

บทคัดย่อ

นาโนคอมพอสิตของอนุภาคระดับนาโนเมตรของเหล็กออกไซด์ที่แสดงหน้าที่สองอย่างควบคู่กันระหว่างความเป็นซูเปอร์พาราแมกเนติกและเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง ถูกเตรียมขึ้นโดยกระบวนการ 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก อนุภาคระดับนาโนเมตรของเหล็กออกไซด์ในเฟสแมกนีไทต์และแมกเฮไมต์ถูกเตรียมโดยกระบวนการย่อยสลายสารเชิงซ้อนของเหล็กและโอเลเอตภายใต้ความร้อนสูง ขั้นที่ 2 ได้แก่การเคลือบผิวของอนุภาคระดับนาโนเมตรของเหล็กออกไซด์ด้วยชั้นซิลิกาที่อยู่ในเฟสอสัณฐานด้วยกระบวนการรีเวอร์สไมโครอิมัลชัน ในขั้นสุดท้ายชั้นไทเทเนียเป็นผิวเคลือบชั้นที่สองได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อเคลือบซ้ำชั้นซิลิกาที่มีอยู่เดิมด้วยกระบวนการโซล-เจลในสภาวะที่ถูกควบคุม วัสดุนาโนคอมพอสิตที่เตรียมขึ้นได้ถูกพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟร็กโทรมิเตอร์ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน เครื่องวิเคราะห์หาพื้นที่ผิว เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์สเปกโทรมิเตอร์ และเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคป จากการวิเคราะห์พบว่าชั้นไทเทเนียที่ได้มีผลึกแบบนาเทสซึ่งมีสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง และชั้นซิลิกาช่วยป้องกันการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้การเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงของไทเทเนียไม่ได้รับผลกระทบเมื่อนำมาสร้างคอมพอสิตกับเหล็กออกไซด์ คอมพอสิตไทเทเนีย-ซิลิกา-เหล็กออกไซด์ที่เตรียมได้ มีความสามารถในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงสูงกว่าอนุภาคของไทเทเนียที่เคลือบบนเหล็กออกไซด์โดยตรงในการย่อยสลายสีย้อมเมทิลีนบลูในน้ำและสามารถนำอนุภาคดังกล่าวกลับมาใช้ซ้ำได้ง่ายโดยใช้สนามแม่เหล็กจากภายนอกในการแยกอนุภาคนาโนคอมพอสิตกลับหลังสิ้นสุดปฏิกิริยา คอมพอสิตปริมาณ 0.5 กรัมต่อลิตร สามารถสลายสีย้อมเมทิลีนบลู 3 ppm ได้มากกว่าร้อยละ 90 ภายใต้แสงยูวี ในเวลา 5 ชั่วโมง และคอมพอสิตดังกล่าว มีประสิทธิภาพในการสลายสีย้อมได้อย่างน้อย 3 ครั้ง โดยไม่ต้องผ่านการปรับปรุงพื้นผิวของคอมพอสิต จากนั้นศึกษาผลของความหนาชั้นซิลิกาที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงของคอมพอสิต โดยใช้ปริมาณเหล็กออกไซด์ 45 mg ในการสลายสีย้อมเมทิลีนบลู 12 ppm ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ภายใต้แสงยูวี เป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่าชั้นซิลิกาหนาประมาณ 6 นาโนเมตร เป็นความหนาที่เพียงพอสำหรับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนระหว่างอนุภาคไทเทเนียกับอนุภาคเหล็กออกไซด์และเพียงพอต่อการคงประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงของไทเทเนีย นอกจากนี้ นาโนคอมพอสิตที่เตรียมได้ ยังแสดงความสามารถในการกำจัดแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* จากงานวิจัยชิ้นนี้ นาโนคอมพอสิตที่สังเคราะห์ได้สามารถมีประโยชน์ได้หลากหลายเช่นการกำจัดมลพิษและแบคทีเรียก่อโรคที่สามารถถูกแยกออกมาจากสิ่งแวดล้อมได้ทันทีหลังจากการใช้งานด้วยแรงดึงดูดจากสนามแม่เหล็ก

Abstract

Nanocomposites of iron oxide nanoparticles with dual functionality of superparamagnetic and photocatalytic properties were prepared using a three step process. The iron oxide nanoparticles of magnetite and maghemite phases were first synthesized using a thermal decomposition of iron-oleate complexes. Then amorphous silica layer was coated onto the iron oxide nanoparticle surface using reverse micro-emulsion process. In the last step, titania layer (second shell) were coated onto iron oxide@silica core-shell nanoparticles using a sol-gel process under controlled condition. The nanocomposites were characterized using X-ray diffractometer, transmission electron microscope, surface area analyzer, vibrating sample magnetometer, X-ray fluorescent spectrometer, and Fourier-transform infrared spectroscopy. From the analyses, titania in the outer layer was in the anatase phase and exhibited high photocatalytic property, while silica interlayer prevents the loss of photocatalytic activity from electron-hole recombination when anatase titania shells are directly coated onto iron oxide. Titania-silica-iron oxide nanocomposites showed higher photocatalytic activity than titania-coated iron oxide nanoparticles in the photodegradation of methylene blue dye. These composites could be easily recovered from liquid phase using a magnetic field. The 0.5 g/L composites can degrade more than 90 percent of 3 ppm methylene blue under ultraviolet irradiation for 5 h. These composites could effectively photodegrade the dye for at least three cycles without regeneration. The effects of thickness of silica interlayer were studied using 45 mg of iron oxide nanoparticles for degrading methylene blue (12 ppm, 30 mL) under ultraviolet irradiation (5h). From our studies, approximately 6 nanometer of silica interlayer is an enough thickness for the inhibition of electron translocation between titania and iron oxide nanoparticles, and enough for maintaining the efficiency of photocatalytic activity of titania nanoparticles. Moreover, the nanocomposites exhibited high antibacterial properties against *Staphylococcus aureus*. From our study, the nanocomposites can be useful in various applications such as removal of pollutants and pathogenic bacteria with readily separation from the environment using an external magnetic field.
