

บทความวิจัย

การกระจายอุณหภูมิภายในโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล
โดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลในสถานะที่ไม่มีแผ่นยาง

Temperatures Distribution in a Drying Rubber Sheet House with Hybrid Energy of Solar and Biomass Using Computational Fluid Dynamics in State of Without Rubber Sheet

ชุลกิปลี กาชอ^{1*} พีระพงศ์ ทิมสกุล^{2*} และธวัชชัย เทพนวล^{3*}
Sulkiplee Kasor^{1*}, Perapong Tekasakul^{2*} and Thawatchai Tepnual^{3*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิและความเร็วของกระแสอากาศร้อนในแบบจำลองสามมิติของโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล ในสถานะที่ไม่มีแผ่นยางโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล ผู้วิจัยได้ออกแบบโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลให้ได้รับพลังงานความร้อนจาก 2 แหล่งพลังงานคือ พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลที่สะสมอยู่ด้านล่างของห้องอบและมีหินแกรนิตเก็บสะสมความร้อนอยู่ด้านล่าง และพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ส่องผ่านหลังคาใสและเก็บสะสมใต้หลังคาใช้พัดลมดูดอากาศร้อนใต้หลังคาเข้าสู่ห้องในตอนกลางวัน งานวิจัยนี้เริ่มจากทดลองวัดค่าอุณหภูมิและความเร็วเพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิและความเร็วภายในโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์ และชีวมวลโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล กำหนดให้ความเร็วทางเข้าเท่ากับ 4.96 เมตรต่อวินาที และทางออก 0.26 เมตรต่อวินาที จากนั้นทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในของโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลที่เกิดขึ้นทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืนจำนวน 18 ตำแหน่ง และความเร็วของกระแสอากาศร้อนพบว่าช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน อุณหภูมิเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายในโรงอบยางมีความแตกต่างระหว่าง 0.03 - 1.51 องศาเซลเซียส และ 0.05 - 4.51 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

คำสำคัญ : โรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และชีวมวล การจำลองแบบ

¹ นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

³ อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

* Corresponding author : E-mail: sulkiplee_physics@hotmail.com โทรศัพท์/โทรสาร: 0-7469-3975

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

Abstract

The objective of this research is to study temperature and velocity distribution of hot-air stream by 3-D simulation model of drying rubber sheet house with hybrid energy of solar and biomass using computation fluid dynamics. There are two ways of energy which used in this research such as the thermal energy from the combustion of biomass fuels and the heat energy from solar (solar heat system) which beamed through glass roof and stored under the drying rubber sheet house. This research performed the experiment by measured the temperature and wind speed within a drying rubber sheet drying house with hybrid energy of solar and biomass using computation fluid dynamics. The model of Drying rubber sheet house was set boundary condition velocity inlet 4.96 m/s and outlet 0.26 m/s. Besides, The temperature within a drying rubber sheet house with hybrid energy of solar and biomass using computation fluid dynamics between day and night. Result showed that during the day, the simulation between experiments is about 0.03 - 1.51°C while during the night is about 0.05 - 4.51 °C. respectively.

Keywords : Rubber sheet smoked house with hybrid energy of solar and biomass, Simulation

บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางพาราและส่งออกสินค้าเป็นอันดับหนึ่งของโลก มีเนื้อที่การผลิต 11.37 ล้านไร่ มีผลผลิต 3.08 ล้านตัน ส่งออก 2.67 ล้านตัน มีมูลค่าการส่งออก 0.22 ล้านล้านบาท ใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศ 0.39 แสนตัน โดยทั่วไปโรงงานผลิตยางแผ่นอบแห้งและยางแผ่นรมควันจะใช้พลังงานจากชีวมวล (ไม้พืน) ทั้งหมด ดังนั้นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการอบยางแผ่นดิบ เพื่อทดแทนการใช้พลังงานความร้อนที่ได้จากชีวมวล เมื่อทำการศึกษาเพิ่มเติมไปพบว่าการอบแห้งยางแผ่นดิบยังขาดการศึกษาถึงผลกระทบต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้งยางแผ่นดิบ ได้แก่ ปัญหายางแผ่นไหม้ ปัญหาในกระบวนการของยาง และแผ่นยางหลอมละลาย อันเนื่องมาโรงอบยางมีอุณหภูมิสูงเกินไป ปัญหาความแห้งของยางไม่สม่ำเสมอ ปัญหาไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ การสิ้นเปลืองพลังงาน การกระจายตัวของอุณหภูมิแก๊สร้อน และปัญหาการสูญเสียความร้อนสู่บริเวณใกล้เคียงโดยเปล่าประโยชน์ จากงานวิจัยของ [1] ได้ทำการศึกษาโรงอบรมควันยางแผ่นของสหกรณ์สวนยางรุ่น 2537 พบว่าอุณหภูมิภายในโรงอบรมควันยางแผ่นมีความแตกต่างถึง 15 องศาเซลเซียส ทำให้ผลผลิตยางแผ่นรมควันมีความแห้งแบบไม่สม่ำเสมอเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในโรงอบรมควันยางแผ่นที่สูงเกินไป ปัจจุบันได้มีการนำเอาความรู้ทางด้านวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics หรือ CFD) มาใช้อย่างกว้างขวางโดยนักวิจัยหลายๆ ท่านใช้ในการช่วยทำนายปรากฏการณ์การไหล และการถ่ายเทความร้อนทั้งภายในและสภาพแวดล้อมภายนอกเพราะประหยัดเวลา ประหยัดค่าใช้จ่าย และมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลได้ผสมผสานกับความรู้ทางด้านระเบียบวิธีเชิงตัวเลข โดยทำการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่สามารถแสดงด้วยกราฟิกส์ ทำให้นักวิจัยสามารถเข้าใจในปรากฏการณ์การไหลได้เป็นอย่างดี เป็นผลให้สามารถปรับปรุงคัดแปลงรูปแบบของการออกแบบได้ ก่อนนำไปสร้างหรือทำการทดลองจริง และจากงานวิจัยของ Promtong

and Tekasakul [2] และ Tekasakul and Promtong [3] ได้ศึกษาและปรับปรุงการกระจายความเร็วและอุณหภูมิในห้องรมยางโดยวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป FLOVENT V5.2 พบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิและความเร็วที่เกิดขึ้นในห้องรมยางซึ่งบรรจุยางเต็มความจุของห้องโดยวิธีแบบจำลองมีการกระจายตัวแบบไม่สม่ำเสมอ โดยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในห้องรมยางมีค่าแตกต่างกันถึง 15 องศาเซลเซียส และการปรับปรุงได้กระทำโดยการปรับเปลี่ยนตำแหน่ง ขนาด และจำนวนท่อจ่ายแก๊สร้อนและบานระบายความชื้นพบว่าอุณหภูมิมีความแตกต่างประมาณ 5 องศาเซลเซียส การกระจายตัวของความเร็วที่เกิดขึ้นในห้องรมยางก็สม่ำเสมอมากขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลเพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิและความเร็วของกระแสอากาศร้อนภายในโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลในสถานะที่ไม่มีแผ่นยางซึ่งมีขนาดกว้าง 4.8 เมตร ยาว 6.0 เมตร และสูง 3.3 เมตร หรือความจุประมาณ 1,500 แผ่นต่องวด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS FLUENT V 12.0.16 ในการคำนวณเชิงตัวเลข แล้วนำค่าที่ได้จากแบบจำลองนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงเพื่อตรวจสอบระบบที่ได้ออกแบบไว้

สมการควบคุมและการจำลองแบบการไหลแบบปั่นป่วน

การจำลองแบบการกระจายอุณหภูมิ สามารถคำนวณได้จากสมการอนุรักษ์มวล สมการอนุรักษ์โมเมนตัมและการอนุรักษ์พลังงาน โดยการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น สมการควบคุมที่ใช้จะอยู่บนพื้นฐานของการไหลแบบปั่นป่วน โดยจะใช้แบบจำลอง $k-\epsilon$ ในการอธิบาย โดยสมการทั้งหมดมีดังนี้ [4, 5]

สมการต่อเนื่อง

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{u}_i) = 0$$

สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial (\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_j \bar{u}_i) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \overline{u'_j u'_i} \right] - \rho g_i \beta (\bar{T} - \bar{T}_{ref})$$

สมการพลังงาน

$$\frac{\partial (\rho \bar{T})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_j \bar{T}) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\frac{\mu}{Pr} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_i} - \rho \overline{u'_j T'} \right]$$

โดยที่ \bar{u}_i คือ เวกเตอร์ความเร็วเฉลี่ย (u,v,w), \bar{u}'_i คือ ความเร็วเฉลี่ยของการกระเพื่อม, \bar{P} คือ ความดันเฉลี่ย, ρ คือ ความหนาแน่น, g_i คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, β คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อน, μ คือ ความหนืดพลศาสตร์, \bar{T} คือ อุณหภูมิเฉลี่ย, \bar{T}' คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของการกระเพื่อม, \bar{T}_{ref} คือ อุณหภูมิอ้างอิง ในการจำลองแบบจะใช้แบบจำลองของการไหลแบบปั่นป่วน Standard $k-\epsilon$ เป็นแบบจำลองชนิด Two-equation Turbulence Model ซึ่งประกอบไปด้วยสมการ Turbulent Kinetic Energy (k) และ Dissipation Rate (ϵ) ของ Turbulent Kinetic Energy ซึ่งมีสมการในรูปแบบของสมการอนุรักษ์พลังงานแสดงได้ดังนี้

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

สมการ Turbulent Kinetic Energy (k) คือ (ปราโมทย์ เดชะอำไพ. 2545 :15)

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + P + G - \rho \varepsilon$$

สมการ Turbulent Dissipation rate (ε) คือ

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right] + C_1 \frac{k}{\varepsilon} (P + C_3 G) - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

P เป็นพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นจากเกรเดียนต์ของความเร็วโดย

$$P = \mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right)$$

ค่า G เป็นค่าความปั่นป่วนที่เกิดจากผลของแรงลอยตัวเมื่อสนามแรงโน้มถ่วงไม่เท่ากับศูนย์และมีค่าเกรเดียนต์ของอุณหภูมิ จะให้ความสัมพันธ์คือ

$$G = g_i \beta \frac{u_i}{\sigma_t} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j}$$

สำหรับ Eddy Viscosity (μ_t) คำนวณจาก

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

ส่วนค่าคงที่ต่างๆ ในแบบจำลอง Standard $k - \varepsilon$ มีค่าดังนี้

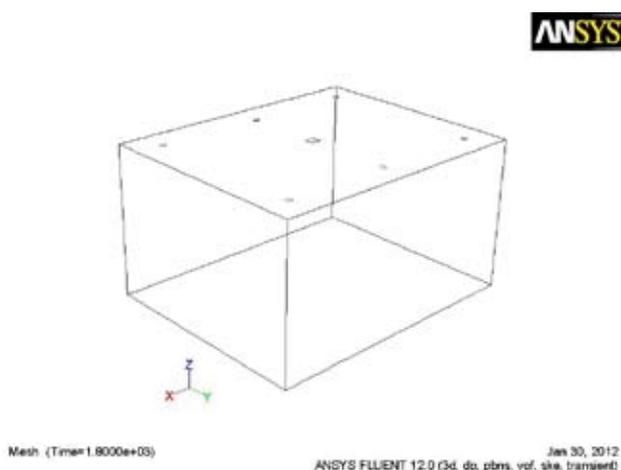
$$C_\mu = 0.09, C_1 = 1.44, C_2 = 1.92, \sigma_k = 1.0, \sigma_\varepsilon = 1.3$$

วิธีดำเนินการศึกษา

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรมคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล ANSYS FLUENT V 12.0.16 ซึ่งผลของโปรแกรมที่ได้จากจากคำนวณนั้นยอมรับได้เมื่อทำการเปรียบเทียบกับเอกสารงานวิจัยอื่นๆ หรือทำการทดลองเปรียบเทียบผลจากข้อมูลจริง สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแรกที่เป็นการสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขของโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลจะกล่าวถึงวิธีการสร้างโดเมน วิธีการคำนวณและวิธีการแสดงผลและวิธีการแสดงผลพร้อมออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม ANSYS FLUENT V 12.0.16 ในการออกแบบต่างๆ และส่วนที่สองคือ วิธีการวิธีได้ข้อมูลโดยการทดสอบอบห้องเปล่าภายในโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลจริงเพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองตามสภาวะต่างๆ ที่ได้ทำการจำลองการคำนวณตามโปรแกรมและกล่าวถึงการใช้เครื่องมือวัดต่างๆ การติดตั้งซึ่งจะต้องสอดคล้องกับโปรแกรมและสอดคล้องกับการทำงานจริงอีกด้วย

การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลข

การคำนวณเชิงตัวเลขขั้นแรกจะต้องสร้างโดเมนในการคำนวณขึ้นมาก่อน ในการวิจัยนี้ได้สร้างโดเมนที่มีลักษณะเป็นห้องอบภายในโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล (เฉพาะบริเวณที่สนใจในที่นี้จะจำลองเฉพาะภายในห้องอบ) โดยมีลักษณะความคล้ายคลึงทางด้านขนาดและรูปร่าง ที่เหมือนกับโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลของจริง และทำการกำหนดคริตซ์ขึ้นมา เลือกแบบจำลองแบบ 3 มิติ ในที่นี้จะใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขแบบ Finite Volume Method โดยแบ่งห้องเป็นปริมาตรเล็กๆ แล้วใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลในสามมิติโดยใช้ ANSYS FLUENT V 12.0.16 ช่วยในการจำลองแบบส่วนเงื่อนไขขอบเขตแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบจำลองและเงื่อนไขขอบโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล

สมมติฐานที่ใช้ในการจำลองแบบ

การจำลองแบบกระจายอุณหภูมิในโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลนั้น ได้แบ่งการจำลองแบบออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการจำลองแบบช่วงเวลากลางวัน เพื่อดูลักษณะการกระจายอุณหภูมิและความเร็วช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนที่สองเป็นการจำลองแบบช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อดูลักษณะการกระจายอุณหภูมิและความเร็วในช่วงเวลากลางคืน โดยลักษณะโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล ที่ได้ออกแบบนั้นได้รับปริมาณความร้อน ส่วนหนึ่งที่ได้จากปริมาณความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ มาช่วยลดปริมาณการเผาไหม้ชีวมวล ได้กำหนดให้อยู่ภายใต้สมมติฐานดังนี้ คือ 1. การไหลของอากาศมีสถานะไม่คงที่ (Transient) 2. อากาศมีความหนืดและความหนาแน่นคงที่ 3. การไหลของอากาศเป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) 4. ไม่มีการลื่นไถลที่ขอบ (No slip Wall) 5. ไม่คิดผลกระทบของการแผ่รังสีใช้แบบจำลอง standard $k-\epsilon$ Model และ 6. ลักษณะการไหลของอากาศเป็นแบบ 3 มิติเมื่อ UDF (User Defined Functions) คือ อุณหภูมิเงื่อนไขขอบที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาของช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเขียนด้วยภาษา C เข้าไปในโปรแกรม

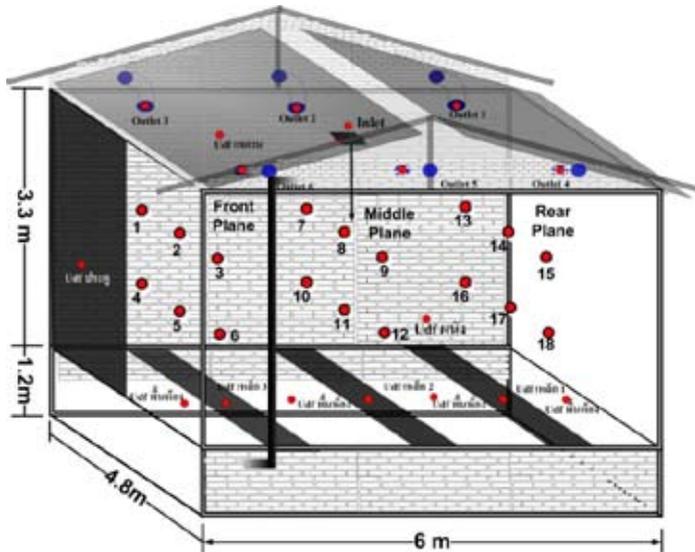
จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

ตารางที่ 1 เงื่อนไขขอบและเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลองของช่วงเวลากลางวัน

ตำแหน่ง	เงื่อนไขขอบ		
	ความเร็ว (m/s)	ฟลักซ์ความร้อน (W/m^2)	Temperature ($^{\circ}C$)
ทางเข้า	4.94	-	UDF
ทางออก	-0.26	-	UDF
ผนัง	-	$-10 W/m^2$ อักขังศ์ (2549).	-
เพดาน	-	-	UDF
พื้นห้อง	-	-	UDF
ประตู	-	$-45 W/m^2$ อักขังศ์ (2549).	-

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิ

ในงานวิจัยนี้ได้วัดอุณหภูมิภายในของโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวลและได้นำข้อมูลของอุณหภูมิที่วัดได้สำหรับกำหนดเป็นเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง คือ อุณหภูมิทางเข้า อุณหภูมิทางออก อุณหภูมิผนัง อุณหภูมิประตู อุณหภูมิเพดาน และอุณหภูมิพื้นห้อง ดังแสดงตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

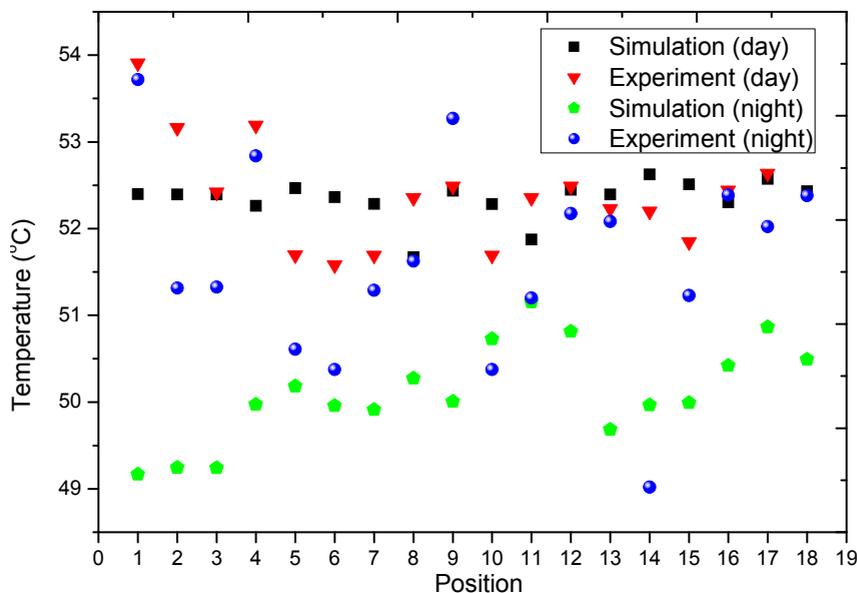
ผลการจำลองแบบ

ผลการจำลองแบบช่วงเวลากลางวัน

ผลการจำลองแบบช่วงเวลากลางวันพบว่า เมื่อนำผลการจำลองแบบกับผลการทดลองจริงเปรียบเทียบ อุณหภูมิทั้งสอง เลือกช่วงเวลาของการทดลองจริง 13.00 น.ถึง 13.30 น.พบว่าผลการจำลองแบบมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 52.33 องศาเซลเซียสและผลการทดลองจริงมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 52.41 องศาเซลเซียส ผลต่างของอุณหภูมิ 0.074 องศาเซลเซียส ทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิระหว่างผลการทดลองและการจำลองแบบ พบว่าค่าอุณหภูมิของการทดลองและการจำลองแบบมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน

ผลการจำลองแบบช่วงเวลากลางคืน

ผลการจำลองแบบช่วงเวลากลางคืนพบว่า เมื่อนำผลการจำลองแบบกับผลการทดลองจริงเปรียบเทียบ อุณหภูมิทั้งสอง เลือกช่วงเวลาของการทดลองจริง 21.00 น.ถึง 21.30 น.พบว่าผลการจำลองแบบมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 50.11 องศาเซลเซียสและผลการทดลองจริงมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 51.60 องศาเซลเซียส ผลต่างของอุณหภูมิ 1.50 องศาเซลเซียส ทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิระหว่างผลการทดลองและการจำลองแบบพบว่ามีความใกล้เคียงกัน ดังแสดงตามรูปที่ 3

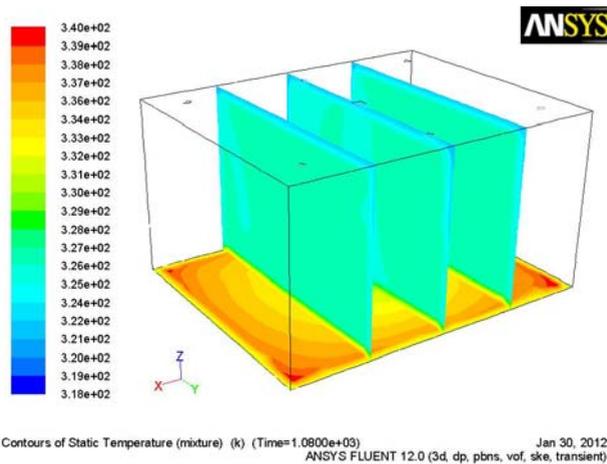


ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการจำลองแบบกับผลการทดลองจริงในช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน

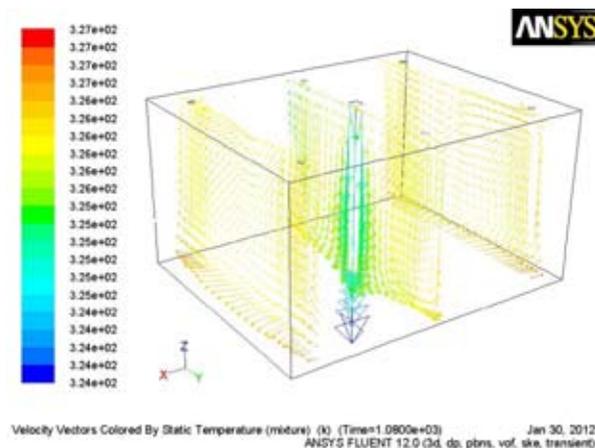
จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิกลางวัน

จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่แบ่งออกเป็นระนาบ 3 ระนาบ (yz) ตามแนวแกน x ช่วงเวลาของการทดลองจริง 13.00 น. ถึง 13.30 น. คือ ระนาบด้านหน้า ระนาบตรงกลาง ระนาบด้านหลังเหมือนกับการกำหนดจุดบนระนาบในการทดลองจริงดังที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิภายในเพิ่มขึ้นโดยลักษณะการกระจายตัวจะเริ่มจากบริเวณพื้นห้องสังเกตจากแถบสีที่ปรากฏหน่วยของอุณหภูมิแสดงเป็นเคลวิน โดยที่พื้นห้องอุณหภูมิสูงสีแดงไหลขึ้นไปยังอุณหภูมิที่ต่ำกว่าสีเหลือง และสีฟ้าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในระนาบมีค่าน้อยมาก อุณหภูมิเฉลี่ยภายในมีค่าเท่ากับ 52.33 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางแผ่นจะอยู่ในช่วง 50-60 องศาเซลเซียส

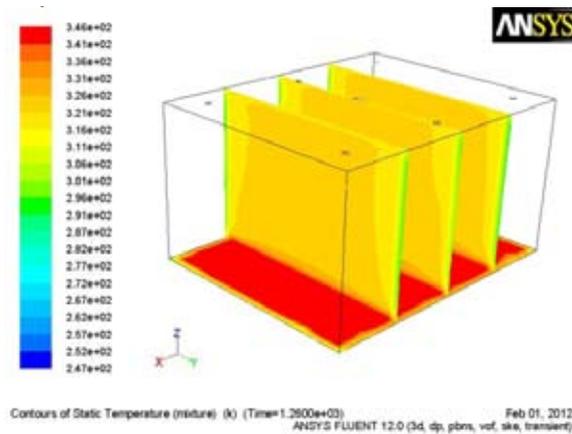


ภาพที่ 4 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ช่วงเวลา 20 นาที



ภาพที่ 5 เวกเตอร์ของความเร็วที่ช่วงเวลา 30 นาที

จากรูปที่ 5 เป็นการแสดงเวกเตอร์ของอุณหภูมิทั้ง 3 ระนาบ (yz) ตามแนวแกน x หน่วยของอุณหภูมิแสดงเป็นเคลวิน คือ ระนาบด้าน ระนาบตรงกลางและระนาบด้านหลัง โดยระนาบด้านหน้าและระนาบด้านหลังเป็นบริเวณระบายทางออก พบว่าบริเวณทางเข้า (Inlet) เวกเตอร์ของอุณหภูมิติศทางชี้ลงภายในโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล และบริเวณระนาบด้านหน้าและระนาบด้านหลังมีลักษณะเวกเตอร์ของอุณหภูมิลากัน คือเวกเตอร์ของอุณหภูมิด้านหน้าและด้านหลังมีทิศทางขึ้นไปบริเวณทางออก (Outlet) เนื่องจากบริเวณดังกล่าวคือบริเวณทางออกของโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์



ภาพที่ 7 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ช่วงเวลา 20 นาที

ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิกกลางวัน

จากรูปที่ 7 แสดงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่แบ่งออกเป็นระนาบ 3 ระนาบ (yz) ตามแนวแกน x คือ ระนาบด้านหน้า ระนาบตรงกลาง ระนาบด้านหลังเหมือนกับการกำหนดจุดบนระนาบในการทดลองจริงดังที่กล่าวมาข้างต้น พบว่ามีเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในลดลง เนื่องจากช่วงเวลากลางคืนไม่มีอุณหภูมิทางเข้าเพราะในเวลาดังกล่าวไม่มีพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยลักษณะการกระจายตัวจะเริ่มจากบริเวณพื้นห้องสังเกตจากแถบสีที่ปรากฏ โดยที่พื้นห้องอุณหภูมิสูงสีแดงไล่ขึ้นไปยังอุณหภูมิต่ำกว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในระนาบมีค่าเท่ากับ 1.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายในมีค่าเท่ากับ 51.26 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางแผ่นจะอยู่ในช่วง 50-60 องศาเซลเซียส

สรุปผลการทดลอง

จากการผลการจำลองแบบช่วงเวลากลางวัน เมื่อนำผลการจำลองแบบกับผลการทดลองจริงเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้งสอง พบว่าผลการจำลองแบบมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 52.33 องศาเซลเซียสและผลการทดลองจริงมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 52.41 องศาเซลเซียส ผลต่างของอุณหภูมิ 0.07 องศาเซลเซียส ทำการเปรียบเทียบกราฟพบว่าเส้นแนวโน้มมีความใกล้เคียงกัน และผลการจำลองแบบช่วงเวลากลางวัน เมื่อนำผลการจำลองแบบกับผลการทดลองจริงเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้งสอง พบว่าผลการจำลองแบบมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 50.11 องศาเซลเซียส

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

และผลทดลองจริงมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 51.60 องศาเซลเซียส ผลต่างของอุณหภูมิ 1.50 องศาเซลเซียส ทำการเปรียบเทียบกราฟพบว่าเส้นแนวโน้มของอุณหภูมิจากแบบจำลองมีค่าอุณหภูมิสูงกว่าผลการทดลองจริงเนื่องจากผลการทดลองจริงนั้นอยู่ในช่วงเวลากลางคืนและอยู่ในช่วงการเผาไหม้ชีวมวลใหม่

ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและความเร็วในแบบจำลองมีความสอดคล้องกันกับผลการทดลองจริง ลักษณะการเคลื่อนตัวของกระแสอากาศร้อนจะเคลื่อนจากด้านล่าง (พื้นห้อง) ไปด้านบน ความแตกต่างของอุณหภูมิมาระหว่างระนาบมีน้อย ค่าของพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน บริเวณทางเข้าและทางออกจะมีความปั่นป่วนมากกว่าบริเวณอื่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้จัดสรรเงินอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์แบบทั้งหมด จากงบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2552 มหาวิทยาลัยทักษิณ และงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยการพัฒนาโรงอบยางแผ่นดิบจากพลังงานร่วม แสงอาทิตย์ ชีวมวล และไฟฟ้า จากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2550

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kalasee, W. (2004) . **Improvement of Rubber Smoking Room by Hot Gas Filtration of the Smoke Prior to direct Heat Transfer with Rubber Sheet.** Master's thesis Master of Mechanical Engineering. Songkhla : Prince of Songkhla University.
- [2] Promtong, M. and Tekasakul, P. (2007, February 21.) "CFD study of flow in natural rubber smoking-room : I. Validation with the present smoking-room," **Applied Thermal Engineering.** 27, 2113 - 2121.
- [3] Promtong, M. and Tekasakul, P. (2008, April 18). "Energy efficiency enhancement of natural rubber smoking process by flow improvement using a CFD technique," **Applied Thermal Engineering.** 85, 878 - 895.
- [4] Mill, A .F. (1995). **Heat and Mass Transfer.** Chicago : Richard D.Irwin.
- [5] Hoffmann, K.A. and Chiang, S.T. (2000). **Computational Fluid Dynamics III.** (4th ed.). Tokyo : Wichita Kan.
- [6] อภัยวงศ์ จันทร์ช่างพูด. (2549). การศึกษาการกระจายอุณหภูมิและความเร็วของกระแสอากาศร้อนในแบบจำลองสามมิติของห้องอบรมควันยางแผ่นดิบโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [7] ปราโมทย์ เดชะอำไพ. (2545). **ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.