การนำกากตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตลาเท็กซ์เป็นสารตัวเติมสำหรับอีพอกซีเรซิน*

Use of Sludge from Wastewater Treatment of Latex Factory as Filler for Epoxy Resin

อลิสา เชาว์ไวพจน์**

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาการนำกากตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตลาเท็กซ์มาใช้เป็นสารตัวเติมหรือฟิลเลอร์ในอีพอกซีเรซินเปรียบเทียบกับ $CaCO_3$ และ Glass sphere ซึ่งเป็นฟิลเลอร์ที่ใช้ในการผลิตอีพอกซีเรซิน โดยการนำกากตะกอนมาผ่านกระบวนการแยกขนาดอนุภาคโดยใช้ตะแกรงร่อนได้เป็นผงตะกอนซึ่งผงตะกอนนี้ได้นำมาทดแทนฟิลเลอร์เดิมที่อัตราส่วน 25 %, 50% , 75% และ 100% (w/w) เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางกลและทางเคมี จากการศึกษาพบว่าผงตะกอนสามารถนำมาเป็นฟิลเลอร์แทนการใช้ Glass sphereได้ดีกว่า $CaCO_3$โดยอัตราส่วนของผงตะกอนที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้อีพอกซีมีสมบัติทางกลในเรื่องความต้านทานแรงอัด (Compressive strength) และความแข็ง (Hardness) สูงสุดได้แก่ Epoxy resin 50.00% (w/w) Diluent 13.50% (w/w) Fume silica 6.00% (w/w) TiO_2 8.00% (w/w) $CaCO_3$ 18.00% (w/w) Glass sphere 3.00% (w/w) Solvent No.1 0.50% (w/w) และผงตะกอน 1.00% (w/w) ซึ่งให้สมบัติทางกายภาพในเรื่องความข้นหนืดและระยะเวลาการแห้งสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานและจากการทดลองพบว่าอัตราส่วนของผงตะกอนที่นำมาแทนทั้ง Glass sphere และ $CaCO_3$ไม่มีผลต่อการทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลเทียม ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอีพอกซีเมื่อพิจารณาทางด้านราคาพบว่าต้นทุนในการผลิตลดลงและลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนของเสียอีกทั้งเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่และลดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

Abstract

The replacement of fillers in epoxy resin products with the dried sludge from latex's wastewater has been intensively studied. The dried sludge has been used in order to replace either $CaCO_3$ or glass spheres which are typically used as fillers in epoxy resin formulation. The amount of dried sludge used in the formulation has been varied between 25%, 50%, 75% and 100% of the fillers replacement and the physical, mechanical and chemical properties have been investigated using various

---

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่อง การใช้กากตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตลาเท็กซ์เป็นสารตัวเติมสำหรับอีพอกซีเรซิน โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.อุรา ปานเจริญ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

** นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กทม. 10330 E-mail Address: chaowaiphot@yahoo.com

methods. Replacing glass spheres with dried sludge yields higher quality resin than $CaCO_3$, based on higher compressive strength and hardness of the finished products. The recommended formulation consists of epoxy resin 50.00%(w/w), Diluents 13.5% (w/w), fume silica 6.00% (w/w), TiO_2 8.00%(w/w), $CaCO_3$ 18.00%(w/w), glass spheres 3.00%(w/w), Solvent No.1 0.50%(w/w) and dried sludge 1.00%(w/w). Physical properties and drying time of the finished product from this formulation are similar to the standard formulation. The amount of dried sludge used in this study formulation, instead of using Glass sphere and CaCO3, does not affect resistance to artificial sea-water since the main ingredient, epoxy resin, does not react with artificial sea-water. This project gives an opportunity for the development and recycling of an industrial waste which decreases production capital, reduces the expense for eradicating sediment waste, and decreases a contamination problem which threatens the environment.

บทนำ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญและมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก น้ำเสียเป็นปัญหาที่สำคัญของโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทซึ่งต้องทำการบำบัดก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทั้งนี้เพื่อให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม (ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) 2539) แนวทางในการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียมีหลายวิธี เช่น ถมที่ทิ้งทะเล เผา ใส่พื้นที่เกษตรกรรม เป็นอาหารสัตว์หรือฝังกลบ เป็นต้น

บริษัทซีลิค เคมิคอล จำกัด เป็นบริษัทซึ่งดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับกาวอุตสาหกรรมและเคมีภัณฑ์หนึ่งในจำนวนผลิตภัณฑ์ประเภทสารเคลือบผิวได้แก่ อีพอกซีเรซินสำหรับงานซ่อมแซมเรือประมงซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีฟิลเลอร์คือ $CaCO_3$ และ Glass sphere เป็นส่วนผสมที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่ง $CaCO_3$ ซึ่งใช้ปริมาณค่อนข้างมากและเนื่องจากกระบวนการผลิตลาเท็กซ์มีการใช้ $CaCO_3$ เป็นฟิลเลอร์ ดังนั้นจึงเลือกนำกากตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียในการผลิตลาเท็กซ์มาเป็นฟิลเลอร์ทดแทนการใช้ฟิลเลอร์เดิมคือ$CaCO_3$ และ Glass sphere กากตะกอนน้ำเสียนี้มาจากกระบวนการบำบัดด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน(Chemical coagulation and flocculation) โดยใช้ สารส้ม (Alum) ซึ่งเป็นสารประกอบโลหะที่สลายตัวในน้ำเพื่อลดประจุไฟฟ้าที่ทำให้อนุภาคอยู่ในสภาวะสมดุลและทำให้อนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่มตะกอนและใช้สารพอลิเมอร์ช่วยในการตกตะกอนซึ่งกากตะกอนที่ได้ภายหลังการตกตะกอนจะถูกดูดมาที่ถังตากตะกอนและตากจนแห้งด้วยแสงแดดประมาณ 3-4 สัปดาห์จากนั้นนำกากตะกอนที่ได้มาทำการแยกขนาดอนุภาคโดยใช้ตระแกรงร่อนขนาด100 mesh ได้เป็นผงตะกอนซึ่งในการวิจัยนี้ได้ทำการเก็บกากตะกอนจำนวน 5 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีคือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค ค่าความหนาแน่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ความชื้น (%)

Carfagna และคณะ (Carfagna et al., 2004 : 2031-2044) ได้ทำการศึกษาการใช้ reactive microspheres filler ที่มีหมู่อะมิโนบนผิวโดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การใช้ พบว่าเปอร์เซ็นต์การใช้และขนาดรูปร่างของอนุภาคมีผลต่อสมบัติการไหลและสมบัติเชิงกลของอีพอกซีเรซิน

Kalenda และคณะ (Kalenda and Kalendová 1994 : 305-312) ได้ทำการศึกษาการใช้ inorganic filler และผงสี (pigment) โดยศึกษาการแพร่ของสารละลายกรดซึ่งพบว่าปริมาณของฟิลเลอร์หรือผงสีที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มการทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีให้อีพอกซีเรซินได้

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผงตะกอนจากกระบวนการสร้างและรวมตะกอนมาเป็นฟิลเลอร์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ทำให้คุณสมบัติของอีพอกซีเรซินที่เติมผงตะกอนนี้มีคุณสมบัติทางกายภาพ ทางกลและทางเคมีดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำกากตะกอนจากกระบวนการสร้างและรวมตะกอนมาเป็นฟิลเลอร์ในการผลิตอีพอกซีเรซินเปรียบเทียบกับฟิลเลอร์เดิมที่ใช้อยู่และศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางกลและทางเคมีของอีพอกซีเรซิน

วิธีการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

ค้อนสำหรับทุบกากตะกอน, ตะแกรงร่อนขนาดความละเอียด 100 mesh สำหรับแยกขนาดของกากตะกอน , เครื่อง Conductivity รุ่น Ecoscan CON 5, เครื่อง pH-meter รุ่น pHTester 30, เครื่อง Moisture determination balance รุ่น MB-45 , แบบ (mold) สำหรับการเตรียมตัวอย่างชิ้นงานเตรียมจากแผ่นอะคริลิคและแบบยางซิลิโคน , เครื่องวัดความหนาแน่นของอนุภาค รุ่น Ultrapycometer 1000 Version 2.12 , เครื่องทดสอบอเนกประสงค์แบบสถิต (Universal Testing Machine Statictype) รุ่น INSTRON 4502 สำหรับทดสอบ Compressive strength, เครื่องวัดความแข็ง (Hardness Testing Machine) รุ่น INSTRON, เครื่องวัดขนาดของอนุภาค รุ่น Masterizer Ver.2.19, กล้องจุลทรรศ์อิเลคตรอนแบบส่งกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น JSM-5410 Scanning Microscope, เครื่องวัดความข้นหนืด (Viscometer) BROOKFIELD Model RVT, มอเตอร์สำหรับปั่นทดลองยี่ห้อ Kika Labortechnik RW 20

สารเคมี

อีพอกซีเรซิน (Epoxy resin) เกิดจาก bisphenol A และ epichlorohydrin ลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อนใส Epoxy equivalent weight (g /eq) เท่ากับ 184–194, น้ำยาผสมแข็ง (Hardener) เป็นชนิด Polyamide มีค่า Amine Value (mgKOH /g) เท่ากับ 370 – 410 มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองเข้ม

ความหนาแน่น (g /cm^3) เท่ากับ 96, TiO_2 ลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียดมีความหนาแน่น (g /cm^3) เท่ากับ 4.0, Calcium carbonate ($CaCO_3$) ลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (Mean particle size, μm Max) เท่ากับ 9 มีความหนาแน่น (g /cm^3) เท่ากับ 2.7, Glass sphere ลักษณะเป็นเม็ดสีขาวละเอียดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (Mean particle size, μm Max) เท่ากับ 60, Diluent เป็น glycidyl ester ลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใส กลิ่นเฉพาะตัวอ่อนๆ, Fume silica ลักษณะเป็นผงสีขาวเบา, Solvent No.1 เป็น Aromatic solvent ลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใสกลิ่นแรงมีความถ่วงจำเพาะที่ 25 ^oC เท่ากับ 0.900 min มีจุดเดือด (Boiling point) เท่ากับ 170 -225 ^oC, Solvent No. 2 เป็นAromatic solvent ลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสีมีกลิ่นน้ำมันสนรุนแรงมีจุดเดือด (Boiling point) เท่ากับ 138 -143 ^oC มีค่าความถ่วงจำเพาะที่ 15 ^oC เท่ากับ 870 kg /m^3, เกลือสำหรับเตรียมน้ำทะเลเทียม ยี่ห้อ Aquaraise Limited partnership.Bangkok Thailand (www. AquaRaise.com) เตรียมที่ความเข้มข้นเท่ากับ 28- 35 ppt (1.5 Kg /46 L –1.5 Kg /37 L)

การเตรียมตัวอย่างผงกากตะกอน

นำกากตะกอนที่ได้จากกระบวนการสร้างและรวมตะกอนซึ่งตากด้วยแสงแดดจนแห้งแล้วมาทำให้มีขนาดเล็กลงโดยใช้ค้อนทุบแล้วนำมาแยกขนาดอนุภาคโดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh โดยเก็บกากตะกอนจำนวน 5 ครั้ง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงตะกอนทั้ง 5 ตัวอย่าง

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงตะกอนเปรียบเทียบกับ $CaCO_3$ และ Glass sphere ซึ่งในการทดสอบแต่ละเรื่องดำเนินการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ ได้แก่

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (Mean Diameter)โดยใช้เครื่องวัดขนาดของอนุภาค รุ่น Masterizer Ver.2.19
- ความหนาแน่น (Density)โดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่นของอนุภาค รุ่น Ultrapycometer 1000 Version 2.12
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)โดยการนำผงกากตะกอนมาละลายน้ำ 1 %
- ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)โดยการนำผงกากตะกอนมาละลายน้ำ 1 %
- ความชื้น (%) (% Moisture Content)โดยใช้เตาอบ (MEMMERT UE400) และเครื่องชั่ง (Precisa,XT220A)

การเตรียมตัวอย่างอีพอกซี

เตรียมตัวอย่างอีพอกซีตามอัตราส่วนแสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 โดยใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์ปั่นผสม 800-1000 รอบต่อนาที

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของอีพอกซีโดยการนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$

ข้อมูล	Control	ปริมาณของผงตะกอนที่แทน $CaCO_3$ (% w/w)			
		25	50	75	100
Epoxy resin	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Diluent	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
Fume Silica	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
TiO_2	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
$CaCO_3$	18.00	13.50	9.00	4.50	0.00
Glass Sphere	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
ผงตะกอน	0.00	4.50	9.00	13.50	18.00
Solvent No.1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของอีพอกซีโดยการนำผงตะกอนแทน Glass sphere

ข้อมูล	Control	ปริมาณของผงตะกอนที่แทน Glass sphere (% w/w)			
		25	50	75	100
Epoxy resin	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Diluent	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
Fume Silica	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
TiO_2	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
$CaCO_3$	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Glass Sphere	4.00	3.00	2.00	1.00	0.00
ผงตะกอน	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
Solvent No.1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

เตรียมตัวอย่างน้ำยาผสมแข็ง

เตรียมตัวอย่างน้ำยาผสมแข็งตามอัตราส่วนแสดงดังตารางที่ 3 โดยใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์ปั่นผสม 1000 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมของน้ำยาผสมแข็ง

รายการ	เปอร์เซ็นต์ (%)
น้ำยาสผมแข็ง	45.50
$CaCO_3$	48.00
Fume Silica	6.00
Solvent No.2	0.50
TOTAL	100.00

ศึกษาความข้นหนืด (Viscosity) และระยะเวลาการแห้งสัมผัสหรือแห้งแตะได้ (Touch dry) ของอีพอกซีเมื่อนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere

ศึกษาความข้นหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 67 % และศึกษาระยะเวลาการแห้งสัมผัสที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 67 %

การเตรียมตัวอย่างชิ้นงานและศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของอีพอกซี

โดยนำตัวอย่างอีพอกซีที่เตรียมตามสูตรผสมกับน้ำยาผสมแข็งที่เตรียมตามสูตรในอัตราส่วน 2:1 ใช้แท่งแก้วกวนเป็นเวลา 1-2 นาที จนเข้าเป็นเนื้อเดียวกันจากนั้นเทลงในแบบ (mold) ขนาด 12.7 x12.7 x 50 mm ซึ่งเตรียมสำหรับการทดสอบการทนต่อแรงอัด (Compressive strength) และขนาด 25 x75 x6 mm สำหรับการทดสอบความแข็ง และการทนการกัดกร่อนจากน้ำทะเลเทียมโดยชิ้นงานทั้งหมดเตรียมที่อุณหภูมิห้องใช้เวลา 48 ชั่วโมงจึงถอดตัวอย่างออกจากแบบ (mold) ซึ่งการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลได้ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

- การทดสอบแรงอัด (Compressive strength) ตาม ASTM D 695-Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastic ขนาดชิ้นงาน 12.7 x12.7 x 50 mm สภาวะการทดสอบความเร็วหัวทดสอบคือ 2.0 mm /min อุณหภูมิ 23 ^{o}C ความชื้น สัมพัทธ์ 52 %
- การทดสอบความแข็ง (Hardness) แบบชอร์ D ตาม ASTM D224000 Standard Test Method for Rubber Propetty-Durometer Hardness ขนาดชิ้นงาน 25 x75 x6 mm สภาวะการทดสอบ Indentor 2.46 – 2.54 mm อุณหภูมิ 23 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 52 %

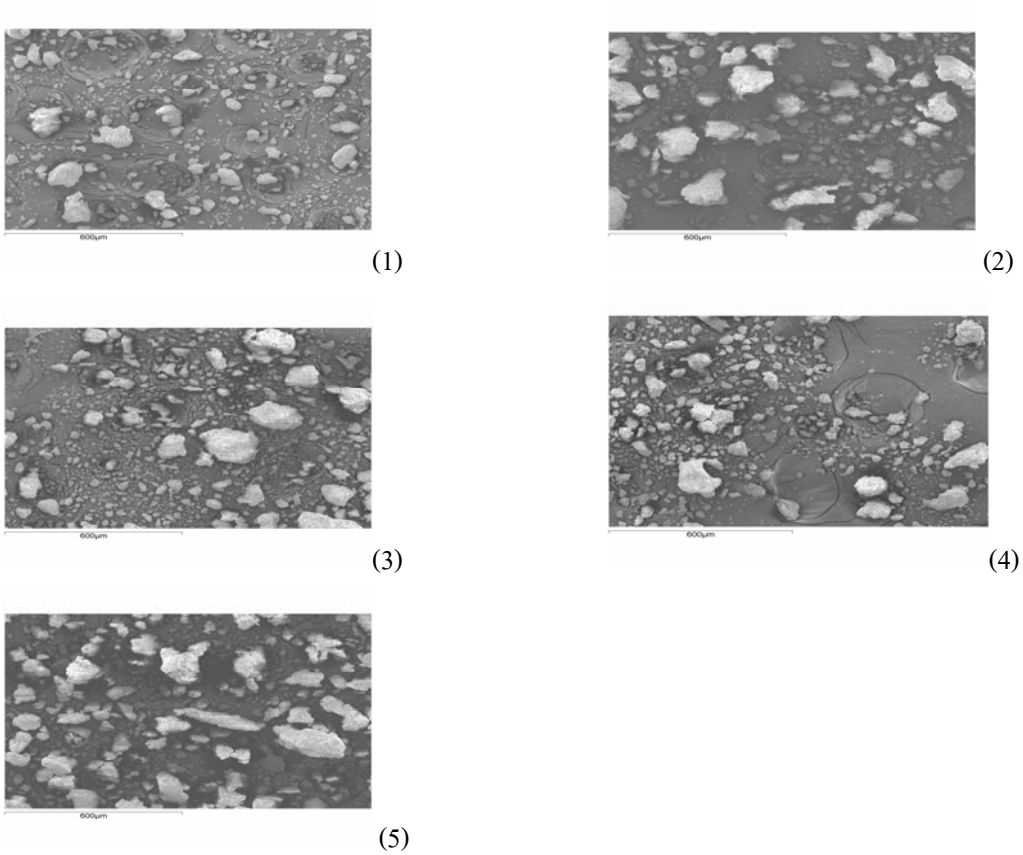
ศึกษาสมบัติทางเคมีของอีพอกซี

ศึกษาสมบัติทางเคมีของอีพอกซี ได้แก่ การทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลโดยใช้น้ำทะเลเทียมเตรียมโดยนำชิ้นงานแช่ในน้ำทะเลเทียม 100 ml ใส่ขวดแก้วปิดปากขวดให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยใช้ระยะเวลาในการติดตามผล 2 เดือน

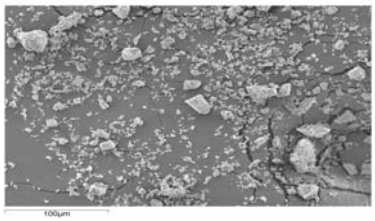
ผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผงตะกอน

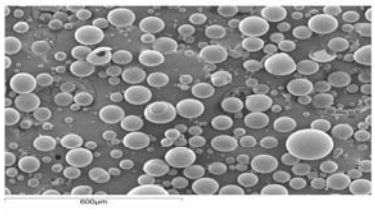
ในการวิเคราะห์ลักษณะของผงตะกอนพบว่าผงตะกอนมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลละเอียดใกล้เคียงกันทั้ง 5 ตัวอย่างและจากการศึกษาโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าลักษณะและรูปร่างของผงตะกอนทั้ง 5 ตัวอย่างมีลักษณะคล้ายกันคือมีรูปทรงที่ไม่แน่นอนซึ่งแสดงดังรูปที่ (1-5)นอกจากนี้ผงตะกอนยังมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า $CaCO_3$ และ Glass sphere ซึ่งแสดงดัง รูปที่ 2 และ รูปที่ 3



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของผงตะกอนทั้ง 5 ตัวอย่างจากเครื่อง Scanning electron microscope photographs (100X) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค เท่ากับ 53.18 μm



รูปที่2 ลักษณะทางกายภาพของ $CaCO_3$ จากเครื่อง Scanning electron microscope photographs (100X) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค เท่ากับ 9 μm



รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของ Glass sphere จากเครื่อง Scanning electron microscope photographs (100X) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค เท่ากับ 60 μm

จากการวิเคราะห์ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (Mean Diameter) ค่าความหนาแน่น (Density) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และความชื้น (%) (% Moisture content) ของผงตะกอนสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4 เปรียบเทียบกับ $CaCO_3$ และ Glass sphere

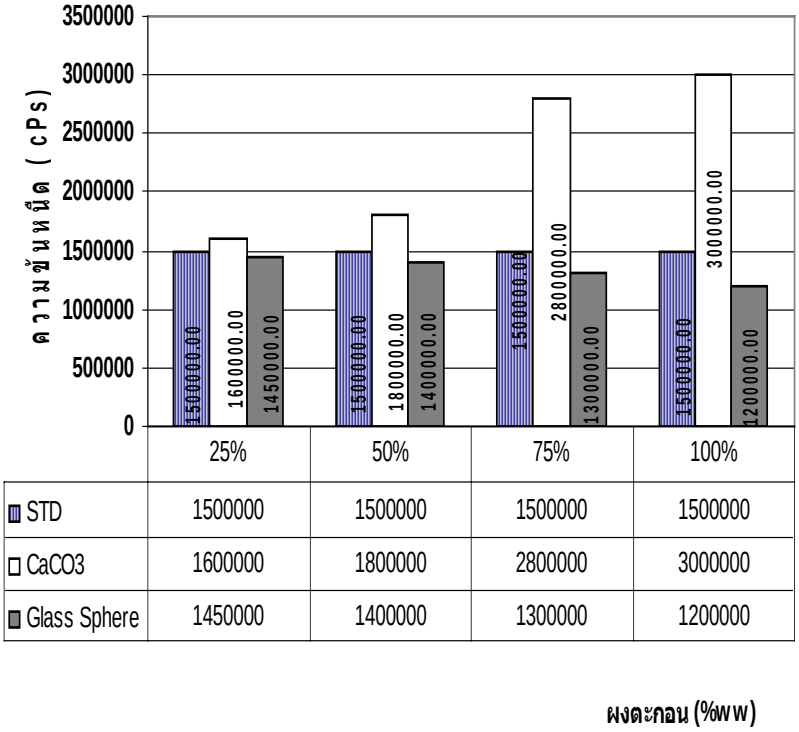
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค, ค่าความหนาแน่นม, ค่าความเป็นกรดด่าง, ค่าการนำไฟฟ้าและเปอร์เซ็นต์ความชื้น (% Moisture content) ของผงตะกอนกับ $CaCO_3$ และ Glass sphere

Data	ผงตะกอน	$CaCO_3$	Glass sphere
Mean Diameter (μm)	53.18*	9	60
Density (g/cm^3)	1.44476*	2.7	0.19
pH	7.38*	7.1	7.0
Conductivity	896*	500	600
% Moisture Content	6.944*	0.01	6.59

* เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่างผงตะกอนทั้ง 5 ตัวอย่าง

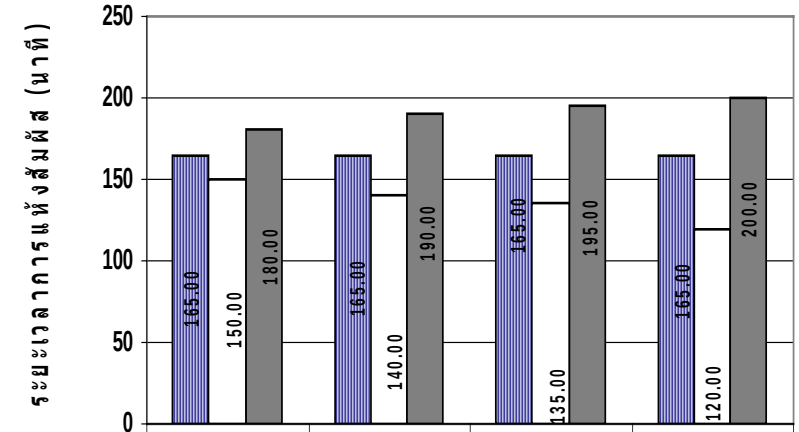
วิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของอีพอกซีจากการนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$และ Glass sphere

เปรียบเทียบความข้นหนืดจากการนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$และ Glass sphere แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความข้นหนืดจากการนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere

จากรูปที่ 4 พบว่าค่าความข้นหนืดจะมีค่ามากขึ้นเมื่อนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ ในทางกลับกันจะมีค่าลดลงเมื่อแทน Glass sphere จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาการแห้งสัมผัส พบว่าระยะเวลาการแห้งสัมผัสจะมีค่ามากขึ้นเมื่อนำผงตะกอนแทน Glass sphere ในทางกลับกันจะใช้เวลาน้อยลงเมื่อแทน $CaCO_3$ แสดงดังรูปที่ 5



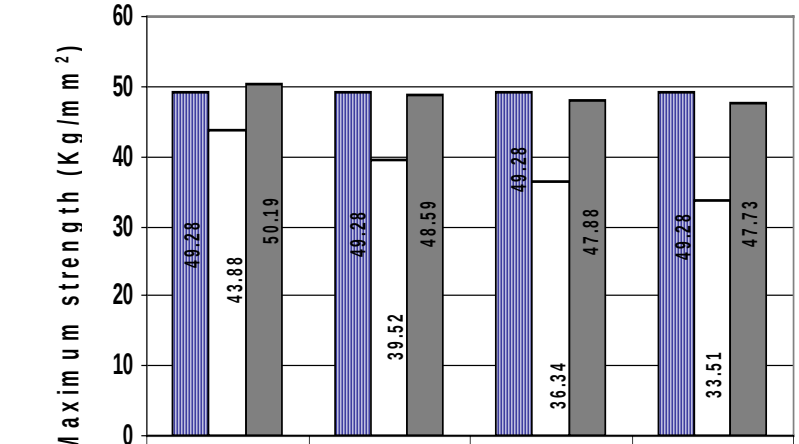
	25%	50%	75%	100%
STD	165.00	165.00	165.00	165.00
CaCO3	150.00	140.00	135.00	120.00
Glass Sphere	180.00	190.00	195.00	200.00

ผงตะกอน (%ww)

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาการแห้งสัมผัสจากการนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere

วิเคราะห์และเปรียบเทียบการทดสอบคุณสมบัติทางกลของอีพอกซี

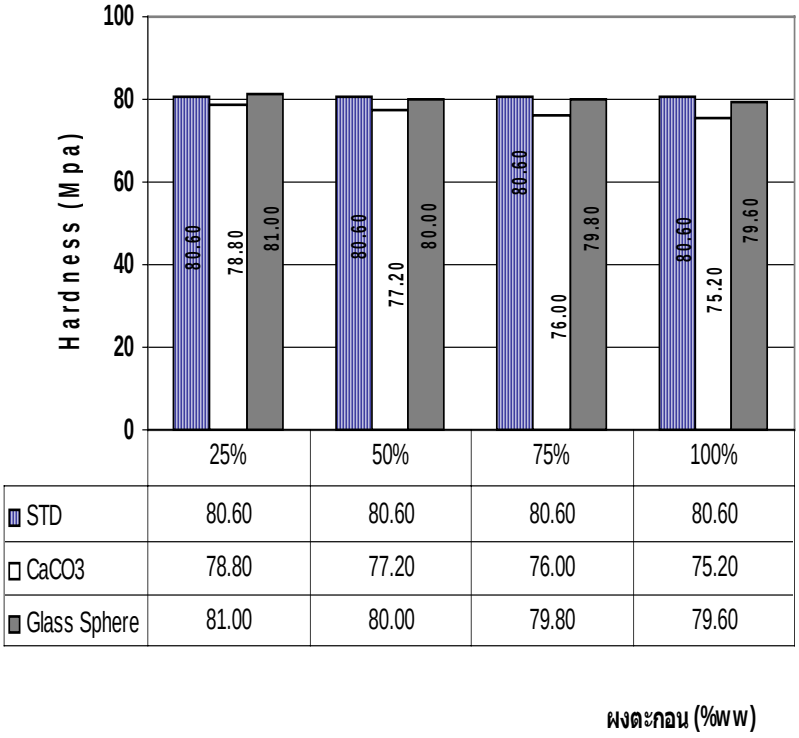
จากการวิเคราะห์สมบัติการทนแรงอัด (Compressive strength) ของอีพอกซีเมื่อนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere พบว่าค่าการทนแรงอัดสูงสุด (Maximum strength) ที่ได้จากการนำผงตะกอนแทน Glass sphere จะให้ค่าใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานมากว่า $CaCO_3$ แสดงได้ดังรูปที่ 6



	25%	50%	75%	100%
STD	49.28	49.28	49.28	49.28
CaCO3	43.88	39.52	36.34	33.51
Glass Sphere	50.19	48.59	47.88	47.73

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ของค่าการทนแรงอัดสูงสุด (Maximum strength) จากการนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าความแข็ง (Hardness) จากการนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ที่ได้จากการนำผงตะกอนแทน Glass sphere จะให้ค่าใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานมากกว่า $CaCO_3$ แสดงดังรูปที่ 7



	25%	50%	75%	100%
STD	80.60	80.60	80.60	80.60
CaCO3	78.80	77.20	76.00	75.20
Glass Sphere	81.00	80.00	79.80	79.60

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความแข็ง (Hardness) จากการนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere

วิเคราะห์และเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของอีพอกซีเรื่องการทนทานต่อการกัดกร่อนจากน้ำทะเลเทียม

จากการทดสอบเรื่องการทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลเทียมเมื่อนำผงตะกอนมาแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere พบว่าสามารถทนการกัดกร่อนได้ชิ้นงานไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพเมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพหลังจากติดตามผลการทดสอบเป็นระยะเวลา 2 เดือน

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการนำผงตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตลาเท็กซ์มาเป็นฟิลเลอร์ทดแทนการใช้ $CaCO_3$ และ Glass sphereในอีพอกซีเรซินพบว่าผงตะกอนสามารถทดแทนการใช้ Glass sphere ได้ดีกว่า $CaCO_3$ โดยอัตราส่วนของผงตะกอนที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้อีพอกซีมีสมบัติทางกลในเรื่องการทนแรงอัด (Compressive strength) และความแข็ง (Hardness) สูงสุดได้แก่ Epoxy resin 50.00% (w/w) Diluent 13.50% (w/w) Fume silica 6.00% (w/w) TiO_2 8.00% (w/w) $CaCO_3$ 18.00% (w/w) Glass sphere 3.00% (w/w) Solvent No.1 0.50% (w/w) และผงตะกอน 1.00% (w/w) ทั้งนี้เนื่องจาก

1. ผงตะกอนมีรูปทรงที่ไม่แน่นอนและมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่รวมทั้งมีค่าความชื้น (%) ที่สูงกว่า $CaCO_3$ และ Glass sphere ดังนั้นเมื่อนำผงตะกอนแทน $CaCO_3$ จึงทำให้ค่าความข้นหนืดมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อนำผงตะกอนแทน Glass sphere ทำให้ค่าความข้นหนืดลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก Glass sphere เป็นฟิลเลอร์ที่มีวัตถุประสงค์สำหรับปรับความข้นหนืดเพราะโครงสร้างเป็นรูปทรงลักษณะกลมที่เหมือนกัน (อรอุษา, 2546 : 29) แต่ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์ของ Glass sphere ในสูตรมีปริมาณน้อยกว่า $CaCO_3$ ดังนั้นปริมาณของผงตะกอนที่ทดแทน $CaCO_3$ จึงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การแทนที่ที่เท่ากัน ซึ่งส่งผลทำให้ระยะเวลาการแห้งสัมผัสแปรผกผันตามปริมาณของผงตะกอนคือระยะเวลาการแห้งสัมผัสจะมากขึ้นเมื่อมีปริมาณผงตะกอนน้อยลงจากการทดลองพบว่าการใช้ผงตะกอนปริมาณน้อยที่สุดคือ 1.00 % (w/w) จะให้ระยะเวลาการแห้งสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานที่สุด

2. รูปทรงและขนาดอนุภาคมีผลต่อสมบัติทางกลของอีพอกซีจากการศึกษาพบว่าค่าการทนแรงอัดสูงสุด (Maximum strength) และค่าความแข็ง (Hardness) แปรผกผันตามปริมาณของผงตะกอน คือค่าการทนแรงอัดสูงสุด (Maximum strength) และค่าความแข็ง (Hardness) จะมีค่ามากขึ้นเมื่อมีปริมาณผงตะกอนน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคที่ใหญ่และรูปทรงที่ไม่แน่นอนของผงตะกอนสำหรับ Glass sphere พบว่าเมื่อนำผงตะกอนแทนที่ที่ 25% จะให้ค่าการทนแรงอัดสูงสุด (Maximum strength) และความแข็ง (Hardness) ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานมากที่สุดส่วนที่ 50 % 75% และ 100% ให้ค่าลดลงตามลำดับแต่จะใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานมากกว่าการแทนที่ $CaCO_3$

3. จากการทดสอบเรื่องการทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลเทียมเมื่อนำผงตะกอนมาแทน $CaCO_3$ และ Glass sphere พบว่าสามารถทนการกัดกร่อนได้ชิ้นงานไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพเมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพหลังจากติดตามผลการทดสอบเป็นระยะเวลา 2 เดือน เนื่องจากการทนทานต่อสารเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของอีพอกซีและน้ำยาผสมแข็ง (นพรัตน์ ไทยวัฒนาพร 2548)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม ประจำปี 2551 และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุนสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป ขอขอบคุณบริษัทซีลิค เคมิคอลจำกัดที่ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูลการวิจัย สถานที่ การผลิตตัวอย่างชิ้นงาน และอุปกรณ์ทดสอบ ตลอดจนสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบตัวอย่าง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

นพรัตน์ ไทยวัฒนาพร. “การใช้อีพอกซีในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์”. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539). “กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม”. ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ที่113 ตอนที่13ง , 2539.

อรอุษา สรวารี. สารเติมแต่งพอลิเมอร์ เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ภาษาอังกฤษ

C.Carfagna, V. Ambrogi, G. Cicala, A. Pollicino, A. Recca, G. Costa. “Reactive microspheres as active filler for epoxy resins.” Journal of Applied Polymer Science 93, 5(2004) : 2031-2044

P. Kalenda & A. Kalendová. “ Improved Chemical Resistance of Epoxy Resin-Based Coating compositions.”.Dyes and Pigments, 27,4 (1994) : 305-312.