บทคัดย่อ

ในกระบวนการตกผลึกแบบต่อเนื่อง การดึงสารละลายตัวอย่างออกจากถังตกผลึกด้วยวิธี isokinetic เพื่อมาวิเคราะห์หาความสม่ำเสมอของขนาดผลึกเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก เพราะการวิเคราะห์ขนาดของผลึกที่ถูกต้องจะมีผลต่อตัวแปรอื่น ๆ เช่น การโตของผลึก อัตราการเกิดผลึก อัตราการแตกของผลึก และอัตราการเกาะตัวของผลึก

การดึงสารละลายตัวอย่างด้วยวิธี isokinetic ขึ้นอยู่กับลักษณะการไหลของสารละลายในถังตกผลึก งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อจำลองตัวเลขและวิเคราะห์การไหลในถังตกผลึกจำลองของน้ำตาล ลักษณะการไหลภายในถังเป็นแบบต่อเนื่องที่มีระบบทำความเย็น โดยออกแบบถังเป็นทรงกระบอกก้นมน

งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ "CFX5.5.1" เป็นโปรแกรมหลักในการจำลองการไหลแบบสามมิติ โดยใช้วิธีปริมาตรจำกัดและกริดไร้โครงสร้าง (unstructural grid) เป็นพื้นฐานในการทำงาน ขั้นตอนแรกของงานวิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถของโปรแกรม โดยให้โปรแกรมแก้ปัญหาแบบจำลองหลายประเภท แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลการทดลองที่มีอยู่แล้ว

ในขั้นตอนต่อมาได้ทำการจำลองถังตกผลึกอย่างรอบคอบ โดยจำลองทุกอย่างจากถังตกผลึกจริง ในโปรแกรมใบกวนที่ใช้เพิ่มความเร็วของสารละลายในถังตกผลึกถูกแทนที่ด้วยแหล่งกำเนิดโมเมนตัม ในการจำลองได้เปลี่ยนขนาดของแหล่งกำเนิดโมเมนตัม 7 ค่า จากผลการคำนวณพบว่าความเร็วตามแนวแกนสูงขึ้นเมื่อขนาดของแหล่งกำเนิดโมเมนตัมสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความเร็วโดยรวมยกเว้นบริเวณรอบๆ ท่อดูดสารตัวอย่าง

จากการจำลองพบว่าขนาดแหล่งกำเนิดโมเมนตัมที่ดีที่สุดของการดึงสารตัวอย่างด้วยวิธี isokinetic คือ 25,000 $kg/m^2/s^2$ เนื่องจากจะทำให้การวัดการกระจายตัวของผลึกในสารละลายตัวอย่างมีความถูกต้องกับการกระจายตัวของผลึกในถังตกผลึกมากที่สุด ซึ่งงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย MSMPR (mixed suspension mixed product removal) ต่อไป

ผลการจำลองพบว่าพลังงานที่ใช้หมุนใบกวนมีค่าเท่ากับ 0.6 W สำหรับถังตกผลึกขนาด 2.5 ลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าความเร็วของสารละลายที่จุดศูนย์กลางของก้นถังตกผลึกมีค่าต่ำกว่าบริเวณรอบถัง ซึ่งในถังตกผลึกจริงจะทำให้เกิดการตกตะกอนของผลึกที่ก้นถัง และจะเป็นปัญหาต่อการวิเคราะห์การกระจายตัวของผลึกในสารละลายตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

Isokinetic withdrawal of solution from research crystallizers is a key factor in obtaining a representative crystal-size distribution and is critical for correct analysis of the crystallization process to accurately determine crystallization kinetic parameters such as crystal growth rates, nucleation rates, breakage rates, and agglomeration rates. Isokinetic withdrawal, in turn, depends upon the characteristics of the flow field in the crystallizer. The objective of this research numerically simulates the fluid flow field in a small-scale (experimental) cylindrical round bottomed, continuous-flow, cooling crystallizer set up for analysis of kinetic parameters in sugar production.

The commercial software "CFX 5.5.1" was employed to perform the 3 dimensional simulations with a finite volume method using an unstructured mesh. Initially the ability of the software to perform flow calculations on complex geometries was investigated by solving a series of model problems, and comparing these solutions to known solutions for the systems involved. A series of experiments was also performed to determine the ability of the momentum source feature of the program to model features such as impellers.

A model of the crystallizer being considered was carefully produced using a real crystallizer as a model. The impeller used for increasing the gross velocity of the solution inside the crystallizer is modeled using a momentum source, since this had been shown to be suitable for an impeller in a baffled crystallizer, particularly when the main feature of the flow to be considered is the flow at the product tube (to determine whether the product flow is isokinetic or not). Seven momentum source strength values were used to perform the simulation. The results show that the momentum source strongly increases the axial flow velocity but only slightly influences the overall flow pattern, except the flow near the outlet tube. The isokinetic withdrawal condition can be achieved at a momentum source strength of about 25,000 kg/m^2/s^2. The isokinetic condition for the nuclei crystals is best for the research MSMPR, as it will make the particle size distribution in the product stream most accurate for the analysis of the nucleation and growth rates in the crystallizer. For larger particles the settling velocity is required for determination of isokinetic withdrawal. The power transmitted by impeller shaft is 0.6 W for a 2.5 L crystallizer, which allows the impeller rotational speed to be estimated. Furthermore, the velocity at the center of the tank's bottom is lower than that of the surrounding region. This could cause a collection of settled crystals which is problematic for the operation and analysis of the crystallizer.