

บทคัดย่อ

คุณลักษณะทางฟลูอิดไดนามิกส์ของอนุภาคเกล็ดคาร์บอน กลุ่ม เอ ได้ถูกศึกษาเพื่อขยายขอบเขตความเข้าใจของผลของการกระจายขนาดอนุภาคและผลของอนุภาคละเอียดของอนุภาคที่มีการกระจายขนาดต่างกัน การศึกษานี้ได้ครอบคลุมอนุภาคทรงกลมแข็งที่ไม่มีรูพรุน และ อนุภาคที่ไม่เป็นทรงกลมแข็งที่มีรูพรุน วิธีการทดลองที่ใช้ได้แก่การทดลองฟลูอิดไดนามิกส์และดีฟลูอิดไดนามิกส์ ส่วนการทดลอง 1-วาล์ว และ 2-วาล์วเบดคอลแลปส์จะถูกใช้เพื่อการศึกษาคุณลักษณะการขยายตัว และ แบบจำลองเบดคอลแลปส์ที่ถูกพัฒนาโดย เชิญธงไชยและบรานคานี ในปี ค.ศ. 2005 จะถูกใช้เพื่อการแปรผลที่ถูกต้องจากกราฟการคอลแลปส์ของการทดลอง 1-วาล์ว และ 2-วาล์ว ซึ่งจะช่วยให้ได้ค่าที่ถูกต้องของคุณสมบัติของเบดแน่นและจุดต่ำสุดของการเกิดฟองก๊าซ จากผลการทดลองที่ถูกต้องนี้ก็จะสามารถนำไปทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ทางทฤษฎีในการอธิบายคุณลักษณะทางฟลูอิดไดนามิกส์ ความถูกต้องของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์นี้ จะมีความสำคัญเมื่อศึกษาคุณลักษณะทางฟลูอิดไดนามิกส์ โดยการใช้คอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังได้แสดงการใช้ประโยชน์จากแบบจำลองเบดคอลแลปส์แบบเดิม โดยเป็นเรื่องที่น่าสนใจว่ามีข้อมูลและข้อได้เปรียบมากมายจากการ ใช้ Collapsing bed differential pressure drop profile ร่วมกับแบบจำลองเบดคอลแลปส์ ในการนี้ยังได้แสดงความสอดคล้องกันเป็นอย่างดีระหว่างการพยากรณ์จากทฤษฎีและผลการทดลอง

คุณลักษณะทางฟลูอิดไดนามิกส์ของอนุภาคเกล็ดคาร์บอน กลุ่ม เอ ของอนุภาคบอลโลทีนทรงกลมแข็งที่ไม่มีรูพรุนสำหรับอนุภาคที่มีการกระจายขนาดแบบแคบมีลักษณะเช่นกับของแบบธรรมชาติ การเติมอนุภาคละเอียดลงในอนุภาคเกล็ดคาร์บอน กลุ่ม เอ ที่มีการกระจายขนาดแบบธรรมชาติมีผลเพียงการลดขนาดเฉลี่ยอนุภาคและไม่มีคุณสมบัติใดๆ ต่อคุณสมบัติของเบดนิ่งและฟลูอิดไดนามิกส์ ส่วนอนุภาคที่มีการกระจายขนาดแบบไบโมดอล พบว่ามีการหดตัวของสัดส่วนของช่องว่าง (Voidage, ϵ) ของ ϵ_{mf} , ϵ_{mb} และ $\epsilon_{d(lin)}$ และพบว่าอนุภาคละเอียดไม่มีผลต่อสัดส่วนช่องว่าง ยกเว้น ϵ_{mf} ซึ่งทำให้สัดส่วนการขยายตัวของเบด ($\epsilon_{mb}/\epsilon_{mf}$) สูงขึ้นแม้ว่าการขยายตัวของเบดนั้นจริงๆแล้วลดลง

อนุภาคไดอะตอมไมท์ที่ไม่เป็นทรงกลมแข็งที่มีรูพรุน ที่มีการกระจายขนาดแบบแคบและแบบธรรมชาติแสดงพฤติกรรมของคุณสมบัติการเกาะ ดังนั้นอนุภาคที่มีการกระจายตัวแบบไบโมดอลจึงเตรียมจากอนุภาคไดอะตอมไมท์และอนุภาคบอลโลทีน เกล็ดคาร์บอน กลุ่ม บี พบว่าอนุภาคไดอะตอมไมท์ที่ไม่เป็นทรงกลมแข็งที่มีรูพรุน ที่มีการกระจายขนาดแบบแคบและแบบธรรมชาติมีคุณสมบัติของเบดนิ่ง และคุณลักษณะการขยายตัวที่ต่างจากของอนุภาคบอลโลทีนทรงกลมแข็งที่ไม่มีรูพรุน โดยหลักแล้วเกิดจากคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ความหนาแน่น สำหรับอนุภาคที่มีการกระจายตัวแบบไบโมดอล คุณสมบัติของเบดนิ่งไม่ได้อยู่บนเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างคุณสมบัติของอนุภาคแต่ละองค์ประกอบ นอกจากนี้หากอ้างอิงถึง Differential pressure drop profile พบว่ามีการแยกชั้นของอนุภาคขึ้นโดยสามารถระบุตำแหน่งของ Inversion velocity ได้สำหรับทุกส่วนผสมของอนุภาคที่มีการกระจายตัวแบบไบโมดอล

การอธิบายคุณลักษณะฟลูอิดไดนามิกส์ทางทฤษฎีในงานนี้ได้แก่ความดันคลคล่อมในเบดนิ่ง ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไดนามิกส์ กราฟคุณลักษณะ ϵ_d และ U_d และจุดต่ำสุดของการเกิดฟองก๊าซ ให้ความสำคัญในการอธิบายคุณลักษณะเหล่านี้ได้แก่ สมการของแรงลาก ซึ่งพบว่าสมการของแรงลากที่ใช้สำหรับสำหรับอนุภาคบอลโลทีนทรงกลมแข็งที่ไม่มีรูพรุน ต่างจากที่ใช้กับที่ใช้กับอนุภาคไดอะตอมไมท์ที่ไม่เป็นทรงกลมแข็งที่มีรูพรุน ตัวแปรที่มีผลต่อความแตกต่างคือ ปัจจัยรูปร่าง และงานนี้สมการปรับปรุงของ Revised Ergun และ Khan and Richardson ได้ถูกเสนอขึ้น

Zhang and Brandani stability criterion ได้ถูกใช้เพื่ออธิบายจุดต่ำสุดของการเกิดฟองก๊าซ และสมการประกอบ ของ Stability criterion ได้แก่สมการของแรงลาก และ สมการ Characteristic length พบว่าควรใช้สมการแรงลากที่ต่างกัน ของอนุภาคทั้งสองระบบ หรือไม่เช่นควรพิจารณาใช้สมการแรงลากทั่วไปที่ใช้ได้กับอนุภาคที่มีปัจจัยรูปร่างต่างกัน เช่นเดียวกับสมการ Characteristic length มีการพิจารณาถึงผลของตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ ปัจจัยรูปร่าง และความหนาแน่นของอนุภาค นอกจาก $\mathcal{E}_{mf}$ and $\mathcal{E}_{mb}$.

คำสำคัญ: ฟลูอิดเซชัน การขยายตัว การกระจายขนาดแบบแคบ การกระจายขนาดแบบธรรมชาติ การกระจายขนาดแบบไบโมดอล อนุภาคละเอียด เบคคอลลแลปส์ สมการของแรงลาก Zhang and Brandani stability criterion และ characteristic length

ABSTRACT

The fluidization characteristics of Geldart's Group A powder was experimentally studied to extend the level of understanding in an effect of size distribution and a performance of fine size cut on different types of size distribution. The study was carried out to cover both sphere rigid non-porous powders and non-sphere rigid porous powders. Experimental methods employed were fluidization and defluidization experiments. For a study of bed expansion characteristics, 1-valve and 2-valve bed collapse experiments were used and the bed collapse model, developed by Chertongchai and Brandani, 2005, were implemented for a correct 1-valve and 2-valve bed collapse curve interpretation. As a result, the unambiguous dense phase properties, as well as minimum bubbling point, could be achieved. The experimental results will, then, be used to validate the theoretical correlations for the description of the fluidization characteristics. The validity of the correlations will come to term when the fluidization characteristics are investigated computationally. In addition, the full utilization of the bed collapse model was highlighted. It was come into one's attention that there are much more information and advantages from the use of the collapsing bed differential pressure drop profile in coupling with the bed collapse model. An excellent agreement between the model prediction and the experimental results was approved.

The fluidization characteristics of a Geldart,s group A sphere rigid non-porous ballotini powder with narrow size cut and natural size distribution were proved to perform in a similar manner. The addition of fine size cut to Geldart's group A natural size distribution powders only causes the reduction in average particle size and has no particular effect on the fixed bed and fluidized bed properties. For bimodal size distribution, the voidage contraction of ϵ_{mf} , ϵ_{mb} and $\epsilon_{d(lmf)}$ was found. It was found also that the fine size cut has no effect on these characteristic voidage, apart from ϵ_{mf} . This results in a higher the degree of homogeneous expansion ($\epsilon_{mb}/\epsilon_{mf}$) expansion ratio, even though the bed expansion itself is not in fact larger.

The non-sphere rigid porous diatomite powder of narrow size cut and natural size distribution performed a cohesive property. Then, the bimodal size distribution powders were prepared from the mixture of the diatomite porous powder and the Geldart's groups B sphere rigid non-porous powder. The non-sphere rigid porous diatomite powders of the narrow size cut and the natural size distribution have the different fixed bed properties and the expansion characteristic from those of the sphere rigid non-porous ballotini powder, due mainly a different in physical property e.g. a particle density. For the bimodal size distribution diatomite powder, the fixed bed properties were not on the linear line connecting the properties of the individual component. According to the vertical differential pressure drop profile, particle segregation and the inversion velocity for all types of bimodal mixtures could be identified.

Theoretical description of the fluidization characteristics studied in this work are the fixed bed pressure drop, the minimum fluidization velocity, ϵ_d and U_d characteristic curves and the minimum bubbling point. The key factor on describing these characteristics is the drag force correlation. It was suggested that the different drag force

correlation for the sphere rigid non-porous ballotini powder should be implemented to describe the fluidization characteristic of the non-sphere rigid non-porous diatomite powder. The factor that comes into effect could be the shape factor and the modified revised Ergun equation and Khan and Richardson correlation were proposed. Zhang and Brandani stability criterion was used to describe the minimum bubbling point. The constitutive correlations which are the drag force correlation and the characteristic length correlation were considered for the two systems of powders. It was suggested that the different drag force correlation should be applied for the two powders or else the general drag force correlation for the powder of different shape factor should be considered. As well as the characteristic length correlation, other parameters such as the shape factor and/or density should be added apart from $\mathcal{E}_{mf}$ and $\mathcal{E}_{mb}$.

KEYWORDS: fluidization, expansion, narrow size cut, natural size distribution, bimodal size distribution, fine size cut, bed collapse, drag force correlation, Zhang and Brandani stability criterion and characteristic length