

ศึกษาการรับแรงของโซล่าเซลล์ เพื่อใช้ในงานวิศวกรรมโยธา

A STUDY OF THE STRENGTH OF SOLAR CELL FOR CIVIL
WORKS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF THE STRENGTH OF SOLAR CELL FOR CIVIL
WORKS



KRITSAKORN NIAMHOM

KHIRAKORN SUTTHIPRAPA

MEKA MUNJAI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการรับแรงของโซล่าเซลล์ เพื่อใช้ในงานวิศวกรรมโยธา

นายกฤษกร	เนียมหอม	รหัสนักศึกษา	59010037
นายศิรากร	สุทธิประภา	รหัสนักศึกษา	59010174
นายเมฆา	มันใจ	รหัสนักศึกษา	59011099

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชลิตา อุตะภา
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมนุษย์ได้ตระหนักถึงปัญหาทรัพยากรที่ลดลงอย่างมาก เช่น น้ำมัน ที่กำลังเหลือน้อยลง นอกจากนี้น้ำมันยังส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นมลพิษที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ต่างๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันเป็นอย่างมาก จึงมีการคิดค้นใช้พลังงานสะอาดขึ้นมา คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือโซล่าเซลล์ แต่ในปัจจุบันมีการนำโซล่าเซลล์ไปประยุกต์ใช้เข้ากับงานทางด้านวิศวกรรมโยธาที่ไม่มากนัก

จึงมีการศึกษานำอิพอกซีมาใช้เป็นวัสดุป้องกันแผ่นโซล่าเซลล์ จึงต้องมีการทดสอบในหลายด้านทั้งในด้านการรับแรงอัด (Compressive strength test) ด้านการรับแรงกระแทก (Drop test) และการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Efficiency test) โดยการทดสอบการรับแรงอัด (Compressive strength test) นั้นจะทำการหล่ออิพอกซีในอัตราส่วนที่กำหนดเป็นทรงลูกบาศก์ จากนั้นจะนำตัวอย่างที่ได้ไปเข้าเครื่อง UTM เพื่อหาค่า Average compressive strength ออกมาเพื่อดูว่าอิพอกซีมีความสามารถในการรับแรงอัดได้เพียงพอหรือไม่ หลังจากนั้นทำการทดสอบการรับแรงกระแทก (Drop test) โดยการหล่ออิพอกซีเป็นแผ่นแล้วนำมาทดสอบด้วย ลูกเหล็กทรงกลมที่ปล่อยจากความสูงที่กำหนด เพื่อทดสอบว่าแผ่นอิพอกซีสามารถทนรับแรงกระแทกได้กี่ครั้งก่อนที่จะเกิดการแตก สุดท้ายจะนำแผ่นอิพอกซีมาทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะนำแผ่นอิพอกซีมาวางทาบบนแผ่นโซล่าเซลล์ เพื่ออ่านค่าการผลิตกำลังไฟฟ้า ใน 2 สถานการณ์คือ 1.บริเวณกลางแจ้งได้รับแดดโดยตรง 2. บริเวณใต้ร่มเงาเมื่อแสงแดดโดนบดบัง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับวัสดุป้องกันแผ่นโซล่าเซลล์อื่นๆ

การศึกษาโครงการนี้เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษานำอิพอกซีมาประยุกต์ใช้กับแผ่นโซล่าเซลล์เพื่อนำโซล่าเซลล์ไปใช้ในงานด้านวิศวกรรมโยธาได้ในอนาคต

คำสำคัญ: อิพอกซี, โซล่าเซลล์, แรงอัด, แรงกระแทก, ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A study of the strength of solar cell for civil works

Mr. Kritsakorn Niamhom Student ID. 59010037

Mr. Khirakorn Sutthiprapa Student ID. 59010174

Mr. Meka Munjai Student ID. 59011099

Advisor: Asst. Prof. Dr. Chalida U-tapao

Academic Year 2019

ABSTRACT

Currently humans are aware of the problem of reduced resource, such as the oil shortages. Moreover, oil has a negative effect on the environment such as the pollution caused by the combustion process, which is an important factor affecting the current global warming. Therefore, has invented the use of clean energy, which is solar energy or solar cells. But nowadays, solar cells are not popular to applied in civil engineering work.

Therefore, we study to use epoxy as a protective material for solar cell sheets. Thus, needs to be tested in Compressive strength test, Drop test and Efficiency test. In testing the compressive strength test by casting epoxy in the specified ratio in a cube shape to be tested with UTM to get the average compressive strength. After that, test the Drop test by casting epoxy sheet for tested with steel ball released from a specified height. To test how many times the impact epoxy sheet can withstand before breaking. Finally use epoxy sheet to test the efficiency in 2 situations which are 1. Outdoor area receives direct sunlight. 2. The area under the shade when the sunlight is obscured. Then compared with other solar cell protection materials.

This project study is a guideline for studying how to apply epoxy to use with solar cells for future civil works.

KEYWORDS: solar cells, epoxy, Compressive test, Drop test, Efficiency test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.ชลิตา อุตะภา ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไข ปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเราผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง ในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยคณาจารย์ท่านต่าง ๆ ได้ถ่ายทอด ความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ต่าง ๆ จนสามารถนำมาใช้ในการทำงานและ การดำเนินชีวิตได้อย่างดียิ่ง ตลอดจนขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นกรรมการในการทดสอบ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการ ทำโครงการ รวมถึงตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้ศึกษาในภาควิชาโยธาตลอดมา

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถามตามความ เป็นจริงและครบถ้วน

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและกำลังใจในการ สนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำรู้สึก ซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

กฤษกร เนียมหอม
ศิริกร สุทธิประภา
เมฆา มั่นใจ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	3
2.1 อีพอกซี (Epoxy).....	3
2.2 กระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered Glass).....	6
2.2.1 การผลิตกระจกนิรภัยเทมเปอร์.....	7
2.2.2 การนำกระจกนิรภัยเทมเปอร์ไปใช้งาน.....	8
2.2.3 คุณสมบัติของกระจกนิรภัยเทมเปอร์.....	8
2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panel).....	9
2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).....	11
2.4.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์.....	13
2.4.2 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์.....	14
2.5 การทดสอบคุณสมบัติการรับแรงและประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า.....	16
2.5.1 การทดสอบแรงอัด (Compression test).....	16
2.5.2 การทดสอบแรงกระแทก (Drop Test).....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV ให้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า.....	17
2.6 Life Cycle Assessment (LCA).....	18
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน.....	24
3.1 การเตรียมส่วนผสมของอิพอกซี.....	24
3.2 การออกแบบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม.....	26
3.3 การทดสอบวัสดุ.....	29
3.3.1 การทดสอบลักษณะในเชิงตัวเลข.....	29
3.3.2 การทดสอบในเชิงกายภาพ.....	30
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	31
4.1 การทดสอบรับแรงอัด (Compressive strength test).....	31
4.2 ผลการทดสอบแรงกระแทก (Drop test).....	32
4.3 ผลทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า.....	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	37
5.1 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	37
5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ.....	37
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	38
บรรณานุกรม.....	39
ประวัติผู้เขียน.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ประเภทของวัสดุ โครงสร้างและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	13
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางแสดงผลการทดลองค่ากำลังรับแรงอัดที่นำตัวอย่างเข้าสู่เครื่องทดสอบ.....	29
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางแสดงผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้า.....	30
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบรับแรงอัด.....	31
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดสอบแรงกระแทกของอีพอกซี.....	32
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า.....	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ปฏิกริยาการสังเคราะห์ของอีพอกซี.....	4
รูปที่ 2.2 Cross Link ที่เกิดเป็นการทำปฏิกริยาระหว่าง หมู่ amine กับ หมู่ Epoxide.....	5
รูปที่ 2.3 ภาพรวมของ Cross link ที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุล.....	5
รูปที่ 2.4 กระจกนิรภัยเทมเปอร์และการแตก.....	7
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	10
รูปที่ 2.6 การทำงานในเซลล์แสงอาทิตย์.....	11
รูปที่ 2.7 อิเล็กตรอนและโฮลเคลื่อนที่เข้าหากัน.....	12
รูปที่ 2.8 ขั้นตอนทดสอบ Compression test	16
รูปที่ 2.9 โครงเหล็กรองรับกระจกตัวอย่างสำหรับการทดสอบแรงกระแทก.....	17
รูปที่ 2.10 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	19
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Gate.....	20
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Grave.....	20
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมของสารชนิดต่างๆ.....	21
รูปที่ 3.1 อีพอกซีเคลือบใสชนิด 200A.....	24
รูปที่ 3.2 อีพอกซีเคลือบใสชนิด 200B.....	24
รูปที่ 3.3 ตัวทำแข็งเรซิน.....	25
รูปที่ 3.4 ปีกเกอร์.....	25
รูปที่ 3.5 แท่งแก้ว.....	25
รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด.....	25
รูปที่ 3.7 ไม้อีพอกซี.....	25
รูปที่ 3.8 อ่างปรับอุณหภูมิ.....	25
รูปที่ 3.9 แบบหล่ออีพอกซี.....	26
รูปที่ 3.10 การเตรียมส่วนผสม.....	26
รูปที่ 3.11 การปรับอุณหภูมิสารในอ่างปรับอุณหภูมิ.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.12 ชั่งน้ำหนักส่วนผสม.....	27
รูปที่ 3.13 ผสมส่วนผสมตามอัตราส่วน.....	27
รูปที่ 3.14 การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ.....	28
รูปที่ 3.15 การแข็งตัวของอีพอกซีในแบบหล่อ.....	28
รูปที่ 3.16 อีพอกซีที่แข็งตัวแล้ว.....	28
รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบรับแรงอัดของอีพอกซี.....	32
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบแรงกระแทกของแผ่นอีพอกซี.....	33
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อเทียบกับแผ่นเปล่า กับ ครั้งที่ทำการทดสอบ เมื่อมีวัสดุป้องกันที่ต่างกันในบริเวณกลางแจ้ง.....	35
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อเทียบกับแผ่นเปล่า กับ ครั้งที่ทำการทดสอบ เมื่อมีวัสดุป้องกันที่ต่างกันในบริเวณที่ริม.....	35
รูปที่ 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าในบริเวณกลางแจ้ง.....	36
รูปที่ 4.6 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าในบริเวณในร่ม.....	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

เนื่องจากในอดีตตลอดจนปัจจุบัน มนุษย์มีความต้องการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น โดยแหล่งทรัพยากรพลังงานที่ใช้ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ จากที่กล่าวมาข้างต้นล้วนแล้วแต่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป ซึ่งในอดีตได้มีการใช้อย่างแพร่หลาย แต่ความต้องการของมนุษย์ยังคงมีเพิ่มมากขึ้น จนแหล่งทรัพยากรพลังงานเหล่านี้ลดน้อยลงมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะน้ำมันที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงส่งผลกระทบต่อราคาน้ำมันทำให้น้ำมันมีราคาที่สูงขึ้น และยิ่งก่อให้เกิดปัญหาทางเศรษฐกิจในบางประเทศ นอกจากนี้น้ำมันยังส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นมลพิษที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ต่างๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันเป็นอย่างมาก

มนุษย์จึงมีการคิดค้นแหล่งพลังงานทดแทนรูปแบบอื่นๆ เช่น พลังงานจากลม พลังงานจากน้ำ และ พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นต้น พลังงานทดแทนเหล่านี้เป็นพลังงานทดแทนใช้แล้วไม่หมดไป และเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย หนึ่งในพลังงานทดแทนที่นิยมใช้กันมากที่สุดก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะมีข้อจำกัดในการใช้งานน้อย มีความคุ้มค่า ใช้งานและติดตั้งได้ง่าย ผู้คนจึงนิยมติดตั้งโซลาร์เซลล์กันอย่างแพร่หลาย แต่โซลาร์เซลล์มีการนำไปประยุกต์ใช้น้อย และโซลาร์เซลล์ในปัจจุบันยังมีปัญหาการแตกร้าวหรือหักจากการโดนวัตถุแข็งตกกระทบ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับแรงของแผงโซลาร์เซลล์ ในโครงการนี้สร้างวัสดุแทนที่กระจกของแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งได้แก่ อีพอกซี มาแทนที่กระจกเดิมของแผงโซลาร์เซลล์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับแรงได้มากขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำโซลาร์เซลล์ไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆในงานวิศวกรรมโยธาได้มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหาวัสดุที่ใช้ในการเพิ่มการรับแรงของแผงโซลาร์เซลล์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติในการรับแรงของสารผสมอีพอกซี
- 1.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าหลังจากเพิ่มวัสดุในการรับแรงแล้ว

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษาการรับแรงของโซล่าเซลล์ที่ใช้ในปัจจุบัน
- 1.3.2 ศึกษาการรับแรงของโซล่าเซลล์หลังจากเพิ่มวัสดุเพื่อเพิ่มการรับแรง
- 1.3.3 ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของโซล่าเซลล์หลังจากเพิ่มวัสดุ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ทำการศึกษาการทำงานของโซล่าเซลล์ และการรับแรงของวัสดุที่จะนำมาทดลอง ศึกษางานที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการเพิ่มความสามารถในการรับแรง

1.4.2 เตรียมเครื่องมือที่ใช้ทดลองและการเตรียมโซล่าเซลล์

ทำการตรวจสอบเครื่อง UTM และตรวจสอบแผ่นโซล่าเซลล์ว่ามีส่วนใดที่เสียหายหรือไม่และทำการเตรียมทำการทดลอง

1.4.3 การทดลองวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

ทำการนำวัสดุที่ใช้ในการทดสอบการรับแรงร่วมกับแผ่นโซล่าเซลล์นั้น มาทดลองหาอัตราส่วนที่แน่นอนในการผสม และทดสอบว่าวัสดุนั้นเพิ่มการรับแรงได้จริง

1.4.4 การทดสอบ

ทำการทดสอบแผ่นโซล่าเซลล์เพื่อหาค่าความแข็งแรงที่วัสดุจะรับได้ในลักษณะของการวางรูปแบบต่างๆ จากนั้นทำการออกแบบวัสดุมาเพิ่มกำลังการรับแรงให้ได้มากขึ้น และทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของโซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิด โดยรูปแบบการทดสอบจะแบ่งเป็น 3 รูปแบบ

1. การทดสอบรับแรงอัด (Compressive strength test)
2. การทดสอบแรงกระแทก (Drop test)
3. การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Efficiency test)

1.4.5 การวัดปริมาณการเกิดของเสียจากการทำการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถนำแผ่นโซล่าเซลล์ไปประยุกต์ใช้กับงานทางวิศวกรรมโยธาได้มากขึ้น
- 1.5.2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการรับแรงของแผ่นโซล่าเซลล์ได้มากขึ้น
- 1.5.3 ได้ทราบถึงวัสดุที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการรับแรงกตได้
- 1.5.4 ได้ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลงของโซล่าเซลล์ หลังจากมีการเพิ่มวัสดุรับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

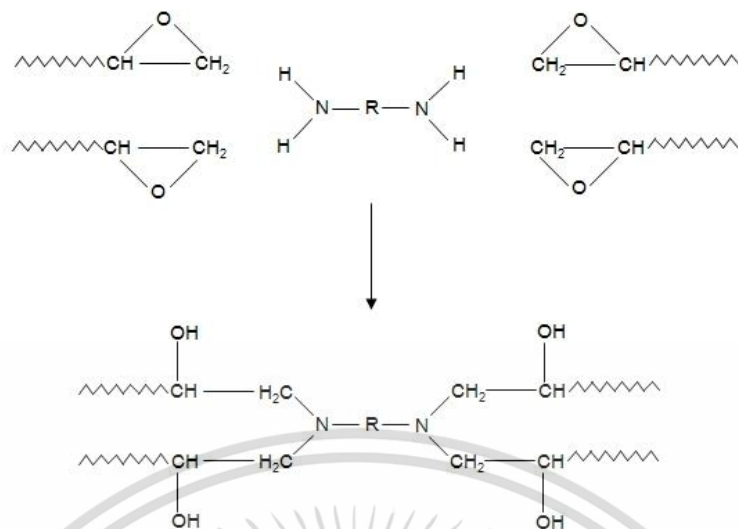
2.1 อีพอกซี (Epoxy)

อีพอกซีจัดอยู่ในกลุ่ม Thermosetting Polymer คือเมื่อผ่านกระบวนการผลิตในครั้งแรกแล้ว จะมีความแข็งแรงทนทานเป็นอย่างมาก ไม่คืนรูป และไม่สามารถ รีไซเคิล หรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้ อีพอกซี เป็น Copolymer หมายความว่า เป็น Polymer ชนิดที่ประกอบด้วย Monomer ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยปกติทั่วไปอีพอกซีได้จากการทำปฏิกิริยาของ Bisphenol A กับ Epichlorohydrin Monomer และ สารเพิ่มความแข็ง (Hardener) ซึ่งเป็นสารประเภท Polyamine โดยในปฏิกิริยาอาจมีการเติม NaOH เข้าไปเพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาด้วยก็ได้

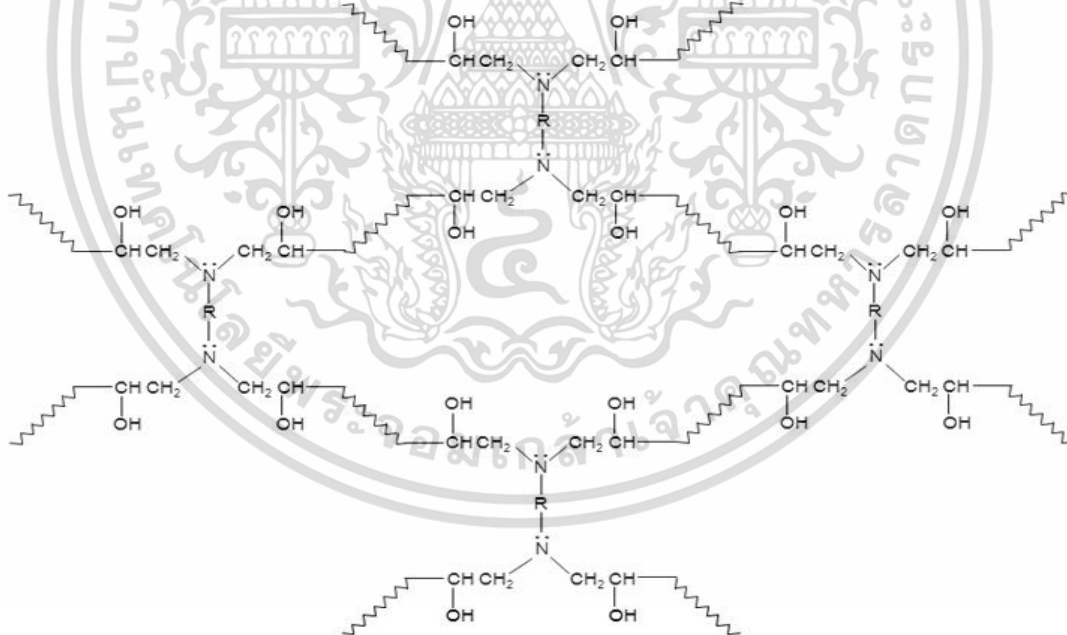
Bisphenol A มีสูตรโมเลกุล $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2$ เป็นสารเคมีประเภทโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate Plastic) เป็นของแข็งใส ไม่มีสี ไม่แตกหักง่าย สามารถละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ไม่ละลายน้ำ มักใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตขวดพลาสติก เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดนมเด็ก แต่ภายหลังพบว่า สารนี้มีความเป็นพิษต่อร่างกายสูง เนื่องจากสามารถสลายตัวได้เมื่อได้รับความร้อน เช่น การนึ่งหรือต้ม ปัจจุบันได้มีการสั่งห้ามใช้ Bisphenol A ในการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารแล้ว

Epichlorohydrin มีสูตรโมเลกุล $\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}$ เป็นของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ติดไฟได้ง่าย สามารถละลายน้ำได้พอประมาณ

ปฏิกิริยาการสังเคราะห์อีพอกซี ดังรูปที่ 2.1 และเมื่อ n มีค่าประมาณ 20 – 30 พอลิเมอร์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นของแข็ง



รูปที่ 2.2 Cross Link ที่เกิดเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่าง หมู่ amine กับ หมู่ Epoxide



รูปที่ 2.3 ภาพรวมของ Cross link ที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีพอกซีที่ได้จากปฏิกิริยาดังรูปที่ 2.3 จะมีสภาพแข็งเกร็ง (Rigid) มีความแข็งเหมือนเหล็ก ไม่หดตัว สามารถเจาะหรือตัดได้

อีพอกซี สามารถใช้งานได้กว้างขวางและรวมถึงการเคลือบผิว และวัสดุประกอบ เช่น คาร์บอนไฟเบอร์ และการเพิ่มกำลังไฟเบอร์กลาส (แม้ว่าโพลีเอสเตอร์ ไวนิล และเม็ด thermosetting อื่น ๆ ยังใช้สำหรับพลาสติกเสริมใยแก้ว) เคมีของอีพอกซี และช่วงของการเปลี่ยนแปลงในเชิงพาณิชย์จะช่วยให้สามารถรักษาโพลีเมอร์ที่จะผลิตมีความหลากหลายคุณสมบัติ โดยทั่วไปอีพอกซี เป็นที่รู้จักกันดีสำหรับยึดเกาะทางเคมีและความต้านทานความร้อนดีต่อคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และดีมาสำหรับคุณสมบัติฉนวนไฟฟ้า คุณสมบัติหลายอย่างที่มีอีพอกซีสามารถแก้ไขได้แม้กระทั่งอีพอกซีกับฉนวนกันความร้อนสูงหรือการนำความร้อนรวมกับความต้านทานไฟฟ้าสูงสำหรับงานอิเล็กทรอนิกส์

การนำไปใช้งานของอีพอกซี

1) กาวและสารยึดติด กาวอีพอกซีสามารถใช้ยึดติดกับวัสดุหลากหลายประเภท เช่น ไม้ เหล็ก ไฟเบอร์ แก้ว พลาสติก คอนกรีต รวมถึงเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ

2) สารเคลือบพื้นผิว นิยมใช้ในการเคลือบผิวของอาคาร พื้นอาคาร พื้นโรงงาน เนื่องจากอีพอกซีมีคุณสมบัติทนต่อแรงกระแทก การขีดขีด เสียดสี ทนกรดและเบส ทนความร้อนได้ดี แต่ไม่ทนต่อ UV จึงมักถูกประยุกต์ใช้ภายในอาคาร นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ในด้านอื่นๆเช่น เป็นสารเคลือบภายในถังบรรจุสารเคมี ใช้เป็นแบบหล่อในการผลิตเครื่องมือต่างๆ

ในทางอุตสาหกรรมอีพอกซียังถูกนำไปใช้ในระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าต่างๆ ใช้ในการผลิตมอเตอร์ หม้อแปลง เป็นต้น

2.2 กระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered Glass)

กระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered Glass) หรือที่เรียกทั่วไปว่ากระจกอบ นิยมใช้เป็นกระจกนิรภัย เนื่องจากมีความแข็งแรงมากกว่ากระจกธรรมดาหลายเท่า และเมื่อกระจกนิรภัยเทมเปอร์แตกจะเป็นเกล็ดเล็ก ๆ คล้ายเม็ดข้าวโพดและไม่มีคมจึงเกิดอันตรายน้อย ซึ่งต่างจากการแตกของกระจกธรรมดาที่แตกเป็นเสี่ยง จึงแหลมคมทำให้เป็นอันตรายมากกว่า



รูปที่ 2.4 กระจกนิรภัยเทมเปอร์และการแตก

2.2.1 การผลิตกระจกนิรภัยเทมเปอร์

กระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered Glass) คือการนำกระจกธรรมดาไปผ่านกระบวนการอบที่ความร้อนสูงประมาณ 650 องศาเซลเซียส แล้วนำมาเป่าด้วยลมแรงดันสูงให้เย็นตัวลงทันที เพื่อให้กระจกเกิดความแข็งแรงกว่าเดิม 3-5 เท่า ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และมีความปลอดภัยมากขึ้น ในกรณีที่กระจกเทมเปอร์เกิดการแตกหัก จะแตกออกเป็นเม็ดคล้ายเม็ดข้าวโพด ซึ่งมีความแหลมคมไม่มาก ทำให้มีโอกาสเกิดอันตรายน้อยกว่ากระจกธรรมดา เหมาะสำหรับงานที่มีความเสี่ยงต่อการแตกร้าวและต้องการความปลอดภัยที่เกิดจากกระจกแตกร้าว

กระบวนการผลิตกระจกนิรภัยเทมเปอร์ เริ่มด้วยการนำกระจกธรรมดาอบด้วยความร้อนจนมีความร้อนประมาณ 650 องศาเซลเซียส แล้วเป่าด้วยลมให้เย็นลงอย่างรวดเร็วทันที ผิววนอกของกระจกจะแข็งก่อนกระจกที่อยู่ภายใน ทำให้เกิดความแตกต่างของการเรียงตัวของโมเลกุลกระจก และเกิดความเครียดในเนื้อกระจก ผลของความเครียดนี้ทำให้เกิดเส้นแรงสองชนิด โดยชนิดแรกเป็นเส้นแรงที่ล้อมรอบกระจกทั้งแผ่น ชนิดที่สองเป็นแรงภายในเนื้อกระจกที่ดันออกภายนอก ทำให้กระจกมีคุณสมบัติพิเศษดังกล่าว

กระจกที่สามารถนำมาผลิตเป็นกระจกนิรภัยเทมเปอร์คือกระจกแผ่นเรียบเกือบทุกชนิดไม่ว่ากระจกนั้นจะผลิตด้วยกระบวนการเพลท (Plate Process) ซีท (Sheet Process) หรือโฟลท (Float Process) แต่กระจกนั้นต้องมีส่วนประกอบของวัตถุดิบที่เหมาะสม เช่น ไม่มีส่วนประกอบของแร่เงินมากเกินไป เป็นต้น กระจกที่ผลิตจากกระบวนการดังกล่าวมีทั้ง กระจกใส (Clear Glass) กระจกใสพิเศษ (Super Clear Glass) กระจกทึบ (Tinted Glass) เช่น กระจกสีชาอ่อน (Grey Tinted Glass) กระจกสีชาเข้ม (Dark Grey Tinted Glass) กระจกสีเขียว (Green Tinted Glass) กระจกสีบรอนซ์ (Bronze Tinted Glass) กระจกสีฟ้า (Blue Tinted Glass) เป็นต้น สำหรับกระจกลวดลาย (Pattern Glass) หาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีด้านหนึ่งของกระจกเรียบพอที่จะไม่ทำอันตรายต่อลูกกอล์ฟเซรามิกในเตาอบกระจกนิรภัยเทมเปอร์ ก็ สามารถผลิตเป็นกระจกนิรภัยเทมเปอร์ได้เช่นกัน

2.2.2 การนำกระจกนิรภัยเทมเปอร์ไปใช้งาน

เนื่องด้วยกระจกนิรภัยเทมเปอร์มีความทนทานต่อแรงกระแทก แรงกด แรงอัด และเมื่อแตกจะมี อันตรายน้อยกว่ากระจกธรรมดา กระจกนิรภัยเทมเปอร์จึงจำเป็นสำหรับกระจกที่ต้องใช้อุปกรณ์จับยึด ต่างๆ (Fitting) เช่น ชุดประตูบานเปลือย กระจกตู้อาบน้ำ (Shower Door) ราวกันตกที่ยึดด้วยพิตติ้ง แผง กระจกที่ยึดด้วยพิตติ้ง เป็นต้น สำหรับบริเวณที่ต้องรับแรงกระแทกสูงและ/หรือรับแรงลมสูง จำเป็นต้อง ใช้กระจกนิรภัยเทมเปอร์เช่นกัน เช่น ห้องเล่นสควอช (Squash Room) ผนังกันระหว่างผู้ชมกับสนามแข่ง กีฬาต่างๆ เช่น สนามบาสเกตบอล สนามฮ็อกกี้น้ำแข็ง ลานสเก็ตน้ำแข็ง เป็นต้น สำหรับบริเวณที่มี ประชาชนเดินผ่านไปมาเรื่อยๆและมีโอกาสเกิดการกระแทกกระจก กฎหมายกำหนดให้ใช้กระจกนิรภัย เทมเปอร์ด้วย เช่น ศูนย์การค้าต่างๆ ธนาคาร โชว์รูมรถ เป็นต้น และมีการใช้งานกระจกนิรภัยเทมเปอร์ใน แผงโซลาร์เซลล์

2.2.3 คุณสมบัติของกระจกนิรภัยเทมเปอร์

1) กระจกเทมเปอร์ สามารถรับแรงที่มากระทบกระจกซึ่งเกิดจากลม ร่างกายมนุษย์ หรือแรงดัน ของน้ำ ในกรณีที่เป็นตู้ปลาหรือสระน้ำ เป็นต้น

2) กระจกเทมเปอร์ สามารถทนต่อแรงกระทบได้มากกว่ากระจกธรรมดา ที่มีความหนาเดียวกัน 3-5 เท่า

3) กระจกเทมเปอร์ ความทนทานของกระจกต่อแรงกระแทกที่วัตถุ หรือร่างกายกระแทกลงบน กระจก เนื่องจากการชน โดยทั่วไปกระจกนิรภัยเทมเปอร์ สามารถรับแรงกระแทกได้ดีกว่ากระจกธรรมดา ที่ความหนาเดียวกันประมาณ 4 เท่า ทนทานต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบฉับพลัน

4) ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง และแรงที่ทำให้หักงอ (Bending Strength) เมื่อเปรียบเทียบกับ กระจกธรรมดากับกระจกนิรภัยเทมเปอร์ ที่ความหนา 5 มม. กระจกธรรมดามีค่าความแข็งแรง ต่อแรงดึง และ แรงที่ทำให้กระจกหักงอ 500-600 กก./ตร.ซม. ส่วนกระจกนิรภัยเทมเปอร์มีค่าสูงถึง 1,500 กก./ตร.ซม.

5) การต้านทานน้ำหนัก (Loading Resistance) คือแรงที่มากระทบและแรงกระแทก โดยแบ่ง ออกเป็น 5.1) การต้านทานน้ำหนัก (Static Load Resistance) คือแรงที่มากระทบกระจกซึ่งเกิดจาก ลม, ร่างกายมนุษย์ หรือแรงดันของน้ำในกรณีที่เป็นตู้ปลาหรือสระน้ำ เป็นต้น กระจกนิรภัยเทมเปอร์ สามารถทนต่อแรงกระทบได้มากกว่ากระจกธรรมดาที่มีความหนาเดียวกันประมาณ 3-5 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

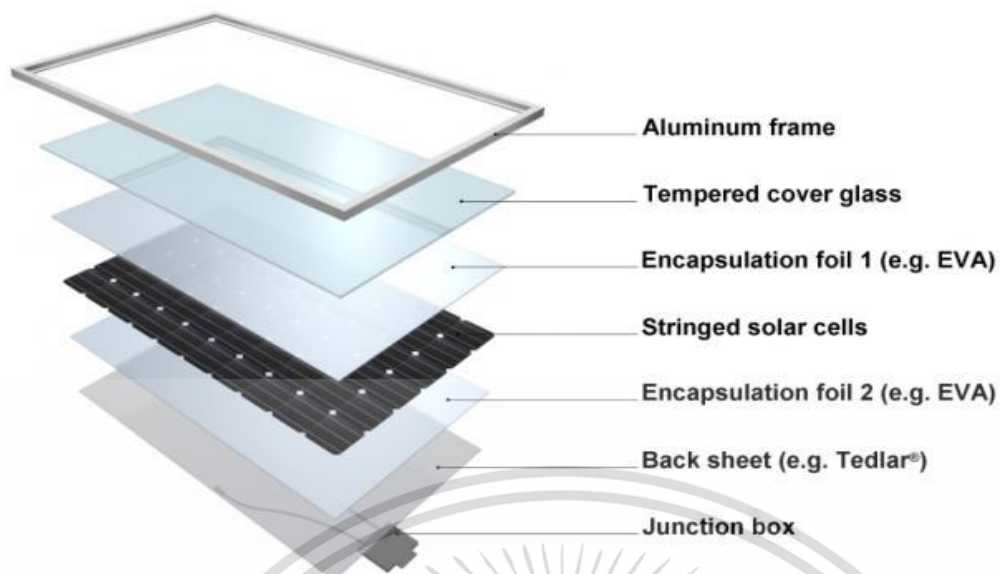
5.2) การต้านทานแรงกระแทก (Impact Load Resistance) คือความทนทานของกระจกต่อแรงกระแทกที่วัตถุหรือร่างกายกระแทกลงบนกระจกเนื่องจากการชน โดยทั่วไปกระจกนิรภัยเทมเปอร์สามารถรับแรงกระแทกได้ดีกว่ากระจกธรรมดาที่ความหนาเดียวกันประมาณ 4 เท่า

6) ความปลอดภัย คือ ลดอันตรายที่เกิดจากกระจกนิรภัยเทมเปอร์ขาด เพราะการแตกของกระจกดังกล่าวจะแตกกระจายออกเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายเม็ดข้าวโพด และมีความคมน้อย

7) การต้านทานความร้อน (Heat Resistance) คือความทนทานของกระจกต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิแบบฉับพลัน โดยกระจกนิรภัยเทมเปอร์ทนความร้อนถึง 290 องศาเซลเซียส และทนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึงถึง 150 องศาเซลเซียส

2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panel)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กดีบุก ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์ต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้ง กลางฝนเป็นเวลานาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิคอน (Silicone) และ อีวีเอ (EVA : Ethelene Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (Laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

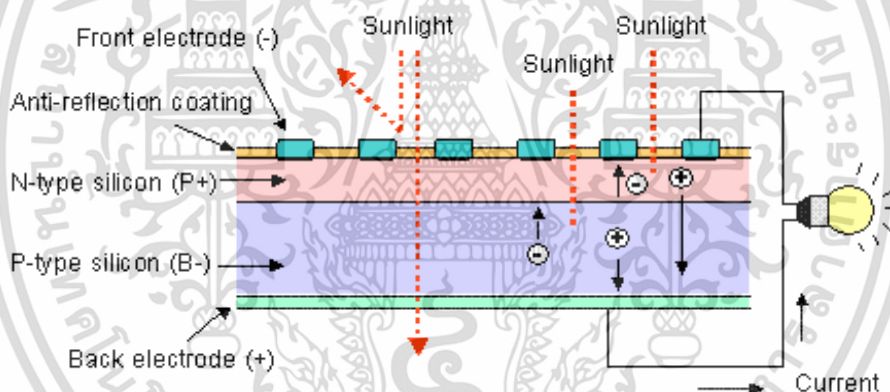
- 1) Glass เป็นชั้นกระจกใสอยู่ชั้นบนสุด ใสไว้เพื่อป้องกันเศษวัตถุขนาดเล็ก เช่น เศษหิน กรวด ลูกเห็บ ฯลฯ ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายกับชั้นของโซลาร์เซลล์
- 2) Ethylene Vinyl Acetate Film (EVA) เป็นชั้นที่มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง ๆ แต่มีความยืดหยุ่นสูง ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงและป้องกันความชื้นไม่ให้เข้าสู่ตัวเซลล์
- 3) Solar Cells เป็นชั้นที่ประกอบด้วยโซลาร์เซลล์หลาย ๆ เซลล์ ต่อกันแบบอนุกรม ซึ่งโดยทั่วไปจะมีจำนวนอยู่ที่ประมาณ 36 เซลล์ต่อ 1 แผง
- 4) Fiberglass Cloth เป็นชั้นที่เสริมเข้าไปเพื่อทำให้แผงโซลาร์เซลล์มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น
- 5) EVA (Ethylene Vinyl Acetate) Film: เป็นชั้นที่ทำหน้าที่เช่นเดียวกับชั้นที่ 2
- 6) PVF or Other Back Cover Film: เป็นชั้นที่ทำหน้าที่ป้องกันชั้น EVA ชั้นล่างสุด โดยชั้นดังกล่าวนี้สามารถเลือกใช้วัสดุได้หลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือเซลล์ Photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น Photo หมายถึง แสง และ Volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้



รูปที่ 2.6 การทำงานในเซลล์แสงอาทิตย์

ชั้นบนสุด เรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน จะมีลักษณะเป็นโลหะ มักจะทำด้วยโลหะเงิน

ชั้นที่ 2 เรียกว่าชั้น N - type silicon ซึ่งอยู่ด้านบนแต่รองลงมา หรือ อยู่ด้านหน้าของเซลล์ ชั้น N นี้ คือชั้นของสารกึ่งตัวนำที่ใส่สารฟอสฟอรัสลงไปเพื่อตั้งใจให้มีการนำไฟฟ้า โดยจะสร้างอิเล็กตรอนขึ้นมาในชั้นนี้เมื่อได้รับแสงอาทิตย์

ชั้นที่ 3 เรียกว่าชั้น P - N junction เป็นชั้นที่ชั้น N และ ชั้น P มาประกบต่อกัน

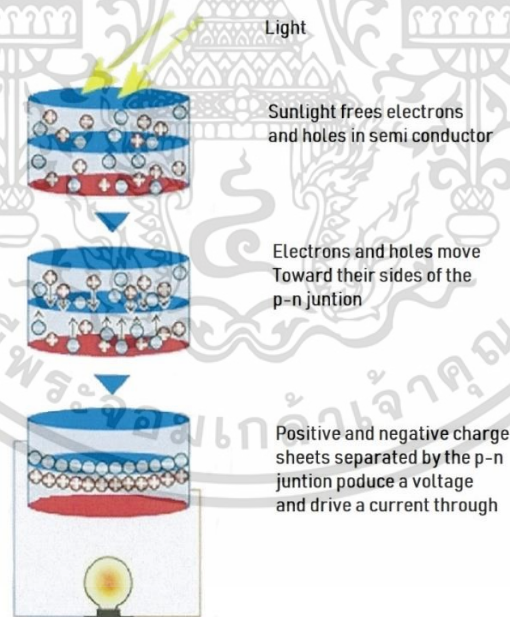
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่ 4 เรียกว่าชั้น P – type silicon ซึ่งอยู่ด้านล่างของแผงโซลาร์เซลล์ ชั้น P คือชั้นของสารกึ่งตัวนำที่ได้ใส่สารโบรอน (Boron) เพื่อควบคุมให้มีการนำไฟฟ้าลงไป ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอนเกิด โฮล (Hole) ในชั้นนี้ เมื่อเซลล์ชั้นบนรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานมาถึงชั้นนี้ ชั้นนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ถ้าในตอนที่ไม่ได้รับแสงอาทิตย์ ชั้น N – type silicon ซึ่งอยู่ด้านบนของเซลล์ก็พร้อมที่จะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปนอยู่บ้างเล็กน้อยในชั้นนี้ ส่วนชั้น P – type silicon ซึ่งอยู่ด้านล่างจะมีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย

ชั้นที่ 5 ชั้นล่างสุดเรียกว่าชั้น Back Electrode อยู่ด้านล่างชั้น P – type silicon จะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮลบนแผงโซลาร์เซลล์

ขั้นตอนการทำงาน เมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว และเมื่อพลังงานสูงเพียงพอ ทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหากันเพื่อบีบคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปชั้น N – type แล้วรวมตัวกันที่ชั้น Front Electrode และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น P – type แล้วรวมตัวกันในชั้น Back Electrode และเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจากชั้น Front Electrode บนสุด

และBack Electrode ล่างสุด เมื่อต่อครบวงจรจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น เพราะอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กันตามรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 อิเล็กตรอนและโฮลเคลื่อนที่เข้าหากัน

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ โซลาร์เซลล์ ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งมีหลายชนิด เช่น เซลล์ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณได้เห็นใบเสร็จรับเงินนี้ กรุณาไม่ทำการฉีกใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Diselenide) สารกึ่งตัวนำเหล่านี้มีคุณสมบัติเหมือนกันคือ เมื่อเซลล์ถูกแสงอาทิตย์จะเปลี่ยนตัวเองเป็นตัวนำไฟฟ้าโดยจะแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวก และประจุไฟฟ้าลบ เพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อเรานำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่อุปกรณ์ไฟฟ้าทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้

โดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อนเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel)

2.4.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาและการทำงานในปัจจุบัน แทบทั้งหมดทำจากธาตุซิลิคอน ซึ่งเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับสองบนโลกรองจากออกซิเจน ทราบตามชายหาด ทะเล หินต่างๆ มีซิลิคอนเป็นส่วนประกอบหลักๆ นั่นคือ เป็นธาตุที่มีมากมายเหลือใช้ ซิลิคอนจึงเป็นวัสดุดิบที่ใช่มากในอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำในปัจจุบัน

ตารางที่ 2.1 ประเภทของวัสดุ โครงสร้างและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
(ที่มา : ปริญญาพนธ์เรื่อง เทคนิคการตรวจจัดการเสื่อมสภาพของโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในโซลาร์ฟาร์ม,2560)

ประเภทของวัสดุ	โครงสร้าง	ประสิทธิภาพของเซลล์	ประสิทธิภาพของโมดูล
ซิลิคอน - แบบผลึก	ผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell	15-24 %	10-14 %
ซิลิคอน - แบบผลึก	ผลึกโพลี (Polycrystalline)	10-17 %	9-12 %
ซิลิคอน - อะมอร์ฟัส	Amorphous Silicon Amorphous SiC Amorphous SiGe	8-13 %	6-9 %
สารประกอบอื่น	GaAs CdTe CuInSe2	18-30 % 10-15 % 10-15 %	NA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือ Monocrystalline Silicon Solar Cell ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก ซิลิคอนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในโลกชนิดหนึ่ง สามารถถลุงได้จากหินและทราย มักนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้ทำทรานซิสเตอร์และไอซี เทคโนโลยี C-Si ได้รับความนิยมและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย นิยมใช้งานในพื้นที่เฉพาะได้แก่ ชนบทที่ไม่มีไฟฟ้าใช้เป็นหลัก

2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก ถูกผลิตขึ้น เพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของแบบผลึกเดี่ยว ซิลิคอนแบบผลึกโพลี หรือโพลีซิลิคอน คือก้อนซิลิคอนที่เกิดจากการรวมตัวกันของผลึกเดี่ยวของซิลิคอนชิ้นเล็กๆ (ขนาดระดับ ไมโครเมตร – มิลลิเมตร)

3) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบา และประสิทธิภาพเพียง 5–10 % เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ธาตุซิลิคอนเช่นกัน แต่จะไม่ใช่ผลึก แต่ผลของสารอะมอร์ฟัสจะทำให้เกิดเป็นฟิล์มบางของซิลิคอน ซึ่งมีความบางประมาณ 300 นาโนเมตร ทำให้ไม่สิ้นเปลืองเนื้อวัสดุ น้ำหนักเบา การผลิตทำได้ง่าย และข้อดีของ A-Si ไม่เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าน้อย เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ วิทยุทรานซิสเตอร์ เป็นต้น

4) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์ (GaAs) , แคดเมียม เทลเลอไรด์ (CdTe) และ คอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (CuInSe₂) ฯลฯ มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20–25 %

2.4.2 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ สารซิลิคอน (Silicon) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิปในคอมพิวเตอร์และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิคอนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ และ แคดเมียมเทลเลอไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นาน ข้อเสียของซิลิคอน คือ การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์แสงอาทิตย์ มีราคาแพง และ แรกหักง่ายในขบวนการผลิต

1) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono-Crystalline

การเตรียมสารซิลิคอนชนิดนี้ เริ่มต้นจากนำสารซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.999%) มาหลอมละลายในเตา Induction Furnace ที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียสเพื่อทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) พร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อให้ทำให้เกิด P-type แล้วทำให้เกิดการเย็นตัวจับตัวกันเป็นผลึกด้วย Seed ซึ่งจะตกผลึกมีขนาดหน้าตัดใหญ่ แล้วค่อยๆ ดึงแท่งผลึกนี้ขึ้นจากเตาหลอม ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก จะได้แท่งผลึกยาวเป็นรูปทรงกระบอกคุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นนำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยลวดตัดเพชร (Wire Cut) เรียกว่า เวเฟอร์ ซึ่งจะได้แผ่นผลึกมีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1,000 องศาเซลเซียสจากนั้นนำไปทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ ที่ผิวบนจะเป็นขั้วลบ ส่วนผิวล่างเป็นขั้วบวก ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน หลังจากนั้นก็นำไปประกอบเข้าแผงโดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelene Vinyl Acetate) ช่วยป้องกันความชื้น ในการใช้งานจริง เราจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามต้องการ

2) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์โดยวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าวิธีแรก คือการทำแผ่นเซลล์ จะใช้วิธีการหลอมสารซิลิคอนให้ละลายพร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัวก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกรวม (ตกผลึกไม่พร้อมกัน) จากนั้นนำไปตัดเป็นแผ่นเช่นเดียวกับแบบผลึกเดี่ยว ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวมสังเกตได้จากผิวผลึก ถ้ามีโหนดที่ต่างกันซึ่งเกิดจากผลึกเล็ก ๆ หลายผลึกในแผ่นเซลล์จะเป็นแบบผลึกรวม ในขณะที่แบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นผลึกเนื้อเดียว คือ มีสีเดียวตลอดทั้งแผ่น ส่วนกรรมวิธีการผลิตเซลล์ที่เหลือจะเหมือนกัน เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Poly Crystalline) จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว ประมาณ 2-3 % อย่างไรก็ตามเซลล์ทั้ง 2 ชนิด มีข้อเสียในการผลิต คือ แหกหักง่ายเช่นกัน

3) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน โดยทำการแยกสลายก๊าซซิลิโคน (Silane Gas) ให้เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่อง Plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) เป็นการผ่านก๊าซซิลิโคนเข้าไปในกรอบแก้วที่มีขั้วไฟฟ้าความถี่สูง จะทำให้ออกไซด์เกิดเป็นพลาสมา และอะตอมของซิลิคอนจะตกลงบนฐานหรือสแตนเลสสตีลที่วางอยู่ในกรอบแก้ว เกิดเป็นฟิล์มบางขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน (0.001 มม.) ขณะที่แยกสลายก๊าซซิลิโคน จะผสมก๊าซฟอสฟีนและไดโบเรนเข้าไปเป็นสารเจือปน เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นสำหรับใช้เป็นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ การทำขั้วไฟฟ้าจะใช้ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงที่ทำจาก ITO (Indium Tin Oxide)

4) การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกเลียม อาร์เซไนด์ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึก ใช้เครื่องมือ คือ เตาปลูกชั้นผลึกจากสถานะของเหลว (LPE : Liquid Phase Epitaxy) ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึกที่เป็นรอยต่อเอ็นพี ใช้เครื่องมือ คือ เครื่องปลูกชั้นผลึกด้วยลำโมเลกุล (MBE : Molecular Beam Epitaxy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การทดสอบคุณสมบัติการรับแรงและประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า

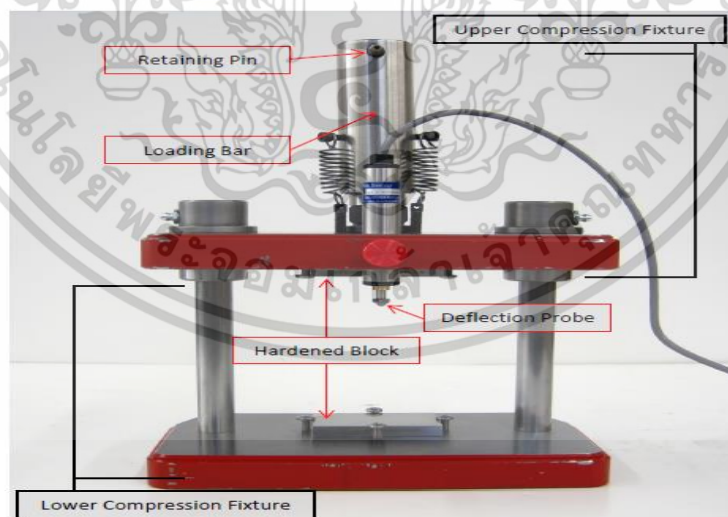
2.5.1 การทดสอบแรงอัด (Compression test)

การทดสอบแรงอัดเป็นการทดสอบที่มีลักษณะการใส่แรงกระทำในแบบตรงข้ามกับการทดสอบแรงดึง คือการทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบในลักษณะการดึงยืดขึ้นทดสอบ ส่วนการทดสอบแรงอัดเป็นการทดสอบในลักษณะกดอัดขึ้นทดสอบ โดยพิจารณาเลือกการทดสอบแรงอัดในวัสดุที่มีความเปราะ เช่น คอนกรีต อิฐ ผลิตภัณฑ์เซรามิกและพอลิเมอร์บางชนิด ซึ่งมีความต้านทานแรงดึงต่ำเมื่อเทียบกับความต้านทานแรงอัด

การทดสอบแรงอัดเป็นการทดสอบสมบัติเชิงกล ซึ่งคุณสมบัติการรับแรงกด อธิบายพฤติกรรมของวัสดุเมื่อได้รับแรงกดในทิศทางตรงกันข้ามกับการทดสอบแรงดึง ความเร็วในการกดต่ำ และคงที่ตลอดการทดสอบ โดยความยาวของชิ้นทดสอบไม่ควรมากเกินไป เนื่องจากจะทำให้เกิดการแตกหักแบบโก่งเดาะ(Buckling) ในทางกลับกันถ้าอัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างน้อยจะทำให้ความแข็งแรงปรากฏของชิ้นทดสอบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากแรงเสียดทานระหว่างหน้าสัมผัสของชิ้นทดสอบกับแท่นทดสอบ โดยความยาวไม่ควรเกินสองเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุ และส่วนปลายของชิ้นทดสอบควรเรียบขนานและตั้งฉากกัน

คุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบแรงกดประกอบด้วย ความเค้นอัด โมดูลัสความยืดหยุ่น ความเค้นคราก การเปลี่ยนรูปของวัสดุ

ความเค้นอัดเกิดจากแรงอัดที่ให้กับชิ้นทดสอบ ซึ่งทำให้ชิ้นทดสอบเกิดการหดตัวหรืออัดตัวภายใต้แรงอัดนั้น



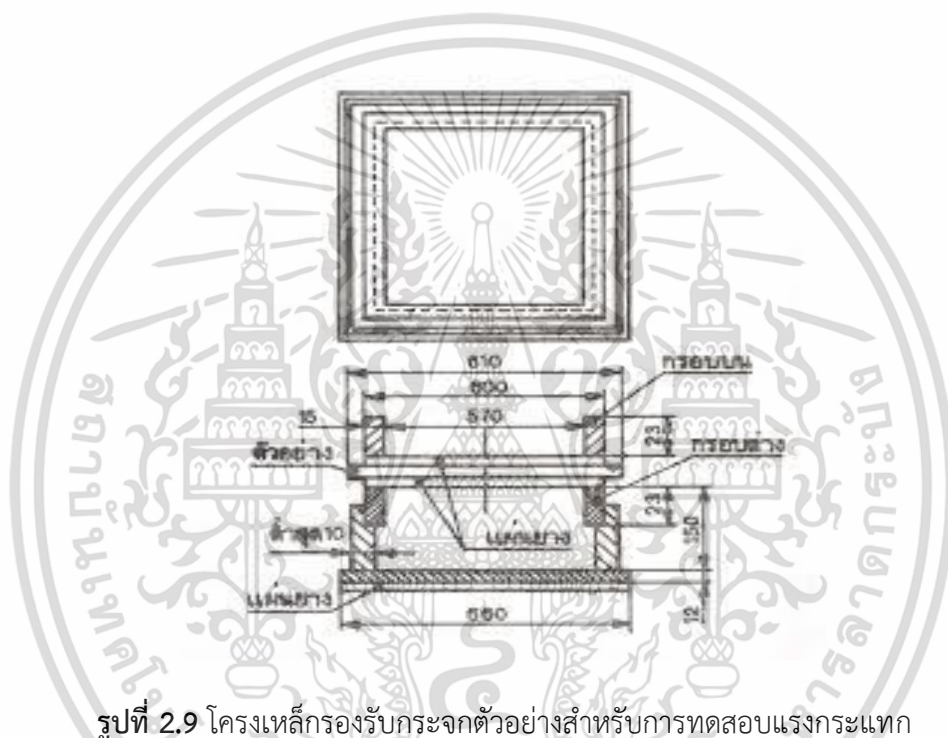
รูปที่ 2.8 ชิ้นทดสอบ Compression test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การทดสอบแรงกระแทก (Drop Test)

การทดสอบแรงกระแทก (Drop Test) เป็นการทดสอบเพื่อทดสอบความทนทานที่ได้รับจากการกระแทก และศึกษาผิวยรอยแตกของวัสดุ โดยการปล่อยลูกเหล็กใส่ชั้นทดสอบขนาดมาตรฐานจนเกิดการแตกหัก จุดประสงค์ในการทำการทดสอบเพื่อศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการทนรับแรงกระแทกของวัสดุ

ลูกเหล็กที่ใช้ในการทดสอบต้องมีขนาดมาตรฐาน คือ ลูกเหล็กผิวเรียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร และให้มีมวลรวม 1040 กรัม และการปล่อยลูกเหล็กต้องห่างจากชั้นทดสอบสูง 1.50 เมตร



รูปที่ 2.9 โครงเหล็กรองรับกระจกตัวอย่างสำหรับการทดสอบแรงกระแทก

2.5.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า

การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชิ้นทดสอบโดยวัดการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน การทดสอบจะอยู่ในสภาพแวดล้อม 2 ประเภท คือ กลางแจ้งโดยได้รับแสงโดยตรง และในร่มที่ไม่ได้รับแสงโดยตรง

คุณสมบัติของชิ้นงานที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าประกอบด้วย ความโปร่งใส และความบริสุทธิ์ของวัสดุ

2.6 Life Cycle Assessment (LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ การแปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและ สุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จะรวมถึงการพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน จนถึงการทำจัดผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งานแล้ว เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการร่วมพิจารณากิจกรรมอื่นๆ ตั้งแต่เกิดจนตายของแต่ละผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) เหล่านี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์และรับทราบถึงที่มาและสาเหตุของปัญหาอย่างแท้จริง การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

สิ่งแรกที่ต้องทำในการประเมินวัฏจักรชีวิตคือการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของสิ่งที่เราต้องการศึกษาว่าเราต้องการศึกษาอะไร และผลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เป้าหมายหลักของการทำ LCA มีความแตกต่างกัน ได้แก่

เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยความรู้พื้นฐานของการออกแบบ และข้อมูลในเชิงตัวเลขค่อนข้างมาก

เพื่อจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นช่องทางการสื่อสารระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคให้รับทราบถึงผลกระทบจากผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งต้องอาศัยความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบกรตัดสินใจเลือกซื้อ

เป้าหมายเหล่านี้จะเป็นตัวบ่งชี้ขอบเขตของการศึกษา ทั้งนี้หากวัตถุประสงค์ของการศึกษาต้องการได้ผลที่มีความน่าเชื่อถือสูง ขอบเขตการศึกษา ระยะเวลาการศึกษา และงบประมาณที่ใช้ในการศึกษาก็จะสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ผลจากการศึกษาจะเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต หรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกำหนดขอบเขตของการประเมินนั้นจะต้องให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมาย เช่น หากต้องการประเมินเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน ขอบเขตของการประเมินย่อมไม่จำเป็นจะต้องรวมถึงขั้นตอนการขนส่ง การใช้งาน และกำจัดเมื่อหมดอายุ เพราะผลกระทบจากขั้นตอนเหล่านี้ย่อมใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทวัสดุ (เช่น กระจก พลาสติก ประเภทต่างๆ) หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นบริการ (เช่น ไฟฟ้า น้ำ เชื้อเพลิง) ซึ่งมีคุณลักษณะการใช้งานเหมือนกัน แต่หากต้องการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่มีหน้าที่เดียวกัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปลายทางต่างๆ (เช่น ตู้เย็น เตารีด) เราจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุด้วย



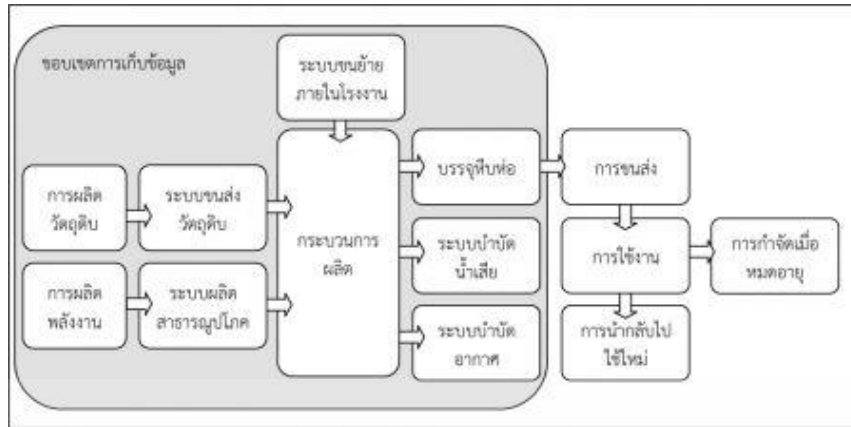
รูปที่ 2.10 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างของการกำหนดขอบเขตสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ดังนี้

1.1) การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate

การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate จะเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน ไปจนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงาน โดยไม่รวมผลกระทบในช่วงการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุ การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate นิยมใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้ชัดเจน เช่น ไฟฟ้า น้ำ เชื้อเพลิง และวัสดุต่างๆ (เช่น กระจก พลาสติก) หรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเพื่อเป็นวัตถุดิบให้กับผลิตภัณฑ์อื่น ตัวอย่างขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Gate แสดงดังรูป 2.12

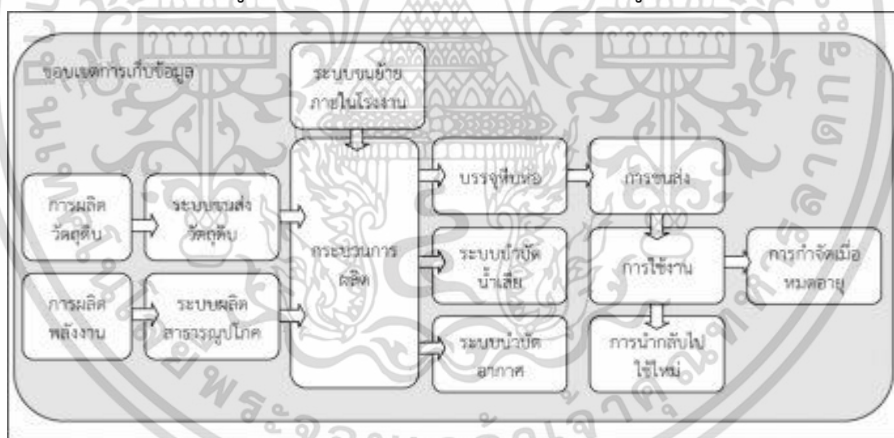
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Gate

1.2) การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave

การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave จะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ (ธรรมชาติ) จนถึงขั้นตอนการทำลายซาก การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave ใช้ได้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้อย่างชัดเจน เช่น ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างของขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Grave แสดงดังรูป 2.13



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Grave

2) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory analysis)

การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษา โดยข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมควรครอบคลุมถึงรายละเอียดของกระบวนการผลิตและผังการไหล (Flow chart) ของกระบวนการผลิต และปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของระบบทั้งหมด

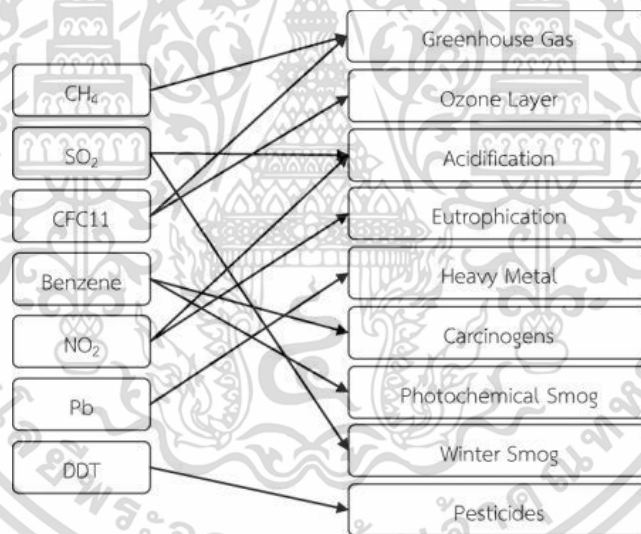
3) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินผลกระทบ สิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เป็นการคำนวณเพื่อแปลงข้อมูล บัญชีรายการที่ได้จากการรวบรวมปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์และจากขั้นตอน การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่ออธิบายค่า ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชั้นกลางหรือปลายทางที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงชีวิต โดยตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์

การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สามารถจำแนกออกได้เป็นขั้นตอนต่างๆ หลายขั้นตอน ในที่นี้จะกล่าวถึงขั้นตอนหลักดังนี้

3.1) การจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกลุ่มของผลกระทบ (Classification) เป็นขั้นตอนการจำแนก ผลกระทบข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของสารที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น นอกจากนี้สารเคมีบางตัวก็จัดให้อยู่ในกลุ่มของสารที่ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า 1 ประเภท ได้แก่ การจัดให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารที่ทำให้ เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในลักษณะของการก่อให้เกิดความเป็น กรด ทั้งนี้ตัวอย่างผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมของสารชนิดต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูป 2.14



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมของสารชนิดต่างๆ

(ที่มา : Goedkoop et al., 1996)

3.2) การกำหนดบทบาท (Characterization) เป็นขั้นตอนการแสดงผลกระทบให้อยู่ในรูปแบบ ของตัวบ่งชี้ (Indicator) โดยใช้ค่าแฟคเตอร์ (Characterization Factor) ในการคูณเพื่อปรับค่าจาก ปริมาณของมลสารที่ปล่อยออกมาให้เป็นค่าบ่งชี้ของผลกระทบ หลังจากนั้นจะทำการรวมค่าทั้งหมดของ ผลกระทบแต่ละตัวเพื่อให้ได้ค่าผลกระทบรวม

3.3) การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) คือ การแสดงขนาดของผลกระทบของ ผลิตภัณฑ์การบริการที่ศึกษา กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับ โลกหรือกับผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ต้องอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4) การให้น้ำหนัก (Weighting) คือ ขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะต่างกันไป ขึ้นกับมุมมองของผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting Factor) ว่าเป็นเท่าใด

3.5) การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) เป็นการจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่โดยรวมกลุ่มผลกระทบแยกตามประเภท คือ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยมนุษย์ ผลกระทบต่อระบบนิเวศ และการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถแบ่งระดับของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายระดับ เช่น ระดับท้องถิ่น ระดับโลก เป็นต้น

3.6) การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) เป็นการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลที่ใช้เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะแปลผลและนำผลดังกล่าวไปใช้ต่อไป ปัจจัยที่นำมาพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพของข้อมูล ได้แก่ ความเหมาะสมและสอดคล้องของข้อมูลที่ใช้และข้อมูลที่ต้องการตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายการศึกษา โดยดูจากแหล่งที่มาของข้อมูล ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล ความถูกต้องของวิธีการวัดและการคำนวณข้อมูล การเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลที่ขาดหายไป ตัวอย่างเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล เช่น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล (Sensitivity analysis) เพื่อจำแนกข้อมูล วิธีการป้อนข้อมูล วิธีคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีความอ่อนไหวต่อผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty Analysis) เพื่อประเมินระดับความไม่แน่นอนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

4) การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม (Interpretation and Improvement Analysis)

การตีความและการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ทำให้ทราบว่าช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงสุด รวมทั้งแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นๆ การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบจะนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและระสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้การตีความและการแปรผลควรทำด้วยความระมัดระวังและอยู่บนพื้นฐานของขอบเขตการศึกษา เป้าหมาย วัตถุประสงค์การศึกษาของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ผู้ที่จะนำข้อมูลที่ได้ประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดีจึงสามารถเลือกแนวทางการจัดการเพื่อปรับปรุงประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัตนานนท์ (2550) ได้ศึกษาพฤติกรรมและกลไกการแตกหักของเทอร์โมเซตอีพอกซีเรซิน (thermoset epoxy resin) ที่ใช้โพลีเอมีน (polyamine) เป็นสารที่ทำให้แข็งตัว ด้วยวิธีดัดสามจุด (3-point bending) ภายใต้อัตราภาระต่าง ๆ (10^{-1} ถึง 10^{-3} มม./นาที) และความหนาขึ้นทดสอบ ขนาดต่าง ๆ (4 ถึง 10 มม.) จากผลการศึกษาพบว่าค่าวิกฤตของตัวประกอบความเข้มของความเค้น (critical stress intensity factor, K_{IC}) จะลดลงเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอัตราภาระและความหนา โดยจะมีขนาดสม่ำเสมอที่อัตราภาระสูง (มากกว่า 10 มม./นาที) และขึ้นทดสอบหนา (มากกว่า 7 มม.) โดยการเปลี่ยนแปลงขนาดแบบพลาสติก และสภาพความเค้นระนาบ (plane stress) เป็นกลไกความเสียหายที่เกิดขึ้นในชนทดสอบบางและอัตราภาระตา ในขณะที่ความเสียหาย แบบเปราะ (brittle fracture) และสภาพความเครียดแบบระนาบ (plane strain) เป็นกลไกความเสียหายที่เกิดขึ้นกับขึ้นทดสอบหนาและอัตราภาระสูง

เกษรรัช (2549) ในงานวิจัยสรุปใจความสำคัญได้ว่า ค่าความเข้มแสงที่ฉายแสงผ่านชิ้นงานเซรามิกมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ชนิดของเซรามิก และความหนาของเซรามิกมีผลต่อค่าความเข้มแสงของเครื่องฉายแสงที่ฉายแสงผ่านชิ้นงาน

จำนงพิณิจ (2553) ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติของเรซินชนิดต่างๆ โดยได้นำชิ้นงานต้นแบบไปหล่อเรซิน 2 ชนิดคือเรซินชนิด PC 600 และเรซินชนิดอีพอกซี 500 AB (Epoxy 500AB) โดยพิจารณาจากการหดตัว การบิดงอ การทนต่อรอยขีดข่วน โดยเป็นการทดสอบแบบตรวจพินิจ ผลที่ได้พบว่าเรซินชนิดอีพอกซี 500AB มีการหดตัวและบิดตัวน้อยกว่าหรือแทบไม่บิด เรซินชนิด PC 600 จะหดตัวและบิดงอมากกว่า แต่ราคาถูกกว่า

จิรภาไพศาล (2540) ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติของอีพอกซีที่มียางเหลวเป็นสารเพิ่มเติม จากการศึกษาพบว่า การใช้ยางเหลวไม่สามารถช่วยปรับปรุงค่าการทนแรงกระแทกของอีพอกซี เนื่องด้วยยางเหลวที่เติมลงไปทำให้เกิดจุดบกพร่องในอีพอกซี ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความหนืดที่แตกต่างกันมากของอีพอกซีและยางเหลว พื้นที่ผิวที่แตกหักของอีพอกซีที่เติมด้วยยางเหลวแสดงให้เห็นถึงการติดกันไม่ดีระหว่างอีพอกซีและยางเหลว

Bentli และคณะ (2562) ได้ศึกษาและนำเสนอการหาผลกระทบของอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของกระจกในแผงโซลาร์เซลล์ โดยเป็นการทดสอบความทนทานของกระจกที่ใช้ในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบคือ 2 ขึ้นทดสอบมีค่าประสิทธิภาพเอกรังสีแตกต่างกันไม่มาก

Almeida และคณะ (2539) ได้ศึกษาและนำเสนอการวิเคราะห์พื้นผิวแตกหักของอีพอกซีที่มีสารเพิ่มความแข็งแรง ผลการทดลองที่ได้คือ ส่วนเอมีนของวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและมีการฉีกขาด แต่ส่วนของอีพอกซีไม่ได้แสดงความเสียหายออกมา ทำให้ความพื้นผิวแตกหักของวัสดุมีลักษณะเรียบ

บทที่ 3

วิธีดำเนินงาน

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงวิธีดำเนินงานการทดสอบการรับแรงของแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมส่วนผสมของอีพอกซี
2. การออกแบบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม
3. การทดสอบวัสดุรับแรง

3.1 การเตรียมส่วนผสมของอีพอกซี

ทำการสั่งซื้อสารผสมจาก บริษัท รุ่งอร่าม จำกัด เพื่อนำมาทดสอบโดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. อีพอกซีเคลือบใสชนิด 200A
2. อีพอกซีเคลือบใสชนิด 200B
3. ตัวทำแข็งเรซิน
4. ปีกเกอร์
5. แ่งแก้ว
6. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด
7. ไม้ไอศกรีม
8. อ่างปรับอุณหภูมิ
9. แบบหล่อ



รูปที่ 3.1 อีพอกซีเคลือบใสชนิด 200A



รูปที่ 3.2 อีพอกซีเคลือบใสชนิด 200B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ตัวทำแข็งเรซิน



รูปที่ 3.4 ปีกเกอร์



รูปที่ 3.5 แท่งแก้ว



รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด



รูปที่ 3.7 ไม้ไอศกรีม



รูปที่ 3.8 อ่างปรับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แบบหล่ออีพอกซี

3.2 การออกแบบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

การออกแบบอัตราส่วนผสมต้องคำนึงถึงความร้อนที่เกิดได้จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างอีพอกซี ชนิด A และ ชนิด B และการเกิดฟองอากาศเป็นสิ่งที่เกิดได้ง่าย ทั้งจากการคนผสม การเทส่วนผสม ลงภาชนะ

ขั้นตอนการผสม

จากการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลพบว่า อัตราส่วนผสมเบื้องต้นที่ทำให้อีพอกซี เรซินเกิดปฏิกิริยาความร้อนในการผสมเกิดขึ้นช้า และเกิดฟองอากาศน้อยที่สุดซึ่งทำให้ แผ่นรับแรงนี้มี

ความ

ใส และโปร่งแสงมากที่สุดคือ อัตราส่วน 2 : 1

1. ทำการเตรียมส่วนผสมต่างๆ



รูปที่ 3.10 การเตรียมส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำอีพอกซีชนิด A และ B ไปควบคุมอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที เพื่อลดการเกิดฟองอากาศ



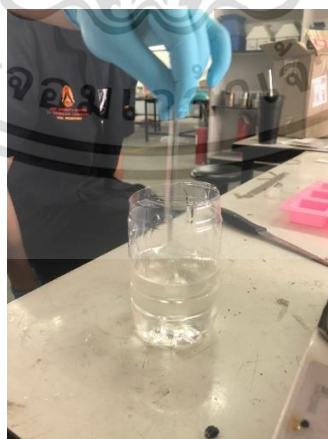
รูปที่ 3.11 การปรับอุณหภูมิสารในอ่างปรับอุณหภูมิ

3. นำอีพอกซีชนิด A และ B มาผสมเข้าด้วยกันตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.12 ชั่งน้ำหนักส่วนผสม

4. คนสารผสมทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกันโดยพยายามไม่ให้เกิดฟองอากาศ



รูปที่ 3.13 ผสมส่วนผสมตามอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.เทส่วนผสมอีพอกซี A และ B ที่ผสมเข้ากันดีแล้วลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้



รูปที่ 3.14 การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ

6.ปล่อยให้อีพอกซีแข็งตัวเป็นเวลา 24 ชม.



รูปที่ 3.15 การแข็งตัวของอีพอกซีในแบบหล่อ

7.หลังจากที่อีพอกซีแข็งตัวแล้ว นำออกจากแบบหล่อ



รูปที่ 3.16 อีพอกซีที่แข็งตัวแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบวัสดุ

3.3.1 การทดสอบลักษณะในเชิงตัวเลข

ขั้นตอนการทดสอบชิ้นงานมีดังนี้

1. นำแบบทดสอบเข้าสู่เครื่อง Universal Testing Machine ทดสอบวัสดุโดยทำการทดสอบ Compressive Strength ตามมาตรฐาน ASTM เพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต อิฐ ผลิตภัณฑ์เซรามิกและพอลิเมอร์บางชนิด โดยการหล่อก่อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 ซม. จากนั้นบันทึกค่าที่ได้ในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางแสดงผลการทดลองค่ากำลังรับแรงอัดที่นำตัวอย่างเข้าสู่เครื่องทดสอบ

No.	อัตราส่วนผสม	Area (cm. x cm.)	Height (cm.)	Ultimate Load (kg.)		Average compressive strength (ksc.)
				1	2	

ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) หาได้จากสมการ

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (\text{สมการที่ 3.1})$$

โดยที่

f_c = กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย มีหน่วยเป็น กก./ตร.ซม. หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว

P = แรงอัด มีหน่วยเป็น กก. หรือ ปอนด์

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น ตร.ซม. หรือ ตร.นิ้ว

2. การทดสอบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยการนำแผ่นรับแรงฮ็อกซีไปแทนที่วัสดุรับแรงเดิมคือ กระจกเทมเปอร์ จากนั้นทำการวัดค่า แรงดันไฟฟ้า (Voltage) โดยใช้มัลติมิเตอร์

ในการวัดค่า โดยสเปคตามที่ทางผู้ผลิตระบุไว้ตาม Solar Module ที่ 18 โวลต์ ทำการบันทึกค่าลงในตาราง 3.2 จากนั้นทำการหา Percentage Error

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางแสดงผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้า

No.	แรงดันไฟฟ้า (V.)	Percentage Error	หมายเหตุ

Percentage Error หาได้จากสมการ

$$\% \text{ Error} = \frac{|Exact \text{ value} - Approximate \text{ value}|}{Exact \text{ value}} \times 100 \quad (\text{สมการที่ 3.2})$$

3.3.2 การทดสอบในเชิงกายภาพ

การทดสอบความทนแรงกระแทก ขั้นตอนการทดสอบชิ้นงานมีดังนี้

1. เตรียมลูกเหล็กผิวเรียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 mm. และให้มีมวลรวม 1040 g
2. ทำตัวอย่างวัสดุรับแรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดประมาณ 610 mm.
3. ยกลูกเหล็กกลมให้สูงจากกระจกตัวอย่าง 1000 mm. แล้วปล่อยให้ตกลงกระแทกบริเวณภายในรัศมี 25 mm. จากจุดกึ่งกลางกระจกตัวอย่าง 1 ครั้ง
4. รายงานว่ากระจกตัวอย่างแตกหรือไม่

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงการผลการทดสอบรับแรงอัด (Compressive strength test) การทดสอบแรงกระแทก (Drop test) และการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยได้ผลการทดสอบตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การทดสอบรับแรงอัด (Compressive strength test)
2. การทดสอบแรงกระแทก (Drop test)
3. การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Efficiency test)

4.1 การทดสอบรับแรงอัด (Compressive strength test)

ผลการทดสอบรับแรงอัด นี้ เป็นการทดสอบความคงทนของอิพอกซีจากการรับแรงอัด โดยการทดสอบนี้ทดสอบโดยการนำอิพอกซีที่หล่อเป็นรูปทรงลูกบาศก์ ในอัตราส่วน 2 : 1 (สูตร A : สูตร B) จำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อนำมาทดสอบด้วยเครื่อง UTM จะได้ค่า Ultimate Load ออกมาจากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า Average compressive strength

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบรับแรงอัด

No.	Area (cm ² .)	Height (cm.)	Ultimate Load (kN.)	Average compressive strength (ksc.)
1	24.30	4.91	112.57	472.38
2	23.91	4.90	103.84	442.86
3	24.01	4.93	108.50	460.80
		เฉลี่ย	108.30	458.68

จากการทดสอบพบว่าอิพอกซีสูตรผสม 3 ตัวอย่างสามารถรับแรงอัดเฉลี่ยได้ 458.68 ksc โดยค่าที่ได้ออกมาพบว่าอิพอกซีสามารถรับแรงอัดเฉลี่ยได้มากกว่าคอนกรีตที่ใช้งานทั่วไปอยู่ที่ 325 ksc จึงเพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นวัสดุป้องกันแผ่นโซล่าเซลล์



รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบรับแรงอัดของอีพอกซี

4.2 ผลการทดสอบแรงกระแทก (Drop test)

ผลการทดสอบแรงกระแทกนี้ เป็นการทดสอบความคงทนของอีพอกซีจากการรับแรงแบบกระแทก โดยการทดสอบครั้งนี้ทดสอบโดยการ หล่อแผ่นอีพอกซีจำนวน 2 แผ่นที่ขนาดมีขนาดเท่ากันคือ 37x37 ซม.หนา 5 mm จากนั้นทำการปล่อยลูกเหล็กน้ำหนัก 1040 กรัม ที่ความสูง 1 เมตร แต่เนื่องจากมีอุปกรณ์ไม่เพียงพอ จึงใช้ลูกเหล็กน้ำหนัก 693 กรัม โดยทำการปรับระดับความสูงให้ได้พลังงานใกล้เคียงกับมาตรฐาน มอก. 965-2560 ที่ 10,594.8 จูล จะได้ความสูงคือ 1.55 เมตร คำนวณจากสมการพลังงานศักย์โน้มถ่วง(สมการที่ 4.1)

$$\text{พลังงานศักย์โน้มถ่วง} = mgh \quad (\text{สมการที่ 4.1})$$

$$(1040 \text{ g})(1 \text{ m})(9.81 \text{ m/s}^2) = 10,594.8 \text{ จูล}$$

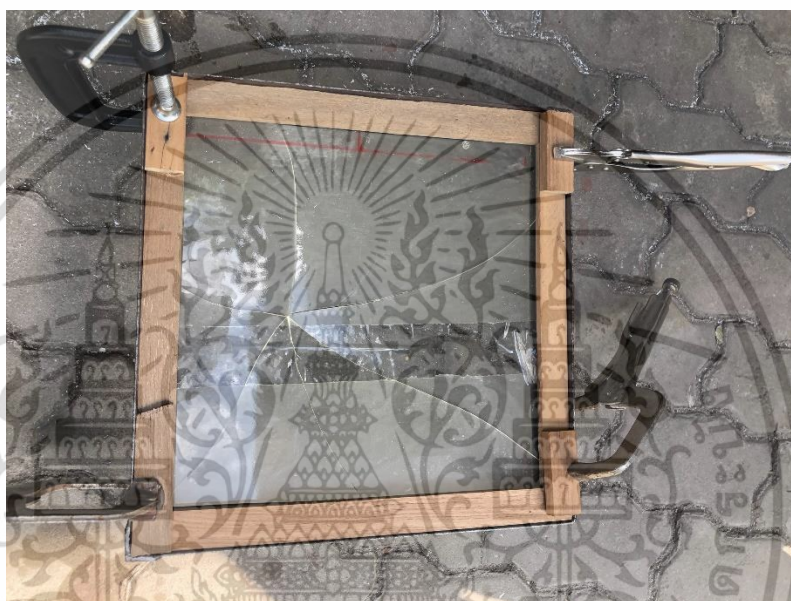
$$(693 \text{ g})(1.55 \text{ m})(9.81 \text{ m/s}^2) = 10,537.4 \text{ จูล}$$

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดสอบแรงกระแทกของอีพอกซี

ตัวอย่างที่	ความสูง (เมตร , m)	ผลการทดสอบที่ได้
1	1.55	ไม่เกิดรอยร้าวหรือรอยขีดข่วน
2	1.55	ไม่เกิดรอยร้าวหรือรอยขีดข่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบพบว่า ที่ลูกเหล็กน้ำหนัก 693 กรัมที่ความสูง 1.50 เมตร แผ่นอีพอกซีที่นำมาทดสอบได้ผลการทดสอบที่เหมือนกันคือ ในการปล่อยลูกเหล็กแผ่นอีพอกซีไม่เกิดรอยร้าวหรือรอยขีดข่วนใดๆ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าแผ่นอีพอกซีนั้นมีความแข็งแรงเพียงพอ เมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระจกเทมเปอร์ (มอก. 965-2560) ที่ใช้ในการปกป้องแผ่นโซล่าเซลล์จากแรงกระแทก



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบแรงกระแทกของแผ่นอีพอกซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

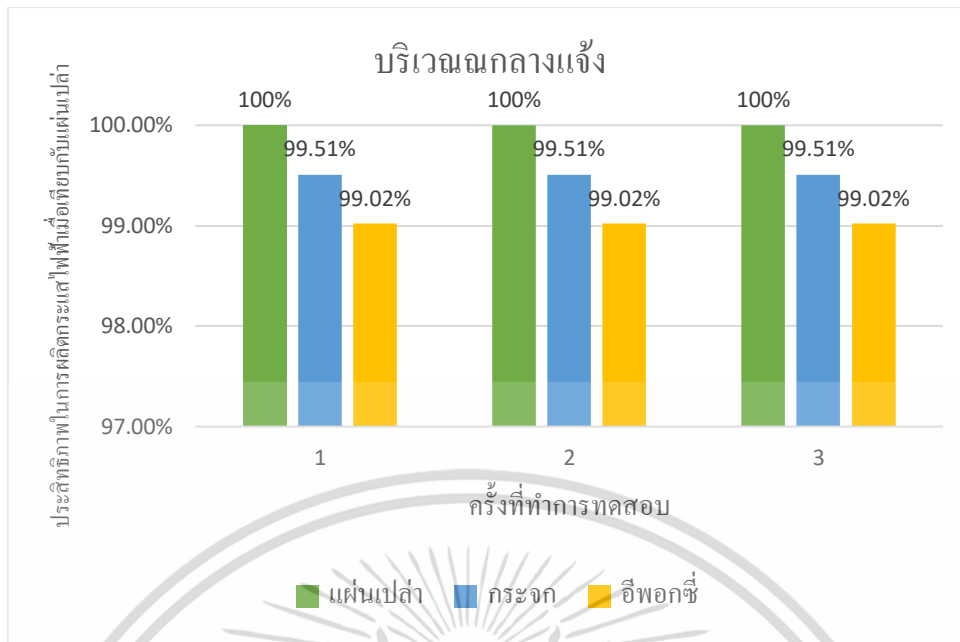
4.3 ผลทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Efficiency test)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าในสภาพแวดล้อมแบบ กลางแจ้งได้รับแดดโดยตรง กับ ในที่ร่มไม่ได้รับแดดโดยตรง การทดสอบนี้จะทำการเปลี่ยนวัสดุป้องกันบริเวณผิวหน้าแผ่นโซลาร์เซลล์ โดยแบ่งเป็น 3 ตัวอย่างดังนี้ 1.แบบไม่มีวัสดุป้องกันหรือแผ่นเปล่า 2.แบบใช้กระจกเป็นวัสดุป้องกัน 3.แบบใช้แผ่นอีพอกซีเป็นวัสดุป้องกัน โดยจะทำการทดสอบด้วยการนำ แผ่นโซลาร์เซลล์ทั้ง 3 รูปแบบนี้มาทำการทดสอบทั้ง กลางแจ้ง และในที่ร่ม เพื่อนำมาหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ และนำมาเปรียบเทียบกับแผ่นโซลาร์เซลล์ที่ใช้ กระจก และ แผ่นอีพอกซี มาเป็นวัสดุป้องกัน มีประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าเท่าใดเมื่อนำมาเทียบกับ แผ่นโซลาร์เซลล์แบบแผ่นเปล่า

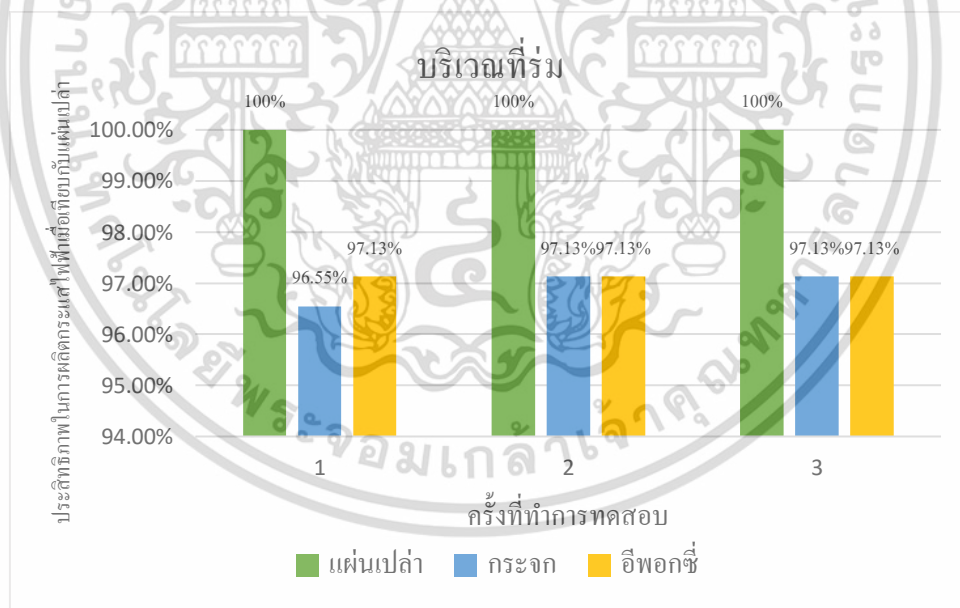
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ชนิด	ครั้งที่	ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (โวลต์ , V)		ประสิทธิภาพในการผลิต กระแสไฟฟ้าเมื่อเทียบกับ แผ่นเปล่า	
		กลางแจ้ง	ในที่ร่ม	กลางแจ้ง	ในที่ร่ม
แผ่นเปล่า	1	20.5	17.4	100.00%	100.00%
	2	20.5	17.4	100.00%	100.00%
	3	20.5	17.4	100.00%	100.00%
	เฉลี่ย	20.5	17.4	100.00%	100.00%
กระจก	1	20.4	16.8	99.51%	96.55%
	2	20.4	16.9	99.51%	97.13%
	3	20.4	16.9	99.51%	97.13%
	เฉลี่ย	20.4	16.87	99.51%	96.95%
อีพอกซี	1	20.3	16.9	99.02%	97.13%
	2	20.3	16.9	99.02%	97.13%
	3	20.3	16.9	99.02%	97.13%
	เฉลี่ย	20.3	16.9	99.02%	97.13%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อเทียบกับแผ่นเปล่า กับ ครั้งที่ทำการทดสอบ เมื่อมีวัสดุป้องกันที่ต่างกันบริเวณกลางแจ้ง



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อเทียบกับแผ่นเปล่า กับ ครั้งที่ทำการทดสอบ เมื่อมีวัสดุป้องกันที่ต่างกันบริเวณที่ร่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า จะสังเกตได้ว่าที่บริเวณกลางแจ้งแผ่นโซล่าเซลล์ที่ป้องกันด้วยกระจกสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า แผ่นโซล่าเซลล์ที่ป้องกันด้วยอีพอกซี เพราะว่าอีพอกซีมีความขุ่นมัวกว่ากระจกจึงอาจทำให้รับแสงเข้ามาได้น้อยกว่ากระจกที่ใสกว่า แต่ในที่ร่มแผ่นโซล่าเซลล์ที่ป้องกันด้วยกระจกสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับ แผ่นโซล่าเซลล์ที่ป้องกันด้วยอีพอกซี เนื่องจากอีพอกซีเป็นวัสดุที่ไม่ทนต่อแสงยูวี พออยู่ในที่ร่มจึงทำให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับกระจก

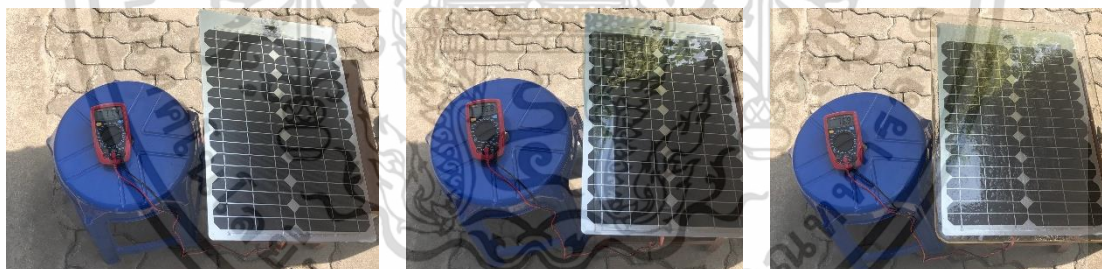


ก.) แผ่นเปล่า

ข.) กระจกเป็นวัสดุป้องกัน

ค.) อีพอกซีเป็นวัสดุป้องกัน

รูปที่ 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าในบริเวณกลางแจ้ง



ก.) แผ่นเปล่า

ข.) กระจกเป็นวัสดุป้องกัน

ค.) อีพอกซีเป็นวัสดุป้องกัน

รูปที่ 4.6 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าในบริเวณในร่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติการรับแรงของแผ่นอีพอกซีและประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าหลังจากเพิ่มวัสดุรับแรง มีการทดสอบทั้งหมด 3 แบบคือ การทดสอบแรงอัด การทดสอบแรงกระแทก และการทดสอบประสิทธิภาพ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

จากการทดสอบแรงอัดโดยใช้เครื่อง UTM พบว่าอีพอกซีสูตรผสมอัตราส่วน A:B คือ 1:2 มีค่าการรับแรงอัดที่สูงมากเมื่อเทียบกับการรับแรงอัดของคอนกรีต จึงสรุปได้ว่าอีพอกซีสามารถนำไปใช้งานในการรับแรงได้ดี

จากการทดสอบแรงกระแทกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระจกนิรภัยเทมเปอร์ (มอก. 965 - 2560) พบว่าแผ่นอีพอกซีไม่เกิดรอยร้าวหรือรอยขีดข่วนใดๆ แสดงให้เห็นว่าอีพอกซีมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับแรงกระแทก จึงสรุปว่าสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุรับแรงของแผงโซลาร์เซลล์ได้

จากการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผ่นโซลาร์เซลล์ที่ใช้อีพอกซีเป็นวัสดุป้องกันลดลงไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นโซลาร์เซลล์แบบแผ่นเปล้าทั้งบริเวณกลางแจ้ง และในที่ร่ม และการผลิตกระแสไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกันกับค่าของแผ่นโซลาร์เซลล์ที่ใช้กระจกเป็นวัสดุป้องกัน แต่ในบริเวณกลางแจ้งจะพบว่าแผ่นโซลาร์เซลล์ที่ใช้อีพอกซีเป็นวัสดุป้องกันจะมีค่าการผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า เนื่องด้วยคุณสมบัติการทนทานต่อ UV ของอีพอกซีที่ทำให้อีพอกซีเกิดการงอ เมื่อได้รับแสงแดดเป็นเวลานาน และความบริสุทธิ์ที่มีค่าน้อยกว่ากระจก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากข้างต้น และคุณสมบัติการรับแรงของอีพอกซี จึงสรุปได้ว่าแผ่นโซลาร์เซลล์ที่ใช้อีพอกซีเป็นวัสดุป้องกันสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆของงานวิศวกรรมได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

เนื่องด้วยสถานการณ์ปัญหา COVID-19 จึงไม่สามารถใช้งานห้องปฏิบัติการได้ การทดสอบรับแรงกระแทกและประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจึงเป็นการทดสอบที่จัดทำอุปกรณ์ขึ้นเองโดยใกล้เคียงกับมาตรฐานของการทดสอบนั้นๆ

จากการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้า แผ่นอีพอกซีเมื่อใช้งานกลางแจ้งและรับแสงแดดเป็นเวลานานจะทำให้แผ่นอีพอกซีเกิดการงอ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. สามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยการปรับเปลี่ยนวัสดุรับแรงประเภทอื่นๆ หรือเพิ่มสารผสมกับอีพอกซี เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยขั้นต่อไป
2. การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า หากใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและมีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ด้านการทดสอบ จะได้ค่าที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
3. แผ่นอีพอกซีเป็นวัสดุที่มีความทนต่อแรงอัดสูง แต่ไม่สามารถใช้งานในบริเวณกลางแจ้งได้นาน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้งานอีพอกซีในบริเวณและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] สุภารัตน์ รัตนานนท์. 2550. พฤติกรรมและกลไกการแตกหักของเทอร์โมเซตอียพอกซีเรซิน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [2] นงนุช จิรภาไพศาล. 2540. การศึกษาสมบัติของอียพอกซีเรซินที่มียางเหลวเป็นสารเพิ่มเติม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล
- [3] พงศกร ทวนทอง, ปิยะณัฐ ปราณี, และพลเมฆ ศรีศุภเศรษฐกุล. 2560. เทคนิคการตรวจจัดการเสื่อมสภาพของโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในโซลาร์ฟาร์ม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] D’Almeida, J.R.M. and Monteiro, S.N. 2539. Analysis of fracture surface morphology of an epoxy system as a function of the resin/hardener ratio. Journal of Materials Science Letters. vol 15, pp. 955–958.
- [5] Gürtürk, Benli, and Ertürk. 2562. Determination of the effects of temperature changes on solar glass used in photovoltaic modules. Renewable Energy. Vol 145, pp. 711-724.
- [6] อรพรรณ บุญพร้อม. 2552. การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.en.mahidol.ac.th
- [7] ความหมายและขอบเขตของ LCA. 2556. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.thaicidatabase.net
- [8] บุษกร วราเอกศิริ. 2555. อียพอกซี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.kru-aor.com
- [9] กระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered Glass). 2561. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.wazzadu.com
- [10] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระจกเทมเปอร์. 2562. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.members.wto.org

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-นามสกุล นาย กฤษกร เนียมหอม
 วัน เดือน ปีเกิด 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541
 ที่อยู่ บ้านเลขที่ 2 หมู่ 10 ต.บางแพ อ.บางแพ จ.ราชบุรี 70160
 โทร 092-2605150
 E-mail warmds92@gmail.com
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี
 ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-นามสกุล นาย ศิรากร สุทธิประภา
 วัน เดือน ปีเกิด 29 ตุลาคม พ.ศ. 2540
 ที่อยู่ 146 ถ.สุริยเดชบำรุง ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด 45000
 โทร 095-662736
 E-mail tankhikhi111@gmail.com
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
 ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-นามสกุล นาย เมฆา มั่นใจ

วัน เดือน ปีเกิด 22 มิถุนายน พ.ศ. 2541

ที่อยู่ 28/31 ม.5 ต.สะเตียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000

โทร 088-2810873

E-mail mek_mekza@hotmail.com

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนเพชรพิทยาคม อำเภอ เมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้