

ผลของอิเล็กโทรดสองแถวที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งแบบลมร้อนภายใต้สนามไฟฟ้า Effects of Double Electrode Rows on Enhancement of Hot-Air Drying Efficiencies under Electric Field

ทศพร กลิ่นมาลี¹, วัชรพล อำพนปราสาท¹, ฉัตรปภาการ สมัยกลาง¹ และ ไชยณรงค์ จักรธรานนท์^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

*ติดต่อ: cchainar@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งแบบใช้ลมร้อนโดยใช้สนามไฟฟ้าปรับปรุงการไหล และศึกษาผลของตำแหน่งการติดตั้งลวดอิเล็กโทรดสองแถวในทิศการไหล (E_x) และระยะห่างระหว่างแถว (L_x) ในการทดลองลวดอิเล็กโทรดถูกแขวนจากผนังด้านบนของอุโมงค์ลม และปลายลวดสูงจากผนังด้านล่าง 4 cm ในแต่ละแถวมีอิเล็กโทรด 4 เส้น ลวดกราวด์ 2 เส้นความยาว 15 cm ถูกติดตั้งตามแนวการไหล แพคเกจขนาด 7.5 cm (กว้าง) x 15 cm (ยาว) x 5 cm (ลึก) ถูกใช้แทนวัสดุพรุน และมีค่าความอิ่มตัวเริ่มต้นเท่ากับ 0.5 อุณหภูมิและความเร็วเฉลี่ยของลมร้อนที่ทางเข้าถูกควบคุมที่ 60°C และ 0.34 m/s ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้มีค่า 20 kV จากการทดลองพบว่าการติดตั้งอิเล็กโทรดแถวแรกก่อนถึงตำแหน่งของแพคเกจให้ค่าอัตราการอบแห้งสูงกว่าที่ตำแหน่งอื่น เนื่องจากแรงจากสนามไฟฟ้ากระทำในทิศเดียวกับการไหล และเหนี่ยวนำกระแสลมให้เคลื่อนไปที่ลวดกราวด์ทำให้ความเร็วของกระแสลมเหนือผิวหน้าแพคเกจมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ระยะห่าง L_x ที่น้อยเกินไปทำให้การไหลระหว่างแถวอิเล็กโทรดเกิดการรบกวนกัน ขณะที่ด้วยระยะห่าง L_x ที่มากเกินไปจะทำให้ลมหมุนที่เกิดจากอิทธิพลของอิเล็กโทรดแถวที่สองกั้นการไหลบนผิวหน้าแพคเกจ และขณะเดียวกันพื้นที่ผิวหน้าของแพคเกจที่ได้อิทธิพลของกระแสลมความเร็วก็น้อยลง ในงานวิจัยนี้พบว่าอัตราการอบแห้งสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อ $E_x = -3.75$ cm และ $L_x = 7.5$ cm และมีค่า 3.37 เท่าของการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว

คำหลัก: การอบแห้งแบบลมร้อน, สนามไฟฟ้าแรงดันสูง, การปรับปรุงการไหล

Abstract

This research aims to enhance the hot-air drying efficiencies by introducing an electric field to manipulate the airstream. Key parameters investigated include the electrode positions (E_x) and the distance between electrode rows (L_x). In the experimental setup, two rows of electrodes, each comprising four electrode wires, are suspended from the upper wall of a wind tunnel with electrode tips positioned 4 cm from the lower wall. Additionally, two 15-cm-long ground wires are aligned along the flow direction. Instead of porous material, a packed bed with an initial saturation of 0.5 is used. Hot air enters the system with an average temperature of 60°C and a velocity of 0.34 m/s, while an electrical voltage of 20 kV is applied. Experimental findings indicate that positioning the first row ahead of the ground wires and packed bed yields a substantial enhancement in drying rate. This enhancement is attributed to the electric force acting in the flow direction, inducing airstream towards the ground wires, thereby increasing the air velocity above the packed bed. Moreover, the study identifies that a too small distance L_x results in interference between electrically-induced flows, whereas a too large L_x , leads to the circulating flow induced by the electric field of the second row blocking airflow to the packed bed surface. Meanwhile, the smaller surface area of the packed bed is influenced by high velocity of the airstream. The maximum drying rate is achieved when $E_x = -3.75$ cm and $L_x = 7.5$ cm, representing a 3.37-fold increase compared to that of the conventional hot-air drying method.

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 38
วันที่ 16 - 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 จังหวัดปทุมธานี

TSF0002



Keywords: 3-5 Hot-air drying, electric field, flow manipulation

1 บทนำ

การอบแห้งแบบลมร้อนเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อนำความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ของประเทศไทย แต่ระยะเวลาการอบแห้งค่อนข้างนานทำให้สิ้นเปลืองพลังงานสูง การใช้สนามไฟฟ้าแรงดันสูงร่วมกับการอบแห้งหรือที่เรียกว่าการอบแห้งแบบอิเล็กโตรไดนามิก (electrohydrodynamic drying, EHD) สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการไหลของลมร้อนทำให้ลดผลของชั้นขอบเขต (boundary layer effect) บริเวณผิวของวัตถุทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างวัสดุพูน และลมร้อนดีขึ้นอย่างมาก [1] การอบแห้งแบบ EHD มีข้อดีคือไม่ต้องมีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ ทำให้ง่ายต่อการสร้าง และสิ้นเปลืองพลังงานน้อย [2] รวมถึงสามารถควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งได้ดีกว่าการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟและอินฟราเรด [3]

Shin และคณะ [1] พบว่าเมื่อปล่อยสนามไฟฟ้าสู่อากาศในช่องการไหล (channel flow) จะเกิดลมหมุนวนบริเวณต้นกระแสการไหล (upstream) ในทิศตรงข้ามกับกระแสการไหลหลัก ทำให้อากาศไม่สามารถไหลผ่านบริเวณที่เกิดลมหมุนทำให้ชั้นขอบเขตถูกแยกออกจากผนัง และที่ปลายกระแสการไหล (downstream) แรงไฟฟ้าสามารถปรับรูปแบบชั้นขอบเขต และเพิ่มความเร็วของอากาศบริเวณผนัง ทำให้ชั้นขอบเขตมีความหนาน้อยลง และการเพิ่มจำนวนอิเล็กโตรดในแนวทิศการไหลเหนือแผ่นกราวด์จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มขึ้น

Wang และคณะ [4] จำลองการไหลในท่อสี่เหลี่ยมแบบสองมิติ กำหนดให้ผนังท่อด้านล่างเป็นกราวด์ และปล่อยความร้อนที่ผนังตลอดความยาวของท่อ ภาพจากการคำนวณแสดงให้เห็นว่าเมื่อปล่อยสนามไฟฟ้าสู่กระแสการไหลจะทำให้เกิดผลต่อการไหลในท่อ คือ (1) การกีดขวางการไหล (barrier effect) (2) การกั้นการไหล (blocking effect) และ (3) การรบกวนการไหลซึ่งกันและกัน (interference effect) ซึ่งผลข้างต้นขึ้นกับขนาดของแรงดันไฟฟ้าเทียบกับความเร็วของกระแสลมหลัก, ความสูงของท่อ และระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด ส่งผลทำให้ Nu (Nusselt number) ในแต่ละตำแหน่งมีค่าแตกต่างกัน

Peng และคณะ [5] ทำการจำลองการไหลแบบสองมิติ เพื่อศึกษาผลของการจัดวางลวดอิเล็กโตรดที่มีต่อการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหลสี่เหลี่ยม โดยผนังด้านล่างเป็นกราวด์ และมีการให้ความร้อน จากงานวิจัยนี้พบว่าตำแหน่งที่เกิดการถ่ายเทความร้อนสูงจะเกิดขึ้นบริเวณที่ลำอากาศ (air jet) ซึ่งถูกเหนี่ยวนำโดยสนามไฟฟ้าให้ปะทะกับผนังด้านล่าง

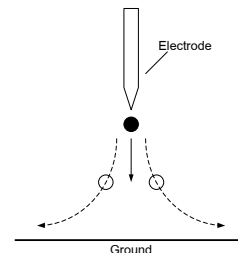
ของท่อ นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนลวดอิเล็กโตรดโดยติดตั้งให้กระจายตัวเหนือผนังด้านล่างจะทำให้การถ่ายเทความร้อนกระจายตัวเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มจำนวนลวดอิเล็กโตรดมากเกินไปจนถึงจำนวนหนึ่งการถ่ายเทความร้อนกลับไม่เพิ่มมากขึ้น

ไชยณรงค์ จักรธรานนท์ และคณะ [6] ติดตั้งลวดอิเล็กโตรด 4 เส้นในระนาบตั้งฉากกับการไหล และติดตั้งลวดกราวด์ 2 เส้นขนานกับทิศทางการไหลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการใช้สนามไฟฟ้าแรงดันสูง โดยศึกษาผลของการเปลี่ยนตำแหน่งลวดอิเล็กโตรดทั้งในแนวการไหล และระยะความสูงที่ห่างจากผิวหน้าของวัสดุพูน จากงานวิจัยพบว่าการติดตั้งลวดอิเล็กโตรดค่อนไปทางส่วนครึ่งด้านหน้าของแพคเกจที่เริ่มปะทะลมร้อน และที่ความสูงที่เหมาะสมจะให้อัตราการอบแห้งสูงที่สุด เนื่องจากผลของแรง EHD ทำให้เกิดลมหมุนวน และเพิ่มความเร็วของกระแสลมเหนือผิวหน้าของวัสดุพูน นอกจากนี้อิทธิพลของแรง EHD จะเหนี่ยวนำกระแสลมร้อนที่มีอุณหภูมิสูงจากชั้นการไหลที่ห่างจากผิววัสดุพูนให้เคลื่อนลงมาใกล้ผิวของวัสดุพูน และเมื่อลวดอิเล็กโตรดห่างจากลวดกราวด์มากขึ้นขนาดของลมหมุนวนจะกว้างขึ้น แต่ความเร็วของการหมุนวน และความเร็วลมด้านหลังลมหมุนวนจะมีค่าน้อยลง

งานวิจัยนี้ขยายผลจากงานวิจัยของ ไชยณรงค์ จักรธรานนท์ และคณะ [6] โดยทำการติดตั้งอิเล็กโตรดสองแถว และศึกษาผลของการตำแหน่งการติดตั้งอิเล็กโตรดเทียบกับตำแหน่งของวัสดุพูนและกราวด์ รวมถึงระยะห่างระหว่างแถวที่ส่งผลต่ออัตราการอบแห้ง

2 ทฤษฎีและขั้นตอนการทดลอง

2.1 หลักการอิเล็กโตรไดนามิก



รูปที่ 1 การเคลื่อนที่ของอนุภาคอากาศภายใต้สนามไฟฟ้าแรงดันสูง

ดังรูปที่ 1 เมื่อกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงถูกปล่อยสู่อากาศอนุภาคของอากาศที่อยู่บริเวณปลายขั้วอิเล็กโตรดจะถูกชาร์จ (charge) ทำให้มีความเร็วสูงขึ้น และเคลื่อนที่ไปสู่กราวด์ (ground) ระหว่างการเคลื่อนที่จะเกิดการชนกันกับอนุภาคอากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทโมเมนตัม (momentum) เนื่องจากอนุภาคอากาศที่ไม่ถูกชาร์จมีความเร็วต่ำกว่าจะถูก

TSF0002

เหนี่ยวนำให้เกิดการหมุนวนด้วยผลของชั้นของการเฉือน (shear layer)

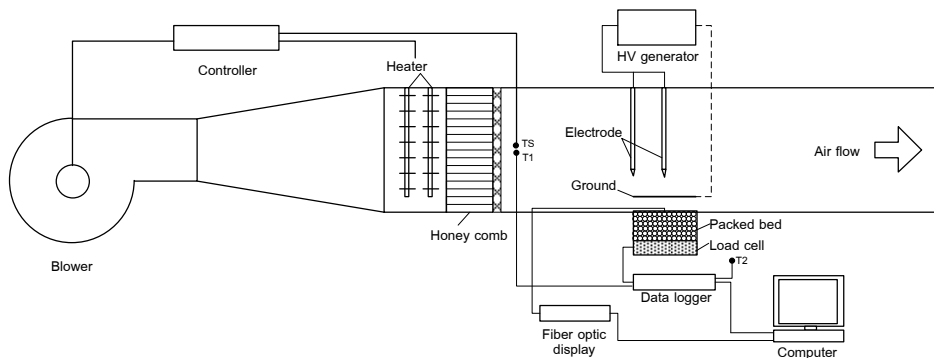
2.2 ชุดทดสอบ

รูปที่ 2 อากาศถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยขดลวดความร้อน (heater) และไหลผ่านอุโมงค์ลมขนาดหน้าตัด 0.3 m (กว้าง) × 0.3 m (สูง) ยาว 2 m ที่ทางเข้าของหน้าตัดทดสอบอุณหภูมิ และความเร็วเฉลี่ยของลมถูกควบคุมที่ 60°C และ 0.34 m/s ตามลำดับ โดยลมมีลักษณะสม่ำเสมอ (uniform flow) ในการทดลองวัสดุพูนถูกแทนด้วยแพคเบด (packed bed) ซึ่งมีค่าความพรุน $\phi = 0.385$ และภายในประกอบด้วยน้ำ อากาศ และเม็ดแก้ว (glass bead) ตลอดการอบแห้งแพคเบด 12 hr น้ำหนัก (ปริมาณความชื้นที่ระเหย) ถูกวัดโดย load cell (accuracy ± 0.1 g) และอุณหภูมิที่ผิวถูกวัดโดยสายไฟเบอร์ออปติก (Rugged fiber optic temperature monitoring, model L201, Quebec, Canada, accuracy ± 0.1 °C) กำหนดให้ความอิ่มตัวเริ่มต้น (initial saturation) $S_{int} = 0.5$ ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (1)

$$S = \frac{m_w}{m_{bead}} \frac{\rho_{bead}}{\rho_w} (1 - \phi) \quad (1)$$

ซึ่ง m คือ มวล [kg], ρ คือ ความหนาแน่น (1000 kg/m³ สำหรับน้ำ และ 2,500 kg/m³ สำหรับเม็ดแก้ว), ตัวห้อย w และ $bead$ หมายถึง น้ำ และเม็ดแก้วตามลำดับ

แรงดันไฟฟ้าที่ใช้มีค่า 20 kV คงที่ตลอดการทดลอง และ

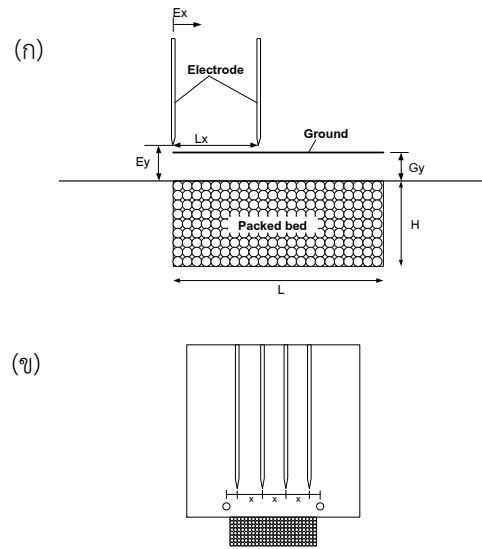


รูปที่ 2 แผนภาพชุดทดสอบ

สร้างจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง (Glassman, model FJ30R4, New Jersey, USA) อิเล็กโตรดและกราวด์ทำจากลวดทองแดงขนาด 0.25 mm² ดังรูปที่ 3 อิเล็กโตรดจำนวนสองแถวถูกแขวนจากผนังด้านบนของอุโมงค์ซึ่งหุ้มฉนวนตลอดความยาวยกเว้นที่ปลายลวด และติดตั้งที่ $E_y = 4$ cm สูงจากผนังด้านล่าง ในแต่ละแถวมีลวดอิเล็กโตรด 4 เส้น

ระยะห่างระหว่างเส้น $x = 1.9$ cm ส่วนลวดกราวด์ยาว 15 cm ติดตั้งที่ $G_y = 1$ cm วางตัวตามความยาวของแพคเบด

ในการทดลองกำหนดให้ตำแหน่งแพคเบดด้านที่เริ่มปะทะลมเป็นพิกัดอ้างอิง ตำแหน่งอิเล็กโตรดแถวแรกถูกทดสอบที่ ระยะ $E_x = -7.5, -3.75, 0, 3.75, 7.5$ cm และระยะห่างระหว่างแถวทดสอบที่ $L_x = 3.75, 7.5$ และ 15 cm



รูปที่ 3 ตำแหน่งอิเล็กโตรด, กราวด์ และแพคเบด (ก) ภาพด้านข้าง และ (ข) ภาพหน้าตัด

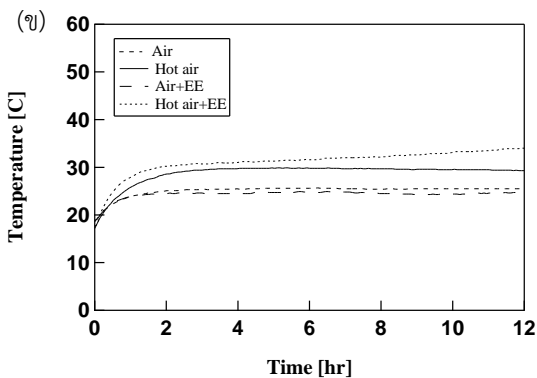
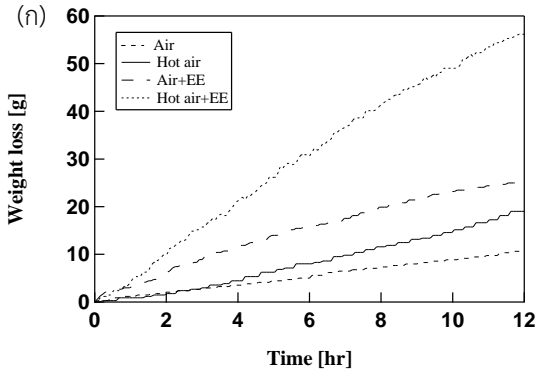
3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 การเพิ่มการระเหยของความชื้นโดย EHD

รูปที่ 4 แสดงปริมาณความชื้นที่ระเหยออกจากแพคเบดโดยกรณีใช้สนามไฟฟ้าติดตั้งอิเล็กโตรด 1 แถวที่ระยะ $E_x = 3.75$ cm และ $E_y = 4$ cm ซึ่งเป็นระยะให้อัตราการอบแห้งดีที่สุดจากงานวิจัยของ ไชยณรงค์ จักรธรานนท์ และคณะ [5] และแสดงให้เห็นว่าการใช้สนามไฟฟ้าสามารถเพิ่มการอบแห้งแม้ไม่ใช่ขดลวดความร้อน และให้การอบแห้งที่ดีกว่าการ

TSF0002

อบแห้งแบบใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียวทั้งที่อุณหภูมิที่ผิวมีค่าต่ำกว่า การใช้ลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้ายิ่งทำให้การอบแห้งเพิ่มสูงมากขึ้น



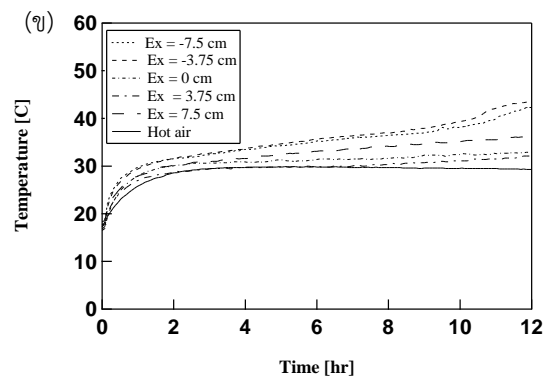
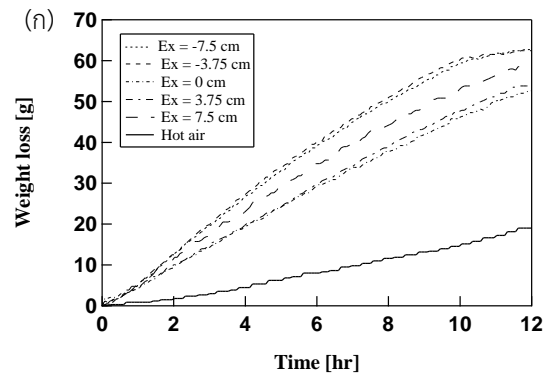
รูปที่ 4 เปรียบเทียบการอบแห้ง: (ก) ปริมาณความชื้นที่ระเหย และ (ข) อุณหภูมิที่ผิว

3.2 ผลของตำแหน่งอิเล็กโทรดแถวแรก

รูปที่ 5 ใช้อิเล็กโทรดสองแถว และระยะห่างระหว่างแถวอิเล็กโทรดมีค่า $L_x = 7.5$ cm จากรูปแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งอิเล็กโทรดก่อนถึงตำแหน่งเริ่มต้นของกราวด์และแพคเบตมีแนวโน้มที่จะให้การอบแห้งที่สูงกว่าการติดตั้งบริเวณกราวด์และแพคเบต ทั้งนี้เนื่องจากที่ระยะดังกล่าวอิเล็กโทรดแถวแรกสร้างเฉพาะแรงที่กระทำในทิศเดียวกับการไหลส่งผลให้กระแสลมถูกทำให้มีความเร็วสูงขึ้น รวมถึงการติดตั้งอิเล็กโทรดอยู่สูงกว่ากราวด์ยังทำให้กระแสลมเคลื่อนที่ในทิศพุ่งลงสู่ผิวหน้าของแพคเบตเป็นผลทำให้เหนี่ยวนำกระแสลมหลักในชั้นที่อยู่สูงขึ้นไปซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเนื่องจากผลของแรงลอยตัว (buoyancy force) ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงไปสู่ผิวหน้าของแพคเบต ดังนั้นจึงเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่ผิวหน้าแพคเบตให้สูงขึ้น

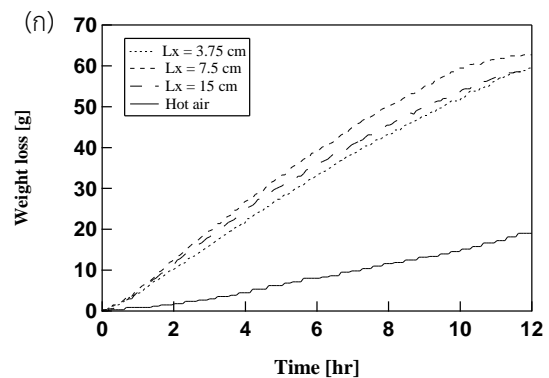
ตำแหน่งที่ให้การอบแห้งสูงมากเกิดขึ้นเมื่อ $E_x = -7.5$ และ -3.75 cm นอกจากนี้จากรูปที่ 5 (ข) ยังสังเกตได้ว่าทั้งสองกรณีนี้อุณหภูมิที่ผิวของแพคเบตเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่

9 ทั้งนี้เนื่องจากผิวของแพคเบตเริ่มแห้ง ดังนั้นความร้อนจากลมร้อนถูกถ่ายเทเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่มัดแก้ว

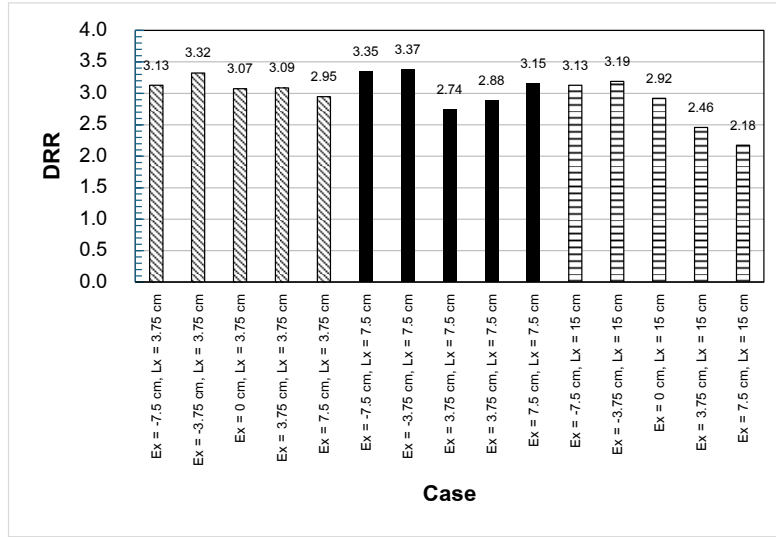


รูปที่ 5 เปรียบเทียบการอบแห้งที่ระยะ E_x ต่าง ๆ เมื่อ $L_x = 7.5$ cm: (ก) ปริมาณความชื้นที่ระเหย และ (ข) อุณหภูมิที่ผิว

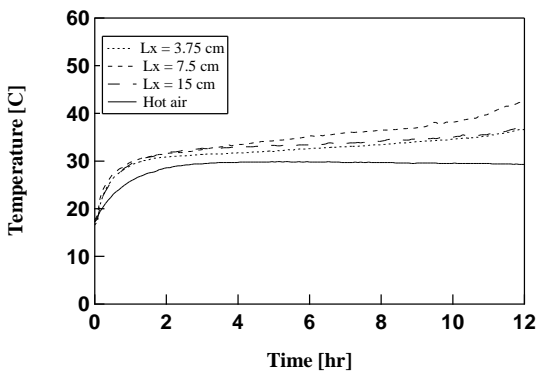
3.3 ผลของระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด



(ข)



รูปที่ 7 เปรียบเทียบอัตราการอบแห้งที่ E_x และ L_x ต่าง ๆ



รูปที่ 6 เปรียบเทียบการอบแห้งที่ระยะ L_x ต่าง ๆ เมื่อ $E_x = -7.5$ cm: (ก) ความชื้นที่ระเหย และ (ข) อุณหภูมิที่ผิว

รูปที่ 6 อิเล็กโทรดแถวแรกถูกติดตั้งที่ $E_x = -7.5$ cm พบว่าเมื่อระยะห่าง $L_x = 7.5$ cm จะให้การอบแห้งที่สูงที่สุด แม้ว่าที่ระยะ $L_x = 3.75$ cm ตำแหน่งของอิเล็กโทรดแถวที่สองจะอยู่ก่อนถึงตำแหน่งเริ่มต้นของกราวด์และแพคเบตซึ่งจะไม่เกิดการต้านการไหลโดยแรงจากสนามไฟฟ้าก็ตาม แต่อิทธิพลของแรงจากสนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรดแถวที่สองที่ส่งผลต่อกระแสลมและผิวหน้าของแพคเบตน้อยกว่าที่ระยะห่าง $L_x = 7.5$ cm ส่วนที่ระยะห่าง $L_x = 15$ cm เนื่องจากอิเล็กโทรดแถวที่สองอยู่เลยตำแหน่งเริ่มต้นของกราวด์ ดังนั้นจะมีแรงจากสนามไฟฟ้ากระทำทั้งในทิศต้านการไหลและตามการไหล ผลของแรงกระทำส่วนที่ต้านการไหลทำให้เกิดลมหมุนซึ่งจะกั้นการไหลของกระแสลมผ่านผิวหน้าของแพคเบต ส่วนแรงกระทำในทิศตามการไหลซึ่งเกิดบริเวณด้านหลังของลมหมุนจะเหนี่ยวนำให้กระแสลมเหนือผิวหน้าแพคเบตมีความเร็วสูงขึ้น

สำหรับที่ระยะ $L_x = 15$ cm ยังคงให้การอบแห้งที่สูงเนื่องจากระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดและกราวด์น้อยทำให้แรงจากสนามไฟฟ้ามีค่ามากซึ่งขนาดของแรงจากสนามไฟฟ้าแปรผกผันกำลังสองกับระยะห่าง ($f_{EHD} \propto r^{-2}$) [5] และอิทธิพลของแรงจากสนามไฟฟ้าแถวที่สองยังคงส่งผลต่อกระแสลมเหนือบริเวณผิวหน้าของแพคเบต

3.4 เปรียบเทียบการอบแห้งที่ระยะ E_x และ L_x ต่าง ๆ

ผลของการอบแห้งเมื่อติดตั้งอิเล็กโทรดแถวแรกทีตำแหน่ง E_x และระยะห่าง L_x ต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 7 โดย DRR (drying rate ratio) คืออัตราการอบแห้งเทียบกับอัตราการอบแห้งกรณีใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว จากรูปสังเกตได้ว่าการอบแห้งแบบใช้ลมร้อนร่วมกับ EHD ที่ใช้อิเล็กโทรดสองแถวให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าการใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว 2.18 – 3.37 เท่า และกรณีที่อิเล็กโทรดแถวแรกอยู่ก่อนถึงตำแหน่งกราวด์และแพคเบต ($E_x < 0$ cm) มีค่า DRR สูงกว่าการใช้อิเล็กโทรดแถวเดียวในงานวิจัยของ ไชยณรงค์ จักรธรานนท์ และคณะ [6] ซึ่ง $DRR = 3.0$ ดังนั้นเพื่อให้ได้การอบแห้งสูงอิเล็กโทรดแถวที่สองควรถูกติดตั้งก่อนไปทางปลายแพคเบตส่วนที่เริ่มปะทะลม ในงานวิจัยนี้ค่า DRR สูงสุดมีค่า 3.37 ที่ $E_x = -3.75$ cm $L_x = 7.5$ cm ส่วนกรณีที่อิเล็กโทรดแถวที่สองอยู่ตำแหน่งก่อนไปทางด้านปลายส่วนท้ายของแพคเบตจะให้อัตราการอบแห้งที่ต่ำทั้งนี้เนื่องจากผลของการกั้นการไหลของลมหมุนวน และอิทธิพลของแรงจากสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นเลยพื้นที่ผิวของแพคเบต ดังนั้นทั้งตำแหน่งของอิเล็กโทรด, กราวด์ และแพคเบตมีผลต่อการอบแห้งที่ใช้ EHD

4 สรุป

งานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการตำแหน่งติดตั้งลวดอิเล็กโตรดสองแถว และระยะห่างระหว่างแถว (L_x) ที่มีต่อการอบแห้งแบบใช้ลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้า และสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. เพื่อให้ได้การอบแห้งสูงควรติดตั้งอิเล็กโตรดแถวแรกก่อนถึงตำแหน่งของกราวด์และแพคเบต ($E_x < 0$ cm) เนื่องจากแรงจากสนามไฟฟ้าจะกระทำเฉพาะในทิศตามการไหลทำให้เหนี่ยวนำกระแสลมเคลื่อนด้วยความเร็วสูงขึ้นไปสู่ผิวหน้าของแพคเบต
2. เมื่อระยะห่างระหว่างแถวอิเล็กโตรดมีค่าน้อยเกินไป จะส่งผลทำให้การไหลบริเวณระหว่างแถวอิเล็กโตรดเกิดการรบกวนกัน และส่งผลให้การอบแห้งต่ำลง
3. ในงานวิจัยนี้ตำแหน่งการติดตั้งอิเล็กโตรด, ระยะห่างระหว่างแถว, ตำแหน่งของกราวด์, และตำแหน่งของแพคเบตส่งผลต่อการอบแห้ง โดยอิเล็กโตรดแถวที่สองควรติดตั้งในตำแหน่งที่ทำให้เกิดการรบกวนการไหลระหว่างแถวอิเล็กโตรดน้อย และความเร็วที่เพิ่มขึ้นของกระแสลมโดยแรงสนามไฟฟ้าจากอิเล็กโตรดแถวที่สองควรให้ครอบคลุมผิวหน้าของแพคเบตมากที่สุด ค่าอัตราส่วนอัตราการอบแห้งสูงสุด $DRR = 3.37$ เกิดขึ้นเมื่อ $E_x = -3.75$ cm และ $L_x = 7.5$ cm

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย และอุปกรณ์จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

6 เอกสารอ้างอิง

- [1] Shin, D.H., Jan, D.K., Shohn, D.K., and Ko, H.S. (2019). Control of boundary layer by ionic wind for heat transfer, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 131, pp. 189-195.
- [2] ไชยณรงค์ จักรธรานนท์, ณัฐดนัย หนักแน่น และผดุงศักดิ์ รัตนเดโช (2557). การศึกษาการสร้างลมหมุนวนควงสว่างโดยใช้วิธีอิเล็กโตรไดนามิกส์, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 6 (ฉบับพิเศษ), หน้า 906-913.
- [3] Chaktranond, C., and Rattanadecho, P. (2010). Analysis of heat and mass transfer enhancement in porous material subjected to electric fields (effects of particle sizes and layered

arrangement), *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol.34 (8), pp. 1049-1056.

- [4] Wang, Y., Lan, N., Liu, H., Yan, K., Yang, Y., Lee, D., and Wang, X. (2023). Barrier effect, blocking effect, and interference effect of electrohydrodynamic heat transfer enhancement in rectangular channels, *Physics of Fluids*, 35, 112014.
- [5] Peng, M., Wang, T., and Wang, X. (2016). Effect of longitudinal electrode arrangement on EHD-induced heat transfer enhancement in a rectangular channel, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 93, pp. 1072-1081.
- [6] ไชยณรงค์ จักรธรานนท์, ทศพร กลิ่นมาลี, พชรพล สังข์สุขศิริกุล และวีรวัฒน์ นุ่นสุวรรณ (2567). ผลของตำแหน่งอิเล็กโตรดที่ส่งผลต่อรูปแบบการไหลเพื่อเพิ่มอัตราการอบแห้งแบบลมร้อนด้วยแรงอิเล็กโตรไดนามิกส์, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน 2567), หน้า 86-98.