

การปรับแต่งเพื่อให้สิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน

Textile Finishing for Hydrophobic and Oleophobic Applications

จันทร์ทิพย์ เศรษฐยานนท์¹ และณัฐกมลวรรณ ศรีจันเพชร^{2*}

Jantip Setthayanond¹ and Nathakamolwan Srijunpetch^{2*}

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

*ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) E-mail: nathakamolwan@vru.ac.th

Received: January 27,2023

Revised: April 24,2023

Accepted: May 13,2023

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมสิ่งทอมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านคุณภาพและการปรับแต่งสิ่งทอให้สามารถใช้งานตามต้องการ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าสิ่งทอให้กับสิ่งทอ การปรับแต่งสิ่งทอสามารถใช้สารเดี่ยวหรือผสมเป็นสารประกอบก็ได้ การปรับแต่งสิ่งทอในเชิงเคมีสามารถทำการปรับปรุงหมู่ที่ทำหน้าที่ ทำให้เกิดความสบายในการสวมใส่ รวมถึงปรับปรุงลักษณะปรากฏ ให้สิ่งทอมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน กระบวนการปรับแต่งสิ่งทอสามารถทำได้โดยการจุ่มรีด การเคลือบ หรือการพ่น ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีนาโน ทำให้มีการปรับปรุงสมบัติของสิ่งทอที่เรียกว่าการทำความสะอาดตัวเอง โดยใช้เทคนิคพลาสมาสำหรับการเคลือบฟิล์มพอลิเมอร์จากสภาวะแก๊สลงบนสิ่งทอ กระบวนการปรับแต่งสิ่งทอโซล-เจล และการเกิดพอลิเมอร์แบบแอตไมเซลล์ลาร์ (Admicellar polymerization) โดยในบทความนี้จะกล่าวเน้นถึงการปรับแต่งสิ่งทอเพื่อให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน

คำสำคัญ: สิ่งทอไม่ชอบน้ำ, สิ่งทอกันน้ำมัน, การปรับแต่งสิ่งทอ

Abstract

The textile industry is constantly evolving both in quality and customization of textiles to be able use as needed which increasing the value to textiles. The textiles modifiers can be used as individual substances or blended into compounds. Chemical finishing of textiles can improve functional groups that make it comfortable to wear as

well as improving the appearance of the textile properties suitable for use. Textile finishing can be done by padding, coating, or spraying. Nowadays, nanotechnology has improved the properties of textiles called self-cleaning by using a plasma technique for depositing polymeric films from gas phase onto textiles, Sol-gel textile refinement process and admicellar polymerization. In this article, we will focus on finishing textiles for hydrophobic and oil repellent properties.

Keywords: Hydrophobic textile, Oleophobic textile, Textile finishing

บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตและปรับแต่งสิ่งทอให้มีสมบัติต่าง ๆ ตามต้องการ เช่น ปรับแต่งสิ่งทอให้สวมใส่สบาย การปรับแต่งสิ่งทอให้มีสมบัติต้านจุลชีพ การปรับแต่งสิ่งทอให้ทนไฟ ทนต่อแสงยูวี และทนความร้อน เป็นต้น การปรับแต่งสิ่งทอให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ และกันน้ำมัน จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งทอ โดยการมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และไม่ชอบน้ำมัน (oleophobic) นั้น ทำให้ง่ายต่อการทำความสะอาดสิ่งทอ เช่น พรหม ผ้าคลุมเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งสิ่งทอที่ได้นำสมบัติดังกล่าวมาใช้งาน เช่น เสื้อกันฝน เต็นท์ หรือผ้าที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ

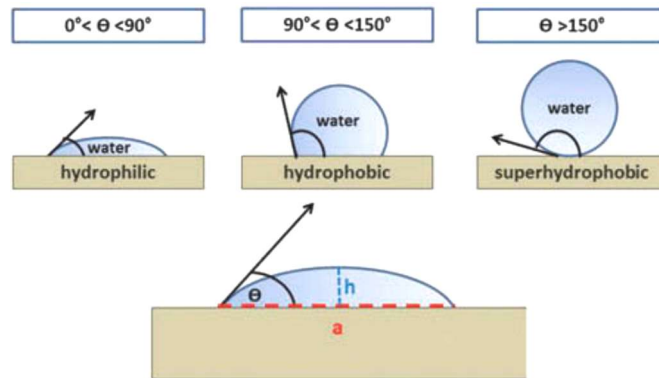
กลไกและเคมีของพื้นผิวที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำมัน

กลไกและเคมีของพื้นผิวที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมันได้ สามารถอธิบายได้ว่า น้ำซึ่งเป็นสารที่มีขั้ว ดังนั้น จึงเข้ากันได้กับของเหลวที่มีขั้ว และเช่นเดียวกัน สารไม่มีขั้ว เช่น น้ำมัน แอลเคน และเบนซิน ไม่สามารถผสมกับน้ำได้ เนื่องจากมีแรงดึงดูดที่ต่ำกว่าน้ำ ดังนั้นการทำให้พื้นผิวสิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำได้ จึงต้องทำให้มีพื้นผิวเหมือนน้ำมัน คือไม่มีขั้ว เช่น การเคลือบผิวสิ่งทอด้วย แวกซ์ หรือน้ำมันซิลิโคน ส่วนสารที่กันน้ำมัน ต้องมีโครงสร้างคล้ายน้ำ คือ มีขั้ว นอกจากนี้สารที่ไม่ชอบทั้งน้ำและน้ำมัน เรียกว่า สารประกอบเพอร์ฟลูออรีเนต (perfluorinated) ซึ่งหากทำการผสมน้ำ น้ำมัน และ สารประกอบเพอร์ฟลูออรีเนตเข้าด้วยกัน จะทำให้ของผสมแยกเป็นสามชั้น ดังนั้นการทำให้ผิวสิ่งทอมีสมบัติกันน้ำทั้งน้ำและน้ำมัน จึงต้องทำการเคลือบผิวสิ่งทอด้วยสารประกอบเพอร์ฟลูออรีเนตเตต (Mahltig, 2015)

สมบัติการเปียกผิว

พฤติกรรมการเปียกของน้ำบนพื้นผิวสามารถกำหนดได้จากมุมสัมผัส (contact angle) ของน้ำบนพื้นผิว พื้นผิวที่มีมุมสัมผัสน้ำต่ำ โดยอยู่ระหว่าง 0 ถึง 90 องศา จัดเป็นพื้นผิวที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และเมื่อพื้นผิวที่มีมุมสัมผัสสูงขึ้น พื้นผิวจะเป็นพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำมากขึ้น เช่น พื้นผิวที่มีมุมสัมผัสระหว่าง 90 ถึง 150 องศา จัดเป็นพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และ พื้นผิวที่มีมุมสัมผัสมากกว่า 150 องศา

จัดเป็นพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำยิ่งยวด (superhydrophobic) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงมุมสัมผัสของของเหลวบนผิววัสดุที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และ ไม่ชอบน้ำยิ่งยวด (superhydrophobic) ในการหาสมบัติการเปียกผิวโดย θ คือ มุมสัมผัสระหว่างพื้นผิวของแข็งกับหยดของเหลว, h คือ ความสูงของหยดของเหลว และ a คือ ระยะความยาวภายในหยดของเหลวที่เปียกพื้นผิว

ที่มา: Manuela et al. (2017)

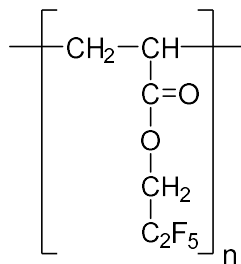
นอกจากการใช้มุมสัมผัส ยังสามารถใช้แรงตึงผิวในการอธิบายการเปียกผิวได้เช่นกัน โดยของเหลวจะไม่เปียกผิว หากแรงตึงผิวของของเหลวมีค่ามากกว่าแรงตึงผิวของพื้นผิวของแข็ง (Mahltig, 2015) ตัวอย่างเช่น พอลิเมอร์ที่ใช้ทำเส้นใยพอลิเอไมด์และพอลิเอสเตออร์ ซึ่งมีแรงตึงผิวเท่ากับ 45 mN/m ดังนั้น จะไม่สามารถทำให้เปียกผิวด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วได้ เช่น น้ำ ที่มีแรงตึงผิวเท่ากับ 72 mN/m ซึ่งมากกว่าแรงตึงผิวของพอลิเมอร์ เป็นต้น โดยพอลิเมอร์ประเภทนี้ สามารถทำให้เปียกผิวได้ จากการใช้ตัวทำละลายสายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น น้ำมัน เป็นต้น รวมถึงการเพิ่มจำนวนอะตอมฟลูออรีนในหน่วยย่อยมอนอเมอร์ ทำให้ลดแรงตึงผิวของพอลิเมอร์ได้ จึงกล่าวได้ว่าจำนวนหมู่ฟลูออรีนเตตแดคิลจำเป็นสำหรับสมบัติการกันน้ำมัน ดังนั้นการปรับแต่งเส้นใยเพื่อให้มีสมบัติกันน้ำมัน สามารถทำได้โดยใช้สารเพอร์ฟลูออรีเนตเตตเมทอะคริลิกพอลิเมอร์ (perfluorinated methacrylic polymer)

ความขรุขระของพื้นผิวก็ส่งผลต่อสมบัติการไม่ชอบน้ำและกันน้ำมันเช่นกัน โดยพื้นผิวที่ขรุขระจะมีความสามารถในการเปียกผิวดำกว่าพื้นผิวที่เรียบ เนื่องจากมีมุมสัมผัสขนาดใหญ่กว่า ทำให้พื้นผิวที่ขรุขระจัดเป็นพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำ ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว เช่นเดียวกันกับการใช้สารเคมีที่ใช้ปรับแต่งสิ่งทอ เช่น การใช้ฟลูออรีเนตเตตอะคริลิกแลตทิซ ฟลูออรีเนตเตตพอลิไซลอคเซน อนุภาคนาโนซิลิกา สารประกอบเพอฟลูออโรแอลคิลอะคริเลต ท่อนาโนคาร์บอน ผลิตภัณฑ์ซิล-เจล หรือ การใช้แสงเลเซอร์กับเส้นใย จะทำให้

พื้นผิวมีมุมสัมผัสกับน้ำสูงขึ้น ทำให้สิ่งทอ มีลักษณะที่ไม่ชอบน้ำยิ่งยวดได้ (Bae et al., 2010 และ Mahltig, 2015) แต่ในบางกรณี หากทำการซักเส้นใยที่ 40 องศาเซลเซียส หลาย ๆ ครั้ง อาจทำให้พื้นผิวเส้นใยมีการเปลี่ยนแปลง จึงทำให้สมบัติการไม่ชอบน้ำลดลงเล็กน้อย โดยสามารถสังเกตได้จากมุมสัมผัสที่ลดลง

ฟลูออโรคาร์บอนแบบดั้งเดิม

สารประกอบจำพวกฟลูออโรคาร์บอน ต้องทำให้กระจายในน้ำกลายเป็นสารปรับแต่งเส้นใยแล้วใช้วิธีจุ่มและรีด ซึ่งโดยทั่วไปสารอินทรีย์ที่มีฟลูออรีน ส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำ หากต้องการให้ละลายน้ำ ควรทำให้โมเลกุลในส่วนที่มีฟลูออรีน มีส่วนที่เป็นหมู่ที่ชอบน้ำซึ่งทำให้ละลายในน้ำได้ เช่น แลตทิซของพอลิเมอร์ที่มีส่วนเปลือก (shell) เป็นส่วนที่ชอบน้ำและส่วนแกนกลาง (core) เป็นส่วนที่มีฟลูออรีนที่ไม่ชอบน้ำ นอกจากนี้จะช่วยในการละลายน้ำแล้วยังช่วยในการเกาะติดกับเส้นใยที่ชอบน้ำ สารประกอบฟลูออโรคาร์บอนที่นิยมใช้ เพื่อปรับแต่งสิ่งทอให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน ได้แก่ พอลิเมอร์ที่มีหมู่ด้านข้างเป็นหมู่เพอร์ฟลูออรีเนตเตตแอลคิล เรียกว่า สารเพอร์ฟลูออรีเนตเตต พอลิอะคริเลต พอลิเมอร์ (แสดงในภาพที่ 2) ซึ่งจะมีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมันได้ดีเท่าใด ขึ้นอยู่กับความยาวสายโซ่เพอร์ฟลูออรีเนตเตตแอลคิล



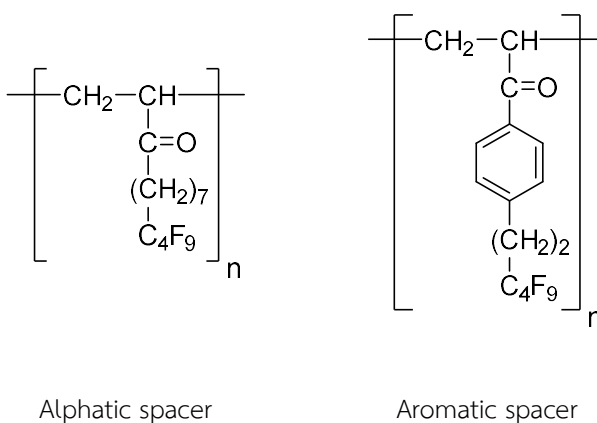
ภาพที่ 2 แสดงสารประกอบเพอร์ฟลูออรีเนตเตตพอลิอะคริเลตพอลิเมอร์

ในงานวิจัยของ Honda และคณะ (2005 และ 2010) มีการใช้สารประกอบเพอร์ฟลูออรีเนตเตตพอลิอะคริเลตพอลิเมอร์ ที่มีอะตอมคาร์บอนที่ต่อกับฟลูออรีนจำนวน 8 อะตอม ซึ่งสามารถเกิดเป็นโครงสร้างผลึกที่เป็นระเบียบได้ ทำให้สิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมันได้ดี เมื่อมีการนำสิ่งทอที่ปรับแต่งด้วยสารนี้ไปให้ความร้อน เช่น การอบหรือการรีด แต่จะทำให้สมบัติการกันน้ำมันอาจลดลง เมื่อนำสิ่งทอไปซัก (Cerme & Simoncic, 2004)

ในการทำให้สิ่งทอมีสมบัติกันน้ำมันที่ดี นอกจากขึ้นกับเคมีของสารประกอบฟลูออโรคาร์บอนแล้วยังมีการเติมสารที่ทำให้เกิดสายโซ่เชื่อมโยง เช่น พอลิเมอร์แบบรวมกลุ่มของไอโซไซยานาตและสารประกอบอะซิโตนิน (Sato et al., 1994) โดยสารในกลุ่มนี้ จะช่วยปรับปรุงสมบัติความทนทานต่อการซักของสารปรับแต่งเพื่อการมีสมบัติกันน้ำมันของสิ่งทอที่มีการใช้ฟลูออโรคาร์บอน นอกจากนี้สารทำให้เกิดสายโซ่เชื่อมโยงยังทำให้ลดอุณหภูมิในการอบ ลงได้ถึงประมาณ 115 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะทำให้เส้น

โพลิเมอร์ที่ทนน้ำมันที่ตีขึ้นได้

ในงานวิจัยของ Ferrero และคณะ (2012) ได้ทำการทดลองโดยใช้เพอร์ฟลูออโรพอลิเอทเธเรซินกับผ้าฝ้าย พร้อมกับการเติมสารประกอบฟลูออโรคาร์บอนด้วยการใช้ความร้อนและการเติมสารทำให้เกิดสายโซ่เชื่อมโยงด้วยการใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต พบว่าการใช้วิธีทำให้เกิดสายโซ่เชื่อมโยงด้วยการใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต จะช่วยปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมันบนสิ่งทอ โดยพอลิเมอร์สายโซ่เพอร์ฟลูออริเนตเตตแอลคิลที่ใช้ นั้น มีตัวคั่น (spacer) ที่ต่างกัน (แสดงดังภาพที่ 3) โดยตัวคั่นจะประกอบด้วยหมู่ที่ยึดหยุ่นเมทิลีนหรือหมู่ฟีนิลที่แข็งแรง และหากตัวคั่นเป็นหมู่ N-methyl sulfonamide สามารถเกิดเป็นโครงสร้างผลึกเหลวได้ (Mahlting, 2015)



ภาพที่ 3 ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มี สายโซ่เพอร์ฟลูออริเนตเตตแอลคิลที่มีตัวคั่นต่างกัน

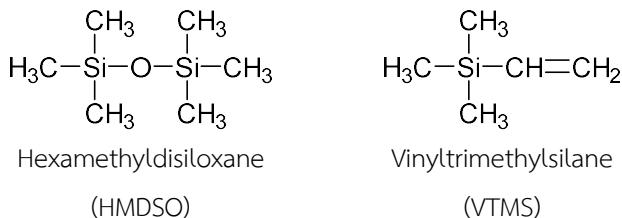
นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเพอร์ฟลูออริเนตเตตแอลคิลไฮเลน โดยปรับเปลี่ยนหมู่ยึดติด (anchor group) ที่ต่างกัน เช่น หมู่อีพอกซี (epoxy group) และหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxy group) ในการยึดกับหมู่ที่ชอบน้ำบนเส้นใยของสิ่งทอ เช่น ฝ้าย เป็นต้น

การใช้พลาสมา

การทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่ไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน สามารถทำให้เกิดขึ้นบนผิวสิ่งทอได้ ด้วยวิธีการทำให้เกิดพอลิเมอร์ ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การใช้พลาสมาและการพ่นเคลือบ โดยการใช้พลาสมานั้น นิยมใช้กับการเกิดพอลิเมอร์ที่มีหมู่ไม่ชอบน้ำ

ในการใช้พลาสมากับสิ่งทอนั้น จะมีการใช้พลาสมาในการกระตุ้นให้มอนอเมอร์เกิดปฏิกิริยา กลายเป็นพอลิเมอร์ที่ผิวของสิ่งทอ โดยมอนอเมอร์ที่ใช้นั้นจะต้องมีความดันไอสูง จึงสามารถป้อนเข้าไปในอุปกรณ์พลาสมาได้

สำหรับสารปรับแต่งสิ่งทอให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ในการเกิดพอลิเมอร์โดยใช้พลาสมา นิยมใช้สารประกอบแอลคิลไซเลน เช่น เฮกซะเมทิลไดไซลอกเซน และ ไวนิลไตรเมทิลไซเลน (แสดงดังภาพที่ 4) ร่วมกับ 2-เพอร์ฟลูออโรเฮกซิล เอทิลอะคริเลต ทำให้เกิดพอลิเมอร์แบบต่อกิ่งบนผิวสิ่งทอ (Malshe et al., 2013)



ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างของเฮกซะเมทิลไดไซลอกเซน (HMDSO) และไวนิลไตรเมทิลไซเลน (VTMS)

พื้นผิวที่มีโครงสร้างแบบนาโน

การทำให้ผิวเส้นใยมีผิวที่มีโครงสร้างนาโน จะทำให้มีมุมสัมผัสกับน้ำที่มากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้สิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำ โดยผิวลักษณะนี้เรียกว่าพื้นผิวไม่ชอบน้ำยิ่งยวด หรือ Self-Cleaning Surfaces โดย Self-Cleaning หมายถึง พื้นผิวมีการสัมผัสกับน้ำ เช่น น้ำฝน จะทำให้สิ่งสกปรกที่ผิวสิ่งทอ หลุดออกพร้อมกับน้ำที่ไม่ติดบนพื้นผิว เช่น การตกตะกอนไคโตซานที่มีโครงสร้างระดับนาโนบนผิวเส้นใยฝ้าย หลังจากนั้นทำการปรับพื้นผิวเส้นใยให้มีลักษณะไม่ชอบน้ำด้วยแอลคิลไซเลน เป็นต้น (Mahltig, 2015)

ปัจจุบันมีการใช้ อนุภาคนาโนของซิลิกา เงิน แคลเซียมคาร์บอเนต และ ซิงค์ออกไซด์ ในการทำให้เกิด Ultrahydrophobic textile ซึ่งเป็นสิ่งทอที่ไม่ชอบน้ำเป็นอย่างมาก (Ramaratnam et al., 2008) เช่น การใช้ CaCO_3 ที่มีรูปร่างลูกบาศก์กับรูปเข็มใช้ร่วมกับ poly(glycidyl methacrylate) และ poly(styrene-b-ethylene-co-butylene-b-styrene) เป็นส่วนที่ทำให้สิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (Yu et al., 2007) และ การใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ร่วมกับ เพอร์ฟลูออโรแอลคิลเมตอะคริลิโคพอลิเมอร์ สเปรย์ลงบนพื้นผิวสิ่งทอ (Steele et al., 2009) เป็นต้น

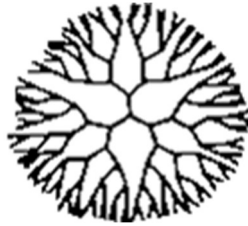
วัสดุชนิดใหม่ในการทำให้สิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน

วัสดุชนิดใหม่ในการทำให้สิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน คือ เเดนไตรเมอร์ ท่อนาโนคาร์บอน ไฮโดรโฟบิน และวัสดุซิล-เจล

เดนไตรเมอร์

เดนไตรเมอร์เป็นสารที่มีกิ่งจำนวนมาก มีโครงสร้างที่มีแกนกลาง (core) และมีพื้นผิวที่มีหมู่ทำหน้าที่เป็นจำนวนมาก (แสดงในภาพที่ 5) ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ทำเป็นสารที่ทำให้สิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำ

และกันน้ำมันได้ สารชนิดแรก คือ เคนไตรเมอร์ ฟลูออโรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยหมู่แอลคิลที่มีฟลูออรีน ทำให้มีสมบัติเป็นสารไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน สารชนิดที่สองคือ เคนไตรเมอร์ที่ไม่มีฟลูออรีนซึ่งใช้ร่วมฟลูออโรคาร์บอนชนิดดั้งเดิม (Mahltig 2015)

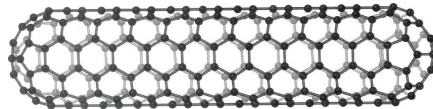


ภาพที่ 5 แสดงโครงสร้างเคนไตรเมอร์

ที่มา: Stuart (2002)

ท่อนาโนคาร์บอน

ท่อนาโนคาร์บอนมีโครงสร้างเหมือนกรง (แสดงในภาพที่ 6) การดูดซับท่อนาโนคาร์บอนบนผิววัสดุสิ่งทอ จะทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นระเบียบและมีสมบัติไม่ชอบน้ำได้ เรียกว่า สมบัติไม่ชอบน้ำยิ่งยวด โดยสามารถใช้ร่วมกับสารปรับแต่งเส้นใยที่เป็นของเหลว เช่น งานวิจัยของ Liu และคณะ (2007) ซึ่งได้ทำการเตรียมสารละลายที่ประกอบด้วยท่อนาโนคาร์บอนให้ดูดซับติดบนผิวผ้า ทำให้ผ้าที่ได้มีคุณสมบัติกับน้ำที่สูงขึ้น และมีการปรับสภาพท่อนาโนคาร์บอนด้วยบิวทิลอะคริเลต เป็นต้น



ภาพที่ 6 แสดงท่อนาโนคาร์บอน

ที่มา: Petrucci et al. (2010)

ไฮโดรโฟบิน

ไฮโดรโฟบินเป็นโปรตีนทรงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 นาโนเมตรและมีลักษณะไม่ชอบน้ำครึ่งส่วนและชอบน้ำครึ่งส่วน ไฮโดรโฟบินมีความเสถียรต่อความร้อนถึง 100 องศาเซลเซียส (Santhiya et al., 2010) โดยมีงานวิจัยที่ได้นำไฮโดรโฟบินมาทำเป็นสารละลายเพื่อปรับแต่งเส้นใย ซึ่งไฮโดรโฟบินจะหันด้านหนึ่งติดกับผิวสิ่งทอ และด้านที่มีสมบัติตรงข้ามอยู่ด้านบน เช่น หันส่วนที่ชอบน้ำติดกับผิวเส้นใย ฝ่าย ส่วนด้านที่ไม่ชอบน้ำของไฮโดรโฟบินจะอยู่ด้านบน ทำให้เส้นใยฝ่ายที่ได้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ (Mahltig, 2015) แต่สมบัติที่ดียังไม่ดีพอที่จะใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

วัสดุโซล-เจล

วัสดุโซล-เจล สามารถเตรียมจากอนุภาคสารอนินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่มากจนถึงขนาดเล็กประมาณ 80 นาโนเมตร โดยถ้านำไปเคลือบลงบนสิ่งทอ อนุภาคจะเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงสร้าง 3 มิติ ทำให้เส้นใยมีสมบัติไม่ชอบน้ำได้ ซึ่งการเคลือบสิ่งทอด้วยโซล-เจล จะประกอบไปด้วย 3 ดังนี้ (Mahltig, 2005)

ขั้นตอนที่ 1: การเตรียมโซลที่ประกอบด้วยอนุภาคนาโนหรือนาโนโซล จะสามารถเตรียมด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารตั้งต้นที่ประกอบด้วยโลหะหรือซิลิคอนอัลคอกไซด์ โดยการใช้กรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในตัวทำละลายที่เป็นน้ำหรือแอลกอฮอล์ เนื่องจากสามารถเกาะติดบนสิ่งทอได้ดี และระเหยตัวทำละลายออกได้ง่ายที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไป

ขั้นตอนที่ 2: การเคลือบบนสิ่งทอด้วยนาโนโซลที่เตรียมได้ ด้วยวิธีการจุ่มเคลือบ ซึ่งออกไซด์ของโลหะหรือซิลิกา จะเกิดการควบแน่นบนผิวสิ่งทอ

ขั้นตอนที่ 3: การระเหยตัวทำละลายออก เพื่อให้พื้นผิวสิ่งทอมีลักษณะขรุขระ โดยขรุขระ ความหนาและสมบัติเชิงกล สามารถควบคุมโดยการควบแน่นและการปรับพารามิเตอร์การทำให้สิ่งทอแห้ง

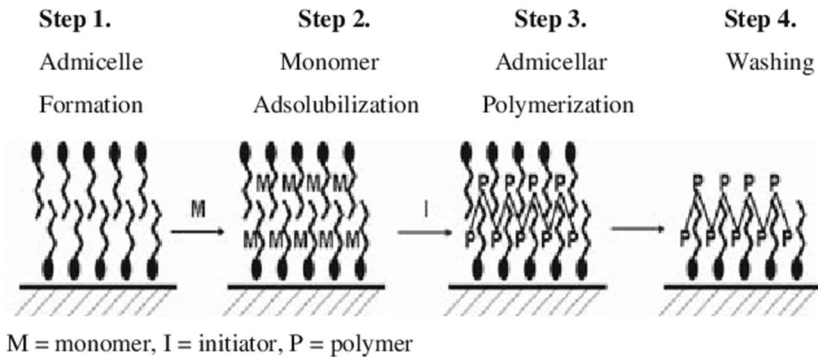
โดยการเคลือบสิ่งทอด้วยโซล-เจล พบว่าที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะทำให้เกิดชั้นอนุภาคนาโนที่มีรูพรุนใหญ่กว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา รวมถึงหากมีการใส่สารเติมแต่งจำพวกสายโซ่แอลคิลไฮเลนิยาว หมู่แอลคิล หรือหมู่เพอร์ฟลูออโรแอลคิลไปยังออกไซด์ของโลหะของชั้นนาโนโดยการปรับสภาพผิวทางเคมี จะสามารถเพิ่มความขรุขระของพื้นผิวและการไม่ชอบน้ำของสิ่งทอได้ (Ishaq & Chai-wai, 2016)

ในการเคลือบโซล-เจลกับสิ่งทอบางชนิด อาจทำให้สูญเสียสมบัติที่ติดบางประการได้ ตัวอย่างเช่น ผ้าฝ้าย ซึ่งประกอบด้วยสายโซ่พอลิเมอร์ที่เป็นเซลลูโลส มีหมู่ไฮดรอกซิลบนพื้นผิว ทำให้มีสมบัติชอบน้ำ เมื่อนำมาเคลือบด้วยสารที่ไม่ชอบน้ำ อาจทำให้สูญเสียความนิ่ม การระบายอากาศที่ดี หรือสูญเสียสมบัติเชิงกลที่ดีไป

เทคนิคการเกิดพอลิเมอร์แบบแอตไมเซลล์ลาร์

การเกิดพอลิเมอร์แบบแอตไมเซลล์ลาร์ คือ กระบวนการทำให้เกิดหมู่ทำหน้าที่บนพื้นผิวของสิ่งทอ (แสดงดังภาพที่ 7) โดยมีหลักการ คือ พื้นผิวเปรียบได้กับกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบอิมัลชัน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สารลดแรงตึงผิวถูกดูดซับบนผิววัสดุ และมอนอเมอร์ ซึ่งรวมตัวกันระหว่างเฟสวัสดุกับสารละลาย โดยหลังจากเกิดการการดูดซับ สารลดแรงตึงผิวจะเริ่มเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวใหม่ ทำให้มอนอเมอร์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในสารลดแรงตึงผิว เรียกว่า adsolubilization และเมื่อมีการเติมสารเริ่มต้นปฏิกิริยาลงใน admicelle แล้ว จะเกิดเป็นฟิล์มบางๆ บนพื้นผิววัสดุ ทำให้ได้โครงสร้างที่ต้องการ โดยหมู่ทำหน้าที่นั้น จะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมอนอเมอร์ที่ใช้ ซึ่ง

วิธีการนี้ สามารถผลิตสิ่งทอที่ทนทานต่อเปลวไฟ ไม่ชอบน้ำ รวมถึงสิ่งทอที่สามารถดูดกลืนรังสียูวีได้ (Ishaq & Chai-wai, 2016)



ภาพที่ 7 แสดงกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบแอตไมเซลล์ลาร์

ที่มา: Ampornphan (2008)

การเคลือบด้วยไอสารเคมี และการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระเคลื่อนย้ายอะตอม (Atom transfer radical polymerization, ATRP)

ในการเคลือบด้วยไอสารเคมี จะให้มอนอเมอร์และสารตั้งต้นของปฏิกิริยากลายเป็นไอในระบบปิด เมื่อโมเลกุลของสารตั้งต้นกลายเป็นไอ และไปสัมผัสกับหลอดร้อน จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ที่สามารถไปทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ ทำให้เกิดการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระและเกิดเป็นฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบบนผิววัสดุได้ และวิธีการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระเคลื่อนย้ายอะตอม (ATRP) สามารถกระทำโดยการล้างและกัดผิววัสดุสำหรับการทำให้เกิดพอลิเมอร์แบบต่อกิ่ง จากนั้นทำการเคลือบสารตั้งต้นลงบนผิววัสดุและเกิดเป็นพอลิเมอร์เคลือบบนผิววัสดุเช่นกัน

สภาวะต่าง ๆ ในการเกิดพอลิเมอร์ เช่น เวลา หรืออัตราการไหลของมอนอเมอร์ เป็นสิ่งที่ควบคุมระดับการเกิดพอลิเมอร์ โดยระดับการเกิดพอลิเมอร์สามารถคิดจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของวัสดุหลังจากการปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแล้ว (Ishaq & Chai-wai, 2016)

บทสรุป

การปรับปรุงสมบัติของสิ่งทอให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน สามารถทำได้โดยใช้สารฟลูออโรคาร์บอน การเติมสารที่ทำให้เกิดสายโซ่เชื่อมโยง นอกจากนี้ยังมีการใช้พลาสมาในการทำให้เกิดหมู่ทำหน้าที่ ซึ่งไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน การสร้างพื้นผิวที่มีโครงสร้างนาโน การใช้เดนไดรเมอร์ที่พื้นผิวมีหมู่ที่ทำหน้าที่ซึ่งไม่ชอบน้ำและกันน้ำมัน การทำให้เกิดท่อนาโนคาร์บอนทำให้สิ่งทอมีสมบัติไม่ชอบน้ำยิ่งยวด การเคลือบสิ่งทอด้วยวัสดุซิล-เจล และการใช้เทคนิคการเกิดพอลิเมอร์แบบแอตไมเซลล์ลาร์ การเคลือบด้วยไอสารเคมีและการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระเคลื่อนย้ายอะตอม เป็นต้น การปรับปรุงสภาพสิ่งทอให้มีสมบัติ

ไม่ชอบน้ำและกันน้ำมันนั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้มากมาย อาทิ การทำหมวกกันน้ำ สิ่งทอที่ไม่ต้องการให้เปียกน้ำ การทำถุงมือกันน้ำและกันน้ำมัน และยังสามารถพัฒนาได้ต่อเนื่องโดยการใช้อนุภาคนาโนพอลิเมอร์ชนิดอื่น เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Ampornphan, S., Edgar, A.O.R. & Nantaya, Y. (2008). Self-extinguishing cotton fabric with minimal phosphorus deposition. *Cellulose*, 15, 731-737.
- Bae, G.Y., Jeong, Y.G. & Min, B.G. (2010). Superhydrophobic PET fabrics achieved by silica nanoparticles and water-repellent agent. *Fibers and Polymers*, 11, 976-981.
- Cerne, L., & Simoncic, B. (2004). Influence of repellent finishing on the surface free energy of cellulosic textile substrates. *Textile Research Journal*, 74(5), 426-432.
- Ferrero, F., Periolatto, M. & Udrescu, C. (2012). Water and oil-repellent coatings of perfluoro-polyacrylate resins on cotton fibers: UV curing in comparison with thermal polymerization. *Fibers and Polymers*, 13(2), 191-198.
- Honda, K., Morita, M., Otsuka, H. & Takahara, A. (2005). Molecular aggregation structure and surface properties of poly(fluoroalkyl methacrylate) thin films. *Macromolecules*, 38(13), 5699-5705.
- Honda, K., Morita, M., Sakata, O., Sasaki, S. & Takahara, A. (2010). Effect of surface molecular aggregation state and surface molecular motion on wetting behavior of water on poly(fluoroalkyl methacrylate) thin films. *Macromolecules*, 43(1), 454-460.
- Ishaq, A., & Chai-wai, K. (2016). A review on development and application of bio-inspired superhydrophobic textiles. *Materials*, 9(11), 1-34.
- Liu, Y., Tang, J., Wang, R., Lu, H., Li, L., Kong, Y., Qi, K., & Xin, J.H. (2007). Artificial lotus leaf structures for assembling carbon nanotubes and their applications in hydrophobic textiles. *Journal of Materials chemistry*, (17), 1071-1078.
- Mahltig, B. (2015). *Functional finishes for textiles: Hydrophobic and oleophobic finishes for textiles*. Cambridge, UK: Elsevier Ltd.
- Mahltig, B., Haufe, H. & Bottcher, H. (2005). Functionalisation of textiles by inorganic sol-gel coatings. *Journal of materials chemistry*, 15(41), 4385-4398.
- Malshe, P., Mazloupour, M., El-shafei, A. & Hauser, P. (2013). Multi-functional military textile: Plasma-induced graft polymerization of a C6 fluorocarbon for repellent treatment on nylon-cotton blend fabric. *Surface coatings Technology*, 217, 112-118.

- Manuela, M., Silvia, R., Fabio, F. & Rachela, M.D.F. (2017). Experimentation of Earth-Gypsum Plasters for the Conversation of Earthen Constructions. *International Journal of Architectural Heritage*, 11(6), 763-772.
- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D. & Bissonnette, C. (2011). *General Chemistry Principles and Modern Applications*. Toronto, Canada: Pearson Canada Inc.
- Ramaratnam, K., Iyer, S. K., Kinnan, M. K., Chumanov, G., Brown, P. J. & Luzinov, I. (2008). Ultrahydrophobic textiles using nanoparticles: Lotus approach. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 3(4), 1-14.
- Sato, Y., Wakida, T., Tokino, S., Niu, S. & Takekoshi, S. (1994). Effect of crosslinking agents on water repellency of cotton fabrics treated with fluorocarbon resin. *Textile research Journal*, 64(6), 316-320.
- Santhiya, D., Burghard, Z., Greiner, C., Jeurgens, L. P. H., Subkowski, T. & Bill, J. (2010). Bioinspired deposition of TiO₂ thin films induced by hydrophobins. *Langmuir*, 26(9), 6494-6502.
- Steele, A., Bayer, I. & Loth, E. (2009). Inherently superoleophobic nanocomposite coatings by spray atomization. *Nano Letters*, 9(1), 501-505.
- Stuart, B. H. (2002). *Polymer Analysis*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Yu, M., Gu, G., Meng, W. D. & Qing, F. L. (2007). Superhydrophobic cotton fabric coating based on a complex layer of silica nanoparticles and perfluorooctylated quaternary ammonium silane coupling agent. *Applied surface science*, 253(7), 3669-3673.