

การลดความชื้นยางแผ่นโดยใช้กลุ่มของเจ็ทอากาศร้อนพุ่งชน

Drying of Rubber Sheet Using Impingement of Multiple Hot Air Jets

มักตาร์ แวะหะยี¹, ชยุต นันทดุษิต^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

*ผู้ติดต่อ: E-mail: chayut@me.psu.ac.th, โทร 0-7428-7035, โทรสาร 0-7421-2893

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการลดความชื้นยางแผ่นดิบโดยใช้กลุ่มของเจ็ทลมร้อนพุ่งชนผิวยางโดยตรง ในงานวิจัยได้ศึกษาอิทธิพลของความเร็วเจ็ท ($V_j=10, 16, 23$ m/s) อุณหภูมิเจ็ท ($T_j=50, 60, 70^\circ\text{C}$) และระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวยาง ($L=4D, 6D, 8D$ โดย D คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจ็ท) ที่มีต่ออัตราการแห้งตัวของยางแผ่น นอกจากนี้ได้ศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนของกลุ่มเจ็ทลมร้อนที่พุ่งพื้นผิวโดยใช้เซนเซอร์ฟลักซ์ความร้อนติดตั้งบนแผ่นที่เจ็ทพุ่งชน ผลการศึกษาพบว่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิวจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วเจ็ทที่เพิ่มขึ้นและระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวยางที่ลดลงโดยเฉพะบริเวณที่เจ็ทพุ่งชนโดยตรง และการแห้งของยางสามารถแบ่งออกช่วงเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกที่มีความชื้นยางลดลงอย่างรวดเร็ว และช่วงหลังที่ความชื้นยางลดลงอย่างช้าๆ โดยพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิเจ็ทมีผลต่อการเพิ่มอัตราการแห้งของยางทั้งในช่วงแรกและช่วงหลัง สำหรับเงื่อนไขที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานโดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพของยางหลังอบ คือ $L=6D$ และ $T_j=70^\circ\text{C}$

คำหลัก: การอบยางแผ่น, เจ็ทพุ่งชน, สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

Abstract

Drying of natural rubber sheet using impingement of multiple hot air jets directly was studied. The effects of jet velocity ($V_j=10, 16, 23$ m/s), jet temperature ($T_j=50, 60, 70^\circ\text{C}$) and the distance from jet outlet to rubber surface ($L=4D, 6D, 8D$ which D is diameter of jet hole) on drying rate were investigated. The heat transfer rate on impinged surface was also measured by attaching a heat flux sensor on impinged wall. The results indicated that the convective heat transfer coefficient increased when the jet velocity was increased and when the distance from jet was decreased. The drying process of rubber sheet can be divided in 2 periods; the first drying period, the moisture content decreases rapidly, and the second drying period, the moisture content decreases gradually. The results indicated that the higher jet

temperature resulted in higher drying rate for both drying periods. The optimum condition for drying rubber sheet without the effect on quality after drying is $L=6D$ and $T_j=70^\circ\text{C}$

Keywords: Rubber sheet drying, Jet impingement, Heat transfer coefficient

1. บทนำ

ยางแผ่นรมควันเป็นการแปรรูปยางอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถส่งออกต่างประเทศ ในการที่จะได้ยางรมควันคุณภาพดีจะต้องมาจากวัตถุดิบและกระบวนการแปรรูปที่ดี สำหรับการรมยางแผ่นเป็นกระบวนการที่สำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ทำให้ยางแผ่นแห้งและสุก เพื่อป้องกันการเกิดราและสามารถรักษาคุณภาพของยางแผ่นได้นาน โดยทั่วไปยางแผ่นดิบที่ผ่านการรีดจากเครื่องรีดจะมีความชื้นในเนื้อยางอยู่ประมาณ 60% หลังจากนั้นจะนำยางมาแขวนผึ่งแห้งให้สะเด็ดน้ำก่อนเข้าห้องรมควัน การรมควันยางแผ่นจะทำให้ยางแผ่นที่มีความชื้นประมาณ 40% แห้งจนเหลือความชื้นประมาณ 0.3-0.4% โดยการใช้ก๊าซร้อนจากการเผาไม้ฟืนไหลผ่านยางแผ่นโดยตรง

ปกติการแห้งของยางแผ่นต้องใช้เวลาประมาณ 2-4 วันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศร้อน ความเร็วอากาศร้อนในห้องรม ความหนาของแผ่นยาง และความหนาแน่นของการแขวน โดยอุณหภูมิสามารถควบคุมโดยการจัดการปริมาณการใส่ไม้ฟืนในการเผาไหม้ การควบคุมความเร็วลมและความชื้นอากาศทำได้โดยการปรับบานระบายที่เพดานห้อง ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควัน คือ การออกแบบห้องรม เนื่องจากหากการกระจายลมร้อนในห้องรมไม่สม่ำเสมอ จะเกิดปัญหายางสุกไม่สม่ำเสมอหรือยางพอง สามารถแก้ไขได้โดยการออกแบบตำแหน่งทางเข้าและทางออกก๊าซร้อนภายในห้องรมให้เหมาะสม หากความร้อนกระจายไปทั่วทั้งห้อง จะทำให้ยางทุกแผ่นแห้งพร้อมกัน และจะช่วยให้ยางแผ่นแห้งเร็วขึ้นและมีคุณภาพดี

S. Prasertsan และ P. Kirirat [1] ได้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการแห้งของยางแผ่น ได้แก่ ความเร็ว ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อน และความหนาแน่นของยางในตู้อบ โดยทำการทดสอบอบยางแผ่นจำนวน 15 kg ในห้องอบที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมการอบได้ ผลการทดลองพบว่าเวลาการอบแห้งจะแปรผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้าห้องอบและอัตราการไหลของอากาศ แต่อัตราการไหลของอากาศมีผลต่อการแห้งของยางน้อยเมื่อเทียบกับตัวแปรอื่น

สุรเชษฐ ต้นสัตยาเลิศ [2] ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการแห้งของยางแผ่น ในการทดลองได้สร้างห้องอบยางจำลอง โดยกำหนดให้ความเร็วอากาศร้อนคงที่ที่ 0.85 m/s และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศร้อนในห้องอบที่ 50°C , 60°C และ 70°C จากการทดลองพบว่า ลักษณะการแห้งของยางแผ่นแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ในช่วงแรกน้ำหนักของยางจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 10 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นน้ำหนักของยางจะค่อยๆลดลง ในช่วงแรกอุณหภูมิอากาศจะมีผลต่อการแห้งของยาง โดยที่อุณหภูมิ 70°C ยางแผ่นจะแห้งเร็วกว่ากรณีอุณหภูมิ 60°C และ 50°C ตามลำดับ แต่ในช่วงหลัง 10 ชั่วโมง อุณหภูมิจะมีผลต่อการแห้งของยางแผ่นน้อยมาก และจากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบยางควรต่ำกว่า 70°C ถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ยางมีลักษณะเยิ้มหรือเกิดฟองอากาศได้

กำพล และคณะ [3] ได้ศึกษาและพัฒนาห้องอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัดพลังงาน ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การอบแห้งของยางแผ่นหนา 3 mm ซึ่งมีความชื้นประมาณ 25-35% ฐานแห้ง ควรจะอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 45°C เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จึงจะไม่เกิดฟองอากาศในเนื้อยาง

หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิ 5°C ต่อ 12 ชั่วโมง จนได้ อุณหภูมิสุดท้าย $60-65^{\circ}\text{C}$ ยางจะแห้งภายใน 3 วัน จะทำให้ได้ยางแผ่นแห้งคุณภาพดี การอบแห้งยางแผ่นที่ ความเร็วลมต่ำที่ 0.2m/s และ 0.5m/s ได้ผลไม่ แตกต่างกัน

W. Kalasee และคณะ [4] ได้ศึกษาการ กระจายอุณหภูมิในห้องรมยางปี 2537 พบว่าในช่วง เวลาการรมยางแผ่น 36 ชั่วโมง อุณหภูมิภายในห้อง รมแต่ละตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และ อุณหภูมิภายในห้องรมไม่สม่ำเสมอแตกต่างกันสูงสุด ถึง 15°C ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้การแห้งของยางแผ่นใน ห้องรมไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ได้ทำการปรับปรุงการ กระจายอุณหภูมิในห้องรมโดยปรับขนาดและจำนวน ของช่องระบายอากาศ ผลการทดลองพบว่าการ กระจายอุณหภูมิในห้องรมสม่ำเสมอขึ้น แต่ระยะเวลา การแห้งของยางแผ่นไม่เปลี่ยนแปลง

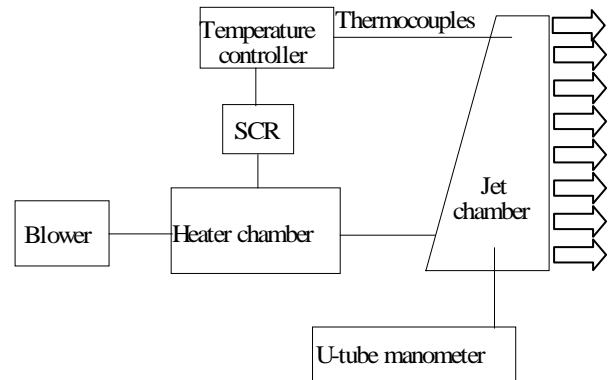
จากการทบทวนเอกสารพบว่าวิธีการรมควัน แบบเดิมนี้อาจมีข้อจำกัดคือ กลไกการให้ความร้อนแก่ยาง แผ่นเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ซึ่งการที่จะ ให้ความร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอในห้องรมยาง เป็นไปได้ยาก และความชื้นที่สะสมในห้องรมควัน ทำ ให้กลไกการถ่ายเทน้ำจากยางแผ่นไม่ดี ในงานวิจัยนี้มี แนวคิดที่จะใช้เจ็ทอากาศร้อนเป่าแห้งที่ยางแผ่น โดยตรง โดยทั่วไปอัตราการแห้งของยางจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วเจ็ทหรือเพิ่มอุณหภูมิเจ็ท แต่ เนื่องจากยางแผ่นมีข้อจำกัดทางอุณหภูมิไม่สูงเกิน 70°C และการเพิ่มความเร็วเจ็ทจำเป็นต้องเพิ่มกำลัง พัดลมมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องทราบ ข้อมูลผลของอุณหภูมิและความเร็วเจ็ทที่มีต่อการแห้ง ของยางแผ่น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ ระบบอบแห้งที่เหมาะสมต่อไป

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาการแห้งของยางในกรณี ที่ใช้เจ็ทอากาศพุ่งชนพื้นผิว โดยจะศึกษาผลของ อุณหภูมิเจ็ท และความเร็วเจ็ท และระยะจากปาก ทางออกของเจ็ทถึงพื้นผิวยาง นอกจากนี้จะศึกษาผล ของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีต่ออัตราการแห้ง

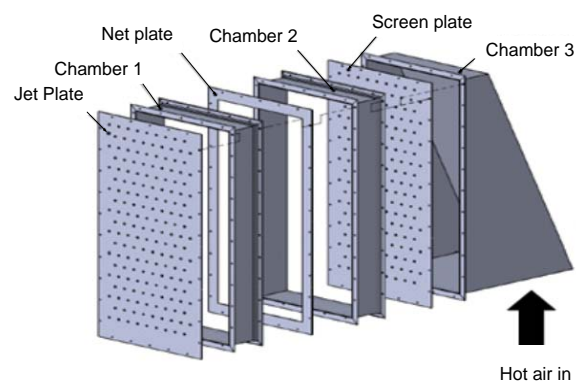
ของยางแผ่น โดยจะทำการทดลองวัดสัมประสิทธิ์การ พาความร้อนของกลุ่มเจ็ทที่พุ่งชนพื้นผิวก่อนทำการ ทดสอบอบแห้งยางแผ่นด้วยกลุ่มของเจ็ทอากาศร้อน

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์และตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

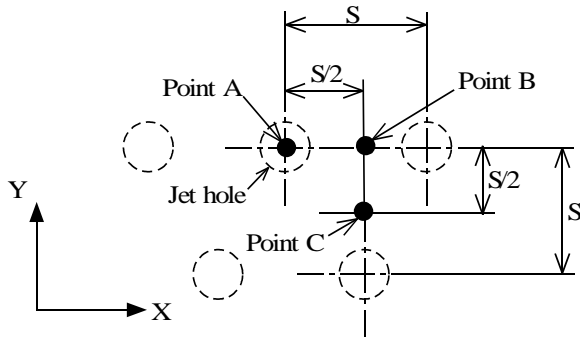


รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดของถังกักเจ็ทอากาศ

รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เจ็ท อากาศจะถูกส่งจากโบรเวอร์ผ่านชุดของออริฟิซเพื่อ วัดอัตราการไหล หลังจากนั้นอากาศจะไหลผ่านชุดชุด ฮีตเตอร์เพื่อควบคุมและเพิ่มอุณหภูมิให้กับเจ็ท และ เข้าไปยังถังกักเจ็ทอากาศ ไหลออกตามกลุ่มของรูบน แผ่นเจ็ทแล้วจึงไหลพุ่งชนตั้งฉากกับผนังที่อยู่ด้านหน้า รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดโครงสร้างของถังกักเจ็ท อากาศ ภายในประกอบด้วยแผ่นสแตนเลสเจาะรูและ มุ้งลวด เพื่อบังคับให้อากาศที่ไหลออกจากรูเจ็ท ทั้งหมดสม่ำเสมอ



รูปที่ 3 แสดงลักษณะการจัดเรียงของเจ็ท

รูปที่ 3 แสดงการจัดเรียงของเจ็ทที่เป็นแบบ Staggered และตำแหน่งที่ใช้สำหรับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและอุณหภูมิบนพื้นผิว สำหรับหัวฉีดที่ใช้เป็นแบบออร์ฟิสมิขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $D=10$ mm และระยะห่างระหว่างเจ็ท $S=5D$ ในตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย ความเร็วเจ็ท $V_j=10, 16$ และ 23 m/s สำหรับความเร็วเจ็ทนี้วัดที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของปากทางออกเจ็ทโดยใช้ Pitot tube อุณหภูมิของเจ็ท $T_j=50, 60$ และ 70°C วัดโดยติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ถึงกักเจ็ทอากาศและระยะจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน $L=4D, 6D$ และ $8D$

ตารางที่ 1 ตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง

Orifice diameter (D)	10 mm
Jet-to-jet distance (S)	5D
Jet velocity (V_j)	10, 16, 23 m/s
Jet Temperature (T_j)	50, 60, 70°C
Jet-to-plate distance (L)	4D, 6D, 8D

2.2. วิธีการทดลอง

เนื่องจากสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและอุณหภูมิบนพื้นผิวจะมีผลต่ออัตราการให้ความร้อนร้อนสู่ยางแผ่นและอัตราการแห้งของยาง ดังนั้นก่อนการทดลองอบแห้งยางแผ่นจะทำการวัดสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและอุณหภูมิบนพื้นผิว สำหรับ

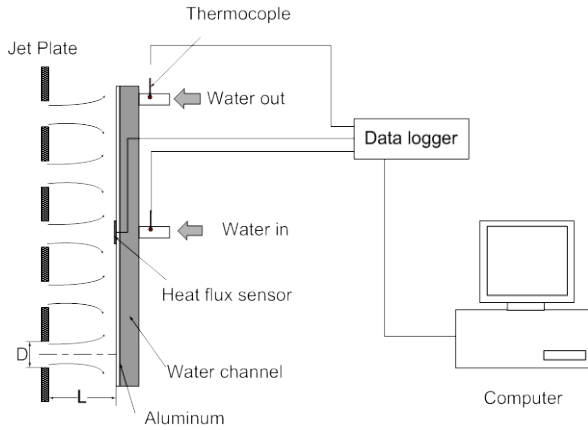
สัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิวเฉพาะจุดสามารถคำนวณจากสมการ

$$h = \frac{\dot{q}}{(T_j - T_w)} \quad (1)$$

ในการหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในสมการที่ (1) ค่าฟลักซ์ความร้อน \dot{q} วัดค่าได้จากฟลักซ์ความร้อนเซนเซอร์ที่ติดอยู่บนแผ่นอะลูมิเนียมและอุณหภูมิบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน T_w วัดจากเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ติดบนพื้นผิวตำแหน่งเดียวกับที่วัดฟลักซ์ความร้อน (เซนเซอร์ฟลักซ์ความร้อนและเทอร์โมคัปเปิ้ลอยู่ในตัวเดียวกัน) อุณหภูมิของเจ็ท T_j วัดจากเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ติดตั้งในถังกักเจ็ทอากาศ

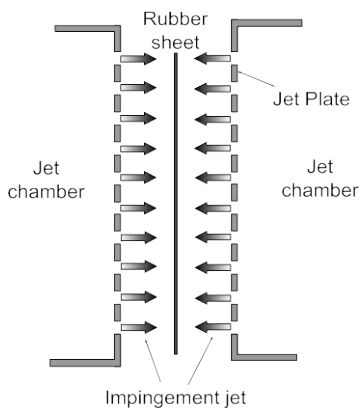
รูปที่ 4 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉพาะจุดบนพื้นผิว โดยมีฟลักซ์ความร้อนเซนเซอร์ติดอยู่บนแผ่นอะลูมิเนียมด้านที่เจ็ทพุ่งชน ด้านหลังแผ่นอะลูมิเนียมจะเป็นช่องสำหรับให้น้ำไหลเข้าออก โดยช่องทางน้ำที่ไหลข้างในมีลักษณะเป็นขดรูปก้นหอย ซึ่งในช่วงการทดลองวัดฟลักซ์ความร้อนบนพื้นผิวได้ปล่อยให้ น้ำไหลผ่านสัมผัสด้านหลังแผ่นอะลูมิเนียมนี้โดยควบคุมอัตราการไหลของน้ำคงที่ โดยทุกการทดลองจะรอให้อุณหภูมิบนพื้นผิวมีการคงตัวหลังจากนั้นจึงทำการบันทึกข้อมูล นอกจากนี้ได้ทำการวัดอุณหภูมิบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนกรณีที่ไม่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำทางด้านหลังของแผ่นอะลูมิเนียม เพื่อวัดอุณหภูมิของเจ็ทที่พุ่งชนพื้นผิวแผ่นยาง เนื่องจากเจ็ทอากาศแต่ละลำก่อนพุ่งชนพื้นผิวจะเกิดการผสมกับอากาศและเจ็ทที่อยู่รอบ ๆ ทำให้อุณหภูมิของเจ็ทที่พุ่งชนพื้นผิวลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิของเจ็ทที่ปากทางออก

สำหรับตำแหน่งที่ใช้ในการวัดสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและอุณหภูมิบนพื้นผิวแสดงในรูปที่ 3 โดยที่ตำแหน่งที่เจ็ทพุ่งชนโดยตรงคือตำแหน่งที่ A ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างเจ็ทภายในแถวตามแนวแกน X คือตำแหน่งที่ B และตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างแถวของเจ็ทตามแนวแกน Y คือตำแหน่งที่ C



รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดฟลักซ์ความร้อนบนพื้นผิว

สำหรับการศึกษาอัตราการแห้งของยางแผ่นได้ใช้เจ็ทพ่นขนยางแผ่นทั้งสองด้านตามที่ได้แสดงในรูปที่ 5 โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้สร้างขึ้นมาสองชุด ในการทดลองแต่ละครั้งได้ควบคุมสภาวะการไหลและอุณหภูมิของเจ็ททั้งสองด้านให้เหมือนกัน



รูปที่ 5 แสดงลักษณะการทดลองอบแห้งยางแผ่น

อัตราการแห้งของยางแผ่นจะวัดจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยางเปียกที่เวลาต่างๆ ผลการวัดน้ำหนักของยางแผ่นที่เวลาต่างๆ จะนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้งและนำค่าไปหาอัตราการแห้งของยางต่อไป และจะตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของยางแผ่น เช่น สี ผิวยาง หลังจากการอบแห้งด้วย

ในการทดลองอบแห้งยางแผ่นนั้น ค่าความชื้นของยางเริ่มต้นมีค่าแตกต่างกันในช่วง 15-40% เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบการแห้งของ

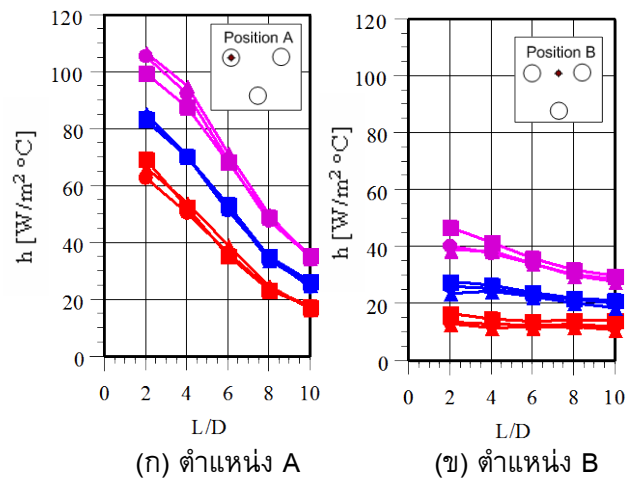
ยางที่เงื่อนไขต่างๆ จะนิยามอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio) ดังนี้

$$MR = \frac{M(t)}{M_0} \quad (2)$$

ในที่นี้ $M(t)$ คือ ค่าความชื้นที่เวลาใดๆ และ M_0 คือ ค่าความชื้นเริ่มต้นก่อนอบ

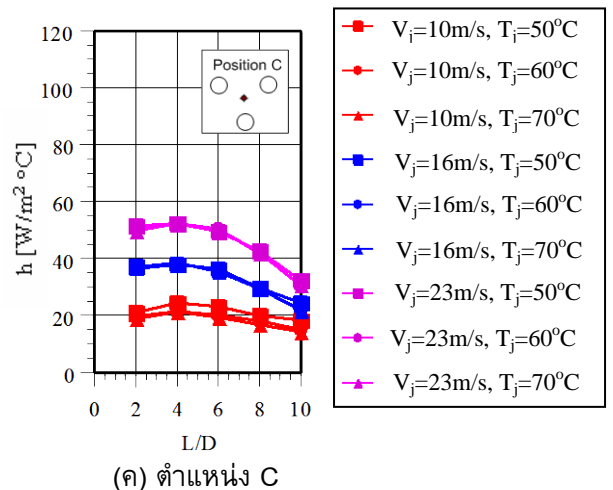
3. ผลการทดลอง

3.1 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนและอุณหภูมิบนพื้นผิวที่กลุ่มเจ็ทลมร้อนที่เงื่อนไขต่างๆ พ่นชน



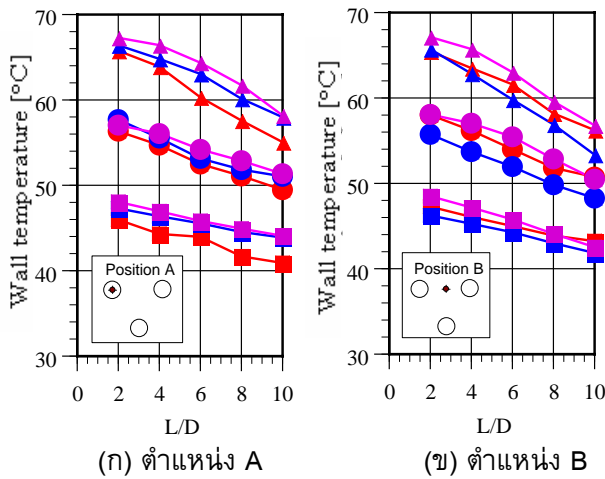
(ก) ตำแหน่ง A

(ข) ตำแหน่ง B



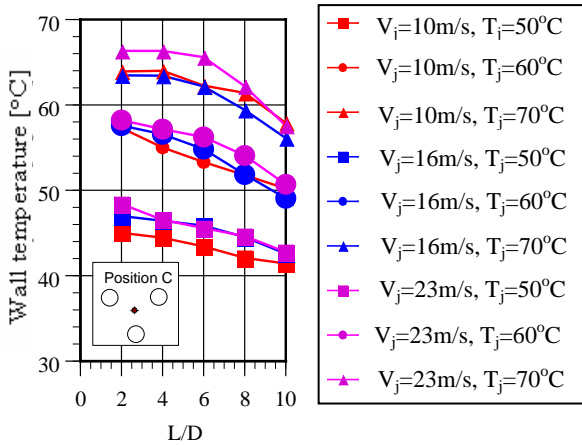
(ค) ตำแหน่ง C

รูปที่ 6 ผลของความเร็วเจ็ทและอุณหภูมิเจ็ทที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิวที่ตำแหน่งต่างๆ



(ก) ตำแหน่ง A

(ข) ตำแหน่ง B



(ค) ตำแหน่ง C

รูปที่ 7 ผลของความเร็วเจ็ทและอุณหภูมิเจ็ทที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนที่ตำแหน่งต่างๆ

รูปที่ 6 และ 7 แสดงผลของความเร็วเจ็ทและอุณหภูมิเจ็ทที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิวและอุณหภูมิบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนที่ตำแหน่งต่างๆ

จากรูปพบว่า ที่ทุกตำแหน่ง ตัวแปรอุณหภูมิของเจ็ทจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การพาความร้อนน้อยมาก ส่วนการเพิ่มความเร็วเจ็ทจะมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของเจ็ทบนพื้นผิวเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มระยะจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน (L) จะมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของเจ็ทลดลงตามลำดับโดยเฉพาะตำแหน่งที่เจ็ทพุ่งชนพื้นผิวโดยตรง (ตำแหน่ง A) เนื่องจาก

โมเมนต์ของเจ็ทที่พุ่งชนพื้นผิวลดลง ในขณะที่ตำแหน่ง B และ C เป็นบริเวณที่เจ็ทไม่ได้พุ่งชนโดยตรง สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับตำแหน่งที่เจ็ทพุ่งชนโดยตรงโดยเฉพาะที่เงื่อนไข $L=2D$ และการเพิ่มความเร็วเจ็ทจะมีผลต่อการเพิ่มสัมประสิทธิ์การพาความร้อน แต่การเพิ่มระยะจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน (L) จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การพาความร้อนน้อยมาก นอกจากนี้พบว่าเมื่อเพิ่มระยะ L จะทำให้ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของเจ็ทที่แต่ละตำแหน่งลดลงหรือการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว

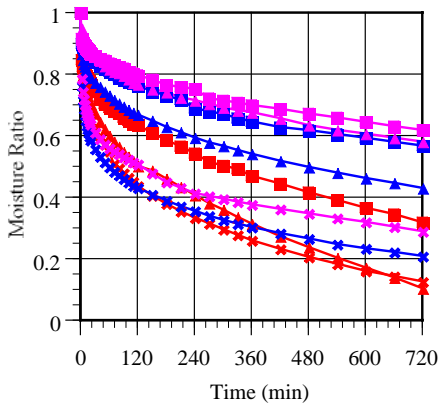
สม่ำเสมอขึ้น เนื่องจากเกิดการผสมกันระหว่างเจ็ทที่อยู่ติดกันหรือเจ็ทกับอากาศรอบ ๆ ก่อนพุ่งชนพื้นผิว

และพบว่าเมื่อระยะ L เพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิบนพื้นผิวที่เจ็ทลมร้อนพุ่งชนของตำแหน่ง A, B และ C จะมีแนวโน้มลดลงคล้ายกัน และพบว่าทุกเงื่อนไขความเร็วเจ็ทและอุณหภูมิเจ็ทจะมีการกระจายอุณหภูมิบนพื้นผิวที่ค่อนข้างจะสม่ำเสมอ

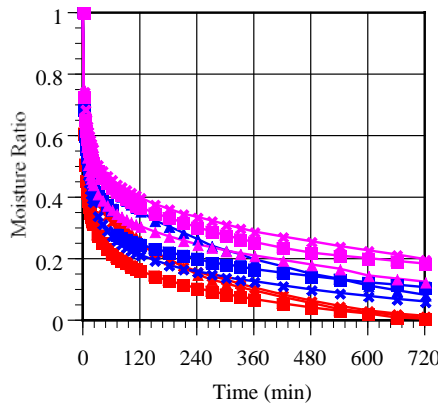
4.2 อัตราการแห้งของยางแผ่นที่ถูกกลุ่มเจ็ทลมร้อนที่เงื่อนไขต่างๆ พุ่งชน

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอิทธิพลของอุณหภูมิเจ็ทและความเร็วเจ็ทที่มีต่อการแห้งตัวของยางแผ่นที่ระยะจากปากทางออกถึงผิวยางแผ่น L ต่างๆ จากรูปพบว่า ที่เงื่อนไข $L=8D$ การเพิ่มความเร็วเจ็ทจะมีผลต่อการแห้งของยางแผ่นค่อนข้างน้อย ในขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิเจ็ทจะมีผลต่อการลดความชื้นในยางแผ่นมากกว่า โดยที่เงื่อนไขอุณหภูมิเจ็ท $T_j=70^\circ\text{C}$ ยางแผ่นจะแห้งตัวเร็วที่สุด สำหรับที่เงื่อนไข $L=6D$ พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้การแห้งของยางแผ่นเร็วขึ้น

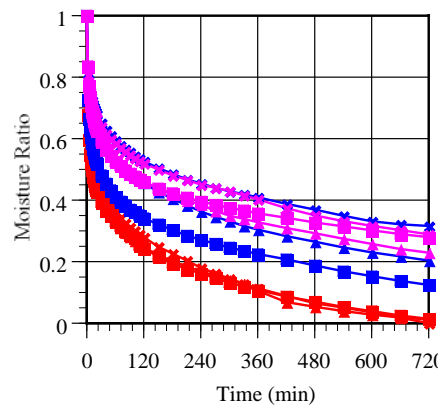
ในขณะที่เงื่อนไข $L=4D$ พบว่าทั้งอุณหภูมิและความเร็วเจ็ทจะมีผลต่อการแห้งของยางแผ่น แต่การเพิ่มความเร็วเจ็ทจาก $V_j=10\text{m/s}$ เป็น $V_j=16\text{m/s}$ จะทำให้การแห้งของยางแผ่นเร็วขึ้น แต่การเพิ่มความเร็วเจ็ทจาก $V_j=16\text{m/s}$ เป็น $V_j=23\text{m/s}$ กลับทำ



(ก) กรณีระยะ L=4D



(ข) กรณีระยะ L=6D

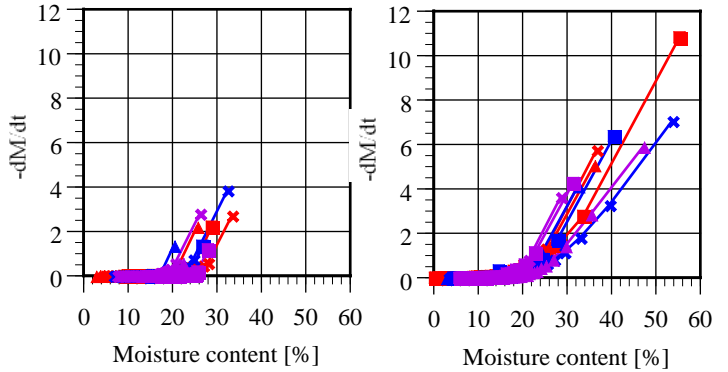


(ค) กรณีระยะ L=8D

รูปที่ 6 การเปรียบเทียบอิทธิพลของอุณหภูมิเจ็ทและความเร็วเจ็ทที่มีต่อการแห้งตัวของยางแผ่นที่ระยะจากปากทางออกถึงผิวยางแผ่นต่างๆ

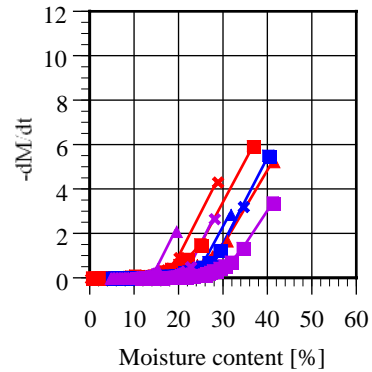
ให้การแห้งตัวของยางแผ่นช้าลง ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากการเพิ่มความเร็วเจ็ทมีผลทำให้อัตราการพาความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนสูงขึ้น แต่อัตราการพาความร้อนที่สูงเกินไปจะทำให้รูคายน้ำที่ผิวยางแผ่นปิดเร็ว

ขึ้น ทำให้น้ำภายในยางแผ่นไม่สามารถระบายออกได้ ดังนั้นการแห้งของยางแผ่นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในคือกลไกการคายน้ำของยางแผ่นด้วย



(ก) กรณีระยะ L=4D

(ข) กรณีระยะ L=6D



(ค) กรณีระยะ L=8D

รูปที่ 7 การเปรียบเทียบอัตราการแห้งตัวของยางแผ่นที่ระยะจากปากทางออกถึงผิวยางแผ่น L ต่าง (หมายเหตุ: ใช้แถบสัญลักษณ์เดียวกับรูปที่ 6)

รูปที่ 7 แสดงอัตราการลดความชื้นเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้งในยางที่เงื่อนไขต่างๆ จากรูปนี้สามารถสรุปได้ว่าการแห้งของยางแผ่นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงแรกอัตราการลดความชื้นจะลดลงตามปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นในยางที่ลดลง และการลดลงจะขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นและเงื่อนไขปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความเร็วเจ็ท อุณหภูมิเจ็ท และระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทถึงผิวยางแผ่น ในช่วงที่สองเป็นช่วงที่เปอร์เซ็นต์ปริมาณความชื้นน้อยกว่า 20% ในช่วงนี้อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นจะน้อยมากและคงที่เกือบเท่ากับศูนย์ นอกจากนี้พบว่ากรณีระยะ L=6D

จะมีอัตราการลดความชื้นในช่วงแรกของยางแผ่นสูงกว่ากรณีของระยะ $L=8D$ และ $L=4D$

รูปที่ 8 แสดงภาพถ่ายแผ่นยางหลังการอบ 720 นาที ที่เงื่อนไขการอบต่างๆ จากรูปพบว่าที่เงื่อนไข $T_j=70^\circ\text{C}$ ที่ระยะ $L=4D$ ที่ทุกเงื่อนไขความเร็วเจ็ทจะเกิดฟองอากาศขึ้นจำนวนมากในยางทำให้ผิวยางแผ่นเป็นตะปุ่มตะป่ำ ในขณะที่เงื่อนไขอื่นๆ จะไม่เกิดฟองอากาศในยาง ลักษณะผิวของยางแผ่นไม่เป็นตะปุ่มตะป่ำ มีผิวเรียบสวยงาม



(ก) $V_j=16$ m/s, $L=4D$



(ข) $V_j=16$ m/s, $L=6D$



(ค) $V_j=23$ m/s, $L=4D$



(ง) $V_j=23$ m/s, $L=6D$

รูปที่ 8 ตัวอย่างยางแผ่นหลังจากอบ 720 นาทีโดยใช้กลุ่มเจ็ทอากาศร้อนที่เงื่อนไข $T_j=70^\circ\text{C}$ พุ่งชน

5. สรุป

(1) การเพิ่มความเร็วเจ็ทมีผลต่อการเพิ่มสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิวที่กลุ่มเจ็ทพุ่งชน และการเพิ่มอุณหภูมิไม่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิว ในขณะที่การเพิ่มระยะจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน L มีผลทำให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิวลดลง โดยเฉพาะตำแหน่งที่เจ็ทพุ่งชนโดยตรง

(2) การเพิ่มระยะจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน L มีผลทำให้อุณหภูมิบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนลดลง เนื่องจากกลุ่มเจ็ทเกิดการผสมกับอากาศที่อยู่รอบๆ ก่อนพุ่งชนพื้นผิว

(3) การใช้วิธีเจ็ทพุ่งชนสามารถลดความชื้นยางแผ่นได้รวดเร็วโดยเฉพาะการแห้งตัวของยางในช่วงแรก แต่หลังจากนั้นอัตราการลดความชื้นจะลดลงและคงที่ และการเพิ่มความเร็วเจ็ทจะไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดความชื้นในช่วงหลังได้ ดังนั้นในการนำไปใช้งานควรจะใช้กลุ่มเจ็ทพุ่งชนยางแผ่นในช่วงแรกจนยางแผ่นมีความชื้นประมาณ 15-20% แล้วจึงนำไปรมควันในห้องรมยางต่อไป ในขั้นตอนการใช้เจ็ทลมร้อนพุ่งชนยางแผ่นใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมงเท่านั้น สามารถลดเวลาของการอบยางในห้องรมได้ ในการอบแห้งอาจนำแก๊สร้อนที่ปล่อยจากห้องรมกลับมาใช้เป็นเจ็ทลมร้อนเพื่อประหยัดพลังงาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นอย่างสูงที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Prasertsan and P. Kirirat, Factor affecting rubber sheet curing, RERIC Int. Energy J. Vol.15, No 2, pp. 77–87,1993.
- [2] สุรเชษฐ ตันสัตยาเลิศ, Parametric optimization of rubber sheet drying, โครงการเลขที่ 25/2542, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [3] กำพล ประทีปชัยกูร, พีระพงษ์ ทีฆสกุล และ ไพโรจน์ คีรีรัตน์, การพัฒนาห้องอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัดพลังงานสำหรับกลุ่มสหกรณ์, รายงานฉบับสมบูรณ์ทุนวิจัยแบบบูรณาการจากงบประมาณแผ่นดิน, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2549
- [4] W.Kalasee, Y. Pongpariyawatee, W. Tantaprapa, S. Suwanjaras, P. Kirirat, P. Tekasakul, Fuel efficiency enhancement in rubber smoking for rubber cooperative in Southern Thailand, The 17th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, Prachinburi, Thailand, 2546.