

การเปรียบเทียบการใช้พาราฟินและยางสนในการลงลายผ้าบาติก
มาหามะสุไฮมี มะแซ^{1*} เล็ก สีคง² กัลยาณี คุปตานนท์² พีรวัส คงสง² พชร เพ็ญพูน²
พิชญา พิศสุวรรณ¹ ชูไฮดี สนิ¹ วิทยา ศิริคุณ¹ และจุฬาลักษณ์ โรจนานุกูล¹

**Comparative of paraffin and turpentine used
in wax resist dying on batik fabric**
Mahamasuhaimi Masae^{1*}, Lek Sikong², Kalayanee Kooptarnond²,
Peeraws Kongsong², Pichaya Pitsuwan¹, Zuhaidi Seni¹,
Withaya Sririkun¹ and Julaluck Rodjananugoon¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

²ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

¹Department of Industrial Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thailand.

²Department of Mining and Materials Engineering, Prince of Songkla University, Thailand.

*Corresponding author. E-mail address: susumeme1983@yahoo.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาการเปียกและการซึมผ่านของเทียนไขในการลงลายผ้าบาติก เพื่อให้ประสิทธิภาพในการผลิตผ้าบาติกที่มีคุณภาพดีและง่ายต่อการลงเทียนปิดส่วนที่ไม่ต้องการให้ติดสี เทียนไขที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ได้ใช้พาราฟินและยางสนเรซินผสมกัน มาหลอมในเตาอบที่อุณหภูมิ 100°C นำผ้าฝ้ายมาซึ่งมีความเรียบบนกระจกใสขนาด 5 x 5 เซนติเมตร หลังจากนั้น จึงนำไปหยดด้วยเทียนไขแล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำผ้าฝ้ายไปหยดเทียนนั้น ได้นำผ้าไปทำความสะอาดด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ แช่ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการล้างให้สะอาดผึ่งลมให้แห้ง การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนได้ใช้เครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงความร้อนของวัสดุ (Differential scanning calorimetry, DSC) มีการวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด ศึกษาลักษณะการหยดของเทียนไขบนผืนผ้าด้วยการถ่ายภาพจากเครื่องวัดมุมสัมผัสและหาค่ามุมสัมผัส โดยการฉีดเทียนไขหลอมออกจากหัวฉีดระยะห่าง 1 มิลลิเมตร ปริมาตรเทียนไขหลอม 14 ไมโครลิตร อีกทั้งยังวัดความหนาของเทียนไขที่ติดบนผืนผ้าด้วยไมโครมิเตอร์ หลังจากนั้น ได้นำผ้าที่ทำการเขียนด้วยเทียนไขมาย้อมสีและทำการเคลือบด้วยโซเดียมซิลิเกตที่ใช้ในการเคลือบผ้าบาติกแล้วทำการต้มด้วยน้ำเดือดเพื่อล้างเทียนออก ทำการเปรียบเทียบลักษณะของเส้นเทียน

จากผลการศึกษาการใช้พาราฟินผสมยางสน มีค่ามุมสัมผัสต่ำกว่า (21°) พาราฟิน (39°) และยางสน (121°) วัดมุมสัมผัสจะมีค่าที่สัมพันธ์กับค่าความหนืด การใช้พาราฟินผสมกับยางสนสามารถพัฒนาการใช้ลงลายของผ้าบาติก เพราะมีค่ามุมสัมผัสที่เหมาะสมมีการแผ่กระจายบนผืนผ้าได้เป็นอย่างดีและปิดส่วนที่ไม่ต้องการให้ติดสีได้ดีอีกด้วย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พาราฟินและยางสนเพียงอย่างเดียวแล้วนั้นจะให้ค่ามุมสัมผัสที่สูงและให้ความหนาของเทียนมากกว่า

คำสำคัญ: ผ้าฝ้าย พาราฟิน ยางสน เทียนไข ผ้าบาติก

Abstract

The objective of this study is to improve wet ability of the molten candle waxes on surface of fabrics that could be more easily used in wax resist dying to produce high quality batik products. Candle waxes were prepared by mixing with paraffin and turpentine resin. The sample batches were melted in oven at 100°C. Cotton fabric (5×5 cm.) was stretched on glass slide, immediately drop the melted wax and left to dry at room temperature. The fabrics before wax droplet were immersed in 1 M NaOH solution 24 h, rinsed normally and were then dried. Thermal property was analyzed by differential scanning calorimetry (DSC). Viscosity of the molten candle waxes was observed by using viscometer. The formation of the wax droplet in terms of contact angles were investigated at room temperature using a contact angle meter (OCA15EC) with a gap distance between eject head and cotton fabric surface of 1 mm, and the waxes volume of 14 μ L. The wax droplet thickness was measured by micrometer. Cotton fabrics were immersed in batik textile dye solution and coated with batik sodium silicate, wax resist dying on batik fabric after boil were investigated and compared.

It was found from the experimental study that the paraffin and turpentine mixed batch exhibited lower contact angle (21°) than that of pure paraffin (39°) and pure turpentine (121°). It should be noted that contact angle correlates to the viscosity of the molten sample. The paraffin mixed with turpentine molten sample can improve the contact angle of cotton fabric surface. It was excellent and spread on cotton fabric surface. The paraffin mixed with turpentine droplet on cotton fabrics can improve the wet ability of fabrics surface, leading to the enhancement of resist dying on batik fabric. The utilization of pure paraffin and pure turpentine samples has influence only the increasing droplet contact angle and thickness.

Keywords: Cotton fabric, Paraffin, Turpentine, Candle waxes, Batik fabric

บทนำ

ผ้าบาติกนิยมใช้กันมากในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย บรูไน หมู่เกาะทางภาคใต้ของฟิลิปปินส์ และภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งชาวบ้านได้มีการจัดทำผ้าบาติกเป็นสินค้าพื้นบ้านและเข้าร่วมโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ “OTOP” สร้างรายได้ให้แก่ชุมชนได้เป็นจำนวนมาก ผ้าบาติกหรือผ้าปาเต๊ะ เป็นคำที่ใช้เรียกผ้าชนิดหนึ่งที่มีวิธีการทำโดยใช้เทียนปิดส่วนที่ไม่ต้องการให้ติดสี และใช้วิธีการแต้ม ระบาย หรือย้อมในส่วนที่ต้องการให้ติดสี ส่วนผ้าบาติกอย่างง่ายอาจทำโดยการเขียนเทียนหรือพิมพ์เทียนแล้วจึงนำไปย้อมสีที่ต้องการ ซึ่งเทียนที่ใช้ในการเขียนปิดส่วนที่ไม่ให้ติดสีนั้นจะประกอบด้วยไขที่ได้มาจากพาราฟิน ขี้ผึ้ง ยางสน เป็นต้น ภูมิปัญญาท้องถิ่นตามแบบบรรพชนได้ใช้เทียนที่ได้มาจากขี้ผึ้งหรือยางสน ในยุคแรกชาวบ้านเขียนด้วยขี้ผึ้งล้วน ผสมด้วยน้ำมันถั่ว ต่อมาจึงผสมด้วยน้ำมันควาย หรือผสมทั้งน้ำมันถั่วและน้ำมันควาย ระยะเวลาได้นายางไม้ชนิดหนึ่งผสมด้วย ซึ่งช่วยให้เทียนมีความเหนียวไม่เปราะและหักง่าย ในยุคที่มีการติดต่อกับต่างประเทศจึงได้ใช้พาราฟินมาเป็นส่วนประกอบของเทียนนอกเหนือจากขี้ผึ้ง และใช้ยางสนเป็นส่วนผสมด้วย (มาหามะสุโฮมี, 2556) พัฒนาการใช้ส่วนผสมของพาราฟินและยางสน ซึ่งการใช้พาราฟินเพียงอย่างเดียวเวลานั้น ลักษณะของเทียนจะมีความเปราะได้ง่าย หากมีการนำยางสนเพียงอย่างเดียวจะทำให้เหนียวมากเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียเวลาที่จะต้องลงลายเทียนซ้ำกันหลายๆ รอบเป็นการสิ้นเปลืองวัตถุดิบ การผลิตผ้าบาติกส่วนใหญ่ได้ใช้ผ้าฝ้ายซึ่งเป็นผ้าที่เหมาะสมในการทำผ้าบาติก เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการสวมใส่ ซึ่งผ้าฝ้าย

ที่ชาวบ้านในท้องถิ่นเลือกใช้ทำผ้าบาติกนั้น จะเรียกชื่อแตกต่างกันไปตามชื่อทางการค้า เช่น ผ้าพูยี่ ผ้ามัสลิน เป็นต้น การผลิตผ้าบาติกมีมากในแถบภาคใต้ของประเทศไทยและสามารถพบเห็นการใช้ผ้าบาติกกันอย่างแพร่หลายทั้งการสวมใส่ เป็นเสื้อ กระโปรง ผ้าถุง ผ้าพันคอ เพอร์เนเจอร์ตกแต่งบ้าน ริสอร์ท เป็นต้น ซึ่งการเผยแพร่บทความทางวิชาการในเชิงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในเรื่องการผลิตผ้าบาติกนั้นยังหาได้ยาก ไม่ว่าจะเป็นบทความระดับชาติหรือนานาชาติ นอกจากความรู้ในการผลิตผ้าบาติกที่ได้มีการสืบทอดจากรุ่นไปสู่อุ่น หากไม่ได้มีการรวบรวมอย่างเป็นระบบและมีการศึกษาที่เป็นเชิงวิทยาศาสตร์นั้น ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีไว้อาจจะสูญหายไปในอนาคต เนื่องจากการไม่ได้รับความสนใจจากเยาวชนรุ่นหลัง

บทความนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบสมบัติของพาราฟินและยางสนที่ใช้สำหรับการเขียน เพื่อปิดในส่วนที่ไม่ให้ติดสีบนผ้าฝ้าย ศึกษาสมบัติทางความร้อน (Ruguo, et al., 2011) ความหนืด การแผ่กระจายของหยดเทียน (Kim, & Chun, 2001; Hoffmann, & Amundsen, 2013; Kuzmić, et al., 2008; Pedersen, & Rønningsen, 2003; Li, et al., 2008) ความหนาและเปรียบเทียบการลงลายบนผืนผ้า เปรียบเทียบกันระหว่างการใช้ พาราฟิน ยางสน และพาราฟินผสมกับยางสน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบส่วนผสมของเทียนไขในการเขียนผ้าบาติกที่มีส่วนผสมของพาราฟินและยางสน
2. ศึกษาสมบัติทางความร้อน ความหนืด ของเทียนไขที่ได้จากการผสมของพาราฟินและยางสน
3. ศึกษาคุณสมบัติและการแผ่กระจายของหยดเทียนบนผืนผ้าและความสม่ำเสมอของเส้นเทียนหลังจากลงสีบาติก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุอุปกรณ์
 - 1.1 ผ้าฝ้ายที่ล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ แช่ไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำการผึ่งลมให้แห้ง
 - 1.2 วัสดุที่ใช้ในการเขียนบนผืนผ้า ได้แก่ พาราฟิน และยางสนซื้อที่ร้านไทรบุรีหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (รูปที่ 1)
 - 1.3 สีย้อมผ้าบาติกในกรณีนี้ใช้สีแดงและโซเดียมซิลิเกตเคลือบผ้าบาติกที่ซื้อในจังหวัดสงขลา
 - 1.4 เครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงความร้อนของวัสดุ (Differential scanning calorimeter: DSC, PerkinElmer DSC7)
 - 1.5 เครื่องวัดความหนืด (Rheometer, RVDV-II, Brookfield, USA)
 - 1.6 เครื่องวัดมุมสัมผัส (Contact angle meter, OCA15EC)

1.7 เตอบ (BEC THAI, UNE 400)

1.8 ไมโครมิเตอร์ (Mitoyo series 103)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 วัสดุที่ใช้ในการทำเทียน (ก) พาราฟิน (ข) ยางสน

2. วิธีการทดลอง

2.1 อัตราส่วนผสมพาราฟินและยางสนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณของพาราฟิน ยางสนและพาราฟินผสมยางสน (มาหามะสุโฮม, 2556)

ชนิดของไข	พาราฟิน (P)	ยางสน (T)	พาราฟินผสมยางสน (PT)
อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (%)	100	100	63 : 37

2.2 นำพาราฟินและยางสนไปทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC

2.3 นำวัสดุในตารางที่ 1 ไปวัดหาค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 60 80 และ 100°C (ASTM D-5)

2.4 นำวัสดุในตารางที่ 1 มาหลอมแล้วทำการวัดมุมสัมผัสของเทียนที่หลอมหยด (ปริมาตร 14 ไมโครลิตร) บนพื้นผ้าฝ้ายที่ซึ่งด้วยกระจกใสให้ตั้งระยะห่างจากปลายหยดสู่พื้นผ้าห่างกัน 1 มิลลิเมตร และวัดความหนาของหยดเทียนไขด้วยไมโครมิเตอร์

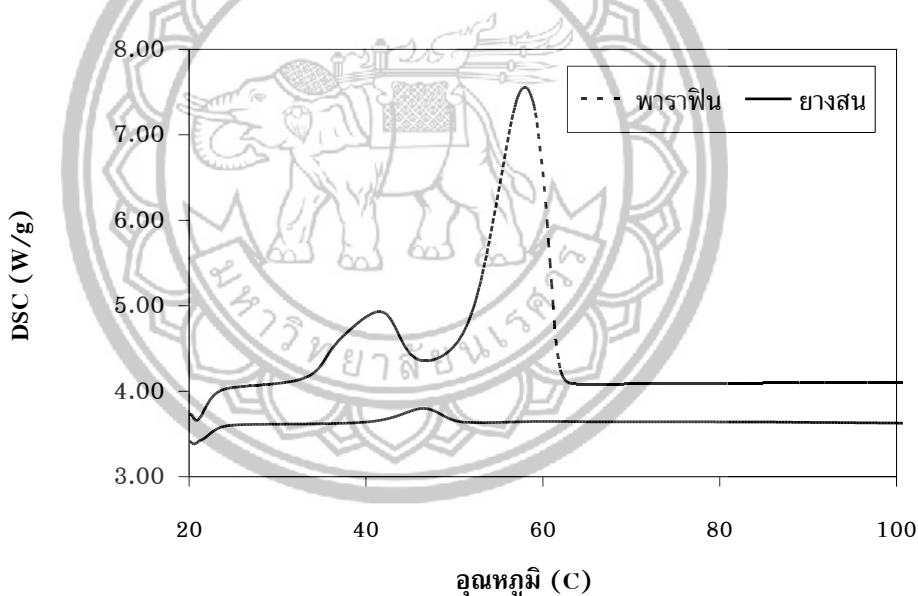
2.5 นำวัสดุในตารางที่ 1 เขียนบนผ้าฝ้ายขนาด 5 x 5 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องวัดมุมสัมผัส วัดลงบนพื้นผ้าลักษณะกากบาท ปริมาตรของเทียนไขที่ใช้วาดเส้นกากบาท 5 มิลลิลิตร ระยะห่างจากปลายหยดสู่พื้นผ้าห่างกัน 1 มิลลิเมตร โดยผ้าฝ้ายวางบนแท่นที่มีความเร็วคงที่ 1 เซนติเมตรต่อวินาที

2.6 นำผ้าที่ได้จากข้อ 2.5 ไปย้อมสีปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นไปเคลือบด้วยโซเดียมซิลิเกต อัตราส่วนโซเดียมซิลิเกตต่อน้ำ 3 : 1 ส่วน จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดจนเทียนลอกออก แล้วนำผ้าไปล้างน้ำสะอาดผึ่งให้แห้งทำการเปรียบเทียบความสม่ำเสมอของเส้นเทียนไขหลังจากต้มเทียนออก

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC

ผลวิเคราะห์ทางความร้อนโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงความร้อนของวัสดุ (Differential scanning calorimetry: DSC) (รูปที่ 2) จะเห็นได้ว่า วัสดุที่เป็นพาราฟินจะมีจุดอ่อนตัวที่อุณหภูมิ 51.49°C สำหรับช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวอยู่ในช่วง 58.00–61.80°C และวัสดุที่เป็นยางสนนั้นมีจุดอ่อนตัวที่อุณหภูมิ 41.28°C สำหรับช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวอยู่ในช่วง 47.50–50.25°C (ตารางที่ 2) จากผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC นั้น จะเห็นว่า อุณหภูมิการอ่อนตัวและช่วงอุณหภูมิในการหลอมเหลวของพาราฟินนั้นมีค่าสูงกว่ายางสน เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของพาราฟิน (C_nH_{2n+2}) เป็นไฮโดรคาร์บอนเส้นตรงมี 18–30 คาร์บอนอะตอม (80–95%) โครงสร้างไฮโดรคาร์บอนที่เป็นกิ่งมีหมู่แอลเคน (Chain alkanes) ($\leq 20\%$) ไม่มีความเป็นกรด ความแข็งเท่ากับศูนย์ สมบัติทางความร้อนและอุณหภูมิหลอมเหลวสอดคล้องกับมาตรฐาน ASTM D-5



รูปที่ 2 สมบัติทางความร้อนที่วัดด้วยเครื่อง DSC

ซึ่งพาราฟินมีโครงสร้างไฮโดรคาร์บอนและมีมวลโมเลกุลสูงและซับซ้อนกว่ายางสน ($C_{10}H_{16}$) ยางสนเรซินนั้น มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลได้จากพืชในตระกูลพินัส (Pinus species) มีค่าความเป็นกรดในช่วง 160–170 มิลลิกรัมต่อกรัม KOH/กรัมน้ำมัน ความแข็งอยู่ในช่วง 1–1.5 สอดคล้องกับมาตรฐานดังกล่าวด้วย

จากผลการทดลองในครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางความร้อนของพาราฟินจากงานวิจัยของ Ruguo Z., et al. (2011) และมาตรฐาน ASTM D-5 มีค่าสอดคล้องกัน

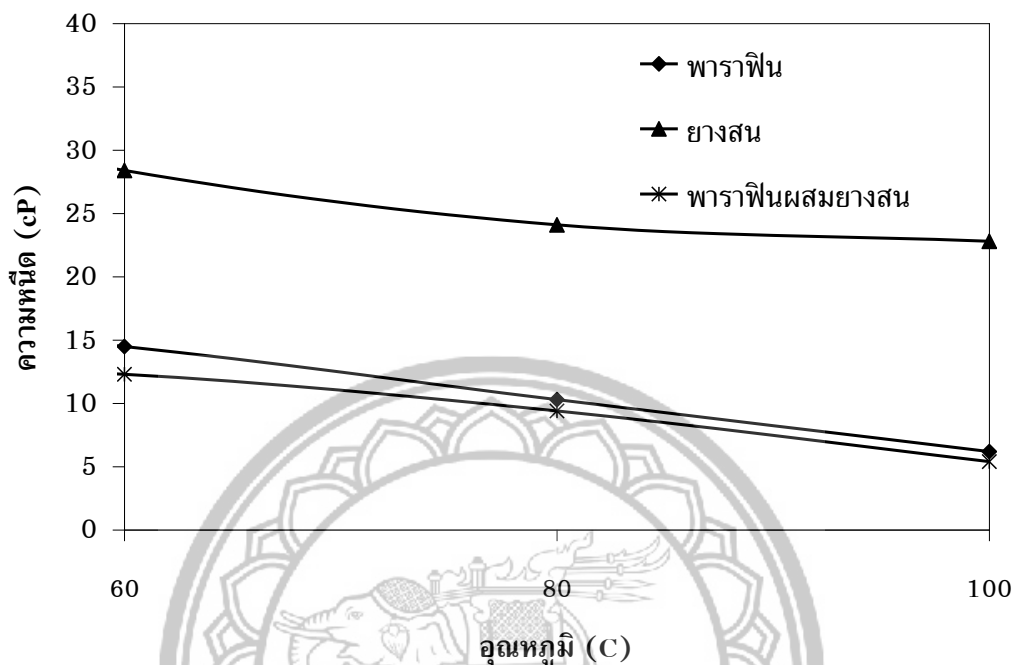
ตารางที่ 2 แสดงอุณหภูมิการอ่อนตัว จุดหลอมเหลวของพาราฟินและยางสนจากการทดสอบด้วยเครื่อง DSC

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (mg)	T_{oi} (C°)	T_{m1} (C°)	T_n (C°)
พาราฟิน	5.37	51.49	58.00	61.80
ยางสน	5.86	41.28	47.50	50.25

หมายเหตุ: 1) T_{oi} : จุดอ่อนตัว 2) T_{m1} : เริ่มหลอมเหลว 3) T_n : สิ้นสุดการหลอมเหลว

ผลการวัดความหนืด

จากผลการทดลองวัดความหนืดของพาราฟิน ยางสนและพาราฟินผสมยางสน พบว่า ค่าของความหนืดจากมากไปหาน้อย คือ ยางสน (25-27 เซนติพอยซ์) พาราฟิน (8-14 เซนติพอยซ์) และพาราฟินผสมยางสน (6-12 เซนติพอยซ์) ตามลำดับ (รูปที่ 3) ซึ่งการทดลองนี้เป็นไปตามสมบัติการไหลและการตกผลึกของไข (Kuzmić, et al., 2008; Pedersen, & Rønningsen, 2003) จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิสูง (100°C) จะเกิดการหลอมละลายได้ดีทำให้ไขมีความหนืดน้อยกว่าอุณหภูมิต่ำ (60°C) ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับการหาความหนืดของไขที่อุณหภูมิต่ำ (Hoffmann, & Amundsen, 2013) ยางสนมีความหนืดสูงกว่าพาราฟิน เนื่องจากความแข็งของยางสนสูงกว่าพาราฟิน สำหรับความหนืดของเทียนไขที่มีส่วนผสมระหว่างพาราฟินและยางสนเป็นความหนืดที่เหมาะสมในการเขียนลายบนผ้าบาติก

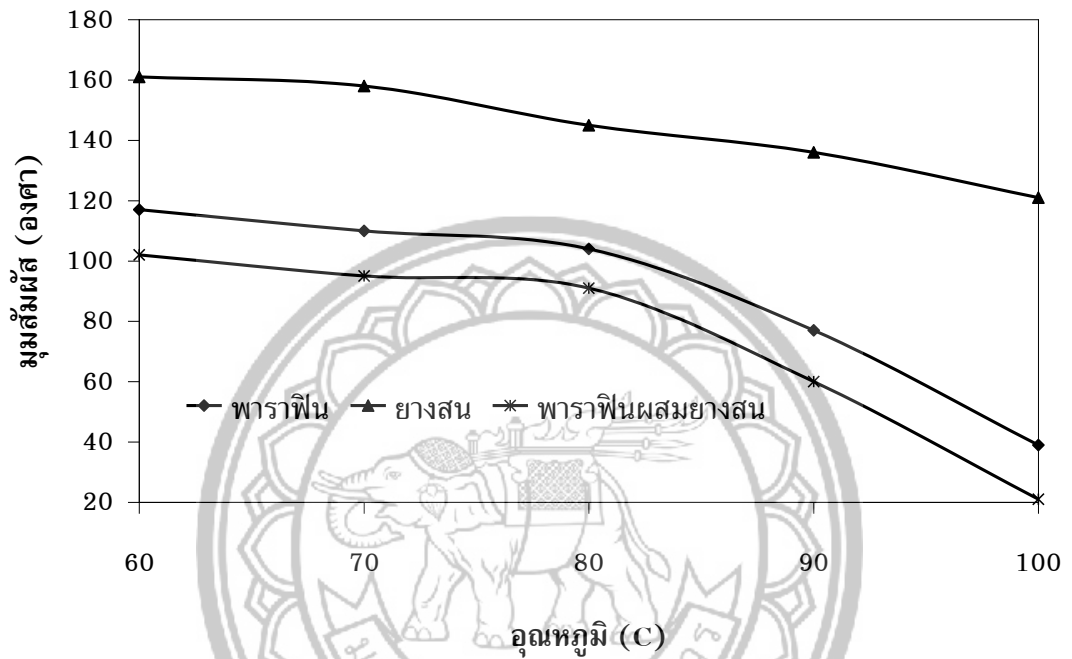


รูปที่ 3 ความเหนียวของพาราฟิน ยางสนและพาราฟินผสมยางสน

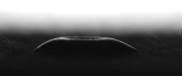
ผลการวัดมุมสัมผัสของไซบอนพื้นผ้า

เมื่อเทียบปริมาตร 14 ไมโครลิตร หลอมหยดลงบนพื้นผ้าจะทำให้เกิดการแผ่กระจายด้วยแรงตึงผิว ซึ่งมีมุมสัมผัสของยางสน (135-161 องศา) หยดบนพื้นผ้าจะมีค่ามากกว่าหยดของพาราฟิน (40-117 องศา) และพาราฟินผสมยางสน (20-102 องศา) (รูปที่ 4) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นลักษณะการหยดของเทียนก็มีมุมสัมผัสที่น้อยซึ่งสอดคล้องกับความเหนียวที่อุณหภูมิ 100°C มุมสัมผัสของพาราฟินผสมยางสนมีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 21 องศา ซึ่งมีลักษณะของหยดเทียนแผ่กระจายบนพื้นผ้า (รูปที่ 5) จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิ 100°C ลักษณะการแผ่กระจายของหยดพาราฟินนั้น มีส่วนที่โค้งเว้าอยู่ (Li, et al., 2008) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับยางสนและพาราฟินผสมกับยางสนนั้น มีความเรียบของหยดเทียน ความหนาของเทียน (ตารางที่ 3) ซึ่งพาราฟินผสมยางสนที่อุณหภูมิ 100°C มีความหนา 0.73 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพาราฟินและยางสนเพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นถึงการดูดซับและการแผ่กระจายของเทียนหลอมบนพื้นผ้า มุมสัมผัสที่เทียนไขหลอมหยดลงบนพื้นผ้าสอดคล้องกับความเหนียวที่ได้กล่าวมาข้างต้น ลักษณะของเทียนไขที่หยดลงบนพื้นผ้าต้องไม่น้อยเกินไปและไม่มากเกินไป การที่เทียนหยดลงบนพื้นผ้าน้อยเกินไปก็ส่งผลทำให้กันสไลด์ไม่สนิท หากหยดเทียนมีลักษณะมุมสัมผัสที่มากเกินไปนั้นก็ทำให้เทียน

ที่ลงลายบนผืนผ้าหักและเปราะได้ง่าย ส่งผลให้ต้องลงเทียนซ้ำกันหลายครั้งเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและ
เทียนที่ใช้ลงลายในการผลิตได้



รูปที่ 4 มุมสัมผัสของชนิดต่างๆ ที่หยดบนผืนผ้าที่อุณหภูมิต่างกัน

ตัวอย่าง	70°C	80°C	90°C	100°C
พาราฟิน				
ยางสน				
พาราฟินผสมยางสน				

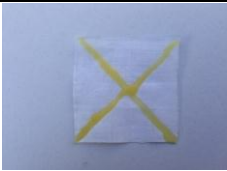
รูปที่ 5 มุมสัมผัสของไซชนิดต่าง ๆ ที่หยดบนพื้นผิวที่อุณหภูมิต่างกัน

ตารางที่ 3 ความหนาของหยดเทียนที่อุณหภูมิต่างกันหยดบนพื้นผิว

ตัวอย่าง	ความหนา (mm)			
	70°C	80°C	90°C	100°C
พาราฟิน	2.41	1.99	1.53	0.99
ยางสน	2.63	2.32	1.75	1.23
พาราฟินผสมยางสน	2.21	1.77	1.31	0.73

ผลการลงลายด้วยเทียนไขบนผ้าฝ้าย

จากผลการลงเทียนด้วยสูตรที่ใช้พาราฟิน ยางสน และพาราฟินผสมยางสน จะมีลักษณะของการลงลายเทียนมีสีขาว สีนํ้าตาลเหลืองและสีขาวขุ่นตามลำดับ ก่อนย้อมสีแดงและเคลือบสารละลายโซเดียมซิลิเกต (รูปที่ 6 สภาวะ ก) ลักษณะของเส้นเทียนที่เขียนด้วยพาราฟิน การปิดส่วนที่ไม่ต้องการให้ติดสีนั้นยังไม่ได้ เนื่องจากยังมีสีที่ยังเล็ดลอดเข้ามาในบริเวณที่กั้นด้วยเทียนได้ สำหรับลักษณะของเส้นเทียนที่เขียนด้วยยางสนนั้น ก็ยังมีสีแทรกเข้ามาในบริเวณที่ไม่ต้องการให้สีติด แต่ปริมาณที่สีเข้ามาติดน้อยกว่าการลงเทียนด้วยพาราฟิน สำหรับการลงเทียนด้วยพาราฟินผสมยางสนนั้น สามารถปิดส่วนที่ไม่ต้องการให้สีติดได้เป็นอย่างดี (รูปที่ 6 สภาวะ ข) เนื่องจากการแผ่กระจายของหยดเทียนที่ดี จากผลการวิเคราะห์มุมสัมผัส ความหนาของเทียนและเทียนมีความหนืดที่เหมาะสม

สภาวะ	ลักษณะลายเทียนบนผ้าบาติก		
	พาราฟิน	ยางสน	พาราฟินผสมยางสน
ก)			
ข)			

รูปที่ 6 ลักษณะลายเทียนที่สภาวะ ก) หลังจากลงเทียน ข) หลังจากย้อมสีแล้วทำการเคลือบด้วยโซเดียมซิลิเกต แล้วทำการต้มให้เทียนออก

สรุปผลการศึกษา

สมบัติทางความร้อนของพาราฟินมีอุณหภูมิหลอมเหลวสูงกว่ายางสน เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีและมวลโมเลกุลสูงกว่า ความหนืดของยางสนจะมีค่าสูงกว่าพาราฟิน เมื่อนำพาราฟินผสมกับยางสนมาหยดบนพื้นผิวนั้น จะได้ค่ามุมสัมผัสที่น้อยกว่าใช้พาราฟินและยางสนเพียงอย่างเดียวซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความหนืด ซึ่งพาราฟินผสมกับยางสนทำให้มีการแผ่กระจายบนพื้นผิวได้ดีอีกด้วย ความหนาที่ได้ก็น้อยมีความสม่ำเสมอและมีความต่อเนื่องของเส้นเทียน ในการลงเทียนปิดในส่วนที่ไม่ให้ติดสีได้ดีอีกด้วย ซึ่งแตกต่างจากการนำพาราฟินละยางสนเพียงอย่างเดียวที่มีค่าความหนาและมุมสัมผัสที่สูงอีก ทั้งยังมีประสิทธิภาพน้อยที่จะปิดในส่วนที่ไม่ให้ติดสี อัตราส่วนผสมจากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้ในการลงลายผลิตผ้าบาติกอย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานการอุดมศึกษาแห่งประเทศไทย ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

มาหามะสุโฮมี มะแซ. (2556). อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 1303000461. กรุงเทพฯ: กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

- American Society for Testing Materials, ASTM D-5. (2009). *Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials*. West Conshohocken, PA: Author.
- Hoffmann, R., & Amundsen, L. (2013). Single-phase wax deposition experiments. *Energy & Fuels*, 24(2), 1069-1080.
- Kim, H. Y., & Chun, J. H. (2001). The recoiling of liquid droplets upon collision with solid surfaces. *Physics of Fluid Phys.*, 13(3), 643-659.
- Kuzmić, A. E., Radošević, M., Bogdanić, G., Vlasta, S., & Radivoje, V. (2008). Studies on the influence of long chain acrylic esters polymers with polar monomers as crude oil flow improver additives. *Fuel*, 87(13-14), 2943-2950.
- Li, R., Ashgriz, N., Chandra, S., & Andrews, R. J. (2008). Shape and surface texture of molten droplets deposited on cold surfaces. *Surf. Coat.*, 202(16), 3960-3966.
- Pedersen, K. S., & Rønningsen, H. P. (2003). Influence of Wax Inhibitors on Wax Appearance Temperature, Pour Point, and Viscosity of Waxy Crude Oils. *Energ Fuel.*, 17(2), 321-328.
- Ruguo, Z., Hua, Z., Hong, Z., Ying, F., Kun, L., & Wenwen, Z. (2011). Thermal analysis of four insect waxes based on differential scanning calorimetry (DSC). *Procedia Eng.*, 18, 101-106.