

**GREENER AND SAFER RESIN CLEANING SOLVENT:  
A SURFBOARD MANUFACTURING PROCESS**

**RUTTANACHOTE KULAKOOL**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
(INDUSTRIAL ECOLOGY AND ENVIRONMENT)  
FACULTY OF GRADUATE STUDIES  
MAHIDOL UNIVERSITY  
2007**

**COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY**

ตัวทำละลายสำหรับล้างเรซินที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัย : กระบวนการผลิตกระดานโต้คลื่น  
(GREENER AND SAFER RESIN CLEANING SOLVENT: A SURFBOARD  
MANUFACTURING PROCESS)

รัตนโชติ กุลากุล 4837985 ENIE/M

วท.ม. (นิเวศวิทยาอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : สิทธิพงษ์ ดิลกวานิช, Ph.D. (HUMAN GEOGRAPHY), อัจฉรา อัสว  
รุจิกุลชัย, Ph.D. (ENVIRONMENTAL ENGINEERING), JAEYEAL JEUNG, Ph.D.  
(ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH)

บทคัดย่อ

สำหรับกระบวนการผลิตกระดานโต้คลื่น อะซีโตนถูกใช้เป็นตัวทำละลายหลักสำหรับทำความสะอาดหรือกำจัดดีฟ็อกซ์เรซินและโพลีเอสเตอร์เรซิน ออกจากอุปกรณ์และแปรงจากกระบวนการเคลือบผิว เนื่องจากมีราคาไม่แพง อย่างไรก็ตามอะซีโตนมีความไวไฟสูงเนื่องจากมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) ในมนุษย์อะซีโตนสามารถเพิ่มโอกาสการเป็นโรคเบาหวานได้ โดยการสัมผัสกับอะซีโตนอย่างต่อเนื่องเนื่องจากอะซีโตนที่ปนเปื้อนในน้ำ อาหาร หรืออากาศ ซึ่งอะซีโตนสามารถทำลายเนื้อเยื่อบริเวณปาก และระคายเคืองและทำลายผิวหนังได้นอกจากอะซีโตนแล้ว N-methylpyrrolidone หรือ NMP และ Dibasic esters หรือ DBE เป็นสารเคมีที่ใช้สำหรับล้างเรซินในอุตสาหกรรมพลาสติกเสริมใยแก้ว สารเคมีทั้งสองมีความไวไฟและการระเหยต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะประเมินตัวทำละลายทั้งสาม เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับใช้ในกระบวนการล้างเรซิน

ในงานวิจัยนี้มีหลักเกณฑ์ในการประเมินดังนี้ การแสดงผลด้านสิ่งแวดล้อม, การประเมินความอันตราย, ประสิทธิภาพการล้าง และการวิเคราะห์ด้านการเงิน โดยตัวชี้วัดการแสดงผลด้านสิ่งแวดล้อมคือ ค่าสารประกอบสารอินทรีย์ระเหย หรือ Volatile Organic Compounds (VOCs), ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน หรือ Global Warming Potential (GWP), และศักยภาพในการทำลายโอโซน หรือ Ozone Depletion Potential (ODP) ตัวชี้วัดในการประเมินความอันตรายคือ ค่าระดับของ the U.S. National Fire Protection Association (NFPA), ค่าอัตราการระเหย และค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง ส่วนประสิทธิภาพการล้างคำนวณมาจากเปอร์เซ็นต์การกำจัดเรซินจากการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ด้านการเงิน ค่าใช้จ่ายจะคำนวณจาก การซื้อสารเคมี ค่ากำจัด และค่าใบอนุญาตประจำปี กระบวนการของการประเมินใช้ระบบการให้คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน แต่ละหลักเกณฑ์มีคะแนนเต็มส่วนละ 25 คะแนน และตัวทำละลายที่ได้รับคะแนนสูงสุดจะเป็นสารเคมีที่ดีที่สุด

หลังจากการประเมินพบว่า DBE ได้รับคะแนน 73 คะแนน ในขณะที่ อะซีโตน และ NMP ได้รับคะแนน 65 และ 63 คะแนนตามลำดับ ดังนั้น DBE จึงเป็นตัวทำละลายในการล้างเรซินที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันก็ต้องการตัวทำละลายที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังแนะนำให้ศึกษาเพิ่มเติมระหว่าง Hydrofluoroethers (HFEs) และตัวทำละลายร่วม หรือตัวทำละลายผสมกับน้ำ และเพิ่มตัวชี้วัดในแต่ละหลักเกณฑ์เพื่อให้ได้ตัวทำละลายที่ดีที่สุด

**GREENER AND SAFER RESIN CLEANING SOLVENT: A SURFBOARD MANUFACTURING PROCESS**

RUTTANACHOTE KULAKOOL 4837985 ENIE/M

M.Sc. (INDUSTRIAL ECOLOGY AND ENVIRONMENT)

**THESIS ADVISORS: SITTIPONG DILOKWANICH, Ph.D. (HUMAN GEOGRAPHY), ACHARA USSAWARUJIKULCHAI, Ph.D. (ENVIRONMENTAL ENGINEERING), JAEYEAL JEUNG, Ph.D. (ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH)****ABSTRACT**

For a surfboard manufacturing process, acetone is used mainly as solvent for cleaning or removing epoxy and polyester resin off tools and brushes from the laminating processes as it is inexpensive. However, it is extremely flammable with a flash point of  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). In human, acetone can elevate diabetes. Exposure to exogenous acetone can be chronic due to acetone contamination of water, food, or the air. It can, however, damage the mucosa of the mouth and can irritate and damage skin. Apart from acetone, N-methylpyrrolidone (NMP) and dibasic esters (DBEs) are commercial chemicals used for cleaning resin in the fiberglass reinforced plastic (FRP) industry. They have low flammability and low volatility. Therefore, this research aims to evaluate three solvents in order to select a greener and safer resin cleaning process.

In this research, the environmental performance, hazard assessment, cleaning efficiency and financial analysis are the evaluation criteria. The environmental performance parameters consist of Volatile Organic Compounds (VOCs), Global Warming Potential (GWP), and Ozone Depletion Potential (ODP). The hazard assessment indicators cover the U.S. National Fire Protection Association (NFPA) rating, evaporation rate and pH. The cleaning efficiency is determined by percentage of resin removal from testing. For financial analysis, the costs are chemical purchasing, waste disposal, and permission fee. The evaluation process of each criterion is a scoring system. From the total of 100 points, environmental performance, hazard assessment, cleaning efficiency and financial analysis are given 25 points each. The best solvent would be the highest score.

After the evaluation, DBE gained 73 points while acetone and NMP got 65 and 63 points respectively. Clearly, DBE is the best choice as a greener and safer resin cleaning solvent. However, it is important to notify that different production process may need a dissimilar solvent. In addition, this research recommends Hydrofluoroethers (HFEs) and the co-solvents or aqueous blends for further study with the addition of different parameters in each criterion in order to find the right substitution solvent.

**KEY WORDS: EVALUATION/ ENVIRONMENTAL PERFORMANCE/ HAZARD ASSESSMENT/ RESIN CLEANING SOLVENT/ SUBSTITUTION**