วิทยา จุลกลาง : การวิเคราะห์กลไกการอบแห้งของสเลอรีในเครื่องพ่นฝอยระดับอุตสาหกรรมสำหรับการผลิตอนุภาคมูลค่าสูง (ANALYSIS OF SLURRY DRYING MECHANISM IN INDUSTRIAL SPRAY DRYER FOR PRODUCTION OF HIGH VALUE PARTICLES) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บอริส โกลแมน, 190 หน้า

เทคโนโลยีการอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นหนึ่งในเทคนิคที่ได้รับความนิยมสำหรับใช้ในการผลิตอนุภาคมูลค่าสูงโดยทำการเปลี่ยนรูปของหยดสเลอรีไปเป็นอนุภาค การใช้งานที่แพร่หลายของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถพบได้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเคมีและชีวภาพ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอนุภาค การขนถ่ายอนุภาคและการจัดเก็บ อย่างไรก็ตาม การขยายขนาดของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยในระดับอุตสาหกรรม โดยทั่วไปต้องใช้การสร้างโรงงานต้นแบบ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานานและเสียค่าใช้จ่าย ปัญหาที่สำคัญคือการขาดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับออกแบบเครื่องอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทมวล และการถ่ายเทโมเมนตัม ระหว่างก๊าซอบแห้งและหยดของสเลอรีในเวลาเดียวกัน รวมถึงการถ่ายเทความร้อนและมวลภายในอนุภาคที่จับตัวกันซึ่งถูกทำให้แห้งบางส่วน การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อที่จะวิเคราะห์กลไกการอบแห้งของหยดสเลอรีในเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยระดับอุตสาหกรรมสำหรับการผลิตอนุภาคมูลค่าสูง

แบบจำลองที่ครอบคลุมการถ่ายเทมวลและความร้อนทั้งภายนอกและภายในของการอบแห้งสเลอรีหนึ่งหยดได้รับการสร้างขึ้นสำหรับอธิบายจลนพลศาสตร์การอบแห้งของสเลอรีหนึ่งหยดในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนและมวลทั้งภายในและภายนอกของหยดสเลอรีและการเคลื่อนที่ของพื้นผิวการระเหยเมื่อการอบแห้งดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ ถูกนำเข้ามาพิจารณา ระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องแบบปริยายถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเชิงตัวเลขของระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยและขอบเขตที่เคลื่อนที่ได้ แบบจำลองได้มีการตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลการทดลองที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่ ผลจากการคำนวณจากแบบจำลองมีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับผลการทดลอง ซึ่งสามารถยืนยันถึงความสามารถในการนำไปใช้งานของแบบจำลองที่สร้างขึ้น ผลกระทบของอุณหภูมิและอัตราการไหลของก๊าซอบแห้ง ความเข้มข้นของสเลอรี ขนาดของหยดเริ่มต้น และช่องว่างภายในของอนุภาคที่จับตัวกันต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของหยดสเลอรีที่มีอนุภาคขนาดนาโนบรรจุอยู่ภายในได้รับการวิเคราะห์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้รับการสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการจำลองการอบแห้งของหยดสเลอรีในเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยในระดับอุตสาหกรรม แบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งของสเลอรีหนึ่งหยดได้ถูกรวมเข้าไปในแบบจำลองของเครื่องอบแห้ง เพื่อจำลองรูปแบบของความเร็วความชื้น และอุณหภูมิของก๊าซอบแห้งและหยดของสเลอรีตลอดทั้งระยะทางตามแนวแกนของห้องอบแห้ง รวมทั้ง การกระจายตัวของอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำภายในหยดสเลอรีที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวแกนภายในเครื่องอบแห้ง ผลกระทบของตัวแปรปฏิบัติการต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิและอัตราการไหลของก๊าซ ความเข้มข้นของสเลอรี ขนาดของหยดสเลอรี และชนิดของหัวฉีดได้รับการศึกษาในพฤติกรรมการอบแห้งของหยดสเลอรีของนาโนซิลิกาในเครื่องอบแห้ง

แบบจำลองที่สร้างขึ้นและผลการศึกษาจากวิทยานิพนธ์นี้เป็นประโยชน์อย่างมากในการออกแบบและการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับกระบวนการผลิตอนุภาคมูลค่าสูงตามคุณสมบัติที่ต้องการในอุตสาหกรรมที่หลากหลาย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา_____.

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____.

WITTAYA JULKLANG : ANALYSIS OF SLURRY DRYING MECHANISM IN INDUSTRIAL SPRAY DRYER FOR PRODUCTION OF HIGH VALUE PARTICLES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. BORIS GOLMAN, Ph.D.,190 PP.

SPRAY DRYING/ SLURRY DROPLET/ DRYING KINETICS/ DRYING MODEL/ INDUSTRIAL SPRAY DRYER

Spray drying technology is one of the most popular techniques used for the production of high value particles by transforming slurry droplets into particles. Its ubiquitous applications are found in numerous industries such as food, pharmaceutical, chemical and biological to enhance particle properties, powder handling and storage. However, the scaling-up of spray dryer for industrial implementation customarily requires construction of pilot-plant apparatus which is a time-consuming and costly process. The key problem is lack of reliable mathematical models for dryer design as spray drying is a complex process involving simultaneous heat, mass and momentum transfer between the drying gas and slurry droplets as well as heat and mass transfer inside the partly dried agglomerates. This study aims to analyze the drying mechanism of slurry droplets in an industrial scale spray dryer for production of high-value particles.

The comprehensive model is established for description of drying kinetics of a slurry droplet in the constant and falling drying rate periods. The heat and mass transfer resistances are taken into account both inside and outside the droplet together with the movement of evaporation interface as drying progresses. The system of

partial differential equations with moving boundary is solved numerically by an implicit finite-difference method. The model is validated by comparison of simulation results with published experimental data. The calculated results are in a good agreement with experimental data confirming the applicability of developed model. The effects of the drying gas temperature and flow rate, slurry concentration, initial droplet size and porosity of agglomerated product are analyzed on the drying kinetics of the droplet containing nanosized particles.

The mathematical model is derived to simulate the drying of slurry droplets in the industrial scale spray dryer. The developed model of drying kinetics of a slurry droplet is incorporated into the model of spray dryer to simulate the velocity, humidity and temperature profiles of drying gas and droplets along the axial distance of the drying chamber as well as the distributions of temperature and water vapor concentration inside the droplet at any axial position in the dryer. The effects of the operational parameters such as drying gas temperature and flow rate, slurry concentration, droplet size and the nozzle type are investigated on the drying behavior of slurry droplets of nanosized silica in the spray dryer.

The developed models and reported results are very useful in the design and optimization of spray drying processes for manufacturing of high-value particles with desired properties in many industries.

School of Chemical Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2013 Advisor's Signature_____