

บทที่ 5

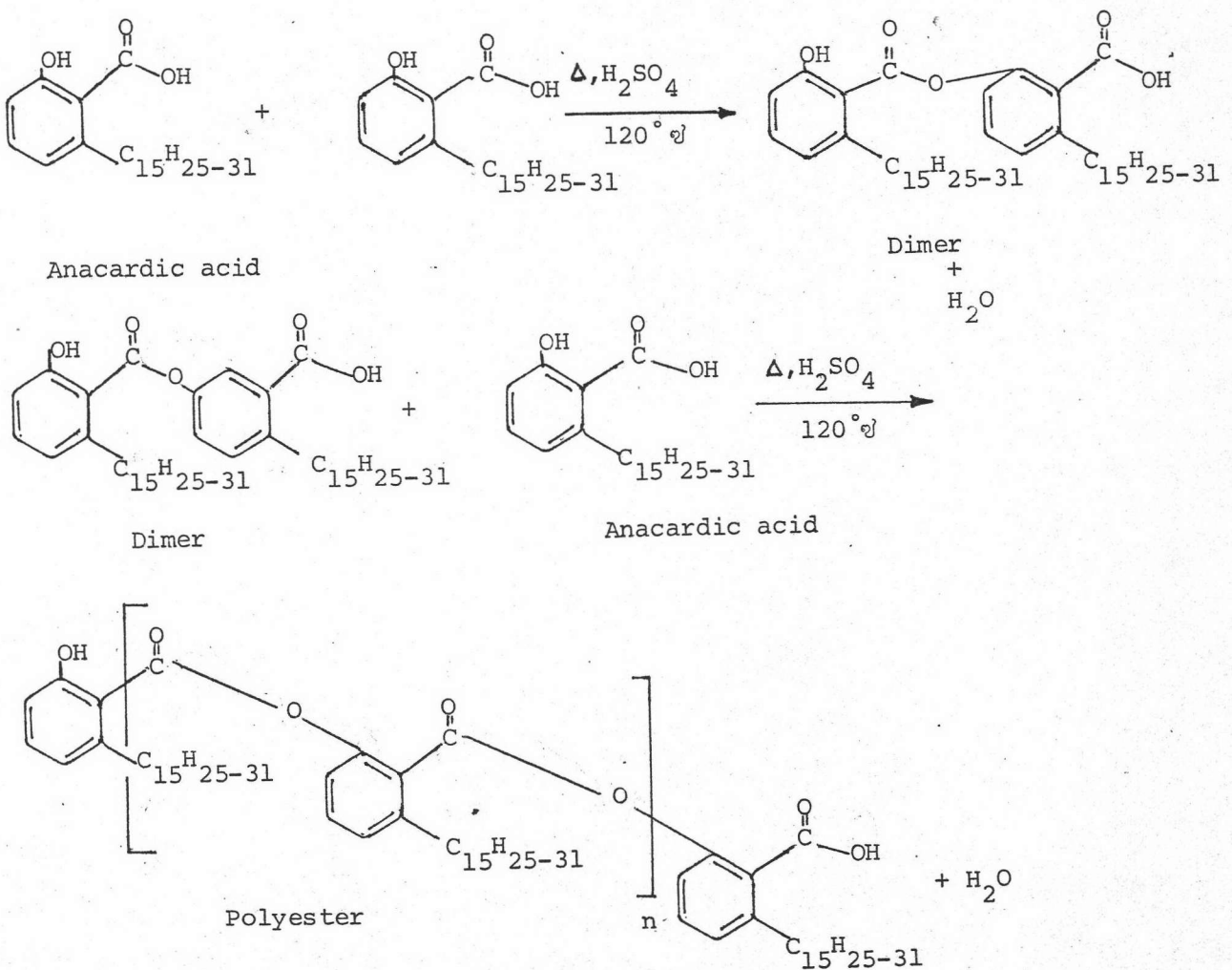
การวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 การโพลีเมอไรเซชันของกรดอนาคาติก

ประกอบด้วย กรดอนาคาติกประมาณ 90 % ปฏิกิริยาของกรดอนาคาติก จึงเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณา เมื่อนำ CNSL ผ่านขบวนการโพลีเมอไรเซชัน

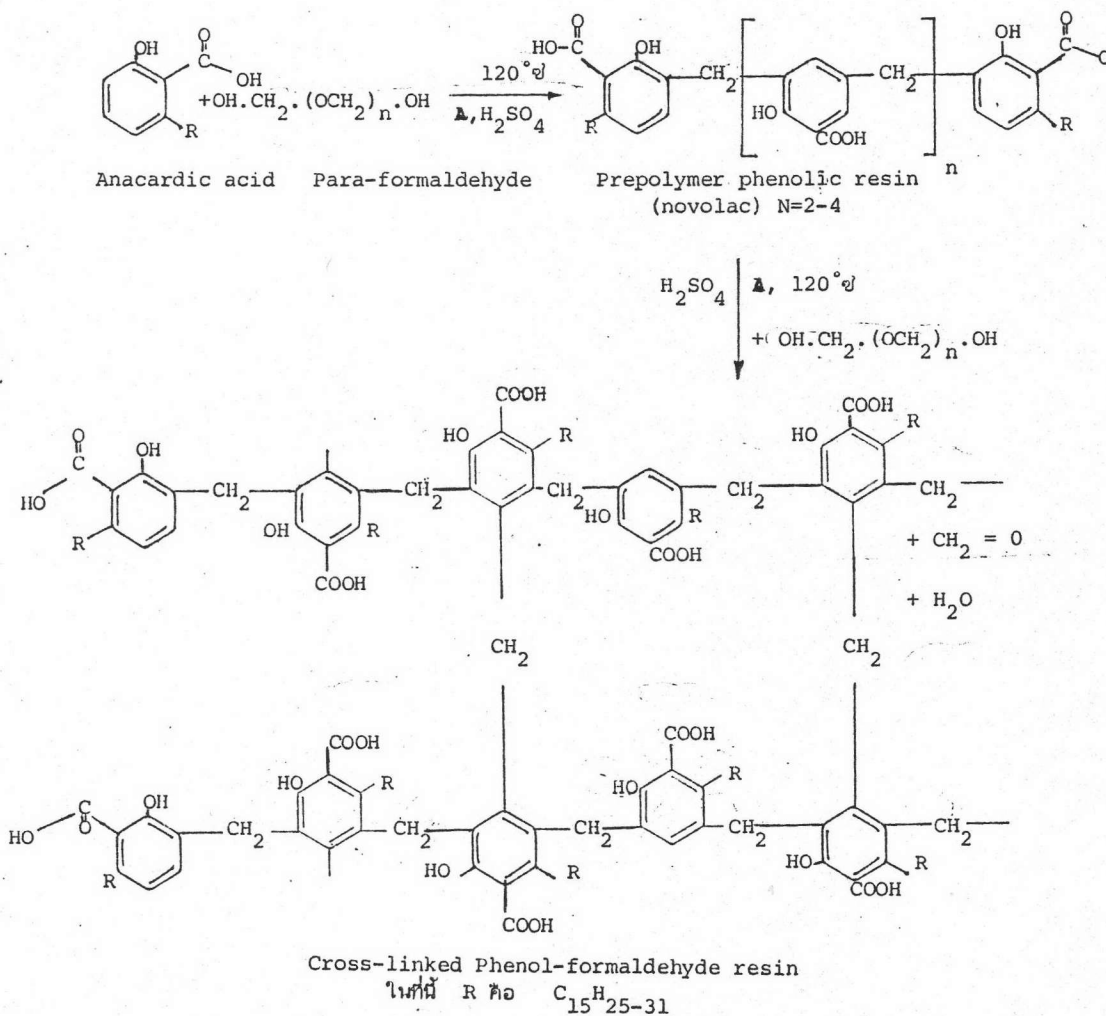
เมื่อโพลีเมอไรเซชันกรดอนาคาติกด้วยความร้อน กับอัลดีไฮด์ ซึ่งใช้พารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ ในที่นี้ ปฏิกิริยาอาจเกิดขึ้น 2 ชนิด คือ

ก. โพลีเมอไรเซชันของกรดอนาคาติกเองเมื่อร้อน ได้สารโมเลกุลใหญ่ขึ้น คือ โพลีเมอร์ และมีลักษณะเป็น เอสเทอร์ (Ester) ดังนี้



เมื่อกรดอนาคาคิกได้รับความร้อนในอุณหภูมิที่ ไฮโดรเจนที่ Carboxyl group จะแตกตัวออกมา ทำให้กลายเป็น Free radical ไปสับกับ Hydroxyl group ของอีกตัวหนึ่ง และเกิดน้ำขึ้นเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป

ข. เกิดคอนเดนชันโพลีเมอร์ไรเซชัน (Condensation Polymerization) ของพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ และกรดอนาคาคิก อันเนื่องมาจาก Phenol ใน CNSL ปฏิกิริยาจะเกิดที่ตำแหน่ง Ortho- หรือ Para- ผลจะได้ทีโนลิก เรซิน และน้ำเกิดขึ้น ปฏิกิริยานี้ใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นรวดเร็วมาก จนเกิดเป็น Cross-linked Phenol-formaldehyde resin



ปฏิกิริยาที่ปล่อยน้ำจะเกิดจนกระทั่งปริมาณของพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ หมดไป และจะมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยกว่ากรณีแรก เพราะปฏิกิริยาแรกนั้นเมื่อยังให้ความร้อน ปฏิกิริยาจะยังคงเกิดขึ้นอยู่เรื่อย ๆ ไม่ขึ้นกับสารอื่น

การโพลีเมอร์ไรเซชันกรดอนาคาติก จึงต้องมีการแปรเปลี่ยนปริมาณของพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ ที่เติมลงไป เมื่อให้ความร้อนแก่ CNSL ที่อุณหภูมิ 120 °C ปฏิกิริยาจะสิ้นสุดโดยการจำกัดระยะเวลาการให้ความร้อน ในที่นี้ใช้เวลา 1 ชั่วโมง การทดลองนี้ใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะพบว่า ถ้าเติมพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ ตามปริมาณที่กำหนดรวดเดียวทั้งหมด จะเกิดฟองสั่นออกนอกภาชนะที่ใช้สำหรับทำการทดลอง เพราะเกิดปฏิกิริยาเร็วมาก

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 ในบทที่ 4 เรซินที่ได้จากปฏิกิริยาทั้งสองที่กล่าวไปแล้ว มีความหนืดน้อยมาก เมื่อใช้ปริมาณพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ แม้จะใช้ CNSL เป็น 50 กรัม หรือ 100 กรัม (ตัวอย่างที่ L1 และ L5) สารละลายจะเริ่มแข็งตัวเมื่อใช้พารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 8 % และ 10 % ตามลำดับ

#### 5.1.1 การพิจารณาสัดส่วนเป็นโมลของกรดอนาคาติก และพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์

$$\text{น้ำหนักโมเลกุลของพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์} = 30.03$$

$$\text{น้ำหนักโมเลกุลของกรดอนาคาติก (C}_{22}\text{H}_{30-36}\text{O}_3) = 342$$

กรณี L1 ถ้าใช้ปริมาณพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ 4 % คือ 2 กรัม และปริมาณ

CNSL 50 กรัม

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{น้ำหนักของสาร (กรัม)}}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น (กรัม)}}$$

$$\text{จำนวนโมลของพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์} = \frac{2}{30.03} = 0.066$$

จำนวนโมลของกรดอนาคาติก (มี 90 % ของ CNSL ทั้งหมด)

$$= \frac{50 \times 0.9}{342} = 0.1316$$

$$\text{อัตราส่วนของกรดอนาคาติก/พารา-ฟอร์มัลดีไฮด์} = \frac{0.1316}{0.0666} = 1.97$$

แสดงว่ากรดอนาคาติก มีปริมาณมากกว่าพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์

การเปรียบเทียบอัตราส่วนเป็นโมลของกรดอนาคาติก และพารา-ฟอร์มัล-

ดีไฮด์ นี้ ดูได้ จากตารางที่ 5.1

ผลการทดลองเปรียบเทียบอัตราลื่นเป็นโมลของกรดอนุคาติก และพารา-  
ฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า ค่าระหว่าง 1.32-1.97 เป็นค่าที่ให้ผลดีในการทำปฏิกิริยา เพราะ  
ปริมาณของกรดอนุคาติกมีมากกว่าพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ เล็กน้อย ฉะนั้นควรใช้พารา-ฟอร์มัล-  
ดีไฮด์ 4 %-6 % จึงจะได้สารโพลีเมอร์ที่ไม่เหนียวจนเกินไป และสารละลายไม่แข็งตัว ดัง  
ตารางที่ 4.1 บทที่ 4

ตารางที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนเป็นโมลของกรดอนุภาคติดและสาร

สารตัวอย่างที่	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	S1	S2	S3	S4	หมายเหตุ
<u>CNSL 50 กรัม</u>													
ปริมาณกรดอนุภาคติด (กรัม)	45	45	45	45									
ปริมาณพารา-ฟอร์มาลดีไฮด์	2	3	4	5									
เป็นกรัม (%)	(4 %)	(6 %)	(8 %)	(10 %)									
กรดอนุภาคติด (โมล)	0.13160	0.1316	0.13160	0.1316									
พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ (โมล)	0.06660	0.0999	0.13320	0.1665									
กรด/พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์	1.97	1.32	0.99	0.79									กรดอนุภาคติดมี ปริมาณ 90 % ของ CNSL
<u>CNSL 100 กรัม</u>													
ปริมาณกรดอนุภาคติด (กรัม)					90	90	90	90					
ปริมาณพารา-ฟอร์มาลดีไฮด์					4	6	8	10					
เป็นกรัม (%)					(4 %)	(6 %)	(8 %)	(10 %)					
กรดอนุภาคติด (โมล)					0.2632	0.26320	0.26320	0.2632					
พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ (โมล)					0.1332	0.19980	0.26640	0.3330					
กรด/พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์					1.97	1.32	0.97	0.79					
<u>CNSL 500 กรัม</u>													
ปริมาณกรดอนุภาคติด (กรัม)									450	450	450	450	
ปริมาณพารา-ฟอร์มาลดีไฮด์									20	25	30	35	
เป็นกรัม (%)									(4 %)	(5 %)	(6 %)	(7 %)	
กรดอนุภาคติด (โมล)									1.3157	1.31571	1.31571	1.3157	
พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์									0.6660	0.83250	0.99901	1.1655	
กรด/พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์									1.97	1.58	1.32	1.13	

ในกรณีที่อัตราส่วนของกรดอนุภาคดึกและพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ ที่มีค่า 0.79 และ 0.99 สำหรับปริมาณพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ 8 % และ 10 % นั้น สารตัวอย่าง L3, L4, L7, L8 จะมีปริมาณของพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ มากกว่ากรดอนุภาคดึก ทำให้เกิดปฏิกิริยากับ พารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ มากเกินไป โพลีเมอร์ที่ได้จะมีขนาดใหญ่มาก จึงได้สารละลายแข็งตัว และมีความหนืดสูง

เมื่อพิจารณาขยายขนาดเป็นระบบใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม จึงเลือกใช้ปริมาณพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ 4 %-7 % เท่านั้น โดยเลือกเฉพาะอัตราส่วนเป็นโมล ที่อยู่ระหว่างค่า 1.13-1.97 นั้นเอง

โพลีเมอร์ หรือเรซินที่ได้มีมาทำปฏิกิริยากับเฟนิล-ไอโซไซยาเนต เพื่อให้ได้สารโพลียูรีเทน ซึ่งมีคุณสมบัติทนรอยขีดข่วน ทนต่อสารเคมี และทำให้การยึดติดวัสดุ<sup>(12)</sup>

ก่อนเติมสารเฟนิล-ไอโซไซยาเนต ได้ทดสอบอัตราเร็วของการแห้ง ดังตาราง ที่ 4.2 โดยการเคลือบขยกระจกและเคลือบบนไม้ พบว่า

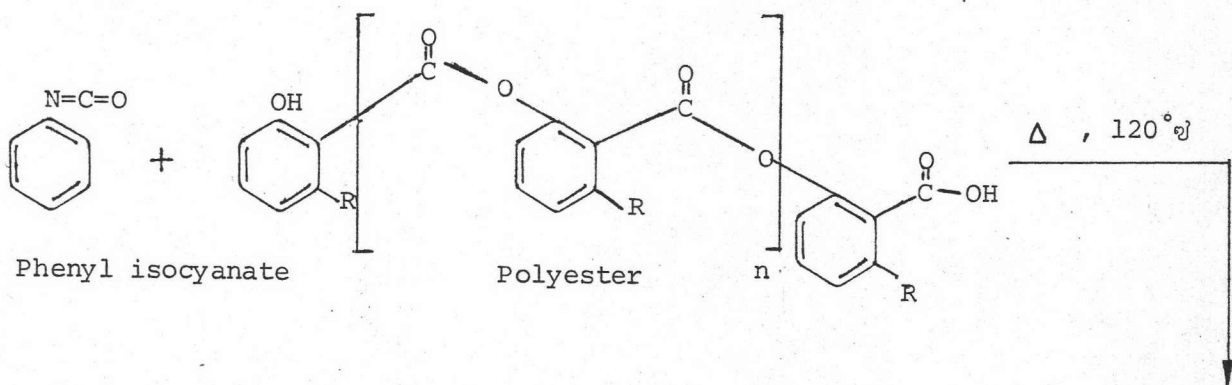
ก. อัตราเร็วของการแห้งที่ผิว การเคลือบบนไม้จะแห้งที่ผิวได้เร็วกว่าเคลือบบนกระจก สารที่มีปริมาณพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ มากกว่าจะแห้งที่ผิวได้ช้ากว่าสารที่มีปริมาณพารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ น้อย

ข. อัตราเร็วของการแห้งแข็ง พบว่าการเคลือบบนไม้จะแห้งเร็วกว่าการเคลือบบนกระจกเช่นเดียวกันกับการแห้งที่ผิว ทั้งนี้เนื่องจากไม้มีรูพรุน แต่กระจกมีผิวเรียบ ทำให้อัตราการระเหยของตัวทำละลายในสารเคลือบผิวที่อยู่บนเนื้อไม้ ระเหยได้ดีกว่าบนกระจก ตัวอย่างที่ L1, L2, L3, L5, L6 มีระยะเวลาในการแห้งแข็งเมื่อเคลือบบนเนื้อไม้ดี คือ ค่าระยะเวลาการแห้ง 6.50-10.00 นาที แต่เมื่อเคลือบบนผิวกระจกใช้เวลาถึง 20-30 นาที

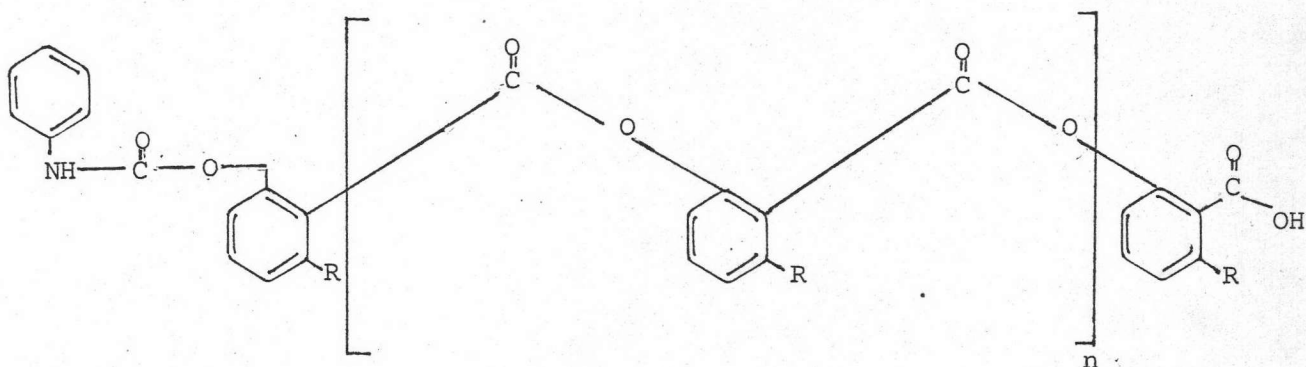
5.2 การเกิดปฏิกิริยาเมื่อเติมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท

ปฏิกิริยาที่น่าจะเกิดขึ้น มีลักษณะดังนี้ คือ เฟนิล-ไอโซไซยาเนท จะทำปฏิกิริยากับโพลีเอสเตอร์ ที่เกิดจากปฏิกิริยาในกรณีแรกเป็นส่วนใหญ่ เพราะมีปริมาณมากกว่าเฟนิล-ไอโซไซยาเนท จากปฏิกิริยาครั้งที่สอง นอกจากนี้ออกาสที่เฟนิล-ไอโซไซยาเนท จะไปจับกับตำแหน่งที่มี Hydroxyl group ในโพลีเอสเตอร์ ก็ง่ายกว่าการทำปฏิกิริยากับเฟนิล-ไอโซไซยาเนท ปฏิกิริยาต่าง ๆ อาจเกิดขึ้น ดังต่อไปนี้ คือ

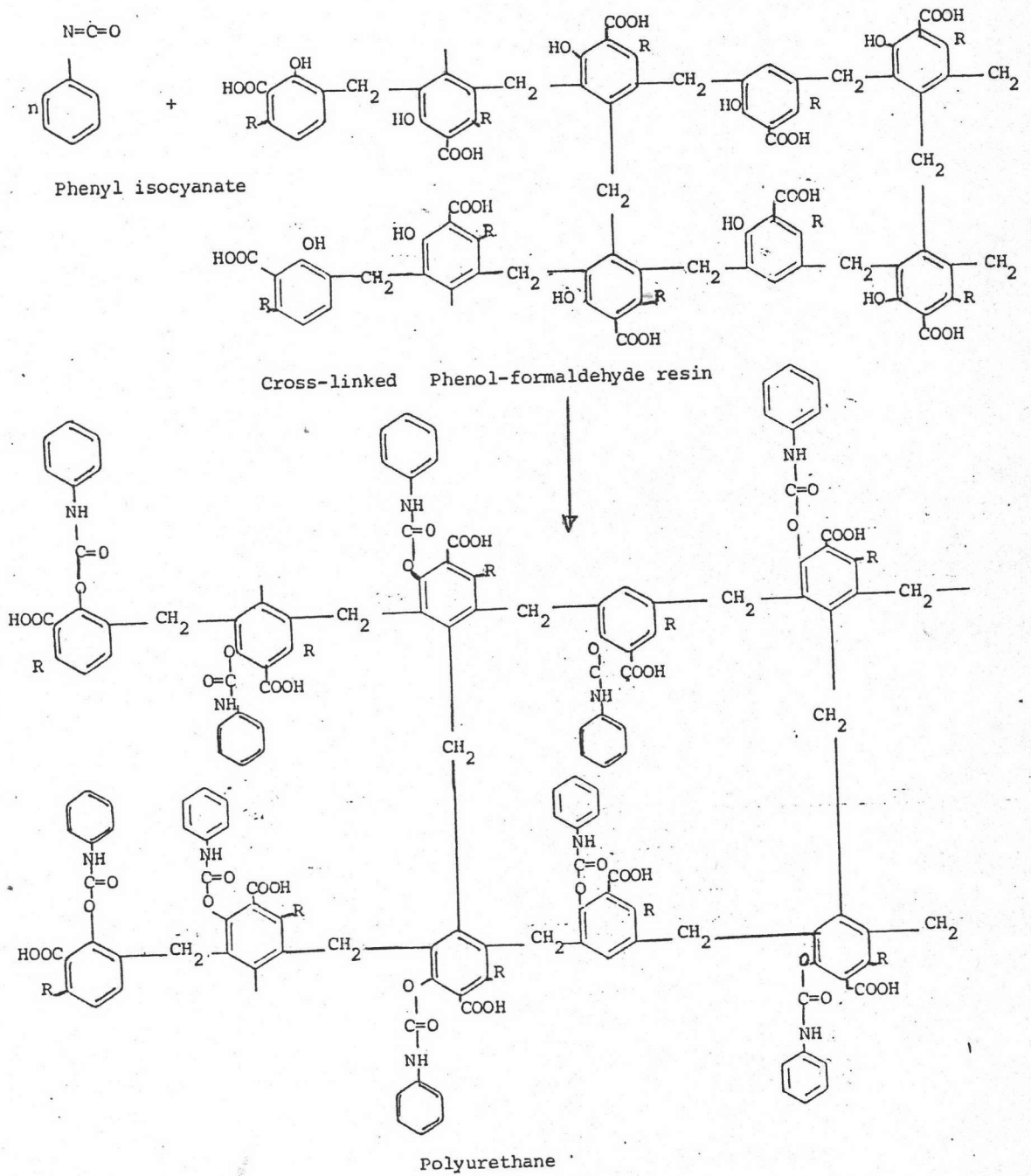
5.2.1 เมื่อทำปฏิกิริยากับโพลีเอสเตอร์ จะได้สารโพลียูรีเทน ดังนี้



R คือ C<sub>15</sub>H<sub>25-31</sub>



5.2.2 การพอลิเมอไรเซชัน Cross-linked Phenol-formaldehyde resin





ในการเติมเฟลิล-ไอโซไซยาเนท จะแปรปรวนหลาย ๆ ค่า และเปรียบเทียบกันในการเกิดปฏิกิริยา ในกรณีที่ไม่ให้ความร้อน และกรณีให้ความร้อน หลังจากเติมเฟลิล ไอโซไซยาเนท ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ และระบบที่ใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

### 5.3 ค่าความหนืดของสาร โพลีเมอร์

#### 5.3.1 ผลการวัดความหนืดของสารโพลีเมอร์ในระดับห้องปฏิบัติการ

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 บทที่ 4 ค่าความหนืดอยู่ในช่วง 18-35 วินาที ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบค่าความหนืดของสารโพลีเมอร์ในระดับห้องปฏิบัติการ

ก่อนเติมสาร เฟลิล-ไอโซไซยาเนท	หลังเติมสาร เฟลิล-ไอโซไซยาเนท 5 % และ 10 % ก. ไม่ให้ความร้อน	หลังเติมสาร เฟลิล-ไอโซไซยาเนท 5 % และ 10 % ข. ให้ความร้อนที่ 80° ๗. เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง
L1 มีค่า 25 วินาที	L1 มีค่า 21-23 วินาที	L1 มีค่า 19-24 วินาที
L5 มีค่า 22 วินาที	L5 มีค่า 22-25 วินาที	L5 มีค่า 18-22 วินาที
L2 มีค่า 28 วินาที	L2 มีค่า 31-32 วินาที	L2 มีค่า 30-32 วินาที
L6 มีค่า 35 วินาที	L6 มีค่า 34-35 วินาที	L6 มีค่า 33-35 วินาที

ค่าความหนืดของสารตัวอย่าง L1 และ L5 กับ L2 และ L6 มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน และถ้าเปรียบเทียบการวัดความหนืดกรณีวัดทันที กับวัดภายหลัง 3 ชั่วโมง พบว่า การวัดทันทีมีความหนืดน้อยกว่าเมื่อวัดภายหลัง 3 ชั่วโมง เนื่องจากเมื่อหยุดให้ความร้อน อุณหภูมิจะลดลง แรงดึงดูดกันระหว่างโมเลกุลของสาร (Interaction force) จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นความหนืดที่วัดภายหลัง 3 ชั่วโมง จึงมีค่ามากกว่า

5.3.2 ผลการวัดความหนืดของสารโพลีเมอร์ในระบบใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 ค่าความหนืดอยู่ในช่วง 9-44 วินาที

ตั้งตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลการเปรียบเทียบการวัดความหนืดของสาร โพลีเมอร์ในระบบ  
ใกล้เคียงกับระบบในโรงงานอุตสาหกรรม

ก่อนเติมสาร เฟนิล-ไอโซไซยาเนต	หลังเติมสาร เฟนิล-ไอโซไซยาเนต 5 %-15 % ก. ไม่ให้ความร้อน	หลังเติมสาร เฟนิล-ไอโซไซยาเนต 5 %-15 % ข. ให้ความร้อนที่ 80 °ซ เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง	หมายเหตุ
<u>S1</u> มีค่า 23 วินาที	<u>S1</u> มีค่าระหว่าง 10-26 วินาที 1) ปริมาณของเฟนิล- ไอโซไซยาเนต เพิ่มขึ้น ค่าความหนืด จะน้อยลง 2) การวัดความหนืด ภายหลัง 3 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าการวัด ทันที เล็กน้อย 3) ความหนืดมีค่าเฉลี่ย 14 วินาที	<u>S1</u> มีค่าระหว่าง 9-44 วินาที 1) ปริมาณของเฟนิล- ไอโซไซยาเนตมีค่า แตกต่างจากค่าอื่น มากคือ 42-44วินาที 2) ปริมาณเฟนิล-ไอโซ- ไซยาเนต เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะลดลง 3) ค่าเฉลี่ย 15 วินาที (ไม่รวมค่าความหนืด ของปริมาณเฟนิล- ไอโซไซยาเนต	<u>S1</u> หลังเติม เฟนิล-ไอโซไซ- ยาเนต ค่าความ หนืดโดยเฉลี่ยจะ ลดลง
<u>S2</u> มีค่า 15 วินาที	<u>S2</u> มีค่าระหว่าง 8-11 วินาที 1) ปริมาณของ เฟนิล- ไอโซไซยาเนต เพิ่มขึ้น ค่าความหนืด จะน้อยลง 2) การวัดความหนืด ภายหลัง 3 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าการวัด ทันที เล็กน้อย 3) ค่าเฉลี่ย 10 วินาที	<u>S2</u> มีค่าระหว่าง 10-15 วินาที 1) ปริมาณของ เฟนิล- ไอโซไซยาเนตเพิ่ม- ขึ้น ค่าความหนืดจะ น้อยลง เล็กน้อย 2) การวัดความหนืด ภายหลัง 3 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าการวัด ทันที เล็กน้อย 3) ค่าเฉลี่ย 12 วินาที	ค่าความหนืดทั้ง 3 กรณี มีค่า ใกล้เคียงกันมาก
<u>S3</u> มีค่า 12 วินาที	<u>S3</u> มีค่า 9-11 วินาที 1) ปริมาณของเฟนิล- ไอโซไซยาเนต เพิ่มขึ้น ค่าความหนืด จะน้อยลง 2) การวัดความหนืด ภายหลัง 3 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าวัดทันที เล็กน้อย 3) ค่าเฉลี่ย 10 วินาที	<u>S3</u> มีค่าระหว่าง 10-12 วินาที 1) ปริมาณของเฟนิล- ไอโซไซยาเนต เพิ่มขึ้น ค่าความหนืด จะน้อยลง 2) การวัดความหนืด ภายหลัง 3 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าวัดทันที เล็กน้อย 3) ค่าเฉลี่ย 11 วินาที	ค่าความหนืดทั้ง 3 กรณี มีค่า ใกล้เคียงกันมาก
<u>S4</u> มีค่า 12 วินาที	<u>S4</u> มีค่า 9-11 วินาที 1) ปริมาณของเฟนิล- ไอโซไซยาเนต เพิ่มขึ้น ค่าความหนืด จะน้อยลง 2) การวัดความหนืด ภายหลัง 3 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าวัดทันที เล็กน้อย 3) ค่าเฉลี่ย 10 วินาที	<u>S4</u> มีค่า 9-13 วินาที 1) ปริมาณของ เฟนิล- ไอโซไซยาเนต เพิ่มขึ้น ค่าความหนืด จะน้อยลง 2) การวัดความหนืด ภายหลัง 3 ชั่วโมง มีค่าน้อยกว่าวัดทันที เล็กน้อย 3) ค่าเฉลี่ย 10 วินาที	ค่าความหนืดของ S4 มีค่าเฉลี่ยน้อย

#### 5.4 ผลการเปรียบเทียบการวัดอัตราเร็วของการแห้ง

พิจารณา เฉพาะอัตราเร็วของการแห้งแข็ง ของสารโพลีเมอร์ที่เคลือบบนกระจก และเคลือบบนไม้

##### 5.4.1 พิจารณาอัตราเร็วของการแห้งของสารที่ทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ

จากตารางที่ 4.2, 4.3, 4.4 เปรียบเทียบอัตราเร็วของการแห้งของสารโพลีเมอร์ในกรณีต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.4, 5.5

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบอัตราเร็วของการแห้งบนกระจก ของสารที่ทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ

อัตราเร็วของการแห้งแข็ง (นาที)			หมายเหตุ
ก่อนเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนต	หลังเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนต ก. ไม่ให้ความร้อน	หลังเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนต ข. ให้ความร้อน	
L1 ใช้เวลา 21 นาที L5 ใช้เวลา 20.55 นาที	L1 ใช้เวลาเฉลี่ย 20.25 นาที L5 ใช้เวลาเฉลี่ย 19.6 นาที ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนตมากกว่า จะแห้งเร็วกว่า	L1 ใช้เวลาเฉลี่ย 21.5 นาที L5 ใช้เวลาเฉลี่ย 22.3 นาที ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนตมากกว่า จะแห้งช้ากว่า	L1 และ L5 มีค่าใกล้เคียงกันมากทั้ง 3 กรณี
L2 ใช้เวลา 30 นาที L6 ใช้เวลา 30 นาที	L2 ใช้เวลาเฉลี่ย 28.5 นาที L6 ใช้เวลาเฉลี่ย 29.2 นาที ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนตมากกว่า จะแห้งเร็วกว่า	L2 ใช้เวลาเฉลี่ย 34.25 นาที L6 ใช้เวลาเฉลี่ย 33.9 นาที ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนตมากกว่า จะแห้งช้ากว่า	กรณี (ข) มีอัตราการแห้งช้ากว่ากรณี (ก)
L3 ใช้เวลา 36.5 นาที	L3 ใช้เวลาเฉลี่ย 35 นาที ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนตมากกว่า จะแห้งเร็วกว่าเล็กน้อย	L3 ใช้เวลาเฉลี่ย 38.3 นาที ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนตมากกว่า จะแห้งช้ากว่า	L3 แห้งช้ากว่าตัวอย่างอื่นทั้ง 3 กรณี

ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบอัตราการแห้งบนไม้ ของสารที่ทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ

อัตราเร็วของการแห้งแข็ง (นาท)			หมายเหตุ
ก่อนเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท	หลังเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท ก. ไม่ให้ความร้อน	หลังเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท ข. ให้ความร้อน	
L1 ใช้เวลา 6.50 นาท L5 ใช้เวลา 6.50 นาท	L1 ใช้เวลาเฉลี่ย 67.5 นาท L5 ใช้เวลาเฉลี่ย 72.5 นาท ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนทมากกว่า จะแห้งเร็วกว่า	L1 ใช้เวลาเฉลี่ย 8.8 นาท L5 ใช้เวลาเฉลี่ย 8.5 นาท ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนทมากกว่า จะแห้งช้ากว่า	กรณี (ข) เคลือบไม่เป็น เงากว่าและ แห้งเร็วกว่า กรณี (ก)
L2 ใช้เวลา 7.33 นาท L6 ใช้เวลา 7.00 นาท	L2 ใช้เวลาเฉลี่ย 82.5 นาท L6 ใช้เวลาเฉลี่ย 60.00 นาท ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนทมากกว่า จะแห้งเร็วกว่า	L2 ใช้เวลาเฉลี่ย 10.4 นาท L6 ใช้เวลาเฉลี่ย 10.2 นาท ปริมาณเฟนิล-ไอโซไซยาเนทมากกว่า จะแห้งช้ากว่าเล็กน้อย	กรณี (ข) เคลือบไม่เป็น เงากว่าและ แห้งเร็วกว่า กรณี (ก) เช่นกัน
L3 ใช้เวลา 10 นาท	L3 ใช้เวลาเฉลี่ย 60 นาท	L3 ใช้เวลาเฉลี่ย 12.44 นาท	เคลือบไม้ ไม่เรียบเพราะ บางส่วนของ สารละลาย แข็งตัว

จากตารางที่ 5.4 และ 5.5 อัตราเร็วของการแห้งในกรณี (ก) มีค่ามากกว่ากรณี (ข) ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาระหว่างเฟนิล-ไอโซไซยาเนท กับสารโพลีเอสเตอร์ หรือ Cross-linked Phenol-formaldehyde resin จะเกิดได้ดี เมื่อได้รับความร้อน จะได้โพลียูรีเทน ซึ่งมีคุณสมบัติทนรอยขีดข่วน สารเคมี ฯลฯ เหมาะเป็นสารเคลือบผิวที่ดี เพราะมีระยะเวลาในการแห้งเร็ว ดังการเปรียบเทียบตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 อัตราเร็วของการแห้งบนไม้ เปรียบเทียบกับบนกระจกของสารที่  
ทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ

ก่อน เดิม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท	หลัง เดิม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท ก. ไม่ให้ความร้อน	หลัง เดิม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท ข. ให้ความร้อน
อัตราเร็วของการแห้งบนไม้ เร็วกว่า เคลือบบนกระจก	อัตราเร็วของการแห้งบนไม้ ช้ากว่าบนกระจกประมาณ 3 เท่า	อัตราเร็วของการแห้งบนไม้ เร็วกว่าบนกระจกประมาณ 3 เท่า

อัตราเร็วของการแห้งจะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุลของสารโพลีเมอร์  
หลังจากเกิดปฏิกิริยา ถ้าสารมีขนาดโมเลกุลใหญ่ จะละลายในตัวทำละลายได้ช้ากว่าสาร  
ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า เมื่อเคลือบลงบนวัสดุ ตัวทำละลายที่มีปริมาณน้อย จะระเหยออกไป  
ได้เร็วกว่า ฉะนั้น กรณี (ข) เมื่อให้ความร้อนแก่สารหลัง เดิมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท คาด  
ว่าปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เร็วกว่า กรณี (ก) ที่ไม่ให้ความร้อน เพราะผลการเปรียบเทียบพบว่า  
อัตราเร็วของการแห้ง กรณี (ข) เร็วกว่า โพลีเมอร์ที่ได้จึงน่าจะมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า  
แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนหลัง เดิมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท ปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันเกิดขึ้น  
เร็วกว่า

จากตารางที่ 5.6 การเคลือบสารลงบนกระจกและไม้ มีความแตกต่างกันมาก  
เนื่องจากผิวของกระจกไม่มีรูพรุนเหมือนผิวของเนื้อไม้ สารจึงไม่สามารถซึมเข้าสู่เนื้อกระจก  
ได้ จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อัตราเร็วของการแห้งบนไม้ มีค่าน้อยกว่าบนกระจก

### 5.4.2 พิจารณาอัตราเร็วของการแห้งบนไม้ ของลำที่ทดลอง ในระบบใกล้เคียง

กับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8 พิจารณาอัตราเร็วของการแห้ง ดัง  
ตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบอัตราการแห้งบนไม้ของลำที่ทดลอง ในระบบ  
ใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

อัตราเร็วของการแห้ง (นาทีก)			
ก่อนเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท	หลังเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท 5-15 % ก. ไม่ให้ความร้อน	หลังเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท 5-15 % ข. ให้ความร้อน	หมายเหตุ
<u>S1</u> มีค่า 7.50 นาที	<u>S1</u> มีค่า 49-105 นาที 1) ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการแห้งจะลดลง 2) ค่าเฉลี่ย 72.8 นาที	<u>S1</u> มีค่า 3-25 นาที 1) ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการแห้งจะลดลง 2) ค่าเฉลี่ย 11.5 นาที	อัตราเร็วของการแห้งกรณี (ก) ช้ากว่ากรณี (ข) มาก
<u>S2</u> มีค่า 6.33 นาที	<u>S2</u> มีค่า 24-49 นาที 1) ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการแห้งจะลดลง 2) ค่าเฉลี่ย 34.8 นาที	<u>S2</u> มีค่า 18-30 นาที 1) ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการแห้งจะลดลง 2) ค่าเฉลี่ย 24 นาที	ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วของการแห้งกรณี (ข) ของ S2 มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของ S1 เป็น 2 เท่า
<u>S3</u> มีค่า 10.5 นาที	<u>S3</u> มีค่า 30-105 นาที 1) ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการแห้งจะลดลง 2) ค่าเฉลี่ย 64 นาที	<u>S3</u> มีค่า 12.5-15 นาที 1) ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการแห้งจะลดลง 2) ค่าเฉลี่ย 13.8 นาที	อัตราเร็วของการแห้งกรณี (ก) ช้ากว่ากรณี (ข) มาก
<u>S4</u> มีค่า 5 นาที	<u>S4</u> มีค่า 25-30 นาที 1) ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการแห้งจะลดลง 2) ค่าเฉลี่ย 27 นาที	<u>S4</u> มีค่า 8-10 นาที 1) ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการแห้งจะลดลง 2) ค่าเฉลี่ย 9 นาที	อัตราเร็วของการแห้งกรณี (ก) ช้ากว่ากรณี (ข) 3 เท่า



5.5 การพิจารณาผลการทดสอบการยึดเกาะของฟิล์มที่เคลือบผิววัสดุโดยวิธีใช้แผ่นเทป

(Tape Test)

จากตารางที่ 4.9 และ 4.10 พิจารณาการยึดเกาะของฟิล์มดังรายละเอียดในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบการยึดเกาะของฟิล์มที่เคลือบผิววัสดุในระดับ

ห้องปฏิบัติการและในระบบใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ลำดับในการยึดเกาะ			หมายเหตุ
ก่อนเติม เฟนิล- ไอโซไซยาเนท	หลังจากเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท ก. ไม่ให้ความร้อน	หลังจากเติม เฟนิล-ไอโซไซยาเนท ข. ให้ความร้อน	
L1 มีค่า 3 L5 มีค่า 3	L1 มีค่าเฉลี่ย 4 L5 มีค่าเฉลี่ย 3.5	L1 มีค่าเฉลี่ย 3.5 L5 มีค่าเฉลี่ย 4	เมื่อเติมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท จะช่วยให้การยึดเกาะของฟิล์มดีกว่าเติม
L2 มีค่า 2 L6 มีค่า 3	L2 มีค่าเฉลี่ย 3 L6 มีค่าเฉลี่ย 3	L2 มีค่าเฉลี่ย 3 L6 มีค่าเฉลี่ย 4	กรณี (ข) ฟิล์มจะยึดเกาะได้ดีกว่ากรณี (ก)
L3 มีค่า 3	L3 มีค่าเฉลี่ย 3	L3 มีค่าเฉลี่ย 3.5	กรณี (ข) ฟิล์มจะยึดเกาะได้ดีกว่า
S1 มีค่า 3	S1 มีค่าเฉลี่ย 3	S1 มีค่าเฉลี่ย 3.85	กรณี (ข) ฟิล์มยึดเกาะได้ดีกว่า
S2 มีค่า 3	S2 มีค่าเฉลี่ย 3	S2 มีค่าเฉลี่ย 4	กรณี (ข) ฟิล์มยึดเกาะได้ดีกว่า
S3 มีค่า 2	S3 มีค่าเฉลี่ย 3.28	S3 มีค่าเฉลี่ย 4	เช่นเดียวกับข้างต้น
S4 มีค่า 2	S4 มีค่าเฉลี่ย 3	S4 มีค่าเฉลี่ย 4	เช่นเดียวกับข้างต้น

หลังจากเติมสารเฟนิล-ไอโซไซยาเนท แล้วให้ความร้อนพบว่า ปริมาณของเฟนิล-ไอโซไซยาเนทที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ฟิล์มที่เคลือบผิววัสดุมีการยึดเกาะที่ดีขึ้นด้วย ตัวอย่างที่ S2, S3 และ S4 มีการยึดเกาะของฟิล์มที่ดีที่สุด



## 5.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของสาร โพลีเมอร์กับ โพลียูรี เรนที่ใช้ในอุตสาหกรรม

คุณสมบัติของสารโพลียูรี เรนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ แสดงในตาราง

ที่ 5.9

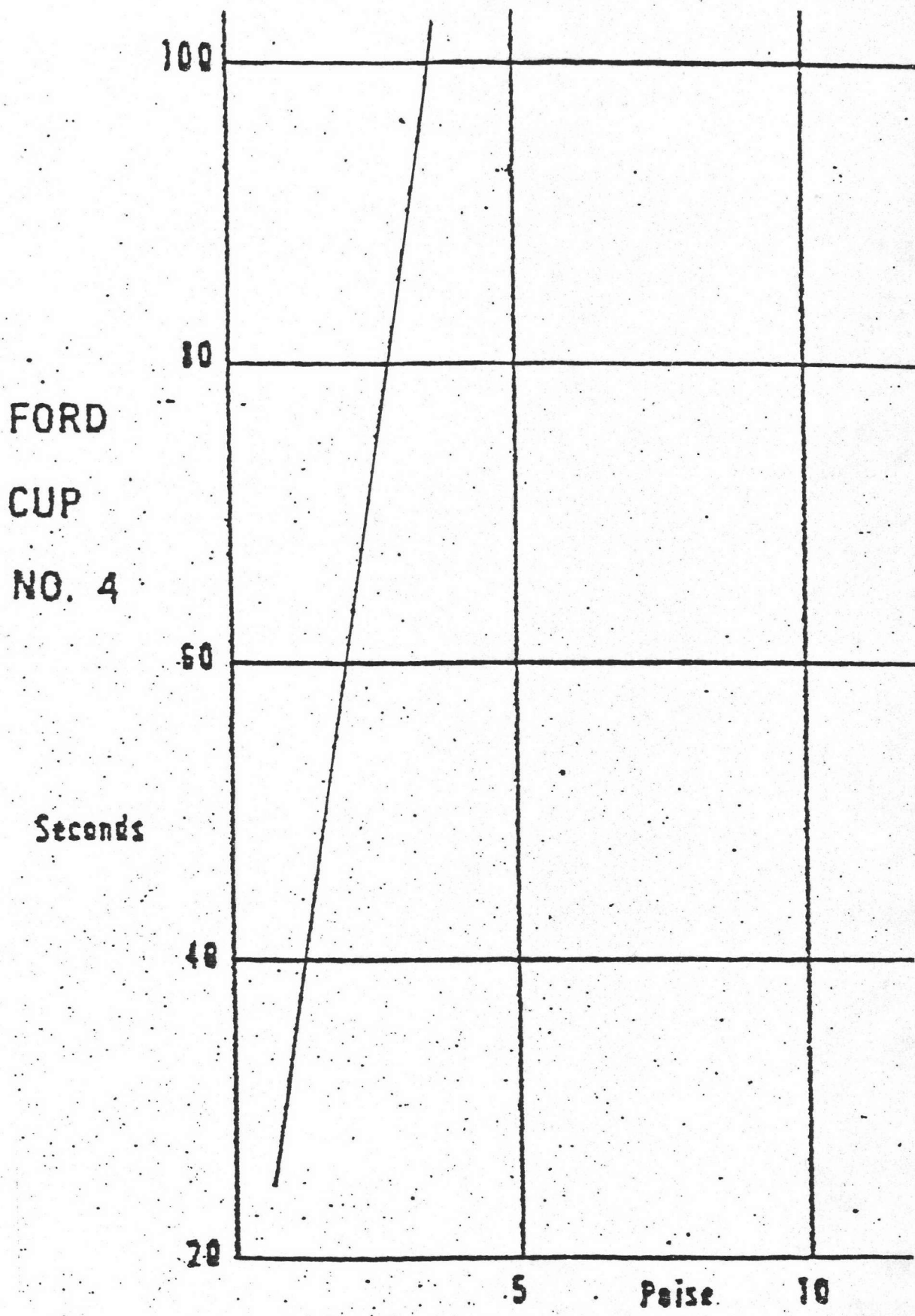
ตารางที่ 5.9 คุณสมบัติของสารโพลียูรี เรนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม<sup>(16)</sup>

โรงงานผู้ผลิต	ชื่อเรซิน	ตัวทำละลาย	ความหนืด (Centi- poises, Brookfield)	% ของสาร ที่ใช้	ปริมาณ lbs/Gallon
Furane	Uralane 5711	-	200	-	8.5
	Uralane 571	-	150	50	8
Trancoa	2A	-	85,000	100	8.1
	6A	-	400,000	100	9.0

จากรูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความหนืดเป็น Poise และวัดโดยฟอร์ดคัพเป็นวินาทีพบว่า ค่าความหนืดของสารโพลียูรี เรนอยู่ในช่วง 150-400,000 Centipoises ซึ่งก็คือระหว่างค่า 1.5-4,000 Poises นั้นเอง เมื่อวัดโดยฟอร์ดคัพควรจะมีความตั้งแต่ 25 วินาทีขึ้นไป

เมื่อเทียบกับค่าความหนืดในตารางที่ 5.3 ของสารตัวอย่าง S1-S4 หลังเติมเฟนิล-ไอโซไซยาเนทแล้วให้ความร้อน พบว่าค่าความหนืดโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10-15 วินาที เป็นค่าที่ดีของสารเคลือบผิววัสดุ ซึ่งต้องการให้ความหนืดไม่มากเกินไป เพราะจะทำให้อัตราเร็วของการแห้งช้าลง

อัตราเร็วของการแห้งแข็ง โพลียูรี เรนทั่วไปที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีค่าอยู่ในช่วง 30-60 นาที สารตัวอย่าง S1-S4 มีอัตราเร็วของการแห้งแข็ง หลังเติมเฟนิล-ไอโซไซยาเนทแล้วให้ความร้อน อยู่ระหว่าง 9-24 นาที ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารที่ได้ใกล้เคียงกับคุณสมบัติของโพลียูรี เรนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การวิเคราะห์ผลการทดลองจากตารางทั้งหมด เขียนเป็นกราฟดังในรูปที่ 52, 53, 54, 55 และ 56 ตามลำดับ

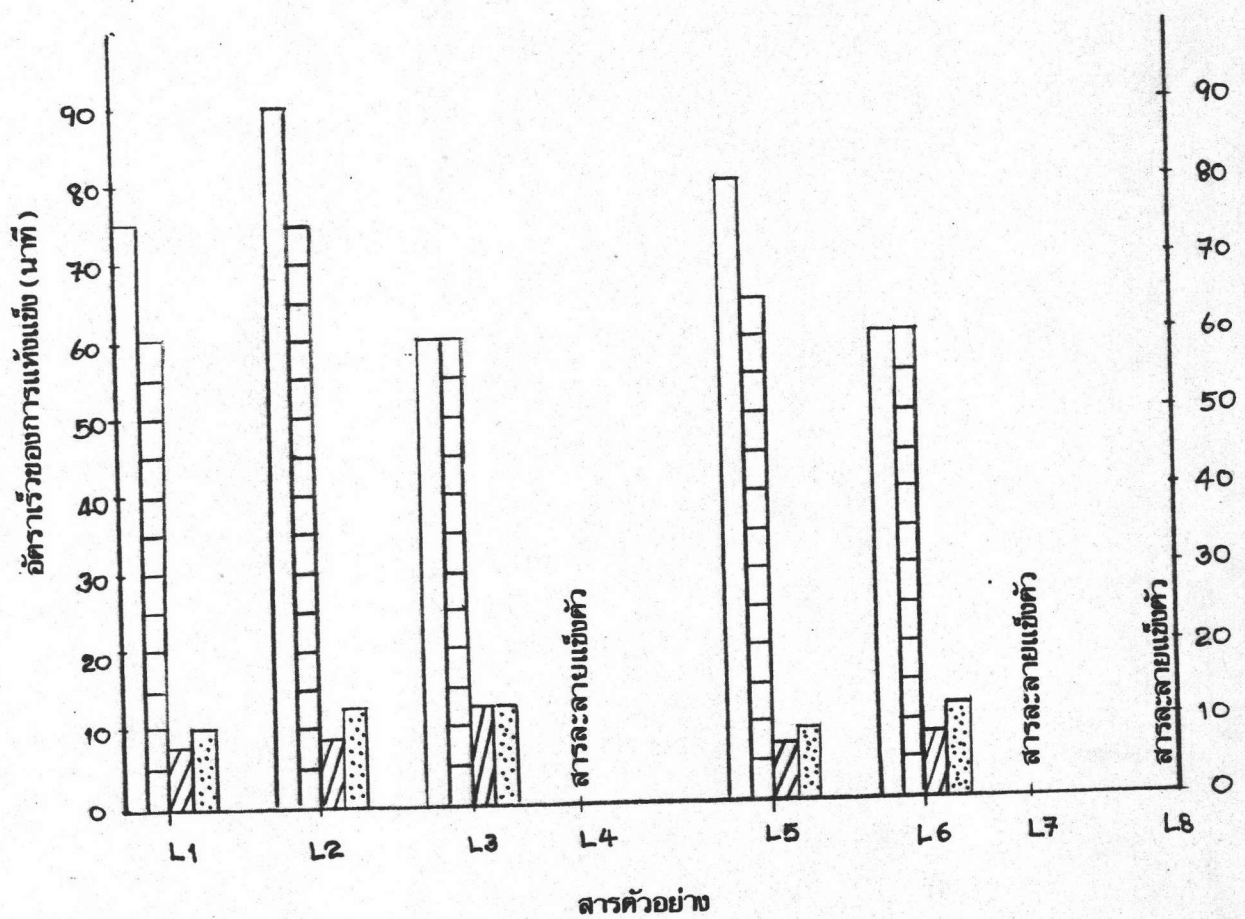


**BROOKFIELD**

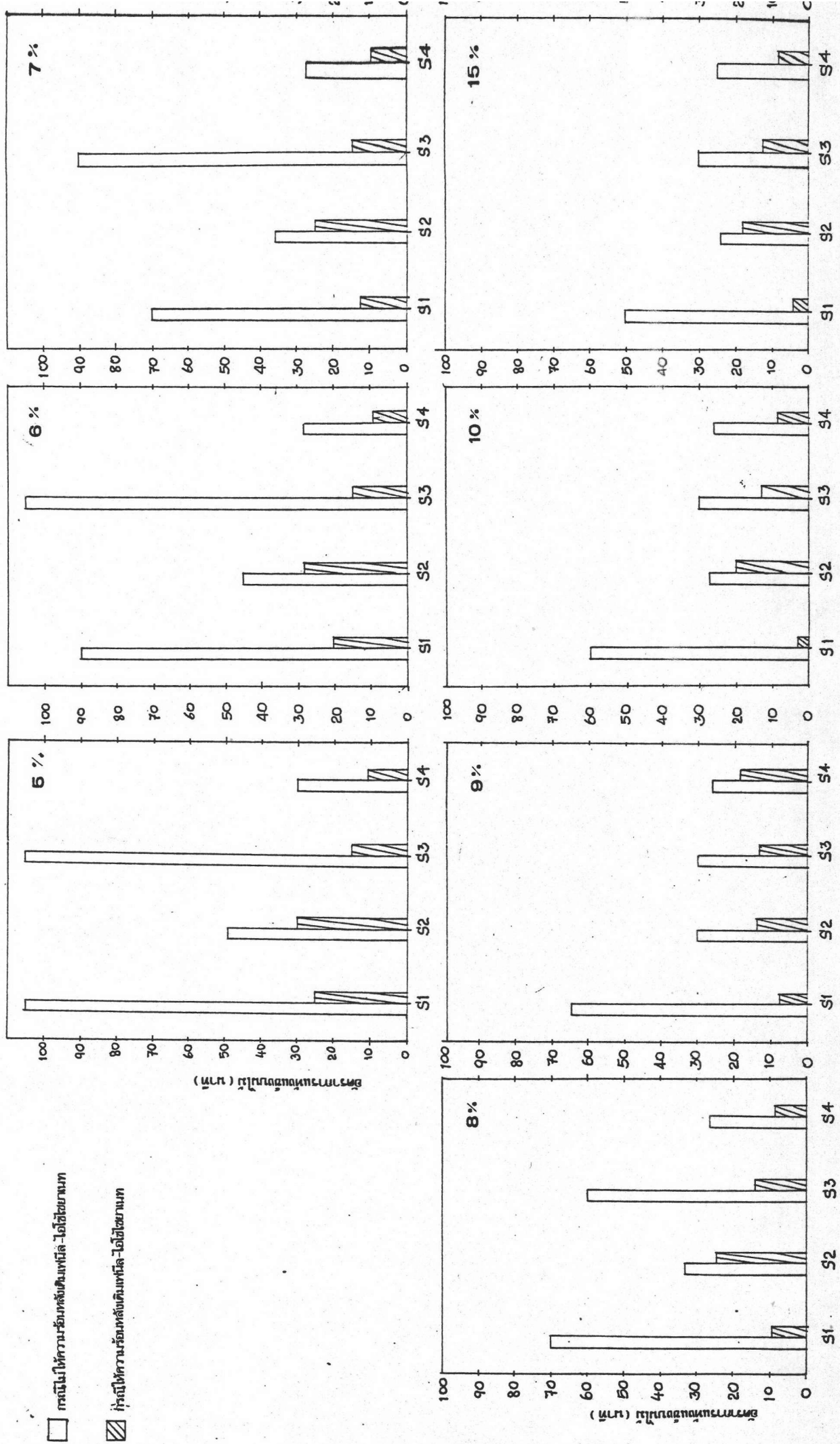
รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความหนืดวัดโดยวิธี BROOKFIELD  
กับการวัดโดยวิธี FORD CUP NO. 4

กราฟรูปที่ 5.2 แสดงผลการวัดอัตราการแห้งแข็งบนไม้ของสารโพลีเมอร์หลังจาก  
เคมifenil-ไฮโซไซยานเท ในระดับห้องปฏิบัติการ

- กรณีไม่ให้ความร้อนหลังเคมifenil-ไฮโซไซยานเท 5%
- ▨ กรณีไม่ให้ความร้อนหลังเคมifenil-ไฮโซไซยานเท 10%
- ▧ กรณีให้ความร้อนหลังเคมifenil-ไฮโซไซยานเท 5%
- ▩ กรณีให้ความร้อนหลังเคมifenil-ไฮโซไซยานเท 10%

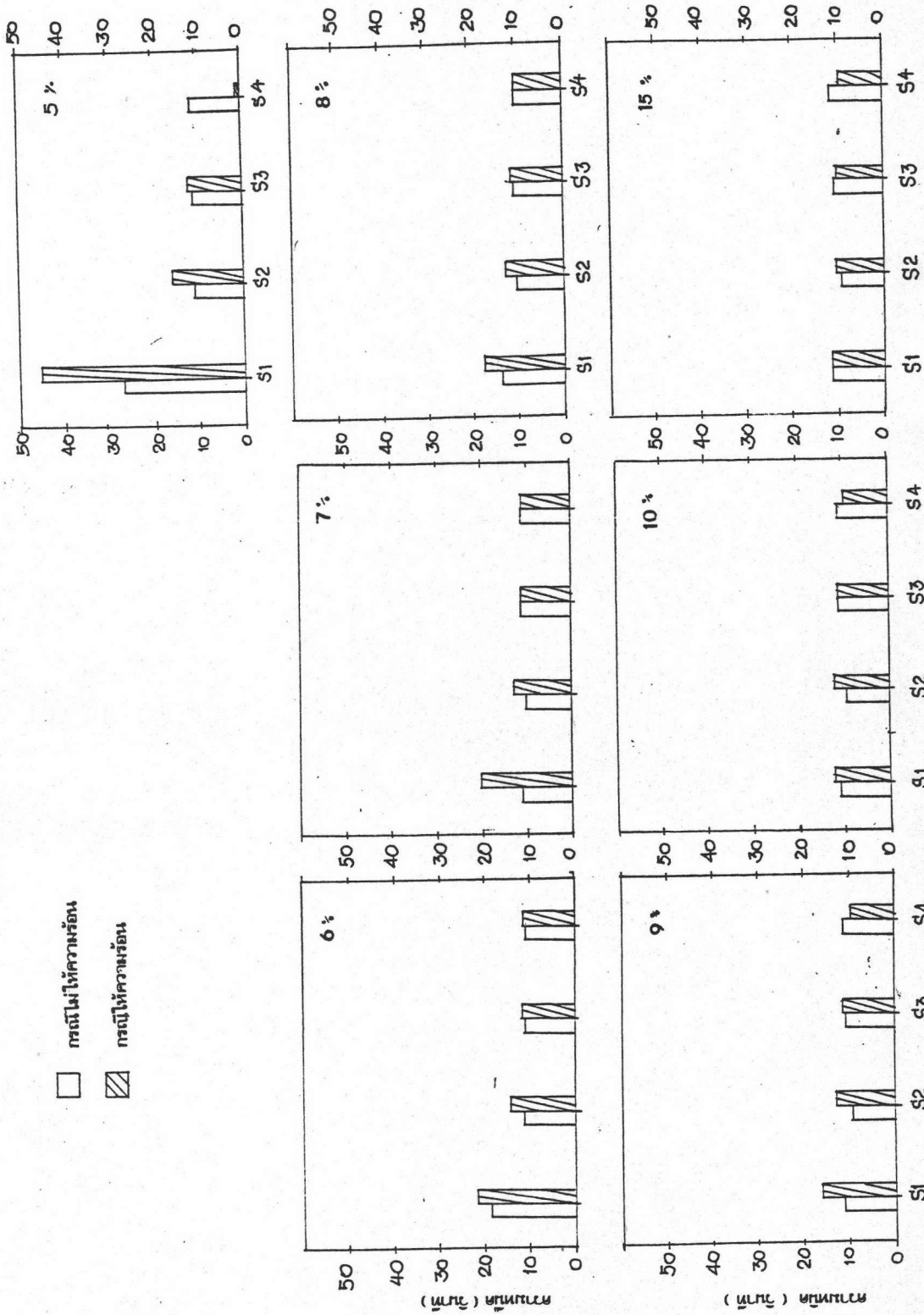


กราฟรูปที่ 5.3 แสดงผลการวัดอัตราการเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้ระบบที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



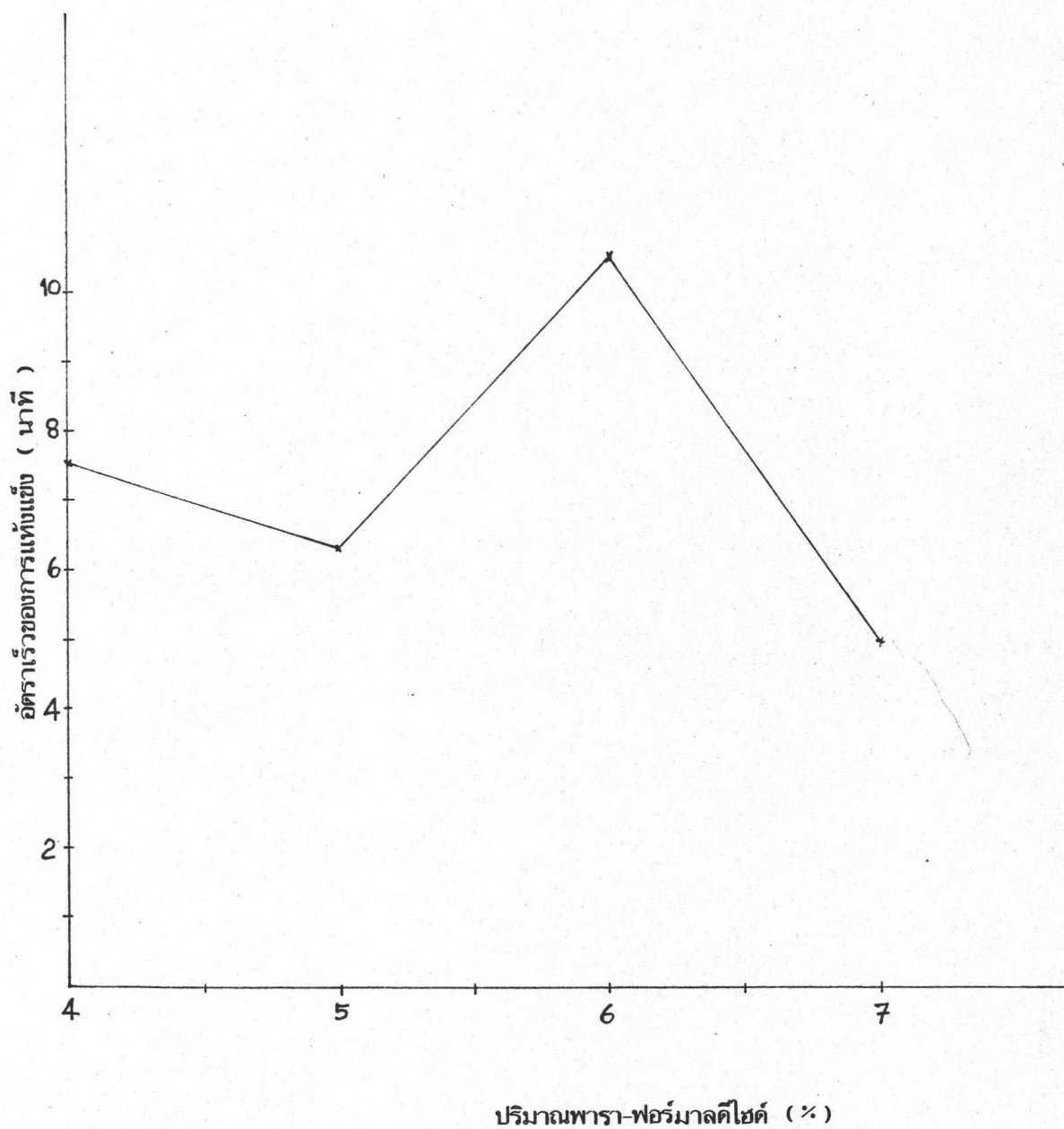
กราฟรูปที่ 5.4 แสดงผลการวัดความเหนียวของสารพอลิเมอร์หลังจากเติมผงฟิโลโซไซยาเนตแล้ว 3 ชั่วโมง

ในระบบที่ใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ



สภาพถ่าย

กราฟรูปที่ 5.5 แสดง อัตราการแท้งแข็งเนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของพารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ ในระบบใกล้เคียงกับระบบในโรงงานอุตสาหกรรม



กราฟรูปที่ 5.6 แสดงอัตราเร็วของการแห้งแข็งเนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของเฟนิล-ไอโซไซยาเนท ที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ ของพาราฟอร์มัลดีไฮด์

