

ชื่อโครงการ “การสร้างเครื่องพันท่อ ขนาดห้องปฏิบัติการ”

กิตติวัฒน์ โพธิ์น้อย¹⁾ พิลาวลัย นาคพนม¹⁾ วิฑูรย์ งามนักร¹⁾ อโณทัย ผลสุวรรณ^{*2)} และ ธาณินท์ แจ่มกระจ่าง³⁾

1) ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

2) ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล*

Email: allseries@hotmail.com

3) บริษัท เจริญวัฒนา ไฟเบอร์ แอนด์ เคมีภัณฑ์ จำกัด

คำสำคัญ : filament winding fibre reinforced plastics เส้นใยแก้ว helical winding

บทคัดย่อ

เครื่องพันท่อวัสดุผสมเส้นใยเสริมแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ถึง 500 มิลลิเมตร ความยาวท่อไม่เกิน 85 ซม ใช้เส้นใยแก้วเสริมแรงเบอร์ 2200 เท็กซ์ จำนวน 6 เส้น และเรซินจำนวน 3 ลิตร ใช้ระบบควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ ในการเปลี่ยนมุมของการพันได้ 4 มุม โดยผ่านหน้าปัทม์ Programmable Logic Control ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบที่จะใช้พัฒนาเพื่อทดแทนเครื่องจักรรุ่นเก่าที่มีประสิทธิภาพต่ำที่ใช้อยู่เดิม หรือการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าของบริษัทเจริญวัฒนาไฟเบอร์แอนด์เคมีภัณฑ์ จำกัด นอกจากนี้ยังใช้สำหรับการเรียนการสอนของสาขาวิชาวิศวกรรมพลาสติก ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

1. บทนำ

วัสดุผสมระหว่างพลาสติกกับเส้นใยเสริมแรง (fibre reinforced plastics composite:FRP) กำลังมีแนวโน้มการใช้งานในโลกและประเทศไทยมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมก่อสร้าง งานด้านสาธารณูปโภค งานขนส่ง ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ งานพาณิชย์นาวี หรืองานด้านอุตสาหกรรมต่างๆ และเกษตรกรรม เนื่องจากสมบัติทางด้านความแข็งแรง และความต้านทานต่อการกัดกร่อนที่เหนือกว่าโลหะ

การขึ้นรูปแบบการพัน (filament winding) ด้วยพลาสติกประเภทเทอร์โมเซต กับวัสดุเสริมแรงที่นิยมใช้กันในประเทศคือใยแก้ว เป็นกระบวนการผลิตแบบหนึ่งซึ่งสามารถผลิต ทุภัณฑ์รูปทรงกระบอกกลวงผิวเรียบเพื่อตอบสนองต่องานด้านอุตสาหกรรมที่กล่าวมาข้างต้นได้หลากหลาย อาทิเช่น ท่อร้อยสายไฟฟ้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กในโครงการรถไฟฟ้ามหานคร(ใต้ดิน) การไฟฟ้านครหลวง บ.ทศท คอร์ปอเรชั่น นอกจากนี้ยังสามารถผลิตถึงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่มากกว่า 4 เมตร สำหรับใช้หมักขอสในอุตสาหกรรมอาหาร สำหรับใส่โซดาไฟใน

อุตสาหกรรมสิ่งทอ หรือแม้แต่ไซโลในอุตสาหกรรมเกษตร

บริษัทเจริญวัฒนาไฟเบอร์ แอนด์เคมีภัณฑ์ จำกัด เป็นผู้ผลิตท่อ และถัง ด้วยโลหะ หรือวัสดุผสมฯ มาเป็นเวลากว่า 30 ปี ซึ่งปัจจุบันประสบปัญหาในการผลิตเนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้อยู่ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการ การปรับเปลี่ยนมุมในการพันแต่ละครั้งมีขีดจำกัด และใช้เวลานาน

2. หลักการเบื้องต้น และการพัฒนา

2.1 หลักการพื้นฐานและแนวคิดเบื้องต้น

วัสดุผสมจะประกอบด้วย discontinuous phase หรือ particle phase ซึ่งได้แก่เส้นใย หรืออนุภาคต่างๆ ซึ่งมีสมบัติในด้านความแข็งแรง และความแข็งแรง (stiffness) และ continuous phase คือส่วนที่ทำหน้าที่เป็นสารยึดเหนี่ยว หรือ matrix

ปกติวัสดุที่มีสมบัติความแข็งแรง และความแข็งแรงสูงมักจะเกิดการแตกหักได้ เพราะเกิดจากการแพร่ขยายตัวของรอยตำหนิ (flaw) เส้นใยจะมีสมบัติที่สูง

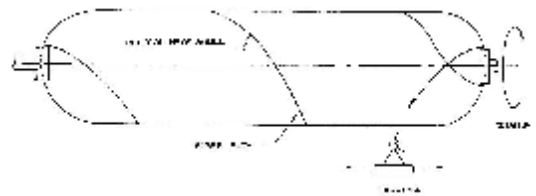
กว่าดั่งที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถจำกัดในการแพร่ขยายขนาดของตำหนิอันเนื่องมาจากเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับขนาดของเมตริก นอกจากนี้การจัดเรียงตัวของเส้นใย (orientation) ที่ถูกฝังในเมตริกที่ทำหน้าที่ประสานถ่ายเทภาระ (load) ไปยังเส้นใยและระหว่างเส้นใย และหากเส้นใยถูกจัดเรียงในทิศทางที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มค่า มอดุลัส และค่าความแข็งแรงได้

กระบวนการพันแบ่งออกเป็น 2 แบบคือการพันในแนวนอน (helical winding) และ การพันในแนวตั้ง (polar winding) ซึ่งการพันในแบบแรกเป็นแบบที่บ.เจริญวัฒนาฯ ใช้ ในการพันในแนวนอนเส้นใยที่ป้อนออกมาโดยชุดป้อน (translating carriage) เข้าสู่แม่พิมพ์ที่หมุนมุมที่ได้จากการพันสามารถกำหนดเป็นอัตราส่วนที่สัมพันธ์กันดังนี้ คือ ความเร็วของชุดป้อนกับความเร็วในการหมุนของแม่พิมพ์ซึ่งจะมีลักษณะช้าลงที่จุดสิ้นสุดของแม่พิมพ์และเริ่มหมุนเร็วขึ้นเมื่อย้อนกลับมา สมบัติของชิ้นงานจะขึ้นกับมุมในการพัน โครงสร้างที่เกิดจากการพันจะอยู่ในรูปข้าวหลามตัด (diamond pattern) ความหนาและความสม่ำเสมอของมุมจะเท่ากันในทุก ๆ ที่บนแม่พิมพ์ แต่ถ้ามุมในการพันเอียงมากหรือไม่สม่ำเสมอและความหนาของชิ้นงานจะแปรเปลี่ยนไปด้วย การพันลักษณะนี้ได้รับความนิยมในปัจจุบันเพราะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะยาวและสมมาตร เช่น ท่อความดัน และลำตัวจรวด มุมที่นิยมพันคือมุม 54.7 องศา ในการพันโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ต้องคำนึงถึงรูปแบบ น้ำหนักและความเร็วผิวของแม่พิมพ์มุมที่หลีกเลี่ยงในการพันอยู่ในช่วง 0 - 10 องศา เนื่องจากมุมที่เอียงมาก จะทำให้มีความยุ่งยากในการควบคุมความตึง (tension) ของเส้นใยเสริมแรงในช่วงต้นและท้ายของแม่พิมพ์

2.2 ทฤษฎีของการพัน

ในการดั่งทำให้เกิดค่าความตึง และความเร็วของเส้นใยเสริมแรงที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วผิวของแม่พิมพ์ และการจัดเรียงตัวภายในของเส้นใยเสริมแรงแต่ละชั้น

อาจเปลี่ยนตามรูปแบบของแต่ละชั้นได้เท่ากับมุมในการพันซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วของชุดป้อน



รูปที่1 แสดงแบบการพัน Helical winding

$$\tan \varnothing = V_t / V_s$$

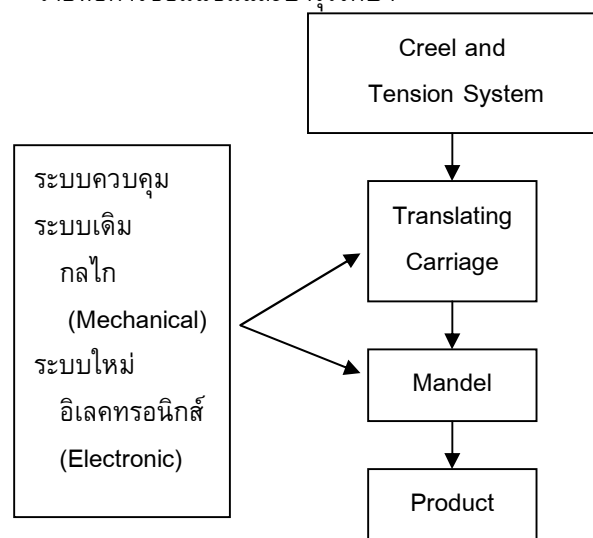
$\varnothing$ = Helical warp angle

V_s = Mandrel surface velocity

V_t = Translating carriage velocity

2.3 การออกแบบและการทำงาน

การออกแบบการทำงานคำนึงถึงอุปกรณ์และวัสดุที่จัดหาได้ง่ายและไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีซับซ้อน ง่ายต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษา



รูปที่2 แสดงระบบควบคุมที่ใช้เดิมและปรับปรุง

2.4 อุปกรณ์

2.4.1 ส่วนควบคุม

1. Programmable Logic Control

1 ตัว

- Double Panel control

- Data access panel

- Message panel
- Function switch
- 16 I/O

2. Inverter Omron 3G3MV 1 ตัว

- ให้แรงบิดมอเตอร์สูงขณะรอบต่ำ
- ให้และรับสัญญาณแรงดัน 0-10 โวลท์
- ควบคุมการทำงานจากภายนอก
- ปรับความเร็วได้ 16 ระดับ
- ปรับอัตราเร่งและลดความเร็ว

3. Inverter Omron 3G3JV 1 ตัว

- ให้และรับสัญญาณแรงดัน 0-10 โวลท์
- ควบคุมการทำงานจากภายนอก
- ปรับความเร็วได้ 8 ระดับ
- ปรับอัตราเร่งและลดความเร็ว

4. Limit Switch 1 ตัว

5. Switching Power Supply 35w 24v 1 ตัว

2.4.2 ส่วนขับเคลื่อน

1. มอเตอร์เกียร์ 1 ตัว

- ½ แรงม้า 3 เฟส 380 โวลท์
- อัตราทด 1:30

2. มอเตอร์เกียร์ 1 ตัว

- ½ แรงม้า 3 เฟส 380 โวลท์
- อัตราทด 1:6

3. คลิปปลิงยาง 2 ตัว

4. บอลสกรู และ นัท 1 ชุด

- ความยาว 1550 มม.
- เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม.
- ระยะพิทช์ 5 มม.

5. เฟลารอง และ ขารองรับ 2 ชุด

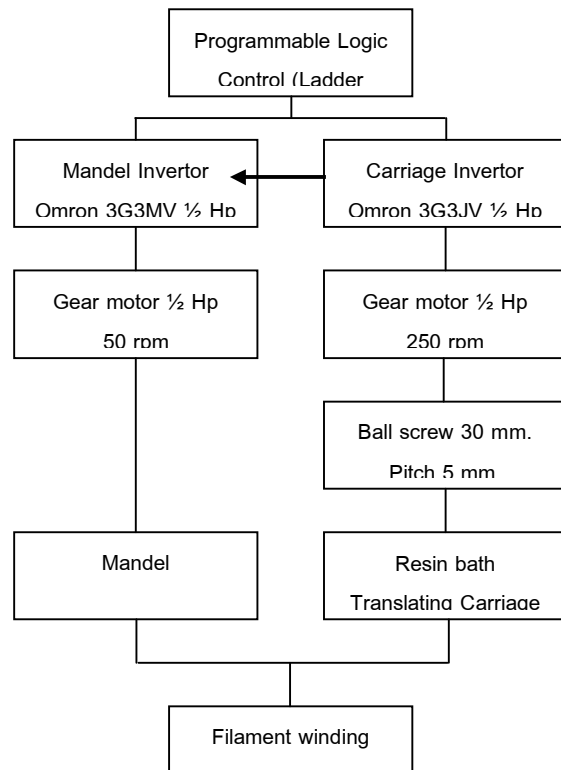
- ความยาว 1500 มม.
- เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม.
- ทนต่อการกัดกร่อน

6. บอลเบริง 4 ตัว

2.4.3 เฟรม

1. เหล็กกล่องขนาด 50 x 50 หนา 3.2 มม.

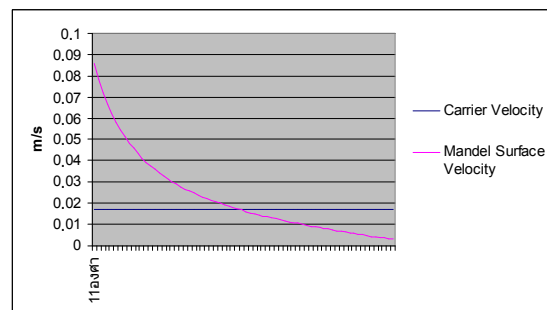
2. เหล็กฉากขนาด 50 x 50 หนา 5 มม.



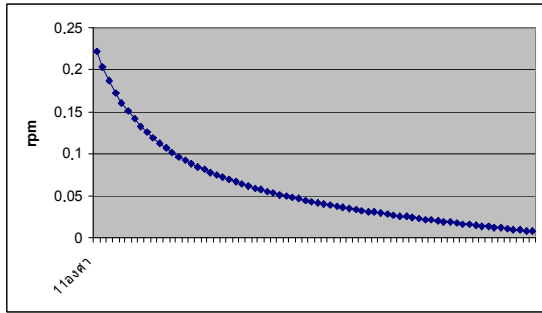
รูปที่3 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมและขับเคลื่อน

3. ผลการทดลอง

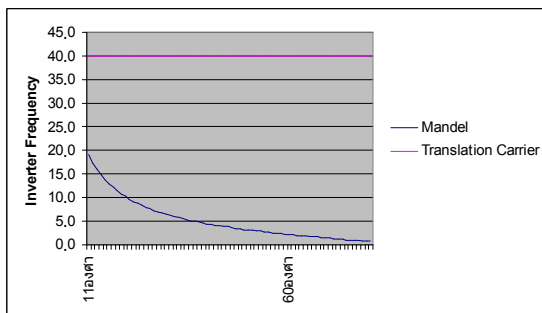
จากการทดลองพบว่าสามารถควบคุมมุมการพันได้ตามต้องการ โดยการกำหนดความถี่ของอินเวอร์เตอร์แต่ละตัวให้สัมพันธ์ตามกราฟที่แสดง จุดที่ความเร็วของ Translating carrier และ Surface mandel เท่ากันคือมุมการพันที่ 45 องศา และเมื่อเพิ่มมุมของการพันขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึง 74 องศาจะเริ่มมีปัญหาของความตึงในช่วงปลายทั้ง 2 ด้าน



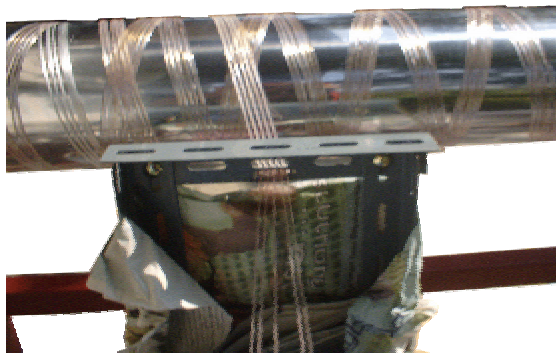
กราฟ1 แสดงความเร็วระหว่าง V_t vs V_s ระหว่างมุม 11 – 80 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางแม่พิมพ์ .123ม.



กราฟ2 แสดงความเร็วรอบของแม่พิมพ์ ระหว่างมุม 11 – 80 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางแม่พิมพ์ .123ม.



กราฟ3 แสดงความถี่ที่ตั้งใช้ในช่วงระหว่างมุม 11 – 80 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางแม่พิมพ์ .123ม.

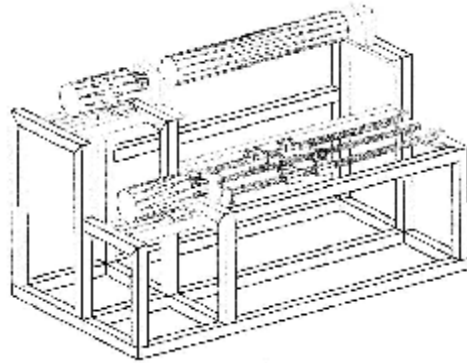


ภาพที่ 4 แสดงมุมของการพันที่ 54 องศา

4. สรุปการทดลอง

การควบคุมมุมสามารถทำได้ตามต้องการโดยการตั้งค่าความถี่ของอินเวอร์เตอร์แต่ละตัว แต่การควบคุมการเปลี่ยนมุมอยู่ในขีดจำกัด เพราะ output ของ plc มีจำกัดไม่เพียงพอ ซึ่งใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ 3 และใช้ควบคุมความเร็วได้เพียง 3 ทำให้

ปรับเปลี่ยนมุมได้ 4 มุมผ่านทางหน้าปัด และหากติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมการหมุน เพื่อใช้ counter วัดจะช่วยให้การควบคุมการวางตัวเพื่อลดจำนวนชั้นที่พันลง จะทำให้ได้ท่อที่มีผนังบางและสม่ำเสมอกว่า



รูปที่ 5 แสดงภาพโครงเครื่อง และระบบขับเคลื่อน



รูปที่ 6 แสดงเครื่องจักรจริงขณะทดลองใช้



รูปที่ 7 แสดงชิ้นงานที่ทดสอบ

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี
นี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุน
การวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2546 และ
ขอขอบคุณ บริษัทเจริญวัฒนา ไฟเบอร์ แอนด์เคมีคัล
จำกัด โดยคุณธนาธิ์ แจ่มกระจ่าง ที่ให้การ
อนุเคราะห์ต่าง ๆ ทั้งในปัจจุบันและอนาคตที่จะดำเนิน
งานวิจัยร่วมกันโดยใช้เครื่องฟั่นท่อ ขนาด
ห้องปฏิบัติการนี้

6. เอกสารอ้างอิง

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, เอฟ อาร์ พี, หจก. ป. สัมพันธ์
พาณิชย์, กรุงเทพฯ: 2537

มานพ ตันตระกูล, งานทดสอบวัสดุ
อุตสาหกรรม, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี
(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ: 2541

Sidney H. Goodman, **Handbook of
Thermoset plastics**, Noyes publication, New
jersey, USA

Howard S. Kliger, Edison, New Jersey, Brian
A. wilson, Folsom,
California, Continuous Fiber Molding Processes
A Filament Winding, USA

Timothy G. Gutowski, Massachusetts Institute
of Technology Cambridge,
MA