

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและสมมุติฐาน

การวิจัยครั้งนี้เพื่อการพัฒนาผ้าฝ้ายห่วงไฟ โดยใช้สารนาโนซิลิคอนที่สกัดจากฟางข้าว เพื่อใช้ในการผลิตสารห่วงไฟ โดยมีทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1.1 ซิลิคอนและนาโนซิลิคอน
- 2.1.2 องค์ประกอบของไฟ
- 2.1.3 สิ่งทอห่วงไฟ
- 2.1.4 ลักษณะของผ้าฝ้ายและการลุกลไหม้
- 2.1.5 ลักษณะของผ้าไหมและการลุกลไหม้
- 2.1.6 การตกแต่งสำเร็จห่วงไฟบนสิ่งทอ
- 2.1.7 มาตรฐานการทดสอบการลุกลไหม้ของสิ่งทอห่วงไฟ

2.1.1 ซิลิคอนและนาโนซิลิคอน (Silicon and Nano-Silicon)

1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับซิลิคอน

ซิลิคอน คือ ธาตุที่อยู่ในตารางธาตุ ซึ่งมีสัญลักษณ์ คือ Si และมีเลขอะตอม คือ 14 เป็นธาตุกึ่งโลหะแบบเตตระวาเลนต์ (คือ มีวาเลนซ์เป็น 4) เป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับสอง (ร้อยละ 27.72) ที่พบในเปลือกโลก (Earth's crust) รองลงมาจากธาตุออกซิเจน (O) ซึ่งมีมากที่สุด ถึงร้อยละ 46.6 โดยน้ำหนัก ซิลิคอนที่พบในธรรมชาติทั่วไป ไม่พบอยู่ในรูปอิสระ แต่จะอยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ ซึ่งพบได้ในทราย คือ พบอยู่ในรูป ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ซึ่งพบได้ในดิน หิน แร่ธาตุต่างๆ และในน้ำทะเล นอกจากนี้ยังพบในรูปของสารประกอบซิลิเกต (Silicate) เช่น กรดซิลิสิก (Silicic acid) และสารประกอบซิลิเกต (Silicate Compound) ซึ่งมีหน่วยโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่หน้า (SiO_4 tetrahedral) ซิลิคอนเป็นอะตอมกลางและล้อมด้วยออกซิเจน 4 อะตอม เป็น SiO_4 ซึ่งมีอะตอมของออกซิเจน เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างออกซิเจนกับตัวซิลิคอนที่อยู่ใน SiO_4 ที่อยู่ใกล้เคียงกันซึ่งโครงสร้างนี้อาจเกิดเป็นอิสระหรือเป็นกลุ่มเป็นลูกโซ่หรือเป็นแผ่นโดยมีธาตุโลหะชนิดอื่นๆรวมอยู่ด้วย ลักษณะของซิลิคอนดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของซิลิคอน
ที่มา : กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2547

ตารางที่ 2.1 สมบัติโดยทั่วไปของธาตุซิลิคอน

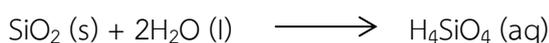
คุณสมบัติ	
เลขอะตอม	14 เป็นธาตุตัวที่ 2 ของหมู่ IVA ในตารางธาตุจัดเป็นธาตุกึ่งโลหะ
น้ำหนักอะตอม (amu)	28.086
รัศมีอะตอม (พิโกเมตร)	117
ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เมตร)	242
จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	1420
จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	2380
โครงสร้างอิเล็กตรอน	[Ne] 3s ² 3p ²
เลขออกซิเดชันสามัญ	+4
ไอโซโทปที่เสถียร	²⁸ Si (92.21%) ²⁹ Si (4.70%) ³⁰ Si (3.09%)
อิเล็กโตรเนกาติวิตี	1.8

ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2547

2) รูปแบบของซิลิคอนที่ปรากฏในธรรมชาติ

2.1) ซิลิกาผลึก (Crystalline Silica) ซิลิกาผลึกสามารถแบ่งแยกย่อยได้หลายชนิดตามความแตกต่างของรูปร่าง ลักษณะของผลึกและความหนาแน่นของซิลิกา รูปร่างผลึกมีหลายแบบ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม สี่เหลี่ยมลูกบาศก์ และเส้นยาว ตัวอย่างซิลิกาที่มีลักษณะเป็นรูปผลึก เช่น high - temperature quartz หรืออาจพบในรูป low - temperature quartz ซิลิกาผลึกสามารถแบ่งย่อยได้ 3 รูปแบบใหญ่ๆ ได้แก่ quartz tridymite และ cristobalite ซึ่งสองรูปหลังพบได้ยากตามธรรมชาติ รูปแบบต่างๆสามารถเปลี่ยนไปมาระหว่างกันได้โดยการใช้ความร้อนกระทำ

2.2) ซิลิกาอสัณฐาน (Amorphous silica or Non - Crystalline Silica) ซิลิกาอสัณฐานเป็นซิลิกาที่มีส่วนประกอบของรูปร่างที่ไม่เป็นรูปผลึกที่แน่นอน พันธะเคมีในซิลิกา ออสัณฐานมีหลายชนิด รวมทั้ง Siloxane (Si-O-Si) Silinol (Si-O-H) Silane (Si-H) หรือ Organic Silicon (Si-O-R หรือ Si-C-R) ปฏิกริยาที่สำคัญของซิลิกาอสัณฐาน คือ คุณสมบัติในการละลายน้ำ ซึ่งสามารถละลายได้ 1.4-2.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังสมการ



ความสามารถในการละลายน้ำของซิลิกาอสัณฐาน จะไม่ขึ้นอยู่กับ pH ถ้า pH ของสารละลายต่ำกว่า 9 แต่ถ้า pH สูงกว่า 9 ความสามารถในการละลายน้ำของซิลิกาจะสูงขึ้น เพราะเกิดจากการแตกตัวของกรดซิลิซิกที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน ซิลิกาอสัณฐาน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

2.2.1) Vitreous Silica เป็นซิลิกาที่ใช้ทำแก้ว มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอด ไม่มีรู รูปร่างขนาดเล็ก เกิดจากการหลอมซิลิกาชนิดผลึก

2.2.2) Silica gel เป็นซิลิกาที่มีรูปร่างเป็นรูขนาดเล็ก (Porous) อยู่เป็นจำนวนมาก มีพื้นที่ผิวอนุภาคสูง ตัวอย่างของซิลิกาชนิดนี้ได้แก่ Aquagel Alcogels Xerogels และ Aerogels

2.2.3) Silica Powder เป็นซิลิกาที่มีส่วนประกอบเป็นโครงสร้างที่มีรูขนาดเล็กมาก ในระดับไมโครเมตรถึงนาโนเมตร เรียกโครงสร้างนี้ว่า Microstructure หรือ Nanostructure ตามลำดับ ตัวอย่างซิลิกาชนิดนี้ได้แก่ ผงไพโรจีนิก (Pyrogenicgel Powder) ได้จากการระเหยเอาส่วนที่เป็นน้ำในซิลิกาออกไป ผงเอควาเจล (Aquagel Powder) ได้จากการตกตะกอนสารละลายเอควาเจนิก (Aquagenic) และผงไบโอจีนิก เป็นซิลิกาชนิดผงเอควาเจนิกที่สร้างขึ้นในพืชหรือไดอะตอม

2.3) กระบวนการในการแยกซิลิกา

2.3.1) การแยกด้วยวิธีทางเคมี เช่น การทำปฏิกิริยากับ HCl เกิดเป็น Trichlorosilane แล้วนำไปกลั่นเพื่อแยกให้บริสุทธิ์มากขึ้น

2.3.2) การแยกด้วยวิธีทางฟิสิกส์ เช่น การนำซิลิคอนที่ได้ มาทำการหลอมละลายและทิ้งให้เย็น เพื่อให้ซิลิคอนมีสถานะของแข็งอีกครั้งหนึ่ง เป็นการดึงเอาสารปนเปื้อนให้แยกออกจากซิลิคอนบริสุทธิ์โดยสารปนเปื้อนดังกล่าวจะรวมตัวอยู่ที่ปลายสุดด้านหนึ่งของแท่งทำให้

สามารถตัดส่วนปลายนั้นทิ้งไปได้ และล้างด้วยกรดเพื่อแยกเอาสิ่งปนเปื้อนออกไป ทำให้ได้ซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น หรืออาจทำได้โดยการนำซิลิคอนที่ได้มาหลอมที่อุณหภูมิสูงเพื่อดึงเอาโลหะตัวอื่นๆ ที่เหลือปนอยู่ออกไป ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้ มีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้น กรรมวิธีดังกล่าวได้รับความนิยมอย่างมากในวงการอุตสาหกรรมโดยทั่วไป

2.3.3) การเผา คือ การเผาด้วยอุณหภูมิ 500 – 700 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวิธีที่นิยม เนื่องจากได้เปอร์เซ็นต์ซิลิกาสูง ซึ่งการแยกซิลิกาจากวัสดุทางการเกษตรจะนิยมใช้วิธีนี้มากที่สุด เพราะลงทุนไม่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ซึ่งซิลิกาที่ได้จากกระบวนการล้างและเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส นั้นจะยังไม่มียุพลึกที่ชัดเจน เป็นอสัณฐานซิลิกา (Amorphous phase) มีเปอร์เซ็นต์ SiO_2 อยู่สูงมาก (>99%) มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific surface area) สูงมาก มีขนาดของอนุภาคที่ละเอียดมาก (ต่ำกว่า 5 ไมโครเมตร) เมื่อเทียบกับซิลิกาที่ได้จากแหล่งวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ซิลิกาที่ได้จากการบดทราย Quartz Flint รวมทั้งเมื่อเทียบกับอสัณฐานซิลิกาที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตเล็กๆพวกไดอะตอมที่ตายแล้ว ตกตะกอนทับถมกันมานานหลายร้อยล้านปี ซึ่งอสัณฐานซิลิกาเหล่านี้เราเรียกว่า ไดอะตอมไมท์ (Diatomite)

2.3.4) ประโยชน์ของซิลิคอน เนื่องจากซิลิคอน เป็นสารกึ่งตัวนำจึงนำมาใช้ทำวงจรรไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์ วิทยุ โทรทัศน์และใช้ทำเซลล์สุริยะ ซิลิกาใช้ทำแก้ว ใช้ทำส่วนประกอบของนาฬิกาควอตซ์ ในรูปซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) ใช้ทำเครื่องสับ เครื่องบด เครื่องโม่ ในรูปซิลิกาเจล ใช้ดูดความชื้นใช้เป็นตัวดูดซับในการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี ในรูปซิลิเกตใช้ทำ เครื่องปั้นดินเผา เส้นใยแก้ว เส้นใยนำแสง ในรูปซิลิโคนซึ่งเป็น พอลิเมอร์ของซิลิคอน เป็นสารที่ไม่รวมตัวกับน้ำ ไม่นำไฟฟ้า ทนความร้อนและไม่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า และใช้เคลือบผิววัตถุเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเคมี (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2547)

3) นาโนซิลิคอน (Nano-Silicon) คือ ซิลิคอน ที่มีขนาดเล็กในช่วง 1 -1000 นาโนเมตร และมีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันเป็นกลุ่ม จึงเป็นที่รู้จักในนามของ อนุภาคนาโนซิลิคอน ในปัจจุบันได้มีการผลิตให้นาโนซิลิคอนให้มีขนาดเล็กมากขึ้น โดยขนาดของอนุภาคนาโนซิลิคอน ในปัจจุบันมีขนาดเล็กลงถึง 10 - 25 นาโนเมตร การสังเคราะห์ด้วยการให้ความร้อนทำให้สามารถผลิตอนุภาคนาโนซิลิคอนได้เล็กถึง 2 นาโนเมตร ขนาดของรูพรุนของนาโนซิลิกามักอยู่ในช่วง mesopores ซึ่งมีขนาดประมาณ 2 - 50 นาโนเมตร หรืออาจอยู่ในรูปไม่มีรูพรุนได้

อนุภาคนาโนซิลิคอนไม่ละลายน้ำเมื่อปรากฏในน้ำจะอยู่ในรูป $\text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ โดยลักษณะพื้นผิวของซิลิกาจะเป็นลักษณะชอบน้ำ (hydrophilicity) ซึ่งลักษณะสมบัตินี้จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนของ กลุ่มไฮดรอกซิล ที่มีพันธะกับซิลิคอน หรือที่เรียกว่ากลุ่ม silanols ในอนุภาคนาโนซิลิคอน ซึ่งกลุ่มนี้จะทำให้เกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำ เป็นส่วนที่ทำให้อนุภาคนาโนซิลิคอนมีลักษณะสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดีลักษณะสมบัตินี้ได้ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ นอกจากนี้สารนาโนซิลิคอนนี้จัดได้ว่าเป็นสารเฉื่อย จึงมักนิยมนำมาใช้ในการผลิตอาหาร โดยสารชนิดนี้จะเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ทำหน้าที่ต่างๆ เช่น ตัวกลางเพิ่มรสชาติ สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของอาหาร สารลดฟองในเครื่องดื่ม เป็นต้น และจากการที่สารชนิดนี้สามารถอัดแน่นได้ดีจึงนิยมไปใช้ในการป้องกันการจับตัวของส่วนประกอบต่างๆ

4) การใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมของนาโนซิลิกา หรือ นาโนซิลิคอน ปัจจุบันนาโนซิลิกามีบทบาทสำคัญทั้งในด้านอุตสาหกรรม และด้านการศึกษาวิจัยเป็นอย่างมาก โดยมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายแขนง ตัวอย่างเช่น

4.1) อุตสาหกรรมอาหาร อนุภาคนาโนซิลิกาจะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในส่วนของความเป็นวัตถุเจือปนอาหาร และอยู่ในอาหารโดยตรง เช่น การเป็นสารตัวกลางที่นำพารสชาติ สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของอาหาร สารลดฟองในเครื่องดื่ม เป็นต้น โดยผ่านข้อกำหนดการเป็นสารปรุงแต่งอาหารของ Joint Expert Committee on Food Additives ของ WHO/FAO อีกด้วย และยังมี การนำไปใช้เป็นวัตถุติดสำหรับหีบห่ออาหาร

4.2) อุตสาหกรรมทางการแพทย์ ในปัจจุบันได้มีการนำอนุภาคนาโนซิลิกาไปใช้งานทางการแพทย์ ในส่วนของการรักษามะเร็ง ระบบการนำส่งยา การตรึงเอนไซม์ และ DNA transfection เป็นต้น

4.3) อุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยา จากการที่อนุภาคนาโนซิลิกาเป็นสารที่มีความเฉื่อย จึงมักนำมาใช้ในเครื่องสำอาง โดยเฉพาะยาสีฟัน ในส่วนของการนำมาใช้กับยานี้ได้นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายโดยผ่านข้อกำหนดในการรักษานานาชาติ เช่น USP/NF (The United States Pharmacopeia-National Formulary) รวมทั้ง The European Pharmacopoeia 2002 เป็นต้น

4.4) อุตสาหกรรมยาง อนุภาคนาโนซิลิกานิยมใช้เป็นสารเสริมแรงที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมยาง เพราะการเติมสารนาโนซิลิกาเข้าไปในยางจะช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลต่างๆ ของยางให้ดีขึ้น โดยเฉพาะค่าความแข็ง (hardness) โมดูลัส (modulus) ความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear strength) และความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) โดยซิลิกาที่นิยมใช้มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 10 – 40 นาโนเมตร ซิลิคอนจะไม่อยู่โดดเดี่ยว ในรูปของอนุภาคปฐมภูมิ แต่จะจับกลุ่มรวมกันเป็นก้อนที่เรียกว่า แอกรีเกต (aggregate) เกิดเป็นโครงสร้างปฐมภูมิ (primary structure) ซึ่งโครงสร้างนี้ไม่สามารถถูกทำลายได้ในระหว่างการกวนผสม

4.5) อุตสาหกรรมยาปราบศัตรูพืช โดยนิยมนำไปใช้ในส่วนของ การเป็นยาฆ่าแมลง โดยสารชนิดนี้จะถูกดูดซับในชั้นไขมันของแมลง และทำให้เกิดการ dehydration ในแมลง ทำให้แมลงตายได้ สาร SAS ซึ่งมาจากกระบวนการให้ความร้อน CAS No. 112945-52-5 ได้ถูกระบุเป็นยาฆ่าแมลงในกลุ่มประเทศยุโรปตามข้อกำหนด EU Regulation 2003 อีกด้วย

4.6) อุตสาหกรรมซีเมนต์ การใช้ประโยชน์จากซิลิคอนที่มีขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตร เพื่อใช้เป็นส่วนผสมเพิ่มเติม (additive) เพื่อทำให้คอนกรีตมีคุณภาพสูง หรือ คอนกรีตไหลเข้าแบบได้ด้วยตนเอง ซึ่งการใช้ซิลิกาขนาดนาโน ทำให้คอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวมีความสามารถในการไหลเทดีขึ้น และยังเพิ่มกำลังอัดประลัยให้กับคอนกรีตอีกด้วย กำลังอัดและกำลังดึงของมอร์ตาร์ที่ผสมอนุภาคระดับนาโนข้างต้นมีค่าเพิ่มขึ้น หรือการซึมผ่านน้ำของคอนกรีตน้อยลง เนื่องจากอนุภาคระดับนาโนมีการกระจายตัวดีขึ้น ในส่วนผสมเพิ่มความหนืดของของเหลวในมอร์ตาร์ เนื่องจากอนุภาคนาโนมีขนาดเล็กมากจึงทำให้เม็ดปูนซีเมนต์ และมวลรวมสามารถลอยอยู่ในของเหลวในระหว่างที่เป็นมอร์ตาร์สดได้ (พัชรินทร์ วรธนกุล, 2553)

5) ในการทำงานกับสารเคมี ต้องระลึกไว้เสมอว่ามีโอกาสที่สารเคมีสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ตลอดเวลา ช่องทางที่สารเคมีจะเข้าสู่ร่างกายที่สำคัญมี 4 ช่องทาง คือ จากการหายใจ (Inhalation) จากการกินหรือเข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร (Digestion) จากการสัมผัสกับผิวหนัง (Contact with Skin) และ เข้าสู่ดวงตา (Eyes) ลักษณะสำคัญของช่องทางที่สารพิษเข้าสู่ร่างกายทั้ง 4 วิธี มีรายละเอียดและลักษณะสำคัญโดยสังเขป ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การรับสัมผัสซิลิคอนและการป้องกันการรับสัมผัสสาร

การได้รับ วัสดุนาโน	ลักษณะการได้รับสาร	อาการที่ได้รับสาร	การป้องกันการ ได้รับสาร
ทาง การ หายใจ	อนุภาคนาโนซิลิกาในรูปแบบของ ผงจะสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย โดยการฟุ้งกระจายและแขวน ลอยในอากาศ	เกิดการระคายเคืองต่อ ทางเดินหายใจ และอาจ เกิดการขาดน้ำของชั้น เยื่อเมือก	ใส่หน้ากากป้องกัน การหายใจที่ปิดทั้ง ในส่วนจมูกและ ปากทุกครั้งขณะ ปฏิบัติงาน
ทางปาก	โดยทั่วไปแล้วการได้รับอนุภาค นาโนซิลิกานั้น มักเกิดขึ้นได้น้อย ทางการได้รับสารทางปาก หาก แต่มีหายใจเอาผงสารเคมีอนุภาค นาโนซิลิกาเข้าสู่ร่างกายผ่านทาง จมูกและปากขณะปฏิบัติงาน	เกิดการระคายเคืองต่อ ระบบทางเดินอาหาร และอาจเกิดการขาดน้ำ ของชั้นเยื่อเมือก	ใส่หน้ากากป้องกัน การหายใจที่ปิดทั้ง ในส่วนจมูกและ ปากทุกครั้งขณะ ปฏิบัติงาน
ทาง ผิวหนัง	การได้รับผ่านทางระบบผิวหนัง นอกจากนี้การสัมผัสกับอุปกรณ์ ต่างๆ ในการทำงานด้วยมือเปล่า แล้วยังมีการสัมผัสทางอื่นๆ เช่น ถุงมือที่ใช้แล้ว เครื่องมือในการ สังเคราะห์ ชุคคลุม เป็นต้น	ถ้ารับทางผิวหนังอาจเกิด อาการระคายเคือง หาก มีผื่นแดง บวม และ คัน หรือผิวหนังไหม้ ให้รีบ พบแพทย์ทันที	-
เข้าสู่ ดวงตา	รูปแบบของการได้รับมักอยู่ในรูป ของผงอนุภาคนาโนซิลิกาที่ สามารถปลิวหรือฟุ้ง กระจายเข้า สู่ดวงตาได้ง่าย	ถ้าอนุภาคนาโนซิลิกาเข้า สู่ดวงตาจะทำให้ตาแดง ซึ่งอาการที่ได้รับจะเกิด เพียงชั่วคราวและหายไป	-

ที่มา : ศูนย์ข้อมูลข่าวสารข้อมูลการแพทย์ฉุกเฉินไทย, 2559

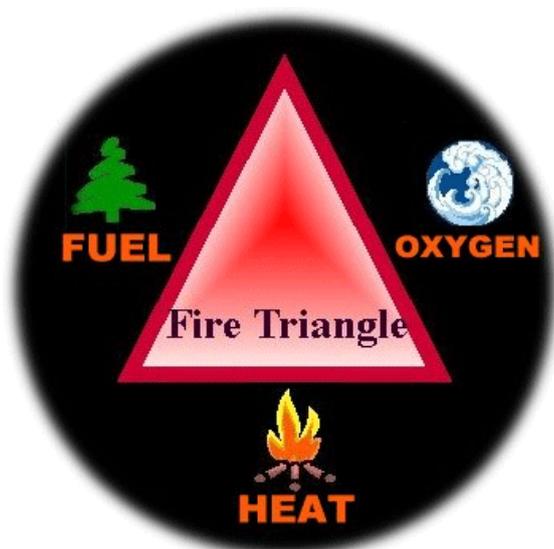
2.1.2 องค์ประกอบของไฟ

องค์ประกอบของไฟประกอบด้วย 3 ประการต่อไปนี้ (ภาพที่ 2.2)

1) ออกซิเจน (Oxygen) จะต้องไม่ต่ำกว่า 16% จึงจะทำให้เกิดการจุดติดไฟได้ หากต่ำกว่านี้จะไม่เกิดการจุดติดไฟ

2) เชื้อเพลิง (Fuel) คือ วัตถุที่สามารถหลอมเหลวหรือสามารถติดไฟได้ เช่น น้ำมัน กระดาษ หรือ ไม้ เป็นต้น

3) ความร้อน (Heat) คือ อุณหภูมิที่อยู่บริเวณรอบๆ ที่มีผลกระทบทำให้เกิดการจุดติดไฟได้ (ศูนย์ฝึกอบรมบางประกงไฟร์แอนด์เรสคิว (BFAR), 2557)



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบของไฟ

ที่มา : ศูนย์ฝึกอบรมบางประกงไฟร์แอนด์เรสคิว (BFAR), 2557

2.1.3 สิ่งทอหน่วงไฟ

1) ผ้า FR – Cotton

ผ้ากันไฟ FR - Cotton ทำมาจากเส้นใย Cotton ธรรมชาติ 100% ผ่านกรรมวิธีเคลือบสารกันไฟทั่วผืนผ้า ทำให้ซึมซับเหงื่อได้ดี ระบายอากาศได้ดี เนื้อผ้านุ่ม ไม่แข็งกระด้าง จึงสวมใส่สบาย (ภาพที่ 2.3) ผ้ากันไฟ FR - Cotton มีคุณสมบัติในการป้องกันไฟและป้องกันการลามของไฟ ทำให้การติดไฟและการลุกลามของไฟช้าลงและเพิ่มความต้านทานต่อการติดไฟ ลดการแพร่กระจายของไฟ ยับยั้งการก่อตัวของควัน เหมาะสมในการใช้ผลิตเป็นชุดหมี ชุดช่าง เป็นต้น ข้อควรระวังของผ้า FR – Cotton คือ เวลาซักห้ามใช้น้ำยาฟอกขาว สบู่ หรือผงซักฟอก และควรตากผ้าในร่ม



ภาพที่ 2.3 ผ้าฝ้ายกันไฟ FR - Cotton

ที่มา: <http://m.th.arcfabric.com/flame-retardant-fabric/modacrylic-cotton-fr-fabric/>

2) ผ้า Nomex

เป็นผ้าทำจากเส้นใยอะรามิด (Aramid) ผลิตโดยบริษัท ดูปองท์ (DuPont) มีคุณสมบัติต้านทานเปลวไฟในตัวเอง เส้นใยมีสมบัติในการนำความร้อนไม่ดี มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง ทนต่อแรงอัดกระแทก สามารถคืนตัวจากแรงอัดได้ ทนต่อการขีดข่วน (ภาพที่ 2.4) เส้นใยอะรามิดมีสองชนิดคือ Meta-Aramid และ Para-Aramid โดยผ้าโนเม็กซ์ชนิดเมตาอะรามิด เป็นกลุ่มที่ใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการทนความร้อน กรองฝุ่น เป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้า ส่วนชนิดพาราอะรามิด มีคุณสมบัติ คือ มีความแข็งแรงต่อการรับน้ำหนักสูง (แข็งแรงกว่าเหล็ก 2-3 เท่า ในขนาดน้ำหนักที่เท่ากัน) ทนต่ออุณหภูมิสูง และทนต่อการขีดข่วนได้ ช่วยป้องกันความร้อนและเปลวไฟ ป้องกันสะเก็ดไฟหรือประกายไฟ และป้องกันไฟฟ้าสถิต เหมาะสำหรับเป็นชุดปฏิบัติงานในโรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี งานเชื่อมทั่วไป งานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสะเก็ดไฟ ชุดเจ้าหน้าที่ดับเพลิง ชุดนักเดินเรือ เสื้อกันกระสุน การทำความสะอาดนั้น ผ้า NOMEX สามารถซักทำความสะอาดได้ แต่ควรหลีกเลี่ยงสารคลอรีน หรือสารฟอกขาว



ภาพที่ 2.4 เส้นใย Aramid สองชนิดคือ Para-Aramid และ Meta-Aramid
ที่มา: <http://elliotts.net/para-aramid-vs-meta-aramid-fibres>

2.1.4 ลักษณะของผ้าฝ้ายและการลุກไหม้

1) ลักษณะของผ้าฝ้าย

ผ้าฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติ 100% ผลิตจากฝ้าย ระบายอากาศได้ดีซับเหงื่อได้ดี เยี่ยม ไม่ค่อยยืดหยุ่น ยับง่าย หดง่าย ดูดซึมน้ำได้ดีระบายอากาศและความร้อนได้ดี ซักกรีด และทำความสะอาดง่าย ทนความร้อนได้ดี สามารถรีดด้วยความร้อนสูงได้

2) การลุກไหม้ของผ้าฝ้าย

การทดสอบการเผาไหม้ของผ้าฝ้าย การทำปฏิกิริยาของเส้นใยเซลลูโลส (ผ้าฝ้าย) พบว่า ไม่อ่อนตัว ไม่หดตัว และหนีไฟ ลักษณะการลุກไหม้ เกิดการลุກไหม้โดยรวดเร็ว และเนื้อผ้าไม่ละลายเมื่อนำผ้าออกจากไฟ ไฟยังคงลุກไหม้ต่อไปและปรากฏเป็นเกสรแดงที่ขอบชิ้นผ้า กลิ่นของการเผาไหม้ คล้ายกระดาษไหม้ไฟ ลักษณะเถ้า มีลักษณะเป็นสีดำและมีน้ำหนักเบา (กาญจนา นุ่มนวล, 2552)

2.1.5 ลักษณะของผ้าไหมและการลุກไหม้

1) ลักษณะของผ้าไหม

ผ้าไหม เป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากสัตว์จำพวกหนอนไหม เมื่อนำมาทอจะทำให้ผืนผ้ามีความอ่อนนุ่ม มีนวล มีความยืดหยุ่นคงรูปร่างที่ดี ดูดซับความชื้นได้ดี ย้อมสีได้ง่ายและสวมใส่สบาย มีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิได้ดี จะรู้สึกเย็นสบายในหน้าร้อน และจะอบอุ่นในหน้าหนาว ซึ่งผ้าไหมมัดหมี่เป็นศิลปะการทอผ้าที่เกิดจากการมัดเส้นด้ายหรือเส้นไหม ผูกให้เป็นลวดลายเป็นเปลาะ ๆ แล้วนำไปย้อมสี ลวดลายที่เกิดขึ้นเกิดจากการซึมของสีไปตามส่วนของเส้นไหมหรือเส้นด้ายที่เว้นไว้ไม่ถูกมัดขณะย้อม เนื้อผ้ามีความแน่น นำสัมผัสและนำไปใช้งาน ซึ่ง

การทอผ้าโดยใช้เทคนิคการทอแบบมัดหมี่เพื่อให้เกิดลวดลายบนผืนผ้านั้นมีอยู่เกือบทุกจังหวัดในประเทศไทย โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เส้นไหมที่ใช้สำหรับการทอผ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เส้นไหมยืนและเส้นไหมพุ่ง ซึ่งเส้นไหมพุ่งมักจะเป็นที่นิยมนำมาเป็นผ้าไหมที่ใช้สำหรับทำผ้ามางหรือบุเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ซึ่งเส้นไหมพุ่งมี 2 ประเภท คือ เส้นไหมเส้นเดี่ยวแต่มีขนาดใหญ่ ที่นิยมใช้กันมาก คือ ขนาด 150 - 200 ดีเนียร์ เช่น เส้นไหมดุกเขี่ยน เส้นไหมพื้นเมืองหรือไหมสาวมือ และเส้นไหมควตติเกลียว โดยการนำเส้นไหมดิบ (Raw silk) หลายเส้นมาควตติเกลียวให้มีจำนวนเกลียวประมาณ 150 - 180 เกลียวต่อเมตร เพราะการที่จะสาวไหมให้ได้เส้นเดี่ยวขนาดใหญ่ เช่น 150 - 200 ดีเนียร์ นั้นมีปัญหาทางด้านการควบคุมความสม่ำเสมอของเส้นไหม ดังนั้นการใช้ไหมเส้นเล็กหลายเส้นมาควตติเกลียวให้มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับเส้นไหมเส้นเดี่ยวขนาดใหญ่จะมีความสม่ำเสมอดีกว่า แต่ก็ให้คุณลักษณะของเนื้อผ้าที่แตกต่างกัน ถ้าพูดถึงเส้นไหมพุ่งโดยทั่วไปจะหมายถึงเส้นไหมเส้นเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่ แต่เวลาทอจะควบ 2 เส้น 4 เส้น ฯลฯ โดยไม่ตีเกลียวแล้วเรียกผ้าไหมชนิดนี้ว่า เป็นผ้าไหม 2 เส้นหรือผ้าไหม 4 เส้น ถ้าเป็นผ้าไหมเนื้อหนาสำหรับทำผ้ามางหรือบุเฟอร์นิเจอร์ก็อาจควบมากกว่า 6 เส้น (กรมหมอนไหม, 2537)

2) การลุกไหม้ของผ้าไหม

ลักษณะการติดไฟ เกิดการลุกไหม้มีเปลวไฟแตกประทุ เนื้อผ้าม้วนหดตัวหนีไฟ และเปลวไฟมอดดับได้เองเมื่อออกจากเปลวไฟ กลิ่นของการเผาไหม้ คล้ายผมหรือขนนกไหมไฟ ลักษณะเถ้าเป็นก้อนสีดำ และเปราะ (จิราพร เกิดแก้ว, 2558)

2.1.6 การตกแต่งสำเร็จหน่วงไฟบนสิ่งทอ

1) การตกแต่งสำเร็จหน่วงไฟ (Flame Retardant Finishing) เป็นการตกแต่งสิ่งทอที่มีคุณสมบัติที่สามารถลุกติดไฟได้ง่าย เช่น เส้นใยเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติติดไฟง่าย ให้มีคุณสมบัติการติดไฟได้ช้าลงหรือการหน่วงไฟได้ดีขึ้น ซึ่งเส้นใยแต่ละชนิดมีความสามารถในการติดไฟ และการลุกไหม้ที่แตกต่างกัน

2) กลไกการทำงานของสารหน่วงไฟ (Flame Retardant Mechanisms) การทำงานของสารหน่วงไฟ คือ การไปขัดขวางวงจรการลุกไหม้ของวัสดุสิ่งทอเพื่อไม่ให้เกิดการลุกไหม้ได้ตามปกติ ซึ่งจะถูกควบคุมด้วยทฤษฎีที่แตกต่างกันดังนี้

2.1) Endothermic theory (thermal theory) ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่ดูดเอาความร้อนบางส่วนในระบบออกไปนอกระบบ ทำให้สารหน่วงไฟเกิดการสลายตัวในรูปของการหลอมเหลวหรือการระเหิด ซึ่งจะทำให้เส้นใยได้รับความร้อนน้อยลงและจะทำให้อุณหภูมิของเส้นใยไม่สูงพอถึงขั้นที่จะเกิดการลุกติดไฟและเผาไหม้ได้

2.2) Gas theory ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟ เมื่อสิ่งทอเกิดการลุกไหม้ แล้วสารหน่วงไฟจะสลายเป็นแก๊สที่ติดไฟได้ยากหรือแก๊สที่ไม่ติดไฟ เช่น แก๊สไนโตรเจน (N_2)

ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไอน้ำทำให้สิ่งทอนั้นไม่เกิดการเผาไหม้หรือเกิดการติดไฟ

2.3) Melt theory ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟ เมื่อสิ่งทอโดนความร้อนแล้วสารหน่วงไฟจะหลอมละลายปกคลุมพื้นผิวเส้นใยสิ่งทอ ทำให้แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ถูกปล่อยออกมาได้ยาก และทำให้อากาศหรือออกซิเจนแทรกตัวเข้าไปในเส้นใยได้ยากขึ้นอีกจึงทำให้เส้นใยของสิ่งทอไม่ติดไฟและไม่เกิดการเผาไหม้

2.4) Dehydration theory ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการทำงานของสารหน่วงไฟที่ใช้สำหรับเส้นใยเซลลูโลส โดยสารเหล่านี้จะไปทำให้เส้นทางการสลายตัว (Decomposition path) ของเส้นใยเซลลูโลสเปลี่ยนแปลง จากเดิมที่เคยสลายตัวให้ไอและแก๊สที่ติดไฟได้ง่าย ส่งผลให้การลุกไหม้ดำเนินต่อไปนั้นเปลี่ยนเป็นการสลายตัวที่เกิดแต่ถ่านคาร์บอนและน้ำ

3) ประเภทของสารหน่วงการติดไฟ (Flame Retardant) กระบวนการทำงานของสารตกแต่งหน่วงการติดไฟ คือ การทำให้องค์ประกอบทั้ง 3 ได้แก่ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน ไม่ติดไฟหรือติดไฟได้ยากขึ้น โดยการใช้สารตกแต่งหน่วงไฟตกแต่งสำเร็จไปบนเส้นใยของเส้นด้ายหรือผ้าผืน สารหน่วงการติดไฟสามารถแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีได้ 5 ประเภท คือ

3.1) สารหน่วงการติดไฟที่เป็นสารประกอบโบรมีน (Brominated Flame Retardants)

สารหน่วงไฟประเภทโบรมีน มีหลายประเภทที่ใส่เข้าไปในวัสดุต่าง ๆ เพื่อยับยั้งการติดไฟ และทำให้อัตราการเผาไหม้ช้าลง ตัวอย่างประเภทของสารประกอบโบรมีนที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ โพลีโบรมิเนต ไดฟีนิล อีเทอร์ (PBDEs) เฮกซาโบรมโอไซโคลโอดีเคน (HBCD) และ เตตระโบรมไบสฟีนอล-เอ (TBBPA) รวมถึง วัสดุที่มีสารโพลีเมอร์และโอลิโกเมอร์ประเภทโบรมีน สารประกอบโบรมีนเสื่อมสลายได้ยากในสิ่งแวดล้อม และสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิต (สะสมในมนุษย์และสัตว์) บางชนิดเป็นสารก่อมลพิษในสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง พบทั่วไปในระดับสูงขึ้นไปในบรรยากาศและแม่น้ำใกล้เมือง ในพื้นที่อุตสาหกรรม และยังถูกปล่อยออกจากโรงงานผลิตสินค้า เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สารประกอบเหล่านี้สามารถถูกปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวระหว่างการใช้ ทำให้เข้าไปอยู่ในฝุ่นในบ้านเรือน ส่งผลให้มนุษย์สัมผัสกับสารนี้เพิ่มขึ้น และเมื่อผลิตภัณฑ์เหล่านี้หมดอายุการใช้งาน การดำเนินการกำจัดหรือรีไซเคิล (เช่น การเผาในเตาเผาขยะ การหลอม และ การเผาในที่เปิด) สามารถปล่อยสารโบรมีนออกมาในรูปแบบสารพิษอันตรายร้ายแรงอื่นๆ เช่น สารไฮโดรเจนโบรมัด และไดออกซินประเภทโบรมีน

3.2) สารหน่วงการติดไฟที่เป็นสารประกอบคลอรีน (Chlorinated Flame Retardants)

มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟที่ดี และมีความคงทนสูง แต่มีข้อเสียคือ สารดังกล่าวเป็นสารก่อมะเร็ง และเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดแก๊สฮาโลเจน คือ HCl ซึ่งเป็นแก๊สพิษ มีอันตรายหากสูดดมเข้าไป จะมีฤทธิ์ในการทำลายปอด และระบบทางเดินหายใจ และหากได้รับแก๊สนี้ในปริมาณมาก อาจถึงแก่ความตายได้

3.3) สารหน่วงการติดไฟที่มีฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบ (Phosphorus containing Flame Retardant)

เช่น แอมโมเนียมโพลีฟอสเฟต ใช้กันอย่างแพร่หลายในการเตรียมสารหน่วงไฟ 20% PN ใช้สำหรับสิ่งทอกระดาษเส้นใยและไม้ ฯลฯ

3.4) สารหน่วงการติดไฟที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (Nitrogen containing Flame Retardant)

สารหน่วงไฟไนโตรเจนสารประกอบไนโตรเจนและสารที่ติดไฟมีบทบาทในการส่งเสริมการสร้างห่วงคาร์บอนลดอุณหภูมิในการสลายตัวของสารทำให้ไหม้และผลิตก๊าซที่ไม่ติดไฟซึ่งมีบทบาทในการเจือจางก๊าซไวไฟ เช่น ไดแอมโมเนียม ฟอสเฟต (DAP) $[(\text{NH}_4)_2 \text{H}_2\text{PO}_4]$ สารประกอบนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟสูง และเป็นสารที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเกษตร จึงหาได้ง่าย มีราคาถูก และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก

3.5) สารหน่วงการติดไฟที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic Flame Retardant)

สารหน่วงไฟที่เป็นเกลืออนินทรีย์สาร เป็นสารเคมีที่ใช้ในยุคแรก ๆ ได้แก่ โซเดียม แคลเซียม โบเรต ซึ่งในปัจจุบันได้เลิกใช้แล้ว เนื่องจากมีความเป็นพิษ และเมื่อใช้ในปริมาณมากจะมีผลตกค้างในดิน

4) การตกแต่งสำเร็จสารฟอสฟอรัสลงบนผ้าฝ้ายและผ้าเส้นใยพอลิเอสเตอร์เพื่อให้มีคุณสมบัติต้านการลุกลามไฟได้ดี

4.1) จัดเตรียมผ้าฝ้ายและผ้าเส้นใยพอลิเอสเตอร์ เพื่อเตรียมการตกแต่งสำเร็จ เพื่อให้มีสารหน่วงไฟประเภทฟอสฟอรัสลงบนผิวผ้า

4.2) เตรียมสารตกแต่งสำเร็จสารหน่วงไฟประเภทฟอสฟอรัสความเข้มข้น 25 ปรบ pH ให้เป็น 4.0 ด้วยสารละลายกรดแอสติก

4.3) ทำการจุ่มอัดผ้าตัวอย่างด้วยเครื่อง Padding Mangle Pick up 90% ที่ความดัน 2 บาร์ เพื่อให้สารตกแต่งสำเร็จผืนผ้าเข้าสู่ผืนผ้า

4.4) ทำการอบผ้าตัวอย่างให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ด้วยเครื่อง Mini Dryer

4.5) วิเคราะห์คุณภาพของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จ ตามมาตรฐานการทดสอบการติดไฟ US CPS PART 1610 : 2008

ผลจากการตกแต่งสำเร็จสารฟอสฟอรัสลงบนผ้าฝ้ายและผ้าเส้นใยพอลิเอสเตอร์ เพื่อให้ทนต่อการจุดติดไฟ ตามมาตรฐาน US CPSC PART 1610 : 2008 พบว่าผ้าที่พัฒนาได้ผลการทดสอบเป็น Class 1 คือ ไม่ติดไฟ (Did Not Ignite) โดยสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ เมื่อผ้าได้รับความร้อน สารหน่วงไฟ ประเภทฟอสฟอรัสจะสลายตัวกลายเป็นกรดฟอสฟอริกและกรดพอลิฟอสฟอริก ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นนี้จะไปเอสเทอร์ฟายหมู่คาร์บอกซิลของเซลลูโลส ทำให้เกิดขึ้นของของเหลวที่มีความหนืดปกคลุมพื้นผิวของวัสดุสิ่งทอ เพื่อป้องกันพื้นผิวชั้นในจากเปลวไฟและออกซิเจน นอกจากนี้สารหน่วงไฟชนิดนี้ยังทำหน้าที่เป็นกรดลูอิส (Lewis acid) ซึ่งจะเกิดการสร้างชั้นของ char ซึ่งชั้นของ char นี้จะไปป้องกันวัสดุสิ่งทอจากความร้อน เปลวไฟ และออกซิเจน นอกจากนี้ยังเกิดแก๊สเป็นจำนวนมาก ซึ่งแก๊สที่เกิดขึ้นนี้สามารถเจือจางแก๊สที่ติดไฟได้ง่าย บนผ้าเส้นใยพอลิเอสเตอร์ได้ ทำให้วัสดุติดไฟเกิดยากขึ้น นอกจากการพัฒนาผ้ากันไฟด้วยการตกแต่งสำเร็จแล้ว การพัฒนาสิ่งทอหน่วงไฟยังสามารถทำได้ในระดับเส้นใย จึงทำให้มีการส่งเสริมงานวิจัยเส้นใยกันไฟให้มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องรวมทั้งสิ่งทอกันไฟอื่นๆ อีกด้วย (ชาญชัย สิริเกษมเลิศ, 2010)

2.1.7 มาตรฐานการทดสอบการลุกไหม้ของสิ่งทอหนังไฟ

มาตรฐานการทดสอบการลุกไหม้ของสิ่งทอหนังไฟที่ใช้ในการทดสอบ คือ Federal Test Method Standard No. 191. ซึ่งมีเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบการลุกไหม้บนพื้นผ้า (Flammability Test for Fabrics) แบ่งตามการวางมุมขึ้นทดสอบออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1) การทดสอบการลุกไหม้ในแนวตั้งหรือแนวตั้ง

การทดสอบการลุกไหม้ของสิ่งทอในแนวตั้ง เป็นแนวการทดสอบการ ลุกไหม้ ที่เหมาะกับสิ่งทอที่มีโอกาสเสี่ยงเกิดการลุกไหม้ที่รุนแรงมากที่สุด โดยการแขวนสิ่งทอขึ้นที่จะทำการทดสอบในแนวตั้ง โดยให้ไฟเริ่มติดที่ริมด้านล่างของผ้าที่ใช้ในการทดสอบ และทำการประเมินผลการทดสอบโดยสังเกตเวลาเริ่มลุกไหม้เป็นเกณฑ์ โดยใช้มาตรฐานของ Federal Method Standard 191 Method 5903 ซึ่งใช้ในการทดสอบผ้า ที่นำมาผลิตชุดผจญเพลิง และ ผ้าที่มีความเสี่ยงต่อการลุกไหม้สูง

2) การทดสอบการลุกไหม้ในแนวเฉียง (45 องศา)

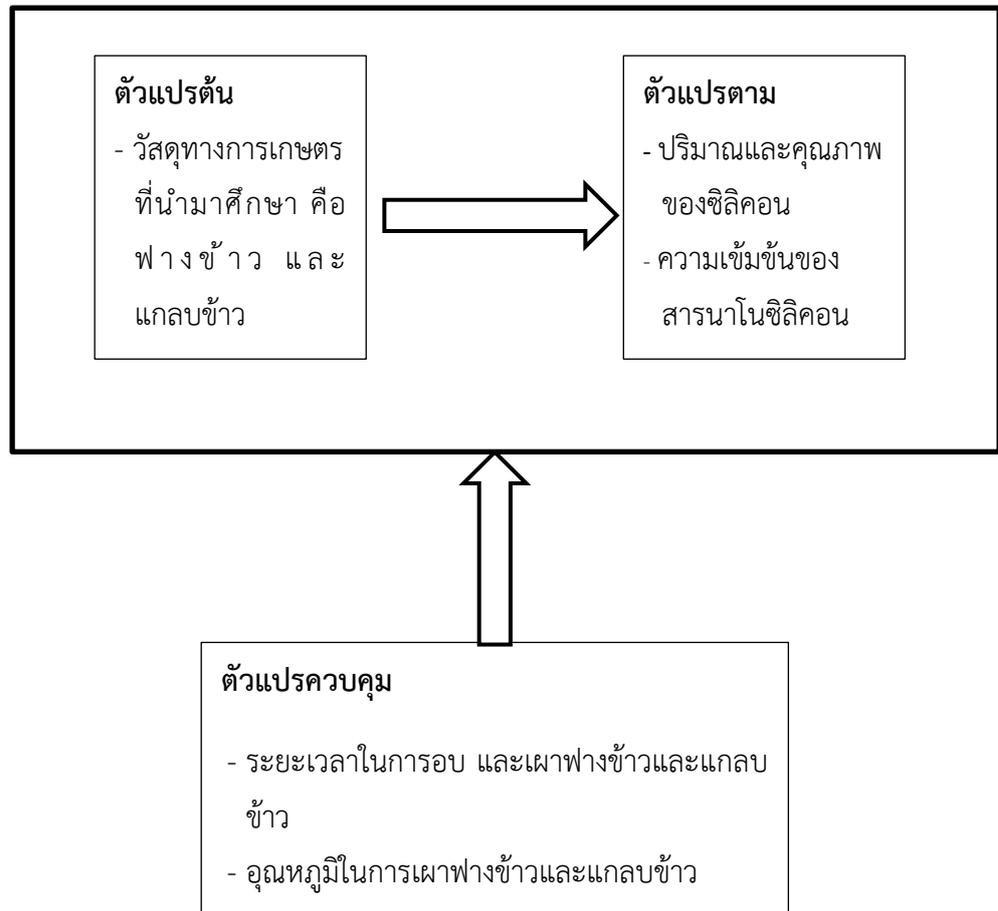
การทดสอบการลุกไหม้ของสิ่งทอในแนวเฉียง เป็นแนวการทดสอบการลุกไหม้ของสิ่งทอโดยการวางผ้าทำมุม 45 องศา บนแท่นวางขึ้นทดสอบ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีในการทดสอบการลุกไหม้ของสิ่งทอที่เหมาะสมกับ สิ่งทอที่มีโอกาสเกิดการลุกไหม้ในแนวที่มีความรุนแรงที่น้อยที่สุด โดยใช้มาตรฐานในการทดสอบ คือ Federal Method Standard No.191 Method 5903 เพื่อใช้ในการสังเกต อัตราการลุกไหม้ในการจุดติดไฟ เพื่อทดสอบสิ่งทอ ประเภทเสื้อผ้า และ เครื่องแต่งกาย

3) การทดสอบการลุกไหม้ในแนวนอน

การทดสอบการลุกไหม้ของสิ่งทอในแนวนอน เป็นแนวการทดสอบการลุกไหม้ โดยการวางสิ่งทอในแนวนอนราบกับแท่นวางขึ้นทดสอบ ซึ่งวิธีการนี้เป็นการทดสอบการลุกไหม้ของสิ่งทอ ที่อาจเกิดความรุนแรงในระดับปานกลาง กล่าวคือ การทดสอบสิ่งทอที่มีความรุนแรงน้อยกว่าแนวตั้งแต่มากกว่าแนวเฉียง 45 องศา โดยใช้มาตรฐานในการทดสอบ คือ Federal Specification 191 Method 5909 และ Method 5906 ซึ่งสังเกตการทดสอบจากระยะเวลาการลุกไหม้ของสิ่งทอ ซึ่งจะใช้ทดสอบการลุกไหม้สำหรับผ้าตกแต่งในรถยนต์ เช่น ผ้าหุ้มเบาะรถยนต์(Yeager,1988)

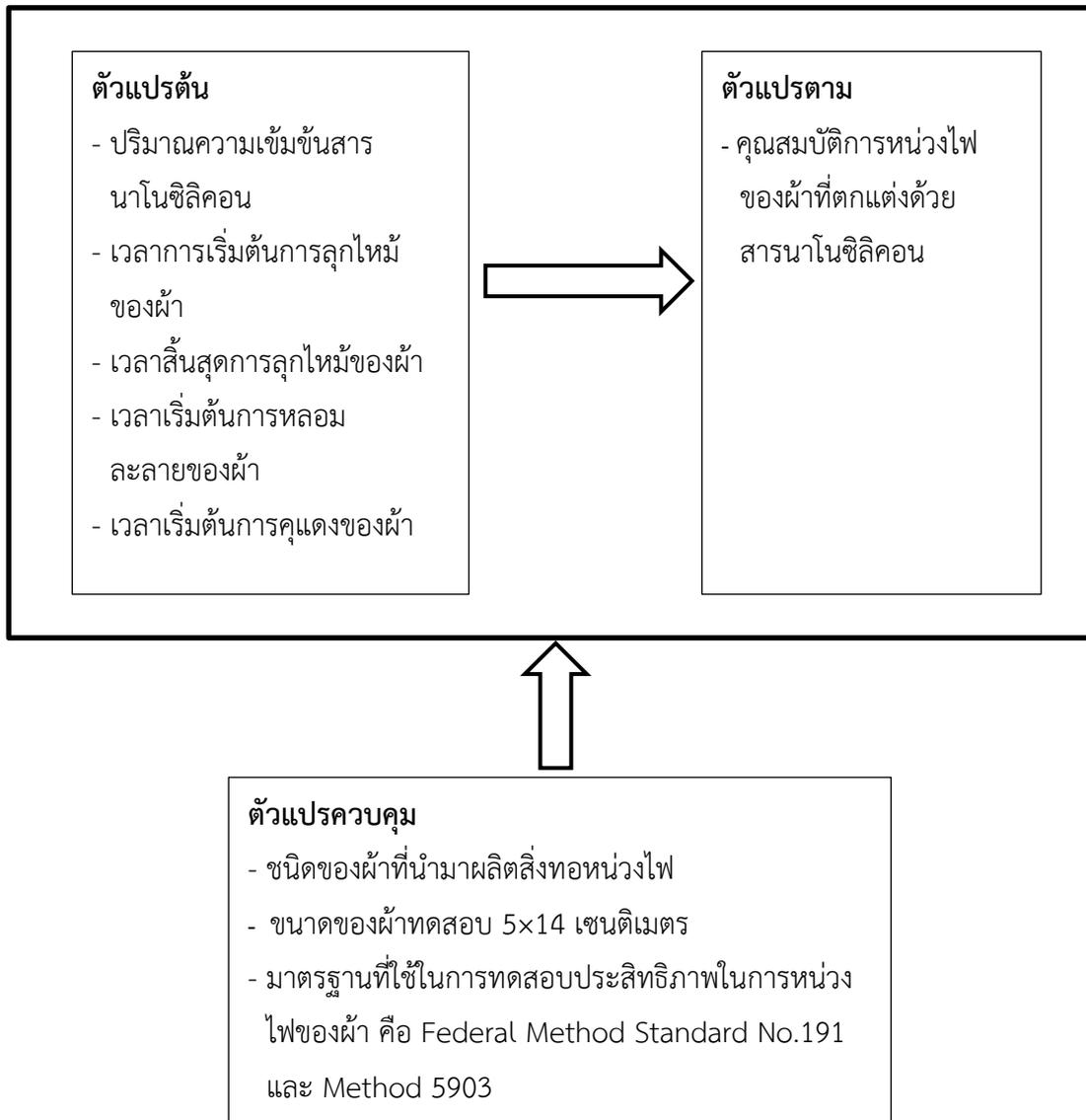
2.2 กรอบแนวความคิด

2.2.1 การสังเคราะห์ซีลิคอน โดยกระบวนการเผาและสกัดด้วยเทคนิคการใช้เบส



ภาพที่ 2.5 กรอบแนวความคิด

2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพผ้าฝ้ายทอวงไฟเพื่อใช้ผลิตสิ่งทอวงไฟ



ภาพที่ 2.5 กรอบแนวความคิด (ต่อ)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คันสนีย์ เหลืองสุวรรณ (2544) ได้ทำการศึกษาลักษณะการลุกลามของผ้าชนิดต่างๆที่จะนำมาผลิตเป็นผ้าม่าน โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้สารที่ใช้ในการตกแต่งผ้าคือ สารกันไฟโฟลแวน เอเอส เอ็น (Flovon ASN) ซึ่งเป็นสารกันไฟชนิดไม่ถาวร ซึ่งในการทดสอบใช้ผ้าทั้งหมด 4 ชนิดคือ ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์ ผ้าใยผสมฝ้าย/พอลิเอสเตอร์ และผ้าใยผสมพอลิเอสเตอร์/เรยอน และปริมาณที่ใช้ตกแต่งผ้ามีทั้งหมด 3 ปริมาตรด้วยกันคือ 200 300 และ 400 กรัมต่อลิตร และเก็บผ้าไว้เป็นระยะเวลา 1 วัน 30 วัน และ 60 วัน เพื่อศึกษาความคงทนของสารตกแต่งและผลการทดสอบการตกแต่งผ้าม่านกันไฟ สรุปได้ดังนี้ การทดสอบกับเส้นใยผ้าฝ้ายสามารถลดความรุนแรงของการลุกลามของผ้าลงได้มาก การทดสอบกับผ้าพอลิเอสเตอร์ได้ผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะเส้นใยประเภทนี้ไม่ชอบน้ำและมีโครงสร้างของเส้นใยที่ส่งเสริมให้เกิดการลุกลาม จึงทำให้ได้ผลที่ไม่ดีพอ การทดสอบกับผ้าประเภทใยผสมฝ้ายพอลิเอสเตอร์และการทดสอบกับผ้าใยผสมพอลิเอสเตอร์เรยอน ผลการทดสอบไม่สามารถยับยั้งการลุกลามของเส้นใยผ้าได้เลย จึงสรุปได้ว่าสารที่นำมาทดลองเหมาะสมกับผ้าฝ้ายมากที่สุด

ชจิจรัส ภิรมย์ธรรมศิริ และคณะ (2540) ได้ทำการศึกษาการเผาไหม้ของผ้าฝ้ายไทยเมื่อใช้คลุมเครื่องเรือนโดยทำการศึกษาผลของน้ำหนักและจำนวนชั้นของผ้าหุ้ม ตัวอย่างผ้าที่ใช้ในการทดลองเป็นผ้าฝ้ายทอมือผลิตในประเทศไทย มีน้ำหนักต่างกัน 3 ระดับ คือ เนื้อบาง เนื้อปานกลาง และเนื้อหนา ต้นกำเนิดไฟ คือ บุหรี่ที่จุดติดแล้ว ใช้เวลาเผาไหม้ 20 นาที จำนวนผ้าหุ้มที่ใช้คือ 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น ใส่น้ำในใช้พองน้ำและใยมะพร้าว ผลปรากฏว่า เมื่อน้ำหนักผ้าและจำนวนชั้นของผ้าหุ้มเพิ่มขึ้นความรุนแรงในการเผาไหม้ลดน้อยลง

Ciba-Geigy L. (2545) ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติการต้านไฟโดยใช้สารตกแต่งโฟลแวน เอเอสเอ็น โดยใช้มาตรฐานการทดสอบของ BS 5438-1976 ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบสิ่งทอตามแนวตั้งสำหรับผ้าม่าน ผ้าที่ใช้ทดสอบเป็นผ้าใยผสมระหว่างฝ้ายกับพอลิเอสเตอร์ ปฏิบัติตามวิธีการของมาตรฐานการทดสอบ ผลทดลองพบว่า ผ้าทดลองผ่านมาตรฐานการทดสอบทั้งระยะลุกลามและความยาวรอยไหม้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด มีความยาวรอยไหม้เพียง 101.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)

รัตนารักษ์ พิงบุญไพศาล (2542) ศึกษาเรื่องการตกแต่งกันไฟเทคนิคโพรแบน โดยการนำไปทดสอบมาตรฐาน ISO ในแนวตั้ง ผ้าทดลองที่ใช้เป็นผ้าฝ้าย น้ำหนัก 238 กรัมต่อตารางเมตร ผลการทดลองพบว่า ผ้าที่ผ่านตกแต่งมีค่า LOI สูงถึง 30 ซึ่งใกล้เคียงกับ FR-พอลิเอสเตอร์ และ อโรเมติกพอลิเอไมด์ คุณสมบัติต้านไฟของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งมีความยาวรอยไหม้เพียง 40 มิลลิเมตร ส่วนผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งมีความยาวรอยไหม้ 300 มิลลิเมตร

พิสมัย ลิขิตบรรณกร (2546) ศึกษาเรื่องผ้าฝ้ายต้านไฟโดยการใส่ Percondensate/NH₃ process ในการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้าย เพื่อให้มีคุณสมบัติต้านไฟโดยใช้วิธีมาตรฐานการทดสอบการต้านไฟในแนวตั้งของ Federal Test Method Standard 191A method 5903 ศึกษาเรื่องการตกแต่งต้านไฟ การป้องกันโดยคุณสมบัติความเป็นฉนวน ความคงทนต่อการซักล้าง การต้านไฟฟ้าสถิตความสบายในการสวมใส่ ความปลอดภัยและสุขลักษณะ ผ้าที่นำมาทดลองมีทั้งหมด 21 ชิ้น ซึ่งมีน้ำหนักตั้งแต่ 5.7 – 12.5 ออนซ์/ตารางหลา ผลการทดลองพบว่า ระยะการป้องกันไฟของผ้าฝ้ายจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักและความหนาของผ้า เมื่อนำไปทดสอบการลุกติดไฟในแนวตั้งเปรียบเทียบระหว่างผ้าที่ผ่านการซักและไม่ได้ซักพบว่า มีความยาวรอยไหม้เฉลี่ยที่ 3 – 4 นิ้ว ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นอกจากนี้จากการทดลองนี้สามารถยืนยันได้ว่าคุณสมบัติการต้านไฟ และความเป็นฉนวนที่วัดได้หลังจากผ่านสภาวะการใช้ธรรมดาทั่วไปและผ่านการซักแล้ว คือยังคงคุณสมบัติในการป้องกันอันตรายเมื่อผ้าผ่านการใช้งาน

เนศรา แก้วคง (2557) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผ้าใยสังเคราะห์แบบที่เรียบนวัสดุสิ่งทอโดยทำการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์โดยวิธีการตกตะกอนจากนั้นนำไปตรวจสอบสมบัติทางเคมีของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วย เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ตรวจสอบลักษณะพื้นฐานของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและวัดขนาดอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยเครื่องไดนามิค ไลส์สแกตเตอร์ริง จากนั้นนำอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มาเคลือบลงผ้าฝ้ายด้วยวิธี จุ่ม อัด อบแห้ง โดยนำผ้าฝ้ายจุ่มลงในสารละลาย Binder 816 (Poly Acrylic) ซึ่งเป็นสารเคมีที่จะช่วยให้สารยึดติดกับเส้นใยผ้าได้มากขึ้นและคงทนถาวร ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ 0.1 0.3 0.5 0.7 0.9 1.0 1.3 1.5 1.7 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นนำผ้าที่ได้ไปแช่ในอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำผ้าไปบีบอัดสาร (Padding Mangle) ที่ Pick up 100 เปอร์เซ็นต์ และนำผ้าไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และทำการบ่มที่ 120 องศาเซลเซียส อีก 1 นาที จากนั้นนำผ้าไปทดสอบการเกาะติดของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์บนผ้าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดสรุปผลการทดสอบจากภาพถ่ายที่ได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด คือ การใช้ปริมาณสารช่วยยึดติดในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นจะทำให้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เคลือบบนเส้นใยได้มากขึ้น จนถึงความเข้มข้นที่ 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หากความเข้มข้นสูงกว่นี้จะทำให้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์จับตัวกันเป็นก้อน และคงทนต่อการซักได้มากกว่า 14 ครั้งแต่เมื่อซักถึง 20 ครั้ง พบว่าไม่มีอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ติดอยู่บนเส้นใย

ศุภณัฐ เสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 4 จังหวัดอุดรธานี (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) ได้ทำการศึกษาการตกแต่งสำเร็จหนังงาไฟบนผ้าฝ้ายด้วยสารเคมีด้านการลามไฟ โดยใช้กรดแอสติก และ สารต้านการลามไฟ (Pekoflame OP) โดยทำการอัดจุ่มสารลงบนผ้าฝ้ายขนาด เอ 4 แล้วบีบอัดด้วยไม้กลม นำไปรีดด้วยเตารีดที่อุณหภูมิ 120 – 130 องศาเซลเซียส ร่อนหาयरร้อนนำไปทดสอบการต้านไฟ ซึ่งการทดสอบจะทำการแขวนผ้าในแนวตั้งฉาก 90 องศา แล้วจุดไฟให้เปลวไฟอยู่ที่ริมผ้า ซึ่งผ้าที่ผ่านการตกแต่งจะติดไฟได้เล็กน้อยแล้วดับ เมื่อเทียบกับผ้าทั่วไปที่ไม่ได้ตกแต่งสารด้านการลามไฟ

อัฐพงศ์ แสงงาม (2556) ได้มีการผลิตเส้นใยนาโน หรือ Nanofiber เป็นเส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 1 ไมโครเมตร การผลิตเส้นใยนาโน สามารถทำได้โดยกระบวนการ Electro-spinning ซึ่งเมื่อฉีดออกมาผลิตภัณฑ์จะอยู่ในรูปของผ้า nonwoven และอีกอย่างหนึ่ง คือ การเติมสารเติมแต่งนาโนพาร์ติเคิล (nano - particle) ในโพลีเมอร์แล้วฉีดออกมาเป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติต่างๆ เช่น ต้านแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์เรา เรียกว่า “เส้นใยนาโน (Nanofiber) ” การตกแต่งสำเร็จผ้าให้มีคุณสมบัติต่างๆด้วย สารนาโน (Nano - particles) ซึ่งเรามักจะเรียกว่า เส้นใยนาโนผ้านาโนอีกด้วย วิธีการนำสารนาโนสามารถตกแต่งผ้าให้มีคุณสมบัติต่าง ๆ คุณสมบัติพิเศษของสิ่งทอนาโนสามารถพัฒนาได้หลายคุณสมบัติ เช่น กันน้ำ หรือสะท้อนน้ำ การตกแต่งเพื่อให้ผ้ามีคุณสมบัติในการกันน้ำได้นั้น มีการทำมานานแล้วโดยที่ในระยะแรกนั้นใช้ วิธีการเคลือบผ้าด้วยสารที่ไม่มีการดูดซึมน้ำ เช่น พวกขี้ผึ้งหรือยางธรรมชาติ ในปัจจุบันมีหลายวิธีทั้งวิธีทางกายภาพ เช่น การตัดแปรพื้นผิวเส้นใยโดยใช้พลาสมาหรือวิธีทางเคมี เช่น การการเคลือบผิวเส้นใยด้วยสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ได้แก่ สารเคมีพวกพาราฟินแว็กซ์ซิลิโคน และ สารประกอบฟลูออโรคาร์บอน เช่น เซฟลอน (Polytetrafluoroethylene) เป็นต้น ในปัจจุบันนี้สารประกอบฟลูออโรคาร์บอน ได้รับความนิยมในการนำมาตกแต่งสะท้อนน้ำบนสิ่งทอ เนื่องจากให้มุมสัมผัส (Contact angle) ของน้ำมีค่ามากที่สุด โดยที่วัสดุนั้นจะไม่เปียกน้ำโดยใช้หลักการทางด้านนาโนเทคโนโลยีมาปรับปรุงพื้นผิวสิ่งทอที่สามารถเลียนแบบการกลิ้งของน้ำบนใบบัว (Lotus effect) ทำให้สิ่งทอไม่เปียกน้ำและมีคุณสมบัติทำความสะอาดตนเองได้ (Self-cleaning) โดยหลักการ คือ ทำให้พื้นผิวสัมผัสของเส้นใยเกิดความขรุขระขึ้น โดยการนำอนุภาคระดับนาโนเมตร มาอัดลงในช่องว่างเล็กๆบนผิวของเส้นใย จากนั้นจุ่มอัดสารเคลือบประเภทไขมัน หรือสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำเพื่อหุ้มอนุภาคนาโนไว้ ทำให้อนุภาคนาโนมีผิวที่ไม่ชอบน้ำคล้ายกับเส้นใยนาโน ตัวอย่างอนุภาคนาโนที่ใช้ ได้แก่ ซิลิโคนไดออกไซด์