมผัส ตามตารางการทดสอบ จากนั้นยึดแน่นชิ้นส่วนวัสดุ WPVC ชิ้นบน (แนวตั้ง) กับเครื่องทดสอบ แล้วออกแรงกดชิ้นส่วนของวัสดุ WPVC ชิ้นล่าง (แนวนอน) ตามลูกศรชี้ลงทั้งซ้ายและขวาในแนวตั้งฉากกับแผ่นเหล็ก HCS พร้อมๆกัน โดยเครื่องทดสอบ [12]

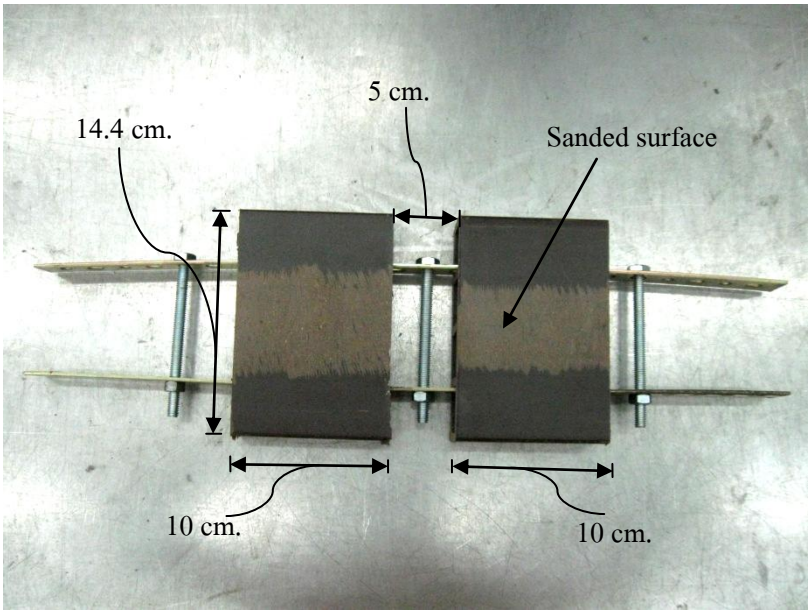


รูปที่ 3.12 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส

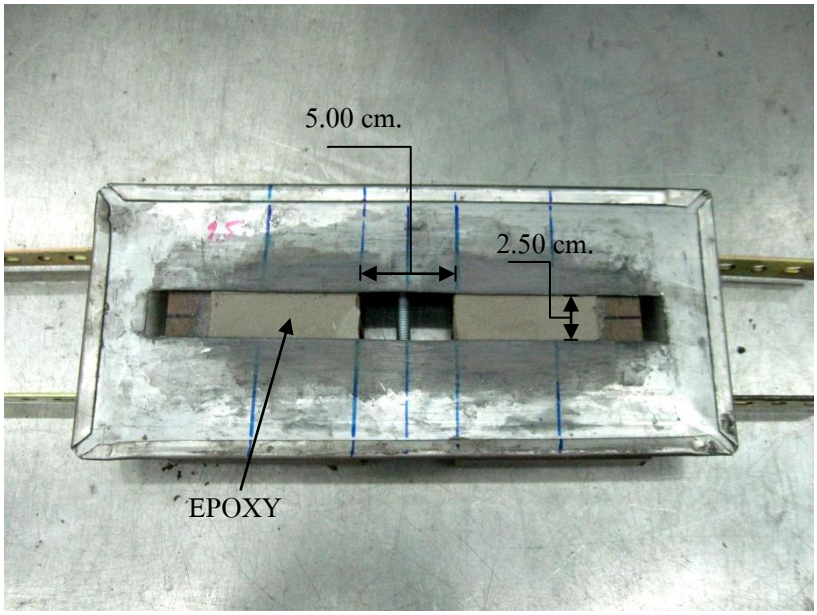
3.6 ขั้นตอนการทดสอบ

3.6.1 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส

1) นำชิ้นส่วนวัสดุ WPVC ขนาด 38x144x6 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ที่ขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายในเวลา 30 วินาทีเท่าๆกันทุกชิ้นส่วน และนำวัสดุเหล็ก HCS ขนาด 50x150 มิลลิเมตร หนา 0.20 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับวัสดุ WPVC โดยใช้อีพ็อกซี่เป็นตัวประสาน ซึ่งจะใช้ความหนาที่ 0.50 1.00 1.50 มิลลิเมตร และให้ระยะทาบเท่ากับ 50 75 100 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวอย่างในการทดสอบ 3 ชิ้น [11] ก่อนทาอีพ็อกซี่นำแผ่นเหล็กเจาะรู 2 แผ่น สอดตามช่องว่างของวัสดุ WPVC แล้วยึดด้วยน๊อต โดยเว้นระยะห่างระหว่าง วัสดุ WPVC เท่ากับ 50 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องมือจับชิ้นงาน ซึ่งการยึดวัสดุ WPVC ทั้ง 2 ชิ้นนี้ ดังรูปที่ 3.13 เพื่อสะดวกต่อการทาอีพ็อกซี่ให้ได้ระดับเดียวกัน นำเครื่องมือทำความหนาของอีพ็อกซี่วางลงชิ้นงานที่เตรียมไว้แล้วใช้เกรียงทาอีพ็อกซี่ ให้ได้ระดับความหนาของอีพ็อกซี่ และระยะทาบของแผ่นเหล็ก HCS ที่ต้องการดังรูปที่ 3.14

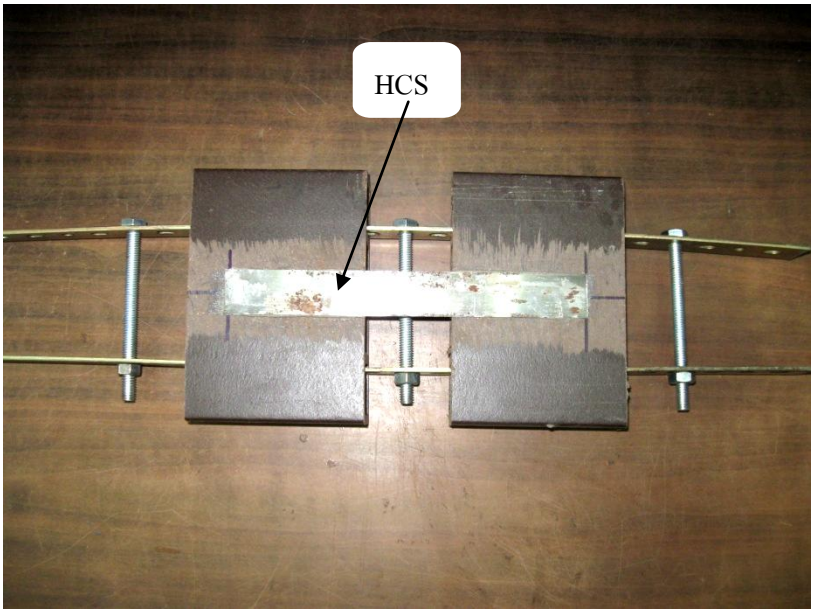


รูปที่ 3.13 ตัวอย่างชิ้นงานก่อนทาอีพ็อกซี่

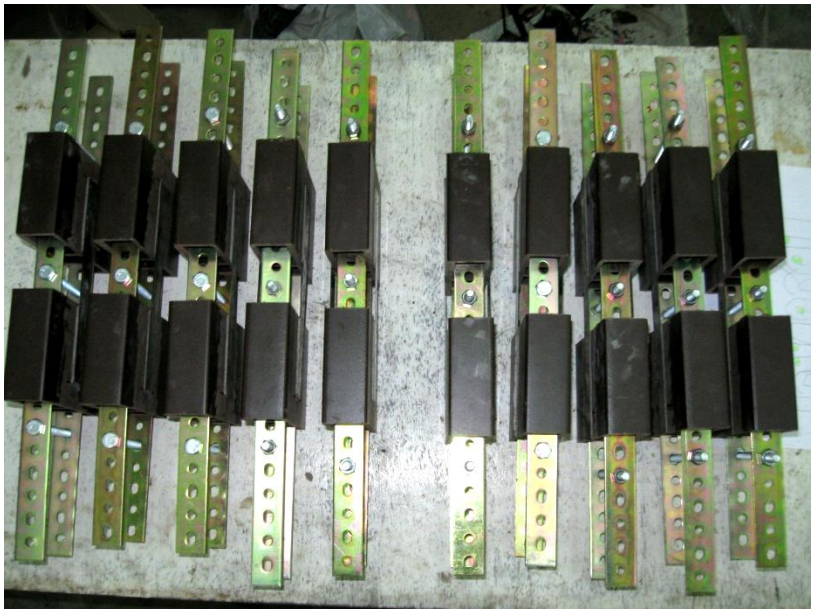


รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการทาอีพ็อกซี่

2) นำวัสดุ WPVC ทำการเชื่อมแผ่นเหล็กด้วยอีพ็อกซี่ดังแสดงในรูปที่ 3.15 แล้วบ่มที่ระยะเวลา 3 วัน (ตามข้อกำหนดของคุณสมบัติอีพ็อกซี่) ดังรูปที่ 3.16 แล้วนำชิ้นส่วนมาทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุแบบแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัส



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างชิ้นงานที่ติดแผ่นเหล็ก HCS

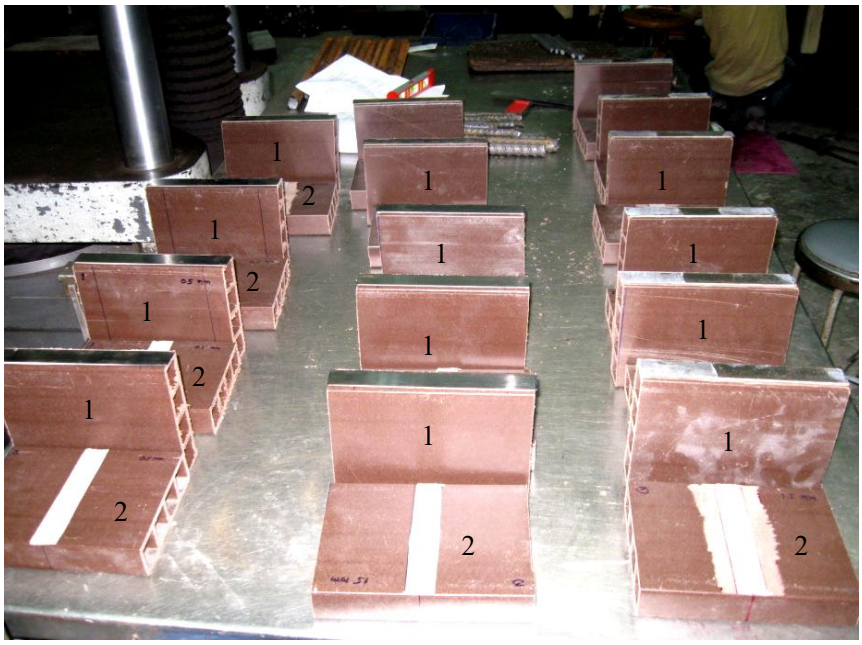


รูปที่ 3.16 ตัวอย่างชิ้นงานการทดสอบแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัสที่บ่มเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

3) จดบันทึกค่ากำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุแบบให้แรงดึงขนานกับผิวสัมผัสและการพังของวัสดุ

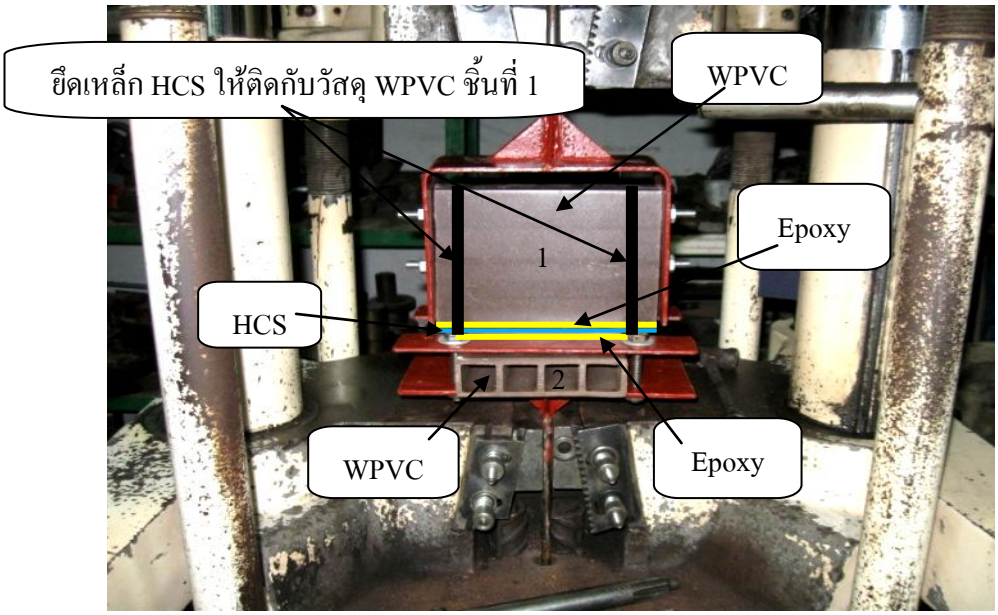
3.6.2 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส

1) นำชิ้นส่วนวัสดุ WPVC ขนาด 38x144x6 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายในเวลาที่เท่ากัน และนำวัสดุเหล็ก HCS หนา 0.20 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับวัสดุ WPVC โดยใช้ อีพ็อกซี่เป็นตัวประสาน ซึ่งจะใช้ความหนา 0.50 1.00 1.50 มิลลิเมตร และให้ระยะทาบเต็มพื้นที่สัมผัส โดยนำชิ้นที่ 1 ที่ติดแผ่นเหล็ก HCS แล้วนำมาวางขวางกับชิ้นที่ 2 ที่ทาอีพ็อกซี่แล้ว และใช้ตัวอย่างในการทดสอบ 3 ชิ้น ดังรูปที่ 3.17 [12]



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างชิ้นงานการทดสอบแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัสที่บ่มเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

2) นำวัสดุ WPVC ที่ทำการเชื่อมแผ่นเหล็กด้วยอีพ็อกซี่แล้วบ่มที่ระยะเวลา 3 วัน (ตามข้อกำหนดของคุณสมบัติอีพ็อกซี่) แล้วนำชิ้นส่วนมาทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุแบบให้แรงดึงตั้งฉากกับผิวสัมผัส โดยใช้แผ่นเหล็กยึด HCS ให้ติดกับวัสดุ WPVC ชิ้นที่ 1 ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบ