วีรพงษ์ วันทา : การจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของเครื่องตกผลึกแบบดีทีบี (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS SIMULATION OF A DTB CRYSTALLIZER) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอเดรียน ฟลัด, 285 หน้า. ISBN 974-533-579-7

ลักษณะการไหลของผลึกและของไหลในเครื่องตกผลึกเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการตกผลึก เช่น มีผลกระทบโดยตรงต่อความสม่ำเสมอของขนาดผลึกที่ได้และพลังงานที่ต้องใช้ในการตกผลึก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การไหลของของไหลในเครื่องตกผลึกแบบดีทีบีที่มีการแยกเอาผลึกขนาดเล็กละเอียดออกเพื่อนำกลับเข้าสู่กระบวนการตกผลึกใหม่ โดยการจำลองเชิงตัวเลขของการไหลสองสถานะ คือการไหลของของเหลวกับไอ โดยลักษณะการไหลของผลึกถูกพิจารณาให้ไหลไปตามกระแสการไหลของของเหลว ซึ่งทำการจำลองทั้งแบบอุณหภูมิคงที่และแบบอุณหภูมิไม่คงที่ โดยในกรณีอุณหภูมิคงที่ ใบพัดถูกแทนที่ด้วยแหล่งกำเนิดโมเมนตัมอย่างเดียว และในกรณีอุณหภูมิไม่คงที่ ใบพัดถูกแทนที่ด้วยแหล่งกำเนิดโมเมนตัมและแหล่งกำเนิดความร้อน โดยการจำลองได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ “ANSYS CFX-10.0” เป็นโปรแกรมหลักในการจำลองการไหลในสามมิติ โปรแกรมนี้คำนวณด้วยกรรมวิธีปริมาตรจำกัดและใช้ระบบกริดแบบไร้โครงสร้าง (Unstructured grid) ทั้งนี้ในการจำลองได้ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 26.66% และไอน้ำ เป็นของเหลวและไอตามลำดับ ในการศึกษา

กรณีการจำลองแบบอุณหภูมิคงที่ ไอบางส่วนเกิดขึ้นภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ภายนอกเครื่องตกผลึก ดังนั้นมีทั้งสารละลายและไอถูกส่งเข้าเครื่องตกผลึก ในกรณีนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ค่าแหล่งกำเนิดโมเมนตัม อัตราการไหลออกของผลึกขนาดเล็กละเอียด (Fines removal flow rate) ที่ไหลออกไปกับสารละลาย และอัตราการไหลออกของผลึกที่ต้องการที่ผสมอยู่กับสารละลาย (Product crystal suspension flow rate) ผลการศึกษาบ่งบอกว่าการเพิ่มค่าแหล่งกำเนิดโมเมนตัม ค่าอัตราการไหลออกของผลึกขนาดเล็กละเอียด และค่าอัตราการไหลออกของผลึกที่ต้องการ ต่างส่งผลให้ความเร็วของของเหลวสูงขึ้น แต่ค่าอัตราการไหลออกของผลึกขนาดเล็กละเอียด และค่าอัตราการไหลออกของผลึกที่ต้องการ ส่งผลกระทบน้อยกว่า และตัวแปรทั้งสามนี้มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วของไอเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การเพิ่มค่าแหล่งกำเนิดโมเมนตัม และอัตราการไหลออกของผลึกขนาดเล็กละเอียด ส่งผลให้ขนาดของผลึกเล็กละเอียดที่แยกออกไป (Fines removal cut-size) ใหญ่ขึ้น ในขณะที่การเพิ่มค่าอัตราการไหลออกของผลึกที่ต้องการ ส่งผลให้ขนาดของผลึกเล็กละเอียดที่แยกออกไปเล็กลง ซึ่งจะมีผลต่อการกระจายตัวของขนาดผลึกที่ได้ นอกจากนี้ยังพบ

นอกจากนี้ยังพบว่าที่ค่าแหล่งกำเนิดโมเมนตัม 25,000 $kg/m^2/s^2$ ขึ้นไป การไหลของของเหลวในตัวเครื่องตกผลึก (Main body crystallizer) มีความสม่ำเสมอ ซึ่งจะมีผลทำให้ได้ผลึกที่มีขนาดสม่ำเสมอ

กรณีการจำลองแบบอุณหภูมิไม่คงที่ ไอเกิดขึ้นภายในเครื่องตกผลึกโดยได้รับความร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ภายในเครื่องตกผลึก ในกรณีนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าแหล่งกำเนิดความร้อน ผลการศึกษาบ่งบอกว่าการเพิ่มค่าแหล่งกำเนิดความร้อนมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วของของเหลวและไอเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และส่งผลให้ปริมาณไอที่เกิดขึ้นในเครื่องตกผลึกมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าแหล่งกำเนิดความร้อนที่เพิ่มขึ้น

การเปรียบเทียบผลการจำลองที่ได้กับทฤษฎีและงานวิจัยในอดีต ผลที่ได้นั้นสอดคล้องกัน ดังนั้นวิธีการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสามารถนำมาใช้ในการออกแบบและหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องตกผลึกแบบดีทีบีเชิงพาณิชย์ได้

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2549 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

WIRAPONG WANTHA : COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS SIMULATION OF A DTB CRYSTALLIZER. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ADRIAN FLOOD, Ph.D. 285 PP. ISBN 974-533-579-7

COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS/ SIMULATION/ TWO-PHASE FLOW/ DTB CRYSTALLIZER

The characteristics of solids and fluid flows in crystallizers are key factors for crystallization processes. For example, they directly influence the crystal size distributions and energy requirements for the crystallizer. The purpose of this research is to numerically simulate the two-phase (liquid and vapor) flow in a Draft Tube Baffle (DTB) crystallizer with fines removal streams: once the fluid phase flows have been determined, general characteristics of the flow of the crystals can be ascertained. In order to reduce the execution time of the simulation, the impeller was modeled using a momentum source for the isothermal simulation, and both a momentum source (for the impeller) and heat source (for the internal heat exchanger) for the non-isothermal simulation, a method shown to be effective in previous research. The commercial software ANSYS CFX-10.0 was employed to perform 3D simulation using the finite volume method with an unstructured mesh topology. Water solutions with 26.66 % NaCl and water-vapor are the fluids used in the simulation.

For the isothermal simulation, the simulation assumed that the vapor formed in an external heat exchanger before the fluid was fed to the crystallizer for crystal nucleation and growth, and the simulations were performed with various momentum

source values, fines removal flow rate values, and product crystal suspension flow rate values. The results show that the overall magnitude of the liquid velocity within the crystallizer can be strongly increased by the increasing the axial momentum source but only slightly increased by the product crystal suspension and fines removal flow rates, and the vapor velocity can be slightly influenced by these variables. The fines removal cut-size can be increased with increasing momentum source and fines removal flow rate, and decreased with increasing product crystal suspension flow rate. This will strongly affect the product crystal size distribution. Furthermore, the liquid flow is found to be fully uniform in the main body of the crystallizer for momentum sources larger than or equal to 25,000 $kg/m^2/s^2$; uniform flow assists in producing a narrow crystal size distribution.

For the non-isothermal simulation, the simulation assumed that the vapor formed in the crystallizer by use of an internal heat exchanger, and the simulations were performed with various heat source values. The results show that the overall velocity for both phases (liquid and vapor) can be slightly influenced by the heat source, and the amount of vapor formed in the crystallizer can be increased linearly with increasing heat source values.

A comparison of the results has been made between CFD predictions and original theory and the literature. The results support that the CFD methodology can be used for the optimization of commercial-scale DTB crystallizer designs.

School of Chemical Engineering Student's Signature

Academic Year 2006 Advisor's Signature Adrian Flood