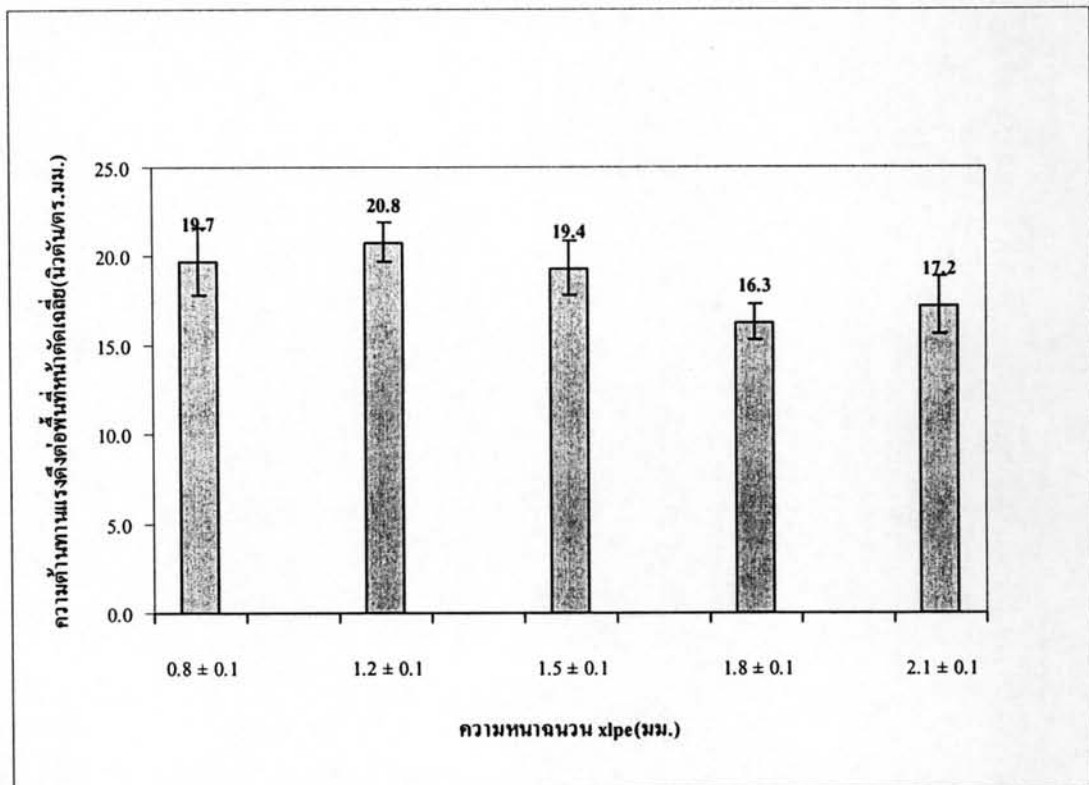


บทที่ 5 ผลการทดสอบ

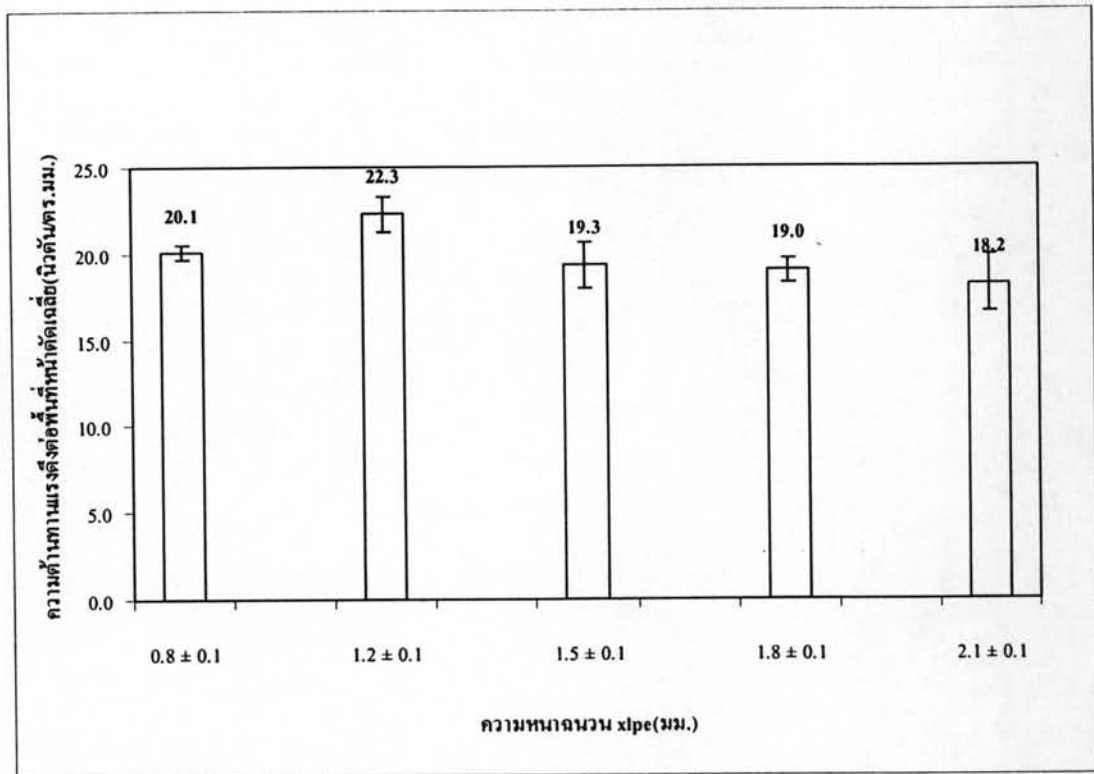
5.1 การทดสอบแรงดึงของฉนวนและเปลือกโดยการเปลี่ยนแปลงความหนา

รูปที่ 5.1 เป็นแผนภูมิแสดงผลการทดสอบแรงดึงของฉนวนและเปลือก xlpe ของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงความหนา 5 ระดับเพื่อการศึกษาว่าความหนามีผลความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของฉนวนและเปลือกสายใหม่ที่นำมาทดสอบอย่างไร



รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของฉนวน xlpe สายใหม่

จากรูปที่ 5.1 พบว่า ความหนาของฉนวนที่ทดสอบตั้งแต่ 1.2±0.1 มม. มีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยสูงสุด คือ 20.8 นิวตัน/ตร.มม. ความหนาของฉนวนที่ทดสอบ 1.8±0.1 มม. มีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 16.3 นิวตัน/ตร.มม. ซึ่งจากทดสอบแสดงให้เห็นว่า ความหนาไม่ผลน้อยมากกับความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของฉนวน xlpe สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ



รูปที่ 5.2 แผนภูมิแสดงความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของเปลือก xipe สายใหม่

จากรูปที่ 5.2 พบว่า ความหนาของเปลือกที่ทดสอบ 1.2±0.1 มม. มีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยสูงสุด คือ 22.3 นิวตัน/ตร.มม. ความหนาของฉนวนที่ทดสอบ 2.1±0.1 มม. มีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 18.2 นิวตัน/ตร.มม. ซึ่งจากทดสอบแสดงให้เห็นว่า ความหนามีผลน้อยมากกับความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดของเปลือก xipe สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ

จากทดสอบความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยทั้งของฉนวนและเปลือกพบว่า เปลือกมีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยสูงกว่าฉนวนของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ

5.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความยืด

การทดสอบความต้านทานแรงดึงและความยืดของจนวนและเปลือกนอกของสายไฟฟ้าหุ้มจนวนซึ่งในอากาศตามมาตรฐาน ICEA S-66-524 โดยใช้สายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานขนาด 185 ตารางมิลลิเมตร ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 35 กิโลโวลต์ ซึ่งแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 5.1 – 5.4

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความยืดของจนวนและเปลือกนอกของสายไฟฟ้าหุ้มจนวนซึ่งในอากาศของสายที่ผ่านการใช้งานก่อนเร่งอายุ

	ชนิดตัวอย่าง	กว้าง	หนา	พื้นที่หน้าตัด	โหลดที่จุดขาด	ความต้านทานแรงดึง	ความยืด	
	ลำดับที่	มม.	มม.	ตร.มม.	นิวตัน	นิวตัน/ตร.มม.	มม.	%
จนวน	1	3.150	0.915	2.882	71.72	24.9	167	557
	2	3.181	1.184	3.766	81.02	21.5	160	530
	3	3.190	1.185	3.780	82.95	21.9	159	526
ค่าเฉลี่ย						22.8		538
SD						1.86		16.9
เปลือก	1	3.192	1.042	3.326	65.99	19.8	154	506
	2	3.185	1.025	3.265	67.75	20.8	155	510
	3	3.190	1.050	3.350	70.88	21.2	155	510
ค่าเฉลี่ย						20.6		509
SD						0.72		2.31

Gauge length 25.4 mm. , พื้นที่หน้าตัด = กว้าง x ยาว

จากตารางที่ 5.1 ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ของจนวนสายไฟฟ้าหุ้มจนวนซึ่งในอากาศมีค่าเฉลี่ย 22.8 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ความยืด(Elongation)เฉลี่ยร้อยละ 538 และความต้านทานแรงดึงของเปลือกสายไฟฟ้าหุ้มจนวนซึ่งในอากาศมีค่าเฉลี่ย 20.6 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ความยืดเฉลี่ยร้อยละ 509 พบว่า จนวนสายไฟฟ้าหุ้มจนวนซึ่งในอากาศที่ผ่านการใช้งานก่อนเร่งอายุมีความต้านทานแรงดึง และความยืดสูงกว่าเปลือกร้อยละ 9.65 และ 5.39 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความยืดของฉนวนและเปลือกนอกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายใหม่ก่อนเร่งอายุ

	ชนิดตัวอย่าง	กว้าง	หนา	พื้นที่หน้าตัด	โหลดที่จุดขาด	ความต้านทานแรงดึง	ความยืด	
	ลำดับที่	มม.	มม.	ตร.มม.	นิวตัน	นิวตัน/ตร.มม.	มม.	%
ฉนวน	1	3.145	1.020	3.208	58.59	18.3	153	502
	2	3.141	1.015	3.188	59.74	18.7	157	518
	3	3.120	1.020	3.182	56.61	17.8	151	494
ค่าเฉลี่ย						18.3		505
SD						0.45		12.2
เปลือก	1	3.150	1.165	3.670	75.15	20.5	172	577
	2	3.151	1.132	3.567	77.44	21.7	176	593
	3	3.182	1.140	3.628	77.90	21.5	173	581
ค่าเฉลี่ย						21.2		584
SD						0.64		8.3

Gauge length 25.4 mm. , พื้นที่หน้าตัด = กว้าง x ยาว

จากตารางที่ 5.2 ความต้านทานแรงดึงของฉนวนสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 18.3 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ความยืดเฉลี่ยร้อยละ 505 ความต้านทานแรงดึงของเปลือกสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 21.2 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ความยืดเฉลี่ยร้อยละ 584 พบว่า เปลือกสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายใหม่ก่อนเร่งอายุมีความต้านทานแรงดึง และความยืดสูงกว่าฉนวนร้อยละ 13.68 และ 13.53 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.3 – 5.4 เป็นผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความยืดของฉนวนและเปลือกนอกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ ซึ่งใช้สายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ขนาด 185 ตารางมิลลิเมตร ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 35 กิโลโวลต์ ภายหลังจากเร่งอายุการใช้งาน ที่ $121^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 168 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความยืดของฉนวนและเปลือกนอกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายที่ผ่านการใช้งานและแรงอายุ

	ชนิดตัวอย่าง	กว้าง	หนา	พื้นที่หน้าตัด	โหลดที่จุดขาด	ความต้านทานแรงดึง	ความยืด	
	ลำดับที่	มม.	มม.	ตร.มม.	นิวตัน	นิวตัน/ตร.มม.	มม.	%
ฉนวน	1	3.191	0.870	2.776	65.16	23.5	170	569
	2	3.170	1.165	3.693	94.07	25.5	178	601
	3	3.150	0.910	2.867	73.17	25.5	160	530
ค่าเฉลี่ย						24.8		567
SD						1.15		35.6
เปลือก	1	3.192	1.151	3.674	104.8	28.5	183	620
	2	3.202	1.045	3.346	87.36	26.1	177	597
	3	3.260	1.131	3.687	87.59	23.8	158	522
ค่าเฉลี่ย						26.1		580
SD						2.35		51.2

Gauge length 25.4 mm. , พื้นที่หน้าตัด = กว้าง x ยาว

จากตารางที่ 5.3 ความต้านทานแรงดึงของฉนวนสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายที่ผ่านการใช้งานและแรงอายุที่ $121^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 168 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 24.8 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ความยืดเฉลี่ยร้อยละ 567 ความต้านทานแรงดึงของเปลือกสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายที่ผ่านการใช้งานและแรงอายุที่ $121 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 168 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 26.1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ความยืดเฉลี่ยร้อยละ 580 พบว่า เปลือกสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายที่ผ่านการใช้งานและแรงอายุที่ $121^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 168 ชั่วโมง มีความต้านทานแรงดึงและความยืดสูงกว่าฉนวนร้อยละ 5 และ 2.24 ตามลำดับ

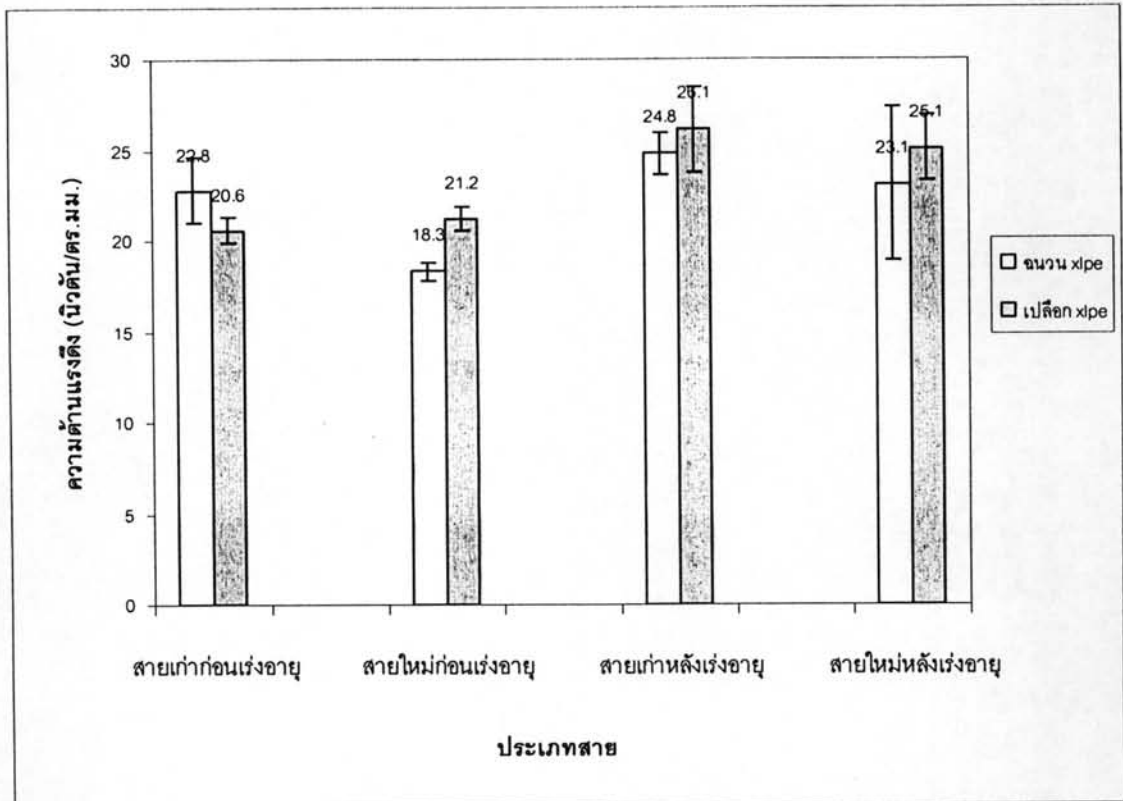
ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความยืดของฉนวน และเปลือกนอกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายใหม่และแรงอายุ

	ชนิดตัวอย่าง	กว้าง	หนา	พื้นที่หน้าตัด	โหลดที่จุดขาด	ความต้านทานแรงดึง	ความยืด	
	ลำดับที่	มม.	มม.	ตร.มม.	นิวตัน	นิวตัน/ตร.มม.	มม.	%
ฉนวน	1	3.170	1.010	3.282	58.46	18.3	154	506
	2	3.101	1.008	3.126	82.47	26.4	174	585
	3	3.010	1.046	3.148	77.29	24.5	165	550
ค่าเฉลี่ย						23.1		547
SD						4.24		39.6
เปลือก	1	3.150	1.165	3.670	99.11	27	186	632
	2	3.151	1.167	3.677	92.01	25	180	609
	3	3.142	1.161	3.648	85.07	23.3	175	589
ค่าเฉลี่ย						25.1		610
SD						1.85		21.5

Gauge length 25.4 mm. , พื้นที่หน้าตัด = กว้าง x ยาว

จากตารางที่ 5.4 ความต้านทานแรงดึงของฉนวนสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานและแรงอายุที่ $121^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 168 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 23.1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ความยืดเฉลี่ยร้อยละ 547 ความต้านทานแรงดึงของเปลือกสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายใหม่และแรงอายุที่ $121 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 168 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 25.1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ความยืดเฉลี่ยร้อยละ 610 พบว่า เปลือกสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศของสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานและแรงอายุที่ $121^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 168 ชั่วโมง มีความต้านทานแรงดึงและความยืดสูงกว่าฉนวนร้อยละ 7.97 และ 10.33 ตามลำดับ

จากตารางที่ 5.1 – 5.4 สามารถเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงของฉนวนและเปลือกสายเก่าที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แผนภูมิแสดงความต้านทานแรงดึงของสายเก่าและสายใหม่

จากรูปที่ 5.3 ฉนวนสายไฟฟ้าซึ่งผ่านการใช้งานหลังจากเร่งอายุมีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นร้อยละ 8 และยืดได้มากขึ้นร้อยละ 5.11 ฉนวนสายใหม่ที่ยังไม่ใช้งานหลังจากเร่งอายุมีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นร้อยละ 21.78 และยืดได้มากขึ้นร้อยละ 7.68

เปลือกสายไฟฟ้าซึ่งผ่านการใช้งานหลังจากเร่งอายุมีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นร้อยละ 21.07 และยืดได้มากขึ้นร้อยละ 12.24 เปลือกสายใหม่ที่ยังไม่ใช้งานหลังจากเร่งอายุมีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นร้อยละ 15.54 และยืดได้มากขึ้นร้อยละ 4.26

ซึ่งพบว่าฉนวนสายใหม่ที่ยังไม่ใช้งานมีอัตราความต้านทานแรงดึงและความยืดสูงขึ้นหลังจากเร่งอายุการใช้งานและสูงกว่าฉนวนสายเก่าที่ผ่านการใช้งาน

ในส่วนของเปลือกสายไฟฟ้าซึ่งผ่านการใช้งานมีอัตราความต้านทานแรงดึงและความยืดสูงขึ้นหลังจากเร่งอายุการใช้งานและสูงกว่าเปลือกสายใหม่ที่ยังไม่ใช้งาน

5.3 ผลการทดสอบความยืดสูงสุดเมื่ออบขึ้นขั้นตอนเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลง

ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบความยืดสูงสุดเมื่ออบขึ้นขั้นตอนเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลงของสายที่ผ่านการใช้งาน

ตัวอย่าง	กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)	น้ำหนักด่าง(กรัม) ($20.4 \times$ พื้นที่หน้าตัด)	De	Hot Creep El. (%)	Ds	Hot Creep Set (%)
จนวน	3.172	0.922	2.925	59.67	40	57	25.4	0
	3.145	0.952	2.994	61.08	46	81	25.6	0.8
	3.136	0.986	3.093	63.10	44	73	25.4	0
เฉลี่ย					43	71	25	0.3
เปลือก	3.145	1.062	3.340	68.14	49	93	25.4	0
	3.158	1.086	3.429	69.95	47	85	25.8	1.6
	3.164	1.045	3.306	67.44	44	73	25.6	0.8
					47	84	26	0.8

หมายเหตุ :

Hot Creep Elongation % = $100(\text{De} - \text{G})/\text{G}$ Hot Creep Set Max. = $100(\text{Ds} - \text{G})/\text{G}$

De คือ ระยะระหว่างช่วงซึ่งทำเครื่องหมายไว้และมีการด่างไหลดที่อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 15 นาที

G คือ ช่วงที่ทำเครื่องหมายไว้ 25.4 มิลลิเมตร

Ds คือ ระยะระหว่างช่วงซึ่งทำเครื่องหมายไว้โดยไม่มีการด่างไหลดที่อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 นาที

จากตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบความยืดสูงสุด(Hot Creep Elongation) ของจนวนและเปลือกของสายที่ผ่านการใช้งานเมื่ออบขึ้นขั้นตอนเป็นเวลา 15 นาที อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลง(Hot Creep Set) พบว่าเปลือกของสายที่ผ่านการใช้งานมีความยืดสูงสุด และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลงมากกว่าจนวนร้อยละ 15.48 และ 62.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.6 ผลการทดสอบความยืดสูงสุดเมื่ออบขึ้นทดสอบเป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลงของสายไหมยังไม่ผ่านการใช้งาน

ตัวอย่าง	กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)	น้ำหนักถ่วง(กรัม) (20.4 x พื้นที่หน้าตัด)	De	Hot Creep El. (%)	Ds	Hot Creep Set (%)
จนวน	3.225	1.047	3.377	68.88	42	65	24.0	-5.5
	3.184	1.116	3.553	72.49	44	73	24.8	-2.4
	3.198	1.145	3.662	74.70	47	85	24.7	-2.8
เจเลีย					44	75	24.5	-3.5
เปลือก	3.185	1.148	3.656	74.59	55	117	25.0	-1.6
	3.176	1.127	3.579	73.02	48	89	25.2	-0.8
	3.192	1.152	3.677	75.01	52	105	25.4	-2.4
					52	103	25.0	-1.6

หมายเหตุ :

Hot Creep Elongation % = $100(\text{De} - \text{G})/\text{G}$ Hot Creep Set Max. = $100(\text{Ds} - \text{G})/\text{G}$

De คือ ระยะระหว่างช่วงซึ่งทำเครื่องหมายไว้และมีการถ่วงไหลดที่อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 15 นาที

G คือ ช่วงที่ทำเครื่องหมายไว้ 25.4 มิลลิเมตร

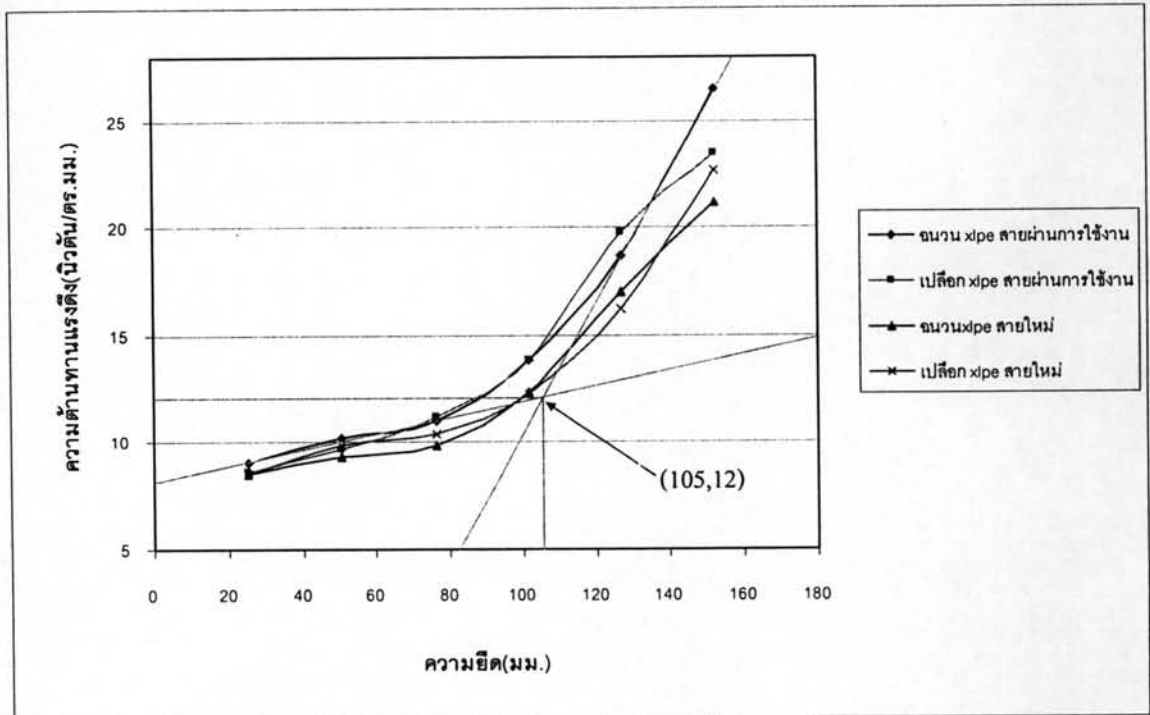
Ds คือ ระยะระหว่างช่วงซึ่งทำเครื่องหมายไว้โดยไม่มีการถ่วงไหลดที่อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 นาที

จากตารางที่ 5.6 พบว่าเปลือกของสายไหมยังไม่ผ่านการใช้งานมีความยืดสูงสุดมากกว่าจนวน ร้อยละ 27.18 และจนวนของสายไหมซึ่งยังไม่ผ่านการใช้งานมีการหดตัวกลับหลังจากนำน้ำหนักถ่วง ออกมากกว่าเปลือกร้อยละ 54.28

จากการทดสอบความยืดสูงสุดเมื่ออบขึ้นทดสอบเป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลง พบว่า จนวนและเปลือกสายไหมที่ยังไม่ผ่านการใช้งานมีความยืดหยุ่นดีกว่าสายเก่าที่ผ่านการใช้งาน ทั้งยืดและหดตัวกลับได้มากกว่า โดยที่จนวนสายไหมที่ยังไม่ใช้งานมีความยืดสูงสุดและความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลงมากกว่าจนวนสายเก่าที่ผ่านการใช้งานร้อยละ 5.33 และ 108.57 ตามลำดับ ซึ่งเปลือกสายไหมที่ยังไม่ใช้งานมีความยืดสูงสุดและความยืดสูงสุดหลังจากปล่อยให้เย็นลงมากกว่าเปลือกสายเก่าที่ผ่านการใช้งานร้อยละ 18.45 และ 150 ตามลำดับ

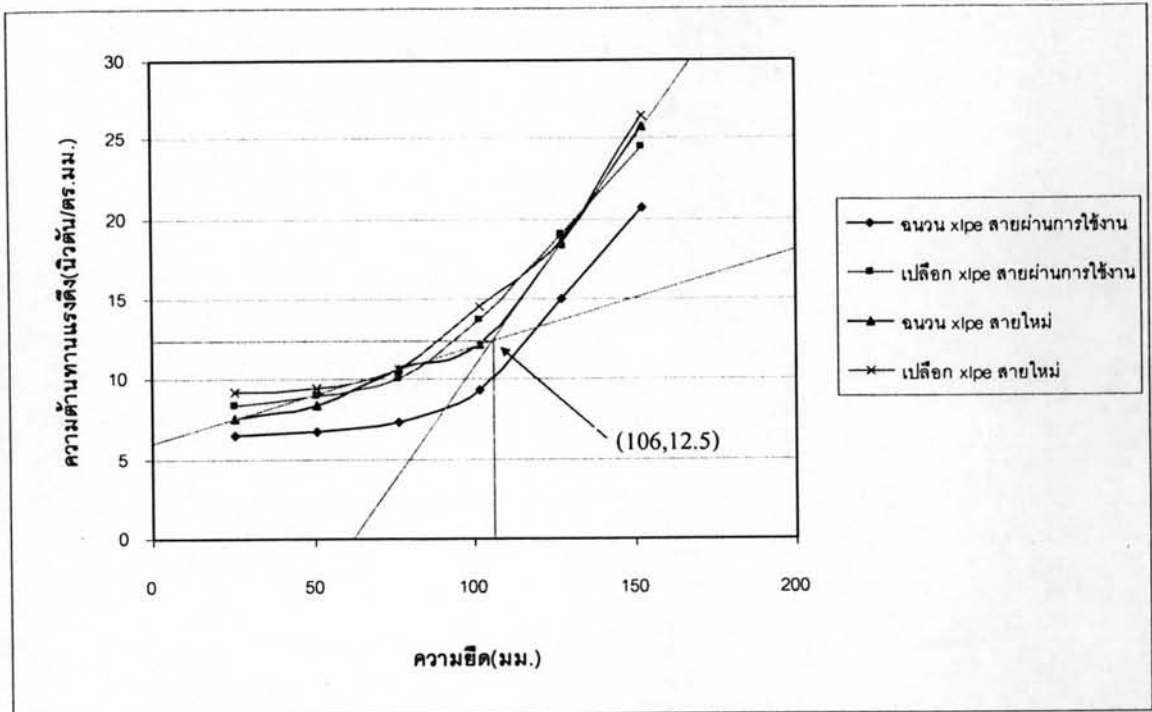
5.4 ความต้านทานแรงดึงต่อความยืด

ในรูปที่ 5.4 และ 5.5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงต่อความยืดของฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ ใช้ชั้นทดสอบจากสายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่



รูปที่ 5.4 แผนภูมิแสดงความต้านทานแรงดึงต่อความยืดก่อนเร่งอายุ

จากรูปที่ 5.4 เมื่อลากเส้นตรง 2 เส้นสัมผัสกับเส้นโค้งส่วนที่เป็นเชิงเส้นได้จุดตัด คือ (105,12) โดยเลือกจากจุดตัดของเส้นโค้งทั้ง 4 เส้นที่มีค่ามากที่สุด ซึ่งค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดของฉนวนและเปลือก 12.5 นิวตัน/ตร.มม. ตามมาตรฐาน ICEA S-66-524 แต่ค่าความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดที่ได้นี้ คือ 12 นิวตัน/ตร.มม. ใช้ค่าความต้านทานแรงดึงนี้ในการประเมินค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดของฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศ



รูปที่ 5.5 แผนภูมิความสัมพันธ์ความต้านทานแรงดึงต่อความยืดหลังเร่งอายุใช้งาน
ที่อุณหภูมิ $121^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 168 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.5 จะได้จุดตัดของเส้นตรง คือ (106,12.5) ซึ่งค่าที่ได้มีค่าเท่ากับค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดของขนวนและเปลือก 12.5 นิวตัน/ตร.มม. ตามมาตรฐาน ICEA S-66-524 ใช้ค่าความต้านทานแรงดึงนี้ในการประเมินค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดของขนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าหุ้มขนวนซึ่งอากาศ

ซึ่งพบว่า ความต้านทานแรงดึงของเปลือกสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานที่ความยืดเดียวกันมีค่าสูงกว่าเปลือกสายที่ผ่านการใช้งานเล็กน้อย และความต้านทานแรงดึงของขนวนสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานที่ความยืดเดียวกันมีค่าสูงกว่าขนวนของสายที่ผ่านการใช้งาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสายที่มีการเร่งอายุหลายครั้งทำให้ขนวนและเปลือก XLPE ที่ถูกเร่งอายุมีการต้านทานต่อแรงดึงลดลง

5.5 Heat Distortion ของฉนวนและเปลือก

เป็นการทดสอบความหนาของฉนวนที่ลดลงของสายสำเร็จรูปเมื่อถูกกดที่อุณหภูมิ $121 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยใช้น้ำหนักที่กด 2000 กรัม ทดสอบจากชิ้นตัวอย่างของฉนวนและเปลือกสายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.7 – 5.10

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการทดสอบ Heat Distortion ของฉนวนสายที่ผ่านการใช้งาน

รายละเอียด		หน่วย	ผลการทดสอบชิ้นตัวอย่าง			ค่าเฉลี่ย
			1	2	3	
ก่อนเข้าตู้อบ	ความหนา t_1	มม.	1.380	1.360	1.385	
หลังจากอบ $121 \pm 1^{\circ}\text{C}$	ค่าเริ่มต้นที่วัดได้จาก dial gauge (A)	มม.	1.240	1.400	1.360	
	ค่าสุดท้ายที่วัดได้จาก dial gauge (B)	มม.	1.220	1.390	1.340	
	ความหนาที่แตกต่างกัน ($T_1 - T_2$)	มม.	0.020	0.010	0.020	
% distortion = $(T_1 - T_2)/t_1 \times 100$		%	1.450	0.740	1.440	1.210

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดสอบ Heat Distortion ของเปลือกสายที่ผ่านการใช้งาน

รายละเอียด		หน่วย	ผลการทดสอบชิ้นตัวอย่าง			ค่าเฉลี่ย
			1	2	3	
ก่อนเข้าตู้อบ	ความหนา t_1	มม.	1.210	1.220	1.210	
หลังจากอบ $121 \pm 1^{\circ}\text{C}$	ค่าเริ่มต้นที่วัดได้จาก dial gauge (A)	มม.	1.230	1.220	1.220	
	ค่าสุดท้ายที่วัดได้จาก dial gauge (B)	มม.	1.220	1.200	1.200	
	ความหนาที่แตกต่างกัน ($T_1 - T_2$)	มม.	0.010	0.020	0.020	
% distortion = $(T_1 - T_2)/t_1 \times 100$		%	0.830	1.640	1.650	1.370

จากตารางที่ 5.7 – 5.8 เป็น distortion เฉลี่ยของฉนวนและเปลือกสายที่ผ่านการใช้งาน โดยเปลือกสายที่ผ่านการใช้งานมี distortion เฉลี่ยมากกว่าฉนวนร้อยละ 11.68 ซึ่งเปรียบเทียบได้กับที่มีแรงภายนอกมากกดทับ 2 กิโลกรัมที่อุณหภูมิ 121°C ทำให้สายบริเวณที่ถูกกดทับเปลือกและฉนวนจะยุบลง

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการทดสอบ Heat Distortion ของฉนวนสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

รายละเอียด		หน่วย	ผลการทดสอบซ้ำตัวอย่าง			ค่าเฉลี่ย
			1	2	3	
ก่อนเข้าตู้อบ	ความหนา t_1	มม.	1.340	1.332	1.340	
หลังจากอบ $121 \pm 1^\circ\text{C}$	ค่าเริ่มต้นที่วัดได้จาก dial gauge (A)	มม.	1.270	1.770	1.270	
	ค่าสุดท้ายที่วัดได้จาก dial gauge (B)	มม.	1.240	1.740	1.240	
	ความหนาที่แตกต่างกัน ($T_1 - T_2$)	มม.	0.030	0.030	0.030	
% distortion = $(T_1 - T_2)/t_1 \times 100$		%	1.450	2.240	2.250	2.240

ตารางที่ 5.10 แสดงผลการทดสอบ Heat Distortion ของเปลือกสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

รายละเอียด		หน่วย	ผลการทดสอบซ้ำตัวอย่าง			ค่าเฉลี่ย
			1	2	3	
ก่อนเข้าตู้อบ	ความหนา t_1	มม.	1.208	1.202	1.182	
หลังจากอบ $121 \pm 1^\circ\text{C}$	ค่าเริ่มต้นที่วัดได้จาก dial gauge (A)	มม.	1.000	1.250	0.990	
	ค่าสุดท้ายที่วัดได้จาก dial gauge (B)	มม.	0.980	1.220	0.960	
	ความหนาที่แตกต่างกัน ($T_1 - T_2$)	มม.	0.020	0.030	0.030	
% distortion = $(T_1 - T_2)/t_1 \times 100$		%	1.450	1.650	2.500	2.540

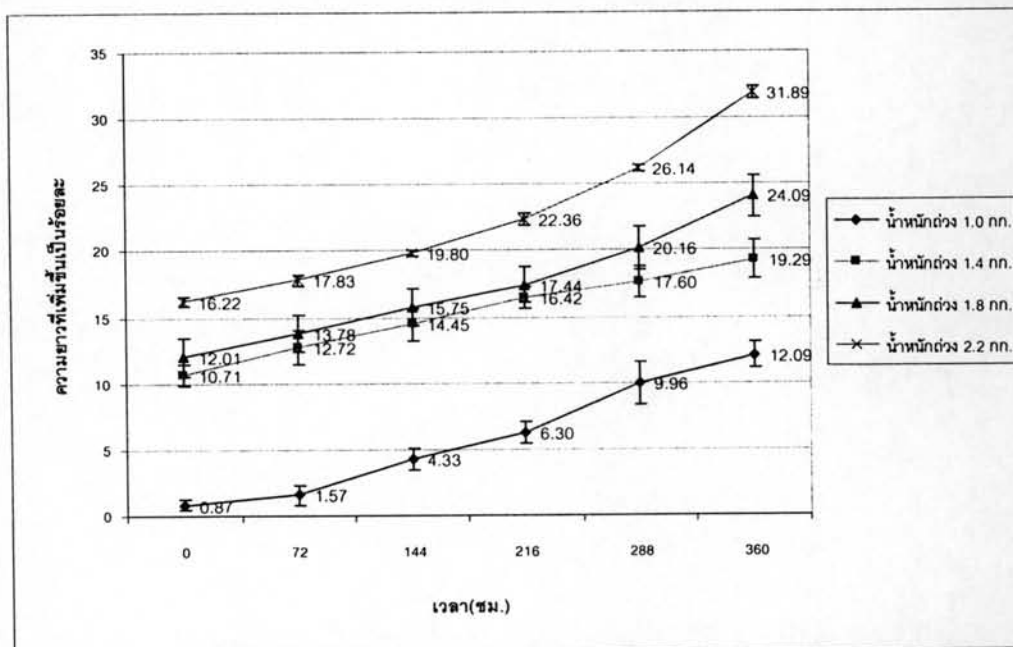
จากตารางที่ 5.9 – 5.10 เป็น distortion เฉลี่ยของฉนวนและเปลือกสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานโดยเปลือกสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานมี distortion เฉลี่ยมากกว่าฉนวนร้อยละ 11.81

จากการทดสอบ Heat Distortion ของฉนวนและเปลือก XLPE ของสายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน พบว่า สายที่ผ่านการใช้งานมีร้อยละของ distortion เฉลี่ยที่ต่ำกว่าสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน โดยที่เปลือกสายใหม่มี distortion เฉลี่ยสูงกว่าเปลือกสายเก่าที่ผ่านการใช้งานร้อยละ 46.06 และฉนวนสายใหม่มี distortion เฉลี่ยสูงกว่าฉนวนสายเก่าที่ผ่านการใช้งานร้อยละ 45.98

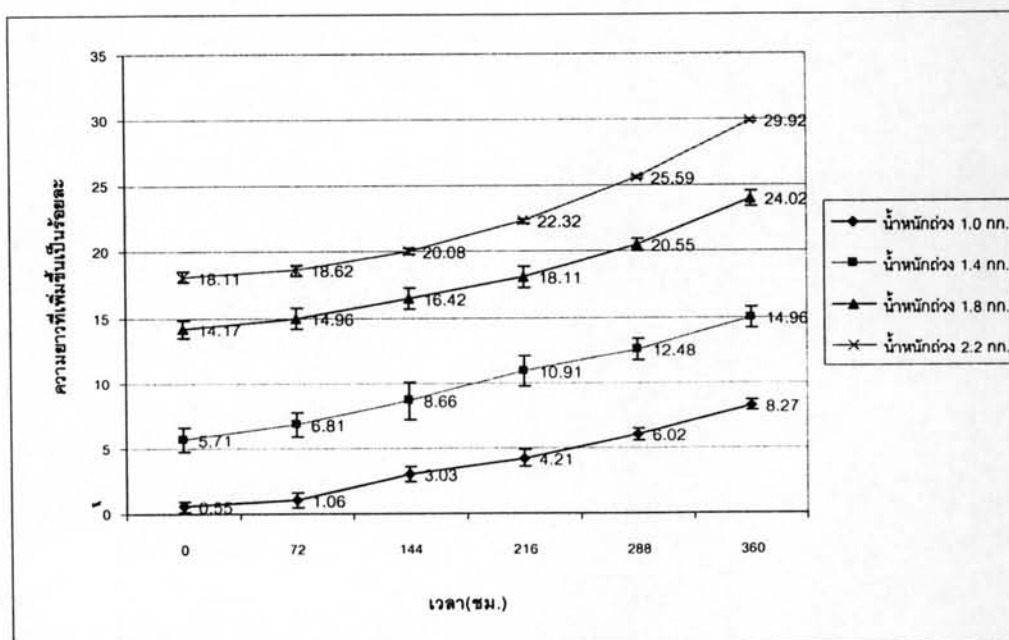
การทดสอบ Heat Distortion ทำให้พบว่า สายใหม่ที่ยังไม่ใช้งานจะมีความยืดหยุ่นและหดตัวได้มากกว่าสายที่ผ่านการใช้งาน เนื่องจากสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศมีฉนวนและเปลือก xlpe เป็นสารประกอบประเภทเทอร์โมเซตติงที่เมื่อมีการใช้งานแล้ว หรือมีการอบสายทำให้คุณสมบัติของ xlpe มีการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ทำให้สายมีลักษณะทนทานต่อแรงดึงมากขึ้น แต่ความยืดหยุ่นจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสายใหม่

5.6 การทดสอบแรงดึงของจนวนและเปลือกที่น้ำหนักถ่วงต่างๆ

การทดสอบแรงดึงของจนวนและเปลือกของสายที่ผ่านการใช้งานและสายใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ด้วยการถ่วงน้ำหนัก 4 ระดับ คือ 1.0 กิโลกรัม 1.4 กิโลกรัม 1.8 กิโลกรัม และ 2.2 กิโลกรัมเป็นระยะเวลา 360 ชั่วโมง ซึ่งจะแสดงการเปลี่ยนแปลงของความยาว และความหนา ดังรูปที่ 5.6-5.21

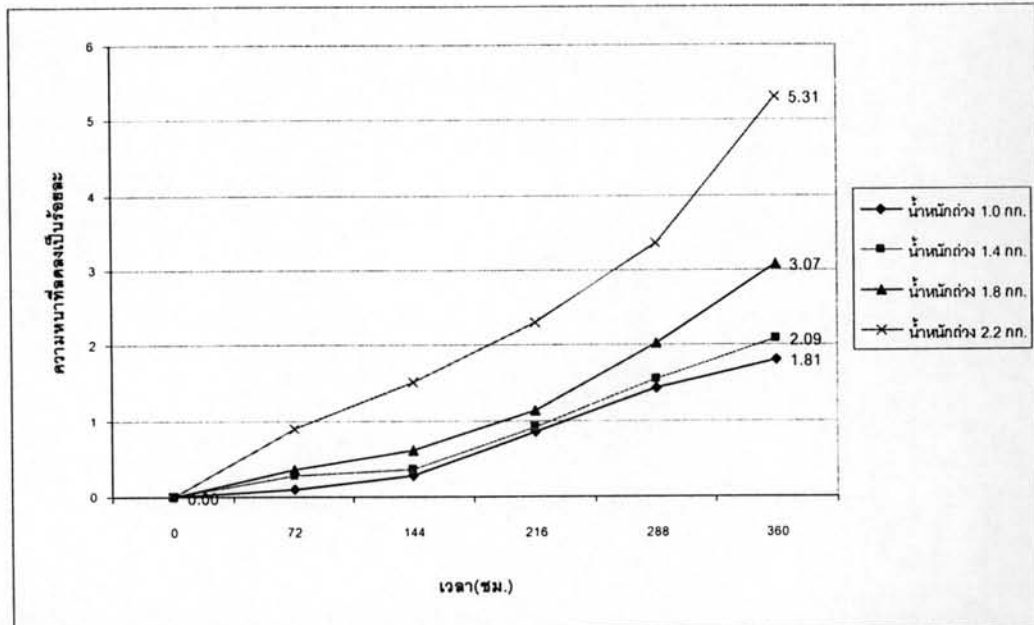


รูปที่ 5.6 ความยาวที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละของจนวน xipe สายเก่าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

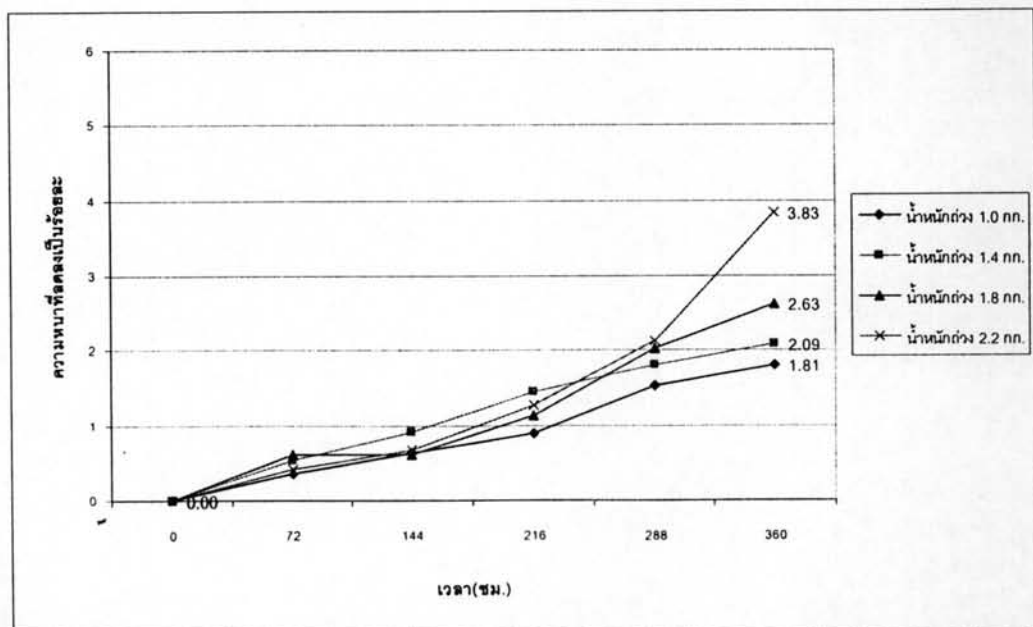


รูปที่ 5.7 ความยาวที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละของเปลือก xipe สายเก่าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

จากรูปที่ 5.6 – 5.7 เป็นการเปลี่ยนแปลงความยาวของจนวนและเปลือก xipe ของสายเก่าที่ผ่านการใช้งาน ซึ่งถูกนำมาดองด้วยน้ำหนักต่างๆ พบว่าที่น้ำหนักดอง 2.2 กิโลกรัม จนวนมีความยาวเพิ่มขึ้นมากกว่าเปลือก โดยจนวนมีความยาวเพิ่มขึ้นมากที่สุดร้อยละ 31.89 ส่วนเปลือกมีความยาวเพิ่มขึ้นมากที่สุดร้อยละ 29.92 ส่วนที่น้ำหนักดอง 1.0 กิโลกรัมมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยที่สุด



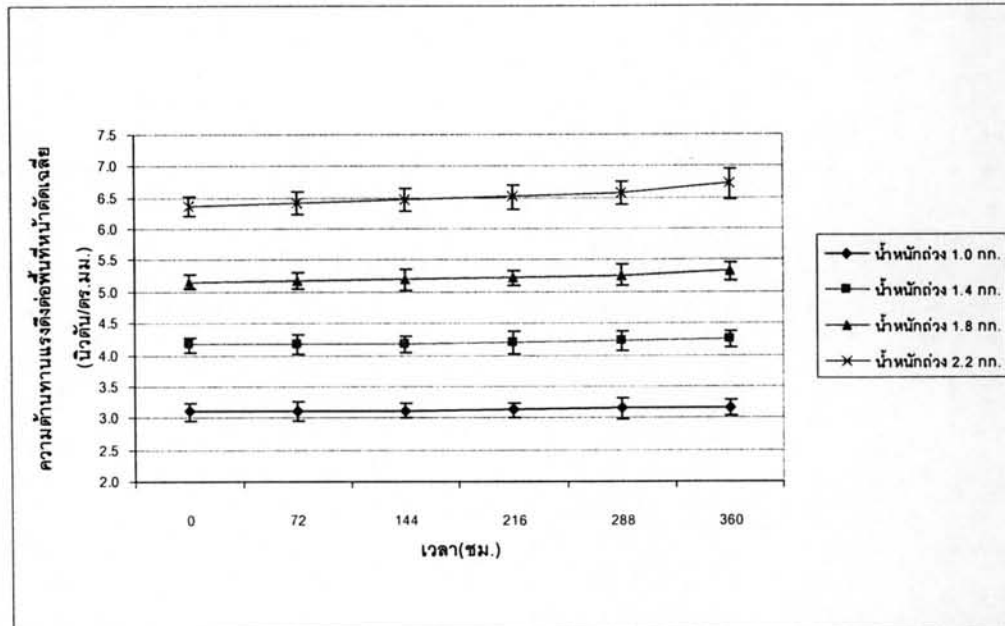
รูปที่ 5.8 แผนภูมิแสดงความหนาที่ลดลงเป็นร้อยละของจนวน xipe สายเก่าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา



รูปที่ 5.9 แผนภูมิแสดงความหนาที่ลดลงเป็นร้อยละของเปลือก xipe สายเก่าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

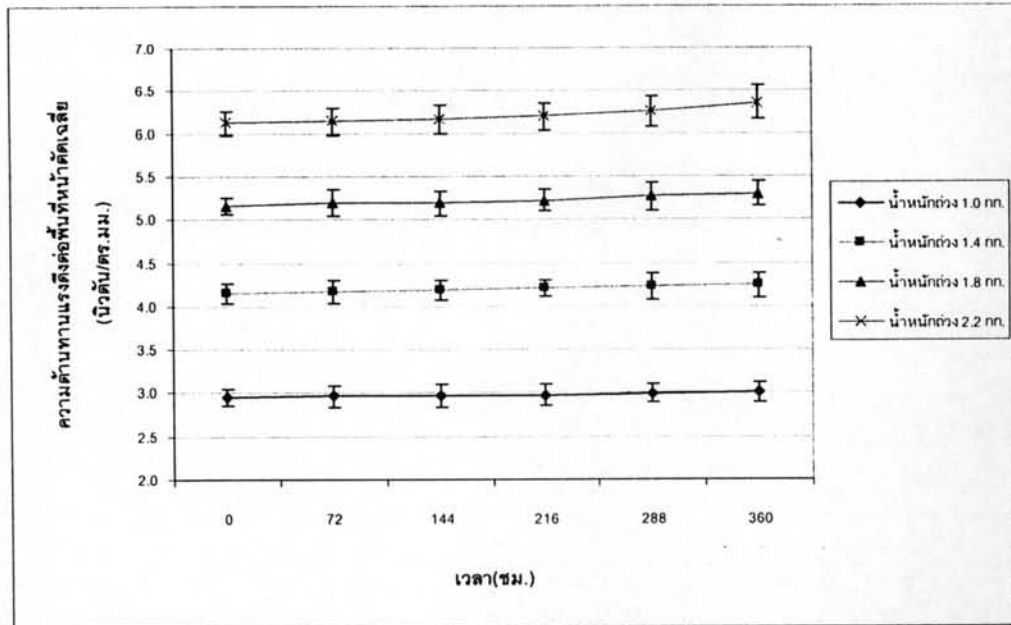
จากรูปที่ 5.8 พบว่าฉนวนที่มีการถ่วงน้ำหนัก 2.2 กิโลกรัม มีความหนาของฉนวนลดลงมากที่สุด ร้อยละ 5.31 มีความหนาลดลงน้อยที่สุด คือ ฉนวนที่มีการถ่วงน้ำหนัก 1.0 กิโลกรัม และรูปที่ 5.9 พบว่าเปลือกที่มีการถ่วงน้ำหนัก 2.2 กิโลกรัม มีความหนาลดลงมากที่สุด ร้อยละ 3.83 จากรูปทั้ง 2 รูป ฉนวนจะมีอัตราความหนาลดลงสูงกว่าเปลือกที่น้ำหนักถ่วงเดียวกัน

เมื่อนำข้อมูลที่ได้หาความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเป็นเวลา 360 ชั่วโมงจะได้ดังรูปที่ 5.10-5.11



รูปที่ 5.10 แผนภูมิแสดงความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของฉนวน xipe สายที่ผ่านการใช้งาน

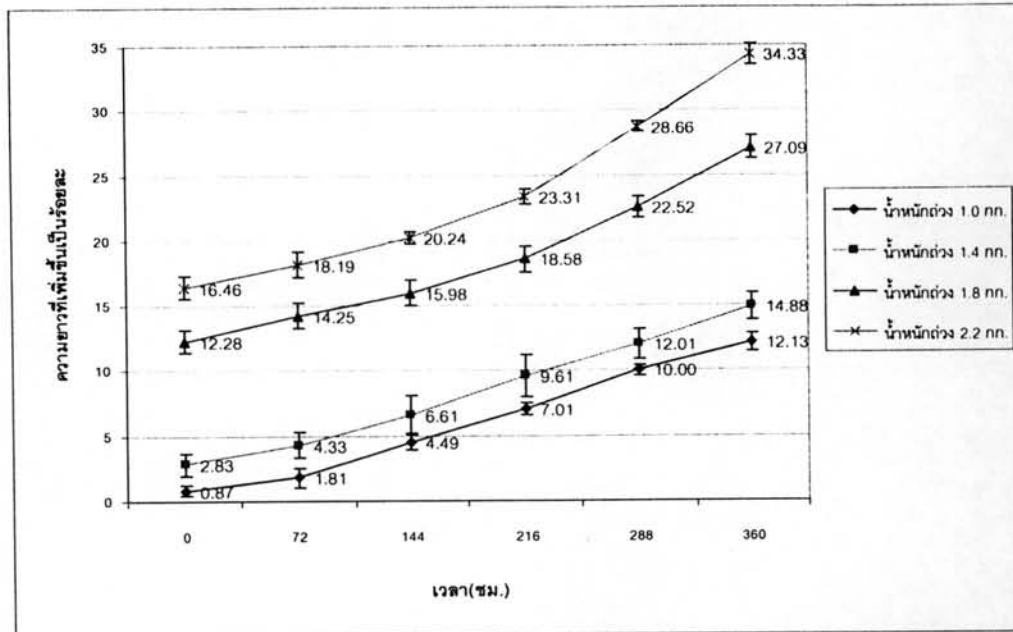
จากรูปที่ 5.10 พบว่า ที่น้ำหนัก 2.2 กิโลกรัม จะเกิดจุดที่ทำให้ความหนาจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยที่ใช้เวลาเพียงเล็กน้อย หรือเกิดการอิมด้ว และจะทำให้ฉนวนขาดในที่สุด ทำให้ความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย ซึ่งจุดเริ่มที่ทำให้ความหนาลดลงอย่างรวดเร็ว คือ 6.58 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร



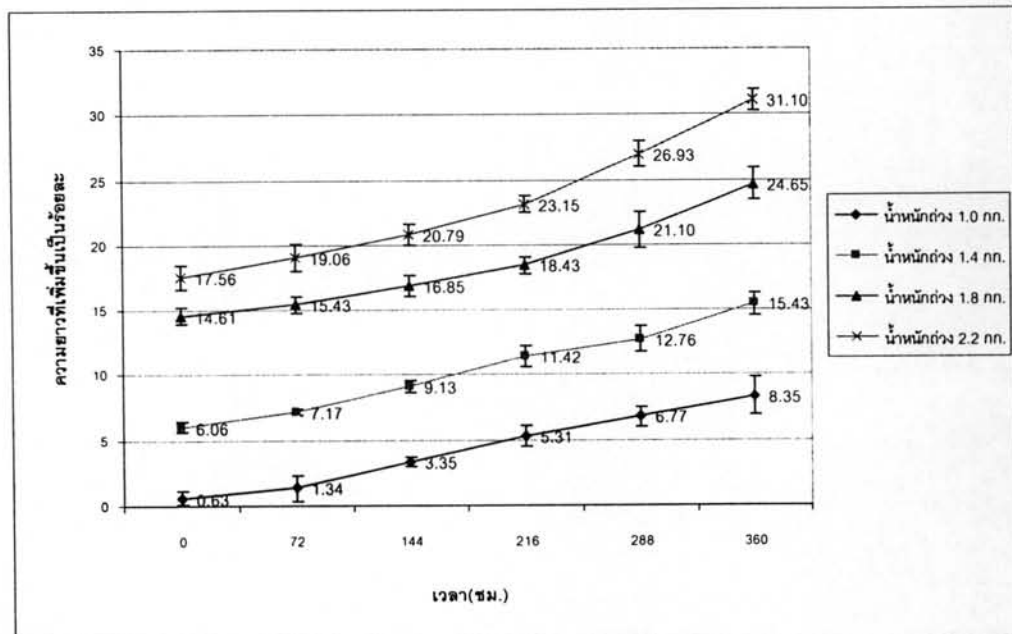
รูปที่ 5.11 แผนภูมิแสดงความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของเปลือก xlpe สายที่ผ่านการใช้งาน

จากรูปที่ 5.11 จุดที่ทำให้ความหนาลดอย่างรวดเร็ว โดยที่ใช้เวลาเพียงเล็กน้อย มีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของเปลือก xlpe สายที่ผ่านการใช้งาน คือ 6.25 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

เมื่อเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของฉนวนและเปลือก xlpe สายที่ผ่านการใช้งานที่จุดซึ่งความหนาลดอย่างรวดเร็ว พบว่า ฉนวนมีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยสูงกว่าเปลือกร้อยละ 5 นำข้อมูลนี้ไปใช้ในการประเมินความเค้นที่ใช้ของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศในการติดตั้งใช้งานจริง

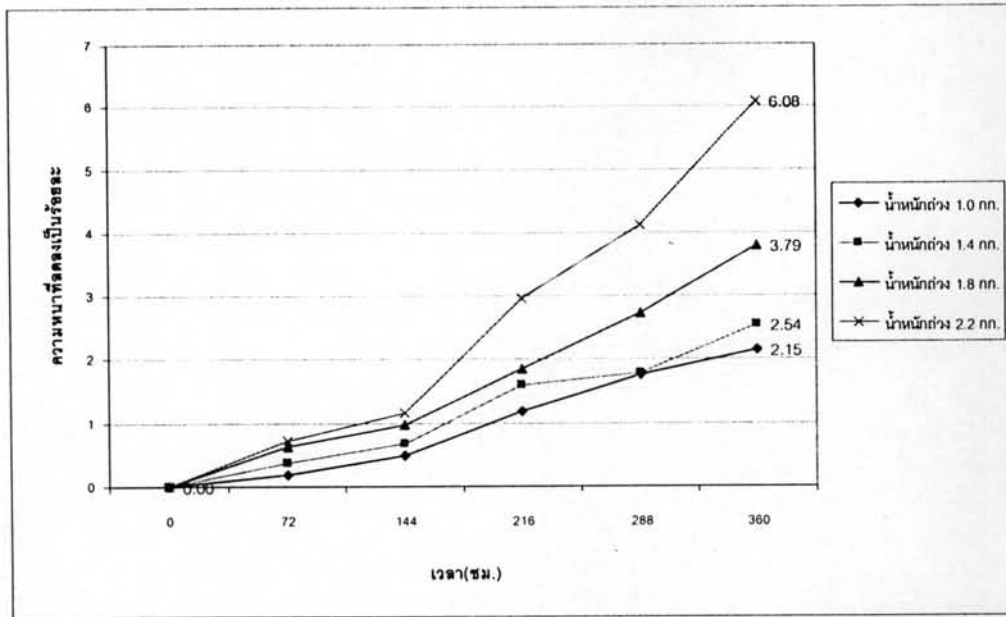


รูปที่ 5.12 ความยาวที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละของจนวน xipe สายที่ยังไม่ใช้งานเปลี่ยนแปลงตามเวลา

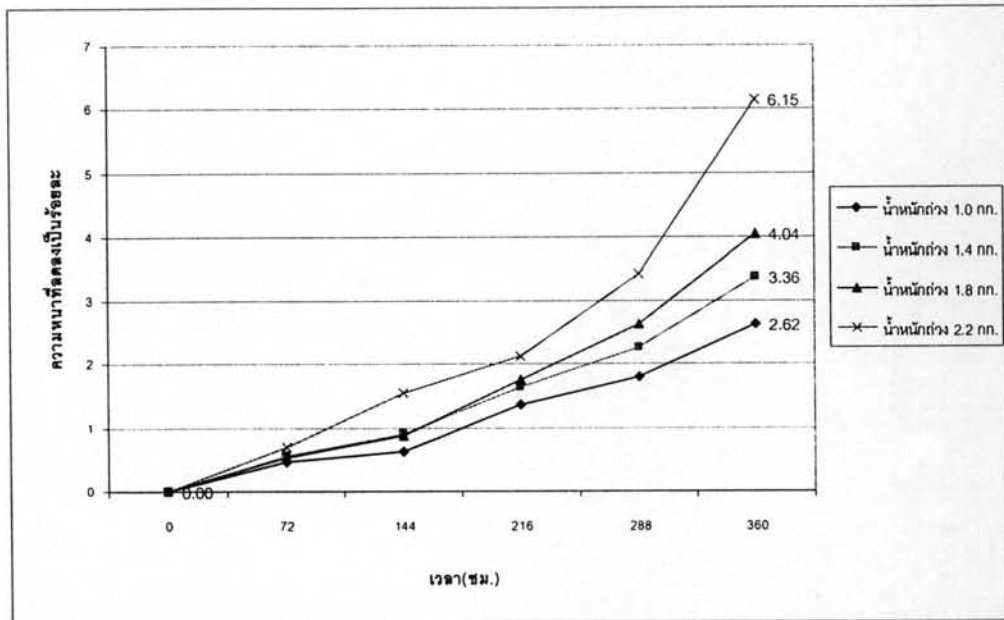


รูปที่ 5.13 ความยาวที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละของเปลือก xipe สายที่ยังไม่ใช้งานเปลี่ยนแปลงตามเวลา

จากรูปที่ 5.12 – 5.13 เป็นการเปลี่ยนแปลงความยาวเป็นร้อยละของจนวนและเปลือก xipe ของสายที่ยังไม่ใช้งาน ซึ่งมีการถ่วงด้วยน้ำหนักต่างๆ พบว่าที่น้ำหนักถ่วง 2.2 กิโลกรัม จนวนมีความยาวเพิ่มขึ้นมากกว่าเปลือก โดยจนวนมีความยาวเพิ่มขึ้นมากที่สุด ร้อยละ 34.33 ส่วนเปลือกมีความยาวเพิ่มขึ้นมากที่สุด ร้อยละ 31.10 ส่วนที่น้ำหนักถ่วง 1.0 กิโลกรัมมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยที่สุด

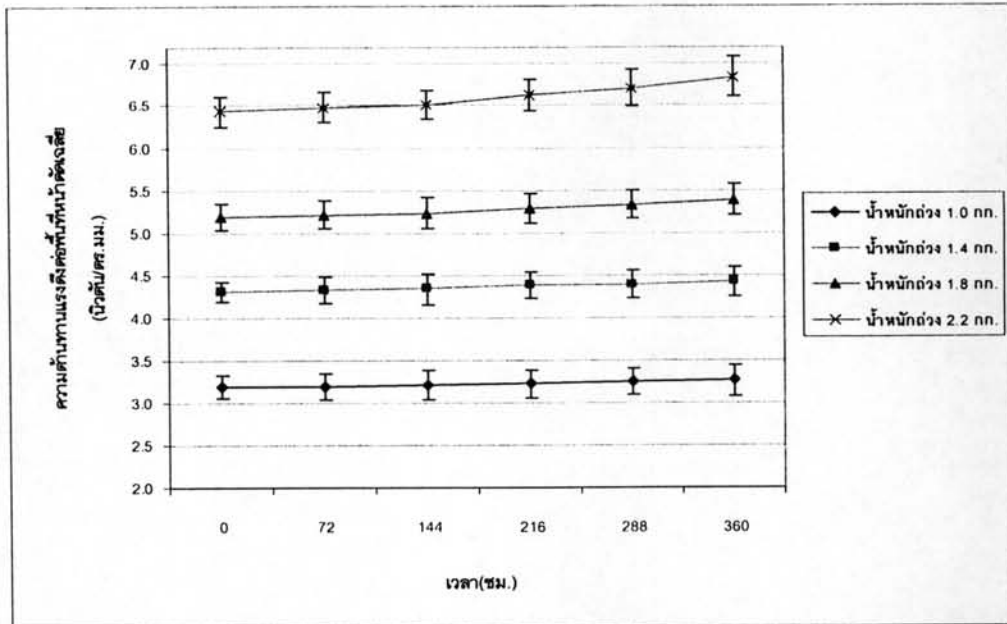


รูปที่ 5.14 แผนภูมิแสดงความหนาที่ลดลงเป็นร้อยละของจำนวน xipe สายที่ยังไม่ใช้งานเปลี่ยนแปลงตามเวลา



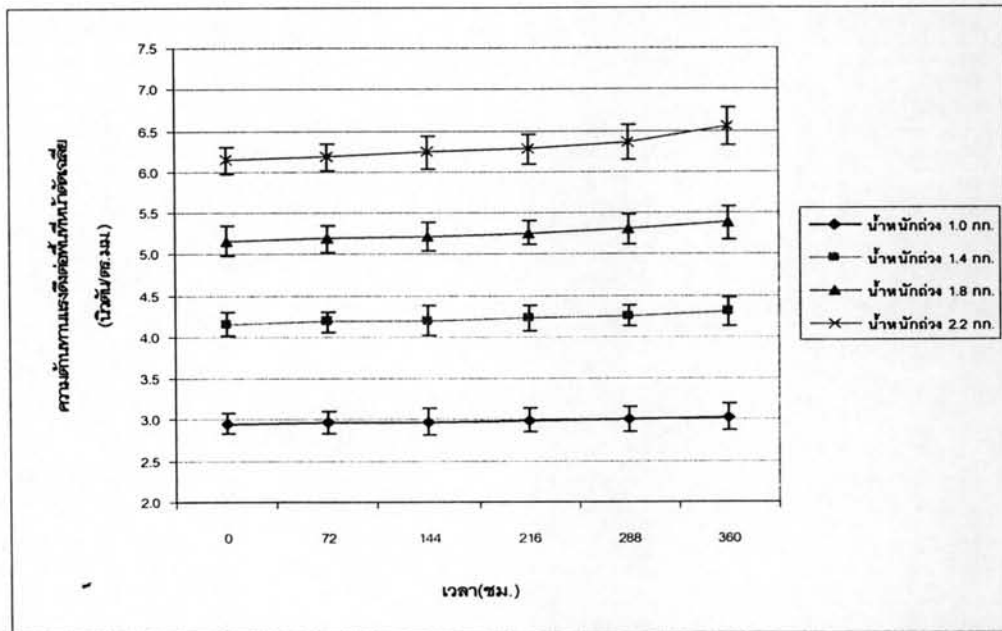
รูปที่ 5.15 แผนภูมิแสดงความหนาที่ลดลงเป็นร้อยละของเปลือก xipe สายที่ยังไม่ใช้งานเปลี่ยนแปลงตามเวลา

จากรูปที่ 5.14 พบว่าจำนวน xipe ที่มีการถ่วงน้ำหนัก 2.2 กิโลกรัม มีความหนาของจำนวนลดลงมากที่สุด ร้อยละ 6.08 มีความหนาที่ลดลงน้อยที่สุด คือ จำนวนที่มีการถ่วงน้ำหนัก 1.0 กิโลกรัม และรูปที่ 5.15 พบว่าเปลือกที่มีการถ่วงน้ำหนัก 2.2 กิโลกรัม มีความหนาที่ลดลงมากที่สุด ร้อยละ 6.15 จากรูปทั้ง 2 รูป จำนวน xipe จะมีอัตราความหนาที่ลดลงสูงกว่าเปลือก xipe ที่น้ำหนักถ่วงเดียวกัน



รูปที่ 5.16 แผนภูมิแสดงความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของฉนวน xipe สายที่ยังไม่ใช้งาน

จากรูปที่ 5.16 จุดที่ทำให้ความหนาลดลงอย่างรวดเร็ว โดยที่ใช้เวลาเพียงเล็กน้อย มีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของฉนวน xipe สายที่ยังไม่ใช้งาน คือ 6.47 นิวตันตารางมิลลิเมตร



รูปที่ 5.17 แผนภูมิแสดงความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของเปลือก xipe สายที่ยังไม่ใช้งาน

จากรูปที่ 5.17 จุดที่ทำให้ความหนาลดลงอย่างรวดเร็ว โดยที่ใช้เวลาเพียงเล็กน้อย มีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของเปลือก xlpe สายที่ผ่านการใช้งาน คือ 6.28 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

เมื่อเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของฉนวนและเปลือก xlpe สายที่ผ่านการใช้งานที่จุดซึ่งความหนาลดลงอย่างรวดเร็ว พบว่า ฉนวนมีความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยสูงกว่าเปลือกร้อยละ 2.94

นำค่าความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยที่จุดซึ่งทำให้ความหนาลดลงอย่างรวดเร็วไปใช้ในการประเมินความเค้นที่ใช้ของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนซึ่งในอากาศในการติดตั้งใช้งานจริงโดยเลือกใช้ความต้านทานแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยที่น้อยที่สุด