



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำผงตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตลาเท็กซ์มาเป็นตัวเติมทดแทนการใช้  $\text{CaCO}_3$  และ Glass spheres ในผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีสามารถสรุปได้ว่า

1. ผงตะกอนสามารถทดแทนการใช้ Glass spheres ได้ดีกว่า  $\text{CaCO}_3$  โดยอัตราส่วนของผงตะกอนที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีมีสมบัติทางกายภาพ ทางกลและทางเคมีใกล้เคียงกับสูตรควบคุมหรือสูตรมาตรฐานที่บริษัทใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีมากที่สุดคือ การนำผงตะกอนแทน Glass spheres ที่ 25% (w/w) ซึ่งมีองค์ประกอบของสูตรดังนี้

epoxy prepolymer: diluent : silica fume :  $\text{TiO}_2$  :  $\text{CaCO}_3$  : glass spheres : solvent No.1: ผงตะกอน  
 50.00 : 13.50 : 6.00 : 8.00 : 18.0 : 3.00 : 0.50 : 1.00

2. ขนาดและความหนาแน่นของผงตะกอนมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซี เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพพบว่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ผงตะกอนแทน  $\text{CaCO}_3$  เนื่องจากผงตะกอนมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า  $\text{CaCO}_3$  และเมื่อนำผงตะกอนแทน Glass spheres ความหนืดลดลงเนื่องจากผงตะกอนมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า Glass spheres และพบว่าระยะเวลาการแห้งตัวของผงตะกอนแทน  $\text{CaCO}_3$  และมีระยะเวลาการแห้งตัวของผงตะกอนแทน Glass spheres พิจารณาสมบัติทางกลในเรื่องความทนแรงอัดและความแข็งของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีพบว่าเมื่อนำผงตะกอนแทน  $\text{CaCO}_3$  ทำให้ความทนแรงอัดและความแข็งมีค่าลดลง เนื่องจากผงตะกอนมีความหนาแน่นน้อยกว่า  $\text{CaCO}_3$  เมื่อนำผงตะกอนแทน Glass spheres ทำให้ความทนแรงอัดและความแข็งของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีมีค่าไม่ต่างจากค่ากำหนดของผลิตภัณฑ์มากนัก ถึงแม้ผงตะกอนมีความหนาแน่นมากกว่า Glass spheres ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนผสมของ Glass spheres ในสูตรมีปริมาณค่อนข้างน้อย

3. จากการทดสอบเรื่องการทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลเทียม พบว่าลักษณะพื้นผิวทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพสามารถทนทานต่อ

การกักกรองของน้ำทะเลเทียมได้ ทั้งนี้เนื่องจากการทนทานต่อสารเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของฟริพอลิเมอร์อีพ็อกซีและชนิดของสารทำแข็ง

4. เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้ตัวเติมและราคาพบว่าเมื่อนำผงตะกอนแทน Glass spheres ปริมาณ 25% (w/w) นอกจากทำให้ผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีมีสมบัติทางกายภาพ ทางกล และทางเคมีใกล้เคียงสูตรควบคุมหรือสูตรมาตรฐานที่บริษัทใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีสูตรมาตรฐานแล้วยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อวัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวเติม ซึ่งปริมาณการใช้และราคาของตัวเติมแสดงได้ดังนี้

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณการใช้ต่อปี	ค่าใช้จ่ายในการใช้วัตถุดิบต่อปี
CaCO <sub>3</sub>	5.5	4000 กิโลกรัม	22,000 บาท / ปี
Glass spheres	222	600 กิโลกรัม	133,000 บาท / ปี

ในการคำนวณค่าใช้จ่ายการนำกากตะกอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียมาเปลี่ยนสภาพเป็นผงตะกอนแสดงได้ดังนี้

ปริมาณกากตะกอนน้ำเสีย เฉลี่ยในแต่ละเดือน เท่ากับ 150 กิโลกรัม

จำนวนพนักงานที่ใช้ในการปฏิบัติงาน จำนวน 2 คน

ระยะเวลาที่พนักงานใช้ในการทုပ် / บดกากตะกอน เท่ากับ 4 ชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 105 บาท / 4 ชั่วโมง

ระยะเวลาที่พนักงานใช้ในการนำตะกอนร้อนผ่านตะแกรงร่อน 100 mesh เท่ากับ 4 ชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 105 บาท / 4 ชั่วโมง

ดังนั้นคิดเป็นราคาของผงตะกอน เท่ากับ 1.4 บาท / กิโลกรัม

ซึ่งจากการคำนวณราคาของผงตะกอนพบว่าผงตะกอนมีราคาที่ถูกกว่า CaCO<sub>3</sub> แต่เนื่องจากขนาดอนุภาคของผงตะกอนที่ใหญ่กว่าทำให้สามารถแทน CaCO<sub>3</sub> ได้ไม่มาก ดังนั้นถ้าผงตะกอนมีขนาดอนุภาคที่เล็กลง โดยอาจทำการบดกากตะกอนให้ละเอียดมากขึ้นและเลือกใช้ตะแกรงร่อนเบอร์เล็กลง อาจทำให้ขนาดอนุภาคของผงตะกอนใกล้เคียง CaCO<sub>3</sub> มากขึ้นและสามารถนำมาแทนได้มากขึ้น นอกจากนี้อาจขยายการใช้งานของผงตะกอนไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีการใช้ตัวเติมเพื่อลดปริมาณของตัวเติมเดิม ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถนำผงตะกอนมาลดปริมาณการใช้ Glass spheres โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อ Glass spheres เป็นจำนวนเงิน 33,000 บาท/ปี นอกจากนี้ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียเป็นจำนวนเงินประมาณ 20,000 บาท/ปี ทั้งนี้ถึงแม้จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายเพียงจำนวนไม่มาก แต่สามารถนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่และลดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

## ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางสำหรับการนำของเสี้ยกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยนำมาเป็นตัวเติมลงในผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซี แต่ทั้งนี้ควรมีการศึกษาสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของตัวเติมเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ก่อนนำมาใช้เป็นตัวเติม เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพ และทางกลของผลิตภัณฑ์ได้ สำหรับการขยายสเกลสู่การผลิตควรมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมดังนี้

### 1. คุณสมบัติและคุณภาพของผงตะกอน ได้แก่

1.1 การควบคุมลักษณะทางกายภาพของผงตะกอน เช่น การควบคุมให้ผงตะกอนมีขนาดอนุภาคเล็กลง โดยเลือกใช้ตะแกรงร่อนให้มีความละเอียดมากขึ้น

1.2 การควบคุมความชื้นของผงตะกอนอาจทำได้โดยการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความชื้นในตะกอน เช่น ระยะเวลาในการตากตะกอน อุณหภูมิ รวมถึงสถานที่จัดเก็บกากตะกอน เป็นต้น

1.3 ในการนำผงตะกอนมาใช้ประโยชน์ควรมีการกำหนดคุณลักษณะและคุณสมบัติของผงตะกอนเพื่อให้ตะกอนที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแต่ละครั้งมีความใกล้เคียงกัน เช่น ลักษณะทางกายภาพ pH การนำไฟฟ้า ขนาดของผงตะกอน เป็นต้น รวมถึงการนำผงตะกอนมาทดสอบในผลิตภัณฑ์ก่อนนำมาใช้ในการผลิตจริง

1.4 ควรมีการศึกษาเรื่องข้อมูลความปลอดภัยของผงตะกอน เช่น ปริมาณของโลหะหนักตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม เป็นต้น

### 2. การศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องสมบัติทางกายภาพ ทางกล และทางเคมีของผงตะกอนและผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีเมื่อนำผงตะกอนมาเป็นตัวเติม ดังนี้

2.1 สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ รูปร่างและความพรุนของอนุภาค (Shape and porosity) เป็นต้น

2.2 สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความต้านทานความร้อน (Heat resistance) การดูดซับน้ำ (Water absorption) เป็นต้น

2.3 สมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength), ความต้านทานแรงกระแทก (Izod notch impac) เป็นต้น

2.4 สมบัติทางเคมี ได้แก่ การทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี (Chemical resistance) เป็นต้น

### 3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผงตะกอนเป็นตัวเติมสำหรับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีการใช้ตัวเติม เช่น นำมาผสมในคอนกรีต เป็นต้น

4. การใช้งานผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีควรคำนึงถึงความปลอดภัย ดังนี้
  - 4.1 ควรทำงานในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี
  - 4.2 ใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น หน้ากากป้องกันสารเคมี ถุงมือ เป็นต้น
  - 4.3 ให้ความรู้เรื่องการใช้งานผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจก่อนนำไปใช้งาน
  - 4.4 กรณีที่มีการสัมผัสโดยตรงกับผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีควรปฏิบัติดังนี้
    - ให้เปลี่ยนเสื้อผ้าใหม่ทันที
    - ถ้าสัมผัสโดนร่างกายให้ทำความสะอาดด้วยน้ำสบู่และน้ำสะอาดทันที ถ้าสัมผัสทางตาให้ล้างออกด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง และรีบไปพบแพทย์เพื่อรับการตรวจ
    - กรณีอื่นๆ ให้ใช้น้ำสบู่และน้ำสะอาดล้าง ไม่ควรล้างด้วยตัวทำละลายเพราะมีผลทำให้ผิวหนังแห้งก่อให้เกิดอันตรายได้