

**EFFECTS OF PRODUCT DRYING RATE AND AMBIENT CONDITION
ON THE OPERATING MODES OF HEAT PUMP DRYER**

P. Saen-Saby, S. Prasertsan, G. Prateepchaikul and P. Ngamsritrakul

Department of Mechanical Engineering

Prince of Songkla University, Hat Yai, Thailand 90110

ABSTRACT

Heat pump dryer (HPD) is an energy-efficient drying equipment. In typical HPD arrangement, the working air flows through a series of condenser, dryer and evaporator. Energy is recovered by a pair of the evaporator and condenser. The heat and mass transfers at the evaporator, condenser and dryer are interdependent. The HPD can be operated as an open cycle mode or partially closed cycle mode. As the ambient air is drawn into the working air circuit, the ambient condition becomes another important factor that influences the operating modes of the HPD. The operating modes for maximum specific moisture extraction rate and maximum moisture extraction rate are studied by computer simulation. It was found that in the high drying rate stage, the system should be an open cycle. During the final stage of product drying the system should be partially closed. The degree of closing depends on the ambient condition.

ผลกระทบของอัตราอบแห้งและสภาวะแวดล้อม ต่อเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้ง
ด้วยปั๊มความร้อน

สุทธิพงศ์ แสนสบาย สุธีระ ประเสริฐสรรพ ก่ำพล ประทีปชัยอร

และ ปิณณรุักษ์ งามศรีตระกูล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90110

บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบโดยทั่วไปจะมี อากาศอบแห้งไหลผ่าน คอนเดนเซอร์ เครื่องอบแห้ง และอีแวปโปเรเตอร์ พลังงานถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่โดยอีแวปโปเรเตอร์กับคอนเดนเซอร์ การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลในอีแวปโปเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ และเครื่องอบแห้งจะขึ้นต่อกัน เครื่องอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนสามารถทำงานได้ทั้งระบบเปิดและระบบกึ่งปิด เนื่องจากต้องมีการนำอากาศจากบรรยากาศ เข้าในวงจรของอากาศอบแห้ง ทำให้สถานะของบรรยากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่กระทบต่อสภาวะการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน ได้ศึกษาสภาวะการทำงานสำหรับเงื่อนไขอัตราการคั่งน้ำออกจำเพาะและอัตราการคั่งน้ำออกสูงสุด โดยใช้การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ พบว่าในสภาวะที่อัตราการอบแห้งสูง ระบบควรทำเป็นระบบเปิด ในช่วงสภาวะสุดท้ายของการอบแห้งควรอบแห้งด้วยระบบกึ่งปิด ปริมาณการปัดขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม

บทนำ

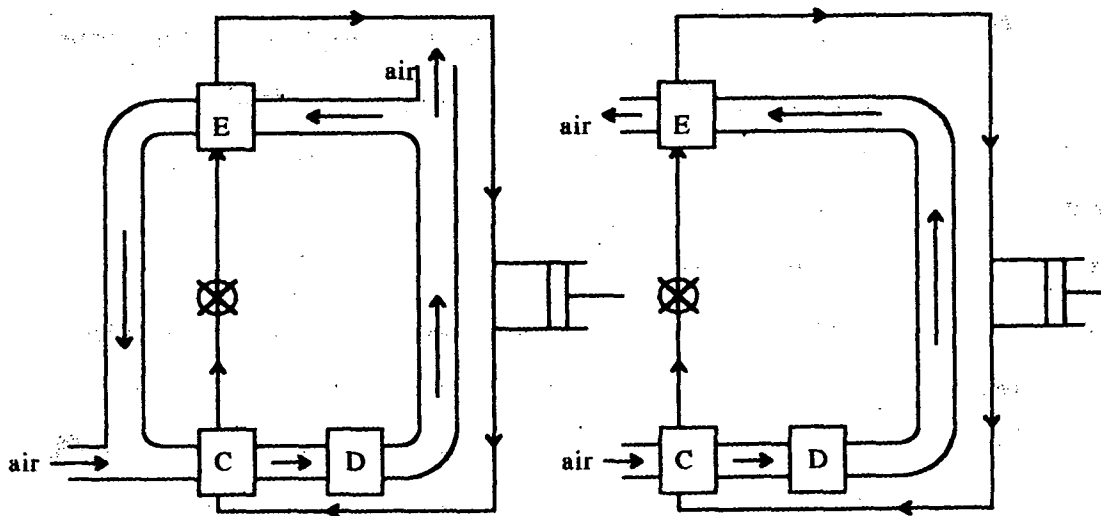
เครื่องอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนเป็นอุปกรณ์อบแห้งที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถดึงพลังงานกลับมาใช้ใหม่ได้ พลังงานของอากาศอุ่นและชื้นจากเครื่องอบแห้งจะถ่ายเทให้กับอีแวปโปเรเตอร์แทนที่ปล่อยทิ้ง แล้วส่งไปยังคอนเดนเซอร์โดยผ่านคอมเพรสเซอร์ของปั๊มความร้อนแล้วถ่ายเทให้กับอากาศที่ให้ออบแห้ง เพื่อให้ออบแห้งผลิตภัณฑ์ในเครื่องอบแห้ง อุณหภูมิและความชื้นของอากาศอบแห้งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออัตราการอบแห้งและพลังงานที่ถ่ายเทกลับคืน ซึ่งแสดงโดยค่า อัตราการคั่งน้ำออก (Moisture Extraction Rate, MER, kg water/h) และอัตราการคั่งน้ำออกจำเพาะ (Specific Moisture Extraction Rate, SMER, kg water/kWh) สำหรับการอบแห้งแบบกะ(batch drying) อัตราการอบแห้งจะลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ความสามารถของปั๊มความร้อนในการดึงพลังงานกลับและสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP)มีค่าเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของอากาศ (อุณหภูมิและความชื้น) ที่ออกจากเครื่องอบแห้งและเข้าอีแวปโปเรเตอร์

ความสามารถในการดึงพลังงานกลับใช้ใหม่ของวงจรปั๊มความร้อนมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของอากาศอบแห้ง และส่งผลกระทบต่ออัตราการอบแห้งและอื่นๆด้วย ดังนั้นวงจรปั๊มความร้อน วงจรอากาศอบแห้งและอัตราการอบแห้งจึงมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน และอยู่ในสภาวะแปรเปลี่ยนตลอดเวลา นอกจากนี้ อากาศจากบรรยากาศถูกนำเข้าสู่วงจรอากาศเพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบ ซึ่งทำให้สภาวะแวดล้อมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กระทบต่อสมรรถนะของระบบอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน ดังนั้นการเดินเครื่องปั๊มความร้อนเพื่อให้ระบบทำงานในสภาวะที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและแปรเปลี่ยนตลอดเวลา ในบทความนี้ นำเสนอผลจากการศึกษาการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นแนวทางการทำงานของระบบอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน

รูปแบบของเครื่องอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน

รูปแบบของเครื่องอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนที่ศึกษาในครั้งนี้แสดงดังรูปที่ 1 (ก) และ (ข) อากาศเมื่อผ่านคอนเดนเซอร์ เพื่อเข้าไปอบแห้งในเครื่องอบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์ลดลง ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการอบแห้งของอากาศ

สำหรับระบบในรูปที่ 1 (ก) อากาศชั้นบางส่วนถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศที่ทางออกของเครื่องอบแห้ง และส่วนที่เหลือหมุนเวียนในระบบผ่านฮีทปั๊มไปเรเตอร์ อากาศใหม่จากบรรยากาศถูกนำเข้าสู่ระบบที่ทางเข้าของคอนเดนเซอร์เพื่อชดเชยอากาศที่ระบายทิ้งไป อัตราส่วนอากาศหมุนเวียน(Recirculation Air Ratio, RAR) หมายถึงอัตราส่วนเชิงมวลของอากาศหมุนเวียนต่ออากาศรวมในระบบ RAR มีผลกระทบต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทในฮีทปั๊มไปเรเตอร์และคุณสมบัติของอากาศที่ทางเข้าเครื่องอบแห้ง หรือกล่าวได้ว่า MER และ SMER ของเครื่องอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนขึ้นอยู่กับ RAR



รูปที่ 1 ระบบอบแห้งด้วยฮีทปั๊ม (ก) ระบบกึ่งปิด (ข)ระบบเปิด

E=Evaporator, C=Condenser, D=dryer

เครื่องอบแห้งที่แสดงในรูปที่ 1 (ข) เป็นระบบที่สามารถดึงความร้อนสัมผัสกลับมาใช้ได้มากโดยอีแวปโปเรเตอร์แต่อาจจะมีการกีดกันตัวของความชื้นในอากาศได้น้อย อากาศที่ออกจากอีแวปโปเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำ ในขณะที่ความชื้นสูง จึงไม่เหมาะสำหรับหมุนเวียนมาใช้ใหม่ ดังนั้นเงื่อนไขสำหรับค่าMERหรือSMERสูงสุด จึงขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของการอบแห้ง และอุณหภูมิและความชื้นของสภาวะแวดล้อม

การศึกษาทางทฤษฎี

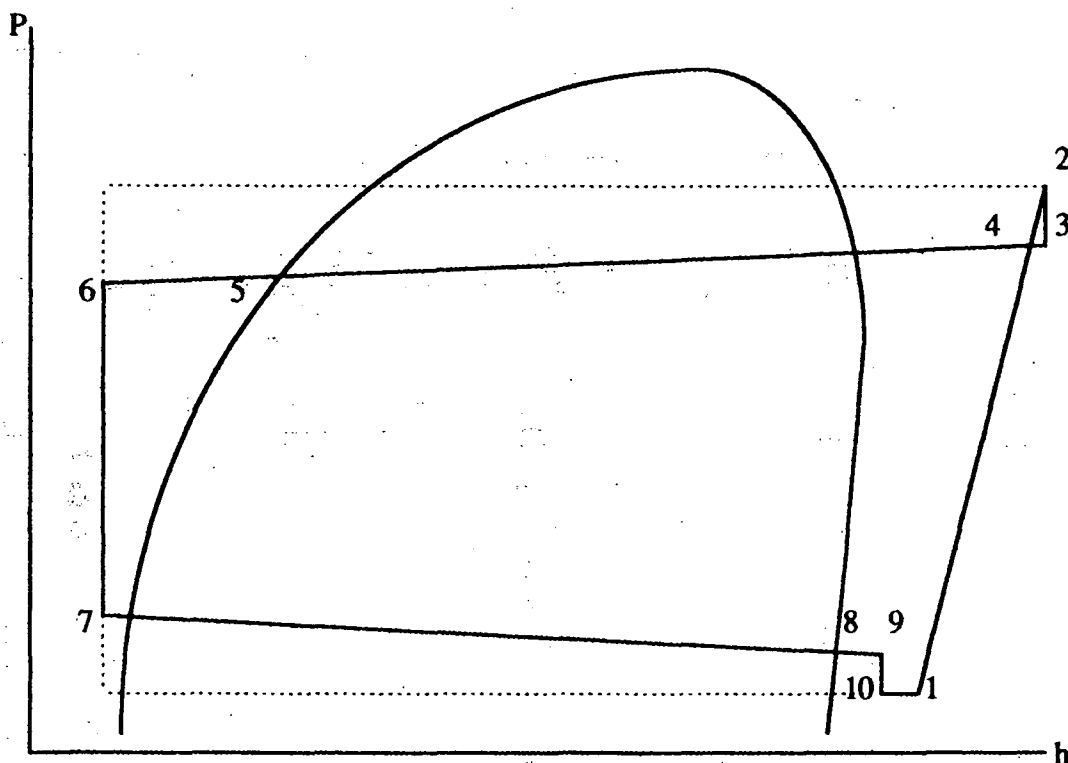
การศึกษาทางทฤษฎีศึกษาโดยใช้การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ สมการการถ่ายความร้อนและมวลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เช่นอีแวปโปเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ ถูกพัฒนาขึ้น(Prasertsan et.al., 1996) แบบจำลองของคอนเดนเซอร์และอีแวปโปเรเตอร์พัฒนาโดยใช้วิธี Effective-NTU method (Kays and London, 1964) การเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์และอีแวปโปเรเตอร์คำนวณโดยวิธี finite difference

พื้นที่ถ่ายเทความร้อนด้านอากาศในอีแวปโปเรเตอร์ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ พื้นที่แห้งและพื้นที่เปียก ในพื้นที่แห้งมีเพียงการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นเท่านั้น ในพื้นที่เปียกมีทั้งการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลเกิดขึ้นพร้อมกัน ขอบเขตของทั้งสองพื้นที่สามารถหาได้โดยการคำนวณอุณหภูมิกักตัวของอากาศชื้น แบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย Threlkeld (1972) ซึ่งสมมติให้ขบวนการอัดเป็นขบวนการโพลีโทรปิก (polytropic process) คุณสมบัติทางความร้อนและทางกายภาพของ R22และอากาศหาได้จากการสร้างความสัมพันธ์ของค่าในตารางของ ASHRAE(1981) ให้เป็นรูปของสมการและเพื่อความสะดวก การถ่ายเทความร้อนและมวลในเครื่องอบแห้งเป็นสมการที่ไม่ขึ้นอยู่กับการขึ้นของผลิตภัณฑ์ แบบจำลองของเครื่องอบแห้งจึงสามารถใช้ได้ทั่วไป โดยการนิยามประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง(dryer efficiency,DE) ให้เท่ากับ อัตราส่วนของความแตกต่างของความชื้นสมบูรณ์ของอากาศผ่านเครื่องอบแห้ง (ΔW) ต่อ ΔW ของอากาศขาออกอิมตัว ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแสดงถึงอัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ การจำลองแบบของวงจรสารทำงานทั้งสอง(อากาศและ R22) จำเป็นต้องใช้วิธีการลองผิดลองถูก(iteration)ซึ่งจะหยุดการทำงานเมื่อ การสมดุลพลังงานของทั้งสองวงจรมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วงที่กำหนด

การจำลองแบบเริ่มจากการสมมติคุณสมบัติของอากาศเข้าเครื่องอบแห้ง แบบจำลองของเครื่องอบแห้งจะคำนวณสภาวะอากาศออก เช่นเดียวกันแบบจำลองอีแวปโปเรเตอร์จะให้สภาวะอากาศออกจากอีแวปโปเรเตอร์และปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท ในระบบกึ่งปิด สภาวะของอากาศเข้าคอนเดนเซอร์คือ สภาวะของอากาศหลังการผสมกันแบบอะเดียแบติก(adiabatic mixing)ของอากาศหมุนเวียน กับอากาศใหม่จากบรรยากาศ การจำลองแบบวงจรอากาศจะสิ้นสุดหลังจากใช้แบบจำลองคอนเดนเซอร์ หาสภาวะขาออกของอากาศ เพื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่สมมติขึ้นในตอนต้น

สำหรับวงจรสารทำความเย็น การจำลองแบบเป็นไปดังรูปที่ 2 ซึ่งเป็นไดอะแกรมของความดัน-เอนทาลปีที่รวมความดันตกของวาล์วคอมเพรสเซอร์(Threlkeld, 1972) ความดันตกในคอนเดนเซอร์(Travis

et.al., 1973) และอีแวปโปเรเตอร์(Geary, 1975) ตำแหน่งที่ 1-10ในโคอะแกรมคือลำดับการจำลองแบบที่รวมผลของการถ่ายเทความร้อนและมวล การเปลี่ยนสถานะ ความดันตก คุณสมบัติของอากาศและสารทำความเย็น สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนหาได้จากการสำรวจเอกสาร(Rich, 1973; Perry and Chilton, 1973; และ Travis et.al., 1973) การจำลองแบบประกอบด้วยสองวงรอบคือ รอบในเป็นวงจรสารทำความเย็น รอบนอกเป็นวงจรอากาศ โปรแกรมจะตรวจสอบสมดุลพลังงานและมวลของวงจรสารทำความเย็นและอากาศ และจะคำนวณซ้ำจนกว่าทั้งสองวงจะสอดคล้องซึ่งกันและกัน



รูปที่ 2 โคอะแกรมความดัน-เอนทาลปีของสารทำความเย็น

ข้อมูลทางเทคนิคขององค์ประกอบบีบความร้อนคือ ความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 1500 รอบ/นาที ความจุระบอบสูบ 78.97ลบ.ซม./รอบ ความดันจ่าย 2526.6kPa และอัตราการไหลของอากาศ 0.23กก./วินาที คอนเดนเซอร์และอีแวปโปเรเตอร์ทำจากท่อทองแดงเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7.9มม. และหนา 0.8มม. ครีบริมรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมีพื้นที่ 215x75มม. ความหนาแน่นของครีบริมเท่ากับ 17กริบ/นิ้ว พื้นที่ถ่ายเทความร้อนรวมของคอนเดนเซอร์และอีแวปโปเรเตอร์คือ 30.65ตร.ม. และ 21.86ตร.ม. ตามลำดับ ความหนาของแผ่นน้ำกลั่นตัวบนอีแวปโปเรเตอร์สมมติให้เท่ากับ 0.0001มม. และไม่เป็นน้ำแข็ง

ตัวแปรอิสระที่ศึกษามีสามตัวคือ ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง(DE,%) อุณหภูมิบรรยากาศ(T_a , °C) และความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศ(RH, %) สำหรับระบบกึ่งปิดศึกษาตัวแปรเพิ่มอีกหนึ่งตัวคือ อัตราส่วนอากาศหมุนเวียน(RAR) ซึ่งในการศึกษานี้มีค่าตั้งแต่ 0.2-0.8โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.1 รูปแบบการ

ทำงานที่ต้องการคือ รูปแบบที่ให้ค่าอัตราการคั่งน้ำออก(MER) หรืออัตราการคั่งน้ำออกจำเพาะ(SMER) สูงสุด ค่าMERเป็นค่าที่บอกถึงอัตราผลิตกัมมันต์แห่งที่อบได้ ขณะที่SMERแสดงถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในขบวนการอบแห้ง ในการจำลองแบบ ตัวแปรตามมีค่าแปรไปสามค่า(75% 50% และ20% สำหรับDE, 20 °C 30 °C และ40 °C สำหรับTa, 50% 70%และ90%สำหรับRH) เพื่อหาเงื่อนไขที่ได้ MERและSMERสูงสุด

ผลการจำลองแบบ

ผลที่เหมาะสมของสองระบบแสดงในตารางที่ 1 ค่าสูงสุดของMERและSMERสำหรับประสิทธิภาพ และสภาวะแวดล้อมต่างๆ แสดงด้วยตัวหนา

ตารางที่ 1 รูปแบบการทำงานสำหรับ MER และSMERสูงสุด

DE (%)	Ta (°C)	RH (%)	Operation for maximum MER			Operation for maximum SMER		
			RAR	MER (c)*	MER(o)*	RAR	SMER(c)*	SMER(o)*
75	20	50	0.7	8.79	9.32	0.7	3.88	4.07
75	20	70	0.7	8.74	9.03	0.7	3.79	3.90
75	20	90	0.7	8.71	8.83	0.6	3.74	3.77
75	30	50	0.6	8.94	9.40	0.4	3.95	3.99
75	30	70	0.6	8.79	9.00	0.4	3.79	3.82
75	30	90	0.6	8.56	8.58	0.4	3.64	3.68
75	40	50	0.4	8.91	9.22	0.3	3.80	3.98
75	40	70	0.4	8.30	8.39	0.5	3.58	3.74
75	40	90	0.3	7.68	7.79	0.5	3.42	3.65
50	20	50	0.8	5.92	6.26	0.7	2.60	2.72
50	20	70	0.7	5.87	6.09	0.7	2.55	2.62
50	20	90	0.7	5.86	5.89	0.7	2.51	2.51
50	30	50	0.6	6.02	6.96	0.4	2.65	2.70
50	30	70	0.6	5.95	6.02	0.4	2.53	2.56
50	30	90	0.5	5.78	5.75	0.5	2.45	2.47
50	40	50	0.3	6.01	6.16	0.2	2.60	2.78
50	40	70	0.6	5.67	5.64	0.6	2.52	2.60
50	40	90	0.7	5.26	5.19	0.8	2.58	2.48
20	20	50	0.8	2.51	2.60	0.8	1.07	1.10
20	20	70	0.8	2.43	2.51	0.7	1.05	1.06
20	20	90	0.7	2.43	2.41	0.7	1.04	1.02
20	30	50	0.8	2.62	2.61	0.8	1.24	1.10
20	30	70	0.6	2.46	2.46	0.6	1.04	1.06
20	30	90	0.6	2.08	2.35	0.3	0.94	1.02
20	40	50	0.6	2.39	2.40	0.8	1.41	1.29
20	40	70	0.3	2.39	2.31	0.3	1.02	1.27
20	40	90	0.2	2.37	2.12	0.2	1.00	1.19

* (c) และ(o) หมายถึงระบบกึ่งปิดและระบบเปิดตามลำดับ

ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสูง(75%)

การอบแห้งผลิตภัณฑ์ในช่วงแรกๆ เครื่องอบแห้งจะมีประสิทธิภาพสูง(75%) ค่ารอบแห้งด้วยระบบเปิด ทั้งนี้เพราะ เมื่อDEมีค่าสูง อากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้งค่อนข้างมีความชื้นมาก ซึ่งส่งผลให้อากาศที่ออกจากอีแวปโปเรเตอร์มีความชื้นสูงด้วย ดังนั้นอากาศจึงไม่เหมาะสำหรับการหมุนเวียนในระบบ ระบบเปิดจึงคิดกว่า นอกจากนี้ ระบบเปิดในรูปที่ 1(ข)สามารถดึงพลังงานจากอากาศกลับมาได้มากกว่า ระบบกึ่งปิดในรูปที่ 1(ก) ทำให้SMERของระบบเปิดจึงสูงกว่าระบบกึ่งปิด สำหรับที่อุณหภูมิบรรยากาศค่าหนึ่งๆ สมรรถนะของทั้งสองระบบลดลงหากความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมสูงขึ้น แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของความชื้น(ในอากาศแวดล้อม)ที่นำเข้าสู่ระบบ อย่างไรก็ตาม เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมเท่ากัน ไม่จำเป็นเสมอไปที่อากาศแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงกว่าจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า(ดูผลที่ 40°C) นั่นคือความชื้นสมบูรณ์กลายเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีอิทธิพลมากกว่าอุณหภูมิ

ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งปานกลาง(50%)

ผลกระทบของความชื้น(ที่อุณหภูมิใดๆ) และอุณหภูมิ(ที่ความชื้นใดๆ)มีลักษณะเหมือนกับผลของ 75%DE ที่อุณหภูมิแวดล้อม 20°C ระบบเปิดให้ประสิทธิภาพดีกว่าระบบปิดทุกค่าความชื้น อย่างไรก็ตาม หากอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ 30°C หรือมากกว่า ระบบเปิดไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะดีกว่าอีกต่อไป เพราะเมื่ออุณหภูมิและหรือความชื้นสูงขึ้น จะปรากฏมีแนวโน้มที่แสดงว่าระบบกึ่งปิดจะมีประสิทธิภาพดีกว่า(อากาศหมุนเวียนมากกว่า50%)

ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งต่ำ(20%)

ในช่วงสุดท้ายของการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งมีค่าต่ำ ในการศึกษาครั้งนี้คือ 20% อากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้งค่อนข้างแห้งและยังคงมีอุณหภูมิสูง เป็นผลให้ระบบกึ่งปิดมีประสิทธิภาพสูงกว่า เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้นถึง 30°C MERของทั้งสองระบบเท่ากัน ยกเว้นที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ระบบเปิดยังคงดีกว่าระบบกึ่งปิด ทั้งนี้เนื่องมาจาก อากาศอบแห้งที่เข้าเครื่องอบแห้งของระบบเปิดมีค่าสูงกว่า(8.5°C)ระบบกึ่งปิด ถึงแม้ว่าความชื้นสมบูรณ์จะสูงกว่า อย่างไรก็ตาม SMERของระบบเปิดก็ยังคงสูงกว่ายกเว้นในกรณีที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70% และปรากฏว่าที่อุณหภูมิแวดล้อม 40°C อัตราการอบแห้งของระบบกึ่งปิดสูงกว่าแต่SMERต่ำกว่าระบบเปิด

การวิเคราะห์ผล

โดยทั่วไป MER และSMERสูงสุดของระบบกึ่งปิดไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นที่RARเดียวกัน SMERคืออัตราส่วนของMERต่อกำลังที่ต้องการในระบบอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนซึ่งส่วนใหญ่เป็นกำลังของคอมเพรสเซอร์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกำลังคอมเพรสเซอร์คือ อัตราส่วนความดันและอัตราการไหลของสารทำความเย็น ความดันของสารทำงานด้านสูงมีค่าคงที่เท่ากับความดันจ่ายของคอมเพรสเซอร์ หากอีแวปโปเรเตอร์สามารถดึงพลังงานกลับมาได้มากขึ้น(เนื่องจากอากาศมีอุณหภูมิสูงและอัตราการไหลมาก) ความดันในอีแวปโปเรเตอร์จะสูงขึ้นเพราะเอ็กแพนชันวาล์วจะเปิดมากขึ้น ซึ่งมีผลให้อัตราส่วนความดันและงานจำเพาะ(kJ/kg)ของคอมเพรสเซอร์ลดลง แต่ขณะเดียวกันเมื่อเอ็กแพนชันวาล์วเปิดมากขึ้น

อัตราการไหลของสารทำความเย็นก็จะมากขึ้น เป็นผลให้กำลังของคอมเพรสเซอร์โดยรวมมากขึ้น หรือ อาจกล่าวได้ว่ากำลังของคอมเพรสเซอร์และพลังงานที่ถ่ายเทกลับคืนขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของ อากาศอบแห้งที่เข้าอีแวปโปเรเตอร์ การดึงพลังงานกลับมากและถ่ายคืนให้กับอากาศมาก ส่งผลให้ MER มากแต่ต้องใช้กำลังของคอมเพรสเซอร์มาก ดังนั้นเงื่อนไขการทำงานที่MER สูงสุดไม่จำเป็นที่ SMER ต้องสูงสุดด้วย

สรุป

ระบบอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนเป็นระบบที่ซับซ้อน เพราะความสัมพันธ์ภายในระหว่างสารทำงาน ทั้งสองตัว คุณลักษณะของระบบอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนศึกษาโดยใช้การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำการศึกษามลกระทบของอัตราการอบแห้งผลิตภัณฑ์และสภาวะแวดล้อมต่อสมรรถนะของระบบ อบแห้งด้วยปั๊มความร้อน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ในช่วงแรกของการอบแห้งผลิตภัณฑ์ อากาศที่ออกจาก เครื่องอบแห้งค่อนข้างชื้น ควรทำการอบแห้งด้วยระบบเปิด หากอัตราการอบแห้งต่ำ เช่นในช่วงท้าย ของการอบแห้งผลิตภัณฑ์ อากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้งค่อนข้างแห้ง ควรจำกัดการนำอากาศชื้นจาก บรรยากาศเข้าระบบ ในกรณีนี้แนะนำให้ใช้ระบบกึ่งปิด แต่พึงระดูไว้เสมอว่า เงื่อนไขที่MER สูงสุด ไม่จำเป็นต้องมีSMER ด้วย การกำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน จึงควร เลือกระหว่างอัตราผลิตภัณฑ์แห้งสูงสุด(MER) หรือการอบโดยใช้พลังงานต่ำสุด(SMER)

เอกสารอ้างอิง

- ASHRAE , 1981, Fundamentals handbook, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.
- Geary, D.F., 1975, Return bend pressure drop in refrigeration system, ASHRAE Trans., Vol. 81, pp.250-264.
- Kays, W.M. and London, A.L. , 1964, Compact heat exchangers, McGraw-Hill, New York.
- Perry, R.H. and Chilton, C.H., 1973, Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill, USA.
- Prasertsan, S., Saen-Saby, P., Ngamsritrakul, P. and Prateepchaikul., G. , 1996, Heat pump dryer Part 1: Simulation of the models, Int. J. Energy Res. (in press).
- Rich, D.G., 1973, The effect of fin spacing on heat transfer and friction performance of multi-row smooth plate fin and tube heat exchanger, ASHRAE Trans., Vol. 79, pp. 137-145.
- Threlkeld, J.L., 1972, Thermal environmental engineering, Prentice-Hall, New Jersey, USA.

Travis, D.P., Rohsenow, W.M. and Baron, A.B., 1973, Force convection condensation inside tube: A heat transfer equation for condenser design, ASHRAE Trans., Vol. 79, pp.157-165.