

บทสรุปผู้บริหาร (Executive summary)

ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ เช่น เส้นใย (Fiber) เส้นด้าย (Yarn) และ ผ้า (Fabric) มีสมบัติพื้นฐานทางด้านเรขาคณิต (Geometry) คือ ความซับซ้อนของโครงสร้างทางเรขาคณิตของการจัดเรียงของเส้นใยในโครงสร้างของเส้นด้าย และการถักทอของเส้นด้ายเพื่อประกอบเป็นผืนผ้า นอกจากนี้คุณสมบัติทางกลของเส้นใย เส้นด้าย และผ้า ก็ไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) และแต่ละทิศทางจะมีคุณสมบัติทางกลไม่เท่ากัน (Anisotropic) ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ เป็นผลมาจากการประกอบเข้าด้วยกันของเส้นใยขนาดเล็กจำนวนมากเพื่อผลิตเป็นเส้นด้าย และผลของผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยเหล่านี้เมื่อได้รับแรงกระทำ ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะพัฒนาโมเดลต่างๆ เพื่อนำเสนอลักษณะรูปร่างของเส้นด้ายเพื่อจะใช้ในการศึกษารูปทรงทางเรขาคณิต และนำผลของแบบจำลองทางเรขาคณิตมาทำนายคุณสมบัติทางกลของเส้นด้าย ด้วยการจำลองรูปทรงทางเรขาคณิตและทำนายคุณสมบัติทางกลโดยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) และคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ (CAE)

CAD/CAE ณ ปัจจุบัน ได้เป็นเครื่องมือที่สำคัญและมีความสามารถมากขึ้นเรื่อยๆ และ เป็นที่นิยมในการประยุกต์ใช้กับวัสดุสิ่งทอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เส้นด้าย ในการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบสำหรับการจำลองรูปร่างเรขาคณิตของเส้นด้ายในอดีตทั้งหมด (Keefe et al. 1992, Keefe 1994, Harwood et al. 1997, Adanur and Liao 1998, Jiang and Chen 2005) จะจำลองเส้นด้ายภายใต้สมมติฐานของเส้นด้ายแบบเส้นเดี่ยว (Single line of Yarn path) ซึ่งแท้จริงแล้วนั้น เส้นด้ายจะประกอบไปด้วยเส้นใยจำนวนมากมาตีเกลียวกันเพื่อให้ได้เส้นด้ายขนาดต่างๆ ดังนั้น Sriprateep and Bohez (2006) จึงได้นำเสนอขั้นตอนใหม่ (New Algorithm) สำหรับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบโครงสร้างของเส้นด้ายซึ่งจำลองโครงสร้างของเส้นด้ายที่ประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากมาประกอบเข้าด้วยกัน (Fiber assembly) ซึ่งจำลองรูปร่างเส้นด้ายที่มีรูปร่างที่สมบูรณแบบและในกรณีที่มีการย้ายตำแหน่งของเส้นใยในเส้นด้าย หลังจากนั้น Sriprateep and Bohez (2009) ได้พัฒนาต่อโดยจำลองโครงสร้างของเส้นด้ายที่ผลิตจากกระบวนการรีดปั่นยาร์น (Ring spun yarn) พร้อมทั้งนำเสนอโมเดลใหม่ในการจำลองพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้าย (Yarn cross section) และพัฒนารูปแบบใหม่สำหรับการย้ายตำแหน่งของเส้นใยในเส้นด้ายที่เรียกชื่อว่า "Sine wave pattern" และการนำเสนอสมการใหม่สำหรับคำนวณตัวแปรที่ได้จากกระบวนการรีดปั่นยาร์น หลังจากนั้นใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเพื่อสร้างรูปร่างเรขาคณิตของเส้นด้ายที่ประกอบด้วยเกลียวของเส้นใยจำนวนมากประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้รูปร่างเรขาคณิตของเส้นด้ายที่สอดคล้องกับความเป็นจริง

ในการศึกษานี้ ประยุกต์ใช้ โมเดลของเรขาคณิตของเส้นด้ายชนิดใหม่ที่พัฒนาขึ้นมาโดย Sriprateep and Bohez (2009) สำหรับการทำนายสมบัติทางกลสำหรับเส้นด้ายที่ทำจากเส้นใยยาว โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ ในการจำลองโครงสร้างของเส้นด้ายที่ประกอบไปด้วยเกลียวของเส้นใยจำนวนมากประกอบเข้าด้วยกัน โดยพิจารณาโครงสร้างของเส้นด้ายที่สมบูรณแบบ (Ideal Yarn Structure) โดยการเปลี่ยนค่าของมุมเกลียวเป็นค่าต่างๆ และพิจารณาในกรณีของการเกิดการย้ายตำแหน่งของเส้นใยในเส้นด้าย หลังจากนั้น ทำการจำลองการดึงโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ (Computer Aided Engineering) โดยวิธีไฟไนลิเมนต์แบบไม่เป็นเส้นตรงจำลองและวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดของเส้น

ใยแต่ละเส้นและนำค่าที่ได้คำนวณหาสมบัติการดึงของเส้นด้าย โดยพิจารณาสมบัติของวัสดุเส้นใยในกรณีเป็นแบบเส้นตรง (linear) และไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) ซึ่งจะทำให้ได้ค่าของความเค้นและเปอร์เซ็นต์ของการยืดตัวของเส้นด้ายแต่ละค่าที่จำลอง หลังจากนั้นนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองในแต่ละค่าของมุมเกลียวที่ทำการจำลอง

ดังนั้น การศึกษานี้นำเสนอวิธีการจำลองพฤติกรรมทางการดึงของเส้นด้ายชนิดเส้นใยยาว โดยใช้วัสดุเส้นใยคือ เรยอน โพลีเอสเตอร์ และไนลอน การจำลองรูปทรงเรขาคณิตเส้นด้ายที่ประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากและวิธีของแคด/ซีเออี สำหรับวิเคราะห์สมบัติการดึง เส้นด้ายที่มีมุมเกลียวต่างๆและสมบัติของเส้นใยที่ไม่เป็นเส้นตรงได้นำมาพิจารณาในการศึกษานี้ ไฟไนต์เอลิเมนต์และผลการเปลี่ยนรูปมากได้นำมาใช้คำนวณกราฟของความเค้นและความเครียด โครงสร้างเส้นด้ายที่สมบูรณ์แบบโครงสร้างละ 5 ชั้น และมีมุมเกลียวที่ต่างกันได้นำมาจำลองและทำนายสมบัติการดึงในแต่ละเส้นใยและในแต่ละชั้น ความเค้นที่ได้จากผลการจำลองการดึงสามารถวิเคราะห์ได้จากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ความเค้นกระจายตัวในโครงสร้างเส้นด้ายโดยเกิดขึ้นมากที่สุดที่กึ่งกลางของโครงสร้างเส้นด้ายและลดลงมาจนถึงพื้นผิวของเส้นด้าย ความเค้นและการยืดตัวของเส้นใยสามารถเปลี่ยนมาเป็นความเค้นของเส้นด้ายซึ่งแสดงในรูปของค่ามากที่สุดและค่าเฉลี่ยของกราฟระหว่างความเค้นและการยืด

จากการวิเคราะห์ผลการทำนายและเปรียบเทียบกับกราฟความเค้นและความเครียดของวัสดุเรยอนและวิธีทางพลังงาน (energy method) แสดงผลเป็นที่น่าพอใจกับผลที่ได้จากการทดลองดึงจริง ยกเว้นบริเวณที่เปอร์เซ็นต์การยืดสูง ในกรณีผลการทำนายของแบบจำลองกับโพลีเอสเตอร์ก็แสดงผลเป็นที่น่าพอใจเฉพาะของเส้นด้ายที่มีมุมเกลียวต่ำ แต่เมื่อเพิ่มมุมเกลียวของแบบจำลองมากขึ้น ผลการทำนายมีค่าต่ำกว่าผลการทดสอบจริงเล็กน้อย ในส่วนของเส้นด้ายไนลอนนั้น วิเคราะห์ที่มีมุมเกลียวต่างกันพบว่า ผลการทำนายมีค่ามากกว่าผลที่ได้จากการทดสอบจริง แต่อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยนี้ผลวิจัยที่ได้ อาจจะมีค่าคลาดเคลื่อนเล็กน้อย อาจเนื่องจากปัจจัยที่แตกต่างกันของโครงสร้างเส้นด้ายจริง ความหนาแน่นในการบรรจุเส้นใยในเส้นด้ายจริง การย้ายตำแหน่งของเส้นใย แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตควรจะเพิ่มปัจจัยเหล่านี้เข้าไปในแบบจำลอง