เปรียบเทียบตะเข็บที่เย็บเชื่อมด้วยอัลทราโซนิคและจักรอุตสาหกรรม

Compared Fabric Seam Welded with Ultrasonic to Typical Seam

ปลื้มจิตต์ เตชธรรมรักษ์[1] พิษณุ แสงวัฒนะ[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบ ตะเข็บผ้าใยสังเคราะห์ที่เย็บเชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิคและการเย็บด้วยเส้นด้ายโดยใช้จักรอุตสาหกรรม ทำการทดลองด้วยผ้าตัวอย่างสามชนิดคือ ผ้าทอพอลิเอสเทอร์ ผ้าทอไนลอน และผ้าทอไนลอนเคลือบพอลิยูริเทน (PU) พบว่า ตะเข็บของผ้าที่เย็บเชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิคโดยใช้แรงกดของวงล้อโลหะ 1.0 บาร์เชื่อมด้วยความเร็ว 1 เมตร/นาที มีความแข็งแรงต่ำกว่าความแข็งแรงที่ยอมรับได้ของตะเข็บเสื้อแจ็คเก็ตสำหรับส่งออกที่เย็บด้วยจักรอุตสาหกรรมด้วยความถี่ 12 ฝีเข็มต่อนิ้ว (15 กิโลกรัม) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาสมบัติการสะท้อนน้ำพบว่า ตะเข็บของผ้าที่เย็บเชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิคมีสมบัติการสะท้อนน้ำได้ดี แม้จะผ่านการซักล้างถึง 5 ครั้ง ในขณะที่ตะเข็บของผ้าที่เย็บด้วยเส้นด้ายมีน้ำซึมที่แนวเย็บ ตะเข็บผ้าที่เย็บด้วยจักรอัลทราโซนิคด้วยความเร็วและแรงกดของวงล้อที่เหมาะสมสามารถป้องกันการรั่วซึมของผ้า ภายใต้แรงดันน้ำ 3 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในเวลา 2 นาที โดยมีสมบัติเทียบเคียงกับตะเข็บด้ายเย็บและกลิ้งด้วยกาวร้อนของเสื้อแจ็คเก็ต

คำสำคัญ: จักรอัลทราโซนิค, ความแข็งแรงของตะเข็บ, การสะท้อนน้ำ, การรั่วซึมน้ำ

Abstract

The paper compares the seam property of fabric seam welded with ultrasonic welding machine to the typical seam sewn with industrial sewing machine. Three woven samples made of polyester, nylon and nylon coated with polyurethane were used.

Fabric seam strength welded with ultrasonic sewing machine (using sealing wheel pressure at 1 bar and sewing speed at 1 meter per minute) is weaker than the general required seam strength for exported jacket which is approximately 15 kgf. However, fabric seam can resist water penetration at the seam even after 5th washed. The seam welded with ultrasonic welding machine under a given sealing wheel pressure and welding speed could prevent water leakage at the seam. This is referred to hydrostatic test under water pressure of 3 pounds per square inch within 2 minutes testing period. This seam property is comparative to the seam of a jacket sewn with thread and seal with hot glue.

Keywords: ultrasonic sewing machine, seam strength, water resistance, hydro static

[1]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

การตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูปส่วนใหญ่ จะเย็บตะเข็บด้วยเส้นด้าย อย่างไรก็ตามมักประสบปัญหาในเรื่องน้ำซึมบริเวณแนวตะเข็บ ดังนั้นในงานบางวัตถุประสงค์ เช่น เสื้อผ้าสำหรับเล่นสกี, เสื้อคลุมกันฝน ซึ่งต้องการสมบัติการสะท้อนน้ำจึงประยุกต์ ใช้คลื่นความถี่เสียงเชื่อมแนวตะเข็บผ้าแทนการเย็บด้วยเส้นด้าย

คลื่นความถี่เสียงอัลทราโซนิคจะเกิดประสิทธิภาพได้กับเส้นใยเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ซึ่งได้จากอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี เช่น ไนลอน (Nylon), พอลิเอสเทอร์ (Polyester), อะคริลิก (Acrylic) เป็นต้น ซึ่งลักษณะภายนอกเกิดลักษณะอ่อนตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง [1, 2, 3]

จักรอัลทราโซนิค ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ ส่วนกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง (Horn) ซึ่งจะส่งพลังงานเสียง ที่ความถี่ 20 กิโลเฮิร์ซ (Kilohertz) ผ่านผ้าที่ต้องการเชื่อม ไปกระทบกับวงล้อโลหะ (Sealing wheel) ทำให้เกิดการเชื่อมบริเวณจุดสะท้อน (Welding) ซึ่งรูปแบบของตะเข็บขึ้นอยู่กับ ลวดลาย (Welding plate) เช่น เส้นตรง, ซิกแซก, เส้นประ เป็นต้น [4]

เนื่องจากความแข็งแรงของตะเข็บ เป็นสิ่งสำคัญในเสื้อผ้าสำเร็จรูป จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบความแข็งแรงของตะเข็บที่เชื่อมติดด้วยอัลทราโซนิคและด้ายเย็บเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้วิธีการเย็บตะเข็บให้เหมาะกับการใช้งาน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบตะเข็บที่เชื่อมติดด้วยอัลทราโซนิคและด้ายเย็บ ในด้านความแข็งแรงและการต้านทานการซึมน้ำ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ผ้าตัวอย่าง

1) ผ้าทอพอลิเอสเทอร์ 100% (น้ำหนักผ้า 124 กรัม/ตารางเมตร)

2) ผ้าทอไนลอน 100% (น้ำหนักผ้า 68 กรัม/น้ำหนักผ้า 124 กรัม/ตารางเมตร)

3) ผ้าทอไนลอน 100% เคลือบพอลิยูริเทน (น้ำหนักผ้า 150 กรัม/น้ำหนักผ้า 124 กรัม/ตารางเมตร)

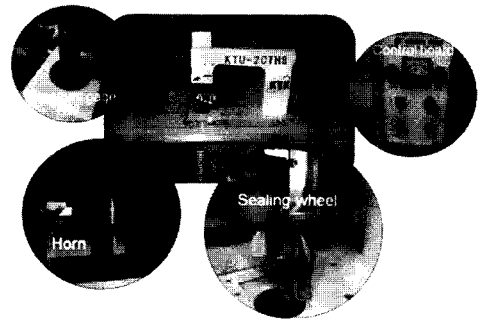
อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) จักรเย็บผ้าอัลทราโซนิค (Ultrasonic Welding Machine) รุ่น KTU 2CTH

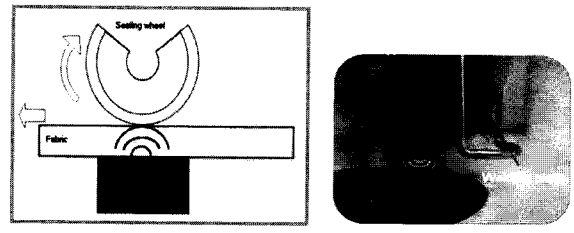
2) เครื่องทดสอบความแข็งแรงของตะเข็บต่อแรงดึง (Seam Strength Testing Apparatus) รุ่น Instron Model 5565 serial No Q8717

3) อุปกรณ์ทดสอบสมบัติการสะท้อนน้ำ (Spray Tester)

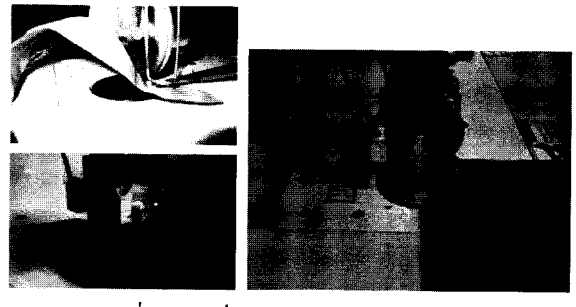
4) เครื่องทดสอบการรั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บ (Hydrostatic Tester)



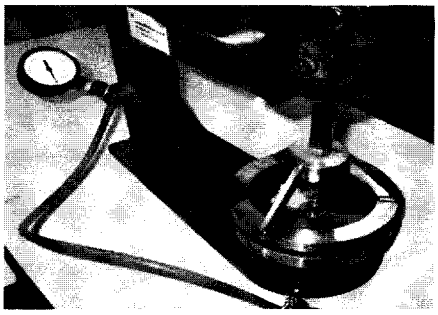
รูปที่ 1 จักรเย็บผ้าอัลทราโซนิค



รูปที่ 2 วงล้อโลหะ (Sealing wheel)



รูปที่ 3 การเชื่อมผ้าด้วยจักรอัลทราโซนิค



รูปที่ 4 เครื่องทดสอบการรั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บ

รูปที่ 5 จักรเย็บผ้าอุตสาหกรรม

ขั้นตอนการทดลอง

1) เย็บเชื่อมผ้าตัวอย่าง ด้วยจักรอัลทราโซนิค (Ultrasonic Welding Machine) รุ่น KTU 2CTH โดยใช้แรงกด 0.6, 0.8 และ 1.0 บาร์, ความเร็ว 1, 1.5, 2, 3, 5 และ 8 เมตร/นาที

2) เย็บผ้าตัวอย่าง ด้วยจักรอุตสาหกรรม โดยใช้ความถี่ 12 ฝีเข็ม ต่อ นิ้ว

3) นำผ้าที่เย็บเชื่อมด้วยแรงกดวงล้อ 1.0 บาร์และความเร็ว 1 เมตร/นาที และผ้าที่เย็บตามข้อ 2) ส่วนหนึ่งไปซัก 5 ครั้ง (ตาม AATCC 135-1995 Textile-Determination of Dimensional Change in Washing and Drying)

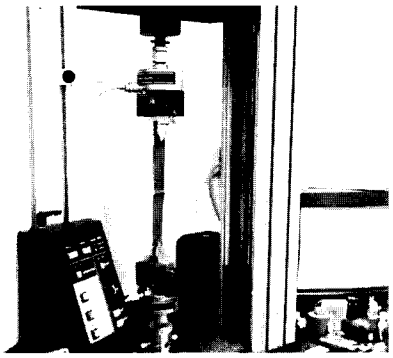
4) ทดสอบความแข็งแรงของตะเข็บต่อแรงดึงของผ้าทุกชิ้น (ตามมาตรฐาน ASTM D1683-07)

5) ทดสอบการสะท้อนน้ำของตะเข็บตามข้อ 3) (อ้างอิงตามมาตรฐาน AATCC 22-2005)

6) ทดสอบการรั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บอัลทราโซนิค ตามข้อ 3) (อ้างอิงตามวิธีการทดสอบที่ยอมรับของผู้ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปประเภทแจ๊คเกตซึ่งเป็นสินค้าส่งออกทั่วไป)

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการทดลองเย็บเชื่อมผ้าตัวอย่างทั้งสามชิ้นด้วยจักรเย็บผ้าอัลทราโซนิค และจักรอุตสาหกรรม แล้วนำผ้าไปทดสอบหาความแข็งแรงต่อแรงดึงของตะเข็บและการสะท้อนน้ำ ได้ผลดังนี้



รูปที่ 6 การทดสอบความแข็งแรงของตะเข็บ

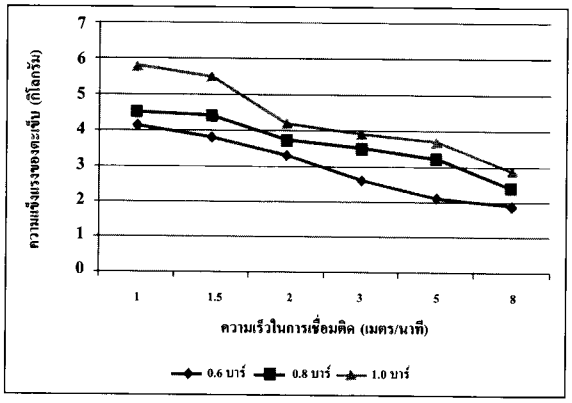
ตารางที่ 1 ความแข็งแรงของตะเข็บเชื่อมด้วยอัลทราโซนิค

ชนิดของผ้า	ความเร็วในการเชื่อมติด (เมตร/นาที)	ความแข็งแรงของตะเข็บ (กิโลกรัม) แรงกดวงล้อ (บาร์)		
		0.6	0.8	1.0
ผ้าพอลิเอสเทอร์	1	4.1	4.5	5.8
	1.5	3.8	4.4	5.5
	2	3.3	3.7	4.2
	3	2.6	3.5	3.9
	5	2.1	3.2	3.7
	8	1.9	2.4	2.9
ผ้าไนลอน	1	4.8	5.5	6.6
	1.5	4.4	5.5	6.2
	2	3.9	4.2	4.8
	3	2.5	3.3	3.9
	5	2.1	3.0	3.5
	8	1.9	2.6	3.2
ผ้าไนลอนเคลือบ PU	1	5.6	6.2	6.9
	1.5	5.1	6.1	6.4
	2	4	4.5	5.2
	3	3.1	3.7	4.1
	5	2.5	3.2	3.6
	8	2.1	2.5	3.2

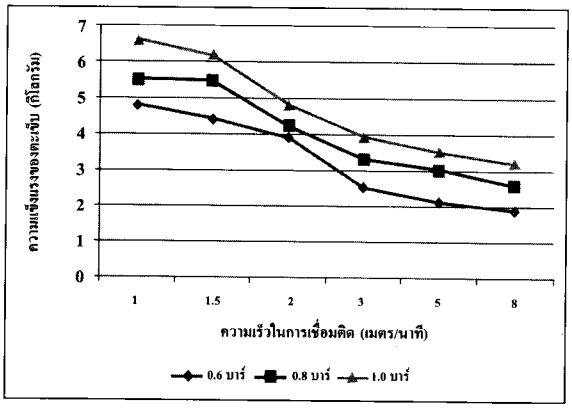
จักรอัลทราโซนิคที่ใช้ในการทดลองถูกกำหนดให้สร้างคลื่นเสียงความถี่คงที่ที่ 20 กิโลเฮิทร์ซ ดังนั้นจึงมีค่าที่ปรับได้คือ แรงกดของวงล้อโลหะ และความเร็วในการเชื่อมติด ในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลกระทบจากตัวแปรทั้งสองโดยใช้แรงกดของวงล้อโลหะที่ต่างกัน 3 ค่า คือ 0.6, 0.8 และ 1.0 บาร์ และใช้ความเร็วในการเชื่อมติดที่ต่างกัน 5 ความเร็ว คือ 1, 1.5, 2, 3, 5 และ 8 เมตร/นาที

จากผลที่ได้ดังตารางที่ 1 และแผนภูมิที่ 1 ถึง 3 พบว่า แรงกดของวงล้อและความเร็วในการเชื่อมติดส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของตะเข็บอัลทราโซนิค โดยเมื่อแรงกดของวงล้อคงที่ความแข็งแรงของตะเข็บจะเพิ่มขึ้นเมื่อเชื่อมติดด้วยความเร็วที่ลดลง และในกรณีที่ความเร็วในการเชื่อมติดคงที่ ความแข็งแรงของตะเข็บจะเพิ่มขึ้นตามแรงกดของวงล้อ

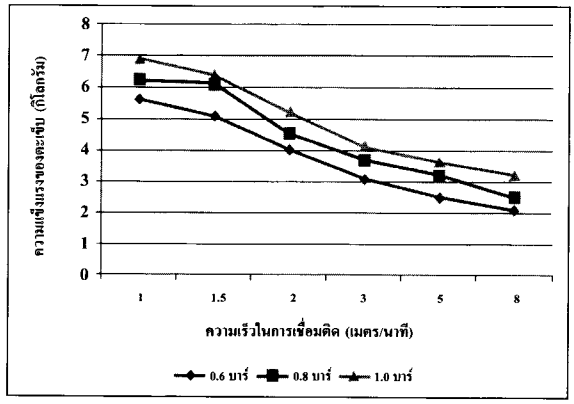
แผนภูมิที่ 1 ความแข็งแรงของตะเข็บผ้าพอลิเอสเทอร์



แผนภูมิที่ 2 ความแข็งแรงของตะเข็บผ้าไนลอน

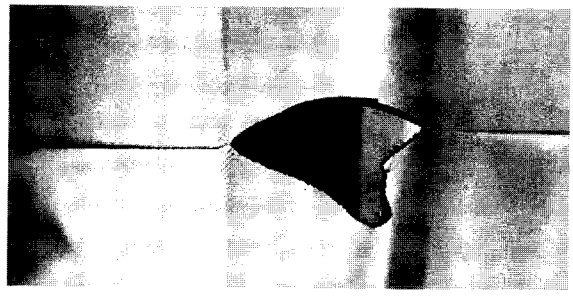


แผนภูมิที่ 3 ความแข็งแรงของตะเข็บผ้าไนลอนเคลือบพอลิยูริเทน



เป็นที่น่าสังเกตว่า การเชื่อมติดจะเกิดที่ผิวผ้าจุดที่ผ้าสองชิ้นประกบกัน ดังนั้นเมื่อผ้าได้รับพลังงานจากคลื่นเสียงทำให้เกิดความร้อนบริเวณเย็บ (วัดได้ประมาณ 130 องศาเซลเซียส) เมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานขึ้นและได้รับแรงกดมากขึ้น จึงทำให้การเชื่อมติดมีความแข็งแรงขึ้น

รูปที่ 7 จุดที่วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 8 ลักษณะการแตกของตะเข็บอัลทราโซนิค

จากการทดสอบเปรียบเทียบผลกระทบของการซักต่อความแข็งแรงของตะเข็บอัลตร้าโซนิค โดยเลือกใช้สภาวะการเย็บที่ให้ความแข็งแรงตะเข็บสูงที่สุดคือ การเย็บเชื่อมด้วยแรงกดวงล้อ 1.0 บาร์และความเร็ว 1.เมตร/นาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ความแข็งแรงของตะเข็บเย็บอัลตร้าโซนิคไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการซัก ทั้งนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผ้าตัวอย่างทั้งสามชิ้น

ตารางที่ 2 ความแข็งแรงของตะเข็บอัลทราโซนิค (ก่อนและหลังการซัก)

ชิ้นทดสอบที่	ความแข็งแรงของตะเข็บ (กิโลกรัม)					
	ผ้าพอลิเอสเทอร์		ผ้าไนลอน		ผ้าไนลอนเคลือบ PU	
	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก
1	4.25	3.86	5.43	5.25	6.34	6.18
2	3.21	3.52	5.68	5.12	6.62	6.24
3	3.92	3.58	5.24	4.96	6.83	5.97
4	4.25	3.71	5.54	4.82	7.04	5.89
5	4.05	3.67	5.76	4.88	6.78	6.06
ค่าเฉลี่ย	4.14	3.67	5.53	5.01	6.72	6.07

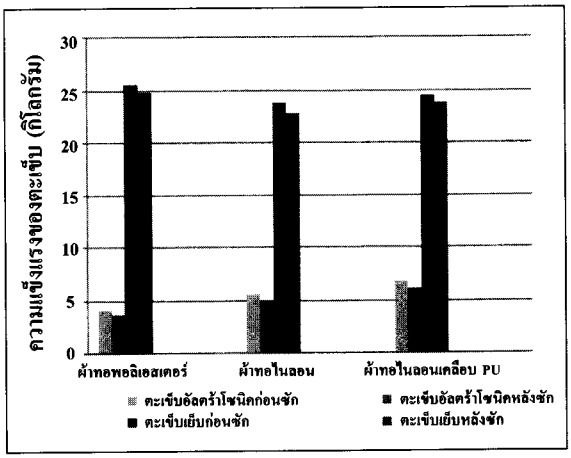
ความแข็งแรงของตะเข็บเย็บด้วยจักรอุตสาหกรรมก่อนและหลังการซักของผ้าทั้งสามชิ้นเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความแข็งแรงของตะเข็บด้ายเย็บ (ก่อนและหลังการซัก)

ชิ้นทดสอบที่	ความแข็งแรงของตะเข็บ (กิโลกรัม)					
	ผ้าพอลิเอสเทอร์		ผ้าไนลอน		ผ้าไนลอนเคลือบ PU	
	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก
1	28.71	24.23	23.51	23.13	23.42	23.41
2	24.23	25.31	23.62	22.97	25.81	24.87
3	25.42	24.24	24.64	22.85	24.44	23.92
4	24.61	25.15	22.82	21.98	25.23	23.85
5	25.22	25.01	24.41	23.13	23.62	23.28
ค่าเฉลี่ย	25.61	24.78	23.87	22.81	24.48	23.87

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ตะเข็บผ้าที่เย็บ เชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิคด้วยสภาวะที่ทำให้ผ้ามีความแข็งแรงสูงที่สุดแล้ว (การเย็บเชื่อมด้วยแรงกดวงล้อ 1.0 บาร์และความเร็ว 1.เมตร/นาที) มีความแข็งแรงประมาณ 20% ของตะเข็บผ้าที่เย็บด้วยเส้นด้าย เมื่อนำผ้าไปซัก 5 ครั้ง ซึ่งต่ำกว่าค่าความแข็งแรงที่ยอมรับได้ของตะเข็บเสื้อแจ็คเก็ตที่ส่งออก (15 kgf) อย่างไรก็ตาม ผ้าที่ใช้ทดสอบทั้งสามชิ้นทำจากเส้นด้ายปกติที่ไม่ใช่ไมโครไฟเบอร์ ซึ่งอาจจะไม่เหมะสมที่จะเกิดการหลอมและเชื่อมติดในเวลาสั้นๆ

แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบความแข็งแรงของตะเข็บอัลทราโซนิคและตะเข็บด้ายเย็บ

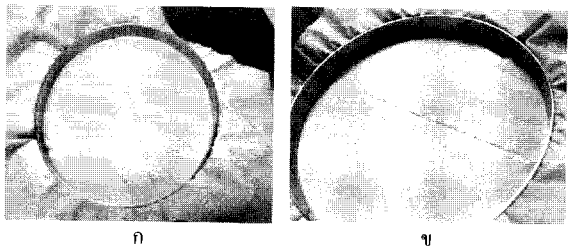


เมื่อนำผ้าตัวอย่างที่ตะเข็บผ้าเย็บเชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิคด้วยสภาวะที่ทำให้ผ้ามีความแข็งแรงสูงที่สุดแล้ว (การเย็บเชื่อมด้วยแรงกดวงล้อ 1.0 บาร์และความเร็ว 1.เมตร/นาที) มาทดสอบสมบัติการสะท้อนน้ำเปรียบเทียบกับผ้าที่เย็บด้วยจักรอุตสาหกรรม พบว่าตะเข็บที่เย็บเชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิคสามารถป้องกันไม่ให้น้ำซึมผ่านตะเข็บได้ ดังผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 9

ตารางที่ 4 สมบัติการสะท้อนน้ำของตะเข็บ

ชิ้นทดสอบ	สมบัติของตะเข็บเย็บด้วยจักรอัลทราโซนิคและจักรอุตสาหกรรม								
	ผ้าพอลิเอสเทอร์			ผ้าไนลอน			ผ้าไนลอน PU		
	ผ้าก่อนเย็บ	จักรอัลทราโซนิค	จักรอุตสาหกรรม	ผ้าก่อนเย็บ	จักรอัลทราโซนิค	จักรอุตสาหกรรม	ผ้าก่อนเย็บ	จักรอัลทราโซนิค	จักรอุตสาหกรรม
1	80	80	0	80	80	0	90	90	0
2	80	80	0	80	80	0	90	90	0
3	80	80	0	80	80	0	90	90	0
เฉลี่ย	80	80	0	80	80	0	90	90	0

หมายเหตุ: 100 หมายถึง ไม่มีน้ำเปียกบนผิวของชิ้นทดสอบเลย
90 หมายถึง มีน้ำติดหรือเปียกบนผิวของชิ้นทดสอบเล็กน้อย
80 หมายถึง น้ำติดบนผิวของชิ้นทดสอบบริเวณที่น้ำพ่นใส่
70 หมายถึง มีน้ำเปียกบางส่วนที่ผิวหน้าของชิ้นทดสอบ
50 หมายถึง มีน้ำเปียกทั่วผิวด้านหน้าของชิ้นทดสอบ
0 หมายถึง มีน้ำเปียกทั้งผิวด้านบนและล่างของชิ้นทดสอบ



ก ข

รูปที่ 9 การทดสอบการสะท้อนน้ำของตะเข็บ
ก. ตะเข็บเย็บของจักรอัลทราโซนิค
ข. ตะเข็บเย็บของจักรอุตสาหกรรม

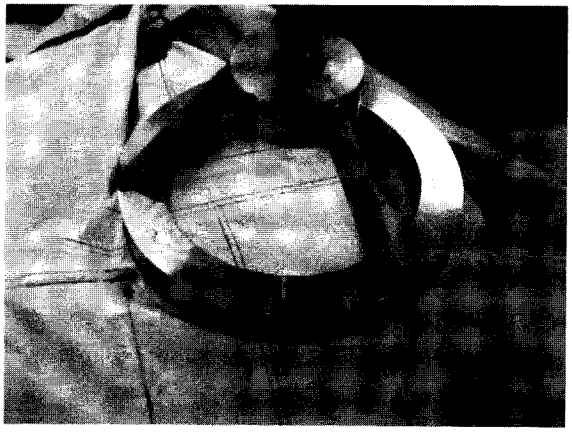
รูปที่ 10 ทดสอบการรั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บอัลทราโซนิค

ในการเย็บเสื้อแจ๊คเก็ตเพื่อให้กันน้ำโดยปกตินั้น จะมีการใช้ผ้ากาวเย็บประกบจากนั้นนำไปรีดด้วยความร้อนเพื่อให้กาวละลายปิดช่องว่างของตะเข็บทำให้กันน้ำ ในการทดลองจึงได้ทำการทดสอบการรั่วซึมบริเวณตะเข็บเย็บอัลทราโซนิคเปรียบเทียบกับเสื้อแจ๊คเก็ต ที่ได้ผลิตโดยวิธีที่กล่าวข้างต้น ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การรั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บอัลทราโซนิค

ชนิดของผ้า	ความเร็วในการเชื่อมติด (เมตร/นาที)	การรั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บอัลทราโซนิค แรงกดวงล้อ (บาร์)		
		0.6	0.8	1.0
ผ้าพอลิเอสเทอร์	1	F	F	P
	1.5	F	F	P
	2	F	F	F
	3	F	F	F
	5	F	F	F
	8	F	F	F
ผ้าไนลอน	1	F	P	P
	1.5	F	P	P
	2	F	F	F
	3	F	F	F
	5	F	F	F
	8	F	F	F
ผ้าไนลอนเคลือบ PU	1	P	P	P
	1.5	F	P	P
	2	F	F	F
	3	F	F	F
	5	F	F	F
	8	F	F	F

หมายเหตุ
P; น้ำไม่รั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บ ภายใต้แรงดันน้ำ 3 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว ในเวลา 2 นาที
F; น้ำรั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บ ภายใต้แรงดันน้ำ 3 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว ในเวลา 2 นาที



รูปที่ 11 ทดสอบการรั่วซึมบริเวณแนวตะเข็บด้ายเย็บ และเคลือบด้วยการกลิ้งกาวความร้อนของเสื้อแจ็คเก็ตที่ส่งออก

จากการทดสอบสมบัติในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำพบว่า (ตารางที่ 5 และรูปที่ 10 - 11) ผ้าพอลิเอสเทอร์ จะสามารถป้องกันรั่วซึมของน้ำ เมื่อเชื่อมติดด้วยความเร็วไม่เกิน 1.5 เมตรต่อนาที ภายใต้แรงกด 1.0 บาร์ หรือแรงกดที่สูงกว่า

ผ้าไนลอน จะสามารถป้องกันรั่วซึมของน้ำ เมื่อเชื่อมติดด้วยความเร็วไม่เกิน 1.5 เมตรต่อนาที ภายใต้แรงกด 0.8 บาร์ หรือแรงกดที่สูงกว่า

ผ้าไนลอนเคลือบพอลิยูริเทน จะสามารถป้องกันรั่วซึมของน้ำ เมื่อเชื่อมติดด้วยความเร็วไม่เกิน 1.0 เมตรต่อนาที ภายใต้แรงกด 0.6 บาร์ แรงกดที่สูงกว่า ถ้าหากเพิ่มความเร็วในการเชื่อม มากกว่า 1.0 - 1.5 เมตรต่อนาที จะต้องเพิ่มแรงกด 0.8 บาร์ หรือ มากกว่า

5. สรุปผลการทดลอง

1) ความแข็งแรงของตะเข็บผ้าที่เย็บเชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิคมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ทั่วไปที่ยอมรับได้ของตะเข็บเสื้อแจ็คเก็ตที่ส่งออก

2) ความแข็งแรงของตะเข็บผ้าที่เย็บเชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิค มีค่าประมาณ 20% ของความแข็งแรงของตะเข็บผ้าที่เย็บด้วยเส้นด้าย

3) ความแข็งแรงของตะเข็บผ้าที่เย็บเชื่อมด้วยจักรอัลทราโซนิค ลดลงเพียงเล็กน้อยหลังการซัก 5 ครั้ง

4) ตะเข็บผ้าที่เย็บด้วยจักรอุตสาหกรรมจะเกิดน้ำซึมบริเวณตะเข็บเย็บตามแนวเย็บ

5) ตะเข็บผ้าที่เย็บด้วยจักรอัลทราโซนิคสามารถป้องกันการรั่วซึมของผ้า ภายใต้แรงดันน้ำ 3 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในเวลา 2 นาที เช่นเดียวกับตะเข็บด้ายเย็บและกลิ้งด้วยกาวร้อนของเสื้อแจ็คเก็ต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ เพราะได้รับความช่วยเหลือและคำชี้แนะต่างๆ จากคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และได้รับการสนับสนุนด้านเครื่องมือ สถานที่ทำการวิจัยจากบริษัท เวชวิวัฒน์ จำกัด

เอกสารอ้างอิง

1) Gohl,. E.P.G. and Vilensky, L.D., 1983, **Textile Science: An Explanation of Fibre Properties,**.2 nd Edition, Longman Cheschire Pty Limited.

2) Lyle, D.S., **Modern Textiles**, .John Wiley & Sons Inc.

3) Kadolph, S.J.., **Quality Assurance for Textile and Apparel**.

4) วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา.**วิทยาศาสตร์เส้นใย.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.