Abstract

The main objectives of this research were to develop froth flotation technique to treat oily wastewaters and to understand the mechanisms of froth flotation how to remove oil from wastewaters. This work was hypothesized the use of microemulsion that the oil removal efficiency of froth flotation correlated to the ultralow interfacial tension (IFT) provided by the presence of a Winsor Type III microemulsion. In this study, several types of oils, orthodichlorobenzene (ODCB), ethylbenzene, diesel and cutting oil were investigated. The study consisted of three main parts, microemulsion formation, foam characteristic and froth flotation experiments in order to correlate the oil removal efficiency to the system IFT and foam properties. From the experimental results obtained from the ODCB system, the maximum oil removal of froth flotation corresponded to the maximum IFT under the presence of a Winsor Type III microemulsion. In addition, most of oil removed was found experimentally to come from the excess oil phase instead of the middle phase under the Winsor Type III microemulsion condition which was formed by the use of appropriate amount and type of surfactant(s). For the ethylbenzene system, the condition used for feed preparation was found to affect the process performance of froth flotation operation. Both feeds prepared under the conditions of equilibrium (1 month) and induced equilibrium (40 minutes of agitation) were found to provide much higher oil removal than that under a non-equilibrium condition. In addition, the ultralow interfacial tension (IFT) was found experimentally not only a sole factor, affecting the performance of froth flotation but also foam characteristics (foamability and foam stability) are important too. For diesel, Alfoterra ($C_{14\text{-}15}(PO)_5SO_4$), extended surfactant, was employed to form microemulsions which were further used to run froth flotation experiments. From the results of the batch froth flotation system, the maximum oil removal of 98% was achieved at 0.3%Alfoterra and 3%NaCl for 1:4 of oil-to-water ratio which corresponded to both of the maximum foamability and foam stability but not the minimum IFT of the system. For the continuous froth flotation experiments, the system could not be operated because of its poor foam stability. An addition of SDS was needed to improve the foam stability. The maximum diesel removal of 90.4% was achieved at 0.1%Alfoterra, 0.5% SDS, 4%NaCl and 49 minute of hydraulic retention time (HRT) for an oil-to-water ratio of 1:19. For cutting oil, a mixed surfactant system of Alfoterra and AOT (sodium bis(2-ethylhexyl)sulfosuccinate) was used to form microemulsions. The microemulsion condition having a minimum IFT was used to run froth flotation experiments with the continuous mode of operation. SDS was replaced in order to overcome the poor foam stability of the mixed surfactants during the froth flotation operation. Again, the foam stability was revealed experimentally to be the most important parameter affecting the performance of froth flotation. The system with 0.1% SDS, 5%NaCl, 0.15 L/min, 30 cm foam height and 60 min HRT was found to provide a maximum oil removal of 96%.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ พัฒนาเทคนิคระบบฟองลอยเพื่อบำบัดน้ำเสียที่องค์ประกอบน้ำมันและทำความเข้าใจกลไกการทำงานของระบบฟองลอยในการแยกน้ำมันจากน้ำเสีย ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานว่า ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันโดยระบบฟองทำให้ลอยมีความเกี่ยวพันกับค่าต่ำมากของแรงตึงผิวระหว่างวัฏภาคซึ่งเกิดในสภาวะที่เป็นไมโครอิมัลชั่นแบบวินเซอร์ชนิดที่สาม ในงานนี้ น้ำมันหลายชนิด ได้แก่ ออโธไดคลอโรเบนซิน, เอทิวเบนซิน, ดีเซล และน้ำมันคัดติ้ง ได้ถูกศึกษา โดยงานทดลองประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การเกิดไมโครอิมัลชั่น, ลักษณะสมบัติของฟอง และระบบฟองลอย ทั้งนี้เพื่อหาความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องระหว่างประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอยกับค่าแรงตึงผิวระหว่างวัฏภาคของระบบและคุณสมบัติของฟองที่ก่อตัวขึ้น จากผลการทดลองของระบบออโธไดคลอโรเบนซิน พบว่าประสิทธิภาพการแยกน้ำมันสูงสุดของระบบฟองทำให้ลอยมีความสัมพันธ์กับค่าต่ำสุดของแรงตึงผิวระหว่างวัฏภาคภายใต้สภาวะของไมโครอิมัลชั่นแบบวินเซอร์ชนิดที่สาม นอกจากนี้ ยังพบว่า น้ำมันที่แยกออกมาได้ส่วนใหญ่มาจากชั้นของน้ำมันไม่ใช่ชั้นของเฟสกลางภายใต้สภาวะไมโครอิมัลชั่นแบบวินเซอร์ชนิดที่สาม ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดและปริมาณที่เหมาะสม สำหรับระบบเอทิลเบนซิน พบว่า สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสารผสมระหว่างน้ำมันกับน้ำเพื่อสูบเข้าสู่ระบบฟองลอย มีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการแยกน้ำมัน พบว่าการเตรียมสารผสมนี้โดยได้เข้าสมดุล (ใช้เวลา 1 เดือน) และโดยเหนี่ยวนำให้สมดุล (ใช้เวลา 40 นาทีในการกวน) ให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันสูงกว่ามาก เมื่อเทียบกับการระบบไม่สมดุล นอกจากนี้ จากการทดลอง พบว่า ค่าแรงตึงผิวระหว่างวัฏภาคที่ต่ำมากๆนั้นไม่ใช่ปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการแยกน้ำมัน แต่ลักษณะสมบัติของฟองมีผลอย่างมากด้วย สำหรับน้ำมันดีเซล สารลดแรงตึงผิวชนิดยืด อาโฟธอราถูกใช้ในการทำให้เกิดไมโครอิมัลชั่น ซึ่งนำไปใช้ในการทดลองระบบฟองลอย จากผลการทดลองของระบบฟองลอยแบบกะ พบว่าประสิทธิภาพการแยกน้ำมันสูงสุด 98% สามารถทำได้ที่สภาวะ 0.3% สารอาโฟธอราและ 3%เกลือแกง สำหรับอัตราส่วนน้ำมันต่อน้ำที่ 1 ต่อ 4 ซึ่งระบบมีความสัมพันธ์กับทั้งความสามารถการเกิดฟองและเสถียรภาพของฟองที่สูงสุด ไม่ใช่ขึ้นกับค่าต่ำสุดแรงตึงผิวระหว่างวัฏภาค สำหรับการทดลองระบบฟองลอยแบบต่อเนื่อง พบว่าระบบไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากเสถียรภาพของฟองต่ำมาก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเติมสาร เอสดีเอสเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของฟองโดยระบบสามารถให้ประสิทธิภาพการแยกฟองสูงสุด 90.4% ที่ 0.1% อาโฟเธอรา, 0.5% เอสดีเอส, 4%เกลือแกง และที่เวลาเก็บกัก 49นาที สำหรับอัตราส่วนน้ำมันต่อน้ำที่ 1 ต่อ 19 สำหรับน้ำมันคัดติ้ง ได้ใช้สารลดแรงตึงผิวผสมระหว่างอาโฟเธอราและเอโอทีในการทำให้เกิดไมโครอิมัลชั่น โดยไมโครอิมัลชั่นที่เกิดขึ้นถูกนำไปทดลองระบบฟองลอย พบว่าจำเป็นต้องใช้สารลดแรงตึงผิวเอสดีเอสแทน ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาเสถียรภาพของฟองที่ต่ำมากที่เกิดจากสารลดแรงตึงผิวผสมที่ใช้ โดยการทดลอง พบว่า เสถียรภาพของฟองมีความสำคัญที่สุดต่อประสิทธิภาพของระบบฟองลอย พบว่าระบบที่มี 0.1% เอสดีเอส, 5%เกลือแกง, 0.15 ล/นาที, ความสูงของฟอง 30 ซม และเวลาเก็บกัก 60 นาที ให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันสูงสุดที่ 96%