รายการรูปประกอบ

รูป **หน้า**

2.1 ลักษณะการใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิงแต่ละประเภท 4

2.2 หลักการของเซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริค (Phosphoric Acid Fuel Cells, PAFC) 5

2.3 หลักการเซลล์เชื้อเพลิงแบบคาร์บอเนตหลอม (Molten Carbonate Fuel Cells, MCFC) 6

2.4 หลักการเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์ของแข็ง (Solid Oxide Fuel Cells, SOFC) 6

2.5 หลักการเซลล์เชื้อเพลิงแบบอัลคาไลน์ (Alkaline Fuel Cells, AFC) 7

2.6 เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน 8

2.7 เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนสำหรับงานวิจัยพื้นที่ขนาด 5 cm^2 8

2.8 กลไกการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงประเภทพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์เมมเบรน 9

2.9 เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding machine) 11

2.10 โครงสร้างของพอลิคาร์บอเนต 13

2.11 หน่วยพื้นฐานของ PAN 13

2.12 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของ PAN 13

2.13 ปฏิกิริยา carbonization (graphitization) ของ PAN 13

2.14 กลไกการยึดเกาะระหว่างพอลิเมอร์หรือเส้นใยเสริมแรงโดยการใช้สารประสาน 15

2.15 โครงสร้างของไซเลน 15

2.16 การไฮโดรไลซิสของไซเลน 16

2.17 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของไซเลนกับสารตัวเติม 16

3.1 รูปร่างตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่ใช้ทดสอบความเค้น 23

3.2 เครื่องทดสอบแรงดึง SHIMADZU รุ่น Autograph AG – 1 23

3.3 ลักษณะชิ้นงานทดสอบสมบัติการนำไฟฟ้า 25

3.4 เครื่อง impedance analyzer Autolab 26

4.1 SEM micrographs ของแปรงถ่าน ที่กำลังขยาย (ก) 100 เท่า และ (ข) 250 เท่า 28

4.2 SEM micrographs ของ Stat-kon® ทางการค้าก่อนขึ้นรูป ที่กำลังขยาย (ก) 100 เท่า และ (ข) 250 เท่า และ Stat-kon® บด ก่อนขึ้นรูป ที่กำลังขยาย (ค) 100 เท่า และ (ง) 250 เท่า 28

4.3 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตระหว่าง Stat-kon® ที่มีขนาดต่างๆ กับแปรงถ่าน ที่ความเข้มข้น 32%โดยน้ำหนัก ผสมแบบใช้สารละลาย และมีการเติมไซเลน ที่กำลังขยาย 50 เท่า (ก) Stat-kon® ทางการค้า และ (ข) Stat-kon® บด และที่กำลังขยาย 100 เท่า (ค) Stat-kon® ทางการค้า และ (ง) Stat-kon® บด 30

4.4 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตระหว่าง Stat-kon®ที่มีขนาดต่างๆ กับแปรงถ่าน ที่ความเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก ผสมแบบใช้สารละลาย และมีการเติมไซเลน ที่กำลังขยาย 50 เท่า (ก) Stat-kon®ทางการค้า (ข) Stat-kon®บด และที่กำลังขยาย 100 เท่า (ค) Stat-kon®ทางการค้า (ง) Stat-kon®บด 31

4.5 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตระหว่าง Stat-kon®ที่มีขนาดต่างๆ กับแปรงถ่าน ที่ความเข้มข้น 50% โดยน้ำหนัก ผสมแบบใช้สารละลาย และมีการเติมไซเลน ที่กำลังขยาย 50 เท่า (ก) Stat-kon®ทางการค้า (ข) Stat-kon®บด และที่กำลังขยาย 250 เท่า (ค) Stat-kon®ทางการค้า (ง) Stat-kon®บด 32

4.6 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก Stat-kon® ทางการค้าที่ปริมาณแปรงถ่าน 32% โดยน้ำหนัก ที่มีการเติมไซเลน ที่กำลังขยาย 50 เท่า (ก) ผสมโดยใช้สารละลาย และ (ข) ผสมไม่ใช้สารละลาย และที่กำลังขยาย 100 เท่า (ค) ผสมโดยใช้สารละลาย และ (ง) ผสมไม่ใช้สารละลาย 34

4.7 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก Stat-kon® ทางการค้าที่ปริมาณแปรงถ่าน 40%โดยน้ำหนัก ที่มีการเติมไซเลน ที่กำลังขยาย 50 เท่า (ก) ผสมโดยใช้สารละลาย (ข) ผสมไม่ใช้สารละลาย และที่กำลังขยาย 100 เท่า (ค) ผสมโดยใช้สารละลาย (ง) ผสมไม่ใช้สารละลาย 35

4.8 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก Stat-kon® ทางการค้าที่ปริมาณแปรงถ่าน 50% โดยน้ำหนัก ที่มีการเติมไซเลน ที่กำลังขยาย 50 เท่า (ก) ผสมโดยใช้สารละลาย (ข) ผสมไม่ใช้สารละลาย และที่กำลังขยาย 100 เท่า (ค) ผสมโดยใช้สารละลาย (ง) ผสมไม่ใช้สารละลาย 36

4.9 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตระหว่าง Stat-kon® ทางการค้ากับแปรงถ่าน ที่ผสมแบบใช้สารละลาย (Solution blending) ที่มีการเติมไซเลน ที่ความเข้มข้นแปรงถ่าน 32 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย (ก) 50 เท่า และ (ข) 250 เท่า, ความเข้มข้นแปรงถ่าน 40 %โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย (ค) 50 เท่า และ (ง) 250 เท่า และที่ความเข้มข้นแปรงถ่าน 50 %โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย (จ) 50 เท่า และ (ฉ) 250 เท่า 38

4.10 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมแบบไม่ใช้สารละลาย (Dry blend) ที่ผสมแปรงถ่าน ที่กำลังขยาย 100 เท่า ความเข้มข้นแปรงถ่าน 32 % โดยน้ำหนัก (ก) ไม่เติมไซเลน และ (ข) เติมไซเลน และความเข้มข้นแปรงถ่าน 40 %โดยน้ำหนัก (ค) ไม่เติมไซเลน และ (ง) เติมไซเลน 39

4.11 SEM micrographs ของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมแบบใช้สารละลาย (Solution blending) ที่ผสมแปรงถ่าน ที่กำลังขยาย 100 เท่า ความเข้มข้นแปรงถ่าน 32 % โดยน้ำหนัก (ก) ไม่เติมไซเลน และ (ข) เติมไซเลน และความเข้มข้นแปรงถ่าน 40 %โดยน้ำหนัก (ค)ไม่เติมไซเลน และ (ง) เติมไซเลน 40

4.12 ผลของขนาดอนุภาค Stat-kon® ที่มีต่อค่า Tensile strength ของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมแบบใช้สารละลายที่ปริมาณแปรงถ่าน 32% และ 40%โดยน้ำหนัก 42

4.13 ผลของขนาดอนุภาค Stat-kon® ที่มีต่อค่า Tensile strength ของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมแบบไม่ใช้สารละลายที่ปริมาณแปรงถ่าน 32% และ 40%โดยน้ำหนัก 42

4.14 ผลของการใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนในการผสมที่มีต่อค่า Tensile strength ของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก Stat-kon®ทางการค้าที่เติมไซเลน เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารละลายในการผสม (Dry blend) 44

4.15 ผลของการใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนในการผสมที่มีต่อค่า Tensile strength ในการเตรียมวัสดุคอมโพสิต Stat-kon®บดที่เติมไซเลน เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารละลายในการผสม (Dry blend) 44

4.16 ผลของปริมาณแปรงถ่านที่มีต่อค่า Tensile strength ในการเตรียมวัสดุคอมโพสิตระหว่าง Stat-kon® ทางการค้ากับแปรงถ่าน 46

4.17 ผลของขนาดอนุภาค Stat-kon®ทางการค้าที่มีต่อค่า Electrical Conductivity ของวัสดุคอมโพสิต ที่เตรียมแบบใช้สารละลาย (Solution blending) และมีการเติมไซเลน 48

4.18 ผลของขนาดอนุภาค Stat-kon®ทางการค้าที่มีต่อค่า Electrical Conductivity ของวัสดุคอมโพสิต ที่เตรียมแบบไม่ใช้สารละลาย (Dry blend) และมีการเติมไซเลน 49

4.19 ผลของการใช้สารละลายในการผสมที่มีต่อค่า Electrical Conductivity ในการเตรียมวัสดุคอมโพสิต Stat-kon®ทางการค้ากับแปรงถ่าน ที่มีการเติมไซเลน 50

4.20 ผลของการใช้สารละลายในการผสมที่มีต่อค่า Electrical Conductivity ของวัสดุคอมโพสิต Stat-kon® ทางการค้ากับแปรงถ่าน ที่ไม่เติมไซเลน 51

4.21 ผลของไซเลนที่มีต่อค่า Electrical conductivity ในการเตรียมวัสดุคอมโพสิตแบบใช้สารละลาย (Solution blending) 52

4.22 ผลของไซเลนที่มีต่อค่า Electrical conductivity ในการเตรียมวัสดุคอมโพสิตแบบไม่ใช้สารละลาย (Dry blend) 53

4.23 ผลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อค่า Electrical conductivity ในการเตรียมวัสดุคอมโพสิตผสมระหว่างแปรงถ่าน และ Stat-kon® 55

ก.1 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ของแปรงถ่านก่อนการขึ้นรูปที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 62

ก.2 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ของพอลิคาร์บอเนตเสริมใยคาร์บอน (Stat-kon®) ขนาดอนุภาค 1.7 x 3.0 mm ก่อนการขึ้นรูปที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 63
ก.3 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ของพอลิคาร์บอเนตเสริมใยคาร์บอน (Stat-kon®) ขนาดอนุภาค 1.7 x 3.0 mm หลังการขึ้นรูปที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 64
ก.4 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ของพอลิคาร์บอเนตเสริมใยคาร์บอนบด (Stat-kon®บด) ก่อนการขึ้นรูปที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 65
ก.5 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 32%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 66
ก.6 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 40%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 67
ก.7 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 50%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 68
ก.8 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 32%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 69
ก.9 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 40%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 70
ก.10 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 50%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 71
ก.11 ภาพถ่าย SEM กล้อง SEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 32%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 500 เท่า 72
ก.12 ภาพถ่าย SEM กล้อง SEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 40%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 500 และ 1000 เท่า 73
ก.13 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 50%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 74
ก.14 ภาพถ่าย SEM กล้อง SEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 32%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 500 เท่า 75
ก.15 ภาพถ่าย SEM กล้อง SEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 40%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 500 เท่า 76
ก.16 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 32%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 77
ก.17 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 40%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 78

ก.18 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 50%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่ กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 79
ก.19 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 32%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่ กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 80
ก.20 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 40%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่ กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 81
ก.21 ภาพถ่าย SEM กล้อง BEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 50%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่ กำลังขยาย 100 และ 250 เท่า 82
ก.22 ภาพถ่าย SEM กล้อง EI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 32%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่ กำลังขยาย 100 และ 500 เท่า 83
ก.23 ภาพถ่าย SEM กล้อง SEI ที่ปริมาณแปรงถ่าน 40%โดยน้ำหนักของวัสดุคอมโพสิตที่ กำลังขยาย 500 และ 1000 เท่า 84