Special Research Project Title	Numerical Simulation of Fluid Dynamics in Two Liters Bioreactor and Its Scale-Up Applications
Special Research Project Credits	6
Candidate	Mr. Pisut Veerahong
Special Research Project Advisor	Dr. Panit Kitsubun
Special Research Project Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Jindarat Pimsamarn
Program	Master of Engineering
Field of Study	Chemical Engineering
Department	Chemical Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2554

Abstract

The computational fluid dynamics coupled with population balance method was used to investigate the hydrodynamics and mass transfer in a 2 L bioreactor. A population balance model was used in order to account for the effect of bubble breakup and coalescence in the bioreactor. Multiple frame of reference method was used to model the rotating regions. The local hydrodynamics predicted from CFD model such as gas holdup, Sauter mean bubble diameter, turbulence energy dissipation rate and dissolved oxygen were investigated. The local mass transfer coefficient (k_La) was calculated using Higbie's penetration theory and Eddy cell model. The overall mass transfer coefficients predicted by the CFD model were compared with the experimental measurements. The experiments to determine the overall mass transfer coefficient were performed using gassing out technique. From the results, the predicted mass transfer coefficient from eddy cell model matches very well with the experimental result while the predicted mass transfer coefficient from Higbie's penetration theory gives higher value compared to the experimental result. After the CFD model of 2 L bioreactor was successfully developed, the scale-up of the bioreactor from 2 L scale to 200 L scale was performed based on constant mass transfer coefficient criteria. The model of 200 L bioreactor was developed using the same technique with 2 L bioreactor. In maintaining a constant k_La upon scale-up from 2 to 200 liter, the agitation speed and the air inlet flowrate could not be maintained, adjustment has to be done. The scale-up equation based on constant power consumption per unit liquid volume and impeller tip speed was used in order to determine the operating agitation speed of 200 L bioreactor. Air feed rate was varied in order to obtain the similar k_La value. From the results, scale-up procedure based on constant k_La criteria was successfully employed in this study. The operating variables at 200 liter bioreactor scale were achieved.

Keywords: Bioreactor / CFD / Mass transfer coefficient / Scale-up

หัวข้อโครงการศึกษาวิจัย	การสร้างแบบจำลองสภาวะการไหลในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 2 ลิตร และการนำไปประยุกต์ใช้ในการขยายขนาดของถังปฏิกรณ์ชีวภาพ
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายพิศุทธิ์ วีระหงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พนิต กิจสุบรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร.จินดารัตน์ พิมพ์สมาน
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมทางด้านอุทกพลศาสตร์และการถ่ายเทมวลที่เกิดขึ้นภายในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 2 ลิตร โดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์การไหลด้วยวิธีทางคอมพิวเตอร์ร่วมกับทฤษฎี Population balance โดยที่ทฤษฎี Population balance เป็นทฤษฎีที่นำมาใช้เพื่อศึกษาผลกระทบของการแตกตัวและรวมตัวของฟองก๊าซที่เกิดขึ้นภายในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ การจำลองการหมุนของใบกวนในงานวิจัยนี้ใช้วิธีจำลองการไหลแบบ Multiple Frame of Reference โดยตัวแปรด้านอุทกพลศาสตร์ที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าสัดส่วนของก๊าซรวมภายในระบบ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของฟองก๊าซแบบซอเทอร์ อัตราการลดลงของพลังงานจลน์ของความปั่นป่วนและปริมาณการละลายของออกซิเจน การทดลองเพื่อหาค่าการถ่ายเทมวลสารโดยรวมระหว่างวัฏภาคก๊าซและของเหลวกระทำการทดลองโดยวิธี gassing out ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารโดยรวมระหว่างวัฏภาคก๊าซและของเหลวที่คำนวณได้จากทฤษฎี Higbie’s penetration และ Eddy cell จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารโดยรวมระหว่างวัฏภาคก๊าซและของเหลวที่ได้จากการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางพลศาสตร์ที่สร้างขึ้น จากผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารโดยรวมระหว่างวัฏภาคก๊าซและของเหลวที่คำนวณได้จากทฤษฎี Eddy cell มีค่าที่ใกล้เคียงกับผลการทดลอง ส่วนค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎี Higbie’s penetration มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากผลการทดลอง งานวิจัยนี้ยังได้ทำการศึกษาการขยายขนาดของถังปฏิกรณ์ชีวภาพจากขนาด 2 ลิตรไปยังขนาด 200 ลิตร โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลมีค่าคงที่ โดยปกติแล้วในการขยายขนาดถังปฏิกรณ์ชีวภาพ ค่าความเร็วรอบในการกวนและอัตราการให้อากาศของถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาดเล็กจะไม่สามารถนำไปใช้กับถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาดใหญ่ได้ ดังนั้นใน

งานวิจัยนี้ได้ใช้สมการการขยายขนาดเพื่อหาค่าความเร็วรอบการกวนของถังปฏิกรณ์ขนาด 200 ลิตร และทำการปรับเปลี่ยนอัตราการป้อนอากาศเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเท่ากับถังปฏิกรณ์ของ 2 ลิตร จากผลการทดลองจะเห็นว่างานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จในการขยายขนาดของถังปฏิกรณ์ชีวภาพ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่ได้จากแบบจำลองของถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 200 ลิตรค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 2 ลิตร

คำสำคัญ : การขยายขนาด / ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล / ถังปฏิกรณ์ชีวภาพ / แบบจำลองพลศาสตร์การไหล