Abstract

Spray drying process is widely used for production of particulate products on large scale in ceramic, food and other industries by transforming slurry droplets into particles. However, the spray drying is an energy demanding process, since large amount of water in the slurry needs to be evaporated. The present study is focused on improving the energy performance of industrial-scale spray dryer by recovering energy from exhaust gases.

At first, the mathematical models of various degree of complexity were established and verified for simulation of slurry drying in spray dryer. Extensible and user-friendly computer program was developed in Visual Basic for Applications within Microsoft Excel based on a coarsest-scale model. This software can be used for preliminary estimation of various alternatives in the improvement of energy utilization of spray dryer. An advanced simulation software package was also developed for the detail analysis on effects of process parameters on energy performance utilizing a finer-scale model.

Combinations of the response surface methodology with model simulations were employed to investigate the influences of process parameters on the energy recovery in spray drying process that partially recycle the exhaust drying gas. The energy efficiency and energy saving were studied for various values of recirculation ratios with respect to the temperature and flow rate of the drying air, slurry feed rate and concentration of slurry. As a result, significant gains in energy efficiency and energy saving were obtained for a spray drying system with high recirculation ratio of exhaust air. The high slurry feed rate and the low slurry concentration, inlet drying air temperature and drying air flow rate enhanced the energy efficiency of spray drying system. However, the high energy saving was obtained in spray dryers operating at low slurry feed rate and high slurry concentration.

Finally, the energy performance of industrial spray dryer equipped with an air-to-air heat exchanger for heat recovery from exhaust gas was explored in production of high

value particles. The energy efficiency and energy saving were calculated using the finer-scale model for values of process parameters varied according to a space-filling design. The meta model equations were formulated employing the well-fitted response surface equations. In the present range of process parameters, the maximum gains of 43% in energy efficiency and 52% in energy saving were obtained by optimization of process parameters using the response surface methodology.

The results of the present analysis are intended to be used for optimization of energy performance of spray dryers utilized in various industries.

บทคัดย่อ

กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยถูกใช้อย่างกว้างขวางในการผลิตผงอนุภาคขนาดเล็กในอุตสาหกรรมเซรามิค อาหาร และอื่นๆโดยการเปลี่ยนหยดของสเลอรีไปเป็นผงอนุภาค อย่างไรก็ตาม กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นกระบวนการที่มีความต้องการพลังงานเนื่องจากน้ำปริมาณมากในสเลอรีจะต้องมีการระเหย งานวิจัยนี้มีจึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาสมรรถนะด้านพลังงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยในระดับอุตสาหกรรมโดยการนำพลังงานจากก๊าซที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่

ในช่วงแรก แบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนถูกสร้างขึ้นและได้รับการตรวจสอบความถูกต้องสำหรับการจำลองการอบแห้งของสเลอรีในห้องอบแห้ง โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์แบบพื้นฐานที่มีความยืดหยุ่นและง่ายต่อการใช้งานถูกสร้างขึ้นโดยใช้วิชวลเบสิกในไมโครซอฟเอกเซล โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ สามารถใช้ในการประมาณการเบื้องต้นของหลายทางเลือกในการปรับปรุงการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้ง โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ขั้นสูงถูกพัฒนาขึ้นเช่นกันสำหรับใช้ในการวิเคราะห์รายละเอียดในผลกระทบของตัวแปรกระบวนการต่อสมรรถนะด้านพลังงานที่ใช้ในแบบจำลอง

การประยุกต์ใช้ร่วมกันระหว่างระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนองและการจำลองรูปแบบถูกใช้เพื่อหาผลกระทบของตัวแปรกระบวนการต่อการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยจากการนำบางส่วนของก๊าซที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ ประสิทธิภาพทางความร้อนและการประหยัดพลังงานถูกศึกษาที่อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่หลายค่าบนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและอัตราการไหลของก๊าซอบแห้ง ความเข้มข้นและอัตราการป้อนของสเลอรี จากผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของประสิทธิภาพทางความร้อนและการประหยัดพลังงานสำหรับเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยได้มาจากการนำก๊าซที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในอัตราที่สูง อัตราการป้อนสเลอรีสูงและความเข้มข้นของสเลอรีต่ำ อุณหภูมิขาเข้าของก๊าซอบแห้งต่ำและอัตราการป้อนก๊าซอบแห้งที่ต่ำส่งเสริมประสิทธิภาพทางความร้อนของกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย อย่างไรก็ตาม การประหยัดพลังงานสูงในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยได้รับจากการดำเนินงานที่อัตราการป้อนสเลอรีต่ำและความเข้มข้นของสเลอรีที่สูง

ในขั้นสุดท้าย สมรรถนะด้านพลังงานของเครื่องอบแห้งระดับอุตสาหกรรมประยุกต์ใช้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอากาศสำหรับการนำความร้อนจากก๊าซที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่ถูกทำการศึกษาบนการผลิตผงอนุภาคมูลค่าสูง ประสิทธิภาพทางความร้อนและการประหยัดพลังงานถูกคำนวณโดยการใช้แบบจำลองที่มีความละเอียด สำหรับค่าตัวแปรของกระบวนการแตกต่างกันตามการออกแบบสเปรชฟิวลิ่ง สมการรูปแบบเมต้าถูกสร้างขึ้นจากความสอดคล้องกับสมการพื้นผิวตอบสนอง ในการศึกษานี้ภายใต้ช่วงของตัวแปรที่นำเสนอ ค่าสูงสุดที่ได้รับมา 43 เปอร์เซ็นของประสิทธิภาพทางความร้อนและ 52 เปอร์เซ็นของการประหยัดพลังงานได้มาจากการหาตัวแปรที่ดีที่สุดของกระบวนการด้วยการใช้ระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง

ผลจากการศึกษาในการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะใช้ในการหาสมรรถนะด้านพลังงานที่ดีที่สุดของกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยในหลายอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี