จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานวิจัย

การดัดแปรดินมอนต์มอริลโลไนต์ เพื่อใช้เป็นสารหน่วงไฟในผ้าฝ้าย

โดย

สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์
นันทนา จิรธรรมนุกุล
นริศรา กุลปรีชานันท์

เมษายน 2550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย
ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานผลการวิจัย

การดัดแปรดินมอนต์มอริลโลไนต์เพื่อใช้เป็นสารหน่วงไฟในผ้าฝ้าย

โดย

สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์
นันทนา จิรธรรมนุกุล
นริศรา กุลปรีชานันท์

เมษายน 2550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาโครงการวิจัยในหัวข้อเรื่อง การดัดแปรดินมอนต์มอริลโลไนต์เพื่อใช้เป็นสารหน่วงไฟในผ้าฝ้าย สำเร็จลงได้ ด้วยความอนุเคราะห์ให้ทุนอุดหนุนเงินวิจัยจากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท ไทยนิปปอน เคมีภัณฑ์ และคุณประพัทธ์ พิมพ์ประโพธ กรรมการผู้จัดการบริษัท วี พี ซี กรุ๊ป ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีที่สำคัญบางส่วนในการทำวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหมู่
เลขทะเบียน 013472
วัน, เดือน, ปี 25 ม.ค. 51

บทคัดย่อภาษาไทย

ชื่อโครงการวิจัย	การดัดแปรดินมอนต์มอริลโลไนต์เพื่อใช้เป็นสารหน่วงไฟในผ้าฝ้าย
ชื่อผู้วิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทนา จิรธรรมนุกุล
	นางสาว นริศรา กุลปรีชานันท์
เดือนและปีที่ทำวิจัยสำเร็จ	เมษายน 2550

โครงการวิจัยนี้เป็นการนำมอนต์มอริลโลไนต์มาทำการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวก กับสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 (Di-Palm carboxyethyl hydroxyethyl methyl ammonium methosulfate) พบว่า สารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 สามารถแยกระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตในมอนต์มอริลโลไนต์ได้ ทำให้ได้ออร์กาโนเคลย์ ที่สามารถนำไปผสมในสารตกแต่งทำให้นุ่มได้ ในโครงการวิจัยได้ทำการเตรียมสารตกแต่งทำให้นุ่ม 3 ชนิด ประกอบด้วย สารทำให้นุ่มชนิดที่เป็นประจุบวก Tego 28 และชนิดที่ไม่มีประจุของ Lustrex (High-melt polyethylene emulsion) และของ Silastol (Silicone elastomer) แล้วนำสารตกแต่งสำเร็จที่เตรียมขึ้นมาตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายโดยวิธีจุ่มอัด หลังจากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จไปทดสอบสมบัติต่างๆประกอบด้วย สมบัติการหน่วงไฟด้วยการทดสอบสมบัติการติดไฟและเสถียรภาพทางความร้อน ความขาว ความแข็งกระด้าง ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด จากผลการศึกษาพบว่ามีเพียงผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 ที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรแสดงสมบัติการหน่วงไฟที่ดีขึ้นเมื่อเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรเพิ่มขึ้น และสมบัติความกระด้างของผ้ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่เติมเข้าไปในสูตรของสารตกแต่งทำให้นุ่มเพิ่มขึ้นแต่ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรเพิ่มขึ้นมาเป็น 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ความแข็งกระด้างของผ้าลดลงอย่างมาก และความขาวของผ้าฝ้ายจะลดลงมากขึ้นเมื่อปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่เติมในสูตรสารตกแต่งทำให้นุ่มมีปริมาณที่มากขึ้นเช่นกัน ส่วนสมบัติด้านความแข็งแรงต่อการฉีกขาดไม่มีผลกระทบมากนักซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 เพียงอย่างเดียว สำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ไม่มีประจุทั้ง 2 ชนิดที่นำมาผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรไม่แสดงสมบัติการหน่วงไฟที่ดีขึ้นแต่อย่างไร และสมบัติทางด้านความกระด้างและความแข็งแรงต่อการฉีกขาดไม่มีผลกระทบมากนัก ส่วนความขาวของฝ้าฝ้ายจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่อใช้สารตกแต่งทำให้นุ่มที่ไม่มีประจุของ Silastol

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

Project Title Modified montmorillonite for using as flame retardant for cotton

Name of the Investigators Assistant Professor Siriwan Kittinaovarat

Assistant Professor Nantana Jiratumnukul

Miss Narissara Koolpreechanan

Year April, 2007

In this research, montmorillonite was prepared by cationic exchange with cationic softener of Tego 28 (Di-Palm carboxyethyl hydroxyethyl methyl ammonium methosulfate). The XRD results indicated that an intercalation was occurred in the modified montmorillonite. After that, the softness finishing solutions were prepared by using the modified montmorillonite mixed with either cationic or nonionic softener and treated on the cotton fabrics. The finished fabrics and untreated fabrics were tested for instance flammability, thermal stability, whiteness, stiffness and tear strength. The tested results indicated that only the finished fabrics treated with cationic softener of Tego 28 mixed with the modified montmorillonite had the thermal stability and flammability improved when the modified montmorillonite added in the finishing solution increased. Stiffness property of the finished fabrics increased gradually when the amount of modified montmorillinonite was added less than 5%. But the stiffness property of the finished fabrics decreased immediately when the modified montmorillonite added in the finishing solution increased to 10 and 15%. The whiteness of the finished fabrics decreased when the amount of modified montmorillonite in the finishing solution increased. Tear strength of the finished fabrics was comparative with that of the fabric treated with cationic softener Tego 28 only. The fabrics treated with the mixture of the modified montmorillonite and either nonionic softener of Lustrex (High-melt polyethylene emulsion) or of Silastol (Silicone elastomer) did not have a better result of flame retardancy. The other properties of stiffness and tear strength of the finished fabrics did not much affect by adding the modified montmorillonite in the nonionic softener finishing. Only the whiteness of the finished fabrics treated with Silastol or its mixture with the modified montmorillonite decreased obviously.

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ii
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)		iii
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)		iv
สารบัญ		v
สารบัญตารางประกอบ		vii
สารบัญภาพประกอบ		viii
บทที่		
1.	บทนำ	
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2.	วารสารปริทัศน์	
	2.1 มอนต์มอริลโลไนต์	4
	2.2 กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุของดิน	6
	2.3 ปัจจัยที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนไอออนบวกในดิน	7
	2.4 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ	8
	2.5 การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ	9
	2.6 สารทำให้นุ่ม	10
	2.7 สารหน่วงไฟ	16
	2.8 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
3	วิธีดำเนินการวิจัย	
	3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	23
	3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	23
	3.3 วิธีการวิจัย	24
4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	27

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	4.1	ผลของเวลาการกวนของสารทำให้นุ่มประจุบวก Incrosoft DHT-75 ที่มีต่อระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร	27
	4.2	ผลของความเข้มข้นของสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Incrosoft DHT-75 และ Tego 28 ที่มีต่อระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร	28
	4.3	ผลการศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้และอัตราเร็วในการลุกลามของเปลวไฟบนผ้าฝ้าย	33
	4.4	ผลของการทดสอบความขาวของผ้า	35
	4.5	ผลการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า	36
	4.6	ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้า	39
	4.7	ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริกอะนาไลซิส	42
5		สรุปผลการทดลอง	49
6		ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารอ้างอิง			53

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

		หน้า
ตารางที่ 4.1	ผลของเวลาที่ใช้ในการเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ชนิดประจุบวกต่อระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตในโครงสร้างมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร	27
ตารางที่ 4.2	แสดงผลระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตในโครงสร้างมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ได้ดัดแปร และมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 และ Tego 28	29
ตารางที่ 4.3	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเผาไหม้ อัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟ และลักษณะเขม่าและขี้เถ้าหลังการเผาไหม้	34
ตารางที่ 4.4	ผลของค่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้าย	37
ตารางที่ 4.5	ผลของค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ศึกษาที่ไม่มีและมีการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ปริมาณแตกต่างกัน	40
ตารางที่ 4.6	น้ำหนักที่เหลืออยู่ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400°C	45
ตารางที่ 4.7	น้ำหนักที่เหลืออยู่ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400°C	46
ตารางที่ 4.8	น้ำหนักที่เหลืออยู่ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400°C	48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการภาพประกอบ

		หน้า
รูปที่ 2.1	โครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์	4
รูปที่ 2.2	การยึดติดกันระหว่างชั้นของดินกับประจุบวกที่อยู่ระหว่างชั้นของดิน	4
รูปที่ 2.3	ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวกระหว่างแคทไอออนที่อยู่ระหว่างชั้นของดินกับควอเทอร์นารีแอมโมเนียมไอออน	5
รูปที่ 2.4	โครงสร้างของ organoclay	6
รูปที่ 2.5	การแลกเปลี่ยนประจุระหว่างแคทไอออนที่อยู่ในดินกับแคทไอออนอื่นๆ	7
รูปที่ 2.6	กลไกการเผาไหม้เซลลูโลส	18
รูปที่ 4.1	แพทเทิร์นพีคการเบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปรและมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ชนิดประจุบวกที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ที่เวลาในการกวน 1 และ 2 ชั่วโมง	28
รูปที่ 4.2	แพทเทิร์นพีคการเบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปรและมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ที่ 0.0, 1.0, 2.0 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	30
รูปที่ 4.3	แพทเทิร์นพีคการเบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปรและมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ที่ 0.0, 1.0, 2.0 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	30
รูปที่ 4.4	แพทเทิร์นพีคการเบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 และที่ Tego 28 ที่ความเข้มข้น 1.0 (a), 2.0 (b) และ 3.0 (c) เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	32
รูปที่ 4.5	ความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม และตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร	36
รูปที่ 4.6	ความแข็งกระด้างตามแนวด้ายพุ่งของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร	38
รูปที่ 4.7	ความแข็งกระด้างตามแนวด้ายยืนของผ้าที่ตกแต่งด้วย	38

	สารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร	
รูปที่ 4.8	ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้ายตามแนวเส้นด้ายพุ่ง ที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ ที่ผ่านการดัดแปร	41
รูปที่ 4.9	ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้ายตามแนวเส้นด้ายยืน ที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ ที่ผ่านการดัดแปร	41
รูปที่ 4.10	TGA เทอร์โมแกรมของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ	43
รูปที่ 4.11	TGA เทอร์โมแกรมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม ชนิดประจุบวก Tego 28 และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการ ดัดแปรในปริมาณ 0.0, 1.0, 5.0, 10.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์	44
รูปที่ 4.12	TGA เทอร์โมแกรมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม ชนิดไม่มีประจุ Lustrex และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการ ดัดแปรในปริมาณ 0.0, 1.0, และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	46
รูปที่ 4.13	TGA เทอร์โมแกรมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม ชนิดไม่มีประจุ Silastol และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการ ดัดแปรในปริมาณ 0.0, 1.0, และ 5.0 เปอร์เซ็นต์	47

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันมีการค้นคว้าวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีเพื่อนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าได้มีการนำดินมอนต์มอริลโลไนต์มาทำการดัดแปรทางเคมีเพื่อทำให้ดินซึ่งเป็นสารอนินทรีย์มีความเป็นอินทรีย์มากขึ้นและสามารถใช้ร่วมกับสารอินทรีย์สังเคราะห์อื่นๆ เช่น สารพอลิเมอร์ เนื่องจากดินเป็นสารอนินทรีย์ซึ่งมีสมบัติเด่น คือ มีความแข็งแรง ความเหนียว และความทนไฟสูง จากสมบัติเหล่านี้เมื่อนำดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรทางเคมีเพื่อนำเป็นสารตัวเติมในวัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์ เช่น พอลิเอทิลีนไวนิลอะซิเตต ไนลอน 6 EPDM เป็นต้น พบว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์มีความแข็งแรงและทนความร้อนเพิ่มขึ้นมาก และไม่ทำให้สมบัติเชิงกลอื่นๆลดลง ซึ่งบริษัทโตโยต้าเป็นรายแรกที่เปิดเผยการใช้ดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรมาเป็นสารเสริมแรง โดยการทำให้ดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรกระจายตัวอยู่ในไนลอน 6 ผลที่ได้พบว่าไนลอน 6 จะมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น รวมถึงสมบัติการทนความร้อนและความคงตัวในทิศทางต่างๆดียิ่งขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่ศึกษาในลักษณะเดียวกันโดยการนำดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรมาทำเป็นนาโนคอมโพสิทกับพอลิเมอร์ทำให้พอลิเมอร์คอมโพสิทที่ได้มีสมบัติต้านทานการติดไฟได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น Poly(vinyl chloride) กับดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร Polyamide 66 กับดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร Polystyrene กับดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร Polycarbonate/Acrylonitrile-butadiene-styrene polymer alloy กับดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร นอกจากนี้ บริษัทผลิตผงซักฟอกเปาแฮนด์ฟอร์สได้นำดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรมาใช้ในการเพิ่มความความนุ่มให้กับผ้าในระหว่างการซักและหลังซัก ทำให้ผ้านั้นรีดง่าย และรักษาความขาวให้กับผ้าได้อีกด้วย

ปัจจุบันมอนต์มอริลโลไนต์ได้รับความสนใจในการนำมาประยุกต์ในงานด้านต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากมอนต์มอริลโลไนต์มีโครงสร้างพิเศษแตกต่างจากแร่ชนิดอื่น คือ มีโครงสร้างเป็นชั้นๆซ้อนกัน ได้แก่ชั้นของแผ่นอลูมินาและชั้นของแผ่นซิลิกาซึ่งซ้อนทับกันคล้ายแซนวิชโดยชั้นที่อยู่ตรงกลางเป็นชั้นของอลูมินาและประกบบนล่างด้วยแผ่นของซิลิกา เรียกโครงสร้างแบบนี้ว่า 2:1 phylosilicate ซึ่งแต่ละชั้นมีความบางมากและมีความหนาประมาณ 1 นาโนเมตร มีความยาวประมาณ 1000 เท่า ทำให้มีค่า aspect ratio สูงมาก ช่องว่างระหว่างชั้นเรียกว่า แกลเลอรี (gallery) พื้นผิวของชั้น aluminosilicates เป็นประจุลบ แต่ชั้นเหล่านี้สามารถยึดเกาะกันได้ด้วยประจุบวก เช่น โซเดียมไอออน และแคลเซียมไอออน ประจุบวกเหล่านี้สามารถเกิดปฏิกิริยา

แลกเปลี่ยนไอออนกับเกลือควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (สารประกอบอินทรีย์) แล้วเรียกมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรนี้ว่า ออร์กาโนเคลย์ (organoclay)

การนำเอาดินมอนต์มอริลโลไนต์มาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้นยังมีไม่มากนัก โดยเฉพาะนำมาใช้เป็นสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ เทคโนโลยีการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอนับเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญมากเพราะเป็นวิธีการที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ตัวอย่างเช่น การพัฒนาเพื่อเพิ่มสมบัติการหน่วงไฟ เพิ่มสมบัติการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ เพิ่มสมบัติกันยับให้กับผ้าเพื่อทำให้การดูแลรักษาง่ายขึ้น เป็นต้น การที่ดินมอนต์มอริลโลไนท์มีสมบัติในการต้านไฟจึงเป็นเหตุผลหลักในการดัดแปรดินมอนต์มอริลโลไนท์เพื่อนำมาใช้เป็นสารหน่วงไฟให้กับสิ่งทอ ซึ่งสารหน่วงไฟที่ใช้สำหรับสิ่งทอในปัจจุบันเป็นสารพวก antimony oxide/halogen ซึ่งเป็นสารหน่วงไฟที่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก ซึ่งอาจเป็นพิษต่อผู้บริโภคได้ ส่วนสารพวก borax/boric acid สามารถใช้เป็นสารหน่วงไฟได้เช่นกันแต่ประสิทธิภาพการหน่วงไฟนั้นไม่คงทนมากนัก ส่วนสารหน่วงไฟที่มีความคงทน เช่น THPC (Tetrakis hydroxy methyl phosphonium chloride) เป็นสารหน่วงไฟที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมสิ่งทอ แต่ปัญหาคือ ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารนี้มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งแล้วมีความแข็งกระด้าง ความแข็งแรงของผ้าที่ตกแต่งลดลง และผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวมีโอกาสที่จะปลดปล่อยสารพิษฟอร์มัลดิไฮด์ออกมา จึงมีแนวความคิดที่จะทำโครงการวิจัยที่นำเอาดินมอนต์มอริลโลไนต์มาทำการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange) กับสารทำให้นุ่มที่มีประจุบวก เพื่อทำให้เกิดเป็นออร์กาโนเคลย์ แล้วนำมาใช้ในสูตรตกแต่งทำให้นุ่มให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ โดยคาดหวังไว้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวนอกจากจะมีความนุ่มแล้วอาจจะมีสมบัติการหน่วงไฟของผ้าเพิ่มขึ้นมาด้วยในเวลาเดียวกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ดัดแปรดินมอนต์มอริลโลไนท์ด้วยสารทำให้นุ่มเพื่อใช้เป็นสารหน่วงไฟให้กับผ้าฝ้าย
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มที่มีส่วนประกอบของดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการดัดแปรดินมอนต์มอริลโลไนท์ด้วยสารทำให้นุ่มประจุบวก 2 ชนิด คือ Di-(Plam Carboxyethyl) Hydroxyethyl Methylammonium Methosulfate (TEGO 28) และ Dihydrogenated tallowdimethyl ammonium chloride (INCROSOFT DHT -75) เพื่อเลือกสาร

ทำให้นุ่มที่เหมาะสมในการดัดแปรกับดินมอนต์มอริลโลไนท์และนำมาใช้ในสูตรตกแต่งทำให้นุ่มกับผ้าฝ้าย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ผลกระทบทางเศรษฐกิจ

1.4.1.1 เปิดช่องทางการนำเอาดินมอนต์มอริลโลไนท์มาใช้ในการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ

1.4.1.2 เพื่อคิดค้นหาสารหน่วงไฟที่ได้จากธรรมชาติเพื่อนำมาทดแทนสารหน่วงไฟเคมีที่มีส่วนประกอบของธาตุโลหะหนัก

1.4.1.3 ลดปริมาณการนำเข้าสารหน่วงไฟเคมีจากต่างประเทศ และหันมาสนับสนุนการใช้สารหน่วงไฟที่ดัดแปรมาจากธรรมชาติ

1.4.2 ผลกระทบทางสังคม

1.4.2.1 หากผลงานวิจัยที่ได้พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จมีสมบัติทางด้านการหน่วงไฟดีขึ้น และสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ จะเป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

1.4.2.2 ลดมลภาวะที่เกิดจากการใช้สารหน่วงไฟเคมีที่มีโลหะหนักในการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอต่อระบบนิเวศน์

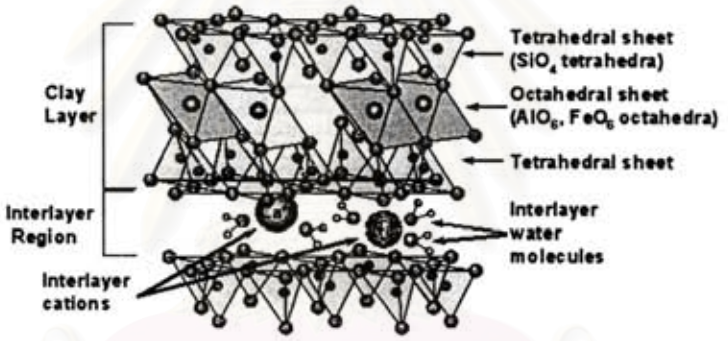
1.4.2.3 เปิดโอกาสให้ผู้บริโภคมีทางเลือกที่หลากหลายมากขึ้นในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

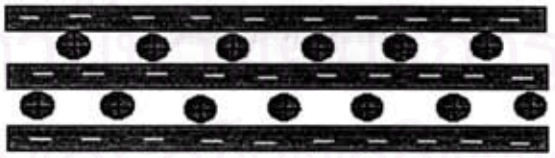
บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 มอนต์มอริลโลไนต์[1,2] (Montmorillonite)

มอนต์มอริลโลไนต์มีสูตรเคมี คือ $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4.nH_2O$ มอนต์มอริลโลไนต์ เป็นแร่ดินเหนียวที่มีโครงสร้างซ้อนทับกัน ซึ่งประกอบด้วยชั้นของแผ่นอลูมิเนียม โดยชั้นที่อยู่ตรงกลางจะเป็นชั้นของอลูมินา ที่ถูกประกบบนและล่างด้วยชั้นซิลิกา แต่ละชั้นจะมีความหนาน้อยกว่า 1 นาโนเมตร และมีความยาวมากกว่าความหนา 200 เท่า ระหว่างชั้นจะมีช่องว่างขนาดเล็กเรียกว่า gallary ดังรูปที่ 2.1 ในช่องว่างจะมี cation ได้แก่ โซเดียมไอออน (Na^+) หรือ แคลเซียมไอออน (Ca^{+2}) จะทำหน้าที่ยึดชั้นของดินที่มีประจุลบเอาไว้ด้วยกัน จึงทำให้ชั้นของดินยึดติดแน่น ดังรูปที่ 2.2



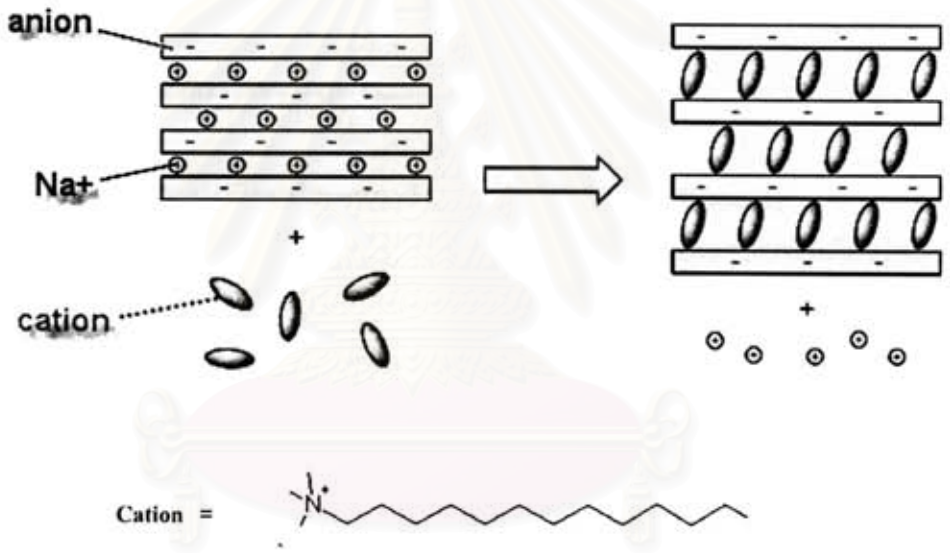
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์



รูปที่ 2.2 การยึดติดกันระหว่างชั้นของดินกับประจุบวกที่อยู่ระหว่างชั้นของดิน

มอนต์มอริลโลไนต์ จะมีสมบัติ Hydrophilic จึงทำให้ผสมและเกิดอันตรกิริยา (interaction) กับพอลิเมอร์ได้ยากดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการดัดแปรมอนต์มอริลโลไนต์ (modified

montmorillonite) เพื่อทำให้สามารถเข้ารวมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์ได้ดียิ่งขึ้น โดยมอนต์มอริลโลไนต์จะช่วยเสริมแรงให้กับพลาสติกซึ่งจะทำให้สมบัติบางประการของพลาสติกดียิ่งขึ้น เช่น ความแข็งแรง (Tensile strength) ความทนทานต่อการดัดโค้ง (Flexural strength) ความทนทานต่อความร้อน (Heat resistance) เป็นต้น ซึ่งได้มีการเปิดเผยครั้งแรกโดยทีมงานวิจัยที่ห้องปฏิบัติการบริษัทผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ในประเทศญี่ปุ่น คือ โตโยต้า (Toyota) โดยการนำเอามอนต์มอริลโลไนต์มาเสริมแรงให้กับไนลอน 6 เพื่อผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ วิธีการที่ง่ายที่สุดในการดัดแปรมอนต์มอริลโลไนต์ (modified montmorillonite) คือ การทำปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) โดยสารอินทรีย์ที่มีประจุบวก (organic cation) เช่น ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (quaternary ammonium) หรือ ฟอสโฟเนียม (phosphonium) จะสามารถเข้าแทนที่ cation ที่อยู่ระหว่างชั้นของดิน ทำให้ได้มอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร ที่เรียกว่า organoclay ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวกระหว่างแคทไอออนที่อยู่ระหว่างชั้นของดินกับควอเทอร์นารีแอมโมเนียมไอออน

Quaternary ammonium ion ซึ่งมีสายโซ่อัลคิลที่ยาว (long alkyl chain) ซึ่งเป็นส่วนที่มีสมบัติ hydrophobic เมื่อเข้าไปแทนที่ Na^+ ที่อยู่ระหว่างชั้นของดินจะทำให้ได้ organoclay ที่มีสมบัติเข้ารวมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์ได้ดี ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุด้วยสารอินทรีย์ที่มีประจุบวกทำให้ช่อง gallary ขยายออก นั่นคือ ระยะห่างระหว่างชั้นของดินจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ดินเกิดการบวมตัว เรียกโครงสร้างแบบนี้ว่า Intercalated clay แต่ถ้าชั้นของดินเกิดการบวมตัว

มากจนทำให้เกิดการแยกชั้นของดินออกจากกันอย่างชัดเจน ซึ่งจะเรียกว่า Exfoliated clay ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะทำให้ได้อนุภาคของมอนต์มอริลโลไนต์ขนาดเล็กมากอยู่ในระดับนาโนเมตร สามารถนำไปผสมกับพอลิเมอร์ชนิดต่างๆโดยจะก่อให้เกิดการเสริมแรงในระดับโมเลกุล ดังนั้นจึงเรียกวัสดุเชิงประกอบประเภทนี้ว่า นาโนคอมพอสิท (nanocomposite)

รูปที่ 2.4 โครงสร้างของ organoclay

2.2 กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุของดิน[2] (Cation Exchange Process)

ดินเหนียวเมื่ออยู่ในดินตามธรรมชาติจะดูดยึดไอออนที่มีประจุบวกไว้เต็มไปหมด ส่วนชนิดของแคทไอออนที่ดูดยึดอยู่นั้นสำหรับดินในแถบร้อนและชุ่มชื้น จะมีมากน้อยลดหลั่นกันลงไปดังนี้ คือ H^+ (Al^{3+}) > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+ แคทไอออนต่าง ๆ เหล่านี้จะไม่ดูดยึดติดแน่นอยู่กับพื้นผิวของดินเหนียวแต่จะโคจรอยู่ในระยะใกล้ชิดกับผิวภายใต้อำนาจการดึงดูดซึ่งกันและกัน ดังนั้นการชะล้างด้วยน้ำจึงไม่อาจที่จะชะเอาแคทไอออนพวกนี้ออกไปได้ เราเรียกแคทไอออนพวกนี้ว่าเป็น แคทไอออนดูดซับ (adsorbed cation) แต่อย่างไรก็ตามแคทไอออนพวกนี้สามารถที่จะถูกไล่ออกไปโดยแคทไอออนอื่นๆ ได้โดยง่าย การที่แคทไอออนดูดซับ (absorbed cation) สามารถถูกไล่ที่หรือแทนที่โดยแคทไอออนอื่นๆ ด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุบวก บางครั้งเราสามารถเรียกแคทไอออนดูดซับนี้อีกอย่างหนึ่งว่า แคทไอออนแลกเปลี่ยน (exchangeable cation)

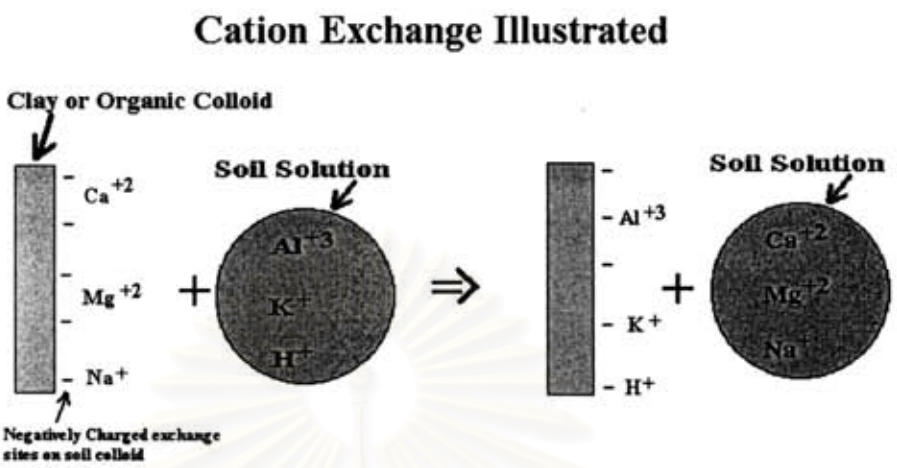
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการแลกเปลี่ยนประจุ คือ

$$X.clay + Y^+ \rightleftharpoons Y.clay + X^+$$

X^+ : ประจุของดิน

Y^+ : ประจุที่ทำการเติมลงในสารละลาย

ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นจากซ้ายไปขวา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของประจุของ X^+ และ Y^+ ปฏิกิริยาจะเคลื่อนที่ไปด้านขวาโดยการเติมประจุ Y^+



รูปที่ 2.5 การแลกเปลี่ยนประจุระหว่างแคทไอออนที่อยู่ในดินกับแคทไอออนอื่นๆ

กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุนี้ จะถูกควบคุมโดยกระบวนการแพร่ของประจุเข้าไปแทนที่ในส่วนของประจุที่มีอยู่เดิม สามารถพิจารณากระบวนการได้ใน 2 ขั้นตอน

1. การแพร่ของสารละลายเข้าไปในแต่ละบริเวณช่องว่างระหว่างชั้นของดิน
2. การแพร่เข้าไปภายในตัวอนุภาค

2.3 ปัจจัยที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนไอออนบวกในดิน[2]

การแลกเปลี่ยนระหว่างแคทไอออนที่ดูดยึดอยู่ที่ผิวอนุภาคดินเหนียวและแคทไอออนที่อยู่ภายนอกนั้นเกิดขึ้นได้ง่ายและยากแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายอย่าง ดังนี้

1. **ชนิดของแคทไอออนดูดซับและแคทไอออนเข้าแทนที่** (Adsorbed cation และ Replacing cation) แคทไอออนต่างชนิดกันจะดูดซับอยู่ที่ผิวอนุภาคดินเหนียวและถูกไล่ที่ออกจากดินเหนียวโดยแคทไอออนอื่นๆ ได้ยากและง่ายแตกต่างกันออกไป บางชนิดดูดยึดอยู่ที่ผิวดินเหนียวได้เพียงหลวมๆ และถูกแทนที่ได้ง่าย บางชนิดดูดยึดอยู่ที่ผิวดินเหนียวค่อนข้างเหนียวแน่นและถูกแทนที่ได้ยาก ได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับอำนาจในการไล่ที่และความเหนียวแน่นในการดูดยึดของแคทไอออนที่ผิวดินเหนียวนั้น ปรากฏว่าแคทไอออนต่างๆ มีอำนาจการเข้าแทนที่ (replacing power) แตกต่างลดหลั่นกันลงไปดังนี้ คือ $Li^+ < Na^+ < K^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < NH^{+4} < Al^{3+}(H^+)$ นั่น

คือ Na^+ สามารถไล่ที่ Li^+ ได้ง่ายกว่าที่ Li^+ จะไล่ที่ Na^+ หรืออาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งก็คือ Na^+ จะดูดยึดอยู่ที่ผิวดินเหนียวได้แน่นกว่า Li^+ แต่จะเหนียวแน่นน้อยกว่า K^+ Ca^{2+} ฯลฯ ตามลำดับ

2. ความเข้มข้นของแคทไอออนเข้าแทนที่ (Replacing cation) โดยปกติถ้าปริมาณของ replacing cation มีมากก็ทำให้การไล่ที่แคทไอออนที่อยู่ที่ผิวดินเหนียวง่ายขึ้น ซึ่งเป็นหลักของ mass action ถึงแม้ว่า Na^+ จะมีอำนาจการไล่ที่ Ca^{2+} น้อยกว่าที่ Ca^{2+} จะไล่ที่ Na^+ แต่ถ้ามี Na^+ เป็นจำนวนมากๆ ก็สามารถที่จะไล่ที่ Ca^{2+} ออกไปให้หมดจากผิวของดินได้

3.ปริมาณการอิ่มตัว (Degree of saturation) ปริมาณของการอิ่มตัวของแคทไอออนบางชนิดที่ดูดซับอยู่ที่ผิวดินเหนียวจะมีอิทธิพลต่อความยากง่ายที่แคทไอออนนั้นจะถูกไล่ที่ออกมาเป็นอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่นแคลเซียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable calcium) ที่ผิวของดินเหนียวยิ่งเหลือน้อยเท่าใดความยากที่จะไล่ที่ Ca^{2+} ออกไปจากผิวดินเหนียวให้หมดก็ยิ่งยากขึ้นเท่านั้น แต่ในทางตรงกันข้ามโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium) ยิ่งเหลือน้อยอยู่บนผิวดินเหนียวเท่าใดก็ยิ่งง่ายต่อการที่จะถูกไล่ที่ออกไปมากขึ้นเท่านั้น ส่วนแคทไอออนบางชนิด เช่น K^+ และ Mg^{2+} นั้นจะไม่ขึ้นอยู่กับ degree of saturation เป็นต้น

4. แคทไอออนอื่นที่อยู่ร่วมด้วยบนผิวของดินเหนียว (Complementary exchangeable cations) บางครั้งแคทไอออนอื่นๆ ที่ดูดยึดอยู่บนผิวดินเหนียวร่วมกับแคทไอออนที่ต้องการจะไล่ที่นั้นก็มีบทบาทสำคัญเหมือนกัน เช่น โพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K^+) จะถูกไล่ที่ออกมาได้ง่ายขึ้น เมื่ออยู่ร่วมกับอลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Al^{3+}) หรือ H^+ แต่จะถูกไล่ที่ได้ยากขึ้นเมื่ออยู่ร่วมกับแคลเซียมแลกเปลี่ยนได้

2.4 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ[2] (Cation Exchange Capacity:CEC)

คือ ปริมาณที่มากที่สุดของประจุที่สามารถเข้าไปแทนที่ได้ มีหน่วยเป็น mulliequivalent per gram หรือ 100 gram (meq/g หรือ mq/100 g) CEC ของดินขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ชนิดของคอลลอยด์ดิน (Soil colloid) ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของคอลลอยด์ดินที่ต่างชนิดกันจะแตกต่างกันเป็นอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น ฮิวมัส มอนต์มอริลโลไนต์ อิลไลต์ เคโอลิไนต์ และ ไฮดรัสออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม โดยเฉลี่ยแล้วจะมีค่าแตกต่างกันตามลำดับดังนี้ 200 100 30 8 และ 4 meq/100 g ดังนั้นดินที่มีฮิวมัสมากหรือมีพวกมอนต์มอริล

โลไนต์เป็นองค์ประกอบอยู่มากก็จะทำให้ CEC ของดินนั้นสูงขึ้นกว่าดินอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีปริมาณดินเหนียวทั้งหมดเท่ากัน แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเคโอลิไนต์ และไฮดรัสออกไซด์ของ Fe และ Al

2. ปริมาณของดินเหนียวที่มีอยู่ในดิน ดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูงย่อมจะมี CEC สูงกว่าดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวที่น้อยกว่า ดังนั้นจึงสามารถใช้ความสังเกตจากเนื้อดิน เป็นหลักเกณฑ์บอกได้อย่างคร่าวๆ ว่าดินไหนมี CEC มากน้อยกว่ากัน ถ้าดินนั้นมีเนื้อละเอียดโอกาสที่จะมี CEC สูงกว่าดินที่มีเนื้อหยาบกว่าก็จะมีมาก ดังนั้นจึงสามารถที่จะประเมิน CEC ของดินโดยคร่าวๆ ได้จากปริมาณดินเหนียวนั่นคือ ทุกๆ หนึ่งเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียวจะให้ CEC แก่ดินประมาณ 0.5 meq/100 g เช่นถ้าดินมีดินเหนียว 30% CEC ของดินนั้นจะประมาณเท่ากับ 15 meq/100 g

3. ปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากฮิวมัสมี CEC สูงมาก ดังนั้นดินที่มีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุสูงก็จะมี CEC สูงด้วย

2.5 การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ (Textile Finishing)

การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ[12] หมายถึง การตกแต่งสมบัติบางอย่างลงบนผ้า หรือเส้นด้าย ด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อให้ผ้าหรือเส้นด้ายมีสมบัติตามที่ต้องการหรือให้มีสมบัติที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การตกแต่งสำเร็จนิยมทำหลังจากผ้าหรือเส้นด้ายได้ผ่านกระบวนการย้อมหรือพิมพ์มาเรียบร้อยแล้ว

การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอทางเคมี (Chemical Finishes) คือ การใช้สารละลายเคมีต่างๆ ตกแต่งลงบนผ้า การแบ่งประเภทของสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอสามารถแบ่งได้ง่ายๆ โดยแยกเป็นประเภทสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอชนิดพิเศษ คือ การตกแต่งสำเร็จเพื่อเพิ่มสมบัติบางอย่างลงบนผ้า และประเภทสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอชนิดธรรมดา คือ สารตกแต่งสำเร็จที่ใช้อยู่เป็นประจำ แต่ ณ ที่นี่จะแบ่งประเภทสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอทางเคมีบนผ้าออกเป็น 5 ประเภท[4] ดังนี้

1. สารตกแต่งที่เพิ่มความสบายในการสวมใส่หรือในการใช้งาน (Finishes that improve comfort) เช่น สารทำให้นุ่ม
2. สารตกแต่งที่เพิ่มความสะดวกสบายในการดูแลรักษา (Finishes that improve ease of maintenace) เช่น สารตกแต่งกันยับ สารตกแต่งกันสิ่งสกปรกและรอยเปื้อน และสารตกแต่งเพื่อกันน้ำ

3. สารตกแต่งที่เพิ่มความคงทนต่อการใช้งาน (Finishes that improve durability) เช่น สารตกแต่งเพื่อให้ผ้าทนต่อการขัดถู และสารตกแต่งเพื่อกันการขึ้นขนของผ้า
4. สารตกแต่งที่ช่วยเพิ่มความคงทนต่อสภาพแวดล้อมและเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน (Finishes that provide environmental protection or improved safety) เช่น สารตกแต่งหน่วงไฟ
5. สารตกแต่งที่ช่วยให้เกิดความต้านทานต่อจุลชีพ (Finishes that provide biological resistance) เช่น สารกันเชื้อราและแบคทีเรีย และสารกันแมลงกินผ้า

ในงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยดินมอนต์มอริลโลไนท์ที่ดัดแปรด้วยสารทำนุ่มเพื่อให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จแล้วมีสมบัติความนุ่มและหน่วงไฟ จึงขออธิบายสารทำให้นุ่มและสารหน่วงไฟสำหรับการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอในหัวข้อต่อไป

2.6 สารทำให้นุ่ม (Softness Finishes)

การให้คำจำกัดความแบบเจาะจงของสารทำให้นุ่ม คือ สารเคมีที่ตกแต่งลงบนผ้าแล้ว ทำให้เกิดความอ่อนนุ่มและความลื่นไม่หยาบกระด้างเมื่อสัมผัสกับผ้า สารทำให้นุ่มจะทำหน้าที่หลักเป็นตัวหล่อลื่น (lubricant) มากกว่าที่จะเป็นตัว plasticizer ซึ่งค่า modulus ของเส้นใยไม่ถูกกระทบ สารทำให้นุ่มเป็นสารลดแรงตึงผิว (surface active agent) ที่ประกอบด้วยส่วนของสายโซ่ยาวของโมเลกุลที่ไม่ชอบน้ำ (long chain hydrophobic part) และส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ที่สามารถละลายในน้ำได้

สารทำให้นุ่มสามารถแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม[10] ด้วยกัน คือ

1. สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุลบ (Anionic softener) ตัวอย่างเช่น sulphated oils, soap, sulphated alcohols และ tallows, oil emulsions
2. สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวก (Cationic sofetener) ตัวอย่างเช่น quaternary ammonium
3. สารทำให้นุ่มที่ไม่มีประจุ (Nonionic softener) ตัวอย่างเช่น polyoxyethylene derivatives (ethoxylates เช่น ethoxylated castor wax, coconut oil, corn oil และ ethoxylated fatty alcohols and acids), glycerides (glycerol monostearate) polyethylene emulsion, wax emulsions
4. สารทำให้นุ่มที่เป็นได้ทั้งประจุบวก และลบ (amphoteric softeners) ตัวอย่างเช่น imidazoline, carboxylate salts, amine oxides

5. สารทำให้นุ่มแบบอิมัลชั่น (Emulsion softener)
6. สารทำให้นุ่มที่ละลายได้ในตัวทำละลาย (Solvent-soluble softener)

สารทำให้นุ่มในแต่ละกลุ่มจะมีข้อดีและข้อเสีย และลักษณะพิเศษที่แตกต่างกัน สารทำให้นุ่มที่เป็นของเหลวที่มีความหนืดต่ำจะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการเย็บ เพิ่มความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเพิ่มความต้านทานต่อการขัดถู และในเวลาเดียวกันทำให้ผ้ามีผิวสัมผัสที่อ่อนนุ่ม บิดงอ (pliable) และทิ้งตัวได้ง่ายขึ้น และยืดหยุ่น ขณะที่สารทำให้นุ่มที่เป็นของแข็งจะให้ความหล่อลื่นแต่การบิดงอจะน้อย การวัดความรู้สึกของผิวสัมผัสทำได้ยากจากการวัด เพราะฉะนั้น การวัดจะวัดจากการตัดสินใจของคนซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้สึกจากการสัมผัส ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของสารทำให้นุ่ม สารทำให้นุ่มบางครั้งมีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม สารทำให้นุ่มบางตัวจะให้ความเหลืองเกิดขึ้นบนผ้าเมื่อถูกความร้อนหรือใช้งานไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นโดยเฉพาะบนผ้าขาว สารทำให้นุ่มที่ระเหยได้อาจเป็นสาเหตุของปัญหาควันพิษรอบๆบริเวณโรงงาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนเฉดสีของผ้าสี หรือมีผลกระทบต่อความคงทนแสงและความคงทนต่อการขัดถูของสีย้อม นอกจากนี้ สารทำให้นุ่มสามารถเกิดการควบแน่นในเตาอบหรือช่องอากาศได้ อาจมีผลทำให้เกิดการหยดของสารทำให้นุ่มที่ควบแน่นลงมาบนผ้าทำให้เกิดจุดด่างขึ้นได้ ที่เรียกว่า "spotting"

<u>สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุลบ (Anionic softener)</u>[4,12]

สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุลบเป็นสารลดแรงตึงผิว ซึ่งเป็นสารพวก sulfates หรือ sulfonates ซึ่งหมู่ที่ไม่ชอบน้ำเป็นพวก fatty alcohol, fatty ester, fatty amide สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ใช้กับผ้าฝ้ายและเรยอน สมบัติทั่วไปของสารทำให้นุ่มที่มีประจุลบ คือ เป็นสารที่ให้ความหล่อลื่นดี มีความเสถียรในภาวะที่เป็นด่าง มีความคงทนต่อความร้อน และไม่มีปัญหาความเหลือง แต่ให้ความนุ่มน้อยกว่าสารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกและที่ไม่มีประจุ ปัญหาหลักของสารชนิดนี้ คือ มีแนวโน้มที่จะพัฒนาเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ โดยเฉพาะเมื่อผ้าเก็บเอาไว้ในที่เก็บของ ซึ่งน้ำมัน และไขมันจะเกิดออกซิไดซ์ได้ง่ายและพัฒนาเป็นกลิ่นที่เหม็นหืนหรืออับ (rancid) เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ ต้องใส่สารต่อต้านการเกิดออกซิไดซ์ (antioxidants) ลงไปในสารชนิดนี้ สารพวก sulfated fatty alcohols เป็นสารที่ดีกว่าพวก sulfated oil และ fatty esters เพราะสารพวกนี้จะไม่เกิดเป็นกลิ่นเหม็นในระหว่างการเก็บ สารทำให้นุ่มชนิดนี้มีความคงทนต่อการซักหรือซักแห้งได้ในระดับหนึ่ง ส่วนขีดของจำกัดของสารทำให้นุ่มชนิดนี้เกิดจากการที่สารนี้มีประจุลบ ทำให้ไม่สามารถใช้ร่วมกับสารตกแต่งสำเร็จประเภทอื่นได้ และยังมีความว่องไวต่อความกระด้างของน้ำ (water hardness) และวัตถุเหลวที่แยกด้วยไฟฟ้า (electrolytes) นอกจากนี้ สารชนิดนี้ไม่ยึดติด

กับเส้นใยหลายชนิดและไม่ดูดซับเข้าไปในผ้าโดยวิธีแบบ batch process เพราะฉะนั้นวิธีจุ่มอัด (padding) จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการตกแต่งสารทำให้นุ่มที่เป็นประจุลบลงบนผ้า

ข้อเด่นของสารทำให้นุ่มที่เป็นประจุลบ

1. มีความเสถียรหรือคงทนต่อความร้อน ทำให้ไม่เกิดความเหลือง (yellowing) บนผ้า
2. ช่วยทำให้สารตกแต่งสำเร็จที่เป็นโฟมมีความเสถียร
3. ให้สมบัติการเปียกซ้ำๆ (rewetting property) ได้ดี นิยมใช้กับผ้าอาบน้ำ

ข้อด้อยของสารทำให้นุ่มที่เป็นประจุลบ

1. ดีกรีของความนุ่มจะด้อยกว่าของพวกสารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกและไม่มีประจุ
2. มีความคงทนต่อการซัก และซักแห้งในระดับหนึ่ง
3. ไม่สามารถใช้ร่วมกับสารตกแต่งสำเร็จที่เป็นประจุบวก
4. มีความว่องไวต่อน้ำที่กระด้าง

<u>สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวก (Cationic sofetener)</u>[4,12]

สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งกับเส้นใยธรรมชาติและสังเคราะห์ สารประเภทนี้จะประกอบด้วยอะตอมของไนโตรเจน ซึ่งไนโตรเจนอาจจะอยู่ในรูปของ primary, secondary, หรือ tertiary amine ที่จะแสดงประจุบวกเมื่ออยู่ในตัวกลางที่เป็นกรด ส่วน Quaternary ammonium salts จะแสดงประจุทุกช่วง pH ทำให้ใช้งานได้ทั้งในตัวกลางที่เป็นด่างและกรด สารทำให้นุ่มชนิดนี้ประกอบไปด้วยสารพวก long-chain amides, imidazolidines, และ quaternary nitrogen compounds สารลดแรงตึงผิวพวก Quaternary ammonium ทำหน้าที่เป็นยาฆ่าเชื้อโรค และสารต้านทานไฟฟ้าสถิตย์ สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกจะมีสมบัติของการหล่อลื่น ให้ความอ่อนนุ่มและผิวสัมผัสที่ดี และเพิ่มสมบัติในการต้านทานไฟฟ้าสถิตย์ นอกจากนี้ สารประเภทนี้มีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงต่อการฉีกขาด และการต้านทานต่อการขัดถู และความสามารถในการเย็บ (sewability) และจะมีแนวโน้มที่มากขึ้นเมื่อใช้รวมกับ polyethylene สารชนิดนี้แสดงประสิทธิภาพที่ระดับ add-on ที่ต่ำ และยึดติดกับเส้นใยได้หลายชนิดทำให้สามารถใช้วิธีดูดซับ (exhaust procedures) ในการตกแต่งสารดังกล่าวบนผ้าได้ การที่สารทำให้นุ่มชนิดนี้ยึดติดกับเส้นใยฝ้ายและเส้นใยสังเคราะห์ได้และสามารถใช้ร่วมกับสารตกแต่งสำเร็จตัวอื่นได้ เพราะสารทำให้นุ่มชนิดนี้มีประจุบวกนั้นเอง สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้นิยมใช้ในผงซักฟอกที่ใช้ตามบ้านโดยเฉพาะพวก quaternary nitrogen เพราะจะให้ความนุ่มในระดับที่ดีเหมาะสำหรับใช้ในงานทั่วไป สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกมีผลต่อเฉดสีและสมบัติความคงทนของสีบางตัว มีแนวโน้มเกี่ยวกับความเหลืองซึ่งขึ้นอยู่กับอายุการใช้งาน การใช้สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกอาจจะลดการดูดซับน้ำและการเปียกของผ้า มีผลทำให้ผ้ามีแนวโน้มเกาะติดกับสิ่งสกปรกได้มาก

ขึ้นและการกำจัดสิ่งสกปรกทำได้ยาก Cationic polyethylene นิยมใช้ในกระบวนการขูดขนเพื่อลดแรงเสียดสีที่เกิดจากเส้นใยและโลหะ สารทำให้นุ่มที่ใช้ในการตะกุยขนแบบแนบปิ้ง (napping) เช่น fatty amino amides และ imidazolines จะใช้ร่วมกับสารหล่อลื่นพวก polyethylene สารทำให้นุ่มพวก palmitic และ stearic acid ซึ่งเป็นไขมันที่อิ่มตัว จะช่วยลดปัญหาความเหลืองและหลีกเลี่ยงกลิ่นเหม็นหืน (rancidity) ซึ่งอาจเกิดขึ้นเมื่อใช้กรดไขมัน (fatty acid) พวก oleic หรือ tallow สูตรของสารทำให้นุ่มเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดทั้งสมบัติของความแข็งแรงและความหล่อลื่น จะประกอบด้วย 2 ส่วนของสารหล่อลื่นประเภท polyethylene และ 1 ส่วนของ amino amide หรือ imidazoline

ข้อเด่นของสารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวก

1. ให้ผิวสัมผัสที่อ่อนนุ่ม คล้ายกับการสัมผัสกับขนอ่อนที่เป็นปุยนุ่มเรียก fluffy
2. เพิ่มความต้านทานต่อการฉีกขาด การต้านทานต่อการขัดถู และความสามารถในการเย็บของผ้า
3. สามารถใช้ร่วมกับสารตกแต่งสิ่งทอประเภทอื่นๆได้
4. เหมาะที่จะใช้กับผ้าที่ต้องนำไปขูดขน
5. ปริมาณการใช้สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกเพื่อให้เกิดความนุ่มจะใช้ปริมาณน้อย
6. สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกสามารถถูกดูดซับได้ในสารละลายที่เป็นกรด

ข้อด้อยของสารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวก

1. ยึดจับหรือกักเก็บคลอรีนจากขั้นตอนการฟอกขาวได้
2. ความต้านทานต่อความเหลืองต่ำ คือมีโอกาสเกิดความเหลือง (yellowing) บนผ้าได้
3. อาจมีผลทำให้การกำจัดสิ่งสกปรกออกจากผ้าได้ยากขึ้น
4. อาจจะช่วยเพิ่มสมบัติการกันน้ำที่มากเกินต้องการให้กับผ้า
5. ไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมีที่เป็นตัวช่วยที่มีประจุลบได้
6. อาจจะมีผลกระทบต่อเฉดสีของผ้า และความคงทนของสีบางชนิดต่อแสงแดด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สารทำให้นุ่มที่ไม่มีประจุ (Nonionic softener)</u>[4,12]

สารทำให้นุ่มที่ไม่มีประจุ จะเป็นสารทำให้นุ่มที่ใช้กันยังแพร่หลาย จะแยกเป็น ethyoxylated materials หรืออนุพันธ์ของ ethylene oxide, silicones, hydrocarbon waxes ของพวก paraffin และ polyethylene และ fatty ester ของ palmatic หรือ stearic acid กับ alcohols หรือ polyglycols ซึ่ง Ethyoxylated Materials มีหลายชนิดและมีทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง

เช่น Ethoxylated fatty acid, alcohols, amides, amines สารทำให้นุ่มแบบไม่มีประจุ ซึ่งส่วนที่เป็น long-chain fatty acid จะเป็นส่วนที่ให้ความนุ่ม นอกจากสารทำให้นุ่มนี้จะให้ความนุ่มกับผ้าแล้ว ยังเป็นสารหล่อลื่นที่ดีและช่วยเพิ่มสมบัติต้านทานไฟฟ้าสถิตย์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนเฉดสีของผ้าและไม่เกิดกลิ่นเหม็น และเป็นสารที่ละลายน้ำ หรือกระจายตัวได้ในน้ำ และสามารถใช้ร่วมกับสารตกแต่งชนิดอื่นๆได้ค่อนข้างดี เนื่องจากสารทำให้นุ่มชนิดนี้ไม่มีประจุ เพราะฉะนั้นการใช้สารดังกล่าวลงบนผ้าสามารถใช้วิธีจุ่มอัด (padding)

<u>สารทำให้นุ่มแบบอิมัลชั่น (Emulsion softener)</u>

สารทำให้นุ่มแบบอิมัลชั่น (Emulsion-type softener) อาจจะมีประจุหรือไม่มีประจุก็ได้ แต่โดยทั่วไปจะไม่มีประจุ สารประเภทนี้จะไม่ละลายในน้ำ แต่จะแขวนลอยเป็นอนุภาคเล็กๆในตัวทำละลายบางชนิด Waxes, polyethylene และ silicones เป็นสารตัวอย่างในกลุ่มนี้ สารประเภทนี้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงต่อการฉีกขาด การต้านทานต่อการขัดถู และสมบัติการเย็บของผ้า นอกจากนี้สารประเภทนี้นิยมใช้ร่วมกับสารตกแต่งกันยับได้ดี

Silicone softeners[6] จะให้ผิวสัมผัสที่นุ่มลื่นและมันวาวเหมือนไหม สามารถใช้บนผ้าขาวและใช้เป็นสารหล่อลื่นในการเย็บ สารซิลิโคนจะทนต่อความร้อนและแสงได้ดี สารซิลิโคนที่เป็นอะมิโนจะเพิ่มสมบัติกันยับบนผ้าฝ้ายสามารถใช้เป็นสารตกแต่งสำหรับเสื้อผ้าสำเร็จ ซิลิโคนทำหน้าที่เป็นสารกันน้ำและสารทำให้นุ่ม ราคาของซิลิโคนแพงมากกว่าสารทำให้นุ่มประเภทไขมัน (fatty softeners) สารซิลิโคนเป็นพอลิเมอร์ประเภท polysiloxane ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง chlorosilane ($(CH_3)_2$ Si $(Cl)_2$) กับน้ำได้เป็น dimethyldichlorosilane ต่อมาได้มีการพัฒนาซิลิโคน ประเภท polydimethyl siloxane (PDMS) เริ่มมีการใช้ตั้งแต่ปี 1960s ต่อมาในช่วงปี 1970s aminofunctional polydimethyl siloxanes เริ่มมีการนำมาใช้ เพราะสารชนิดนี้ให้ความหล่อลื่นที่สูงสำหรับเส้นใยเพราะสารนี้มีพลังงานพื้นผิวต่ำ แต่การใช้สารชนิดนี้จะใช้ในปริมาณน้อยเพราะมีราคาแพง การดูแลรักษาสารทำให้นุ่มที่เป็นอิมัลชั่นนั้นต้องระวัง เพราะสามารถเกิด spotting ได้ สารซิลิโคนมีสมบัติที่เฉพาะตัว คือ มีความเสถียรภาพต่ออุณหภูมิและออกซิเดชั่น (thermal/oxidative stability) ใช้อุณหภูมิต่ำในการทำให้สารไหล (low temperature flow ability) การเปลี่ยนแปลงของความหนืดค่อนข้างน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป (low viscosity change versus temperature) แรงตึงผิวต่ำ (low surface tension) ทำให้แพร่กระจายตัวดี (spreadability) ทาต่อการกดอัดสูง (high compressibility) อันตรายจากไฟค่อนข้างน้อย (low fire hazard) มีสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) และมีสมบัติของการเป็นฉนวนไฟฟ้า (dielectric properties) Silicone softeners สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. Nonreactive silicone softeners
2. Conventional reactive softeners
3. Organofunctional silicone softeners

ประเภทแรก nonreactive silicone softener ส่วนใหญ่เป็น polydiemthylsiloxanes (PDMS) มีความหนืดอยู่ในช่วง 10,000-12,500 centistoke หรือมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1000 ถึง 1 ล้านหรือมากกว่า PDMS มีโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่ยืดหยุ่น มีพันธะที่เสถียร และแรงยึดระหว่างโมเลกุลต่ำ อย่างไรก็ตาม สารทำให้นุ่มประเภทนี้จะไม่ทนต่อการซักล้างเพราะไม่มีหมู่ที่ทำปฏิกิริยา (no reactive sties) กับวัสดุสิ่งทอได้

ประเภทสอง polydimethylsiloxane ที่นำมาดัดแปรกับ silane hydrogen หรือ silanol สารประเภทนี้สามารถเกิดร่างแห siloxane บนพื้นผิวผ้าได้ ถ้าอยู่ในภาวะที่มีน้ำและตัวเร่ง (organometallic catalyst/silane catalyst; HSi-R-SiH) ตัวเร่งทำหน้าที่เป็น a crosslink agent ระหว่าง สายโซ่ของ siloxane มีผลทำให้ได้โครงสร้างที่ยืดหยุ่นที่เรียกว่า elastomeric structure ข้อดีของสารประเภทนี้เมื่อเปรียบเทียบกับสารทำให้นุ่มประเภทอื่น คือ สารทำให้นุ่มชนิดนี้จะให้สมบัติที่กันน้ำ (water repellency) และกันสิ่งสกปรก (soil repellency) ให้กับวัสดุสิ่งทอได้ สาร silane (Si-H) สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีตัวเร่งเป็นดีบุก (tin catalyst) ได้เป็น silanol (Si-OH) ซึ่ง 2 หมู่ของ silanol สามารถควบแน่นให้น้ำหลุดออกมาแล้วสร้างพันธะของ siloxane (Si-O-Si) ถ้าทำปฏิกิริยาต่อไปก็จะเกิดร่างแหสามมิติขึ้นได้

ประเภทสาม organofunctional silicones จะมีหมู่อะมิโน (aminofunctional groups) ยึดติดอยู่กับโครงสร้างของ polydiemethysiloxane โดยเข้าแทนที่หมู่ silanol สารทำให้นุ่มชนิดนี้ให้ความอ่อนนุ่มมากที่เรียกว่า "Supersoft" กลุ่มของ organoreactive ที่จะไปยึดติดกับ PDMS ได้แก่ amines, epoxides, alcohols. สารทำให้นุ่มชนิดนี้มีหมู่ของอะมิโนมีแนวโน้มที่จะให้ประจุบวกในสารละลายที่เป็นกรด ทำให้สารนี้สะดวกในการดูดซับเข้าไปในเส้นใย นอกจากนี้หมู่อะมิโนยังมีแนวโน้มต่อการเกิดความเหลืองบนผ้าได้ระหว่างการอบแห้งอบผนึก และมีแนวโน้มที่จะเหลืองมากขึ้นเมื่อมีหมู่อะมิโนมากขึ้นด้วย

Polyethylene emulsion เป็นสารทำให้นุ่ม และสารหล่อลื่นในการเย็บ สารประเภทนี้มีหมู่คาร์บอซิลที่ได้มาจากการออกซิเดชั่นของพอลิเมอร์ (Oxidation of Polymer) สารนี้จะสร้างเป็น

ฟิลม์แข็งเหมือนขี้ผึ้งบนเส้นใยและลดแรงเสียดสีระหว่างเส้นใย เพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันรอยเข็มที่เกิดจากการเย็บ

สูตรต้นแบบของอิมัลชั่นชนิดนี้ประกอบด้วยสารข้างล่างนี้

Polyethylene wax	20%
Emulsifier	5%
KOH	0.5%
Water	74.5%

สารทำให้นุ่มที่ละลายได้ในตัวทำละลาย (Solvent-soluble softener)[6]

สารทำนุ่มที่ละลายในตัวทำละลาย (Solvent-soluble softeners) ซึ่งจะละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ การตกแต่งโดยใช้ตัวทำละลายยังอยู่ในขั้นการทำวิจัยและพัฒนา และการใช้ยังกำจัดขอบเขตอยู่กับการใช้งานกับผ้าถัก quaternary nitrogen compounds จะละลายในตัวทำละลายพวก chlorinated ซึ่งความเข้มข้นที่ใช้เพื่อให้เกิดความนุ่มจะใช้ค่อนข้างสูง

สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวกและลบในโมเลกุลเดียวกัน (Amphoteric Surfactans)[6]

สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ละลายน้ำจะแตกตัวให้ทั้งอนุมูลของสารที่มีประจุบวกและลบหรือไม่มีประจุใดประจุหนึ่งก็ได้ ซึ่งขึ้นกับค่า pH ของสารละลาย เช่น จะมีประจุบวกถ้า pH เป็นกรดหรือมีประจุลบถ้า pH เป็นด่าง และที่ pH เป็นกลางจะไม่มีประจุ สารประเภทนี้จะเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสิ่งสกปรกได้ดีที่สุดในสารละลายที่เป็นกลาง แต่ในสารละลายที่เป็นด่างสูงจะทำให้ประสิทธิภาพดังกล่าวลดลง เนื่องจากไม่ระคายเคืองต่อผิวหนังจึงนิยมนำมาใช้เป็นแชมพู

2.7 สารหน่วงไฟ (Flame-retardant Finishes)[3,12,13]

สารหน่วงไฟประเภทไม่คงทน (Nondurable flame retardants)

สารหน่วงไฟประเภทนี้ ได้แก่ แอมโมเนียมฟอสเฟต (ammonium phosphates) แอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride) ส่วนผสมของบอแรคและกรดบอริก (borax/boric acid mixtures) สารพวกนี้เป็นสารหน่วงไฟได้ เพราะช่วยยับยั้งการเกิด levogucosan เมื่อเซลลูโลสเกิดการสลายตัว และลดการเกิดแก๊สที่ติดไฟลง ช่วยเพิ่มการเกิดเถ้าถ่านมากขึ้น (increasing char formation) เพื่อหน่วงการเผาไหม้ที่เกิดขึ้น สารหน่วงไฟประเภทนี้ ทำหน้าที่เป็นกรดลูอิส (Char-promoting Lewis Acid) ที่ทำให้เส้นใยเซลลูโลสสลายตัวเกิดเป็นธาตุคาร์บอน (carbonaceous residue) เพิ่มมากขึ้น ส่วน borax ($Na_2B_4O_7$)/boric acid (H_3BO_3) มีผลทำให้

เกิดการเคลือบของสารที่มีลักษณะเหลวหนืดบางๆ (thin glassy coating) บนเส้นใย สารที่เคลือบนี้เป็นตัวกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปในระบบการเผาไหม้ มีผลทำให้เส้นใยเกิดการเผาไหม้ต่อเนื่องได้ยากขึ้น

สารหน่วงไฟประเภทคงทน (Durable flame retardants)

สารหน่วงไฟประเภทนี้ ได้แก่ สารหน่วงไฟประเภทไนโตรเจน/ฟอสฟอรัส (N/P flame retardant) ไนโตรเจนอย่างเดียวไม่ได้เป็นสารหน่วงไฟที่มีประสิทธิภาพแต่จะทำหน้าที่เป็นสารช่วยเสริมการหน่วงไฟ (synergist) ให้กับฟอสฟอรัส ซึ่งไนโตรเจนทำหน้าที่ช่วยเพิ่ม electrophilicity ให้กับฟอสฟอรัส มีผลทำให้สารประกอบฟอสฟอรัสมีความเป็นกรดลูอิสรุนแรงมากขึ้น และทำหน้าที่ป้องกันการเกิด levoglucosan โดยที่สารประกอบฟอสฟอรัสจะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C_6 ของ anhydroglucose แทน เกิดเป็นพันธะเชื่อมต่อกับเซลลูโลสขึ้นมีผลช่วยทำให้เกิด char formation มากขึ้น Char ที่เกิดขึ้น เป็นปัจจัยที่สำคัญในการหน่วงกระบวนการเผาไหม้ของเส้นใยเซลลูโลสให้ช้าลง การเกิด char ทำได้โดยการใช้สารหน่วงไฟที่มีความสามารถในการทำหน้าที่เป็นกรดลูอิสเข้าไปดึงหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสเรียกปฏิกิริยานี้ว่า dehydration of cellulose ทำให้เซลลูโลสสลายตัวเป็น carbonaceous residue และน้ำ แทนที่เซลลูโลสจะสลายตัวเป็น levoglucosan ที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่มีสารหน่วงไฟ

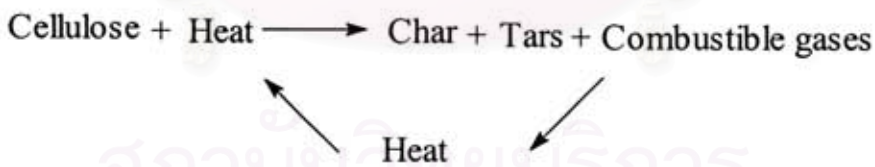
สารหน่วงไฟประเภทฮาโลเจน มีกลไกการหน่วงไฟตามทฤษฎีของ radical capture คือ เมื่อสารหน่วงไฟโดนความร้อนจะเกิดการแตกตัวให้อนุมูลอิสระที่เข้าไปจับอนุมูลอิสระที่เกิดจากการเผาไหม้ของเส้นใยของเซลลูโลส เช่น $H^{\cdot}$ $OH^{\cdot}$ ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้กระบวนการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องให้กลายเป็นอนุมูลอิสระของแก๊สฮาโลเจนที่เฉื่อยลงทำให้ free-radical chain propagation สิ้นสุดลง สารหน่วงไฟที่เป็นโบรมีนจะมีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟสูงที่สุด รองลงมาคือสารหน่วงไฟที่เป็นคลอรีน โดยทั่วไปสารหน่วงไฟประเภทนี้ใช้ร่วมกับแอนติโมนี (antimony) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารช่วยเสริมการหน่วงไฟ สารหน่วงไฟในระบบของ antimony-halogen ที่สำคัญประกอบด้วย Antimony trioxide (Sb_2O_3), Antimonytribromide ($SbBr_3$), Antimonyoxychloride (SbOCl), Decabromodiphyl oxide (DBDPO)

สารหน่วงไฟที่มีความคงทนดีของพวก N/P จะใช้ tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium chlride $[P(CH_2OH_4)]^{+}Cl^{-}$ (THPC) ซึ่งเป็นแหล่งของฟอสฟอรัส สาร THPS เป็นสารหน่วงไฟที่ใช้ซัลเฟส (sulfate) ทดแทนคลอไรด์ (chlride) THPC และ THPS ทำปฏิกิริยากับเซลลูโลส และทนทานต่อการซักล้าง สารประกอบอะมิโนถูกใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนของสารหน่วง

ไฟประเภท N/P ได้แก่ methylolated urea และ melamine สารหน่วงไฟประเภท N/P ที่รู้จัก คือ phosphonalkanoic amides, $(RO)_2POCH_2CH_2CONHCH_2OH$ R=Alkyl group ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในโมเลกุล การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบกับเซลลูโลสที่หมู่ methylol ทำให้สารตกแต่งหน่วงไฟทนต่อการซักล้าง สารหน่วงไฟประเภทนี้เชื่อว่าจะทำหน้าที่เป็นสารหน่วงไฟได้โดย การกำจัดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นตัวทำให้การเผาไหม้เกิดต่อเนื่อง หรือโดยกระบวนการ dehydration mechanism ที่ทำให้เกิดขี้เถ้ามากขึ้นระหว่างการสลายตัวด้วยความร้อนของเซลลูโลส การตกแต่งสารหน่วงไฟจะใช้วิธี จุ่มอัด-อบแห้ง-อบผนึก (pad-dry-cure) สารหน่วงไฟบางชนิดสำหรับเส้นใยสังเคราะห์ใช้วิธีการดูดซับ (exhaust method) ซึ่งทำต่อทันทีหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการย้อม

<u>สารหน่วงไฟสำหรับเส้นใยเซลลูโลส</u>

กลไกการเผาไหม้ของเซลลูโลสแสดงไว้ในรูปที่ 2.6 เมื่อเซลลูโลสได้รับความร้อนหรืออุณหภูมิสูงถึง 350°C จะเกิดการลุกไหม้ของเซลลูโลส มีผลทำให้เซลลูโลสเริ่มสลายตัวให้ขี้เถ้าแข็ง (char) และของเหลวที่เรียกว่าน้ำมันดินหรือยางมะตอย (Tars) และแก๊สที่ลุกไหม้ได้ (combustible gases) ถ้าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากแก๊สที่ลุกไหม้เพียงพอ ก็มีผลทำให้เซลลูโลสเกิดการเผาไหม้ต่อไปได้เรื่อยๆ นอกจากนี้ สารประกอบในน้ำมันดินหรือยางมะตอยของการสลายตัวของเซลลูโลส เรียกว่า "levoglucosan" และเมื่อให้ความร้อนต่อไป levoglucosan จะสลายตัวเป็นแก๊สที่ลุกไหม้ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ การเผาไหม้ของเซลลูโลสจะเกิดต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง tars และ combustible gases ถูกเปลี่ยนไปเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ



รูปที่ 2.6 กลไกการเผาไหม้เซลลูโลส

<u>การประเมินความสามารถการติดไฟของผ้า (Evaluation of Fabric Flammability)</u>

การทดสอบความสามรถในการติดไฟของสิ่งทอทำได้โดยการวัด

1. ความยากง่ายในการติดไฟ (ease of ignition)
2. อัตราการขยายออกของเปลวไฟ (rate of flame spread)
3. ขอบเขตการขยายออกของเปลวไฟ (extent of flame spread)

4. อัตราการปลดปล่อยความร้อน (rate of heat release)
5. ขอบเขตของการเกิดควัน (extent of smoke generation)

พระราชบัญญัติผ้าติดไฟในปี 1953 ต้องการให้ผ้าที่ใช้ในการสวมใส่ผ่านการทดสอบที่เรียกว่า 45° Flammability Test หลักการทดสอบ 45° Flammability Test ASTM D 1230 มีดังนี้

1. เพื่อหลีกเลี่ยงความชื้นที่จะเกิดขึ้นกับตัวอย่างชิ้นทดสอบ จะต้องทำการทดสอบนับตั้งแต่นำชิ้นตัวอย่างมายึดติดกับตัว holder และจุดติดไฟให้เสร็จภายใน 45 วินาที
2. ตัวอย่างชิ้นทดสอบขนาด 2x6 นิ้ว
3. จุดติดไฟชิ้นทดสอบด้วย butane gas ที่มีความยาวของเปลวไฟ 5/8 นิ้ว เป็นเวลา 1 วินาที
4. จับเวลาที่เปลวไฟแผ่กระจายไปยังชิ้นทดสอบ และสังเกตลักษณะการเผาไหม้ที่เกิดขึ้น เช่น ขี้เถ้า ลักษณะการหลอม การลุกไหม้ต่อเนื่องหรือไม่ หรือเปลวไฟดับหรือไม่ เป็นต้น

สำหรับผ้าที่มีลักษณะเป็น plain weave สามารถแบ่งการเผาไหม้ได้ดังนี้

Class 1 การเผาไหม้ปกติที่สามารถยอมรับได้ และใช้เป็นเสื้อผ้าได้ (acceptable for apparel) เวลาที่เปลวไฟแผ่กระจายมากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 วินาที และ Class 3 การเผาไหม้รุนแรงและรวดเร็วไม่สามารถยอมรับที่จะใช้เป็นเสื้อผ้าได้ (unsuitable for apparel) เวลาที่เปลวไฟแผ่กระจายน้อยกว่า 3.5 วินาที

สำหรับผ้าที่มีลักษณะเป็นผ้าขูดขน สามารถแบ่งการเผาไหม้ได้ดังนี้

Class 1 การเผาไหม้ปกติ เวลาที่เปลวไฟแผ่กระจายมากกว่า 7 วินาที

Class 2 การเผาไหม้ระดับกลาง เวลาที่เปลวไฟแผ่กระจายอยู่ระหว่าง 4-7 วินาที

Class 3 การเผาไหม้รุนแรงและรวดเร็ว เวลาเปลวไฟแผ่กระจายน้อยกว่า 4 วินาที

หมายเหตุ การทดสอบแบบนี้จะเน้นเฉพาะผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยสารหน่วงไฟ

ในปี 1967 มีการแก้ไขที่ดำเนินมาต่อเนื่องของพระราชบัญญัติผ้าติดไฟปี 1953 ชิ้นทดสอบของพรมขนาด 9x9 นิ้ว ทำการทดสอบ pill test มีหลักการที่ใช้ในการทดสอบ คือ ใช้เม็ดของ metheneamine วางอยู่ตรงใจกลางของชิ้นทดสอบทีมีขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส 9x9นิ้ว แล้วติดไฟให้เม็ดสารเคมีเผาไหม้เป็นเวลาระหว่าง 90-120 วินาที ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบ จะต้องมีบริเวณขี้เถ้าที่เกิดขึ้นไม่เกิน 3 นิ้วจากจุดที่เม็ด metheneamine ถูกไหม้ พรมที่นำมาทดสอบจะผ่านการทดสอบ ก็ต่อเมื่อ ชิ้นทดสอบ 7 ชิ้นจาก 8 ชิ้นต้องผ่านการทดสอบ

การทดสอบเสื้อผ้าเด็กจะใช้วิธีทดสอบการติดไฟแบบแนวดิ่ง (vertical flammability test) ซึ่งต้องการมุมที่ใช้ในการทดสอบมากกว่า 45°

หลักการทดสอบ Vertical Flammability Test มีดังนี้

1. ขนาดของตัวอย่างชิ้นทดสอบ 3.5x10 นิ้ว ที่มีปลายเปิด แขวนในแนวดิ่งที่มีการทิ้งตัวที่อิสระในตู้ทดสอบ
2. ใช้ methane gas เป็นแก๊สติดไฟ และมีความยาวของเปลวไฟ 1.5 นิ้ว จุดไฟที่ชิ้นตัวอย่างเป็นเวลา 3 วินาที
3. วัด char length ที่เกิดจากการเผาไหม้ การผ่านการทดสอบของตัวอย่างจะพิจารณาที่ ความยาวของขี้เถ้าจะต้องยาวไม่เกิน 7 นิ้ว และจะต้องไม่มีชิ้นทดสอบใดมีความยาวของขี้เถ้า 10 นิ้ว การทดสอบวิธีนี้ใช้ชิ้นทดสอบจำนวน 5 ชิ้น

การทดสอบฟูกหรือที่นอนใช้วิธีทดสอบแบบบุหรี่ที่เรียกว่า cigarette test การทดสอบทำได้โดยการวางบุหรี่ที่ไม่มีก้นกรองที่จุดแล้ว 9 ม้วนในตำแหน่งที่กำหนดบนที่นอน ประเมินโดยการวัดความยาวของขี้เถ้า (char length) รอบๆบุหรี่จะต้องไม่เกินกว่า 2 นิ้วทุกทิศทาง หรือโดยที่เปลวไฟไม่เผาไหม้ฟูกเกินกว่าระยะ 2 นิ้วจากจุดที่วางบุหรี่

การทดสอบ The Limiting Oxygen Index (LOI) ซึ่ง LOI คือ ปริมาณออกซิเจนที่น้อยที่สุดที่ต้องการในบรรยากาศ เพื่อทำให้วัสดุที่ทดสอบเกิดการเผาไหม้ต่อไปได้ ซึ่งโดยทั่วไป วัสดุที่มีค่า LOI ต่ำแสดงว่าวัสดุนั้นเกิดการเผาไหม้ได้ง่าย วัสดุที่มีค่า LOI มากกว่า 25 โดยทั่วไปจะดับได้ด้วยตัวเองในอากาศ ส่วนวัสดุที่มีค่า LOI ต่ำๆ คือน้อยกว่า 21 วัสดุนั้นจะเกิดการเผาไหม้ได้ง่าย ทั้งนี้เพราะ ในบรรยากาศมีปริมาณออกซิเจนอยู่ 21% ซึ่งมีออกซิเจนที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้สำหรับวัสดุที่มีค่า LOI ต่ำกว่า 21 การทดสอบ LOI ทำได้โดยการตรึงชิ้นทดสอบในแนวดิ่งในตู้ทดสอบที่สามารถควบคุมอัตราส่วนของแก๊สออกซิเจนและไนโตรเจนได้ หลังจากนั้นจุดไฟที่ส่วนบนของชิ้นทดสอบ แล้ววัดปริมาณออกซิเจนที่ทำให้เกิดการเผาไหม้

การทดสอบควันจะวัดปริมาณควันที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของวัสดุ โดยการหาความหนาแน่นของควัน (smoke density) โดยการวัดการกระจายของแสง (transmission of light) ผ่านควัน วิธีเผาชิ้นทดสอบแล้วเก็บควันไว้บนตัวกรอง (filter) เพื่อวัดความถ่วงจำเพาะ gravimetric measurement

2.8 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บริษัทโตโยต้าเป็นรายแรกที่เปิดเผยการใช้ดินมอนต์มอริลโลไนท์ดัดแปรมาเป็นสารเสริมแรง โดยการทำให้ดินมอนต์มอริลโลไนท์ดัดแปรกระจายตัวอยู่ในไนลอน 6 ผลที่ได้คือ ไนลอน 6 มีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น รวมถึงสมบัติการทนความร้อนและความคงตัวในทิศทางต่างๆดีขึ้น

Cho และ Paul[7] ได้ทำการสังเคราะห์ พอลิสไตรีน (Polystyrene) โดยใส่มอนต์มอริลโลไนต์ ลงไปในลักษณะที่อนุภาคของดินเริ่มแยกตัวออกจากกันและมีพอลิเมอร์แทรกตัวอยู่ ซึ่งการเกิดลักษณะดังกล่าวเรียกว่า Intercalated Nanocomposite โดยในขณะที่ทำปฏิกิริยา Polymerization ของสไตรีนนั้นจะใส่มอนต์มอริลโลไนต์ลงไป เพื่อให้อนุภาคของดินกระจายตัวอยู่ใน Polystyrene จากนั้นจึงนำไปทำการทดสอบสมบัติต่างๆ พบว่า Nanocomposite ที่ได้จะมีเสถียรภาพทางความร้อนดีกว่า Polystyrene ที่ไม่มีการใส่มอนต์มอริลโลไนต์ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่ทำการศึกษาในแนวเดียวกัน คือ ศึกษาการนำเอาดินมอนต์มอริลโลไนท์ดัดแปร มาทำเป็น nanocomposites กับพอลิเมอร์ซึ่งจะทำให้พอลิเมอร์ที่ได้มีสมบัติต้านทานการติดไฟได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น Poly(vinyl chloride) กับ ดินมอนต์มอริลโลไนท์ดัดแปร Polyamide 66 กับ ดินมอนต์มอริลโลไนท์ดัดแปร Polycarbonate/Acrylonitrile-butadiene-styrene polymer alloy กับ ดินมอนต์มอริลโลไนท์ดัดแปร

Ajit Ranade และคณะ[15] นำ Polyamide-imide (PAI) ไปใส่ใน clay พบว่าทำให้ชั้นของ clay นั้นแยกออกมาเป็น Exfoliated และ Intercalated ได้โดยง่าย ซึ่งมีผลดีต่อการนำ clay ที่ได้ไปใช้ในปฏิกิริยา Polymerization และมีผลทำให้สารประกอบที่ได้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นด้วย

บริษัทผลิตผงซักฟอกเปาแฮนด์ฟอร์ส ก็ได้มีการนำเอาดินมอนต์มอริลโลไนท์ดัดแปรมาใช้ในการเพิ่มความนุ่มให้กับผ้าในระหว่างการซักและหลังซัก อีกทั้งยังทำให้ผ้านั้น รีดง่าย และรักษาความขาวหรือความสดใสของผ้าได้อีกด้วย

การสังเคราะห์ Epoxy-Clay Nanocomposite[5] ในลักษณะที่อนุภาคของดินแยกตัวออกจากกัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวเรียกว่า Exfoliated Nanocomposite และนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าการนำสารอินทรีย์มาผสมกับสารอนินทรีย์ จะทำให้มีสมบัติเชิงกลที่ได้ดีขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่ามีการนำดินที่ผ่านการดัดแปรทางเคมีไปใช้ในสูตรของสารเคลือบผิว

อัลคิด และทำให้การแข็งแรงของสารเคลือบผิวเพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้ความหนืดของสารเคลือบผิวเปลี่ยนไป [9]

Fan และคณะ[11] ทำการวิจัยพบว่านาโนเคลย์จากมอนต์มอริลโลไนต์ที่ถูกดัดแปรด้วยเกลือควอเทอร์นารีแอมโมเนียมเพื่อทำเป็นนาโนคอมโพสิตพอลิพรอพิลีน สามารถย้อมติดสีได้ด้วยสีแอซิดและสีดิสเพอร์ส ความสามารถในการติดสีย้อมสีแอซิดได้เนื่องจากพันธะไอออนิก ระหว่างประจุลบของสีแอซิดและประจุบวกของเกลือควอเทอร์นารีแอมโมเนียมโดยอาจมีแรงวันเดอร์วาลล์และพันธะไฮโดรเจนด้วย สำหรับการย้อมด้วยสีดิสเพอร์สจะเกิดแรงดึงดูดระหว่างสีดิสเพอร์สและนาโนเคลย์เนื่องจากมีแรงวันเดอร์วาลล์และพันธะไฮโดรเจน และพบว่าปริมาณการติดสีย้อมของนาโนคอมโพสิตขึ้นอยู่กับปริมาณการเติมนาโนเคลย์ในนาโนคอมโพสิต ความสม่ำเสมอของการติดสีขึ้นอยู่กับการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของอนุภาคในเนื้อพอลิพรอพิลีนและระยะเวลาในการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

White และ คณะ[8] ได้ทำการวิจัยโดยนำผ้าฝ้ายมาละลายในสารละลายหลังจากนั้นผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ถูกดัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิวแล้วทำการระเหยสารละลายออก จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่า มอนต์มอริลโลไนต์ที่ถูกดัดแปรสามารถกระจายตัวได้ดีอยู่ในเมทริกซ์ของฝ้าย ทำให้ผ้าฝ้ายที่ได้มีสมบัติทนความร้อน และให้ผลการหน่วงไฟดีขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) ชื่อทางการค้า SAC-1 Premium grade จาก บริษัทไทย นิปปอน เคมิคัล อินดัสทรี จำกัด
2. สารทำให้นุ่มที่เป็นประจุบวกที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย Di-(Palm carboxyethyl) hydroxyethyl methyl ammonium methosulfate (Tego 28) และ Dihydrogenated tallowdimethyl ammonium chloride (Incrosoft DHT-75) จาก V.P.C. Group
3. สารทำนุ่มที่ไม่มีประจุ High-melt polyethylene emulsion (Lustrex) และ Silicone elastomer (Silastol) จาก V.P.C. Group
4. ผ้าฝ้ายทอลายขัด เป็นผ้าที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดไขมันและสิ่งสกปรก และขั้นตอนการฟอกขาวแล้ว น้ำหนักของผ้า เท่ากับ 137 กรัม/ตารางเมตร และมีเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วเท่ากับ 65x60

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างและเครื่องมือวิเคราะห์และทดสอบ มีดังต่อไปนี้

1. เครื่อง Magnetic stirrer
2. เครื่อง High speed mixing
3. เครื่องจุ่มอัด (Padder)
4. เครื่องอบ (Stenter)
5. เครื่อง X-Ray diffraction (XRD)
6. Thermogravimetric analysis (TGA)
7. เครื่องทดสอบการหน่วงไฟ
8. เครื่องทดสอบความขาวของผ้า (MacBeth Color-eye 7000)
9. เครื่องทดสอบความแข็งกระด้าง
10. เครื่องทดสอบความแข็งแรงในการฉีกขาด
11. เครื่องแก้ว

3.3 วิธีการวิจัย

3.1 ศึกษาผลของเวลาการกวนของสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Incrosoft DHT-75 ที่มีต่อระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์

ขั้นตอนนี้จะทำการกวนสารละลายที่ประกอบด้วยสารทำให้นุ่มประจุบวก Incrosoft DHT-75 ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ใช้ในการดัดแปร 1 กรัม โดยทำการกวนสารทั้งสองในเครื่อง High speed mixing เป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง เพื่อดูผลของเวลาที่ใช้ในการกวนต่อระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร ซึ่งสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรได้ด้วยเทคนิค X-Ray diffraction (XRD)

3.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Incrosoft DHT-75 และ Tego 28 ที่มีต่อระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์

การเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวกทำได้ดังนี้

3.2.1 เตรียมสารละลายของสารทำให้นุ่ม โดยใช้สารทำให้นุ่มที่ความเข้ม 1.0, 2.0, และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงในน้ำกลั่นแล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C กับสารละลายของสารทำนุ่มเป็นเวลา 30 นาที

3.2.2 เตรียมมอนต์มอริลโลไนต์จำนวน 1 กรัมใส่ลงในน้ำกลั่นกวนเพื่อให้มอนต์มอริลโลไนต์เกิดการบวมตัวและกระจายตัวอยู่ในน้ำกลั่น เป็นเวลา 30 นาที

3.2.3 นำมอนต์มอริลโลไนต์ที่เตรียมในข้อ 3.2.2 ใส่ลงในสารละลายในข้อ 3.2.1 กวนสารละลายด้วยเครื่อง High speed mixing โดยใช้ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.2.4 กรองมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรแล้วมาล้างด้วยน้ำร้อน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบดให้ละเอียด

3.2.5 นำมอนต์มอริลโลไนต์ในขั้นตอนที่แล้วไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 120 เมช แล้วจึงนำไปทดสอบด้วยเครื่อง X-Ray diffraction เพื่อดูผลของโครงสร้าของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรซึ่งสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรด้วยเทคนิค X-Ray diffraction (XRD)

3.3 เตรียมสารละลายสารทำให้นุ่มที่มีส่วนประกอบของมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรเพื่อใช้ในการตกแต่งความนุ่มให้กับผ้าฝ้ายโดยวิธีการจุ่มอัดอบแห้ง

3.3.1 นำมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ที่ความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักที่เตรียมโดยใช้เวลาในการกวน 1 ชั่วโมง มาเตรียมสารตกแต่งทำให้นุ่ม ซึ่งทำ

ได้โดยการนำมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรแล้วที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆมาผสมกับสารทำให้นุ่มที่ความเข้มข้น 8 % ด้วยเครื่องกวนผสมความเร็วสูงเป็นเวลา 20 นาที ซึ่งสารตกแต่งทำให้นุ่มที่ใช้ในการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย สารทำให้นุ่มชนิดประจุบวกที่มีชื่อทางการค้า Tego 28 และสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ 2 ชนิดที่มีชื่อทางการค้า Lustrex และ Silastol

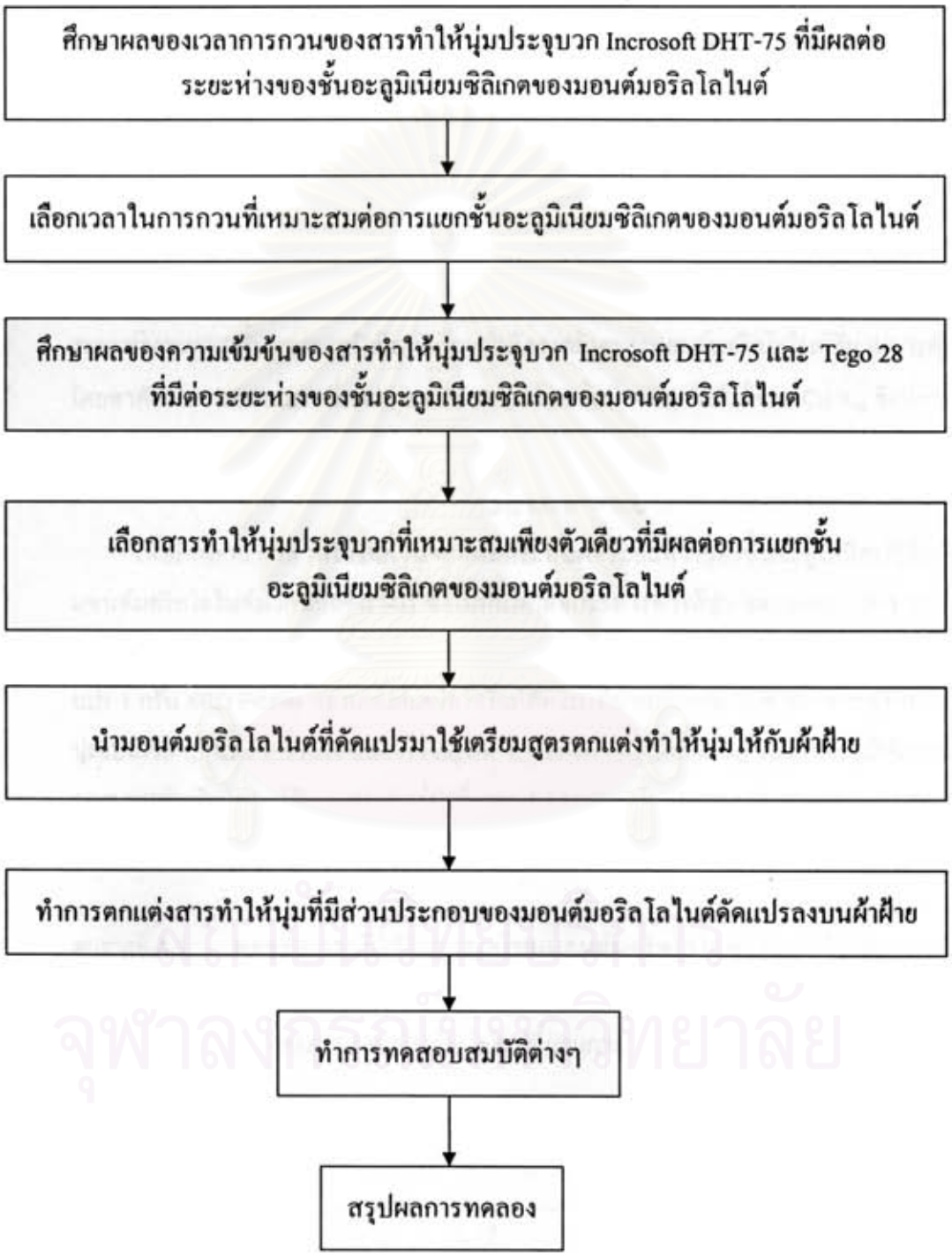
จากนั้นเตรียมสูตรของสารตกแต่งทำให้นุ่มที่ประกอบด้วย สารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในปริมาณเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน และทำการเตรียมสูตรของสารตกแต่งทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Lustrex และ Silastol ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีเดียวกัน หลังจากนั้น นำสูตรของสารตกแต่งทำให้นุ่มที่เตรียมขึ้นมาตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย

3.3.2 นำสารละลายที่เตรียมเป็นสารตกแต่งทำให้นุ่มจากข้อ 3.3.1 มาตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายด้วยวิธีการจุ่มอัดอบแห้ง โดยนำผ้าฝ้ายขนาด 30*30 เซนติเมตรมาจุ่มอัดในสารละลายที่เตรียมไว้เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้น นำผ้าไปผ่านเครื่องบีบอัด LABTEC ที่ควบคุมความดันของลูกกลิ้งบีบอัดเอาไว้ที่ 1 kg/cm^2 เพื่อควบคุมผ้าให้มี % wet pick up เท่ากับ 80% หลังจากนั้น นำผ้าที่ผ่านการจุ่มอัดแล้วไปอบแห้งด้วยเครื่องอบ Stenter ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 3 นาที

3.3.4 นำผ้าทั้งที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ชนิดประจุบวก และสารทำให้นุ่ม Lustrex และ Silastol ชนิดไม่มีประจุ มาทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น ทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยการทดสอบสมบัติการติดไฟ (Flammability Test), ทดสอบความขาว (Whiteness), ทดสอบความแข็งกระด้าง (Stiffness Test), และทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด และสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริกอะนาไลซิส (Thermogravimetric analysis, TGA) ในการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริกอะนาไลซิส ทำการทดสอบภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่มีผลต่อเสถียรภาพทางความร้อนของผ้าฝ้าย โดยเลือกตัวอย่างทดสอบของผ้าที่มีปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรแล้วที่ 0.0, 1.0, 5.0, 10.0 และ15.0 เปอร์เซ็นต์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 มาทำการศึกษา และเลือกตัวอย่างทดสอบของผ้าที่มีปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ 0.0, 1.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุทั้งของ Lustrex และ Silastol มาทำการศึกษา

แผนการดำเนินการทดลองของโครงการวิจัยได้สรุปเป็นแผนผังและแสดงเอาไว้ในหน้าถัดไป

สรุปแผนการดำเนินการทดลองของโครงการวิจัยตามแผนผังที่แสดงไว้ข้างล่าง



บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของเวลาการกวนของสารทำให้นุ่มประจุบวก Incrosoft DHT-75 ที่มีต่อระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริโลไนต์ที่ดัดแปร

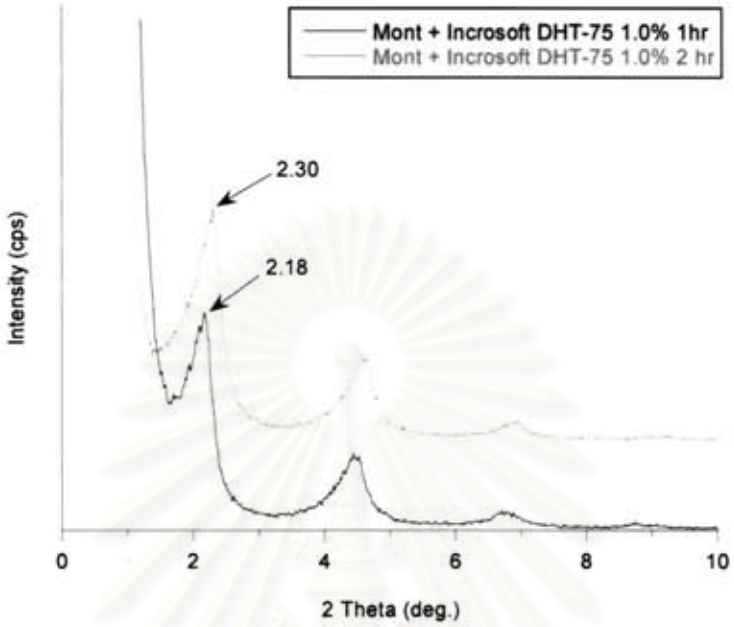
จากการศึกษาเวลาที่ใช้ในการเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรโดยทำการกวนสารละลาย ที่ประกอบด้วยสารทำให้นุ่มและมอนต์มอริลโลไนต์ด้วยเครื่อง High Speed Mixing เป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรเปรียบเทียบกับมอนต์มอริโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปร โดยใช้เทคนิคของ XRD ซึ่งเทคนิคนี้จะใช้วิเคราะห์หาขนาดหรือระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกต สามารถคำนวณได้จากองศาการเบี่ยงเบนของรังสี X-Ray ซึ่งจะวัดที่มุม 2θ และนำมาคำนวณหาระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตในโครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรโดยอาศัยสมการของแบรกที่แสดงเอาไว้ข้างล่าง โดย λ ที่ X-ray ที่ใช้ได้จาก Cu K_α ซึ่งมีค่าความยาวคลื่นเฉลี่ย λ = 1.54 A° คือ

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

เพื่อศึกษาว่าเวลาที่ใช้ในกวนจะมีผลกระทบต่อระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์มากน้อยอย่างไร ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้สารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ชนิดประจุบวกที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ใช้ในการดัดแปร 1 กรัม XRD Profile ของมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่ผ่านการกวนในสารละลายของสารทำให้นุ่มเป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 และค่า d_{001}-spacing ของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่เวลา 1 และ 2 ชั่วโมงสามารถคำนวณจากกฎของแบรกซึ่งให้ค่า d_{001}-spacing ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของเวลาที่ใช้ในการเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ชนิดประจุบวกต่อระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตในโครงสร้างมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร

เวลาที่ใช้ในการกวน	basal peak position (2θ)	ค่า d-spacing (A°)
1 ชั่วโมง	2.18	40.49
2 ชั่วโมง	2.30	38.38



รูปที่ 4.1 แพทเทิร์นพีคการเบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ชนิดประจุบวกที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ที่เวลาในการกวน 1 และ 2 ชั่วโมง

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า มอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ชนิดประจุบวกที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ที่ใช้เวลาในการกวน 1 และ 2 ชั่วโมง ให้พีกการเบี่ยงเบนที่มุม 2θ เท่ากับ 2.18° และ 2.30° ซึ่งสามารถคำนวณหาช่องว่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตได้ เท่ากับ 40.49 และ 38.38 อังสตรอม ตามลำดับ จะพบว่าระยะเวลาในการกวนสารทำให้นุ่มกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่เวลา 1 ชั่วโมงทำให้เกิดการแยกระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตที่ไม่ได้แตกต่างกันมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการกวนที่ใช้เวลา 2 ชั่วโมง เพราะฉะนั้นในการเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์สำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไปทำการกวนสารละลายที่ประกอบด้วยสารทำให้นุ่มและมอนต์มอริลโลไนต์เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

4.2 ผลของความเข้มข้นของสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Incrosoft DHT-75 และ Tego 28 ที่มีต่อระยะห่างของชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร

เตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ 1 กรัม มาทำการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก 2 ชนิด คือ Incrosoft DHT-75 และ Tego 28 ชนิดประจุบวกที่ความเข้มข้นของสารทำให้นุ่ม 1.0,

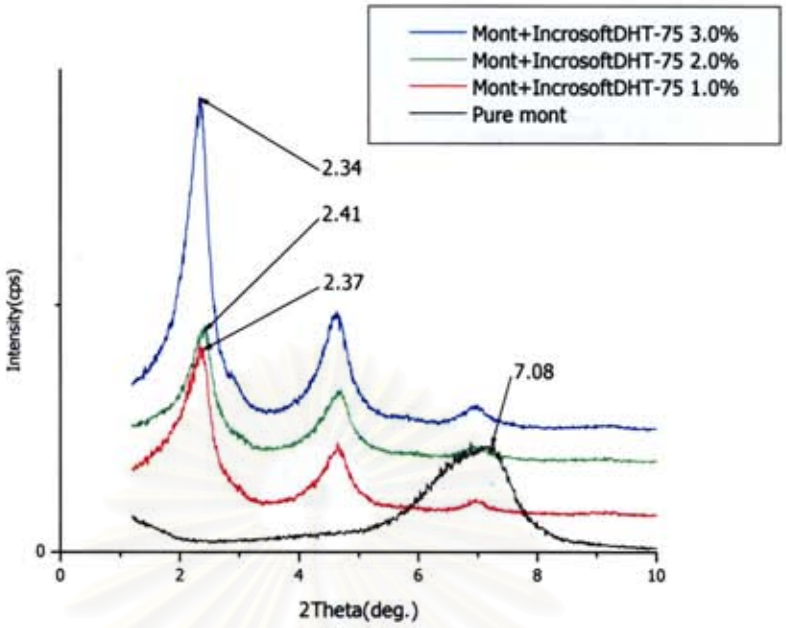
2.0, และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เวลาที่ใช้ในการเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร ใช้เวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรเปรียบเทียบกับมอนต์มอริโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปร โดยใช้เทคนิคของ XRD

จากรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แสดงพีกการเบี่ยงเบนของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปรและของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 และ Tego 28 ที่ความเข้มข้น 1.0, 2.0, และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ผลของชนิดและปริมาณความเข้มข้นของสารทำให้นุ่มที่มีผลต่อระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตในโครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร ได้สรุปเอาไว้ในตารางที่ 4.2

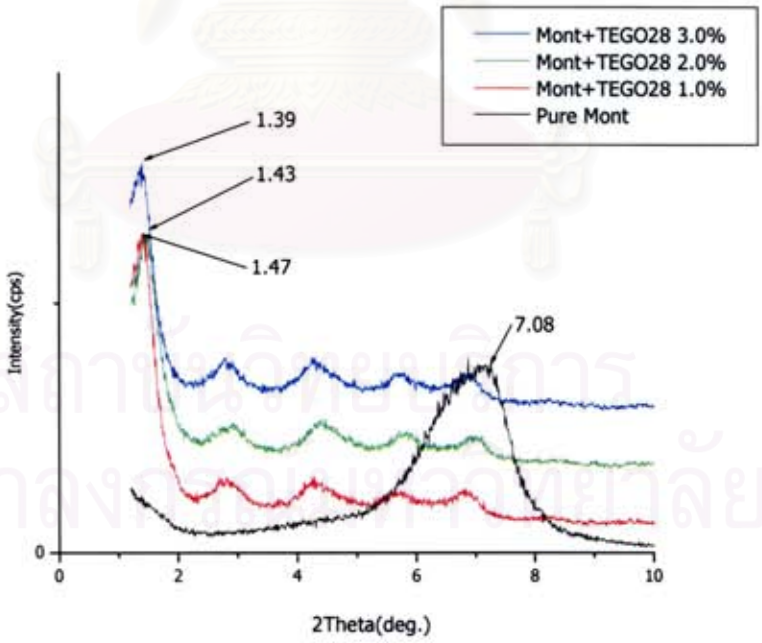
ตารางที่ 4.2 ผลระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตในโครงสร้างมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ได้ดัดแปร และมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 และ Tego 28

ปริมาณความเข้มข้นของสารทำให้นุ่ม	Incrosoft DHT-75 (I)		Tego 28 (T)	
	basal peak position (2θ)	ค่า d-spacing (A°)	basal peak position (2θ)	ค่า d-spacing (A°)
0	7.08	12.49	7.08	12.49
1	2.37	37.25	1.47	60.05
2	2.41	36.63	1.43	61.73
3	2.34	37.72	1.39	63.50

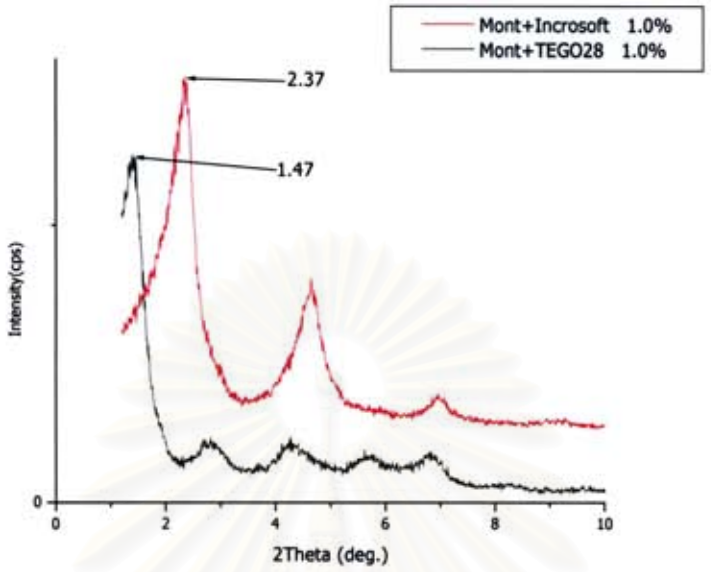
จากผลของการดัดแปรมอนต์มอริลโลไนต์ด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก พบว่า ชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตในมอนต์มอริลโลไนต์ สามารถแยกออกด้วยโมเลกุลของสารทำให้นุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ที่ความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของสารทำให้นุ่มทั้งสองชนิด สามารถแยกชั้นอะลูมิเนียมซิลิเกตได้มากที่สุด และมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 จะให้ค่า d_{001}-spacing มากกว่า มอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ผลการเปรียบเทียบพีทของการเบี่ยงเบนของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม 2 ชนิดที่ความเข้มข้น 1.0, 2.0, และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักได้แสดงเอาไว้ในรูปที่ 4.4 ตามลำดับ



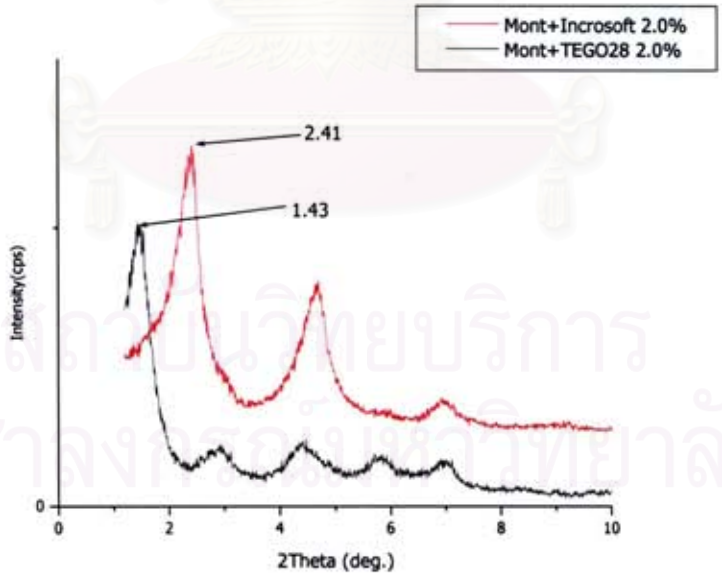
รูปที่ 4.2 แพทเทิร์นพีคการเบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปร และมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ที่ 0.0, 1.0, 2.0, และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.3 แพทเทิร์นพีคการเบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ไม่ผ่านการดัดแปร และมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ที่ 0.0, 1.0, 2.0, และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

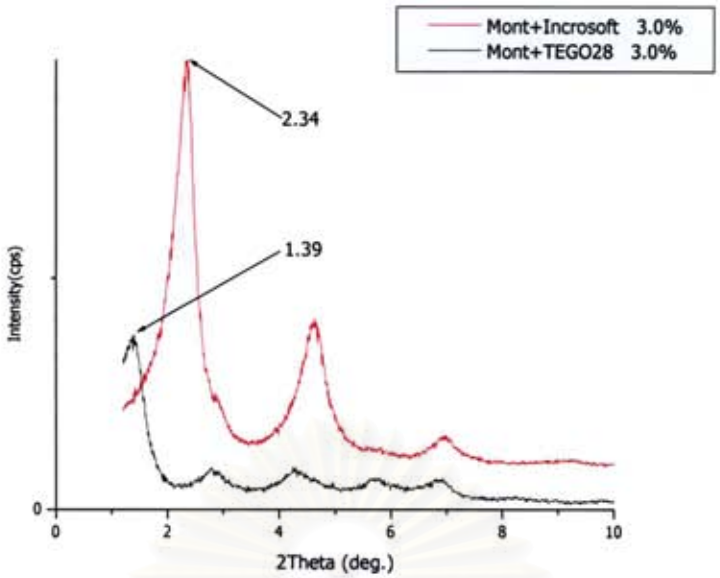


รูปที่ 4.4 a



รูปที่ 4.4 b

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 c

รูปที่ 4.4 แพทเทิร์นพีคการเบี่ยงเบนรังสีเอกซ์ของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 และ Tego 28 ที่ ความเข้มข้น 1.0 (a), 2.0 (b), และ 3.0 (c) เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากผลที่ได้ในรูปที่ 4.4 พบว่ามอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ชนิดประจุบวกที่ความเข้มข้น 1.0, 2.0, และ 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แสดงพีกการเบี่ยงเบนมุม 2θ ที่ทำให้เกิดการแยกชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตได้มากกว่าของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Incrosoft DHT-75 ชนิดประจุบวก แสดงว่าสารทำให้นุ่ม Tego 28 ทำให้เกิดการแยกระยะห่างของชั้นดินได้มากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโครงสร้างของสารทำให้นุ่ม Tego 28 ซึ่งมีสายโซ่ของคาร์บอนที่ยาวกว่า ทำให้โมเลกุลมีขนาดใหญ่กว่า จึงอาจมีผลทำให้มีประสิทธิภาพในการแยกระยะห่างของชั้นดินได้มากกว่า

มอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ที่ความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ที่ใช้เวลาในการกวน 1 ชั่วโมง เพื่อเตรียมให้เป็นออร์กาโนเคลย์ แล้วนำมาเตรียมสูตรสารตกแต่งทำให้นุ่มเพื่อใช้ในการตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย ผ้าฝ้ายทั้งที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ชนิดประจุบวก และสารทำให้นุ่ม Lustrex และ Silastol ชนิดไม่มีประจุทั้งที่ไม่มีและมีการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร นำมาทดสอบสมบัติการหน่วงไฟของผ้า สมบัติความขาวของผ้า ความแข็งกระด้างของผ้า ค่าแข็งแรงต่อการฉีกขาด และสมบัติทางความร้อน ซึ่งผลของการการทดสอบสมบัติดังกล่าวได้นำเสนอในหัวข้อถัดไปดังนี้

4.3 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้และอัตราเร็วในการลุกลามของเปลวไฟบนผ้าฝ้าย

ผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ชนิดประจุบวกและสารทำให้นุ่ม Lustrex และ Silastol ชนิดไม่มีประจุทั้งที่มีและไม่มีการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร ได้นำมาศึกษาพฤติกรรมในการเผาไหม้และคำนวณอัตราเร็วในการลุกลามของเปลวไฟในแนว 45 องศา อัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟสามารถคำนวณได้โดยการใช้สูตรการคำนวณที่แสดงไว้ข้างล่าง

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟ (เซนติเมตร/วินาที)} = \frac{\text{ระยะทางการเคลื่อนที่ของเปลวไฟ}}{\text{เวลาที่เปลวไฟใช้ในการเคลื่อนที่}}$$

ระยะทางการเคลื่อนที่ของเปลวไฟเป็นระยะที่คงที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.7 เซนติเมตร และผลของพฤติกรรมการเผาไหม้ และผลของอัตราเร็วในการลุกลามของเปลวไฟสรุปไว้ในตารางที่ 4.3 จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 พบว่า ผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ตกแต่งสำเร็จ มีอัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟ 0.61 เซนติเมตรต่อวินาที และเมื่อนำมาตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ชนิดประจุบวกและสารทำให้นุ่ม Lustrex และ Silastol ชนิดไม่มีประจุที่ยังไม่ได้เติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร พบว่า มีอัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟเพิ่มขึ้น เป็น 0.62, 0.62 และ 0.86 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ แสดงว่า สารทำให้นุ่มที่ศึกษาไม่มีสมบัติในการหน่วงไฟให้กับผ้าฝ้ายเพราะอัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟเร็วกว่าของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ และสารทำให้นุ่ม Silastol ชนิดไม่มีประจุ ให้อัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟมากที่สุด สารทำให้นุ่มประเภทนี้มีผลทำให้การเผาไหม้ของผ้าฝ้ายเร็วขึ้นกว่าปกติ

เมื่อเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่ 1.0, 3.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ลงไปในสารทำให้นุ่ม Silastol และ Lustrex ชนิดไม่มีประจุ อัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟไม่ช้าลงแต่อย่างไร แสดงเป็นนัยได้ว่าสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุทั้งสองที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรไม่มีผลในการช่วยการหน่วงไฟให้กับผ้าฝ้าย จึงไม่ได้ทำการศึกษาเพิ่มปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่มากกว่า 5.0 เปอร์เซ็นต์ลงไปในสูตรสำหรับสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุทั้งสอง แต่เมื่อเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่ 1.0, 3.0, 5.0, 10.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์ลงไปในสารตกแต่งสำเร็จทำให้นุ่ม Tego 28 ชนิดประจุบวกพบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ของมอนต์มอริลโลไนต์เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราเร็วในการลุกลามของเปลวไฟลดลงเป็น 0.66, 0.61, 0.54, 0.53 และ 0.49 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ แสดงว่าการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ในปริมาณที่สูงขึ้นในสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 ให้ผลการหน่วงไฟให้กับผ้าฝ้ายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.3 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเผาไหม้ อัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟ และลักษณะเขม่าและขี้เถ้าหลังการเผาไหม้

ชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบ	ปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ใส่ในสูตรตกแต่งสำเร็จ (%)	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเผาไหม้ (วินาที)	อัตราเร็วเฉลี่ยในการลุกลามของเปลวไฟ (เซนติเมตร/วินาที)	เขม่าและขี้เถ้า
ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง	0.0	20.48	0.61	ลักษณะเขม่าเป็นผงสีดำ
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28	0.0	19.60	0.62	เขม่าที่เผามีลักษณะเป็นแผ่นสีดำ
	1.0	18.98	0.66	
	3.0	20.53	0.61	
	5.0	22.98	0.54	
	10.0	23.85	0.53	
	15.0	26.13	0.49	
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex	0.0	20.05	0.62	เขม่าที่เผามีลักษณะเป็นแผ่นสีดำ
	1.0	19.05	0.65	
	3.0	17.97	0.70	
	5.0	19.49	0.64	
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol	0.0	14.53	0.86	ลักษณะเขม่าเป็นแผ่นผ้าสีเทาไม่เผาไหม้หมดเหลือเป็นลักษณะของเส้นด้ายที่สานกัน
	1.0	14.71	0.85	
	3.0	13.88	0.89	
	5.0	14.52	0.86	

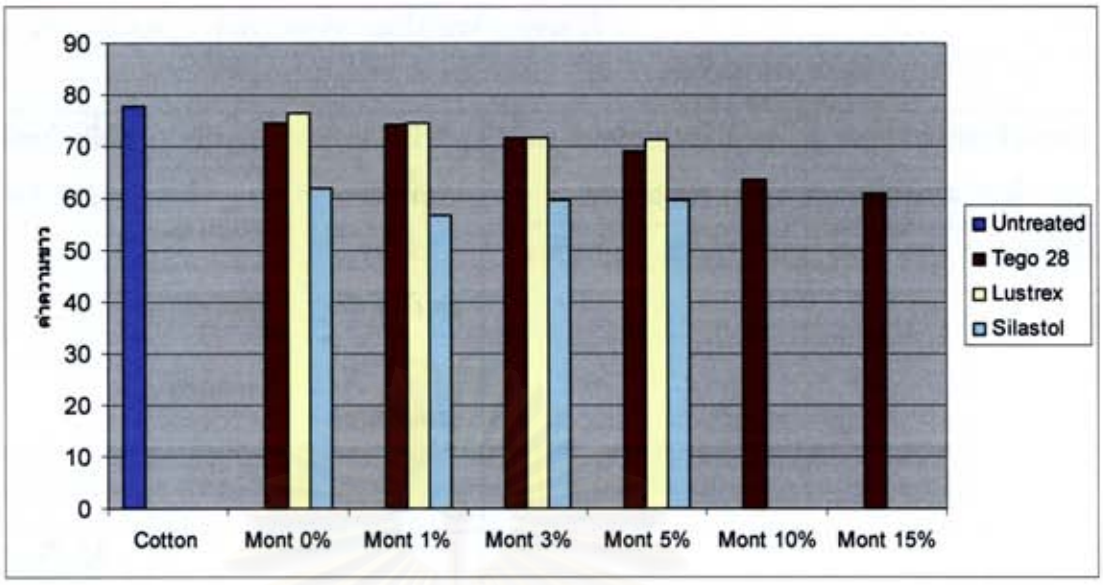
จากผลการทดลองดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าในการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในสารตกแต่งสำเร็จทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ ไม่ได้ช่วยทำให้ผ้ามีสมบัติในการหน่วงไฟดีขึ้น แต่ในการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในสารตกแต่งสำเร็จทำให้นุ่ม Tego 28 ชนิดประจุ

บวกมีส่วนช่วยในการหน่วงไฟให้กับผ้าฝ้ายได้บ้างเล็กน้อยและขึ้นอยู่กับปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่ใส่ลงไปในสูตรของสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก

4.4 ผลของการทดสอบความขาวของผ้า

ผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 และสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Lustrex และ Silastol ที่ไม่มีการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ และที่มีการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร ได้นำมาวัดค่าความขาวของผ้าด้วยเครื่อง MacBeth Color-eye 7000 ผลของความขาวที่วัดได้ แสดงไว้ดังรูปที่ 4.5

จากผลการทดลองที่ได้ในรูป 4.5 พบว่า ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มประจุบวก Tego 28 ที่มีการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ 1.0, 3.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ความขาวของผ้าที่ได้ลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มประจุบวก Tego 28 เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะไม่เห็นความแตกต่างของความขาวของผ้าที่เกิดขึ้น แต่สำหรับผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มประจุบวก Tego 28 ที่มีการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ 10.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์ ความขาวของผ้าที่วัดได้ลดลงและเริ่มสังเกตเห็นความแตกต่างความขาวของผ้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นเมื่อมองด้วยตาเปล่า สรุปได้ว่าการใส่มอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรในปริมาณที่มากลงไปในสารตกแต่งทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 มีผลทำให้เกิดความเหลืองขึ้นบนผ้าเล็กน้อย สำหรับผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่ม Lustrex ชนิดไม่มีประจุที่มีการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ 1.0, 3.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ความขาวของผ้าที่วัดได้มีค่าความขาวลดลงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะยังคงไม่เห็นความแตกต่างของความขาวของผ้าที่เกิดขึ้น แต่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่ม Silastol ชนิดไม่มีประจุชนิดที่มีการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ 1.0, 3.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าความขาวที่วัดได้ลดลงมากและสังเกตเห็นความแตกต่างความขาวของผ้าได้อย่างชัดเจนเมื่อมองด้วยตาเปล่า แสดงว่า สารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Silastol มีสมบัติที่ไม่ทนต่อความร้อน และอาจมีผลทำให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Silastol มีอัตราเร็วเฉลี่ยของการลุกลามของเปลวไฟเร็วกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดอื่นที่ได้ทำการศึกษา



รูปที่ 4.5 ความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม และตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร

4.5 ผลของการทดสอบความแข็งกระด้างของผ้า

ผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม Tego 28 ชนิดประจุบวก และสารทำให้นุ่ม Lustrex และ Silastol ชนิดไม่มีประจุ ที่ไม่มีและมีการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร ได้นำมาทดสอบหาค่าความแข็งกระด้าง (Flexural rigidity) ของผ้า โดยค่าความแข็งกระด้างของผ้าสามารถคำนวณได้ตามสูตรสมการที่แสดงไว้ข้างล่าง ดังนี้

$$G = W * c^3$$

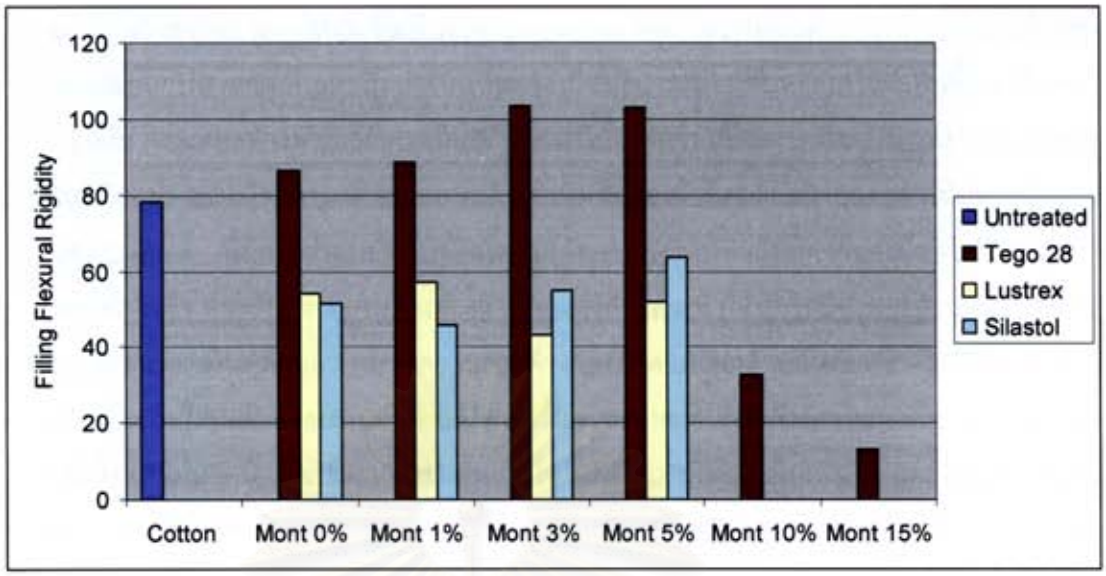
เมื่อ G คือ Flexural rigidity หรือ ความแข็งกระด้างของผ้า, มิลลิกรัม.เซนติเมตร

W คือ น้ำหนักผ้าต่อหน่วยพื้นที่ของผ้า, มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

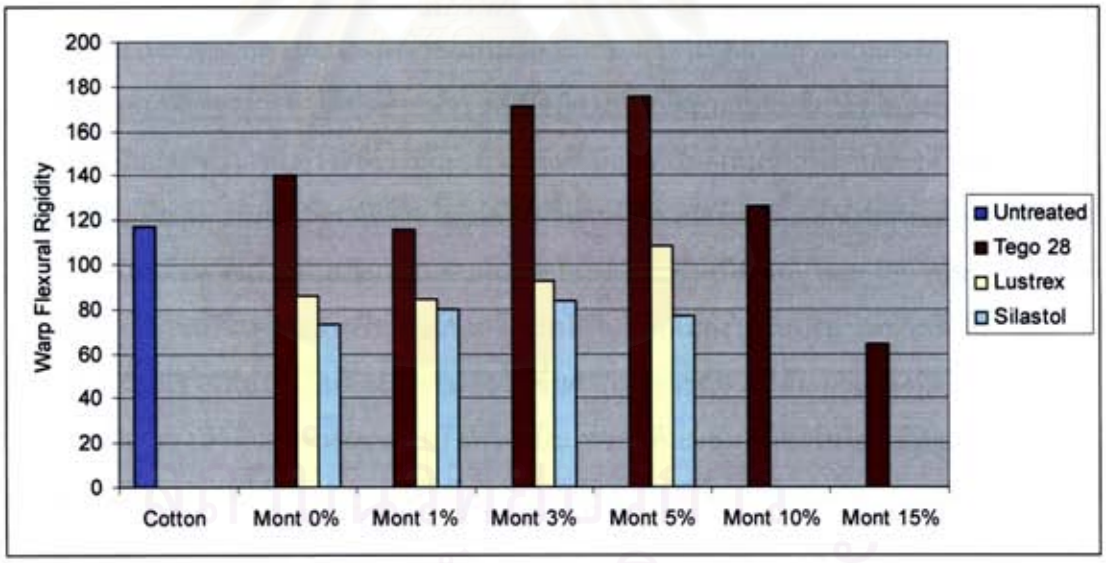
c คือ ค่าความยาวของผ้าที่โค้งงอ (bending length), เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4 ผลของค่าความแข็งกระด้างของผ้าฝ้าย

ชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบ	ปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการตัดแปร (%)	น้ำหนักผ้าต่อหน่วยพื้นที่ของผ้า (มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเฉลี่ยความยาวที่โค้งงอ (เซนติเมตร)		ความแข็งกระด้างของผ้า (มิลลิกรัม.เซนติเมตร)	
			แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน
ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง	0.0	13.6	1.79	2.05	78.00	117.17
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28	0.0	14.3	1.82	2.14	86.21	140.14
	1.0	14.7	1.82	1.99	88.62	115.84
	3.0	14.6	1.92	2.27	103.34	170.78
	5.0	15.0	1.90	2.27	102.89	175.46
	10.0	15.3	1.29	2.02	32.84	126.11
	15.0	15.4	0.95	1.61	13.20	64.27
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex	0.0	14.5	1.55	1.81	54.00	85.98
	1.0	14.0	1.60	1.82	57.34	84.40
	3.0	14.2	1.45	1.87	43.29	92.86
	5.0	14.2	1.54	1.97	51.86	108.56
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol	0.0	13.6	1.56	1.75	51.63	72.89
	1.0	13.9	1.49	1.79	45.98	79.72
	3.0	13.9	1.58	1.82	54.82	83.80
	5.0	14.4	1.64	1.75	63.52	77.18



รูปที่ 4.6 ความแข็งกระด้างตามแนวด้ายพุ่งของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร



รูปที่ 4.7 ความแข็งกระด้างตามแนวด้ายยืนของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร

จากผลการทดลองค่าความแข็งกระด้างของผ้าสามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ไม่มีประจุทั้งของ Lustrex และของ Silastol ความแข็งกระด้างของผ้าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่ง แสดงว่าสารทำให้นุ่มที่ไม่มีประจุมีประสิทธิภาพในการทำให้ผ้านุ่มได้ดีกว่าของสารทำให้นุ่มประจุบวกของ Tego 28 เมื่อนำดินมอนต์มอริลโลไนต์ดัด

แปรมาเติมลงในสารทำให้นุ่มที่ไม่มีประจุของ Lustrex พบว่าความกระด้างของผ้าตามแนวด้ายพุ่งไม่เปลี่ยนแปลงมากนักและมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์เพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกัน ความกระด้างตามแนวด้ายยืนกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร อย่างไรก็ตาม ค่าความกระด้างที่เพิ่มขึ้นของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มไม่มีประจุของ Lustrex ที่มีการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรยังคงมีค่าน้อยกว่าของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ สำหรับความกระด้างของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มไม่มีประจุของ Silastol ที่เติมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร พบว่าความกระด้างของผ้าตามแนวด้ายยืนค่อนข้างใกล้เคียงกันเมื่อเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรเพิ่มขึ้น สำหรับความกระด้างตามแนวด้ายพุ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนักเมื่อปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่เติมลงไปเพิ่มขึ้น และเช่นเดียวกันค่าความกระด้างของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จดังกล่าวยังคงมีค่าน้อยกว่าของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มไม่มีประจุที่เติมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรลงไปในสูตรทำให้นุ่มให้ผลความกระด้างในทิศทางที่ไม่ชัดเจนมากนัก จึงยากที่จะสรุปผลกระทบของมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่เติมลงไปในสารทำให้นุ่มไม่มีประจุที่มีผลกระทบต่อความกระด้างของผ้าฝ้าย

สำหรับผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มประจุบวก Tego 28 ความกระด้างของผ้าทั้งตามแนวด้ายพุ่งและแนวด้ายยืนเพิ่มขึ้นกว่าของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จซึ่งอาจเป็นผลของสมบัติของสารทำให้นุ่มดังกล่าว แต่เมื่อมีการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรในสารทำให้นุ่มประจุบวกพบว่า ค่าความกระด้างของผ้ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทั้งตามแนวด้ายพุ่งและแนวด้ายยืนเมื่อเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์เพิ่มขึ้นจนถึง 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ความกระด้างของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์เพิ่มขึ้นเป็น 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเป็นเพราะว่าปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่เติมลงไปในปริมาณมากที่ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์อาจมีแนวโน้มที่จะดูดซับความชื้นจากบรรยากาศได้มากขึ้นจึงมีผลทำให้ความกระด้างของผ้าฝ้ายลดน้อยลง หรืออาจเป็นเพราะดินมอนต์มอริโลไนต์ที่ดัดแปรยังมีการแลกเปลี่ยนประจุที่ยังไม่สมบูรณ์เมื่อนำไปเติมลงในสูตรทำให้นุ่มประจุบวก Tego 28 อาจจะเกิดการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างกันได้อีก ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อผลความกระด้างที่ได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนมากในส่วนนี้ ซึ่งอาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในภายหลัง

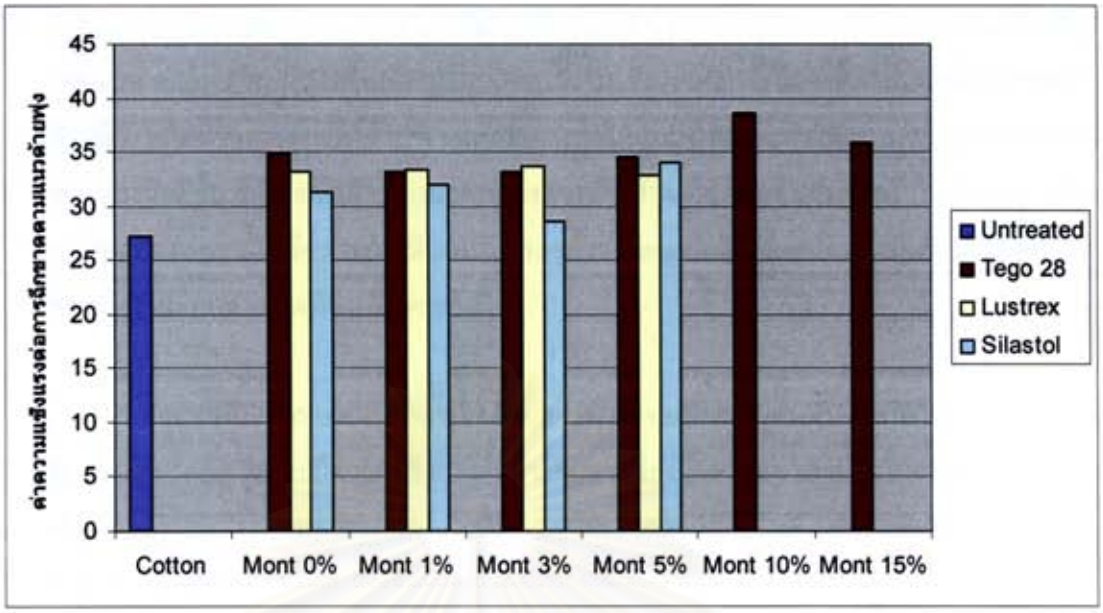
4.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้า

ผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม ชนิดประจุบวก Tego 28 และสารทำให้นุ่ม Lustrex และ Silastol ชนิดไม่มีประจุ ทั้งที่ไม่มีและมีการ

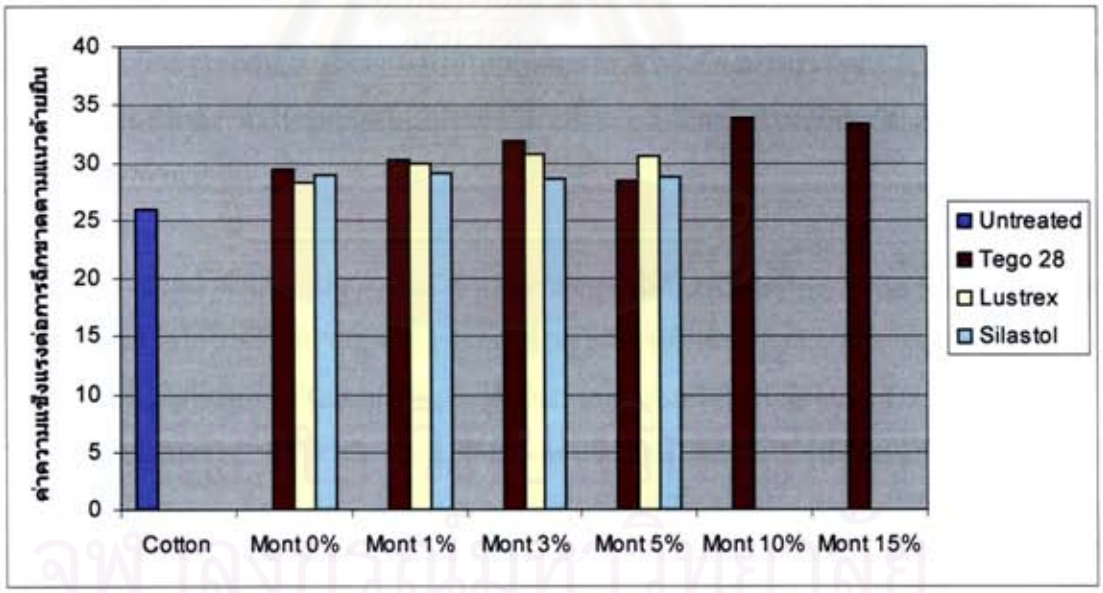
ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ปริมาณแตกต่างกัน นำมาวัดค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้าย ผลของการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตาราง ที่ 4.5 ค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ศึกษาที่ไม่มีและมีการผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ปริมาณแตกต่างกัน

ชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบ	ปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ใส่ในสูตรตกแต่งสำเร็จ (%)	ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด	
		แนวด้ายยืน(N)	แนวด้ายพุ่ง (N)
ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง	0.0	25.99	27.17
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28	0.0	29.40	34.87
	1.0	30.20	33.22
	3.0	31.96	33.19
	5.0	28.38	34.52
	10.0	33.83	38.51
	15.0	33.31	35.81
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex	0.0	28.27	33.09
	1.0	29.91	33.25
	3.0	30.82	33.62
	5.0	30.51	32.85
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol	0.0	28.87	31.35
	1.0	29.07	31.99
	3.0	28.57	28.56
	5.0	28.80	34.03



รูปที่ 4.8 ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้ายตามแนวเส้นด้ายพุ่งที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร



รูปที่ 4.9 ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้ายตามแนวเส้นด้ายยืนที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมและไม่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร

จากผลการทดลองความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้าย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จกับผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่ม พบว่า ผ้า

ฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มมีความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าทั้งตามแนวด้ายยืนและตามแนวด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดตามแนวทั้งสองของผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ แสดงว่าสารทำให้นุ่มมีส่วนช่วยทำให้ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าดีขึ้น แต่เมื่อนำผ้าฝ้ายมาตกแต่งสารทำให้นุ่มที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรชนิดประจุบวก Tego 28 หรือสารทำให้นุ่มไม่มีประจุทั้ง Lustrex และ Silastol ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยดังนี้

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรชนิดประจุบวก Tego 28 จะมีความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าตามแนวด้ายพุ่งในแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้ปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ 10.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดตามแนวด้ายยืนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรเพิ่มขึ้นในสารทำให้นุ่มประจุบวก Tego 28

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรชนิดไม่มีประจุชนิด Lustrex ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดตามแนวด้ายพุ่งไม่แตกต่างกันมาก ส่วนความแข็งแรงต่อการฉีกขาดตามแนวด้ายยืนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะสรุปผลได้ว่า การเติมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรปริมาณ 1.0, 3.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ในสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุชนิด Lustrex ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้ามากนัก

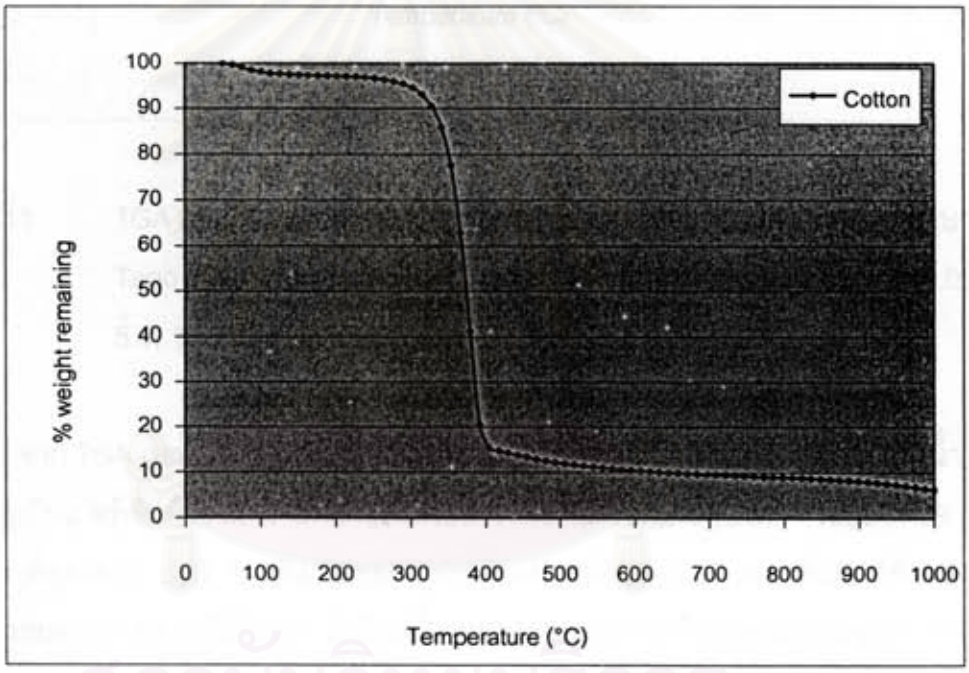
ส่วนผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุชนิด Silastol เมื่อผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ปริมาณเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดตามแนวด้ายพุ่งค่อนข้างแปรผันแต่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการใช้ปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่ 5.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดตามแนวด้ายยืนค่อนข้างใกล้เคียงกัน การเติมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่ปริมาณ 1 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ในสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุชนิด Silastol ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อการฉีกตามแนวด้ายยืนของผ้าฝ้าย

4.7 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริกอะนาไลซิส (Thermogravimetric Analysis ; TGA)

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จและยังไม่ได้ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 และสารทำให้นุ่ม Silastol และ Lustrex ชนิดไม่มีประจุ ได้นำมาวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริกอะนาไลซิส เพื่อศึกษาถึงเสถียรภาพทางความร้อน (thermal stability) และผลของสมบัติทางความร้อนได้แสดงไว้ในหัวข้อถัดไปดังนี้

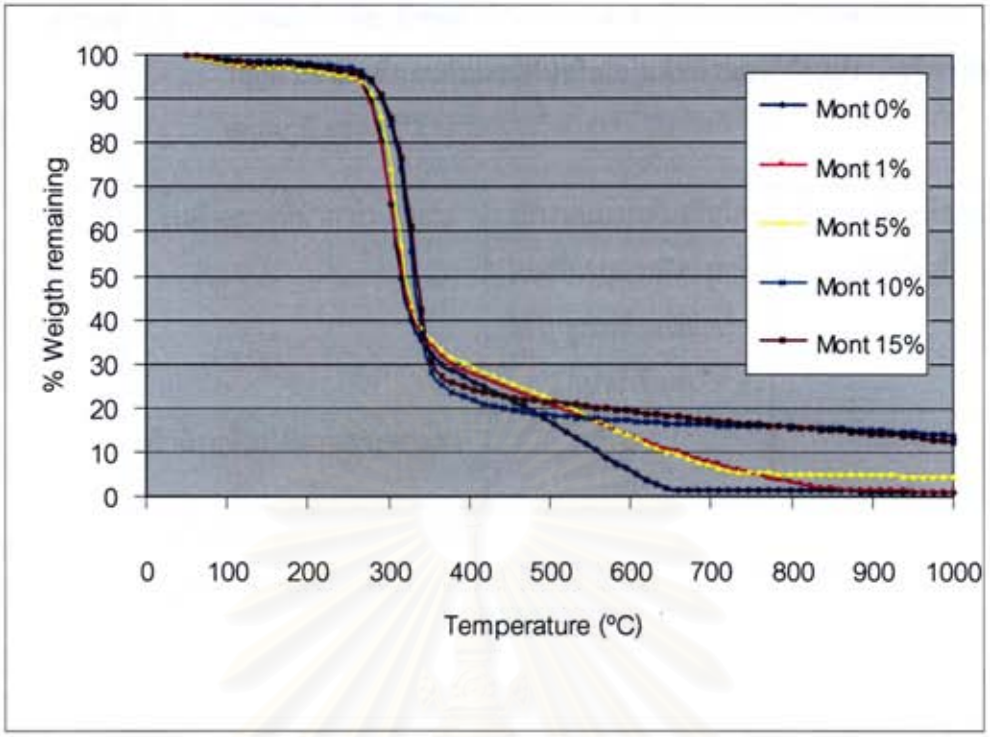
4.7.1 ผลของสมบัติทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ทำการตกแต่งสำเร็จและผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28

สมบัติทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.10 และผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารตกแต่งที่ประกอบด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 และมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในปริมาณ 0.0, 1.0, 5.0, 10.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 TGA เทอร์โมแกรมของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 TGA เทอร์โมแกรมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในปริมาณ 0.0, 1.0, 5.0, 10.0 และ15.0 เปอร์เซ็นต์

จาก TGA เทอร์โมแกรม ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11 และผลในตารางที่ 4.6 ที่ แสดงน้ำหนักที่เหลืออยู่เป็นเปอร์เซ็นต์ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เริ่มสังเกตเห็นความแตกต่างที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.11 จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 และสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวกที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรมีน้ำหนักที่เหลืออยู่เป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่ใส่ลงไปในสารทำนุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 หลังการทดสอบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรมีผลทำให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 มีเสถียรภาพทางความร้อนที่สูงขึ้นตามปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรที่ใส่ลงไป

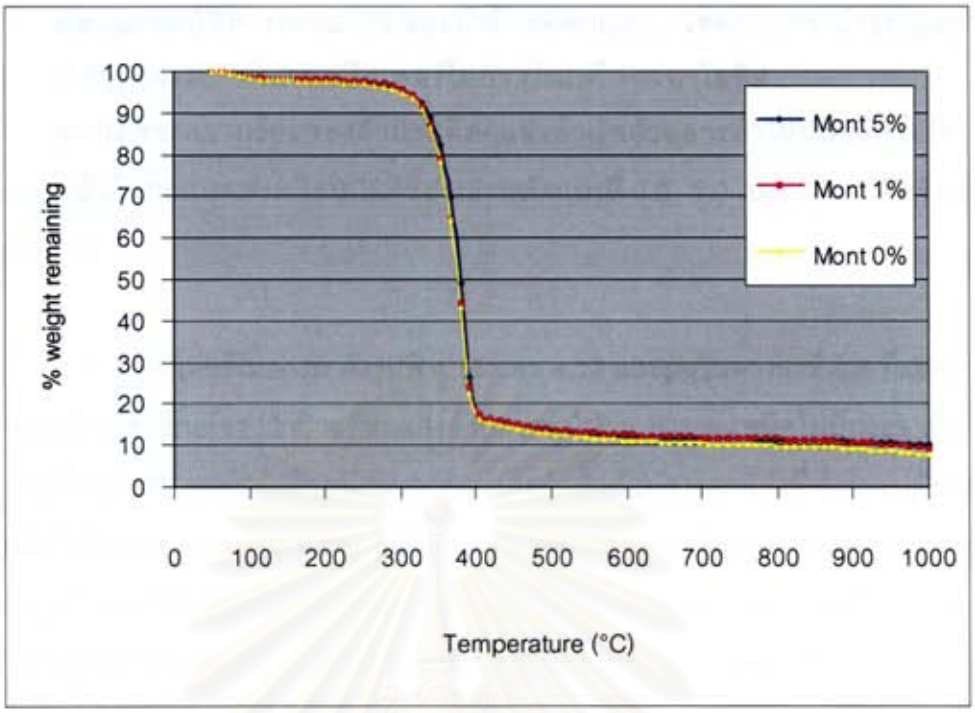
ตารางที่ 4.6 น้ำหนักที่เหลืออยู่ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400 °C

ชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบ	ปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ใส่ในสูตรตกแต่งสำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักที่เหลืออยู่ (เปอร์เซ็นต์)
ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง	0	15.18
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28	0	25.86
	1.0	27.64
	5.0	29.25
	10.0	30.12
	15.0	31.80

4.7.2 ผลของสมบัติทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex

สมบัติทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารตกแต่งที่ประกอบด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex และมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในปริมาณ 0.0, 1.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ แสดงไว้ในรูปที่ 4.12

จาก TGA เทอร์โมแกรม ดังรูปที่ 4.10 และ 4.12 และผลในตารางที่ 4.7 ที่แสดงน้ำหนักที่เหลืออยู่เป็นเปอร์เซ็นต์ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400 °C พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารตกแต่งที่ประกอบด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex ที่มีและไม่มีการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร น้ำหนักที่เหลืออยู่เป็นเปอร์เซ็นต์หลังการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่ามอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่เติมลงในสูตรสารตกแต่งของสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex ไม่มีผลกระทบต่อเสถียรภาพทางความร้อนของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex มากเท่าใดนัก ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลของอัตราเร็วในการลุกลามของเปลวไฟของผ้า



รูปที่ 4.12 TGA เทอร์โมแกรมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในปริมาณ 0.0, 1.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

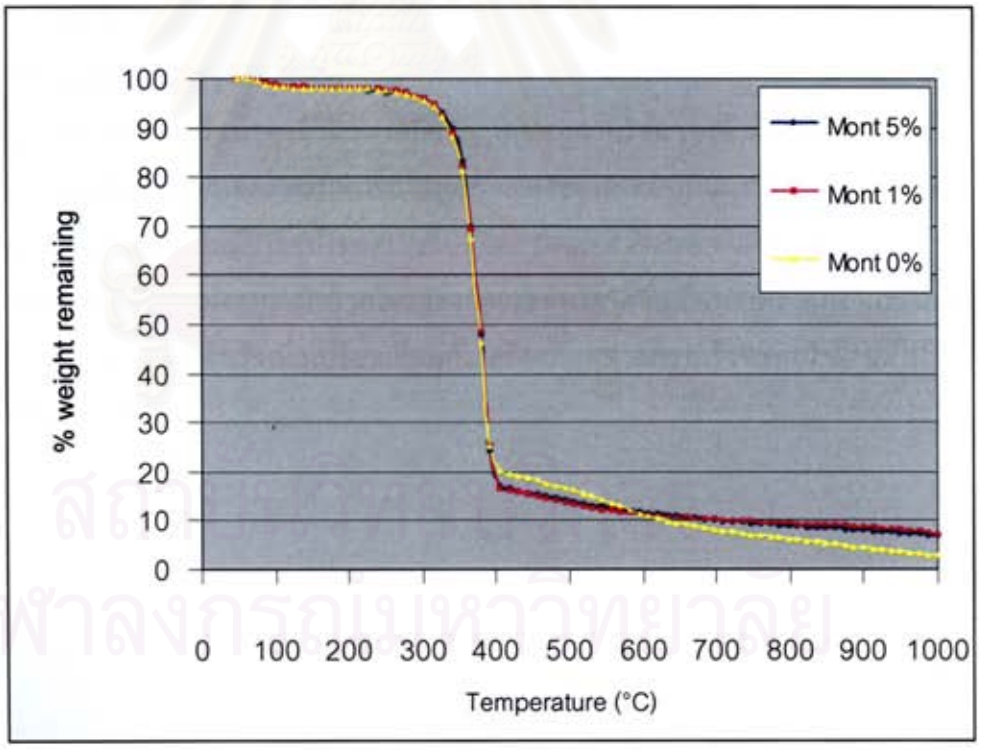
ตารางที่ 4.7 น้ำหนักที่เหลืออยู่ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Lustrex และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400 °C

ชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบ	ปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ใส่ในสูตรตกแต่งสำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักที่เหลืออยู่ (เปอร์เซ็นต์)
ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง	0	15.18
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มประจุลบ Lustrex	0	16.16
	1	16.86
	5	17.05

4.7.3 ผลของสมบัติทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol ด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริกอะนาไลซิส

สมบัติทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุชนิด Silastol ที่มีปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ 0.0, 1.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ แสดงไว้ในรูปที่ 4.13

จาก TGA เทอร์โมแกรม ดังรูปที่ 4.10 และ 4.13 และผลในตารางที่ 4.8 ที่แสดงน้ำหนักที่เหลืออยู่เป็นเปอร์เซ็นต์ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่ม Silastol ชนิดไม่มีประจุ เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400 °C พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยสารตกแต่งที่ประกอบด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol ที่มีและไม่มีการเ ติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร น้ำหนักที่เหลืออยู่เป็นเปอร์เซ็นต์หลังการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน มอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่เติมลงในสูตรของสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol ไม่มีผลกระทบต่อเสถียรภาพทางความร้อนของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มประเภทนี้



รูปที่ 4.13 TGA เทอร์โมแกรมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในปริมาณ 0.0, 1.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักที่เหลืออยู่ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุ Silastol และที่ผสมกับมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 400 °C

ชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบ	ปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรที่ใส่ในสูตรตกแต่งสำเร็จ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักที่เหลืออยู่ (เปอร์เซ็นต์)
ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง	0	15.18
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุลบ Silastol	0	16.46
	1	17.27
	5	17.32

จากผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 ที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรมีผลต่อเสถียรภาพทางความร้อนของผ้าฝ้าย เสถียรภาพทางความร้อนของผ้าฝ้ายดีขึ้นเมื่อมีการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรเพิ่มขึ้นในสูตรตกแต่งของสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 ส่วนสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุทั้งของ Lustrex และ Silastol ที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรแล้วนำมาตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายไม่แสดงผลกระทบใดๆต่อเสถียรภาพทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จเมื่อเปรียบเทียบกับเสถียรภาพทางความร้อนของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

โครงงานวิจัยนี้ได้มีการนำมอนต์มอริลโลไนต์มาทำการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange) กับสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 (Di-Palm carboxyethyl hydroxyethyl methyl ammonium methosulfate) แล้วทำการวิเคราะห์โดยเทคนิค XRD พบว่า สารทำให้นุ่มชนิดประจุบวกสามารถแยกระยะห่างระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมซิลิเกตของมอนต์มอริลโลไนต์ได้ ทำให้ได้ออร์กาโนเคลย์ ที่สามารถนำไปผสมในสารตกแต่งทำให้นุ่ม เช่น สารทำให้นุ่มทั้งชนิดที่เป็นประจุบวก Tego 28 และไม่มีประจุ 2 ชนิด คือ Lustrex (High-melt polyethylene emulsion และ Silastol (Silicone elastomer) หลังจากนั้น เตรียมสารทำให้นุ่มที่มีส่วนประกอบของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรมาตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายโดยวิธีจุ่มอัด หลังจากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ยังไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จและตกแต่งสำเร็จแล้วไปทดสอบสมบัติต่างๆ คือ ทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยการทดสอบสมบัติการติดไฟ (flammability test) เทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริกอะนาไลซิส (thermogravimetric analysis, TGA) ทดสอบความขาว (whiteness) ทดสอบความแข็งกระด้าง (stiffness test) ทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (tear strength) จากผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. โครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร มีระยะห่างระหว่างชั้นของแผ่นอะลูมิเนียมซิลิเกตเพิ่มขึ้นมาก จากการแทรกสอดด้วยสารทำให้นุ่มชนิด Tego 28 ที่ความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และใช้เวลาในการกวนสารละลายผสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถเพิ่มระยะห่างระหว่างชั้นของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรจาก 12.49 อังสตรอม เป็น 63.50 อังสตรอม

2. ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 และผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 ที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปร พบว่า ผ้าฝ้ายมีสมบัติการหน่วงไฟที่ดีขึ้นบ้างเล็กน้อยเพราะอัตราการลุกลามของเปลวไฟช้าลง และมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีขึ้นเมื่อเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในสารตกแต่งทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28 เพิ่มขึ้น สำหรับสมบัติอื่น เช่น ความขาวของผ้า พบว่าความขาวของผ้าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อปริมาณการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรเพิ่มเป็น 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ความขาวของผ้าลดลงและเริ่มสังเกตว่าผ้าเหลืองเล็กน้อยได้ด้วยตาเปล่า ส่วนสมบัติความแข็งกระด้าง

ของผ้า พบว่า ผ้ามีความแข็งกระด้างในแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทั้งตามแนวด้ายพุ่งและแนวด้ายยืนเมื่อปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่เติมลงไปในสูตรทำให้นุ่มไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรเพิ่มเป็น 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ความกระด้างของผ้าฝ้ายลดลงอย่างมากซึ่งอาจจะเกิดจากสาเหตุของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรมีความสามารถได้การดูดซับความชื้นได้มากกว่าปกติจึงมีผลกระทบต่อความกระด้างของผ้าฝ้าย ส่วนสมบัติความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่มากนักเมื่อมีปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรเพิ่มขึ้นในสูตรการตกแต่งทำให้นุ่มชนิดประจุบวก Tego 28

3. ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Lustrex และผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Lustrex ที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรพบว่า ผ้าฝ้ายไม่มีสมบัติการหน่วงไฟที่ดีขึ้น เพราะอัตราการลุกลามของเปลวไฟไม่ได้ช้าลงและเสถียรภาพทางความร้อนไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในสารตกแต่งทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Lustrex ไม่ช่วยให้ผ้ามีการหน่วงไฟที่ดีขึ้น สำหรับสมบัติอื่นๆ เช่น ความขาวของผ้า พบว่า ความขาวของผ้าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ยังไม่สามารถสังเกตเห็นความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าได้ด้วยตาเปล่า ส่วนสมบัติความแข็งกระด้างของผ้า พบว่า ความแข็งกระด้างของผ้าเมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งกระด้างของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จจะน้อยลงเมื่อตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มไม่มีประจุของ Lustrex แต่เมื่อมีการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรเข้าไปในสูตรของการตกแต่งสำเร็จพบว่า ความกระด้างไม่เปลี่ยนแปลงมากนักมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามแนวด้ายยืนและลดลงตามแนวด้ายพุ่ง ซึ่งไม่สามารถสรุปผลกระทบของมอนต์มอลิลโลไนต์ที่มีต่อความกระด้างของผ้าได้ชัดเจน และสมบัติความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้าย พบว่าการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรเพิ่มขึ้นในสูตรตกแต่งทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุบของ Lustrex ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้ามากนัก

4. ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Silastol และผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Silastol ที่ผสมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรพบว่า ผ้าฝ้ายไม่มีสมบัติการหน่วงไฟที่ดีขึ้น เพราะอัตราการลุกลามของเปลวไฟเร็วขึ้นและเสถียรภาพทางความร้อนไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ผ่านการดัดแปรในสารตกแต่งทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุของ Silastol ไม่ช่วยให้ผ้ามีการหน่วงไฟที่ดีขึ้น สำหรับสมบัติอื่นๆ เช่น ความขาวของผ้า พบว่า ความขาวของผ้าลดลงมาก และสังเกตเห็นความแตกต่างความเหลืองของผ้าได้อย่างชัดเจนเมื่อมองด้วยตาเปล่า ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าสารทำให้นุ่มชนิดไม่มี

ประจุของ Silastol มีสมบัติที่ไม่ทนต่อความร้อน ส่วนสมบัติความแข็งกระด้างของผ้า พบว่า ความแข็งกระด้างของผ้าเมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งกระด้างของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จจะน้อยลงเมื่อตกแต่งด้วยสารทำให้นุ่มไม่มีประจุของ Silastol แต่เมื่อมีการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรเข้าไปในสูตรของการตกแต่งสำเร็จเพิ่มขึ้นพบว่า ความกระด้างมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันตามแนวด้ายยืนและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามแนวด้ายพุ่ง อย่างไรก็ตามไม่สามารถสรุปผลกระทบของมอนต์มอลิลโลไนต์ต่อความกระด้างของผ้าได้ชัดเจน และสมบัติความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าฝ้าย พบว่าการเติมปริมาณมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรเพิ่มขึ้นในสูตรตกแต่งทำให้นุ่มชนิดไม่มีประจุบของ Silastol ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้ามากนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผลของการเติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรลงในสูตรสารทำให้นุ่มชนิดประจุบวกให้ผลที่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างทางด้านการหน่วงไฟของผ้าคืออัตราการลุกลามของเปลวไฟที่ช้าลงและความกระด้างของผ้าที่เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากเมื่อปริมาณการเติมมอนต์มอริลโลไนต์เพิ่มมากขึ้นในสูตรตกแต่งสำเร็จ ซึ่งควรที่จะศึกษาในรายละเอียดในส่วนนี้เพิ่มเติมว่าเกิดมาจากสาเหตุใดได้บ้าง และควรศึกษาผลกระทบของมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปรในสูตรตกแต่งสำเร็จสิ่งทอทางด้านอื่นเพิ่มเติมด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. อัญชลี สุทธิประการ **"แร่ในดิน"** พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, 2354
2. คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตร มมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, **"ปฐพีวิทยาเบื้องต้น"** พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.
3. A.R. Horrocks, **Textile finishing**, D. Heywood, Eds., Society of Dyers and colourists, 2003
4. B.F. Smith, and I. Block, **Textiles in perspective, Prentice-Hall**, INC., Englewood Cliffs, NJ, 1982.
5. C.G. Moog and K.E. Gonsalves, **Nanotechnology**, Series 622, Chapter 17, 1995.
6. C.M. Carr, **Chemistry of the Textile Industry**, Blackie Academic & Professional, NY, 1995.
7. J.W. Cho and D.R. Paul, Nylon 6 nanocomposite by melt compounding, **Polymer**, Vol.42, 1083-1094, 2001.
8. L.A. White, et. al. Preparation and Thermal Analysis of Cotton-Clay Nanocomposite, **Journal of Applied Polymer Science**, Vol. 92, 2125-2131, 2004.
9. N. jiratumnukul, S. Pruthipaitoon, T. Pitsaroup, **Journal of Metals materials, Minerals**, Vol.13, 65-70, 2004.
10. P. Bajai, Finishing of Textile Material, **Journal of Applied Polymer Science**, Vol. 83, 631-659, 2002.
11. Q. Fan , et. al. Nanoclay-Modified Polypropylene Dyeable with Acid and Disperse Dyes, **AATCC Review**, Vol. 3, 25-28, 2003
12. W.S. Perkins, **Textile Coloration and Finishing**, Carolina Academic Press, Durham, NC, 1996.
13. Schill& Seilacher GmbH. & Co., **Textile with Flame Retardant Properties.**
14. Available : http://www.elsevier.nl/locate/polymer
15. Available : http://www.prsc.usm.edu/macrog/mpm/composit/nano/modify

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย