บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: TRG5780119

ชื่อโครงการ: การบำบัดสารมลพิษเสี่ยงอันตรายที่ตกค้างยาวนานโดยกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดเฟนตอนแบบไหลต่อเนื่อง

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน:
ดร.นงลักษณ์ บุญรัตนกิจ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
อีเมล์: nonglak.boo@kmutt.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาค่าคงที่อัตราจลนพลศาสตร์ระหว่างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลกับไดเมทิลฟีนิลคาร์บินอลและอะซิโตฟีโนนซึ่งเป็นสารอนุพันธ์หลักอันดับแรกของการเปลี่ยนรูปของไดเมทิลฟีนิลคาร์บินอลโดยใช้กระบวนการเฟนตอนและกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดเฟนตอน ผลการวิจัยพบว่าภายใต้การแปรเปลี่ยนสภาวะการทดลองไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของการดำเนินการ (แบบกะและแบบต่อเนื่อง) รูปแบบของปฏิกรณ์ (ปฏิกรณ์แบบกวนสมบูรณ์และปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด) ความเข้มข้นของสารทำปฏิกิริยา (ความเข้มข้นอนุมูลเฟอร์รัสและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์) และความเข้มข้นของสารอินทรีย์ (สารอินทรีย์เป้าหมายและสารอ้างอิง) ไม่ทำให้ค่าคงที่อัตราปฏิกิริยาอันดับที่สองระหว่างไดเมทิลฟีนิลคาร์บินอลและอะซิโตฟีโนนกับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.05×10^{10} และ 9.87×10^{9} โมล่าร์$^{-1}$ วินาที$^{-1}$ ตามลำดับ ทั้งนี้สารกลางอะโรมาติคที่เกิดจากการย่อยสลายไดเมทิลฟีนิลคาร์บินอลโดยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลที่ตรวจพบได้จากงานวิจัยนี้ได้แก่ อะซิโตฟีโนน, ไดคิวมิวเปอร์ออกไซด์, ไฮดรอกซีอะซิโตฟีโนน, กรดไฮดรอกซีเบนโซอิค, กรดไฮดรอกซีเบนโซอิค, กรดฟีนิลไกลออกซาลิค, กรดไฮดรอกซีฟีนิลไกลออกซาลิค, กรดเบนโซอิค, 2-ไฮดรอกซี-1-ฟีนิลเอทาโนน และ 4-4’-ไดอะซิติลไบฟีนิล กลไกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้เป็น 5 ทางเดินปฏิกิริยา ส่วนสารกลางประเภทกรดคาร์บอกซิลิคที่ตรวจพบได้แก่กรดมาเลอิค, กรดทาร์ทาลิค, กรดมาลิค, กรดซัคซินิค, กรดฟูมาริค, กรดมาโลนิค, กรดออกซาลิค, กรดอะซิติคและกรดฟอร์มิค

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้ทำการศึกษากลไกการตกผลึกเหล็กบนผิวของตัวกลางในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดเฟนตอนรวมไปถึงปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อการตกผลึกเหล็ก ผลการวิจัยพบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการตกผลึกเหล็กในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดเฟนตอนมีค่าเท่ากับ 3.0 ปริมาณตัวกลางที่มากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กสูงขึ้นตามไปด้วย และตัวกลางที่มีขนาดเล็กจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กได้อันเนื่องจากพื้นที่ผิวจำเพาะที่สูงขึ้น การขยายตัวของชั้นตัวกลางที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าเพื่อให้กระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดเฟนตอน

มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสารมลพิษอินทรีย์และเหล็กไปพร้อมๆกันควรดำเนินการภายใต้รูปแบบกะมากกว่าแบบต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบกะจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ที่สูงกว่าระบบแบบต่อเนื่อง ส่งผลให้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่รบกวนการตกผลึกเหล็กในระบบลดต่ำลง ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กดีขึ้น ระยะเวลากักเก็บชลศาสตร์ที่ยาวนานขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์เป้าหมายและเหล็กได้

คำหลัก: ไดเมทิลฟีนิลคาร์บินอล; อะซิโตฟีโนน; เทคนิคจลนพลศาสตร์การแข่งขัน; กลไกปฏิกิริยา; การตกผลึกเหล็ก

Abstract

Project Code: TRG5780119

Project Title: Persistent hazardous pollutant treatment by continuous-flow fluidized-bed Fenton process

Investigator: Dr. Nonglak Boonrattanakij
Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's University of Technology Thonburi

Email Address: nonglak.boo@kmutt.ac.th

Project Period: 2 years

This research aimed to investigate the kinetic rate constants between hydroxyl radicals and dimethylphenylcarbinol and acetophenone which was the main first-generation intermediate of the dimethylphenylcarbinol transformation by using Fenton and fluidized-bed Fenton processes. Results revealed that, under various conditions regardless of operation type (batch vs continuous), reactor type (complete mix vs fluidized-bed), concentrations of Fenton reagent (ferrous and hydrogen peroxide), and organic concentrations (target and reference compounds), the second-order reaction rate constants between dimethylphenylcarbinol and acetophenone with hydroxyl radicals were unchanged with the average of 1.05×10^{10} and 9.87×10^{9} $M^{-1}s^{-1}$, respectively. Aromatic intermediates derived from the dimethylphenylcarbinol oxidation by hydroxyl radicals which could be identified in this study were acetophenone, dicumylperoxide, hydroxy-acetophenone, hydroxybenzoic acid, dihydroxybenzoic acid, phenylglyoxalic acid, hydroxyphenylglyoxalic acid, benzoic acid, 2-hydroxy-1-phynylethanone, and 4-4'-diacetylbiphenyl. Reaction mechanism occurred could be classified into 5 reaction pathways. Carboxylic acid intermediates found were maleic acid, tartalic acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid, malonic acid, oxalic acid, acetic acid, and formic acid.

Additionally, this research also investigated the mechanism of iron crystallization onto the media surface in the fluidized-bed Fenton process as well as the factors affecting the iron crystallization. The results indicated that optimum pH for iron crystallization in the fluidized-bed Fenton process was 3.0. Increasing the quantity of the media could increase

the iron removal efficiency. Smaller medium side could enhance the iron removal efficiency due to the higher specific surface area. Increasing bed expansion did not have any significant impact on the iron removal efficiency. Nonetheless, it was found that, in order to increase removal efficiency of both organic pollutant and iron removals, the fluidized-bed Fenton process should be operated under a batch mode rather than a continuous mode. This was because the batch reactor could provide higher organic removal efficiency than the continuous-flow reactor. As a result, the concentrations of the organics which interfered with the iron crystallization became lower leading to a better iron removal efficiency. Increasing hydraulic retention time could increase the removal efficiencies of both targeted organic and iron.

Keywords: Dimethylphenylcarbinol; Acetophenone; Competitive Kinetic Technique; Reaction Mechanism; Iron Crystallization