

คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบโครงสร้างเส้นด้ายควบบแบบ 2 เส้น

Computer Aided Design of two ply yarns structures

สรารุท สิงห์โต¹, เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป²

Sarawut Singto¹, Keartisak Sriprateep²

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการจำลองโครงสร้างเส้นด้ายควบบแบบ 2 เส้นในรูปแบบ 3 มิติโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบเส้นด้ายควบบแต่ละเส้นประกอบด้วยการทำเกลียวของเส้นใยจำนวนมากประกอบเข้าด้วยกัน สมการของการม้วนเกลียวแบบสองเกลียว (Doubly wound helix) ถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดพิกัดของเส้นใยในโครงสร้างเส้นด้ายควบบ ตำแหน่งของเส้นใยแต่ละเส้นประมาณตำแหน่งโดยเส้นโค้งเนิร์บ (NURBS curve) และทำการสวีฟิง (Sweeping) เส้นโค้งเพื่อนำเสนอแบบจำลองของเส้นใยในรูปแบบของแข็ง (Solid model) ผลการจำลองโครงสร้างเส้นด้ายควบบนี้มีความเหมือนจริงในการนำเสนอภาพกราฟฟิกมากกว่างานวิจัยก่อนหน้านั้นและสามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ (CAE) สำหรับวิเคราะห์ความแข็งแรงทางกลของเส้นด้ายควบบได้

คำสำคัญ: โครงสร้างเส้นด้ายควบบแบบสองเส้น คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและวิเคราะห์ แบบจำลองทางเรขาคณิต

Abstract

This paper presents the approach for modeling the two ply yarn structures in 3D model using computer aided design (CAD). Each yarn structure composed of many fibers twisted together. Doubly wound helix equation is used to define the coordinates of the fibers in two ply yarn structures. The fiber coordinate is approximated by NURBS and sweeping curve to present a model of fibers in solid model. The results of this method can model wider variety and yield an improved visual representation of two ply yarn structures and also can be used in the computer aided engineering (CAE) to analyze the mechanical strength of the ply yarns.

Keywords: Two-ply yarns structure, CAD, Geometric modeling

¹ นิสิตปริญญาโท, ² รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Graduate student, ² Assoc. Prof., Department of Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand.,*² Corresponding author, Email: keartisaks@hotmail.com



บทนำ

ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ เช่น เส้นใย (Fiber) เส้นด้าย (Yarn) และผ้า (Fabric) มีความซับซ้อนของการจัดเรียงเส้นใยในโครงสร้างของเส้นด้ายและการถักทอเส้นด้ายเพื่อประกอบกันเป็นผืนผ้า ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะพัฒนาแบบจำลองเพื่อนำเสนอลักษณะรูปร่างของเส้นด้ายเพื่อใช้ในการศึกษารูปทรงทางเรขาคณิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) และทำนายสมบัติทางกลโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ (CAE) ในการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบสำหรับการจำลองรูปร่างเรขาคณิตของเส้นด้ายในอดีตทั้งหมด (Keefe et al. 1992¹, Keefe 1994², Harwood et al. 1997³, Adanur and Liao 1998⁴, Jiang and Chen 2005⁵) จะจำลองเส้นด้ายภายใต้สมมติฐานของเส้นด้ายแบบเส้นเดี่ยว (Single line of Yarn path) ซึ่งแท้จริงแล้วนั้น เส้นด้ายจะประกอบไปด้วยเส้นใยจำนวนมากมาตีเกลียวกันเพื่อให้ได้เส้นด้ายขนาดต่างๆ ดังนั้น Sriprateep and Bohez [2006]⁶ จึงได้นำเสนอขั้นตอนใหม่ (New Algorithm) สำหรับการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบโครงสร้างของเส้นด้ายซึ่งจำลองโครงสร้างของเส้นด้ายที่ประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากมาประกอบเข้าด้วยกัน (Fiber assembly) หลังจากนั้น Sriprateep and Bohez [2009]⁷ ได้พัฒนาต่อโดยจำลองโครงสร้างของเส้นด้ายที่ผลิตจากกระบวนการริงสปันยาร์น (Ring spun yarn) ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบโครงสร้างเส้นด้ายที่สอดคล้องกับความเป็นจริง

การศึกษาเกี่ยวกับเส้นด้ายควบเริ่มจาก Treloar [1956]⁸ ได้พัฒนาสมการของรูปแบบเรขาคณิตของเส้นด้ายควบโดยสมมุติฐานว่า เส้นใยแต่ละเส้นในโครงสร้างของเส้นด้ายควบมีรูปร่าง (Form) เป็นการม้วนของเกลียวแบบสองเกลียว (Doubly wound helix) คือ เกลียวของเส้นด้ายแต่ละเส้น และการทำเกลียวของเส้นด้ายควบ ซึ่งเกลียวของเส้นด้ายแต่ละเส้นจะนำมาควบในมุมเกลียวที่ต้องการ เส้นด้ายควบจะมีพิกัด (Coordinate) ของเส้นใยในโครงสร้างของเส้นด้ายที่แสดงในรูปของตำแหน่งพิกัด (x, y, z) หลังจากนั้น Tao [1994]⁹ ได้พัฒนาต่อจากสมการม้วน

ของเกลียวแบบสองเกลียวเพื่ออธิบายสมบัติการงอ (bending properties) ของเส้นด้ายควบ Choi and Tandon[2006]¹⁰ พัฒนาเพื่ออธิบายสมบัติการงอ (bending properties) และการบิด (torsion) ของเส้นด้ายควบด้วยวิธีพลังงาน (energy method) และมีการนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลการทดลองซึ่งมีผลเป็นที่น่าพอใจ Jeon and Kim [2010]¹¹ ได้จำลองตำแหน่งของเส้นใยในเส้นด้ายโดยใช้สมการการม้วนของเกลียวแบบสองเกลียว โดยแสดงเส้นทางของเส้นใยเป็นฟังก์ชันของตำแหน่งเส้นใยในเส้นด้าย และทิศทางของเกลียวเส้นด้ายและเส้นด้ายควบ รวมทั้งการคำนวณมุมของทิศทาง (Orientation angle) ฟังก์ชันความหนาแน่นของทิศทาง (Orientation density function) เพื่อจะใช้สำหรับการทำนายสมบัติทางกลของเส้นด้ายควบ

จากข้อจำกัดที่นำเสนอเหล่านี้ การศึกษานี้จึงพัฒนาวิธีการจำลองของโครงสร้างของเส้นด้ายควบแบบสองเส้นที่แต่ละเส้นด้ายประกอบไปด้วยเกลียวของเส้นใยจำนวนมากประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ และทดสอบแบบจำลองโดยการตั้ง ต้น และงอเส้นด้ายควบด้วยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์เพื่อใช้สำหรับการทำนายสมบัติทางกลในอนาคตต่อไป

วิธีการดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการจำลองโครงสร้างเส้นด้ายควบแบบสองเส้นแสดงใน Figure 2 ตัวแปรที่กำหนดก่อนการจำลองคือ จำนวนเส้นใยของเส้นด้ายแต่ละเส้น เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใย เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้าย เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้ายควบ มุมเกลียวเส้นด้ายแต่ละเส้น มุมเกลียวเส้นด้ายควบ ขั้นตอนการจำลองที่นำเสนอคือ ขั้นตอนที่ 1 กำหนดพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายใน 2 มิติ ในพิกัด x, y ขั้นตอนที่ 2 กำหนดตำแหน่งของเส้นใยแต่ละเส้นในรูปแบบ 3 มิติในพิกัด x, y, z โดยใช้สมการของการม้วนของเกลียวแบบสองเกลียว ที่พัฒนาโดย Treloar [1956]⁸ ขั้นตอนที่ 3 คือการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในการออกแบบจำลองโครงสร้างเส้นด้ายควบเพื่อนำเสนอภาพกราฟิก ในรูปแบบต่างๆ

ข้อมูลป้อนเข้า
 จำนวนเส้นใยของเส้นด้ายแต่ละเส้น (N_f), เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใย, เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้าย (d_v), เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้ายควบ (d_p), มุมเกลียวเส้นด้ายแต่ละเส้น



ขั้นตอนการจำลอง

ขั้นตอนที่ 1: กำหนดพื้นที่หน้าตัดเส้นด้ายควบในรูปแบบ 2 มิติ

1.1 กำหนดพิกัดของตำแหน่งเส้นใยในพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายควบในรูปแบบ 2 มิติ พิกัดของแกน (x,y)

ขั้นตอนที่ 2: กำหนดตำแหน่งเส้นใยแต่ละเส้นในรูปแบบ 3 มิติ

2.1 กำหนดตำแหน่งเส้นโค้งของเส้นใยแต่ละรูปแบบ 3 มิติ ในพิกัดคือ (x,y,z) โดยใช้สมการของการม้วนของเกลียวแบบสองเกลียว (Doubly wound helix) ที่พัฒนาโดย Treloar [1956]

2.2 ประกอบเส้นโค้งของเส้นใยในแต่ละเส้นเข้าด้วยกัน

ขั้นตอนที่ 3: จำลองโครงสร้างเส้นด้ายควบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

3.1 สร้างเส้นโค้งของเส้นใยจากการประมาณค่าพิกัดความโค้งด้วย NURBS curve และทำการ sweeping เพื่อแสดงรูปของแข็ง (Solid Model)

3.2 ประกอบเส้นใยแต่ละเส้นเข้าด้วยกันเพื่อแสดงภาพกราฟฟิกของโครงสร้างเส้นด้ายควบในรูปแบบต่างๆ

Figure 1 Process simulation diagram.

พื้นที่หน้าตัดเส้นด้ายควบใน 2 มิติ

Figure 2 (a) แสดงพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายสองเส้นในพิกัด xy หรือในระนาบตั้งฉากกับแกน z (ทิศทางตามแกนหลักของด้ายควบ) และ Figure 2 (b) เส้นด้ายควบในทิศทางของพิกัด zy จุด O_1 และ O_2

เป็นจุดศูนย์กลางของเส้นด้ายแต่ละเส้นซึ่งจะมีมุมเกลียวเส้นด้ายควบคือ (α) โดยกำหนดให้ d_{01} , d_{02} คือเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายเส้นที่ 1 และเส้นที่ 2 ตามลำดับ ดังนั้น เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้ายในทิศทางแกน y คือ $d_{01}/\sin\alpha$

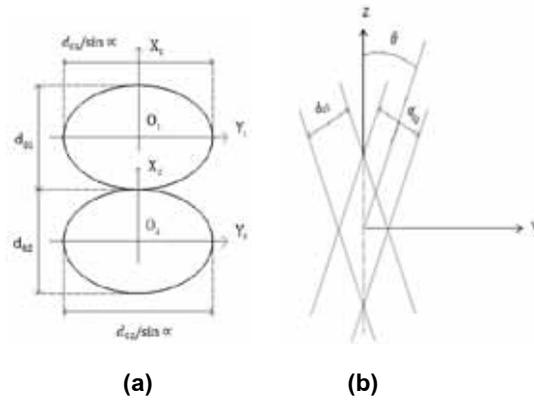


Figure 2 Two ply cross-section area with coordinate (a) xy and (b) yz.

ตำแหน่งของเส้นใยแต่ละเส้นในรูปแบบ 3 มิติ

จากการพัฒนาสมการเพื่ออธิบายตำแหน่งเส้นใยในโครงสร้างของเส้นด้ายควบตามสมมติฐานของ Treloar [1956]⁸ ตามลักษณะของการม้วนของเกลียวแบบสองเกลียวที่มีแกนร่วมกัน (Coaxial doubly wound helix) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างเส้นด้ายที่สมบูรณ์แบบ (ก่อนนำมาประกอบเป็นเส้นด้ายควบ) และนำเส้นด้ายแต่ละเส้นมาตีเกลียวเป็นเส้นด้ายควบ ซึ่งจะทำให้ความยาวของเส้นด้ายเส้นเดียวลดลงตามลักษณะของเรขาคณิตเส้นด้ายควบที่กำหนด

เมื่อกำหนดให้พิกัดเส้นใยในโครงสร้างของเส้นด้ายควบคือ xyz ซึ่งกำหนดให้ศูนย์กลางของเกลียวเส้นด้ายควบอยู่ในทิศทางตามแนวแกน z และกำหนดให้ α คือมุมเกลียวของเส้นด้ายควบ เกลียวของเส้นด้ายแต่ละเส้นมีลักษณะของเกลียวตามลักษณะของเส้นด้ายที่สมบูรณ์แบบที่มีรัศมี a และทำมุม α กับแกนของเส้นด้ายควบ ถ้ากำหนดให้เส้นใย F ในโครงสร้างเส้นด้ายมีรูปร่างเกลียวตามลักษณะด้ายที่สมบูรณ์แบบที่มีรัศมี r และมีทิศทางการหมุนของเวกเตอร์ ϕ มีค่าคงที่ตลอดโครงสร้างของเส้นด้าย เมื่อกำหนดให้ $x'y'z'$ ของจุด O' มีทิศทางการหมุน แสดงใน Figure 3 (b)

ถ้ากำหนดให้ $\phi = p\theta$ หรือ $\theta = \phi/p$ ซึ่ง p คือ ตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง θ กับ ϕ และ p จะต้องไม่เท่ากับศูนย์ ถ้า p เท่ากับศูนย์จะทำให้ตำแหน่งของเส้นใยในโครงสร้างเส้นด้ายและโครงสร้างเส้นด้ายควบเหมือนกัน ดังนั้น สมการที่แสดงตำแหน่งเส้นใยในโครงสร้างเส้นด้ายควบคือ

$$\begin{aligned} x &= a \cos(\phi/p) + r \cos \phi \cos(\phi/p) - r \cos \alpha \sin \phi \sin(\phi/p) \\ y &= a \sin(\phi/p) + r \cos \phi \sin(\phi/p) + r \cos \alpha \sin \phi \cos(\phi/p) \\ z &= a \cot \alpha (\phi/p) - r \sin \alpha \sin \phi \end{aligned} \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้พิกัดของเส้นด้ายควบคือ xyz ดังนั้น เส้นใยที่ตำแหน่ง $F(r, \phi)$ ในโครงสร้างเส้นด้ายควบสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

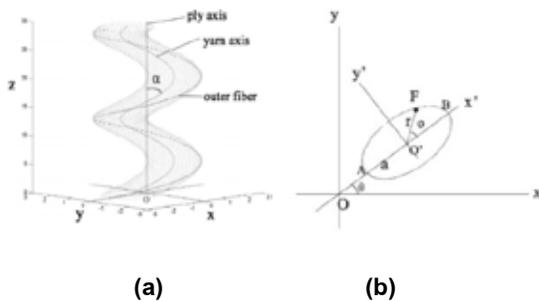


Figure 3 (a) The geometry and (b) coordinates of two ply yarn. [Jeon and Kim, 2010]¹¹

การประมาณตำแหน่งเส้นใยด้วยเส้นโค้งเนิร์บ

การประมาณค่าโดยคิวบิกเนิร์บ (Cubic nurbs) หรือเส้นโค้งเนิร์บคือ พารามิเตอร์ของสไปน์ที่ส่วนประกอบหลักคือ จุดควบคุม (Control points) ในสองมิติหรือสามมิติการให้น้ำหนักแต่ละจุดควบคุมและนอตเวกเตอร์ (Knot vector) จะมีผลกับส่วนต่างๆ ของเส้นโค้งที่กำหนด เส้นโค้งเนิร์บสำหรับพารามิเตอร์ t กำหนดโดย [Piegl and Tiller, 1997]¹²

$$\begin{aligned} r(t) &= \frac{\sum_{i=0}^{n_p-1} w_i B_i(t) \cdot r_i}{\sum_{i=0}^{n_p-1} w_i M_1(t)} = \\ &\sum_{i=0}^{n_p-1} B_i(t) \cdot r_i, \quad 0 \leq t \leq 1 \end{aligned} \quad (2)$$

น้ำหนักของจุดควบคุมเวอร์ทิกส์ (Control vertices) จะมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 ในกรณีของการกำหนดน้ำหนักเท่ากับ 1 ดังนั้น เนิร์บจะมีค่าเท่ากับ บีสไปน์ (B-spline) เมื่อกำหนดตำแหน่งเส้นใยแต่ละจุด $\{d_i\}$ ซึ่ง $i = 0, 1, \dots, m$ โดยที่พิกัดคือ x, y, z ในแต่ละจุด ดังนั้น การประมาณการเส้นโค้งสามารถกำหนดโดย

$$\text{Minimize } \sum_{i=0}^m \|d_i - r(t)\|^2 \quad (3)$$

โดยทั่วไปจะระบุจุดหรือตำแหน่งเส้นใยก่อน ในกรณีนี้คือ พิกัด x, y, z จากสมการที่ (1) แล้วจึงกำหนดให้เส้นโค้งเนิร์บผ่านจุดที่กำหนดให้ใกล้ที่สุดเท่าที่จะทำได้ เกลียวเส้นใยสามารถแสดงในรูปแบบของแข็ง (Solid Model) โดยทำการสวิปิง (Sweeping) ไปตามเส้นโค้งเนิร์บ ซึ่งสามารถใช้ซอฟต์แวร์ทางด้านคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบใดๆ สามารถทำได้

ผลการศึกษาและอภิปราย

ตำแหน่งเส้นใยในเส้นด้าย

Figure 4 แสดงเส้นโค้งของเส้นใยในโครงสร้างของเส้นด้ายควบที่รัศมีของเส้นด้ายเส้นเดียวคือ $r = 0, 0.5$ และ 1 ตัวอย่างของเส้นด้ายควบนี้จำลองตามหลักการของทิศทางการม้วนของเกลียวแบบสองเกลียว โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบในการออกแบบเส้นด้ายควบแบบ 2 เส้นแต่ละเส้นด้ายประกอบด้วย 5 ชั้น มีเส้นใยในเส้นด้ายเส้นเดียวจำนวน 64 เส้นรวมทั้งหมดมี 128 เส้น มุมเกลียวเส้นด้ายแต่ละเส้นเท่ากับ 28.5 องศา มุมเกลียวเส้นด้ายควบ (α) เท่ากับ 30 องศา ภาพประกอบที่สมบูรณ์ของโครงสร้างเส้นด้ายควบแสดงใน Figure 4

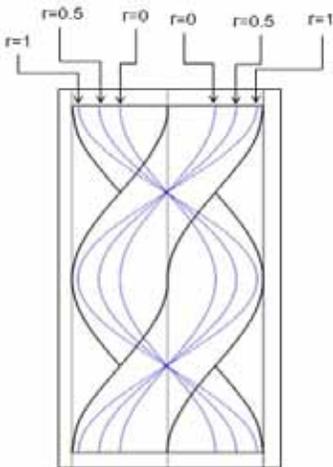


Figure 4 The fiber position in two ply yarn structure.

คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบโครงสร้างเส้นด้ายควบ

การจำลองเส้นด้ายควบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD) ใช้โปรแกรม SolidWork 2013 เป็นโปรแกรมสำหรับการจำลองแสดงใน Figure 5 ซึ่งเป็นภาพจำลองเส้นด้ายควบแบบ 2 เส้น Figure 5 (a) แสดงเส้นด้ายควบแบบดั้งเดิมซึ่งเส้นด้ายควบแต่ละเส้นจะเป็นด้ายเส้นเดี่ยวจำนวนสองรอบเกลียว และ Figure 5 (b-c) แสดงแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ในมุมมองต่างๆ โดยเส้นด้ายควบแต่ละเส้นประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากรวมเข้าด้วยกันตามค่าของตัวแปรที่กำหนดให้ โดยการจำลองในตัวอย่างนี้กำหนดข้อมูลก่อนการจำลองคือจำนวนเส้นใยของเส้นด้ายแต่ละเส้น (N_f) เท่ากับ 7 เส้นโดยมีทั้งหมด 2 ชั้น เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใย (d_f) เท่ากับ 1 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้าย (d_y) เท่ากับ 3 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้ายควบ (d_p) เท่ากับ 6 มม. มุมเกลียวเส้นด้ายแต่ละเส้นเท่ากับ 33.8 องศา มุมเกลียวเส้นด้ายควบเท่ากับ 35.4 องศา

Figure 6 แสดงผลการจำลองเส้นด้ายควบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ Figure 6 (a) แสดงเส้นด้ายควบที่เส้นด้ายจะเป็นด้ายเส้นเดี่ยวจำนวนสองรอบเกลียว และ Figure 6 (b-c) แสดงแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยจำลองเส้นด้ายควบแต่ละเส้น

ประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากเข้าด้วยกันตามค่าของตัวแปรที่กำหนดให้ โดยการจำลองในตัวอย่างนี้กำหนดข้อมูลก่อนการจำลองคือจำนวนเส้นใยของเส้นด้ายแต่ละเส้น (N_f) เท่ากับ 19 เส้นโดยมีทั้งหมด 3 ชั้น รวมจำนวนเส้นใยทั้งหมด 38 เส้น เส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_f) เท่ากับ 1 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้าย (d_y) เท่ากับ 5 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้ายควบ (d_p) เท่ากับ 10 มม. มุมเกลียวเส้นด้ายแต่ละเส้นเท่ากับ 32.7 องศา และมุมเกลียวเส้นด้ายควบเท่ากับ 33.9 องศา

รูปการจำลองเส้นด้ายควบแต่ละเส้นจะเป็นด้ายเส้นเดี่ยวจำนวนหนึ่งรอบเกลียวแสดงใน Figure 7 (a) และรูปแสดงการจำลองที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยจำลองเส้นด้ายควบแต่ละเส้นประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากเข้าด้วยกันตามค่าของตัวแปรที่กำหนดให้แสดงใน Figure 7 (b-c) โดยในตัวอย่างนี้กำหนดข้อมูลก่อนการจำลองคือจำนวนเส้นใยของเส้นด้ายแต่ละเส้น (N_f) เท่ากับ 64 เส้นโดยมีทั้งหมด 5 ชั้น เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใย (d_f) เท่ากับ 1 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้าย (d_y) เท่ากับ 9 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้ายควบ (d_p) เท่ากับ 18 มม. มุมเกลียวเส้นด้ายแต่ละเส้นเท่ากับ 28.5 องศา และมุมเกลียวเส้นด้ายควบเท่ากับ 30 องศา ซึ่งจากการเปรียบเทียบแบบจำลองก่อนหน้านี้ (Figure 5 (a), 6(a), 7(a)) และหลังจากการพัฒนาวิธีการใหม่ (Figure 5, 6, 7 (b-c)) พบว่า วิธีการจำลองโครงสร้างของเส้นด้ายควบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มีความเหมือนจริงและสอดคล้องกับรูปร่างและลักษณะเส้นด้ายควบ

รูปการจำลองเส้นด้ายควบแต่ละเส้นจะเป็นด้ายเส้นเดี่ยวจำนวนหนึ่งรอบเกลียวแสดงใน Figure 7 (a) และรูปแสดงการจำลองที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยจำลองเส้นด้ายควบแต่ละเส้นประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากเข้าด้วยกันตามค่าของตัวแปรที่กำหนดให้แสดงใน Figure 7 (b-c) โดยในตัวอย่างนี้กำหนดข้อมูลก่อนการจำลองคือจำนวนเส้นใยของเส้นด้ายแต่ละเส้น (N_f) เท่ากับ 64 เส้นโดยมีทั้งหมด 5 ชั้น เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใย (d_f) เท่ากับ 1 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้าย (d_y) เท่ากับ 9 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้ายควบ (d_p) เท่ากับ 18 มม. มุม

เกลียวเส้นด้ายแต่ละเส้นเท่ากับ 28.5 องศา และมุมเกลียวเส้นด้ายควมเท่ากับ 30 องศาซึ่งจากการเปรียบเทียบแบบจำลองก่อนหน้านี้ (Figure 5 (a),6(a),7(a)) และหลังจากการพัฒนาวิธีการใหม่

(Figure 5, 6, 7 (b-c)) พบว่า วิธีการจำลองโครงสร้างของเส้นด้ายควมที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้มีความเหมือนจริงและสอดคล้องกับรูปร่างและลักษณะเส้นด้ายควม

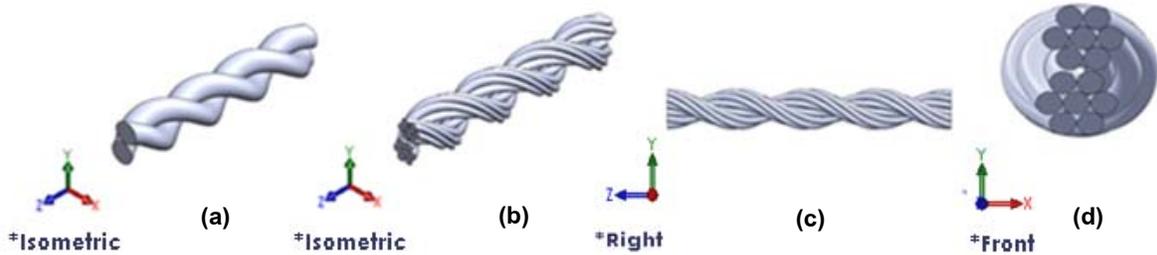


Figure 5 Computer simulation result of (a) single yarn isometric, (b) 7 fibers single yarn (total 14 fibers), (c) right view and, (d) front view image.

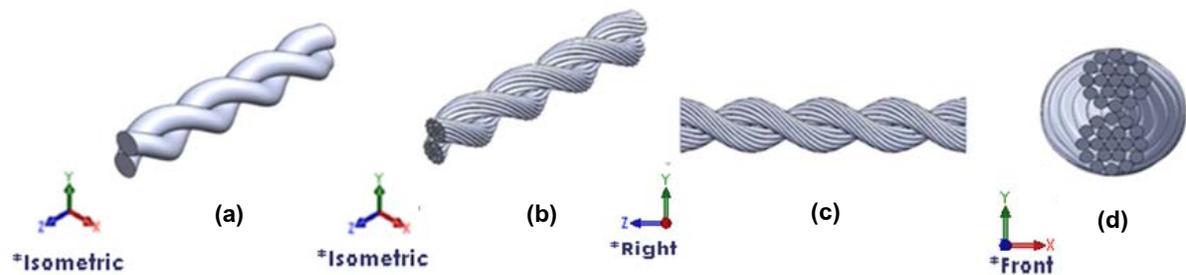


Figure 6 Computer simulation result of (a) single yarn isometric, (b) 19 fibers single yarn (total 38 fibers), (c) right view and, (d) front view image.

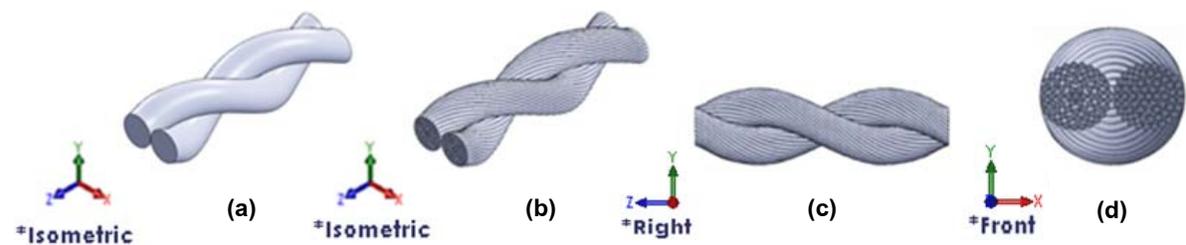


Figure 7 Computer simulation result of (a) single yarn isometric, (b) 64 fibers single yarn (total 128 fibers), (c) right view and, (d) front view image.

คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างเส้นด้ายคอบ

จากแบบจำลองโครงสร้างเส้นด้ายคอบที่พัฒนาในหัวข้อก่อนหน้านี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ (CAE) ในลักษณะต่างๆได้ เช่น การดึง การดัน และการโค้งงอ ซึ่งใน Figure 8 แสดงโครงสร้างของ

เส้นด้ายคอบที่ประกอบด้วยเมฆและรูปร่างของเมฆลักษณะของเมฆที่ใช้คือ Parabolic solid element เลือกใช้ขนาดเมฆสูงสุดคือ 10 มม. และขนาดเมฆต่ำสุดคือ 2 มม. โดยที่แบบจำลองที่นำมาใช้คือ Figure 7 ประกอบด้วยเส้นใยทั้งหมด 128 เส้น มีจำนวนเมฆทั้งหมด 96,604 จำนวนโนด 203,188 และ Maximum aspect ratio เท่ากับ 61.869

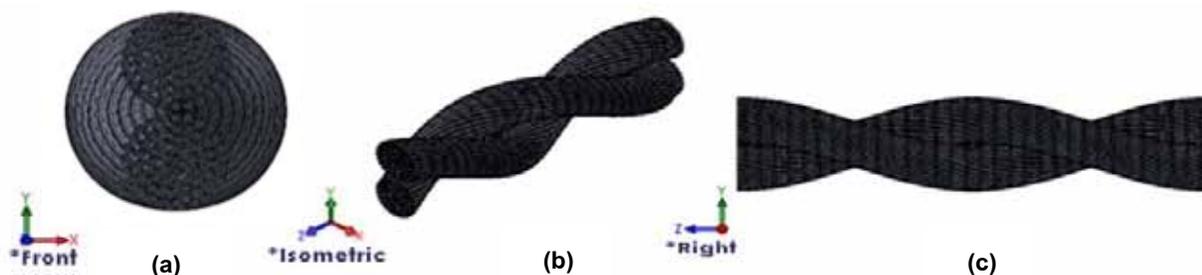


Figure 8 Two ply yarn mesh sample image from (a) front, (b) isometric and (c) right view.

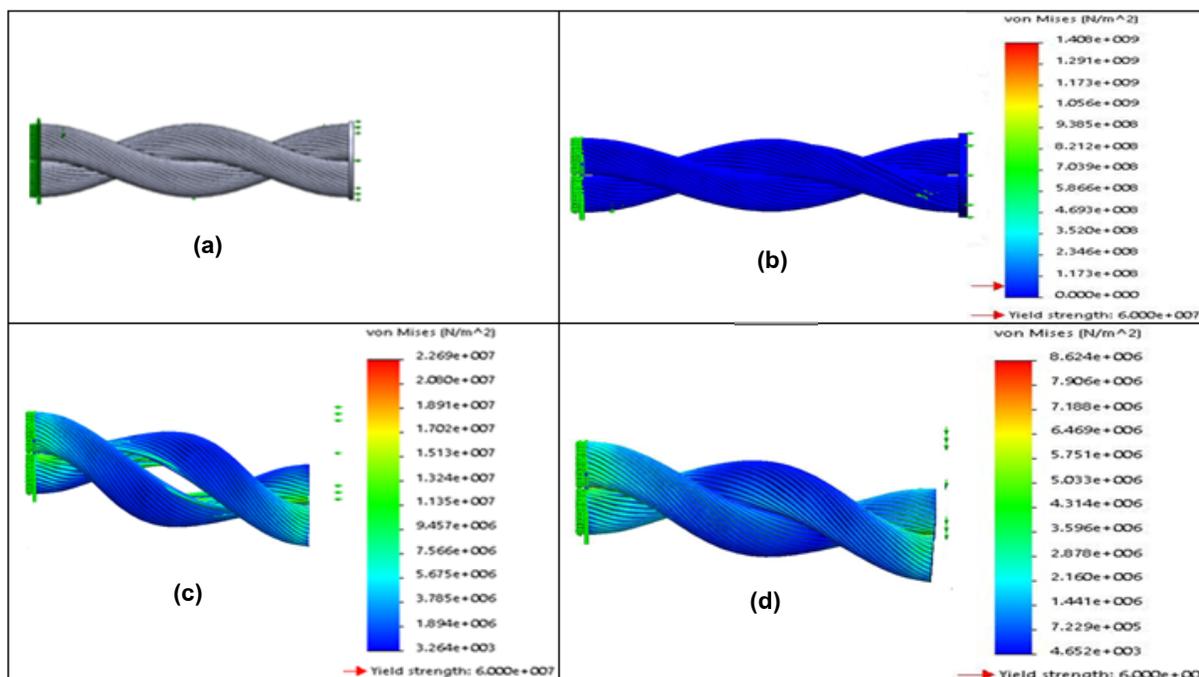


Figure 9 two ply yarn stress and strain analysis from (a) before, (b) pulling, (c) pressure and (d) flexion simulation.

จากรูปแบบโครงสร้างเส้นด้ายควมแบบ 2 เส้นที่จำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบแสดงในรูปแบบที่ 7 นำแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ กำหนดขอบเขตสถานะ (Boundary condition) โดยการยึดด้านซ้ายสุดของแบบจำลองด้านข้าง (Figure 9 (a)) และประยุกต์ใช้แรงมากกระทำอีกด้านของเส้นด้ายควมคือ Figure 9 (b) จำลองโดยการดึง Figure 9 (c) จำลองโดยการดันเข้าหาโครงสร้างเส้นด้ายควม และ Figure 9 (d) จำลองการงอโดยใช้แรงกดลงจากด้านบน ในการจำลองนี้ กำหนดชนิดของวัสดุคือ ไนลอน 101 ค่า Elastic modulus = 1×10^9 N/m², Poisson's ratio = 0.3 , Mass density = 1150 kg/m³, Yield strength = 6×10^7 N/m² ผลการจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยวิเคราะห์โครงสร้างแสดงใน Figure 9 (b-c) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแบบจำลองตามทิศทางของแรงที่มากกระทำ และแสดงความเค้นและความเครียดของโครงสร้างเส้นด้ายควม ผลจากการทดสอบความแข็งแรงนี้ สามารถทำการศึกษาในเชิงลึกเพื่อทำนายผลทดสอบแบบจำลองและเปรียบเทียบผลกับการทดลองในอนาคต

บทสรุป

จากการศึกษาโครงสร้างของเส้นด้ายควมในแบบต่างๆ และประยุกต์ใช้ CAD (Computer Aided Design) ในการจำลองโครงสร้างของเส้นด้ายควมโดยกำหนดตำแหน่งเส้นโค้งของเส้นใยในรูปแบบ 3 มิติ ในพิกัดของแกน x, y, z โดยใช้สมการของการม้วนของเกลียวแบบสองเกลียว (Doubly wound helix) ที่พัฒนาโดย Treloar [1956]⁸ ได้แสดงผลภาพจำลองโครงสร้างเส้นด้ายควมในรูปแบบต่างๆ ที่เหมือนจริงตามลักษณะของตัวแปรที่กำหนดคือ จำลองภาพของเส้นด้ายควมที่ประกอบด้วยเกลียวเส้นใยจำนวนมากรวมเข้าด้วยกัน และนำเสนอรูปทรงเรขาคณิตของเส้นด้ายควมในรูปแบบของ CAD เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้วิธีของ CAE (Computer Aided Engineering) สามารถนำแบบจำลองไปวิเคราะห์ความแข็งแรงในลักษณะต่างๆตามรูปแบบของแรงที่มากกระทำได้ ซึ่งสามารถ

พัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับการทำนายผลให้มีความถูกต้องในการศึกษาในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

1. Keefe, M., Edwards, D., and Yang, J., Solid modeling of yarn and fibre assemblies. *Journal of the Textile Institute*, 1992. 83: p.185–196,
2. Keefe, M., Solid modeling of fibrous assemblies. Part I: Twisted yarns. *Journal of the Textile Institute*, 1994. 85: p.338–349.
3. Harwood, R.J., Liu, Z., Grishanov, S. A., Lomov, S. V., and Cassidy, T., Modelling of two-component yarns. Part II: Creation of the visual images of yarns. *Journal of the Textile Institute*, 1997. 88: p.385–399.
4. Adanur, S., and Liao, T., 3D modeling of textile composite performs. *Composites Part B*, 1998. 29: p.787–793.
5. Jiang, Y., and Chen, X., Geometric and algebraic algorithms for modelling yarn in woven fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 2005. 96: p.237–245.
6. Sreprateep, K., and Bohez, E.L.J., Computer aided modeling of fiber assemblies. *Computer-Aided Design and Applications*, 2006. 3: p.367–376,
7. Sriprateep, K. and Bohez, E.L.J., A new computer geometric modeling approach of yarn structures for conventional ring spinning process. *Journal of the Textile Institute*, 2009. 100: p.223-236.
8. Treloar, L.R.G., *The Geometry of Multi-ply Yarns*, *Journal of the Textile Institute*, 1956. 47: p.348-368.
9. Tao, X., *The Bending Properties of Multi-ply Worsted Yarns*, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1994. 6: p.65-72.



10. Choi, K. F., and Tandon, S.K., An energy model of yarn bending, *Journal of the Textile Institute*, 2006. 97: p.49-56.
11. Jeon B. S., and Kim, Y. J., Orientation Density Function of Ply yarn. *Textile Research Journal*, 2010. 80: p.1550–1556.
12. Piegl, L. and Tiller, W., *The NURBS Book*. 2nd, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1997. p.646.