การนำความร้อนจากเศษเส้นใยเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตสิ่งทอ

Thermal Conductivity of Waste Fibers from Textile Process

ธัญลักษณ์ จงมี[1] ปลื้มจิตต์ เตชธรรมรักษ์[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมบัติการนำความร้อนของเศษเส้นใยธรรมชาติ 3 ชนิดคือ เศษขนแกะจากการทำพรมเศษเส้นใยฝ้ายที่เหลือใช้จากกระบวนการปั่นด้าย และเศษรังไหมที่ไม่สามารถสาวได้แล้ว ทำการทดลองโดยนำเศษเส้นใยแต่ละชนิดใส่ในถุงผ้าป่านเป็นชิ้นทดสอบขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร โดยเย็บเป็นช่องห่างกัน 1 เซนติเมตรเป็นริ้วยาวตามความยาวชิ้นทดสอบจำนวน 10 ริ้ว และบรรจุเส้นใยลงในชิ้นทดสอบ จากนั้นนำไปทดสอบ สมบัติเบื้องต้นของเส้นใย สมบัติการไหลผ่านของอากาศในผ้า และสมบัติการนำความร้อน ผลจากการทดสอบพบว่า ชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษขนแกะมีค่าสมบัติการนำความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 W/m.°K ชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษเส้นใยฝ้ายมีค่าสมบัติการนำความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.09 W/m.°K และชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษรังไหมมีค่าสมบัติการนำความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.08 W/m.°K

คำสำคัญ: การนำความร้อน, การต้านทานความร้อน, สมบัติการไหลผ่านของอากาศในผ้า

Abstract

The research investigates the thermal conductivity of three wasted fibers, namely, wasted wool from carpeting process; wasted cotton from carding machine; and silk cocoon which is the waste from spinning process. Test specimens were prepared using cotton bag having the dimensions of 10 x 10 cm^2. Nine parallel lines having one centimeter apart were sewn to divide the bag into ten stripes. The sample fiber was filled in the slots of the bag so that the fibers were held in place. The test specimens were, then, tested for basic fiber properties, air permeability and thermal conductivity properties. It was found that the average thermal conductivity properties of wasted wool, wasted cotton and silk cocoon are 0.1 W/m.°K , 0.09 W/m.°K and 0.08 W/m.°K, ewspectively.

Keywords: Thermal conductivity, Thermal resistance, Air permeability

1. บทนำ

เศษเส้นใยธรรมชาติซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตสิ่งทอทั้งในภาคอุตสาหกรรมและหัตกรรมพื้นบ้านมีอยู่จำนวนไม่น้อย ส่งผลกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อมทางอากาศที่เกิดจากละอองปุยของเส้นใย ปริมาณขยะ และมลพิษจากการเผาไหม้ อีกทั้งยังเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นเพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าวและเพิ่มคุณค่าแก่เศษเส้นใยให้เกิดประโยชน์ จึงมีแนวความคิดในการนำเศษเส้นใยธรรมชาติประเภทขนสัตว์ ฝ้าย และรังไหม กลับมาใช้เป็นแผ่นฉนวนความร้อน

สิ่งทอถือเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เนื่องจากเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่เป็นเสมือนผิวหนังชั้นที่สองของมนุษย์ ดังนั้นการสวมใส่เสื้อผ้าให้เหมาะกับสภาพอากาศเพื่อรักษาสมดุลของร่างกาย

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ซึ่งปกติร่างกายของมนุษย์จะสามารถเก็บรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายประมาณ 33-37°C และการที่อุณหภูมิร่างกายจะเปลี่ยนแปลงนั้นขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำ ซึ่งโดยธรรมชาติความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำเสมอ

ดังนั้นในสภาพอากาศหนาวที่อุณหภูมิประมาณ 10°C ขณะที่อุณหภูมิภายในร่างกาย 37°C อุณหภูมิของร่างกายสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกจะทำให้ความร้อนจากร่างกายเคลื่อนที่สู่อากาศภายนอกซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้มนุษย์รู้สึกหนาวนั่นเอง ในทางกลับกันเมื่อสภาพอากาศร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 45°C ในขณะที่อุณหภูมิภายในร่างกายประมาณ 37°C เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิร่างกายจะทำให้อุณหภูมิความร้อนภายนอกเคลื่อนที่สู่ร่างกายมนุษย์ซึ่งทำให้มนุษย์รู้สึกร้อนเช่นกัน ดั้งนั้นวัสดุสิ่งทอจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่ช่วยรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้สมดุลกับสภาพอากาศ สาเหตุที่ทำให้วัสดุสิ่งทอสามารถเก็บรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย โดยยอมให้ถ่ายเทสู่อากาศภายนอกน้อยที่สุดเนื่องจากวัสดุสิ่งทอเป็นวัสดุจำพวกอโลหะไม่นำความร้อนหรือนำความร้อนต่ำ และการที่วัสดุสิ่งทอเป็นวัสดุที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเส้นใยและส่วนที่มีช่องว่างสามารถอุ้มอากาศทำให้ลดการถ่ายเทความร้อนของร่างกายไปสู่ภายนอกได้ [1,2,3]

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเส้นใยธรรมชาติซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นเส้นใยเซลลูโลสและเส้นใยโปรตีน โดยทำการศึกษากับเศษเส้นใย 3 ชนิดคือเศษขนแกะ เศษเส้นใยฝ้าย และเศษรังไหมส่วนในสุดที่ไม่สามารถสาวได้

ลักษณะของภาคตัดตามขวางและภาคตัดตามยาวของเส้นใยทั้ง 3 ชนิดมีดังนี้

1. เส้นใยขนแกะมีความหยิกงอ มีผิวเกล็ดเป็นชั้นซ้อนๆกัน จากภาคตัดตามขวางของเส้นใยพบว่าเส้นใยมีลักษณะค่อนข้างกลม เกล็ดที่เหมือนรอยแตกเล็กๆ บนผิวเส้นใยทำให้สามารถกักอากาศไว้ได้

2. เส้นใยฝ้ายมีโครงสร้างภายในที่ซับซ้อน ภายในเส้นใยจะมีรูตรงกลางเรียกว่าลูเมน จากภาคตัดตามยาวของเส้นใยฝ้ายมีลักษณะคล้ายริบบิ้นแบนๆและภาคตัดตามขวางของเส้นใยมีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่ว

3. เส้นใยไหมมีความเรียบตรงและมีภาคตัดตามขวางคล้ายรูปสามเหลี่ยมและมีช่องว่างระหว่างเส้นใยขนาดเล็ก [4]

การถ่ายเทความร้อนแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ การนำความร้อน (conduction heat transfer) การพาความร้อน (convection heat transfer) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation heat transfer) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสมบัติแรกเนื่องจากเป็นสมบัติที่ส่งผลโดยตรงต่องานวิจัยคือการนำความร้อน (thermal conductivity : k-value) มีหน่วยเป็น W/m.°K เป็นสมบัติที่สำคัญที่มีผลต่อการนำความร้อนของวัสดุแสดงถึงการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนที่เกิดจากการสั่นของโมเลกุลและสมบัติที่มีผลต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของวัสดุ (thermal resistance : r-value) มีหน่วยเป็น $m^2.°K/W$ ซึ่งความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดจะแปรผันกับค่าการนำความร้อน $r = \frac{1}{k}$

ดังนั้นที่ความหนาของวัสดุเท่ากับ x เมตรจะได้ว่า $r = \frac{x}{k}$

เมื่อพิจารณาหน่วยของค่าความต้านทานความร้อนจะได้ว่า

$$r = \frac{x}{k} \cdots\cdots \frac{(m)}{\left[\frac{(W)}{m.^0K}\right]}$$

$$= \frac{x}{k} \cdots\cdots \frac{(m)\times\left(m.^0K\right)}{W}$$

$$= \frac{x}{k} \cdots\cdots \frac{m^2.^0K}{W}$$

เมื่อ x เท่ากับความหนาของวัสดุ (m) เพราะฉะนั้นหน่วยความต้านทานความร้อนจึงเป็น $m^2.°K/W$

ระดับความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มได้ถูกระบุไว้ในป้ายสินค้าเพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมต่อการสวมใส่ตามสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม โดยมีชื่อเรียกว่าท็อค (tog) เทียบเป็นระดับความต้านทานความร้อน (r) ได้ เช่น 1 ท็อคเท่ากับ 0.1 $m^2.^\circ K/W$ ดังนั้นเมื่อ r มีค่าเท่ากับ 0.1 $m^2.^\circ K/W$ จะมีค่า k จะมีค่าดังนี้

จาก $$r = \frac{x}{k}$$

$$\frac{1}{r} = \frac{k}{x}$$

$$\frac{1}{0.1} = \frac{k}{x}$$

$$k = \frac{x}{0.1}$$

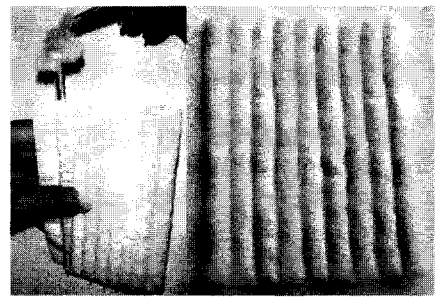
$$\therefore \quad k = \frac{x}{0.1} \ W/m.^\circ K$$

*** เมื่อ x คือความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น เมตร

ตัวอย่างระดับความต้านทานของผ้าห่มที่ประเทศอังกฤษ ในฤดูร้อนผ้าห่มจะมีระดับความต้านทานความร้อนประมาณ 4 หรือ 5 ท็อค ในฤดูอบอุ่นปานกลางจะมีระดับความต้านทานความร้อนประมาณ 9-11 ท็อคและในฤดูหนาวมีระดับความต้านทานความร้อนประมาณ 12 ท็อคขึ้นไป ซึ่งค่าท็อคนี้ผ่านการทดสอบและได้การรับรองจาก British Standards BS5335 (1984) โดยท็อคเริ่มใช้ในปีค.ศ.1940 ณ Shirley Institute [5,6,7] งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมบัติการนำความร้อนของเศษเส้นใยธรรมชาติประเภท ขนแกะ ฝ้าย และรังไหม

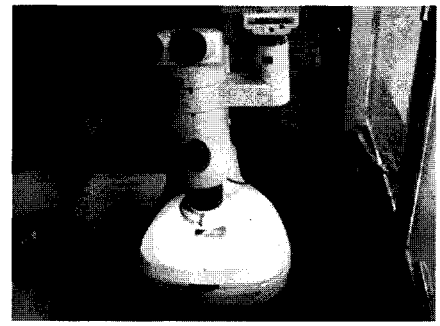
2. วิธีการดำเนินการวิจัย

1. คัดเลือกเส้นใย นำเศษเส้นใยมาคัดเอาสิ่งสกปรกออกเช่น เศษฝ้ายเล็กๆ เศษรังไหม เป็นต้น และจัดทำชิ้นทดสอบบรรจุเศษเส้นใยจากผ้าป่านขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดชิ้นทดสอบที่เหมาะกับเครื่องทดสอบการนำความร้อนโดยเย็บเป็นช่องห่างกัน 1 เซนติเมตรเป็นริ้วยาวตามความยาวชิ้นทดสอบจำนวน 9 ริ้ว บรรจุเส้นใยทีละช่อง โดยนำเส้นใยใส่หลอดกาแฟและอัดเส้นใยลงในชิ้นทดสอบซึ่งหลอดกาแฟ และขนาดช่องไฟ 1 เซนติเมตร เป็นส่วนหนึ่งในการควบคุมปริมาณเส้นใยทำให้เส้นใยจะเคลื่อนตัวน้อยที่สุด ดังรูปที่ 1



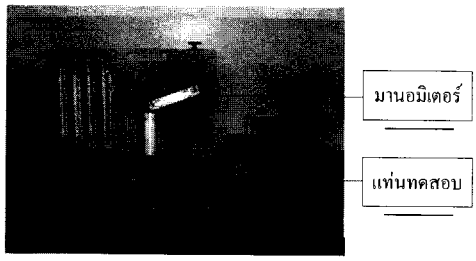
รูปที่ 1 ลักษณะการเตรียมชิ้นทดสอบ

2. ทดสอบสมบัติของเส้นใยที่นำมาทดลองในลักษณะภาคตัดตามขวางและภาคตัดตามยาวด้วยโดยใช้กล้องจุลทรรศน์รุ่น SMZ1500 ผลิตโดยบริษัท โดยกำลังขยายสูงสุดของกล้องคือ 112.5 เท่า ต่ำสุดที่ 7.5 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กล้องจุลทรรศน์รุ่น SMZ1500 ผลิตโดยบริษัท Nikon

3. ทดสอบสมบัติการไหลผ่านของอากาศของชิ้นทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบการไหลผ่านของอากาศ SDL Atlas Air Permeability Tester รุ่น M021S ผลิตโดยบริษัท SDL Atlas Textile Testing Solutions ตามมาตรฐานของ ASTM D737 และ ASTM D7574 ดังแสดงในรูปที่ 3

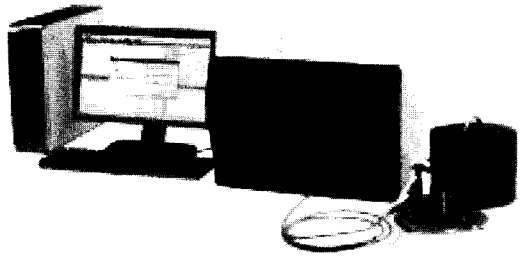


รูปที่ 3 เครื่องทดสอบสมบัติการไหลผ่านของอากาศ รุ่น M021S ผลิตโดยบริษัท SDL Atlas Textile Testing

ขั้นตอนการทดสอบการไหลผ่านของอากาศของชิ้นทดสอบ

1. เปิดเครื่องทดสอบ
2. วางชิ้นทดสอบบนแท่นทดสอบ
3. หมุนเกลียวให้แน่นเพื่อป้องกันอากาศรั่ว
4. ปรับระดับน้ำในหลอดมานอมิเตอร์ให้ได้ความดัน 100 ปาสคาล (pascal)
5. เหยียบสวิทซ์เท้าเพื่อปั๊มลมผ่านชิ้นทดสอบ
6. สังเกตหลอดวัดอัตราการไหลผ่านของอากาศ (flow meter)
7. บันทึกผลการทดสอบ

4. ทดสอบสมบัติการนำความร้อนของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการนำความร้อน Thermal Conductivity Hot Disk Transient (TCA) รุ่น TPS 2500S ผลิตโดยบริษัท Therm Test Inc.ตามมาตรฐานของ ISO/DIS 22007-2.2 ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องทดสอบการนำความร้อน TCA รุ่น TPS 2500S ผลิตโดยบริษัท Therm Test Inc.

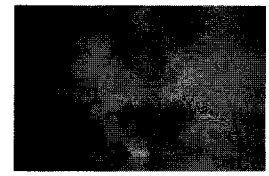
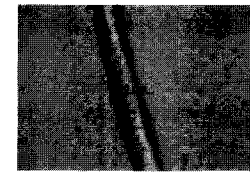
ขั้นตอนการทดสอบการนำความร้อน

1. เปิดเครื่องทดสอบ TCA และเปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์
2. นำชิ้นทดสอบจำนวน 2 ชิ้นวางไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยยึดชิ้นทดสอบไว้กับอุปกรณ์ยึดตัวอย่าง (sample holder) โดยมีตัวตรวจจับ (sensor) อยู่ตรงกลางระหว่างชิ้นทดสอบทั้งสอง
3. ระบุข้อมูลชื่อตัวอย่างและขนาดของตัวอย่างในคอมพิวเตอร์
4. ระบุปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม
5. ระบุจำนวนเวลาที่จะทดสอบ
6. กดปุ่มทดสอบ
7. บันทึกผลค่าการนำความร้อน

3. ผลการทดลอง

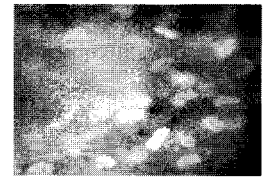
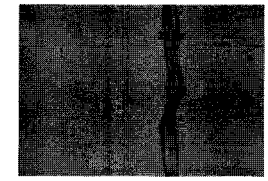
จากการทดสอบสมบัติของเศษเส้นใย ทดสอบสมบัติการผ่านของอากาศในผ้า และทดสอบสมบัติการนำความร้อนของชิ้นทดสอบชิ้นทดสอบทั้ง 3 ชนิด ได้ผลการทดสอบดังนี้

1.ลักษณะของเส้นใยต่างๆที่ใช้ทำเป็นฉนวนในการเปรียบเทียบลักษณะของภาคตัดขวางและภาคตัดตามยาวของเศษเส้นใยที่นำมาทดสอบสามารถดังแสดงในรูปที่ 5

ภาคตัดตามขวาง ภาคตัดตามยาว

(ก) เศษเส้นใยขนแกะ

ภาคตัดตามขวาง ภาคตัดตามยาว

(ข) เศษเส้นใยฝ้าย

(ค) เศษรังไหม

รูปที่ 5 ลักษณะภาคตัดตามขวางและตามยาวของเศษเส้นใย

จากภาคตัดตามขวางและตามยาวของเส้นใยแสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้ายและเส้นใยขนแกะมีการเกาะกันโดยมีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อย ในขณะที่ช่องว่างระหว่างเส้นใยไหมที่เกาะกันบนเศษรังไหมมีขนาดใหญ่กว่า

2. ผลการทดสอบความหนาแน่นของชิ้นทดสอบที่มีขนาด 10*10*0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีช่องห่างกันประมาณ 1 เซนติเมตรจำนวน 9 ริ้ว เมื่อบรรจุเส้นใยในชิ้นทดสอบที่มีความหนา 0.5 เซนติเมตร สามารถคำนวณความหนาแน่นของชิ้นทดสอบได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

จำนวน	เส้นใย	น้ำหนักชิ้นทดสอบ (g)	ความหนาแน่นของเส้นใย (g/cm^3)	ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ (g/cm^3)	สัดส่วนที่เป็นช่องว่าง (%)
1	ขนแกะ	10.3706	1.34	0.21	84.52
2	ฝ้าย	9.8528	1.55	0.2	87.29
3	รังไหม	9.1365	1.3	0.18	85.94

แสดงการคำนวณ

(1) ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

โดยที่ชิ้นทดสอบมีขนาด 10*10*0.5 = 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบบรรจุเศษใยฝ้าย

$$= \frac{9.8528}{50} = 0.20 \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร } (g/cm^2)$$

(2) ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

สัดส่วนที่เป็นช่องว่างของชิ้นทดสอบ (Porosity) คำนวณจาก

$$\text{Porosity} = \left(1 - \frac{\text{Fabric density}}{\text{Fiber density}}\right) * 100$$

Porosity ของชิ้นทดสอบบรรจุเศษใยฝ้าย

$$= \left(1 - \frac{0.20}{1.55}\right) * 100 = 87.29\,\%$$

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษเส้นใยขนแกะมีน้ำหนักสูงกว่าเส้นใยฝ้ายและไหมหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า มีความหนาแน่นของชิ้นทดสอบที่สูงกว่า พบว่าสัดส่วนของช่องว่างในชิ้นทดสอบ (Porosity) ของตัวอย่างที่ทดสอบมีสัดส่วนของช่องว่างใกล้เคียงกันคือ 84 – 87 เปอร์เซนต์

3. ผลการทดสอบสมบัติการไหลผ่านของอากาศในผ้าของชิ้นทดสอบ เป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การไหลผ่านของอากาศในผ้า (Air Permeability)

สมบัติการผ่านของอากาศ ลูกบาศก์เซนติเมตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร ($cm^2/sec/cm^2$)			
ชิ้นทดสอบ	ขนแกะ	ฝ้าย	รังไหม
1	10.85	9.37	22.69
2	12.33	7.35	26.63
3	11.34	7.35	24.66
4	12.33	9.86	24.66
Average	11.71	8.48	24.66
Standard deviation	0.74	1.32	1.6
CV (%)	6.32	15.60	6.52

จากการทดสอบพบว่า อากาศสามารถไหลผ่านชิ้นทดสอบที่เตรียมจากเศษรังไหมได้มากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลจากช่องว่างระหว่างเส้นใยมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 5 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการเรียงตัวของเส้นใยไหมมีการเรียงตัวตามธรรมชาติของรังไหม และเมื่อพับเศษรังไหมเป็นชิ้นเล็กๆ ทำให้อยู่ในลักษณะชิ้นบาง นำมาอัดเข้าไปในแผ่นทดสอบจึงไม่สามารถกำหนดการเรียงตัวของเศษชิ้นรังไหมนี้ได้ จึงเป็นไปได้ว่า การเรียงตัวของชิ้นรังไหมอาจจะไม่อยู่ในลักษณะขวางทางเดินของลม ทำให้การผ่านของอากาศเป็นไปได้ง่าย ค่าการผ่านของอากาศจึงมีค่าสูง ในขณะที่เศษเส้นใยขนแกะและเศษเส้นใยฝ้ายที่นำมาทดลองอยู่ในลักษณะเป็นใยเดี่ยวอิสระจากกัน เมื่อนำมาอัดในแผ่นเส้นใยจึงมีการกระจายตัวที่ดีกว่า มีโอกาสที่การอัดตัวของเส้นใยจะไปขวางทางเดินของอากาศได้มากกว่า

4. ผลการทดสอบสมบัติการนำความร้อนของชิ้นทดสอบ ซึ่งได้ผล ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การนำความร้อนของชิ้นทดสอบที่บรรจุเส้นใย

การนำความร้อน วัตต์/เมตร องศาเคลวิล (W/m.°K) @ เวลาในการวัด 5 วินาที			
ชิ้นทดสอบ	ขนแกะ	ฝ้าย	รังไหม
1	0.1004	0.0901	0.0812
2	0.0997	0.0901	0.0801
3	0.0999	0.0903	0.0794
Average	0.1000	0.0901	0.0802
Standard deviation	0.0003	0.0001	0.0009
CV (%)	0.3606	0.1281	1.1309

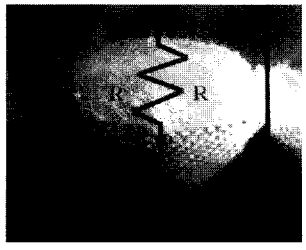
จากการทดสอบพบว่า ชิ้นทดสอบเส้นใยขนแกะมีสมบัติการนำความร้อนมากที่สุด รองลงมาคือ ชิ้นทดสอบเส้นใยฝ้าย ในขณะที่ชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษรังไหมมีสมบัตินำความร้อนต่ำสุด

4. วิจารณ์ผลการทดลอง

1. เนื่องจากการทำชิ้นทดสอบเป็นการอัดเส้นใยด้วยมือซึ่งอาจส่งผลต่อการควบคุมปริมาณเส้นใยในแต่ละช่อง

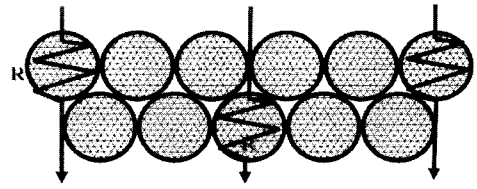
2. เมื่อพิจารณาจากสมบัติการนำความร้อน พบว่าชิ้นทดสอบที่เตรียมจากเศษรังไหมนั้นมีค่าสมบัติการนำความร้อนต่ำที่สุด จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นฉนวนความร้อนมากที่สุด

3. เมื่อนำชิ้นทดสอบมาวิเคราะห์ก็พบสิ่งที่น่าสังเกต คือบริเวณรอยตะเข็บเย็บคั่นระหว่างช่องเป็นบริเวณที่บาง อาจส่งผลให้ความร้อนรั่วไหลผ่านบริเวณดังกล่าวได้ง่ายกว่าบริเวณอื่น ซึ่งส่งผลทำให้ค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบมีค่ามากกว่าปกติ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ลักษณะการรั่วไหลของความร้อน

แต่เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมให้เส้นใยเคลื่อนตัวน้อยที่สุดจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีรอยตะเข็บเย็บคั่นระหว่างช่อง แนวทางการแก้ไขเบื้องต้นที่ควรพัฒนาคือการนำชิ้นทดสอบที่มีลักษณะข้างต้นมาซ้อนกัน 2 ชั้น โดยทำการสลับฟันปลาเพื่อเป็นการปิดช่องว่างของตะเข็บระหว่างช่อง ส่งผลให้ความร้อนไหลผ่านวัสดุทดสอบ โดยผ่านเศษวัสดุที่เป็นฉนวน ความร้อนทั่วทั้งแผ่นชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ลักษณะการผ่านความร้อนของชิ้นทดสอบ 2 ชั้น

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสมบัติของชิ้นทดสอบที่มีลักษณะและสมบัติแตกต่างกันสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ภาคตัดตามขวางและภาคตัดตามยาวมีลักษณะที่แสดงให้เห็นว่ามีช่องว่างเล็กๆ จำนวนมากระหว่างเส้นใย ทำให้มีความสามารถเก็บกักอากาศภายในตัวเส้นใย จึงช่วยเพิ่มสมบัติความเป็นฉนวนความร้อน

2. ชิ้นทดสอบเศษเส้นใยทั้ง 3 ชนิด มีสัดส่วนที่เป็นช่องว่างใกล้เคียงกัน พบว่าชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษรังไหมจะมีอากาศไหลผ่านได้ง่ายที่สุด ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากผิวเส้นใยที่เรียบกว่า และมีช่องว่างระหว่างวัสดุในชิ้นทดสอบมากกว่า ทำให้อากาศผ่านไปตามผิวเส้นใยได้สะดวกกว่า ในขณะที่เศษเส้นใยขนแกะที่แม้จะมีผิวที่แตกเป็นเกล็ดแต่ก็มีลักษณะค่อนข้างกลม อากาศไหลผ่านผิวเส้นใยได้ง่ายกว่าเส้นใยที่บิดเป็นเกลียวของใยฝ้าย

3. ชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษขนแกะมีค่าสมบัติการนำความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุดคือเท่ากับ 0.1 W/m.K , ชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษเส้นใยฝ้ายมีค่าสมบัติการนำความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.09 W/m.K และชิ้นทดสอบที่บรรจุเศษ

รังไหมมีค่าสมบัติการนำความร้อนเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.08 W/m.K จากผลการทดสอบดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าเศษรังไหมมีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้เป็นฉนวนความร้อน เมื่อเทียบกับเศษขนแกะ และเศษเส้นใยฝ้าย ประกอบกับฉนวนความร้อนจากเศษรังไหมมีสมบัติการไหลผ่านของอากาศที่ดีกว่าฉนวนของเส้นใยอีกสองชนิด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ เพราะได้รับความช่วยเหลือและคำชี้แนะต่างๆ จากคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณาจารย์จากคณะออกแบบสิ่งทอและแฟชั่นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครและศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติในประเทศไทยที่ให้ความสนับสนุนการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] Yunus A.Cengel. Heat transfer: Singapore Singapore,International Edition,2003.pp 649-653

[2] ตระการ ก้าวกสิกรรม.คู่มือฉนวนความร้อน.กรุงเทพฯ: นำอักษร การพิมพ์,2537.หน้า 5-29

[3] สมชัย อัครทิวาและขวัญจิตวงษ์ชาลี,เทอร์โมไดนามิกส์. กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล, 2543.หน้า 25- 75

[4] วิมลรัตน์ ศรีจรัสสิน,เทคโนโลยีสิ่งทอเบื้องต้น. กรุงเทพฯ:คราฟ แมนเพรส,2551.หน้า 35-38

[5] Trevor Mendham, Duvet Tog Ratings (Online), 2003-2009. Available: http://www.here-be-dreams.com/bedroom/tog

[6] Wikipedia,Tog (unit) (Online), 2010. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Tog_(unit)

[7] ชูชัย ต.ศิริวัฒนา, การทำความเย็นและการปรับอากาศ กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2546. หน้า 219

[8] Saville, Physical testing of textiles.Washington,DC: Woodhead publishing, 2000, pp 209-227

[9] Booth,JE, Principles of textile testing,Newness-Butterworths,1976, pp 276

[10] Morton, W.E. and Hearle, J.W.S., Physical Properties of Textile Fibres, The Textile Institute, 1986, pp 15