

การผลิตเส้นพลาสติกคอมโพสิตโดยระบบอัดรีดเส้นพลาสติกเพื่อประยุกต์ใช้
ในเทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ

PRODUCTION OF COMPOSITE FILAMENT BY PLASTIC FILAMENT
EXTRUSION SYSTEM FOR 3D PRINTING APPLICATION



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION OF COMPOSITE FILAMENT BY PLASTIC FILAMENT
EXTRUSION SYSTEM FOR 3D PRINTING APPLICATION



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING
IN NANOMATERIAL ENGINEERING
COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
2015



COPYRIGHT 2015

COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การผลิตเส้นพลาสติกคอมโพสิตโดยระบบอัดรีดเส้นพลาสติกเพื่อประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ

Special Project Title Production of Composite Filament by Plastic Filament Extrusion System for 3D Printing Application

นักศึกษา นายเผ่าภูมิ เกิดคง
รหัสประจำตัว 55110031
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา นาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี
สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุนาโน
ปีการศึกษา 2558
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อติเรก แร่งกลีกรณ์

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ดร. กรกช อ่อนละอ	
ดร. อติเรก แร่งกลีกรณ์	
ดร. กิตติพงศ์ อำนวยสวัสดิ์	กิตติพงศ์ อำนวยสวัสดิ์

ภาควิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังอนุมัติให้
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุนาโน
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธี ชูติไพจิตร)

หัวหน้าภาควิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี

วันที่ 17 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน และผู้ถูกพิมพ์นี้จะไม่ใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง

การผลิตเส้นพลาสติกคอมโพสิตโดยระบบ

อัดรีดเส้นพลาสติกเพื่อประยุกต์ใช้ใน

เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ

นักศึกษา

นายเผ่าภูมิ เกิดคง

รหัสประจำตัว

55110031

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมวัสดุฯ

พ.ศ.

2558

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.อดิเรก แรงกสิกรณ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติก เพื่อผลิตเส้นพลาสติกสำหรับนำไปใช้งานในเครื่องพิมพ์สามมิติ ซึ่งภายในระบบประกอบไปด้วย เครื่องอัดรีดพลาสติก เครื่องดึงเส้นพลาสติก และเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก โดยเครื่องอัดรีดพลาสติก ทำหน้าที่ในการผลิตเส้นพลาสติกจากเม็ดพลาสติก โดยใช้การดันและหลอมละลายเม็ดพลาสติกอย่างต่อเนื่อง ผ่านหัวฉีดภาคตัดขวางที่มีลักษณะเป็นวงกลม ทำให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ถูกดันออกมา มีลักษณะเป็นเส้นยาวต่อเนื่อง จากนั้นเส้นพลาสติกที่ได้จะถูกดึงเพื่อควบคุมขนาดเส้นโดยเครื่องดึงเส้นพลาสติก และนำไปเก็บในเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก ซึ่งภายในงานวิจัยได้ทำการทดลองสร้างเส้นพลาสติกอะครีโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene ; ABS) และเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide Nanoparticles ; ZnO NPs) ในอัตราส่วน ZnO NPs 5% ที่มีขนาด 1.75 ไมครอน ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานที่ใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติ พบว่าที่อุณหภูมิ 215 องศาเซลเซียส และ ความเร็วมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนสกรู 55 rpm จะทำให้เส้นพลาสติกทั้งสองชนิดมีลักษณะเรียบ เงาม จากนั้นจึงนำเส้นพลาสติกทั้ง 2 ชนิดไปวัดลักษณะทางพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy ; SEM) ซึ่งแสดงให้เห็นการกระจายตัวของ ZnO NPs ที่เกาะกลุ่มกันภายในพลาสติก ABS นอกจากนี้การทดสอบวัดค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส ฮาร์ดเนสส์ เทสต์ (Vickers Hardness Test) ของพลาสติกทั้ง 2 ชนิดเปรียบเทียบกัน พบว่าเส้นพลาสติกคอมโพสิต มีค่าความแข็งที่สูงกว่าเส้นพลาสติก ABS หลังจากนั้นจึงทดสอบปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสโดยการทดสอบหาร้อยละการฟอกสีของสารย้อมสีเมทิลีนบลูที่ถูกแช่ด้วยเส้นพลาสติกคอมโพสิต ที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่าค่าการฟอกสีของสารเมทิลีนบลูมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนไป แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิส นอกจากนี้เส้นพลาสติกคอมโพสิตมีการกระจายตัวของ ZnO NPs ในแต่ละส่วนของเส้นพลาสติกที่ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Production of Composite Filament by Plastic Filament Extrusion System for 3D Printing Application
Student	Mr. Phaophoom Kerdkhong
Student ID	55110031
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Nanomaterial Engineering
Year	2015
Special Project Advisor	Dr. Adirek Rangkasikorn

ABSTRACT

This special project constructed the plastic filament extrusion system to produce plastic filaments for 3D printer. The system has consisted of filament extruder, filament puller and filament spool winder. The filament extruder has produced plastic filaments by continually pressing and heating plastic pellets. After that the plastic filament was controlled size by filament puller and was collected in spool by filament spool winder. This plastic filament extrusion system was tested to produce 1.75 millimeter diameter filament for 3D printer of Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) plastic and composite filament of ABS plastic and Zinc Oxide nanoparticles (ZnO NPs) at content of 5% wt%. At temperature 215 Celsius and speed motor for wheel screw at 55 rpm is a condition for smooth surface and glossy of both filaments. And these filaments was analyzed morphology by scanning electron microscopy (SEM) and revealed that the aggregation of ZnO NPs were distributed within the ABS phase. Moreover the Vickers hardness test of both filaments showed the composite filament has higher hardness than ABS filament. Furthermore the photocatalysis testing of the plastic composite filaments by calculation of percentage of removal from methylene blue that soaked by plastic composite filaments at each times. The results showed percentage of removal of methylene blue was changed in each times that indicated to react of photocatalysis and distribution of ZnO NPs in each path of plastic filament is unequal.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จขึ้นในวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความสำเร็จที่เกิดขึ้นในโครงการพิเศษฉบับนี้ จะเกิดขึ้นไม่ได้หากปราศจากความกรุณาและสนับสนุนจาก ดร. อติเรก แรงกสิกรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ผู้ซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่ม เรื่อยมาจนกระทั่งโครงการพิเศษนี้เสร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ

ข้อเสนอและคำแนะนำต่าง ๆ ในการพัฒนาและแก้ไขโครงการพิเศษนี้ให้เกิดความสมบูรณ์ของ ดร.กรกช อ่อนละออ และ ดร.กิตติพงศ์ อำนวยสวัสดิ์ ผู้ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิชาโครงการพิเศษ ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ

แขนงวิชาความรู้และประสบการณ์ที่มีคุณค่า ที่บรรดาคณาจารย์ในวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง รวมไปถึงคุณครูแห่งโรงเรียนบูรณะรำลึก จังหวัดตรัง ได้ประสิทธิ์ประสาทสอนสั่งให้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่วัยเยาว์ จนกระทั่งปัจจุบัน ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ

คำแนะนำ คำสั่งสอน ความช่วยเหลือต่าง ๆ ทั้งในด้านความรู้ด้านวิชาการ ประสบการณ์ในการดำรงชีวิต รวมไปถึงกำลังใจที่ ดร.ศุภมาส วิรุณจิตร ผู้ซึ่งเปรียบเป็นได้ทั้งอาจารย์และรุ่นพี่ นายไกรศักดิ์ วัฒนรังสฤษฎ์ นางสาวเทียนทอง ชนสุด รุ่นพี่รุ่นที่ 1 รวมไปถึงบรรดาเพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้องในคณะวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ได้มอบให้ ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณบิดามารดา และเหล่าเครือญาติทั้งหลายที่ข้าพเจ้าใกล้ชิดและสนิท ที่มอบกำลังใจ ความช่วยเหลือ ต่าง ๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถก้าวมาได้ถึงจุดนี้ โครงการพิเศษฉบับนี้ ข้าพเจ้าเต็มใจเป็นอย่างยิ่งที่จะแบ่งปันความรู้ที่ข้าพเจ้าได้รับให้แก่ทุกท่านที่ได้อ่าน

เผ่าภูมิ เกิดคง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.4 สมมติฐานของงานวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ.....	4
2.2 การอัดรีด.....	9
2.3 ระบบอัดรีดเส้นพลาสติก.....	18
2.4 พลาสติกอะครีโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน.....	22
2.5 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์.....	23
2.6 เทคนิคการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของเส้นพลาสติก.....	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	32
3.1 การสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติก.....	33
3.2 การทดลองศึกษาการสร้างเส้นพลาสติก.....	42
3.3 การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก.....	44
3.4 การทดสอบหาค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สของเส้นพลาสติก.....	45
3.5 การทดสอบร้อยละการฟอกสีของเส้นพลาสติกคอมโพสิต.....	46
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
4.1 การวิเคราะห์การทำงานของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก.....	48
4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเส้นพลาสติก.....	50
4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก.....	54
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของเส้นพลาสติก.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 ผลการวิเคราะห์การฟอกสีของสารละลายเมทิลีนบลู.....	58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	61
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม.....	63
ประวัติผู้เขียน.....	64



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติทั่วไปของ ABS.....	22
2.2 สมบัติทั่วไปของซิงค์ออกไซด์.....	23
4.1 ลักษณะของเส้นพลาสติก ABS ที่อุณหภูมิและความเร็วมอเตอร์ต่าง ๆ.....	51
4.2 ลักษณะของเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่อุณหภูมิและความเร็วมอเตอร์ต่าง ๆ.....	53
4.3 ค่าความแข็งของเส้นพลาสติก และแรงที่ใช้กดขนาดต่าง ๆ.....	57
4.4 ค่าการดุดกิ้นแสงสูงสุดและร้อยละการฟอกสีของเส้นพลาสติกคอมโพสิตชนิดต่าง ๆ.....	59



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติแบบฉีดเส้น	5
2.2 เครื่องพิมพ์สามมิติสามมิติชนิดคาร์ทเดอเซียน.....	5
2.3 เครื่องพิมพ์สามมิติสามมิติชนิดเดลต้า	6
2.4 ลักษณะการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติแบบลาดเรชิน ชนิด SLA.....	7
2.5 เครื่องพิมพ์สามมิติแบบ DLP.....	8
2.6 กระบวนการการอัดรีด	9
2.7 ลักษณะการทำงานของกระบวนการอัดรีดแบบทางตรง	11
2.8 ลักษณะการทำงานของกระบวนการอัดรีดแบบทางอ้อม	11
2.9 กระบวนการอัดรีดแบบไฮโดรสแตติก.....	12
2.10 ลักษณะการทำงานของกระบวนการอัดรีดแบบอิมแพค	12
2.11 ลักษณะการทำงานของกระบวนการอัดรีดแบบท่อ.....	13
2.12 ช่วงการทำงานของกระบวนการอัดรีดพลาสติก.....	14
2.13 กระบวนการอัดรีดแบบเป่าฟิล์ม.....	16
2.14 ชนิดการเคลือบของกระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบโอเวอร์ แจ็กเกตต์ตั้ง.....	16
2.15 สกรูเดี่ยวที่อยู่ภายในกระบอกอัด	18
2.16 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ในชนิดย่อยต่าง ๆ.....	18
2.17 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก.....	19
2.18 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของพลาสติก ABS.....	22
2.19 กลไกการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิส.....	26
2.20 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของกล่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	3030
2.21 ลักษณะของแสงที่ผ่านสารละลายตัวอย่าง	311
3.1 แผนผังแสดงลำดับการดำเนินการวิจัย.....	32
3.2 แบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก.....	33
3.3 ชุดมอเตอร์กระแสสลับและหัวเกียร์.....	35
3.4 โครงหลักของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก	35
3.5 แถบทำความร้อน	36
3.6 ระบบควบคุมอุณหภูมิ	36
3.7 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์	37
3.8 โซลิตสเตทแบบการควบคุมมมูเฟส.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.9 เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกที่ผ่านการประกอบของอุปกรณ์ต่าง ๆ	37
3.10 การต่อวงจรระหว่าง แถบทำความร้อน ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี	38
3.11 แบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องดึงเส้นพลาสติก.....	39
3.12 โครงสร้างเครื่องดึงเส้นพลาสติก.....	40
3.13 การต่อวงจรระหว่างมอเตอร์เกียร์กระแสตรง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า และปลั๊กตัวผู้.....	40
3.14 แบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องมือวนเก็บเส้นพลาสติก	41
3.15 โครงสร้างเครื่องมือวนเก็บเส้นพลาสติก.....	42
3.16 เม็ดพลาสติก ABS	43
3.17 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์	44
3.18 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	45
3.19 เครื่องวัดค่าความแข็งในระดับไมโคร.....	46
3.20 เครื่องยิวี วิส สเปคโตรมิเตอร์.....	46
3.21 ผงเมทิลีนบลู.....	47
3.22 การฉายแสงยูวีในสารละลายที่บรรจุเส้นพลาสติกคอมโพสิต	47
4.1 ลักษณะของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก.....	48
4.2 ลักษณะการทำงานของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก.....	50
4.3 ลักษณะของเส้นพลาสติกที่อุณหภูมิ และความเร็วมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ.....	51
4.4 ลักษณะภายในหัวฉีดคล้ายกับสามเหลี่ยม	52
4.5 ลักษณะของเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่อุณหภูมิ และความเร็วมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ.....	53
4.6 ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก ABS.....	55
4.7 ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติกคอมโพสิต.....	55
4.8 รอยกดของเส้นพลาสติกชนิดต่าง ๆ.....	56
4.9 กราฟแสดงค่าความแข็งเฉลี่ยของเส้นพลาสติกชนิดต่าง ๆ	57
4.10 กราฟการดูดกลืนแสงของสารละลายเมทิลีนบลู	59
4.11 กราฟร้อยละการฟอกสีของสารละลายเมทิลีนบลู.....	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ (3D Printing) ได้รับการกล่าวถึงอย่างแพร่หลาย เนื่องมาจากมีการขยายการใช้งานเข้าสู่ผู้ใช้ระดับครัวเรือนมากขึ้นในระดับราคาที่ต่ำลง จนมีผู้นำไปประยุกต์ใช้งานในแวดวงต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่ของเล่นเด็ก เครื่องประดับเฟอร์นิเจอร์ ไปจนถึงชิ้นส่วนอุปกรณ์ยานยนต์หรือแม้กระทั่งอวัยวะเทียมที่ผลิตขึ้นมาเฉพาะบุคคล เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิตินี้มีกระบวนการสร้างได้หลากหลาย หนึ่งในนั้นก็คือเทคโนโลยีการพิมพ์แบบฉีดเส้น (Fused Deposition Modeling ; FDM) ซึ่งเป็นวิธีการพิมพ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องมาจากวัสดุที่ใช้มีด้วยกันหลายชนิด รวมถึงต้นทุนที่ถูกกว่าการพิมพ์วิธีอื่นทั้งในแง่ของวัสดุและตัวเครื่องพิมพ์เอง โดยใช้หลักการ การหลอมเหลวเส้นพลาสติกที่หัวฉีด แล้วฉีดลงไปที่ฐานทีละชั้น ก่อตัวสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จนได้ชิ้นงานสามมิติตามที่ต้องการ

เนื่องจากเส้นพลาสติกที่ใช้ในการพิมพ์สามมิติแบบ FDM มีราคาที่ย่อมเยา เมื่อเทียบกับเม็ดพลาสติกชนิดเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น เส้นพลาสติกอะคริโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene; ABS) มีราคาขายตามท้องตลาดประมาณ 590 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับเม็ดพลาสติก ABS ที่มีราคาประมาณ 35 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งราคาต่างกันเกือบ 17 เท่า ดังนั้นจึงได้มีการสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกจากเม็ดพลาสติกที่เหมาะสมสำหรับใช้ในบ้านเรือนขึ้นมา เพื่อลดต้นทุนในการพิมพ์สามมิติ โดยลักษณะกระบวนการจะเริ่มต้นจากการใช้สกรู (Screw) ดันเม็ดพลาสติกที่บรรจุลงไป ผ่านแถบทำความร้อน (Heater) แล้วจึงอัดรีดเป็นเส้นพลาสติกออกมาผ่านหัวฉีด (Nozzle) ซึ่งเส้นพลาสติกที่ได้จะถูกดึงไปเก็บในม้วนเก็บพลาสติก (Roller) ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน

ปกติแล้วเส้นพลาสติกที่ใช้ในการพิมพ์มีด้วยกันหลายชนิด หนึ่งในนั้นก็คือ เส้นพลาสติก ABS ซึ่งเป็นหนึ่งในชนิดพลาสติกที่นิยมกันใช้ เนื่องมาจากมีสมบัติที่ทนทานต่อสภาพอากาศ มีความยืดหยุ่นสูง แข็งแรงทนทาน จึงเหมาะกับการขึ้นรูปชิ้นงานได้หลายประเภท เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้าน เครื่องประดับ ของเล่น หรือใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานทางกลไก เช่น ข้อต่อ หรืออะไหล่ชิ้นส่วนต่าง ๆ เป็นต้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติกขึ้นมาเพื่อใช้ในการสร้างและเก็บเส้นพลาสติกเพื่อนำไปใช้ร่วมกับเครื่องพิมพ์สามมิติได้ โดยเส้นพลาสติกที่ถูกสร้างขึ้นจะสร้างมาจากเม็ดพลาสติก ABS ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีสมบัติต่าง ๆ ดังที่กล่าวไปข้างต้น และระบบอัดรีดเส้นพลาสติกนี้จะสามารถสร้างขึ้นได้ทั่วไป เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในงานวิจัยยังได้มีการประยุกต์ใช้อุณหภูมิของอินฟราเรดเข้าไปผสมกับเม็ดพลาสติก ABS ในเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก เพื่อสร้างเป็นเส้นพลาสติกคอมโพสิต ซึ่งหนึ่งในสมบัติของอุณหภูมิอินฟราเรดนั้นคือความสามารถในการกำจัดเชื้อรา หรือกำจัดมลพิษ ดังนั้นเมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติแล้ว ชิ้นงานที่สร้างขึ้นนอกจากจะมีสมบัติที่เด่นมาจากพลาสติก ABS แล้ว ยังมีสมบัติที่เพิ่มมาจากอุณหภูมิอินฟราเรดอีกด้วย ซึ่งเส้นพลาสติกคอมโพสิตนี้สามารถนำไปสร้างเป็นชิ้นงานได้หลากหลายประเภท เช่น โมเดล หรืออุปกรณ์เครื่องใช้งานต่าง ๆ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติก ที่มีทั้งส่วนเครื่องอัดรีดพลาสติก เครื่องดึงเส้นพลาสติก และเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก

1.2.2 เพื่อสร้างเส้นพลาสติก ABS ขนาด 1.75 มิลลิเมตร และเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และ ZnO NPs สำหรับใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติ

1.2.3 เพื่อศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และ ZnO NPs

1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย

1.3.1 การสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

1.3.2 การสร้างเครื่องดึงเส้นพลาสติก

1.3.3 การสร้างเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก พร้อมทดสอบการใช้งานของระบบ

1.3.4 การศึกษาการสร้างเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และ ZnO NPs

1.3.5 การศึกษาลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต

1.3.6 การศึกษาสมบัติความแข็งของเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต

1.3.7 การศึกษาร้อยละการฟอกสีของเส้นพลาสติกคอมโพสิต

1.4 สมมติฐานของงานวิจัย

ระบบอัดรีดเส้นพลาสติกสามารถสร้างและจัดเก็บเส้นพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ทำให้เส้นพลาสติกเกิดความเสียหายในระหว่างกระบวนการของระบบ ซึ่งเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และ ZnO NPs ที่สร้างขึ้นจากปัจจัยที่เหมาะสม จะมีเอกสารเป็นเอกสารทศวงเวสสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะผิวที่เรียบ เงาม สามารถนำไปสร้างชิ้นงานได้ในเครื่องพิมพ์สามมิติ นอกจากนี้การเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ลงไป จะสามารถนำไปใช้กำจัดเชื้อรา หรือมลพิษ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังทำให้เส้นพลาสติกมีค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 สร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่ประกอบด้วยเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก เครื่องดึงเส้นพลาสติก และเครื่องมือ้วนเก็บเส้นพลาสติก

1.5.2 เส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติก ABS/ZnO NPs จะถูกนำมาสร้างและจัดเก็บเป็นเส้นพลาสติกโดยระบบอัดรีดเส้นพลาสติก

1.5.3 ศึกษาปัจจัยที่ใช้ในสร้างเส้นพลาสติก เช่น อุณหภูมิ และความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้หมุนสกรู

1.5.4 ศึกษาสมบัติความแข็งของเส้นพลาสติก จะทดสอบหาค่าความแข็งโดยวิธีแบบวิกเกอร์ส

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printing Technology)

เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิตินั้น เริ่มขึ้นครั้งแรกในปลายคริสต์ทศวรรษที่ 19 โดยนายชาร์ลเลส ดับเบิลยู ฮูล (Charles W. Hull) ซึ่งเป็นผู้ออกแบบเครื่องพิมพ์แบบสามมิติให้กับบริษัท ทรีดี ซิสเต็มส์ คอร์ปอเรชั่น (3D Systems Corporation) โดยเครื่องพิมพ์สามมิตินี้ได้ถูกตั้งชื่อว่า เครื่องพิมพ์สามมิติ แบบสเตอริโอลิโทกราฟฟิก (Stereolithographic 3D Printer)

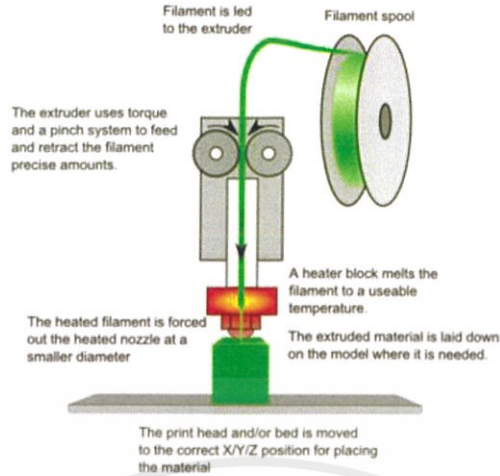
เครื่องพิมพ์แบบสามมิติ ส่วนใหญ่แล้วจะใช้หลักการการทำงานแบบเดียวกันคือ เริ่มจากการพิมพ์สองมิติ (แกน X กับแกน Y) ในแต่ละชั้นก่อน จากนั้นจึงเริ่มต้นพิมพ์รูปร่างสามมิติ โดยการเลื่อนฐานพิมพ์ไปพิมพ์ชั้นถัดไป (แกน Z) โดยการจะพิมพ์ทับชั้นเดิมไปเรื่อย ๆ หลายชั้น จนได้ชิ้นงานออกมาเป็นรูปร่างสามมิติ ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในการพิมพ์ชิ้นงานของเครื่องพิมพ์สามมิตินั้นจะแตกต่างกันออกไปตามประเภทของเครื่องพิมพ์

โดยปกติแล้วความละเอียดในการพิมพ์ชิ้นงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ จะใช้หน่วยวัดของแต่ละชั้นเป็นไมครอน (ซึ่งเป็นหน่วยวัดที่เล็กมาก) ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความละเอียดสูง แต่ต้องใช้ระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น ไฟล์งานที่ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ นั้นเป็นไฟล์ 3 มิติ สามารถสร้างได้จากโปรแกรมต่าง ๆ เช่น ออโต้แคด (AutoCAD) โซลิด เวิร์ค (Solid Work) และ อะโดบี โฟโต้ชอป (Adobe Photoshop) เป็นต้น

ประเภทเครื่องพิมพ์สามมิตินั้น มีด้วยกันหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็จะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป เช่น

2.1.1 เครื่องพิมพ์สามมิติแบบฉีดเส้น (Fused Deposition Modeling ; FDM)

เครื่องพิมพ์สามมิติแบบฉีดเส้น หรือ FDM เป็นเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากวัสดุที่ใช้มีได้ด้วยกันหลายชนิด รวมถึงต้นทุนที่ถูกกว่าการพิมพ์วิธีอื่นทั้งในแง่ของวัสดุและตัวเครื่องพิมพ์เอง โดยมีหลักการในการทำงานคือ การหลอมเหลวเส้นวัสดุที่หัวฉีด ซึ่งมีอุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater) ประกอบอยู่ ทำให้สามารถหลอมเหลววัสดุได้ โดยความร้อนที่ให้อาจขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของวัสดุนั้น ๆ จากนั้นวัสดุที่ถูกหลอมเหลวแล้วจะถูกฉีดลงมาเป็นชั้นที่ฐานซึ่งรูปแบบชั้นที่ได้จะมีลักษณะเป็นสองมิติ แล้วจึงเริ่มพิมพ์ต่อในชั้นถัด ๆ ไป (ลักษณะสามมิติ) จนชิ้นงานเสร็จสิ้น แสดงดังภาพที่ 2.1

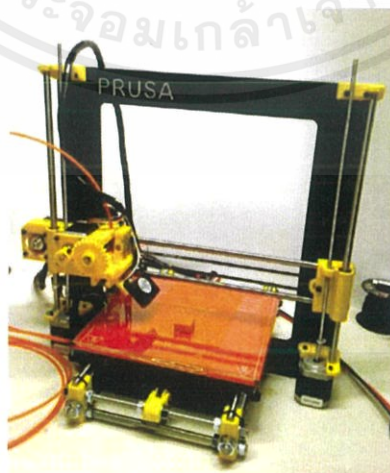


ภาพที่ 2.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติแบบฉีดเส้น

ปกติแล้วเครื่องพิมพ์สามมิติแบบฉีดเส้นนั้น มีด้วยกันหลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมกันมากที่สุด มีด้วยกัน 2 ชนิด คือ

2.1.1.1 เครื่องพิมพ์สามมิติชนิดคาร์ทเดอเซียน (Cartesian)

เป็นเครื่องพิมพ์ที่พบเห็นทั่วไปในท้องตลาด โดยเครื่องจะพิมพ์เป็นชั้นสองมิติเป็นอันดับแรก ซึ่งจะกำหนดแกนในการพิมพ์เพียงแกนเดียว (แกน X หรือแกน Y) เช่น กำหนดการพิมพ์ในแนวแกน X ดังนั้นการพิมพ์เป็นชั้นจะสร้างมาจากการเคลื่อนที่ของหัวฉีดในแนวซ้าย และขวาเท่านั้น จากนั้นจึงเริ่มการพิมพ์ต่อในชั้นถัดไป หรือแนวแกน Z โดยการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ของฐานพิมพ์ ซึ่งเครื่องพิมพ์ชนิดนี้จะค่อนข้างมีความเสถียร เนื่องจากการเคลื่อนที่ของหัวฉีดที่เคลื่อนที่ได้แค่ในระนาบสองมิติ แสดงตัวอย่างเครื่องพิมพ์ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 เครื่องพิมพ์สามมิติชนิดคาร์ทเดอเซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 เครื่องพิมพ์สามมิติชนิดเดลต้า (Delta)

คือเครื่องพิมพ์สามมิติที่มีแกนหัวฉีดยื่นออกมา 3 แกน ซึ่งเครื่องพิมพ์ชนิดเดลตานั้นจะแตกต่างกับชนิดคาร์ทเดอเซียน ตรงที่ฐานพิมพ์นั้นจะอยู่นิ่งกับที่ แล้วหัวฉีดจะเป็นตัวเคลื่อนที่อย่างอิสระทั้งสามแกน ซึ่งข้อดีของเครื่องพิมพ์ชนิดนี้คือ สามารถสั่งให้เครื่องพิมพ์ พิมพ์ชิ้นงานได้ง่าย น้ำหนักน้อย และมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ แต่คุณภาพของชิ้นงานจะลดลง เมื่ออยู่ห่างจุดศูนย์กลาง แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 เครื่องพิมพ์สามมิติชนิดเดลต้า

วัสดุที่ใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติแบบฉีดเส้นนั้น จะใช้วัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้น มีความยาวอย่างต่อเนื่อง ขนาดที่ใช้จะมีด้วยกัน 2 ขนาดคือ 1.75 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถทำมาจากวัสดุได้หลากหลายชนิด เช่น พลาสติกจำพวก อะคริไลโนไตรล์ บิวทาไดอิน สไตรีน (ABS) พอลิแลคติก แอซิด (Polylactic Acid ; PLA) หรือพอลิเอทิลีน (Polyethylene; PE) เป็นต้น ซึ่งนอกจากพลาสติกแล้วยังสามารถนำวัสดุประเภทอื่นมาใช้งานได้อีกด้วย เช่น พลาสติกผสมไม้ หรือพลาสติกผสมทองเหลือง เป็นต้น

ชิ้นงานที่ได้จากการพิมพ์สามมิติแบบ FDM สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายแต่ที่เห็นได้เด่นชัดคือ การนำไปสร้างเป็นชิ้นส่วนต่างที่สามารถนำมาใช้ได้จริง เนื่องจากหลักการในการพิมพ์นี้สามารถทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงมากพอสมควร เช่น ชิ้นส่วนเครื่องจักร อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ เป็นต้น

เครื่องพิมพ์สามมิติแบบฉีดเส้นนั้นมีจุดเด่น-จุดด้อย ต่าง ๆ ดังนี้

- จุดเด่น - มีราคาต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับเครื่องพิมพ์ชนิดอื่น และสามารถหาซื้อเครื่องพิมพ์หรือวัสดุได้ทั่วไปตามท้องตลาด
- ชิ้นงานที่สร้างขึ้นมีความแข็งแรง สามารถรับแรงที่มากกระทบได้พอสมควร
- มีวัสดุให้เลือกใช้งานได้หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีการใช้งานที่ค่อนข้างสะดวก
- จุดด้อย - ความละเอียดในการพิมพ์นั้นจะต่ำกว่าเครื่องพิมพ์ชนิดอื่น เนื่องจากหลักการของเครื่องในการพิมพ์ชิ้นงานทีละชั้น ทำให้หลงเหลือลักษณะที่เป็นเส้นอยู่
- ใช้ระยะเวลาในการพิมพ์มาก แม้ว่าจะนำชิ้นงานไปเปรียบเทียบกับเครื่องพิมพ์ชนิดอื่นที่มีความละเอียดเท่ากัน

2.1.2 เครื่องพิมพ์สามมิติแบบลาดเรชิน (Stereo Lithography ; SLA หรือ Digital Light Processing ; DLP)

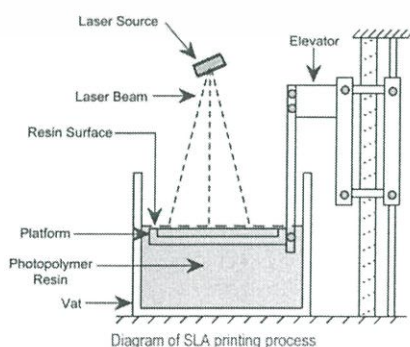
เครื่องพิมพ์สามมิติแบบลาดเรชิน เป็นเครื่องพิมพ์อีกประเภทหนึ่งของเครื่องพิมพ์สามมิติ ที่มีหลักการทำงานคือ การฉายแสงเลเซอร์ไปตกกระทบเรซินความไวแสง (Photo Sensitive Resin) ที่วางไว้อยู่ในถาด ซึ่งเรซินประเภทนี้จะแข็งตัวเป็นเมื่อได้รับแสงที่ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของเรซิน จากนั้นจึงฉายต่อทีละชั้น ๆ จนกระทั่งชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของเครื่องพิมพ์สามมิติแบบลาดเรซินออกได้เป็น 2 ประเภท ตามหลักการทำงาน ดังนี้

2.1.2.1 เครื่องพิมพ์ระบบ SLA

เป็นเครื่องพิมพ์ที่ใช้แสงเลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยเริ่มกระบวนการจาก การฉายแสงเลเซอร์ไปตกกระทบเรซิน สร้างเป็นชั้นในลักษณะภาคตัดขวาง จากนั้นจึงเริ่มทำต่อในชั้นถัด ๆ ไป จนกระทั่งชิ้นงานเสร็จสิ้น ดังนั้นถ้าชิ้นงานที่ต้องการมีขนาดใหญ่ ก็จะใช้เวลาในการสร้างที่นาน แสดงหลักการทำงานดังภาพที่ 2.4

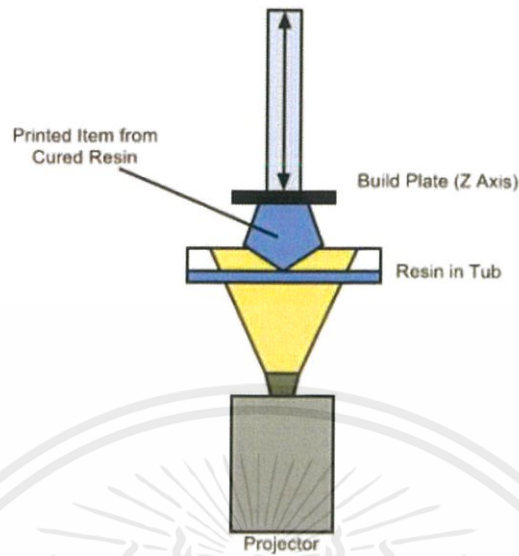
2.1.2.2 เครื่องพิมพ์ระบบ DLP

เป็นเครื่องพิมพ์ที่ใช้โปรเจคเตอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งภาพที่ฉายนั้นจะครอบคลุมทั้งพื้นที่วัสดุทั้งหมด โดยการสร้างในแต่ละชั้นนั้นจะมีการฉายแสงเพียงแค่ครั้งเดียว ปกติแล้ว เครื่องแบบ DLP จะมีขนาดใหญ่กว่าเครื่องแบบ SLA เนื่องจากต้องมีพื้นที่ไว้วางเครื่องโปรเจคเตอร์ แต่สามารถพิมพ์ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการฉายแสงมีเพียงครั้งเดียว ไม่ต้องฉายเป็นทีละเส้นเหมือนแบบ SLA แสดงหลักการทำงานดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.4 ลักษณะการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติแบบลาดเรซิน ชนิด SLA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 เครื่องพิมพ์สามมิติแบบ DLP

เนื่องจากเครื่องพิมพ์ระบบ DLP หรือ SLA ต่างก็ใช้แหล่งกำเนิดเป็นแสง ดังนั้นจึงสามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างละเอียดมาก (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสง เช่น ความละเอียดของแสงเลเซอร์ หรือ ความละเอียดของ โปรเจคเตอร์) แต่เครื่องพิมพ์ระบบนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่เช่นกัน คือ สามารถสร้างชิ้นงานได้ในขนาดที่จำกัด โดยชิ้นงานที่สร้างได้นั้นมีขนาดค่อนข้างเล็กถึงเล็กมาก ซึ่งหลังจากทำการสร้างชิ้นงานแล้วอาจจะต้องมีการฉายแสง ด้วยหลอดยูวีอีกครั้งเพื่อให้วัตถุแข็งตัวคงที่ นอกจากนี้วัสดุที่ใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติแบบกรดเรซินนั้นจะมีลักษณะที่ไม่เหมือนกับวัสดุในเครื่องพิมพ์ชนิดอื่น มีด้วยกันดังนี้

- เรซินธรรมดา มีลักษณะเป็นเรซินของเหลว เมื่อแข็งตัวจะมีลักษณะคล้ายกับพลาสติก ABS ซึ่งมีทั้งแบบธรรมดา และแบบแข็งแรงพิเศษ

- เรซินสำหรับหล่อ (Direct Cast Resin) เป็นเรซินที่เมื่อแข็งตัวแล้วจะมีลักษณะคล้ายแว็กซ์ หรือขี้ผึ้ง สามารถใช้ความร้อนละลายออกได้ จึงเหมาะกับการผลิตเพชรพลอย

- เรซินอื่น ๆ เช่น เรซินที่สามารถยืดหยุ่นได้ เป็นต้น

เนื่องจากเครื่องพิมพ์สามมิติสามารถสร้างชิ้นงานได้ค่อนข้างละเอียด และทำงานชิ้นเล็ก ๆ ได้ ดังนั้นเครื่องพิมพ์สามมิติแบบกรดเรซิน จึงสามารถนำไปใช้ได้กับงานบางประเภท เช่น งานเครื่องประดับเพชรพลอย แบบจำลอง หรือแม่แต่งงานพระเครื่อง เป็นต้น

เครื่องพิมพ์สามมิติแบบกรดเรซินนั้นมีจุดเด่น-จุดด้อย ต่าง ๆ ดังนี้

จุดเด่น - ชิ้นงานที่สร้างที่สร้างขึ้นมีความละเอียดสูงและเก็บรายละเอียดได้ดี

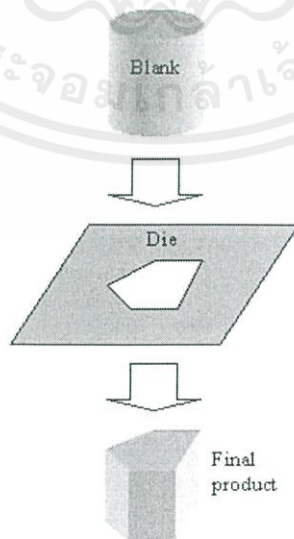
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วในการพิมพ์สูงกว่าระบบ FDM (ที่โมเดลเดียวกันและความละเอียดเดียวกัน)
- จุดด้อย - มีการใช้งานที่ยุ้งยากกว่าระบบ FDM เนื่องจากวัสดุที่ใช้เป็นของเหลว
- มีความจำกัดทางด้านขนาดของชิ้นงาน ซึ่งสามารถสร้างได้เฉพาะชิ้นงานขนาดเล็กเท่านั้น
- มีค่าใช้จ่ายที่สูง โดยเฉพาะราคาของเรซิน [1]

2.2 การอัดรีด (Extrusion)

การอัดรีด (Extrusion) คือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างวัสดุจำพวกเหล็ก หรือพลาสติก โดยการอัดผ่านแม่พิมพ์ภาคตัดขวาง (Cross-Section Die) ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจงตามลักษณะของแม่พิมพ์ภาคตัดขวางชนิดนั้น ๆ แสดงดังภาพที่ 2.6 ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถผลิตชิ้นงานได้หลายชนิด เช่น ลูกกรงทรงกระบอก ท่อ กรอบประตู เป็นต้น

การอัดรีดได้เริ่มต้นขึ้นเป็นระยะเวลานานแล้ว โดยเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1797 นายโจเซฟ บรามาช ได้จดสิทธิบัตรการสร้างท่อตะกั่วผ่านกระบวนการอัดรีดเป็นครั้งแรก โดยให้ความร้อนแก่เหล็ก แล้วใช้ที่ตูด (Hand-Driven Plunger) ดันออกมาผ่านแม่พิมพ์ หลังจากนั้นการพัฒนาระบบอัดรีดได้หยุดชะงักลงจนกระทั่งปี ค.ศ. 1820 นายโทมัส เบอร์ ได้สร้างเครื่องกดแปงแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Powered Press) ขึ้นมาเป็นครั้งแรก ซึ่งในตอนนั้นกระบวนการที่เกิดขึ้นจะถูกเรียกว่า สควอร์ติงค์ (Squirting) แล้วในปี ค.ศ. 1894 นายอเล็กซานเดอร์ ดิกค์ ก็ได้พัฒนาระบบการอัดรีดโดยใช้ทองแดงและทองเหลืองเป็นวัสดุขึ้นต้น



ภาพที่ 2.6 กระบวนการการอัดรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 กระบวนการอัดรีด (Extrusion Process)

ในกระบวนการอัดรีดนั้น สามารถแบ่งออกเป็นได้ 2 ประเภท ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิต

2.2.1.1 กระบวนการอัดรีดโลหะ (Metal Extrusion)

กระบวนการอัดรีดโลหะ เป็นกระบวนการสร้างชิ้นงานโลหะที่เกิดจากการดันแท่งโลหะ หรือที่เรียกว่า แมนโดรล ภายใต้ความร้อน และความดัน ผ่านแม่พิมพ์ตัดขวางชนิดต่างๆ ทำให้ได้ชิ้นงานโลหะที่มีรูปร่างเฉพาะตามลักษณะของแม่พิมพ์นั้น ๆ โดยแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

(1) กระบวนการอัดรีดที่แบ่งตามลักษณะอุณหภูมิ

- กระบวนการอัดรีดแบบร้อน (Hot Extrusion)

กระบวนการอัดรีดแบบร้อน เป็นกระบวนการอัดรีดที่เกิดขึ้นในอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิห้อง และสูงกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการตกผลึกใหม่ (Recrystallization Temperature) ความดันที่เกิดขึ้นจะอยู่ในช่วง 30-700 MPa (4400-101,500 psi) ซึ่งความร้อนและความดันที่สูงจะทำให้แม่พิมพ์เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง ดังนั้นจึงมีการใช้สารหล่อลื่นเข้ามาเพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้น โดยน้ำมันหรือกราไฟท์จะใช้สำหรับช่วงอุณหภูมิที่ต่ำ และผงแก้วจะสำหรับช่วงอุณหภูมิที่สูง ซึ่งข้อเสียของวิธีการนี้คือ โลหะจะถูกออกซิไดซ์

- กระบวนการอัดรีดแบบเย็น (Cold Extrusion)

กระบวนการอัดรีดแบบเย็นเป็นกระบวนการอัดรีดที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิห้อง หรือใกล้เคียง โดยกระบวนการนี้จะใช้ความดันที่สูงกว่าในรูปแบบร้อน ซึ่งจะทำให้เกรนเสียรูป และทำให้เกิดความเค้นขึ้นภายใน ซึ่งจะทำให้วัสดุมีความแข็งแรงที่มากกว่าการอัดรีดแบบร้อน นอกจากนี้ก็ยังมีข้อดีตรงที่โลหะจะไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและผิวของชิ้นงานมีลักษณะเรียบ

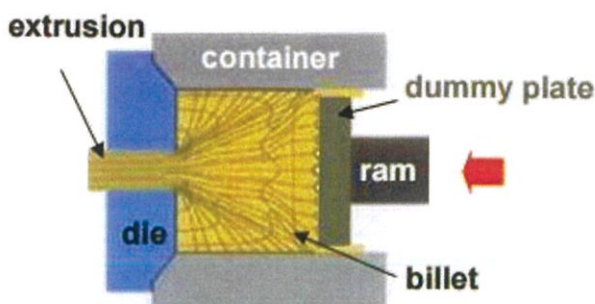
- กระบวนการอัดรีดแบบอุ่น (Warm Extrusion)

กระบวนการอัดรีดแบบอุ่นเป็นกระบวนการอัดรีดที่เกิดขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิห้อง แต่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการตกผลึกใหม่ ซึ่งถือเป็นกระบวนการที่สมดุลในเรื่องของแรงดัน และความร้อน [2]

(2) กระบวนการอัดรีดในลักษณะต่าง ๆ

- กระบวนการอัดรีดแบบทางตรง (Direct Extrusion)

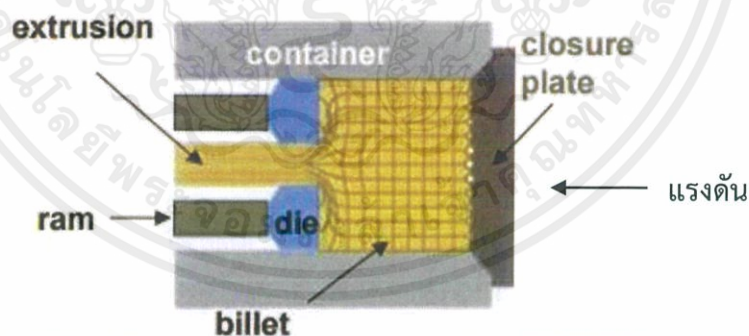
กระบวนการอัดรีดแบบทางตรง หรือเรียกอีกอย่างว่ากระบวนการอัดรีดแบบไปข้างหน้า คือกระบวนการที่บิลเล็ต (Billet) หรือแท่งเหล็กที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ถูกดันออกผ่านแม่พิมพ์โดยแรม (Ram) ภายในกระบอกอัด (Container) ซึ่งวิธีการนี้จะใช้แรงดันในการดันออก มากกว่าการอัดรีดแบบทางอ้อมเนื่องจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น โดยแรงเสียดทานจะเกิดขึ้นระหว่างบิลเล็ตกับกระบอกอัด ซึ่งจะใช้แรงดันในช่วงเริ่มต้นมากที่สุดเพื่อให้เกิดการไหลออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นแรงดันจะค่อย ๆ ลดลงตามระยะบิลเล็ตที่ไหลไปได้ จนกระทั่งแรมอยู่ใกล้แม่พิมพ์ แรงดันที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นมาอีกครั้งเพื่อให้บิลเล็ตที่เหลือไหลออกไปจนหมด ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ลักษณะการทำงานของกระบวนการอัดรีดแบบทางตรง (Direct Extrusion)

- กระบวนการอัดรีดแบบทางอ้อม (Indirect Extrusion)

กระบวนการอัดรีดแบบทางอ้อม หรือเรียกอีกอย่างว่ากระบวนการอัดรีดแบบถอยหลัง ซึ่งกระบวนการนี้จะมีแม่พิมพ์ติดอยู่กับแรม ใช้หลักการที่บิลเล็ตกับกระบอกอัดเคลื่อนที่พร้อมกันไป กระแทกกับแรมและแม่พิมพ์ที่อยู่ติดอยู่กับที่ ซึ่งในกระบวนการแบบนี้แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจะเกิดตรงบริเวณแม่พิมพ์เท่านั้น และบริเวณอื่นของกระบอกอัดจะไม่เกิดเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ไปพร้อมกันของบิลเล็ตและกระบอกอัด ดังภาพที่ 2.8 ซึ่งข้อดีของวิธีนี้คือ แรงที่ใช้อัดจะน้อยลง เนื่องจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น จะมีแค่บริเวณแม่พิมพ์เท่านั้น และแนวโน้มที่จะเกิดการแตกหักก็จะน้อยลงอีกด้วย เนื่องจากความร้อนปริมาณน้อยที่เกิดขึ้นมาจากแรงเสียดทาน อย่างไรก็ตามลักษณะของแม่พิมพ์นั้นมิได้จำกัด ทำให้กระบวนการนี้นำไปสร้างผลิตภัณฑ์ได้บางประเภทเท่านั้น



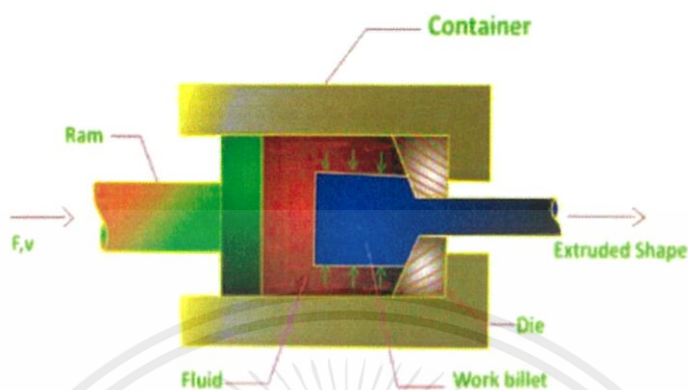
ภาพที่ 2.8 ลักษณะการทำงานของกระบวนการอัดรีดแบบทางอ้อม (Indirect Extrusion)

- กระบวนการอัดรีดแบบไฮโดรสแตติก (Hydrostatic Extrusion)

กระบวนการอัดรีดแบบไฮโดรสแตติก คือกระบวนการอัดรีดที่มีหลักการพื้นฐานเหมือนกับกระบวนการอื่นเพียงแต่ภายในกระบอกอัด จะบรรจุของเหลวไว้ ทำให้การดันบิลเล็ตจะต้องดันผ่านน้ำก่อนเสมอ ซึ่งจะทำให้แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างบิลเล็ตกับผนังกระบอกอัดหมดไป โดยปกติแล้วกระบวนการนี้สามารถทำได้ทั้งอุณหภูมิร้อน เย็น หรืออุ่น ซึ่งกระบวนการนี้สามารถใช้ได้กับบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

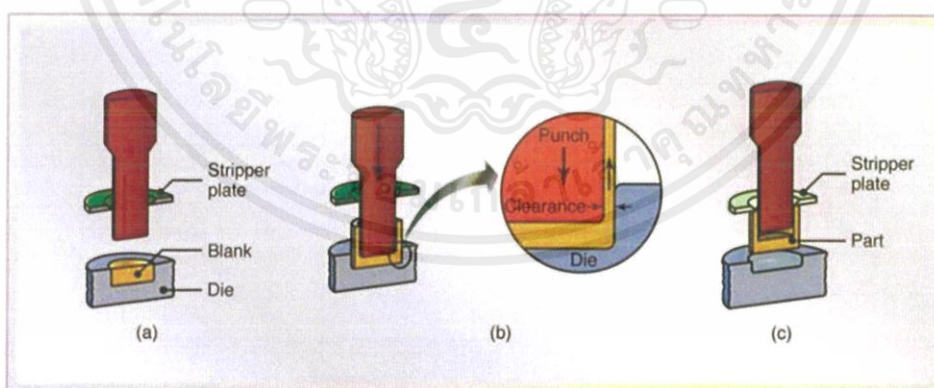
เหล็กและแม่พิมพ์ภาคตัดขวางที่มีขนาดใหญ่ แต่ก็มีข้อเสียที่ตรงที่ยากแก่การบรรจุของเหลวภายใต้ความสูง ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 กระบวนการอัดรีดแบบไฮโดรสแตติก

- กระบวนการอัดรีดแบบอิมแพค (Impact Extrusion)

กระบวนการอัดรีดแบบอิมแพค เป็นกระบวนการที่ใช้ลูกสูบอัดลงไปยังบิลเล็ตที่ติดอยู่กับแม่พิมพ์อย่างรวดเร็ว ทำให้บิลเล็ตเกิดเปลี่ยนรูปร่างไปตามช่องว่างในบริเวณโดยรอบ ทั้งนี้สารหล่อลื่นจะถูกนำไปใช้ในเครื่องจักร เพื่อช่วยในการดึงลูกสูบขึ้นหลังจากกดลงไปแล้ว แสดงลักษณะกระบวนการ ดังภาพที่ 2.10



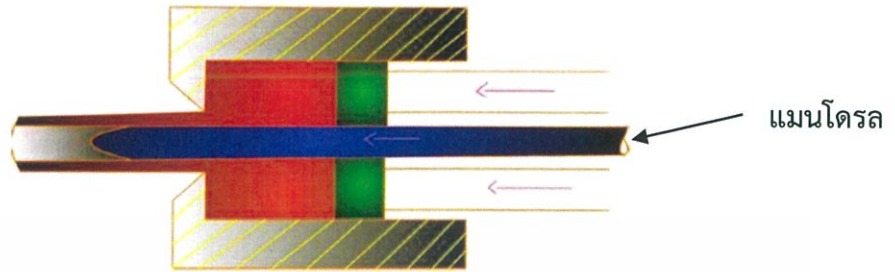
ภาพที่ 2.10 ลักษณะการทำงานของกระบวนการอัดรีดแบบอิมแพค

- กระบวนการอัดรีดแบบท่อ (Tube Extrusion)

กระบวนการอัดรีดแบบท่อ คือกระบวนการอัดรีดที่ใช้แมนโดรล (Mandrel) หรือแท่งโลหะไปติดอยู่ที่ปลายของแรม เมื่อบิลเล็ตถูกดัน แมนโดรลจะขยับออกไปข้างนอกแม่พิมพ์ด้วย ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างระหว่างแมนโดรลกับผนังของแม่พิมพ์จะเป็นตัวกำหนดขนาดความหนาของท่อ ดังรูปที่ 2.11 [3]



ภาพที่ 2.11 ลักษณะการทำงานของกระบวนการอัดรีดแบบท่อ (Tube Extrusion)

2.2.1.2 กระบวนการอัดรีดพลาสติก (Plastic Extrusion)

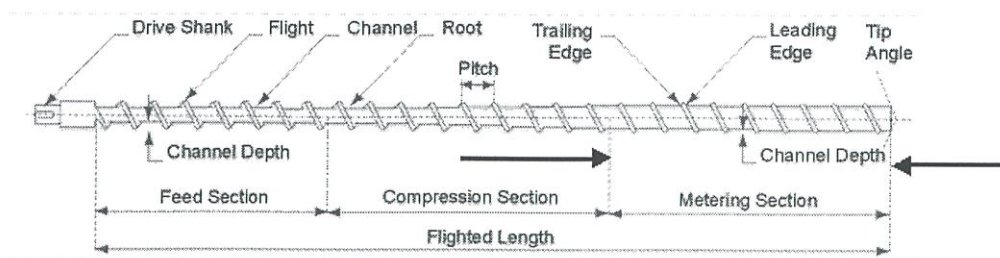
กระบวนการอัดรีดโลหะ เป็นกระบวนการสร้างชิ้นงานพลาสติกที่เกิดจากการดันเม็ดพลาสติก ภายใต้ความร้อน และความดัน ผ่านแม่พิมพ์ตัดขวางชนิดต่าง ๆ ทำให้ได้ชิ้นงานพลาสติกที่มีรูปร่างเฉพาะตามลักษณะของแม่พิมพ์นั้น ๆ

เครื่องอัดรีดพลาสติกได้ถูกพัฒนาขึ้นในปีค.ศ. 1820 นายโทมัส แอนค็อค ได้ประดิษฐ์เครื่องบดยาง เพื่อที่จะนำเศษยางกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง จากนั้นในปีค.ศ 1836 นายเอ็ดวิน ซาฟฟี ได้สร้างเครื่องม้วนกลิ้งแบบ 2 ลูก (Two-Roller Machine) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบดยาง ซึ่งในปีค.ศ 1935 เครื่องอัดรีดเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Extrusion) เครื่องแรกก็ถูกสร้างขึ้นมาโดยนายพอล โทรสเตอร์ และนางแอสลีย์ เกอร์ซอพฟ์ ภรรยาของเขา ในเมืองแฮมเบิร์ก ประเทศเยอรมันนี ต่อมา นายชอร์ตลี อาฟเตอร์ และนายโรเบอร์โต โคลอมโบ ก็ได้พัฒนาเครื่องอัดรีดแบบ 2 สกรู (Twin Screw Extruders) เครื่องแรกในอิตาลี

แล้วพลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นจะเป็นพลาสติกชนิด เทอร์โมพลาสติก เช่น ไนลอน พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) อะครีโลไนไตรล์-บิวตะไดอิน-สไตรีน (ABS) เป็นต้น ซึ่งจะทำงานภายในเครื่องอัดรีด โดยมีส่วนประกอบหลักคือ ช่องใส่สาร (Hopper) กระบอกรัด(Barrel) แถบทำความร้อน (Heater) สกรู (Screw) และแม่พิมพ์ (Die)

กระบวนการอัดรีดพลาสติกจะเริ่มต้นจากการใส่เม็ดพลาสติกลงในกระบอกรัด หลังจากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกลำเลียงต่อไปยังแม่พิมพ์โดยการหมุนของสกรูที่อยู่ภายในกระบอกรัด ซึ่งในระหว่างการลำเลียงนั้น เม็ดพลาสติกจะได้รับความร้อน และเกิดการหลอมเหลว จากแถบทำความร้อน แล้วจึงจะถูกดันออกผ่านแม่พิมพ์ ซึ่งสามารถแบ่งช่วงกระบวนการออกเป็น 3 ช่วงที่ระยะต่าง ๆ ของสกรู ดังภาพที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 ช่วงการทำงานของกระบวนการอัดรีดพลาสติก

- ช่วงบรรจุ (Feed Zone, Solids Conveying Zone) คือช่วงเริ่มต้นของสกรูที่ทำหน้าที่ลำเลียงพลาสติกที่ไหลลงมาจาก ช่องใส่สาร แล้วส่งต่อไปยัง ช่วงหลอมเหลว ซึ่งในช่วงนี้ขนาดความลึก (Channel Depth) ของร่องเกลียวมากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงอื่น และร่องเกลียวจะมีขนาดความลึกเท่ากันในทุก ๆ ร่อง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความร้อนในช่วงนี้จะมีค่าที่ไม่สูงนัก เพราะจะทำให้การลำเลียงพลาสติกเกิดการติดขัด หรือไม่ต่อเนื่อง เนื่องมาจากเม็ดพลาสติกเกิดการหลอมเหลวแล้วเกาะกันเป็นก้อน ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นในช่วงนี้ จะเกิดขึ้นจากการเสียดสีกันเองของพลาสติก การเสียดสีของพลาสติกกับผนังกระบอกอัด และความร้อนที่เกิดจากแถบทำความร้อน ซึ่งจะต้องควบคุมให้มีค่าที่ไม่สูงนัก ระยะสกรูของช่วงนี้จะอยู่ 5-8 พิตช์ (Pitch)

- ช่วงหลอมเหลว (Compression Zone, Melting Zone, Transition Zone) คือช่วงของสกรูที่ทำให้เม็ดพลาสติกเกิดการหลอมเหลวและผสมเข้ากันได้ดียิ่งขึ้น โดยเกิดมาจากการเสียดสีกันเองของเม็ดพลาสติกทำให้เกิดความร้อนสะสมภายใน ผลลัพธ์ที่ได้คือพลาสติกจะเกิดการหลอมเหลวและอัดแน่นกันมากยิ่งขึ้น ซึ่งขนาดความลึกของร่องเกลียวในช่วงนี้จะค่อย ๆ ตื้นขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อให้เกิดการอัดแล้วหลอมเหลวพลาสติก โดยขนาดความลึกในช่วงนี้นั้นจะมีขนาดลึกกว่าในช่วงบรรจุ ประมาณ 2-3 เท่า หลังจากนั้นปริมาณพลาสติกที่ถูกหลอมละลายจะถูกส่งต่อไปยังช่วงสุดท้ายของสกรูที่เรียกว่า ช่วงขนส่ง ระยะสกรูของช่วงนี้จะอยู่ 5-7 พิตช์

- ช่วงขนส่ง (Metering, Melt Conveying Zone) คือช่วงสุดท้ายของสกรูที่มีขนาดความลึกของร่องเกลียวเท่ากันทุกร่อง แต่เล็กกว่าความลึกของสกรูในช่วงบรรจุ โดยในช่วงนี้จะมีหน้าที่ในการหลอมละลายพลาสติกที่ยังหลอมละลายไม่ดีพอ ให้หลอมละลายทั่วทั้งหมด ซึ่งการหลอมละลายในช่วงนี้จะมีการสะสมกำลังและแรงดันเพิ่มมากขึ้นที่ปลายของกระบอกอัด จากนั้นจึงลำเลียงพลาสติกที่หลอมเหลวดีแล้วไปยังหน้าสุดของสกรูแล้วไปสะสมกันอยู่ที่ปลายสุดของกระบอกอัด โดยระยะสกรูของช่วงนี้จะอยู่ 4-6 พิตช์

หลังจากนั้นพลาสติกที่หลอมละลายแล้วก็จะถูกดันออกมาผ่านแม่พิมพ์ชนิดต่าง ๆ เกิดเป็นชิ้นงานพลาสติก ตามความต้องการ ซึ่งกระบวนการอัดรีดพลาสติกนั้นมีจุดเด่น-จุดด้อยดังนี้

- จุดเด่น - มีปริมาณการผลิตที่สูง
- สามารถออกแบบผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย
- ใช้เวลาการผลิตน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดด้อย - มีข้อจำกัดของความซับซ้อนของชิ้นส่วนต่าง ๆ

ในกระบวนการอัดรีดพลาสติกนั้นจะสามารถนำไปสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน โดยสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะของแม่พิมพ์ได้ดังนี้

(1) กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบแผ่นหรือฟิล์ม (Sheet/Film Extrusion)

กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบแผ่นหรือฟิล์มนั้น คือกระบวนการอัดรีดที่ทำให้เกิดชิ้นงานพลาสติกที่มีลักษณะเป็นแผ่น หรือฟิล์ม โดยมีหลักการทำงานคือ การดันพลาสติกที่หลอมเหลวแล้วผ่านแม่พิมพ์ที่มีลักษณะแบนราบ ทำให้ได้ชิ้นงานในลักษณะเป็นแผ่น นอกจากนี้การลดอุณหภูมิโดยการผ่านน้ำเย็นนั้น จะสามารถกำหนดความหนาของแผ่น หรือฟิล์มได้ ปกติแล้วกระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบแผ่น จะใช้พลาสติกพอลิสไตรีน (PS) เป็นวัตถุดิบของกระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบนี้

(2) กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบเป่าฟิล์ม (Blown Film Extrusion)

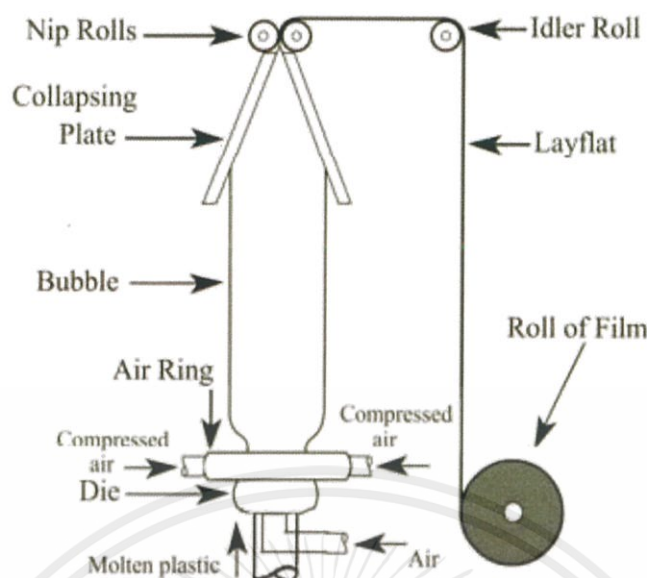
กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบเป่าฟิล์ม มีขั้นตอนกระบวนการที่ค่อนข้างต่างกับประเภทอื่น โดยมีขั้นตอนที่เริ่มจากการอัดรีดในแบบแนวตั้ง พลาสติกที่ถูกหลอมเหลวแล้ว จะถูกม้วนกลิ้ง (Nip Rollers) ดึงขึ้นข้างบนผ่านแม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ซึ่งรอบ ๆ แม่พิมพ์จะมี Air-ring ติดไว้เพื่อลดอุณหภูมิของพลาสติกลง จากนั้นจึงเป่าลมเข้าทางศูนย์กลางของแม่พิมพ์ ซึ่งแรงดันลมที่เกิดขึ้นจะทำให้พลาสติกที่หลอมละลายพองตัวออกในลักษณะที่คล้ายกับฟอง แล้วจึงจะถูกเจาะให้ยุบลงโดยแผ่นที่ใช้ยุบ (Collapsing Plate) ต่อมาพลาสติกที่ยุบแล้วจะถูกทำให้แบนราบในลักษณะที่เป็นฟิล์ม 2 ชั้นที่ถูกเรียกว่า เลย์แฟลต (Layflat) โดยผ่านม้วนกลิ้ง เลย์แฟลตที่ได้นั้นจะถูกม้วนไปเก็บ หรือตัดให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามต้องการ โดยปกติแล้วกระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบเป่าฟิล์ม จะใช้พลาสติกพอลิยูรีเทน (PU) เป็นวัตถุดิบของกระบวนการ ซึ่งแสดงลักษณะการทำงานดังภาพที่ 2.13

(3) กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบโอเวอร์ แจ็กเก็ตติง (Over Jacketing Extrusion)

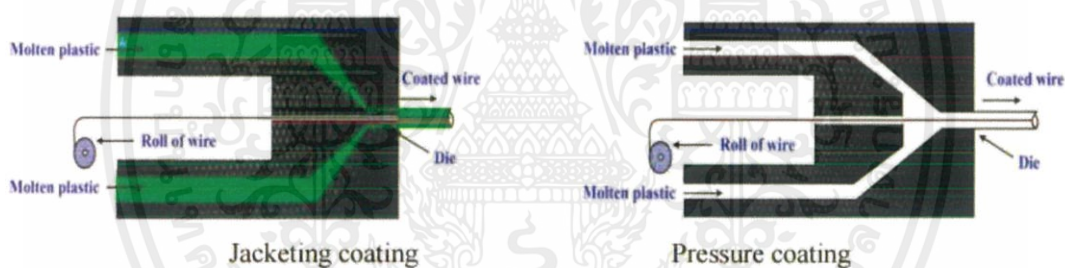
กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบโอเวอร์ แจ็กเก็ตติง หรือเรียกอีกอย่างว่า กระบวนการเคลือบเส้น (Wire Coating) ซึ่งขั้นตอนกระบวนการจะเริ่มจากการดึงลวดเปล่าผ่านใจกลางแม่พิมพ์ แล้วทำการเคลือบด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การเคลือบด้วยความดัน (Pressure Coating) และการเคลือบแบบแจ็กเก็ต (Jacket Coating) แสดงดังภาพที่ 2.14

การเคลือบด้วยความดัน (Pressure Coating) เส้นลวดจะถูกดันเข้าไปในข้างในแม่พิมพ์ โดยจะสัมผัสกับพลาสติกหลอมเหลวซึ่งเป็นบริเวณที่มีความดันสูง การยึดติด (Adhesive) ระหว่างลวดกับวัสดุที่ใช้เคลือบนั้นมีความแน่นสูง

การเคลือบแบบแจ็กเก็ต (Jacket Coating) เส้นลวดจะถูกขยายออก และพลาสติกที่หลอมเหลวจะมาเคลือบลวดหลังจากที่ผ่านแม่พิมพ์ไปแล้ว การยึดติดระหว่างลวดกับวัสดุที่ใช้เคลือบนั้นไม่แน่นพอสมควร



ภาพที่ 2.13 กระบวนการอัดรีดแบบเป่าฟิล์ม



ภาพที่ 2.14 ชนิดการเคลือบของกระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบโอเวอร์ แจ็กเก็ตติ้ง

(4) กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบท่อ (Tube Extrusion)

กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบท่อ สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น ท่อน้ำ ท่อสายไฟ ท่อรับแรงดันสูง เป็นต้น

ในขั้นตอนกระบวนการนั้น หลังจากพลาสติกหลอมละลายแล้ว จะถูกดันผ่านแม่พิมพ์วงแหวน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะดึงผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อกำหนดขนาดและรูปร่างสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ โดยจะเริ่มจากการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้โดยผ่านน้ำเย็น (Cooling Pool) หลังจากนั้นก็จะตัดออกด้วยเลื่อย (Cutting Saw) เพื่อกำหนดความยาวของพลาสติก แล้วจึงจะถูกดึงไปเก็บโดยเครื่องมือม้วนเก็บ (Winding Device) ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ได้จากกระบวนการนี้จะทำมาจากพลาสติกพีวีซี พีอี และพีพี โดยขั้นตอนกระบวนการจัดถูกกระทำภายใต้ความดันสูง และความดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบร่วม (Co-Extrusion)

กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบร่วม คือการสร้างชั้นที่ทำมาจากวัสดุหลายชั้น โดยในแต่ละชั้นมีสมบัติที่เฉพาะและเหมาะสมกับลักษณะของชั้นนั้น ๆ เช่น สมบัติในการดกกลืนแสง การยืดเกาะ ลักษณะผิว และการสะท้อนแสง ในขณะที่วัสดุชั้นนั้นก็ยังมีสมบัติพื้นฐานอยู่ด้วย เช่น ความสามารถในการรับแรง โดยใช้พื้นฐานกระบวนการมาจากกระบวนการอัดรีดพลาสติกในรูปแบบอื่น เช่น กระบวนการอัดรีดแบบเป่าฟิล์ม แบบท่อ แผ่นหรือฟิล์ม เป็นต้น ในขั้นตอนกระบวนการนี้จะต้องใช้เครื่องอัดรีดพลาสติกสองเครื่อง หรือมากกว่านั้นเพื่อใช้ในการขนส่งพลาสติก แต่แม่พิมพ์ที่ใช้ก็ยังคงมีหนึ่งอัน เพื่อให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ ความหนาของชั้นแต่ละชั้นจะถูกกำหนดโดยความเร็วและขนาดของเครื่องอัดรีดพลาสติกนั้น ๆ

(6) กระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบเคลือบ (Extrusion Coating)

กระบวนการอัดรีดเส้นพลาสติกแบบเคลือบ จะเป็นกระบวนการที่เพิ่มขึ้นลงบนกระดาษ พอยล์ ฟิล์ม เช่น การปรับปรุงความสามารถในการป้องกันน้ำของกระดาษ ซึ่งในกระบวนการอัดรีดพลาสติกแบบเคลือบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายชนิด เช่น กระดาษโฟโต้ การบรรจุที่ป้องกันน้ำ (Liquid Packaging) เป็นต้น ปกติแล้วพลาสติกที่ใช้เคลือบจะเป็นพีอีและพีพี [4]

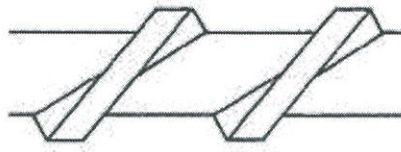
2.2.2 ประเภทของเครื่องอัดรีดพลาสติก

ในการอัดรีดนั้น นอกจากชนิดของกระบวนการแล้ว ประเภทของเครื่องอัดรีดก็ถือส่วนที่สำคัญด้วยเช่นกัน เพราะในบางกระบวนการจะต้องทำในเครื่องอัดรีดที่มีสมบัติเฉพาะ หรือเหมาะสมเพื่อที่จะทำให้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์นั้นได้ หรือทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพแก่การใช้งาน โดยทั่วไป เครื่องอัดรีดจะแบ่งประเภทตามลักษณะของสกรู ซึ่งมีด้วยกัน 2 ประเภท ดังนี้

2.2.2.1 เครื่องอัดรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว (Single Screw Extruder)

เครื่องอัดรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ภายในกระบอกอัดจะประกอบด้วยสกรูเพียง 1 อัน ดังภาพที่ 2.15 ลักษณะกระบวนการของเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวจะใช้ยึดหลักของแรงต้านการไหล (Drag Flow) ที่เกิดจากการสัมผัสกันระหว่างวัสดุ กระบอกอัด และการเคลื่อนที่ของสกรู

แรงดันที่เกิดขึ้นบริเวณปลายกระบอกอัด จะเกิดการไหล (Pressure Flow) ไปทั่วกระบอกอัดอีกด้วย โดยแรงดันนี้จะมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกันแรงต้านการไหล ซึ่งทั้งแรงต้านการไหล และแรงดันจะเกิดการไหลผ่านช่องว่างระหว่างกระบอกอัดและสกรู ทำให้เป็นปัจจัยที่สำคัญแก่การถ่ายเทความร้อน อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์การไหลนั้น สามารถละทิ้งค่าการไหลที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากมีขนาดที่น้อย



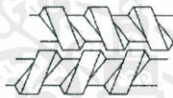
ภาพที่ 2.15 สกรูเดี่ยวที่อยู่ภายในกระบอกรัด

2.2.2.2 เครื่องอัดรีดพลาสติกแบบสกรูคู่ (Twin Screw Extruder)

เครื่องอัดรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ภายในกระบอกรัดจะประกอบไปด้วยสกรู 2 อันวางขนานกัน คล้ายกับเลขแปด ซึ่งแบ่งออกเป็นชนิดย่อย ๆ ได้อีก 3 ประเภท ดังภาพที่ 2.16 [5]

- Non-intermeshing twin screw extruder
- Closely intermeshing twin screw extruder
- Self-wiping co-rotating twin screw extruder

a) non intermeshing



b) closely intermeshing



co-rotating

counter-rotating



c) self wiping



ภาพที่ 2.16 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ในชนิดย่อยต่าง ๆ

2.3 ระบบอัดรีดเส้นพลาสติก (Plastic Filament Extrusion System)

ระบบอัดรีดเส้นพลาสติก คือระบบที่มีการสร้างและจัดการเส้นพลาสติกโดยผ่านเครื่องมือที่มีหน้าที่แตกต่างกัน เพื่อให้เส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้สะดวก และไม่ทำให้เส้นพลาสติกเสียหาย เมื่อถูกดันออกมาจากหัวฉีด อุปกรณ์ภายในระบบมีด้วยกันดังนี้ [6]

- เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก ที่ทำหน้าที่สร้างเส้นพลาสติก

- เครื่องดึงเส้นพลาสติก ที่ทำหน้าที่ดึงเส้นพลาสติกออกมาจากหัวฉีด เพื่อส่งต่อไปเก็บใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

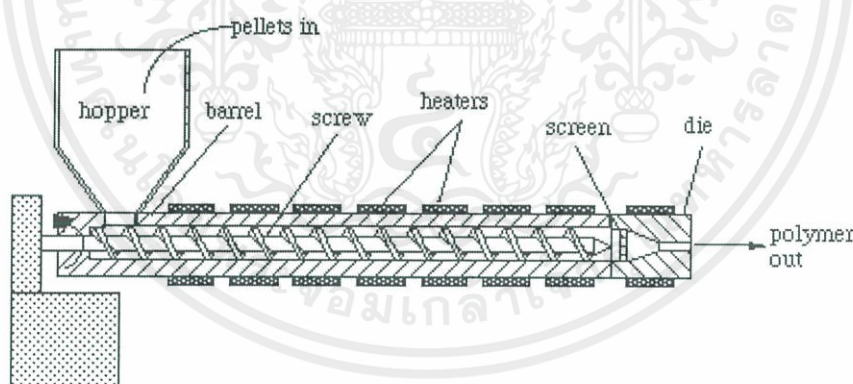
เครื่องมือ้วนเก็บเส้นพลาสติก

- เครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก ทำหน้าที่ม้วนเก็บเส้นพลาสติกที่ถูกดึงมาจากเครื่องดึงเส้นพลาสติก

2.3.1 เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก (Plastic Filament Extruder)

เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก เป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่ใช้สำหรับสร้างผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีลักษณะเป็นเส้น โดยใช้กระบวนการอัดรีดพลาสติก (Plastic Extrusion) เป็นหลักการในการทำงาน ซึ่งแม่พิมพ์ภาคตัดขวางที่ใช้จะมีลักษณะเป็นวงแหวน ซึ่งขั้นตอนกระบวนการจะเริ่มจากการบรรจุเม็ดพลาสติกใส่ลงใน ช่องใส่สาร (Hopper) หลังจากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกดันไปข้างหน้าโดยการหมุนของสกรู ซึ่งเม็ดพลาสติกจะผ่านความร้อน และความดัน ในบริเวณต่าง ๆ ภายใน กระบอกอัด (Barrel) ทำให้เม็ดพลาสติกเกิดการหลอมละลาย จากนั้นจึงจะถูกดันออกผ่าน หัวฉีด (Nozzle) กลายเป็นเส้นพลาสติก ดังภาพที่ 2.17 ซึ่งส่วนประกอบหลักของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก มีดังนี้

- ช่องใส่สาร (Hopper)
- กระบอกอัด (Barrel)
- สกรู (Screw)
- แถบทำความร้อน (Heater)
- หัวฉีด (Nozzle)



ภาพที่ 2.17 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

(1) ช่องใส่สาร (Hopper)

ช่องใส่สาร คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบรรจุเม็ดพลาสติกลงในกระบอกอัด ซึ่งรูปแบบในการบรรจุมีทั้งแบบปล่อยลงโดยใช้แรงโน้มถ่วง และแบบปล่อยโดยผ่านควบคุมจากอุปกรณ์ โดยช่องใส่สารจะมีด้วยกันหลายรูปแบบ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีรูปร่างเป็นทรงกรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) กระบอกรัด (Barrel)

กระบอกรัด คือชิ้นส่วนหนึ่งของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกที่มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกรัด ซึ่งจะถูกติดไว้กับช่องใส่สาร เพื่อทำหน้าที่ในการรับเม็ดพลาสติกที่ถูกบรรจุลงมา ภายในจะบรรจุชุดสกรูไว้ เพื่อช่วยในการอัดพลาสติกออกไปยังหัวฉีด และภายนอกจะถูกประกบด้วย แฉกทำความร้อน เพื่อใช้ในการหลอมเหลวเม็ดพลาสติก ซึ่งพลาสติกที่หลอมเหลวแล้วจะถูกอัดผ่านหัวฉีดที่ติดไว้บริเวณปลายของกระบอกรัด

(3) สกรู (Screw)

สกรู ถือเป็นชิ้นส่วนหลักที่สำคัญของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก เนื่องจากสกรูเป็นชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับอัดเม็ดพลาสติกออกไปยังหัวฉีด ซึ่งประกอบด้วย 3 ช่วงหลัก ดังที่กล่าวไปในหัวข้อที่ 2.2.1.2 คือ

- ช่วงบรรจุ : คือช่วงของสกรูที่มีขนาดความลึกของสกรูมากที่สุด โดยในช่วงนี้จะมีหน้าที่ในการลำเลียงเม็ดพลาสติกที่ไหลลงมาจาก ช่องใส่สาร ไปยังช่วงต่อไป และความร้อนที่ให้แก่เม็ดพลาสติกจะไม่สูงนัก

- ช่วงหลอมเหลว : คือช่วงของสกรูที่เม็ดพลาสติกเกิดการหลอมเหลวอย่างแท้จริง จากการให้ความร้อนสูง ขนาดความลึกของสกรูจะค่อย ๆ ตื้นขึ้นเพื่อที่จะอัดเม็ดพลาสติกไปยังช่วงถัดไป

- ช่วงขนส่ง : คือช่วงของสกรูที่เม็ดพลาสติกเกิดการหลอมเหลวอย่างสมบูรณ์และพร้อมที่จะถูกดันผ่านหัวฉีด โดยขนาดความลึกของสกรูในช่วงนี้จะมีขนาดที่คงที่

(4) แฉกทำความร้อน (Heater)

แฉกทำความร้อน คืออุปกรณ์หนึ่งในเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกที่มีหน้าที่ให้ความร้อนแก่เม็ดพลาสติกผ่านกระบอกรัด โดยจะไปติดไว้ภายนอกของกระบอกรัดซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง อุณหภูมิสูงสุดในการให้ความร้อน ด้วยกันหลายขนาด ขึ้นอยู่กับความต้องการ

(5) หัวฉีด (Nozzle)

หัวฉีด เป็นอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับปลายของกระบอกรัดมีหน้าที่รับพลาสติกหลอมเหลวที่ถูกอัดมาจากสกรู แล้วดันออกผ่านหัวฉีดซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวต่อเนื่อง

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นในระบบอัดรีดเส้นพลาสติกที่เพิ่มเข้ามาเพื่อช่วยในการทำงาน หรือเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องอัดรีดพลาสติก คือ

(6) มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ คือ อุปกรณ์หนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล จะถูกนำมาใช้ในเครื่องอัดรีดพลาสติก โดยจะใช้สำหรับขับเคลื่อนการหมุนของสกรู ซึ่งมีขนาดความเร็วรอบต่าง ๆ ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) หัวเกียร์ (Gear Head)

หัวเกียร์ เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้ประกอบเข้ากับมอเตอร์เพื่อควบคุมความเร็วรอบการใช้งาน โดยจะถูกนำไปประกอบเข้ากับมอเตอร์ เพื่อลดความเร็วรอบให้ลดลง ตามความต้องการ ซึ่งด้านหนึ่งของหัวเกียร์จะถูกประกอบเข้ากับมอเตอร์และอีกด้านหนึ่งจะถูกประกอบเข้ากับสกรู เมื่อมอเตอร์ของสกรูทำงาน ก็จะทำให้สกรูหมุนตามไปด้วย โดยผ่านการทดรอบของหัวเกียร์

(8) เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คือเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ โดยจะถูกนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิบริเวณแถบทำความร้อน แล้วแสดงผลผ่านอุปกรณ์แสดงผล [7]

(9) ระบบควบคุม (Digital Controller)

ระบบควบคุม เป็นการควบคุมปริมาณขาออก (Output) จากการให้ปริมาณขาเข้า (Input) เข้าไป โดยในกระบวนการสร้างระบบอัตโนมัติเส้นพลาสติกนั้น ระบบควบคุมจะถูกนำมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์แถบทำความร้อน โดยจะแสดงค่าของอุณหภูมิที่อ่านมาได้จากเทอร์โมคัปเปิล และควบคุมการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของแถบทำความร้อนผ่านโซลิดสเตทรีเลย์ [8]

(10) รีเลย์ (Relay)

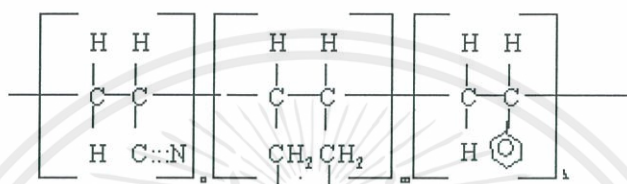
รีเลย์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้า โดยใช้ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงาน ซึ่งรีเลย์มีด้วยกันหลายชนิด หนึ่งในนั้นคือ โซลิดสเตทรีเลย์ แบบการควบคุมมุมเฟส (Phase Angle Control) คือโซลิดสเตทรีเลย์ ที่ใช้การควบคุมมุมเฟสเพื่อเปลี่ยนแปลงขนาดกำลังไฟฟ้าของโหลด ซึ่งในกระบวนการสร้างระบบอัตโนมัติเส้นพลาสติกนั้น โซลิดสเตทรีเลย์ จะถูกนำมาใช้ในการเพิ่ม หรือลดอุณหภูมิของแถบทำความร้อน โดยจะต่อเข้ากับระบบควบคุมเพื่อการควบคุมการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์เอง [9]

(11) อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drives ; VSD)

อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ หรืออินเวอร์เตอร์ (Inverter) คืออุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมความเร็วรอบตามความเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งมีทั้งแบบปรับมอเตอร์แบบกระแสตรง และกระแสสลับ โดยในระบบอัตโนมัติเส้นพลาสติกนั้น อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์จะถูกนำมาใช้ในการปรับความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนสกรู ซึ่งนอกจากอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์นี้แล้ว ก็ยังมีอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้โดยใช้หลักการอื่น เช่น อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันกระแสไฟฟ้า (Voltage Regulator) หรือติมเมอร์ (Dimmer) ที่ใช้หลักการการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้า ทำให้สามารถปล่อยสัญญาณขาออกได้ตามแรงดันต่าง ๆ ตามที่ต้องการ [10]

2.4 พลาสติกอะครีโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene ; ABS)

อะครีโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน หรือ ABS มีสูตรทางเคมี คือ $(C_8H_8 \cdot C_4H_6 \cdot C_3H_3N)_n$ ABS เป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ที่เกิดจากการกระบวนการสร้างพอลิเมอร์ของโมโนเมอร์ 3 ชนิดเข้าด้วยกัน นั่นก็คือ อะครีโลไนไตรล์ (Acrylonitrile) บิวทาไดอีน (Polybutadiene) และสไตรีน (Styrene) ซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไปดังตารางที่ 2.1 และแสดงดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของพลาสติก ABS

ตารางที่ 4.1 สมบัติทั่วไปของ ABS

สมบัติทั่วไปของ ABS	
สูตรเคมี	$(C_8H_8 \cdot C_4H_6 \cdot C_3H_3N)_n$
มวลต่อโมล	211.30 g/mol
ความหนาแน่น	1.02-1.07 g/cm ³
อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว	105 องศาเซลเซียส
Tensile Strength	46 MPa

ซึ่งพลาสติก ABS นั้นมีสมบัติที่สมดุลทั้งในเรื่องความแข็ง ความเหนียว สามารถทนทานต่อแรงกระแทกได้ดี นอกจากนี้พลาสติก ABS ยังทนต่อแรงเสียดทาน ความร้อน สารเคมีได้ดีกว่าพลาสติกธรรมดาทั่วไป

พอลิเมอร์ที่เกิดจากโมโนเมอร์ 3 ชนิดนั้นจะถูกเรียกว่า เทอร์พอลิเมอร์ (Terpolymer) โดยโมโนเมอร์แต่ละชนิดล้วนแต่จะมีผลต่อสมบัติของพลาสติกทั้งสิ้น ซึ่งพลาสติก ABS เองก็เป็นเทอร์พอลิเมอร์ด้วยเช่นกัน โดยอะครีโลไนไตรล์ โมโนเมอร์ จะมีสมบัติในการทนความร้อนและสารเคมี ถูกสังเคราะห์มาจากโพรพิลีน และแอมโมเนีย บิวทาไดอีน โมโนเมอร์ หรือก็คือบิวทิลไดอีนไดคาร์บอนที่ได้มาจากการกลั่นลำดับส่วน ซึ่งมีสมบัติเหนียว สามารถทนทานต่อแรงกระแทก และสไตรีน โมโนเมอร์ มีผลที่ทำให้พื้นผิวมีลักษณะมันเงางาม หรือความสามารถในการไม่ปล่อยให้น้ำหรือก๊าซไหลผ่าน ซึ่งถูกสังเคราะห์โดยใช้ปฏิกิริยาดีไฮโดรเจนชัน (Dehydrogenation) ของเอทิลเบนซีน โดยสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโมโนเมอร์จะอยู่ที่ 15-30% ของอะคริโลไนไตรล์ 5-30% ของบิวทาไดอิน และ 40-60% ของสไตรีน ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนสัดส่วนได้ตามสมบัติที่ต้องการ

จากสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมาทำให้พลาสติก ABS ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งในอุตสาหกรรมรถยนต์ ซึ่งพลาสติกที่นำมาใช้จะต้องมีมาตรฐานคุณภาพสูง มีการคงสภาพรูปร่างได้ดี ไม่โค้งงอ หรือบิดตัวเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเค้น อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างบ่อยครั้ง ซึ่งพลาสติก ABS มีสมบัติที่ทนต่อสภาพดังกล่าวได้สูงจึงเหมาะกับการใช้เป็นชิ้นส่วนในรถยนต์ หรือแม้แต่ในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะใช้พลาสติก ABS เป็นโครงภายนอกของเครื่องใช้ไฟฟ้า เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนต่อการขีดข่วนเสียดสีเวลาใช้งาน และยังมีความสวยงามสามารถทำความสะอาดได้ง่ายอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการนำไปประยุกต์ใช้ต่าง ๆ มากมาย เช่น ใช้ผลิตอุปกรณ์กีฬา ท่อส่งก๊าซ หรือหมวกกันน็อก เป็นต้น

2.5 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide Nanoparticles ; ZnO NPs)

ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) หรือคำเรียกในภาษาอียิปต์โบราณว่า คาลาไมด์ (Calamine) คือสารประกอบอนินทรีย์ชนิดหนึ่ง มีลักษณะภายนอกเป็นสีขาว ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ดีในกรด หรือเบส โดยทั่วไปมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบเฮกซะโกนอล (Hexagonal) ที่เรียกว่า เวิร์ทไซด์ (Wurtzite) ซึ่งภายในมีออกซิเจนไอออน (O^{2-}) แทรกอยู่ตรงกึ่งกลางระหว่างซิงค์ไอออน (Zn^{2+}) โดยทำพันธะกันแบบเตตระฮีดรอล (Tetrahedral) และมีค่าคงที่ผลึก (Lattice Constant) เท่ากับ 3.24 อังสตรอม ซึ่งมีสมบัติทั่วไป ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 4.3 สมบัติทั่วไปของซิงค์ออกไซด์

สมบัติทั่วไปของซิงค์ออกไซด์	
สูตรเคมี	ZnO
มวลต่อโมล	81.408 g/mol
ลักษณะภายนอก	สีขาว
ความหนาแน่น	5.606 g/cm ³
จุดหลอมเหลว	1975 องศาเซลเซียส
จุดเดือด	2360 องศาเซลเซียส
แถบช่องว่างพลังงาน	3.37 eV
ดัชนีหักเห	2.0041

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 สมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

ซิงค์ออกไซด์เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีค่าความแข็งประมาณ 4.5 mohs scale ค่าคงที่ความยืดหยุ่น (Elastic Constant) ต่ำ ความสามารถในการจุความร้อน (Heat Capacity) และนำความร้อน (Heat Conductivity) สูง และมีการขยายตัวทางความร้อน (Thermal Expansion) ที่ต่ำ

2.5.2 สมบัติเชิงไฟฟ้า (Electrical Properties)

ซิงค์ออกไซด์เป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) โดยส่วนใหญ่แล้วซิงค์ออกไซด์จะมีลักษณะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type) แม้ว่าจะปราศจากการเจือ (Doping) ซึ่งมีแถบช่องว่างพลังงานประมาณ 3.37 eV โดยขนาดของแถบช่องว่างพลังงานที่สูงนั้นสามารถช่วยในการเพิ่มปริมาณแรงดันเบรคดาวน์ (Breakdown Voltage) ในอุปกรณ์ชนิดกึ่งตัวนำได้ หรือมีปริมาณคลิ่นรบกวนที่ต่ำ ซึ่งสามารถปรับค่าของแถบช่องว่างพลังงานให้สูงขึ้นได้โดยการเจือแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) หรือแคดเมียมออกไซด์ (CdO)

2.5.3 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ หรือก็คืออนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่มีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตร (1-100 นาโนเมตร) มีค่าพื้นที่ผิวต่อปริมาตร (Surface per Volume) และความบริสุทธิ์ (Purity) สูง โดยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีด้วยกันหลายรูปแบบ เช่น เส้นลวดนาโน (Nanowire) แท่งนาโน (Nanorod) อนุภาคนาโน (Nanoparticle) ดอกไม้นาโน (Nanoflower) สายเข็มขัดนาโน (Nanobelt) เป็นต้น ซึ่งวิธีการที่ใช้สังเคราะห์ก็มีด้วยกันหลายชนิด เช่น วิธีการไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal Method) วิธีการวีแอลเอส (Vapor-Liquid-Solid Method ; VLS) หรือวิธีการโซลเจล (Sol-gel Method)

2.5.4 วิธีการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ (Methods of Synthesis of Nano and Micrometric Zinc Oxide)

วิธีการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์แบ่งออก 2 กระบวนการหลัก ๆ ดังนี้

2.5.4.1 กระบวนการแยกโลหะออกจากแร่ (Metallurgical Process)

เป็นวิธีการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ โดยใช้พื้นฐานการให้ความร้อนแก่แร่ซิงค์ ซึ่งแบ่งกระบวนการออกเป็น 2 ประเภทย่อย ๆ ดังนี้

- วิธีการโดยตรง หรือวิธีการแบบชาวอเมริกัน (Direct Process, American Process)

คือกระบวนการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์โดยการให้ความร้อนแก่แร่ซิงค์ ทำให้เกิดไอของซิงค์ (Zinc Vapor) ขึ้นมา โดยแหล่งให้กำเนิดความร้อนจะเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน เช่น ถ่านแอนทราไซต์ ซึ่งไอของซิงค์จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ (Oxidation) เกิดเป็นซิงค์ออกไซด์ขึ้นมา ซึ่งซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการโดยตรงนี้ จะมีลักษณะที่ไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากจากวัสดุที่ใช้ หรือก็คือแร่ซิงค์ มีส่วนผสมของธาตุอื่น ๆ อยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิธีการโดยอ้อม หรือวิธีการแบบชาวฝรั่งเศส (Indirect Process, French Process)

วิธีการโดยอ้อม จะเป็นกระบวนการสร้างซิงค์ออกไซด์ โดยการหลอมละลายโลหะซิงค์ (Metallic Zinc) ในเตาหลอม ที่อุณหภูมิประมาณ 910 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการกลายเป็นไอ เกิดเป็นไอของซิงค์ขึ้นมา ต่อมาไอของซิงค์ก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ กลายเป็นซิงค์ออกไซด์ขึ้นมา ซึ่งวิธีการนี้ ซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะความบริสุทธิ์มากกว่าวิธีการโดยตรง

2.5.4.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Process)

เป็นกระบวนการสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นจากนักวิจัยต่าง ๆ แต่ไม่สามารถนำไปใช้ได้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือความขั้นตอนกระบวนการที่มากเกินไปในการผลิต ซึ่งมีกระบวนการสังเคราะห์ประเภทต่าง ๆ ดังนี้

- วิธีการแบบเคมีเชิงกล (Mechanochemical)
- วิธีการควบคุมสารตั้งต้น (Controlled Precipitation)
- วิธีการโซล-เจล (Sol-Gel Method)
- วิธีการโซโวเทอร์มอล และไฮโดรเทอร์มอล (Solvothermal and Hydrothermal Method)
- วิธีการใช้อิมัลชันหรือไมโครอิมัลชัน (Method Using an Emulsion or Microemulsion Environment)

2.5.5 ปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิส (Photocatalysis Reaction)

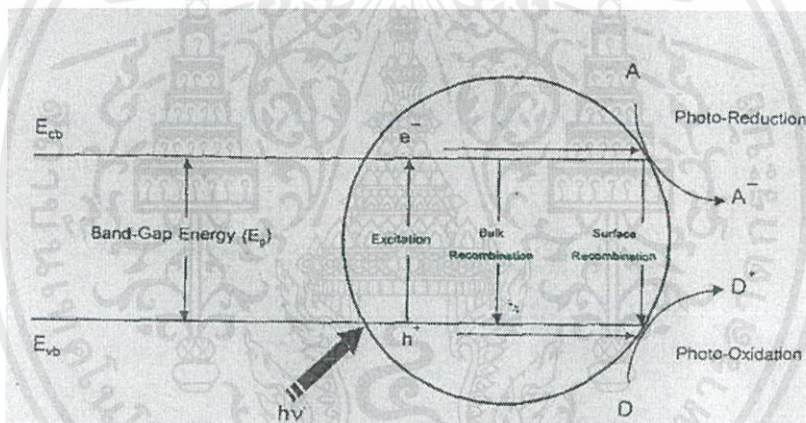
ซิงค์ออกไซด์ถูกจัดให้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ชนิดหนึ่งในปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิส โดยการเร่งปฏิกิริยานั้นจะเกิดได้โดย ตัวเร่งปฏิกิริยาถูกกระตุ้นด้วยพลังงานแสง ซึ่งจะทำให้เกิดการลดพลังงานกระตุ้น หรือพลังงานก่อกัมมันต์ (Activation Energy, E_a) ของการเกิดปฏิกิริยาได้ ทั้งนี้ปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสจะต้องมีองค์ประกอบในการเกิดปฏิกิริยาด้วยกัน 4 องค์ประกอบ คือ

- (1) ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ซิงค์ออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นต้น
- (2) พลังงานแสง ซึ่งจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับแถบช่องว่างพลังงาน (Energy Gap) ของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ เช่น ซิงค์ออกไซด์ มีค่าแถบช่องว่างพลังงานอยู่ที่ 3.37 eV ซึ่งพลังงานแสงที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงต่ำกว่า 400 นาโนเมตร หรือก็คือช่วงของแสงยูวี
- (3) น้ำ
- (4) ออกซิเจน หรือตัวออกซิแดนท์ (Oxidants) อื่นๆ

สารกึ่งตัวนำนั้นจะมีแถบวาเลนซ์ (Valence Band) และแถบคอนดักชัน (Conduction Band) ที่ไม่ติดกัน เกิดเป็นช่องว่างระหว่างชั้นทั้งสองที่เรียกว่า แถบช่องว่างพลังงาน เมื่ออิเล็กตรอน ซึ่งมีประจุลบ (Electron, e^-) ที่อยู่ในแถบวาเลนซ์ได้รับพลังงานแสงที่เพียงพอ จะเกิดการเคลื่อนที่ไปสะสมยังแถบคอนดักชันและสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ในขณะที่เดียวกันที่แถบวาเลนซ์จะเกิดโฮล (Hole, h^+) ซึ่งมีประจุบวกขึ้น และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในแถบวาเลนซ์ด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์นี้ทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮล (Electron-Hole Pairs, e^-/h^+) และกลับมารวมตัวกันใหม่อีกครั้ง ซึ่งในปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลซิสนั้น อิเล็กตรอนที่อยู่ในแถบคอนดักชันนั้นจะเคลื่อนที่ไปรวมตัวกับออกซิเจน (O_2) หรือก็คือ ตัวรับอิเล็กตรอน (Electron Acceptor) เกิดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction Reaction) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัล (Superoxide Radical, $O_2^{\cdot-}$) ดังสมการที่ (2.1) และโฮลที่อยู่ในแถบวาเลนซ์ จะเคลื่อนที่ไปรวมตัวกับน้ำ หรือก็คือ ตัวให้อิเล็กตรอน (Electron Donor) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) เกิดผลิตภัณฑ์เป็นไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl radical, OH^{\cdot}) ดังสมการที่ (2.2) และแสดงภาพกลไกการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลซิสดังภาพที่ 2.19 ต่อมาเมื่อไฮดรอกซิลเรดิคัลนี้ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ เกิดผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ พร้อมกับบำบัดสารอินทรีย์ทำให้ไม่เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 2.19 กลไกการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลซิส

2.5.6 การนำซิงค์ออกไซด์ไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ (Application of Zinc Oxide)

นอกจากการคุณสมบัติในการบำบัดสารอินทรีย์แล้ว ซิงค์ออกไซด์ยังมีสมบัติที่มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมในหลากหลายด้าน ดังนี้

- ด้านอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์กันแดด : ซิงค์ออกไซด์มีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ และบี (Ultraviolet A ; UV-A, Ultraviolet B ; UV-B) ดังนั้นซิงค์ออกไซด์จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดด เพื่อป้องกันรังสี UV จากดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังมีสมบัติที่โปร่งใส และไม่มีสี หลังจากนำมาทาลงบนผิว จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้มีการนำซิงค์ออกไซด์ไปเป็นส่วนผสมของสารกันแดดในเครื่องสำอาง

- ด้านเภสัชกรรม : ในร่างกายมนุษย์ธาตุซิงค์ หรือสังกะสีนั้นจัดเป็นธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย ดังนั้นซิงค์ออกไซด์จึงสามารถนำไปเติมในอาหารของมนุษย์ หรือสัตว์ได้ นอกจากนี้ยังมีสมบัติในการเอกซเรย์เป็นเอกซเรย์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยั้บยั้งแบคทีเรียได้ดี จึงเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นยาสมานแผลเพื่อรักษาอาการบาดเจ็บของมนุษย์หรือสัตว์ได้

- ด้านอุตสาหกรรมสี : ซิงค์ออกไซด์ถูกนำมาผสมในสีประเภทต่าง ๆ เนื่องจากสมบัติในการป้องกันรังสี UV และความสามารถในการทำความสะอาดด้วยตัวเองได้

- ด้านอุตสาหกรรมยาง : การผสมซิงค์ออกไซด์ที่มีสมบัติในการดูดกลืนความร้อนได้เป็นอย่างดี เข้าไปในล้อยางนั้น จะช่วยสามารถเพิ่มระยะเวลาในการใช้งานของยางได้

- ด้านอุตสาหกรรมเซรามิก : ซิงค์ออกไซด์ถูกนำมาผสมกับเซรามิกเพื่อช่วยในการลดอุณหภูมิในการเผาได้ หรือการหลอมเหลวในอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ชิ้นงานเซรามิกที่ได้จะสามารถทนไฟฟ้า ความร้อนได้สูง และมีลักษณะที่ใส มันวาว [11]

2.6 เทคนิคการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของเส้นพลาสติก

การตรวจสอบสมบัติที่อยู่ภายในของเส้นพลาสติกชนิดต่าง ๆ นั้นทำให้ทราบถึงลักษณะจำเพาะของเส้นพลาสติกชนิดนั้น ๆ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้สร้างชิ้นงานตามแต่ละประเภทที่เหมาะสมได้ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเทคนิคในการตรวจสอบ 3 เทคนิค

2.6.1 การทดสอบค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส (Vicker Hardness Test)

ความแข็ง (Hardness) คือสมบัติของวัสดุที่สามารถทนทานต่อการกระทำที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบถาวร ซึ่งมีวิธีการทดสอบด้วยกันหลายประเภท เช่น

- การทดสอบด้วยการเสียดสี ซึ่งจะเป็นการทดสอบความแข็งจากการสึกหรอที่ผิวของวัสดุ เช่นการตะไบผิววัสดุ

- การทดสอบด้วยการขีดข่วน เป็นการทดสอบที่ใช้หลักการของวัสดุที่แข็งกว่าจะสามารถขีดข่วนวัสดุที่อ่อนกว่าเป็นรอยได้ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่รู้จักกันดีในชื่อการทดสอบว่า การวัดค่าความแข็งแบบโมห์ (Moh's Scale of Hardness) โดยจะกำหนดค่าความแข็งไว้ 10 ระดับ ตั้งแต่เพชร (แข็งมากที่สุด) ไปจนถึง ทัลค์ (แข็งน้อยที่สุด)

- การทดสอบด้วยการกด เป็นการทดสอบโดยใช้แรงกดจากหัวกดลงไปสู่วัสดุ ซึ่งสามารถแบ่งขนาดของแรงกดได้เป็น 3 ประเภท คือแมคโครฮาร์ดเนสส์ (แรง > 1 กิโลกรัม) ไมโครฮาร์ดเนสส์ (แรง ≤ กิโลกรัม) และนาโนฮาร์ดเนสส์ (แรง < 500 มิลลินิวตัน) โดยมีเทคนิคในการทดสอบหลายวิธี เช่นการทดสอบแบบบริเนล (หัวกดมีลักษณะเป็นทรงกลม) การทดสอบแบบวิกเกอร์ (หัวกดมีลักษณะเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส) หรือการทดสอบแบบบร็อคเวลล์ (หัวกดมีลักษณะเป็นแบบกรวย) เป็นต้น

การทดสอบค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ เป็นการทดสอบความแข็งแบบการกดวิธีหนึ่ง มีหัวกดที่ใช้ทดสอบที่ทำมาจากเพชร มีลักษณะเป็นแบบพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส มุมยอดมีขนาด 136 องศา ซึ่งวิธีการทดสอบแบบนี้มีข้อดีตรงที่สามารถวัดค่าความแข็งของวัสดุตั้งแต่อ่อน (5 HV) ไปจนถึง

แข็งมาก (1500 HV) ได้ เนื่องจากหัตถ์ทำมาจากเพชร นอกจากนี้ก็ไม่ต้องคำนึงถึงความหนาของชิ้นงานเพราะหัตถ์ที่ใช้มีขนาดเล็กมาก ซึ่งขนาดของเส้นทแยงมุมที่เกิดขึ้นจากรอยกดทั้ง 2 แขน นั้นสามารถนำไปคำนวณหาค่าความแข็งจากสมการดังต่อไปนี้

$$HV = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

$$HV = \frac{2F \sin\left(\frac{136}{2}\right)}{d^2} \quad (2.2)$$

$$HV = \frac{1.854F}{d^2} \quad (2.3)$$

เมื่อ	HV	คือ ค่าความแข็ง (พาสคาล)
	F	คือ แรงที่ใช้กด (นิวตัน)
	A	คือ พื้นที่ของรอยกด (ตารางมิลลิเมตร)
	d	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกด (มิลลิเมตร)

2.6.2 การตรวจวัดลักษณะพื้นผิว (Morphology Analysis)

การตรวจวัดลักษณะพื้นผิว ถือเป็นการเทคนิคตรวจสอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของชิ้นงาน ซึ่งจะใช้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีความสามารถในการมองวัตถุที่มีขนาดเล็กเกินกว่าที่สายตาสายตาจะมองเห็นในการตรวจสอบ โดยกล้องจุลทรรศน์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ [12]

(1) กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscopes) : ใช้แสงธรรมดาในการตรวจสอบวัตถุ กำลังขยายสูงสุดถึง 2000 เท่า มีด้วยกัน 2 ประเภท คือ

- กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา เป็นกล้องที่ประกอบด้วยเลนส์ใกล้วัตถุ และเลนส์ใกล้ตา ใช้แสงส่องผ่านวัตถุแล้วขึ้นมาที่เลนส์จนเห็นภาพของวัตถุอย่างชัดเจน

- กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ เป็นกล้องที่ประกอบด้วยเลนส์ที่ทำให้เกิดภาพแบบ 3 มิติ ซึ่งภาพที่เห็นจะเป็นภาพเสมือนที่ชัดเจน และเป็นภาพสามมิติ เลนส์ใกล้วัตถุมีกำลังขยายต่ำ น้อยกว่า 1 เท่า และสามารถศึกษาได้ทั้งวัตถุโปร่งแสง และทึบแสง

(2) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Microscopes) : กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ซึ่งเป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ลำอนุภาคอิเล็กตรอนพลังงานสูง ซึ่งต่างจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ที่ใช้แสงธรรมดา เนื่องจากความยาวคลื่นของลำอนุภาคอิเล็กตรอนนั้นสั้นกว่าความยาวคลื่นแสงถึง 100,000 เท่า ทำให้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสามารถให้ประสิทธิภาพของกำลังขยาย และการแจกแจงรายละเอียดได้เหนือกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง สามารถมีกำลังขยายสูงสุดถึงได้ 500000 เท่าหรือมากกว่า มีด้วยกัน 2 ประเภท คือ

- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope ; TEM)

เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายและประสิทธิภาพในการแจกแจงรายละเอียดสูงมาก ภาพที่เกิดขึ้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีลักษณะเป็นสองมิติ สามารถศึกษาองค์ประกอบภายในของตัวอย่างได้ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่มาจากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า แล้วผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (Condenser Lens) เพื่อให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถปรับให้ขนาดลำของอิเล็กตรอนใหญ่ได้ จากนั้นลำอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านตัวอย่างที่จะศึกษา (Specimen) ไป ซึ่งตัวอย่างที่จะศึกษาจะต้องมีลักษณะที่แบนและบางมาก (ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระหว่าง 1 - 100 นาโนเมตร) จากนั้นอิเล็กตรอนที่ทะลุผ่านไปจะเกิดการกระเจิงของอนุภาคขึ้น และอิเล็กตรอนที่ทะลุผ่านก็จะถูกปรับขนาดโฟกัสของภาพโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens) ซึ่งเป็นเลนส์ที่ทำหน้าที่ขยายภาพให้ได้รายละเอียดมากที่สุด จากนั้นจะได้รับการขยายด้วยเลนส์ทอดภาพไปสู่จอรับ (Projector Lens) และปรับโฟกัสของลำอนุภาคอิเล็กตรอนให้ยาวพอดีที่จะปรากฏบนฉากรเรืองแสง จนเกิดเป็นภาพขึ้นมา

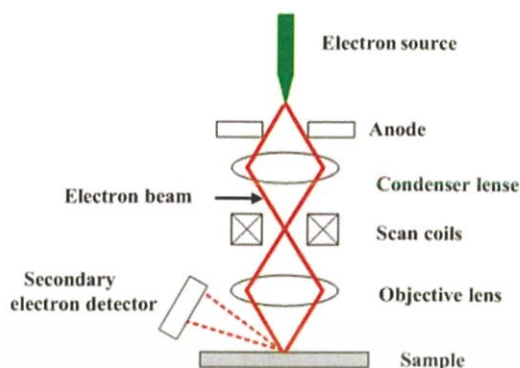
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope ; SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายและประสิทธิภาพในการแจกแจงรายละเอียดสูงมาก แต่ยังคงน้อยกว่ากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ซึ่งลักษณะภาพที่ได้จะมีลักษณะที่เป็นแบบสามมิติ เหมาะแก่การศึกษารายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของวัตถุ โดยตัวอย่างที่ต้องการทดสอบไม่จำเป็นต้องมีขนาดที่บางเหมือนกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน เพราะไม่จำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบภายในของวัตถุ ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนที่ทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนนั้นจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าผ่านเลนส์รวบรวมรังสี เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถปรับให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนได้ ซึ่งหากต้องการภาพที่มีความคมชัดขนาดของลำอิเล็กตรอนควรมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ ลงไปบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษา หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนชิ้นงานจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary Electron) ขึ้น ซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกบันทึก และแปลงไปเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์และ ถูกนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์ต่อไป และสามารถบันทึกภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ได้ทันที แสดงส่วนประกอบและหลักการทำงานดังภาพที่ 2.20

2.6.3 การตรวจวัดการดูดกลืนแสง (Absorption Spectroscopy)

เทคนิคการตรวจวัดการดูดกลืนแสง เป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถวัดปริมาณและชนิดของสารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ได้ ซึ่งเครื่องยูวี วิส สเปคโตรสโคปี (UV/VIS Spectroscopy) เองก็เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้เทคนิคนี้ในการวัด โดยการฉายแสงในช่วงยูวี หรือแสงในช่วงที่ตามองเห็นที่มีพลังงานที่เหมาะสมผ่านสารตัวอย่าง จะทำให้อิเล็กตรอนภายในเกิดการดูดกลืนแสง หรือการถูกกระตุ้น เปลี่ยนสถานะไปยังระดับชั้นพลังงานที่สูงกว่า ซึ่งเมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่าน หรือสะท้อน จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Scanning Electron Microscope



ภาพที่ 2.20 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด [13]

แหล่งกำเนิดที่มีความยาวคลื่นค่าต่าง ๆ ตามกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer-Lambert) โดยค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance ; A) ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคนี้ในระบุชนิดและปริมาณของสารต่างๆที่มีอยู่ในตัวอย่างได้

กฎของเบียร์และแลมเบิร์ตจะเป็นกฎระหว่างกฎของเบียร์และแลมเบิร์ตผนวกเข้าด้วยกัน โดยมีใจความดังนี้

- กฎของเบียร์ (Beer's Law)

เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว (Monochromatic Light) ผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณของตัวกลางที่ดูดกลืนแสงนั้น

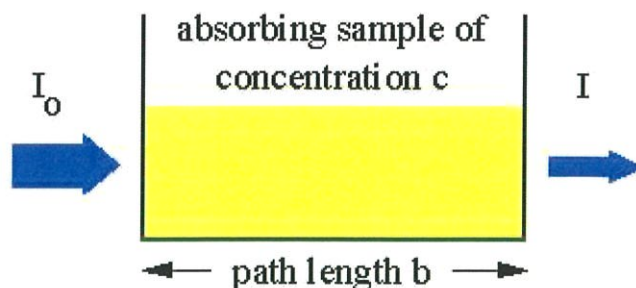
- กฎของแลมเบิร์ต (Lambert's Law)

เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้มีขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่กระทบตัวกลางนั้น และความเข้มของแสงจะถูกแต่ละชั้นของตัวกลางดูดกลืนไว้ในสัดส่วนที่เท่ากัน

เมื่อทำการวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย ปริมาณความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับทั้งความเข้มข้นของสารละลายและความหนาของสารละลายที่ลำแสงต้องผ่าน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรวมกฎของเบียร์และกฎของแลมเบิร์ตเข้าด้วยกัน กลายเป็น กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต

การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างสามารถทำได้โดยการให้ลำแสงผ่านเข้าไปในตัวอย่าง (Incident Light ; I_0) แล้ววัดปริมาณแสงที่เหลือผ่านออกมา (I) โดยเทียบกับแสงที่ผ่านออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 2.21 ซึ่งค่าการทะลุผ่าน (Transmittance ; T) จะเป็นสัดส่วนปริมาณแสงที่ผ่านออกมาต่อปริมาณแสงที่ผ่านเข้าไปในตัวอย่าง สามารถเขียนเป็นสมการการทะลุผ่านและสมการการดูดกลืน ดังสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.21 ลักษณะของแสงที่ผ่านสารละลายตัวอย่าง

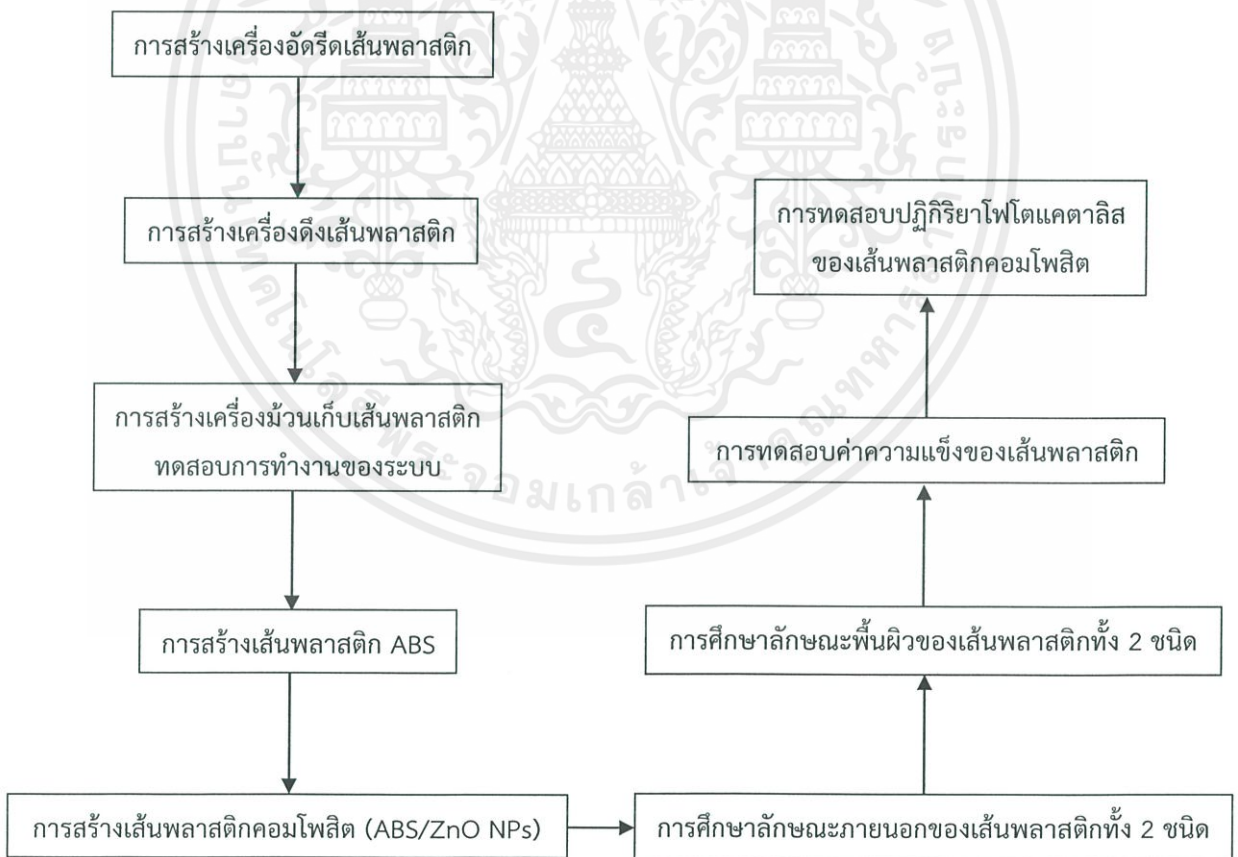
$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2.4)$$

$$A = \log \frac{I_0}{I} = -\log T \quad (2.5)$$

นอกจากการวิเคราะห์การดูดกลืนแสง และการทะลุผ่านของแสงแล้ว เครื่องยูวี วิส สเปกโตรสโคปยังสามารถวิเคราะห์การสะท้อนแสง หรือร้อยละของสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน หรือสะท้อนของแสงได้อีกด้วย ขึ้นกับความสามารถของเครื่องยูวี วิส สเปกโตรสโคปนั้น ๆ ซึ่งโดยโครงสร้างหลักจะประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดแสง (Light Source) อุปกรณ์คัดเลือกความยาวคลื่น (Wavelength Selector) ภาชนะใส่สาร (Cuvette) อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Detector) อุปกรณ์บันทึกและแปรผลสัญญาณ (Recorder and Processor)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในวิธีดำเนินการวิจัยของงานวิจัยเล่มนี้ได้ศึกษาการสร้างระบบอัดรีดเส้นและนำไปประยุกต์ใช้สำหรับสร้างเส้นพลาสติกคอมโพสิต โดยเริ่มต้นจากการสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติก ที่ประกอบไปด้วย เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก เครื่องดึงเส้นพลาสติก และเครื่องมือวนเก็บเส้นพลาสติก แล้วนำไปทดลองสร้างเส้นพลาสติก จากเม็ดพลาสติก ABS พร้อมทั้งศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อลักษณะที่เรียบของเส้นพลาสติก จากนั้นจึงประยุกต์ระบบอัดรีดเส้นพลาสติกในการสร้างเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ พร้อมทั้งหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อลักษณะที่เรียบของเส้นพลาสติกคอมโพสิต จากนั้นจึงนำเส้นที่เรียบที่สุดจากทั้ง 2 ชนิดไปทดสอบลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติกทั้ง 2 ชนิดด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ทดสอบค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส ฮาร์ดเนสส์ เทส แล้วจึงนำเส้นพลาสติกคอมโพสิตไปทดสอบปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลซิส



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงลำดับการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติก

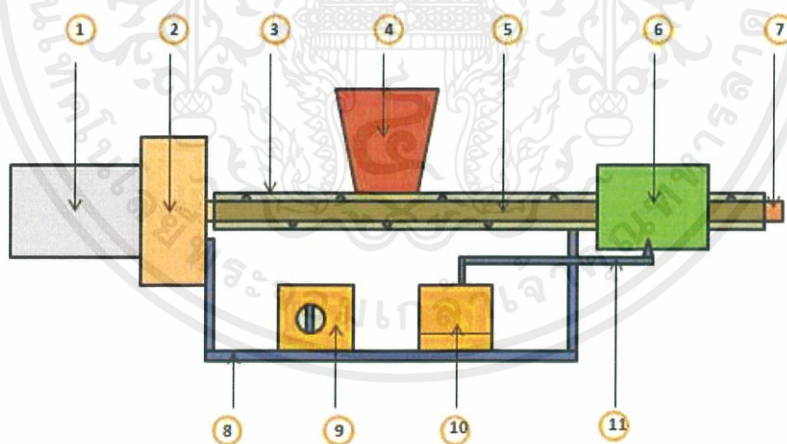
ขั้นตอนแรกของงานวิจัย จะเริ่มจากการสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติกขึ้นมาเป็นอันดับแรก ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องอัดรีดพลาสติก เครื่องดึงเส้นพลาสติก และเครื่องมือพันเก็บเส้นพลาสติก ซึ่งทั้ง 3 อุปกรณ์จะมีระบบทำงานที่สอดคล้องกัน ทำให้สามารถสร้าง และจัดเก็บเส้นพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.1 การสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

ในกระบวนการทำงานของระบบอัดรีดเส้นพลาสติกนั้น จะเริ่มต้นจากการสร้างเส้นพลาสติกขึ้นมา จากนั้นเส้นพลาสติกที่ได้จึงจะถูกดึง และนำไปเก็บยัง ม้วนเก็บเส้น ดังนั้นในการสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติกนั้นจึงต้องสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกขึ้นมาเป็นอันดับแรก

3.1.1.1 การออกแบบเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

ในขั้นตอนการสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกนั้น จะเริ่มต้นจากการออกแบบเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก เพื่อเป็นต้นแบบในการสร้าง หรือปรับปรุงโครงสร้างลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกก่อนนำไปสร้างจริง โดยแสดงแบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกไว้ใน ภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

จากภาพที่ 3.2 แสดงแบบจำลองโครงสร้างลักษณะของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกนั้น ได้แสดงถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกโดยมีหมายเลขต่าง ๆ กำกับไว้ ดังนี้

หมายเลข 1 แสดง มอเตอร์ (Motor)

หมายเลข 2 แสดง หัวเกียร์ (Gear Head)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 3	แสดง	กระบอกรัด (Barrel)
หมายเลข 4	แสดง	ช่องใส่สาร (Hopper)
หมายเลข 5	แสดง	สกรู (Screw)
หมายเลข 6	แสดง	แถบทำความร้อน (Heater)
หมายเลข 7	แสดง	หัวฉีด (Nozzle)
หมายเลข 8	แสดง	ฐานรองรับเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก (Extruder Base)
หมายเลข 9	แสดง	อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD)
หมายเลข 10	แสดง	ระบบควบคุม (Digital Controller)
หมายเลข 11	แสดง	เทอร์โมคอปเปิล (Thermocouple)

3.1.1.2 กระบวนการการสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

หลังจากออกแบบเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกเสร็จสิ้นแล้ว ต่อมาจะเป็นการสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกโดยใช้แบบที่เขียนขึ้นเป็นต้นแบบในการสร้าง ซึ่งจะแบ่งกระบวนการสร้างออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การสร้างโครงหลักของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

ในสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกนั้น จะเริ่มจากการสร้างโครงหลักของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกขึ้นมา โดยใช้วิธีการกลึง เชื่อมอุปกรณ์เฉพาะส่วนขึ้นมา ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบเป็นโครงหลักของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกนั้นได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 2.5.1 ได้แก่

- ชุดมอเตอร์กระแสสลับและหัวเกียร์ : มอเตอร์กระแสสลับ ยี่ห้อ ออเรียนทัล มอเตอร์

(Oriental Motor) รุ่น M425-402 ความเร็วรอบ 90-1400 / 90-1700 รอบต่อนาที

และหัวเกียร์ ยี่ห้อออเรียนทัล มอเตอร์ รุ่น 4GN25K อัตราส่วน 25:1แสดงดังภาพที่ 3.3

- สกรู : เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ความยาว 25 เซนติเมตร
- กระบอกรัด : เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ความยาว 25 เซนติเมตร
- ช่องใส่สาร : เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร
- หัวฉีด : เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 เซนติเมตร

(1.6) ฐานรองรับ : ขนาด 8 x 22 x 10 เซนติเมตร

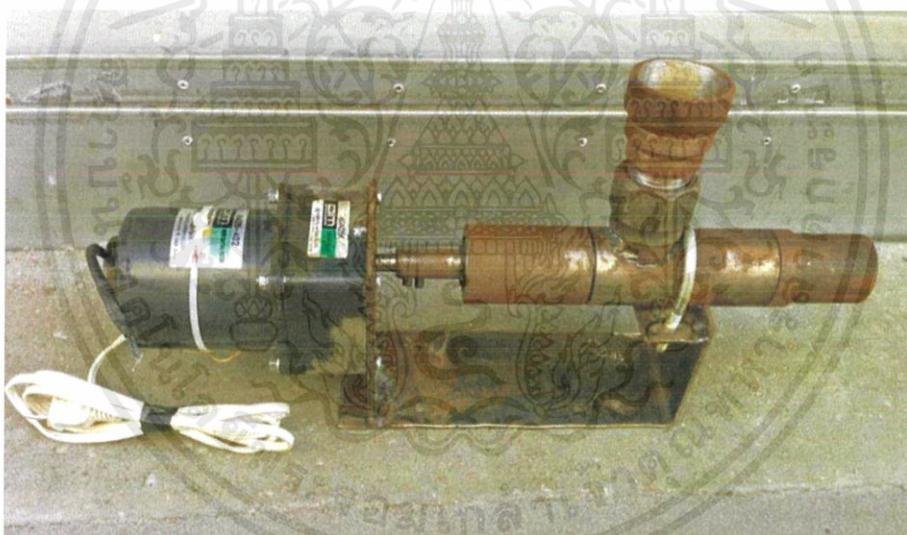
นำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบเข้ากันเป็นโครงหลักของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก ซึ่งรวมกันแล้วมีขนาดความกว้าง 8 เซนติเมตร ความยาว 32 เซนติเมตร และความสูง 22 เซนติเมตร ดังภาพที่

3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 ชุดมอเตอร์กระแสสลับและหัวเกียร์



ภาพที่ 3.4 โครงหลักของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

(2) การติดตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

หลังจากสร้างโครงหลักของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกในข้างต้นเสร็จสิ้นแล้ว จึงเริ่มทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ามาประกอบด้วยกันกับเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก เพื่อให้เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกสามารถทำงานได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่แสดงไว้ในหัวข้อที่ 2.5.1 ได้แก่

- แฉกทำความร้อน : กำลังไฟฟ้า 220 วัตต์ / ความร้อนสูงสุด 250 องศาเซลเซียส

เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 3.5

- ระบบควบคุม : ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี แสดงดังภาพที่ 3.6

- เทอร์โมคัปเปิล : Type K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ : ดิมเมอร์-กระแสสลับ 1200 วัตต์ แสดงดังภาพที่

3.7

- รีเลย์ : โซลิตสเตทรีเลย์ แบบการควบคุมมูมเฟส กระแสตรง 5-24 โวลต์ แสดงดังภาพที่

3.8



ภาพที่ 3.5 แล็บทำความร้อน

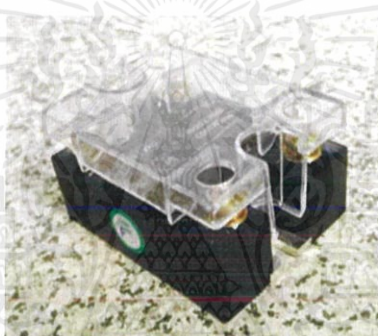


ภาพที่ 3.6 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

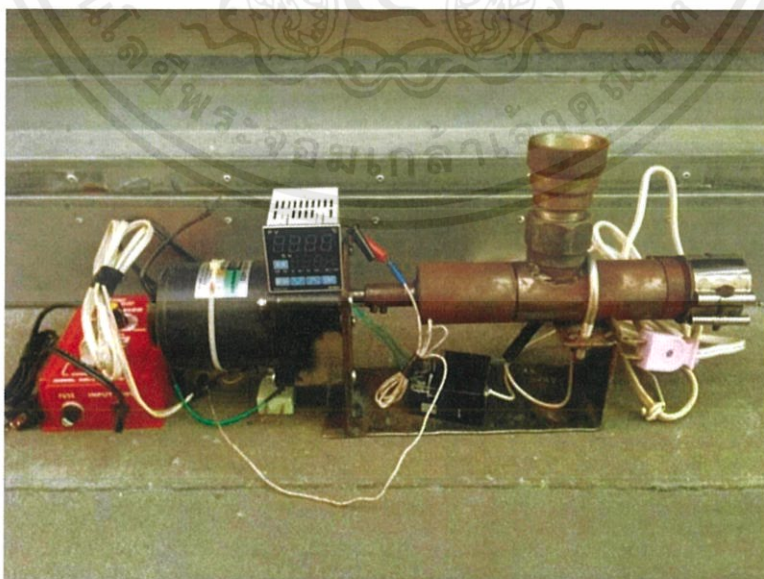
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์



ภาพที่ 3.8 โซลิตสเตทแบบการควบคุมมูมเฟส



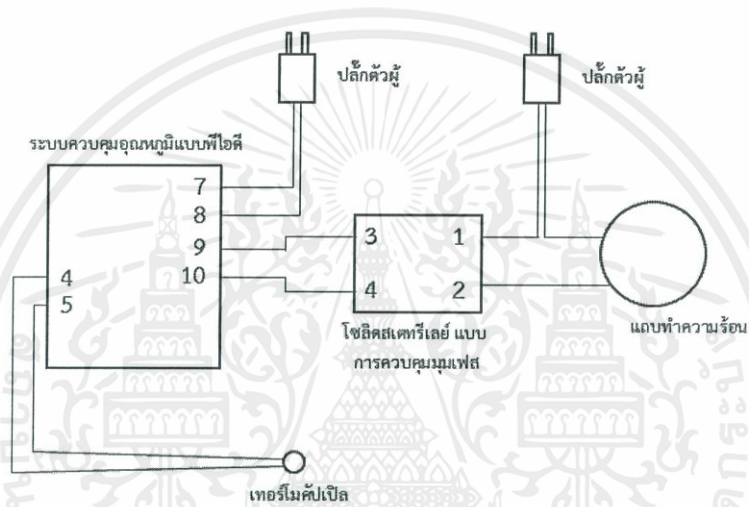
ภาพที่ 3.9 เครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกที่ผ่านการประกอบของแถบทำความร้อน ระบบควบคุม เทอร์

โมคัปเปิล อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ และรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการประกอบเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก มีดังนี้

- (2.1) ประกอบแถบทำความร้อน ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี เทอร์โมคัปเปิล และโซลิตสเตทรีเลย์ แบบการควบคุมมูมเฟส เข้าด้วยกันเป็นวงจร ดังภาพที่ 3.10
- (2.2) ติดตั้งแถบทำความร้อน โดยนำไปหนีบเข้ากับส่วนปลายของกระบอบกอัด
- (2.3) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล โดยนำไปแทรกระหว่างแถบทำความร้อนและปลายกระบอบกอัด
- (2.4) ติดตั้งติมเมอร์กระแสสลับ โดยการเสียบปลั๊กตัวผู้ของมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนของสกรูเข้าไปในเต้ารับของติมเมอร์กระแสสลับ



ภาพที่ 3.10 การต่อวงจรระหว่าง แถบทำความร้อน ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี เทอร์โมคัปเปิลและโซลิตสเตทรีเลย์แบบการควบคุมมูมเฟส

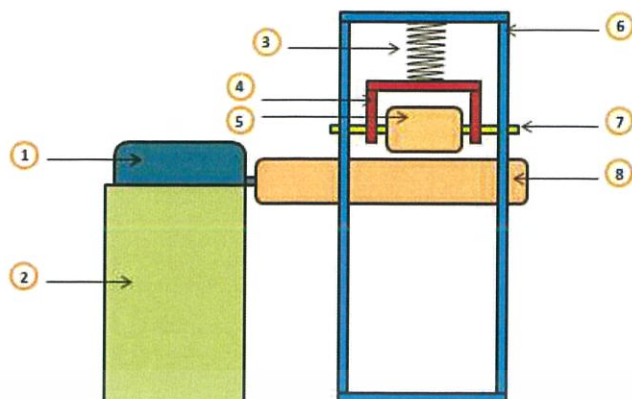
3.1.2 การสร้างเครื่องดึงเส้นพลาสติก

หลังจากสร้างเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกเสร็จสิ้นแล้ว เส้นพลาสติกที่ถูกสร้างขึ้นจะถูกดึงโดยเครื่องดึงเส้นพลาสติกเพื่อนำไปเก็บในเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกต่อไป ซึ่งความเร็วในการดึงจะสามารถควบคุมขนาดของเส้นพลาสติกได้

3.1.2.1 การออกแบบเครื่องดึงเส้นพลาสติก

การออกแบบเครื่องดึงเส้นพลาสติกนั้น จะถูกนำไปใช้เป็นตัวแบบในการสร้าง หรือปรับปรุงโครงสร้างลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องดึงเส้นพลาสติกก่อนนำไปสร้างจริง โดยแสดงแบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องดึงเส้นพลาสติกไว้ใน ภาพที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 แบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องดิ่งเส้นพลาสติก

จากภาพที่ 3.11 แสดงแบบจำลองโครงสร้างลักษณะของเครื่องดิ่งเส้นพลาสติกนั้น ได้แสดงถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องดิ่งเส้นพลาสติกโดยมีหมายเลขต่าง ๆ กำกับไว้ ดังนี้

- หมายเลข 1 แสดง มอเตอร์ (Motor)
- หมายเลข 2 แสดง ฐานรองรับมอเตอร์ (Motor Base)
- หมายเลข 3 แสดง สปริง (Spring)
- หมายเลข 4 แสดง โครงสร้างล้อหมุนตัวที่ 1 (Roller 1 Bracket)
- หมายเลข 5 แสดง ล้อหมุนตัวที่ 1 (Roller 1)
- หมายเลข 6 แสดง โครงสร้างล้อหมุน (Roller Bracket Base)
- หมายเลข 7 แสดง แกนเหล็ก (Steel Shaft)
- หมายเลข 8 แสดง ล้อหมุนตัวที่ 2 (Roller 2)

3.1.2.2 กระบวนการการสร้างเครื่องดิ่งเส้นพลาสติก

หลังจากออกแบบเครื่องดิ่งเส้นพลาสติกเสร็จสิ้นแล้ว ต่อมาจะเป็นการสร้างเครื่องดิ่งเส้นพลาสติกโดยใช้แบบที่เขียนขึ้นเป็นต้นแบบในการสร้าง ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบ มีดังนี้

- มอเตอร์เกียร์กระแสดตรง : ยี่ห้อ ZHENGKE รุ่น ZYTD520 12 โวลต์ 10 รอบต่อนาที
- แหล่งจ่ายไฟฟ้า : ยี่ห้อ ESP รุ่น 1201B แรงดันออก 12 โวลต์ 1.25 แอมแปร์
- ไม้อัดสำหรับสร้างชิ้นส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลัก ดังนี้
 - ฐานรองรับมอเตอร์ : ขนาด 9.5 x 12 x 6 เซนติเมตร
 - โครงสร้างล้อหมุนตัวที่ 1 : ขนาด 2.5 x 4 x 5 เซนติเมตร
 - โครงสร้างล้อหมุน : ขนาด 6.5 x 19 x 6.5 เซนติเมตร
 - ศูนย์หน้าและศูนย์หลัง : ขนาด 3 x 6.5 x 0.5 เซนติเมตร
- สปริง : เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 4.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ล้อหมุนตัวที่ 1 : เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร
- ล้อหมุนตัวที่ 2 : เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 14 เซนติเมตร
- แกนเหล็ก : เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ยาว 4.5 เซนติเมตร

นำอุปกรณ์ทุกส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 3.12 ซึ่งประกอบไปด้วยภาพด้านหน้า ภาพด้านบน ภาพด้านข้าง มีขนาดรวมทั้งหมด 18 x 18 x 9.5 เซนติเมตร และภาพที่ 3.13 จะเป็นภาพวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์เกียร์กระแสตรง กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 3.12 โครงสร้างเครื่องดัดเส้นพลาสติก



ภาพที่ 3.13 การต่อวงจรระหว่างมอเตอร์เกียร์กระแสตรง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า และปลั๊กตัวผู้

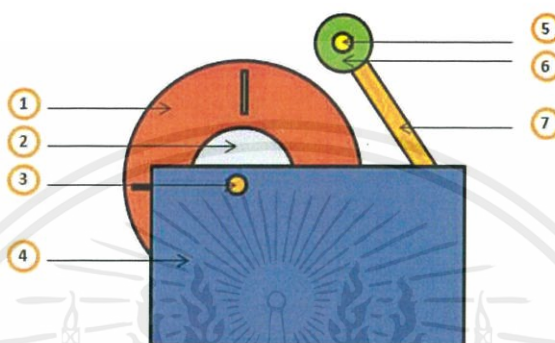
3.1.3 การสร้างเครื่องมือเก็บเส้นพลาสติก

เครื่องมือเก็บเส้นพลาสติกมีหน้าที่ในการเก็บเส้นพลาสติกที่ถูกดึงมาจากเครื่องดัดเส้นพลาสติก ซึ่งม้วนเก็บเส้นพลาสติกที่ได้นั้นจะสามารถนำไปใช้งานได้ทันทีหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.1 การออกแบบเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก

การออกแบบเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกนั้น จะถูกนำไปใช้เป็นตัวแบบในการสร้าง หรือปรับปรุงโครงสร้างลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกก่อนนำไปสร้างเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกจริง โดยแสดงแบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกไว้ใน ภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.14 แบบจำลองลักษณะโครงสร้างของเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก

จากภาพที่ 3.14 แสดงแบบจำลองโครงสร้างลักษณะของเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกนั้น ได้แสดงถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกโดยมีหมายเลขต่าง ๆ กำกับไว้ ดังนี้

- | | | |
|-----------|------|---|
| หมายเลข 1 | แสดง | ม้วนเก็บเส้นพลาสติก (Spool Disc) |
| หมายเลข 2 | แสดง | แกนยึดม้วนเก็บเส้นพลาสติก (Spool Disc Core) |
| หมายเลข 3 | แสดง | แกนเหล็ก (Steel Shaft) |
| หมายเลข 4 | แสดง | ฐานรองรับเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก (Spool Wind Base) |
| หมายเลข 5 | แสดง | มอเตอร์ (Motor) |
| หมายเลข 6 | แสดง | ล้อหมุน (Roller) |
| หมายเลข 7 | แสดง | ก้านมอเตอร์ (Motor Arm) |

3.1.3.2 กระบวนการการสร้างเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก

หลังจากออกแบบเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกเสร็จสิ้นแล้ว ต่อมาก็จะเป็นการสร้างเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติกโดยใช้แบบที่เขียนขึ้นเป็นตัวแบบในการสร้าง ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ มีดังนี้

- มอเตอร์เกียร์กระแสดตรง : ยี่ห้อ ZHENGKE รุ่น ZYTD520 12 โวลต์ 150 รอบต่อนาที
- แหล่งจ่ายไฟฟ้า : ยี่ห้อ ESP รุ่น 1201B แรงดันออก 12 โวลต์ 1.25 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับสำหรับสร้างชิ้นส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นมีอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฐานรองรับเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก : ขนาด 10 x 16.5 x 12 เซนติเมตร
- ก้านมอเตอร์ : ขนาด 3 x 15.5 x 1 เซนติเมตร
- แกนยึดม้วนเก็บเส้นพลาสติก : เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 9.5 เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 5 เซนติเมตร
ยาว 1 เซนติเมตร
- ล้อหมุนพลาสติก : เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร
- ม้วนเก็บเส้นพลาสติก : เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 16 เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 5 เซนติเมตร
ยาว 5.5 เซนติเมตร
- แกนเหล็ก : เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร

นำอุปกรณ์ทุกส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 3.15 มีขนาดรวมทั้งหมด 10 x 16.5 x 12 เซนติเมตร และภาพที่ 3.14 ก่อนหน้านี้ แสดงวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์เกียร์กระแสตรง กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 3.15 โครงสร้างเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก

3.2 การทดลองศึกษาการสร้างเส้นพลาสติก

การทดลองการสร้างเส้นพลาสติกจากระบบอัดรีดเส้นพลาสติกนั้นมีเส้นพลาสติกด้วยกัน 2 ชนิด คือเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ โดยแบ่งหัวข้อตามชนิดเส้นพลาสติก ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

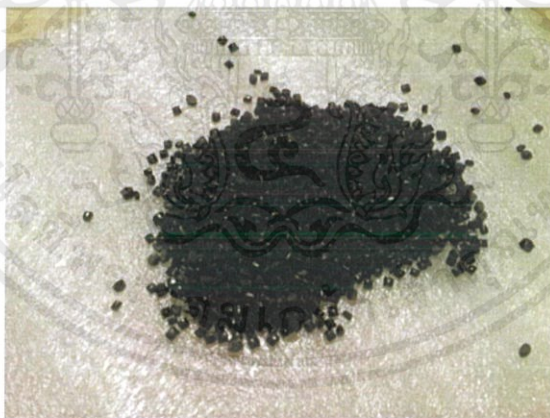
3.2.1 การทดลองศึกษาการสร้างเส้นพลาสติก ABS

ในการทดลองนี้ จะเป็นการศึกษาการสร้างเส้นพลาสติก ABS จากเม็ดพลาสติก ABS ที่มีลักษณะเป็นสีดำ แสดงดังภาพที่ 3.16 พร้อมทั้งหาปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ลักษณะของเส้นพลาสติกนั้นเรียบ โดยเริ่มจากการทดลองสร้างเส้นพลาสติกจากเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกที่ปัจจัยต่าง ๆ แล้วศึกษาลักษณะของเส้นพลาสติกที่ได้ โดยมีปัจจัยที่ใช้ในทดลอง คือ

- อุณหภูมิ 215 220 และ 225 องศาเซลเซียส
- ความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้หมุนสกรู 53 rpm และ 55 rpm

ขั้นตอนในการทดลองสร้างเส้นพลาสติก มีดังนี้

- (1) เติมเม็ดพลาสติก ABS ลงใน ช่องใส่สาร
- (2) เปิดการทำงานของอุปกรณ์แถบทำความร้อนของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก แล้วตั้งค่าอุณหภูมิที่ 215 องศาเซลเซียส ผ่านระบบควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 นาที
- (3) เปิดการทำงานของติเมอ์กระแสน้ำพร้อมกับปรับค่าความเร็วมอเตอร์เป็น 53 rpm จากนั้นเมื่อเส้นพลาสติกมีความยาวถึง 10 เซนติเมตรแล้ว จึงใช้คีมตัดเส้นให้ขาดออกจากกัน
- (4) ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ (3) แต่เปลี่ยนค่าความเร็วมอเตอร์เป็น 55 rpm ตามลำดับ
- (5) ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ (2) (3) และ (4) แต่เปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็น 220 และ 225 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



ภาพที่ 3.16 เม็ดพลาสติก ABS

3.2.2 การทดลองศึกษาการสร้างเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

การทดลองศึกษาการสร้างเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์นั้น ซึ่งเป็นการทดลองสร้างเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่กำหนดอัตราส่วนของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ไว้ที่ 5% โดยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 นาโนเมตร มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะดังภาพที่ 3.17 พร้อมทั้งหาปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ลักษณะของเส้นพลาสติกนั้นเรียบ โดยมีปัจจัยของอุณหภูมิ และความเร็วมอเตอร์ที่ใช้หมุนสกรู ในการทดลอง คือ

- อุณหภูมิ 215 220 225 และ 230 องศาเซลเซียส
- ความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้หมุนสกรู 53 rpm และ 55 rpm

ขั้นตอนในการทดลองสร้างเส้นพลาสติก มีดังนี้

- (1) นำเม็ดพลาสติก ABS ผสมกับอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ โดยใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ในอัตราส่วน 5% ของปริมาณวัสดุคอมโพสิต ซึ่งในที่นี้จะใช้ปริมาณทั้งหมด 50 กรัม
- (2) นำสารผสมที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องผสมสารละลายชนิดวอร์เท็กซ์ (Vortex Mixer) รุ่น VM-10 ที่อัตราเร็วสูงสุด เป็นระยะเวลา 2 นาที
- (3) เปิดการทำงานของอุปกรณ์แถบทำความร้อนของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก แล้วตั้งค่าอุณหภูมิที่ 215 องศาเซลเซียส ผ่านระบบควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 นาที
- (4) เปิดการทำงานของติเมอ์กระแสน้ำพร้อมกับปรับค่าความเร็วมอเตอร์เป็น 53 rpm จากนั้นเมื่อเส้นพลาสติกมีความยาวถึง 10 เซนติเมตรแล้ว จึงใช้คีมตัดเส้นให้ขาดออกจากกัน
- (5) ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ (4) แต่เปลี่ยนค่าความเร็วมอเตอร์เป็น 55 rpm ตามลำดับ
- (6) ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ (3) (4) และ(5) แต่เปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็น 220 225 และ 230 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



ภาพที่ 3.17 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

3.3 การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก

การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติกนั้น จะใช้ชิ้นงานเส้นพลาสติกทั้ง 2 ชนิดที่มีความเรียบมากที่สุดจากการทดลองในการตรวจสอบ คือ เส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต ABS/ZnO NPs โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น EVO@MA10 ดังภาพที่ เอกส.3.18 เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ เนื่องจากชิ้นงานที่ใช้ในการตรวจสอบจะต้องสามารถนำไฟฟ้าได้ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะต้องทำการเคลือบเส้นพลาสติกด้วยทอง เพื่อให้เกิดการนำไฟฟ้าแก่วัสดุก่อน จึงจะสามารถนำไปตรวจสอบได้ ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

- (1) ทักชิ้นงานเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิตในขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร
- (2) บรรจุชิ้นงานทั้ง 2 ชนิดลงในแท่นบรรจุ โดยหงายด้านที่เป็นพื้นที่หน้าตัดขึ้นตั้งฉากกับพื้น แล้วนำไปเคลือบด้วยทอง
- (3) ทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพที่ 3.18 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

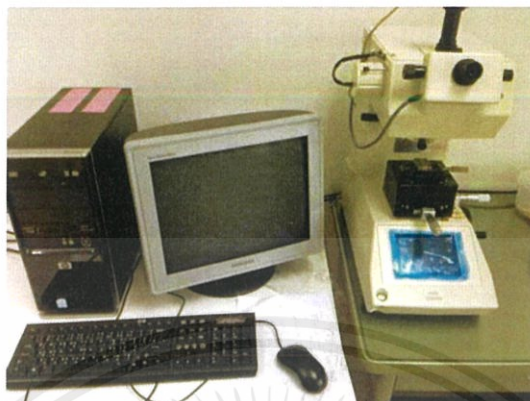
3.4 การทดสอบหาค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สของเส้นพลาสติก

ในการทดสอบหาค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส จะนำเส้นพลาสติกที่มีความเรียบมากที่สุดมาทดสอบ ซึ่งมีด้วยกัน 2 ชนิด ที่มีขนาด 1.75 มิลลิเมตร ได้แก่ เส้นพลาสติกชนิด ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต ABS/ZnO NPs โดยการวัดค่าความแข็งนั้นจะใช้เครื่องวัดค่าความแข็งในระดับไมโครเมตร จากบริษัทชิมาดซุ (Shimadzu) รุ่น HMV-2 series ดังภาพที่ 3.19 โดยการทดสอบนั้นจะต้องทำความสะอาดพื้นผิวของชิ้นงานก่อนนำไปวัดค่าความแข็งด้วยเครื่องทดสอบค่าความแข็ง ซึ่งขนาดของเส้นทแยงมุมที่ได้จากการทดสอบนั้น จะถูกนำไปคำนวณหาค่าความแข็งด้วยสมการที่ (2.3) ซึ่งมีวิธีการทดสอบมีดังนี้

- (1) ตัดเส้นพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ให้มีขนาด 1 เซนติเมตร แล้วนำส่วนที่เป็นพื้นที่หน้าตัดวงกลมไปขัดด้วยตะไบจนตั้งฉากกับด้านยาวของเส้นพลาสติก
- (2) นำชิ้นงานไปขัดต่อไปด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด จนพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานมีความเรียบสนิท จากนั้นจึงใช้ อะซิโตนในการทำความสะอาดชิ้นงาน
- (3) นำชิ้นงานไปวางลงบนแท่นวางของเครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ส โดยให้พื้นที่หน้าตัดหงายตั้งฉากกับพื้น หลังจากนั้นจึงเลือกน้ำหนักของแรงที่ใช้กด ระยะเวลาที่ใช้ในการกด จำนวน

เอกสารนี้ครั้งในการทดสอบแล้วทำการทดสอบเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (4) ทำการวัดขนาดของเส้นทแยงมุมที่เกิดขึ้นจากรอยกดทั้ง 2 แกน
- (5) นำขนาดของเส้นทแยงมุมที่ได้ไปคำนวณหาค่าความแข็งจากสมการที่ (2.3)



ภาพที่ 3.19 เครื่องวัดค่าความแข็งในระดับไมโคร รุ่น HMV-2 series

3.5 การทดสอบร้อยละการฟอกสีของเส้นพลาสติกคอมโพสิต

การทดสอบร้อยละการฟอกสีของเส้นพลาสติกคอมโพสิตนั้น จะเป็นการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพอัตราการย่อยสลายจากปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลซิสของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่อยู่ในเส้นพลาสติกคอมโพสิตโดยการฉายแสงยูวี ชนิดยูวี บี (UV-B) ในสารย้อมสีเมทิลีนบลู (Methylene Blue) มีลักษณะเป็นผงสีน้ำเงิน ดังภาพที่ 3.20 ซึ่งภายในมีเส้นพลาสติกคอมโพสิตบรรจุอยู่ ในระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำสารย้อมสีไปวัดการดูดกลืน (Absorbance) จากเครื่องยูวี วิส สเปคโตรมิเตอร์ (UV-Vis Spectrometer) รุ่น T90+ เพื่อนำค่าดูดกลืนแสงไปหาค่าร้อยละการฟอกสี โดยแสดงสมการร้อยละการฟอกสีในสมการที่ (3.1)



ภาพที่ 3.20 เครื่องยูวี วิส สเปคโตรมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ร้อยละการฟอกสี (\%)} = \left[\frac{A_0 - A_t}{A_0} \right] \times 100 \quad (3.1)$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาเริ่มต้น

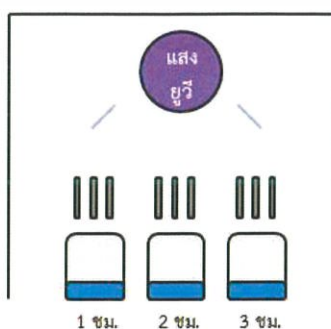
A_t คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาใด ๆ



ภาพที่ 3.21 ผงเมทิลีนบลู

ขั้นตอนในการทดลองพร้อมรูปภาพประกอบการทดลอง (ดังภาพที่ 3.21) มีดังนี้

- (1) นำสารย้อมสีเมทิลีนบลูปริมาณ 0.001 กรัม มาผสมในน้ำปอดประจุ (DI) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปสั่นให้เข้ากันในเครื่องสั่นความถี่สูง (Ultrasonic) เป็นเวลา 15 นาที
- (2) แบ่งสารละลายปริมาตร 3 มิลลิลิตร มาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- (3) ตัดเส้นพลาสติกคอมโพสิตมาให้ความยาว 1.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น แล้วนำไปแบ่งใส่ในบีกเกอร์ที่มีสารละลายบรรจุอยู่
- (4) ทำการฉายแสงยูวีใส่บีกเกอร์เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องยูวี วิส สเปคโตรมิเตอร์
- (5) ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ (2) (3) และ(4) แต่เปลี่ยนระยะเวลาในการฉายแสงเป็น 2 และ 3 ชั่วโมง
- (6) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปหาค่าร้อยละการฟอกสีจากสมการที่ (3.1)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้ขึ้นทะเบียนและคุ้มครองทางลิขสิทธิ์ไว้เรียบร้อยแล้ว การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยฯ ถือว่าผิดกฎหมายและจะดำเนินการฟ้องดำเนินคดีตามกฎหมายต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่จะกล่าวถึงในบทนี้ เป็นผลการวิเคราะห์แสดงลักษณะของเส้นพลาสติก ABS ที่อุณหภูมิและความเร็วของมอเตอร์ต่าง ๆ ลักษณะของเส้นพลาสติกคอมโพสิต ระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต ค่าความแข็งของเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต และร้อยละการพอกสีของสารละลายเมทิลีนบลู ของเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่มีระยะเวลาในการฉายแสง ต่าง ๆ โดยจะแสดงตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์การทำงานของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก

การวิเคราะห์การทำงานของระบบอัดรีดเส้นพลาสติกนั้น จะวิเคราะห์โดยการทดสอบสร้างเส้นพลาสติกขึ้นมาจริง โดยในที่นี้จะใช้พลาสติกชนิด ABS เป็นตัวอย่างในการทดสอบ แล้วทำการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดภายในระบบ เพื่อนำไปปรับปรุง หรือแก้ไข ทำให้ได้ระบบการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการทำงานที่มีประสิทธิภาพนั้น เส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นจากเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกจะต้องถูกดึง และนำไปเก็บยังม้วนเก็บเส้นพลาสติกได้อย่างต่อเนื่อง และไม่ทำให้เส้นพลาสติกเกิดความเสียหาย โดยจะแสดงลักษณะของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งในที่นี้ได้แบ่งหัวข้อออกเป็น 3 หัวข้อย่อย ตามแต่ละอุปกรณ์ที่ประกอบอยู่ในระบบ ดังนี้



ภาพที่ 4.1 ลักษณะของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ทำงานของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก

หลังจากเปิดการทำงานของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกแล้ว เส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นจะถูกดึงโดยเครื่องดึงเส้นพลาสติก ซึ่งในระหว่างที่เส้นพลาสติกออกมาจากหัวฉีด และกำลังเคลื่อนที่ไปยังเครื่องดึงนั้น ลักษณะของเส้นพลาสติกยังคงร้อน และไม่แข็งตัว เนื่องจากเพิ่งผ่านบริเวณหลอมเหลว และเส้นพลาสติกจะต้องผ่านการบีบเข้าหากันของล้อหมุนทั้งสองล้อของเครื่องดึงเส้นพลาสติก ดังนั้นเส้นพลาสติกจะต้องแข็งตัวในระดับหนึ่ง เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย ซึ่งจากการทดสอบการทำงานนั้นพบว่าต้องวางเครื่องอัดรีด และเครื่องดึงเส้นพลาสติกให้ห่างกันพอสมควร ประมาณ 30-35 เซนติเมตร เส้นพลาสติกจึงจะเย็นตัวลงในระดับหนึ่ง ทำให้สามารถผ่านเครื่องดึงเส้นพลาสติกได้โดยไม่เกิดความเสียหาย นอกจากนี้มอเตอร์ที่ใช้ในการอัดรีดยังคงช้าอยู่ ทำให้ปริมาณของเส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับความเร็วมอเตอร์ที่สูงกว่า

4.1.2 การวิเคราะห์การทำงานของเครื่องดึงเส้นพลาสติก และเครื่องเก็บเส้นพลาสติก

ความเร็วมอเตอร์ของเครื่องดึงเส้นพลาสติก และเครื่องเก็บเส้นพลาสติกมีสอดคล้องกับความเร็วมอเตอร์ของเครื่องอัดรีด จึงจะทำให้ระบบเกิดการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพ ไม่ทำให้เส้นพลาสติกเสียหาย และได้ขนาดของเส้นที่คงที่ตามต้องการ โดยแสดงลักษณะการทำงานของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก ดังภาพที่ 4.2 ซึ่งจากการทดสอบ ความเร็วมอเตอร์ของเครื่องดึงและเครื่องเก็บเส้นพลาสติกนั้นสามารถควบคุมได้โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยจะทำหน้าที่ลดปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านไปยังมอเตอร์ได้ ทำให้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ในที่สุด ซึ่งสร้างเส้นพลาสติกที่มีขนาด 1.75 มิลลิเมตร ได้ตามที่ต้องการ นอกจากนี้โครงสร้างหลักของทั้งสองอุปกรณ์นั้นทำมาจากไม้อัด ซึ่งมีความแข็งแรงในระดับหนึ่ง และราคาถูก หาซื้อได้ง่าย จึงเหมาะที่จะนำมาสร้าง นอกจากนี้ล้อหมุนของทั้งสองอุปกรณ์นั้นล้วนมีหน้าที่ในการหมุนวัสดุที่เป็นพลาสติกด้วยกันทั้งสิ้น ซึ่งก็คือ เส้นพลาสติก สำหรับเครื่องดึงเส้นพลาสติก และม้วนเก็บเส้นพลาสติก ซึ่งทำมาจากพลาสติก สำหรับเครื่องเก็บเส้นพลาสติก ดังนั้น ล้อหมุนของทั้งสองอุปกรณ์จะต้องมีความเหนียว ยึดหยุ่นอยู่ในระดับหนึ่ง เพื่อที่จะสามารถหมุนวัสดุพลาสติกได้ ซึ่งในที่นี้ล้อหมุนของทั้งสองอุปกรณ์นั้นทำมาจากแท่งพลาสติก มีลักษณะแข็ง ผิวนเรียบ แต่ไม่สามารถนำมาหมุนได้ เนื่องจากผิวที่ลื่นของพลาสติก ดังนั้นจึงได้นำภาว 2 หน้าชนิดความเหนียวสูง ยึดหยุ่น และมีสีใส มาพันรอบล้อหมุน ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน จนมีความเหนียวน้อยมาก ไม่สามารถยึดติดกับวัสดุอื่นได้ แต่ยังคงมีความยึดหยุ่น มาประกอบเข้ากับเครื่องทั้งสองชนิดพบว่าเครื่องทั้งสองชนิดสามารถหมุนกับวัสดุที่เป็นพลาสติกได้เป็นอย่างดี

เมื่อพิจารณาเครื่องเก็บเส้นพลาสติก พบว่าตำแหน่งของเส้นพลาสติกที่ถูกดึงมาเก็บนั้น จะอยู่บริเวณเดิมเสมอ ทำให้การเก็บเส้นพลาสติกไม่มีความเป็นระเบียบ ส่งผลให้ม้วนเก็บเส้นพลาสติกเก็บเส้นพลาสติกได้ไม่ถึงปริมาณที่ควรจะได้ จึงจำเป็นต้องนำไปพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ลักษณะการทำงานของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก

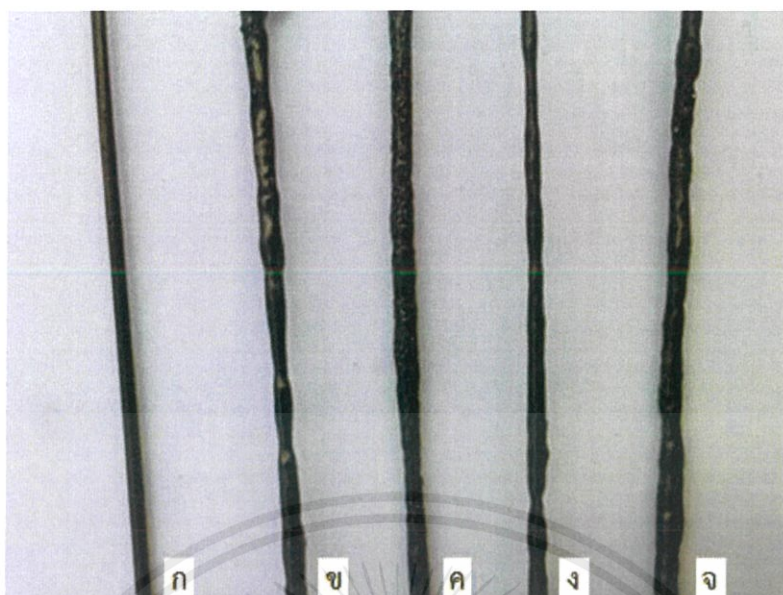
4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเส้นพลาสติก

จากการทดลองสร้างเส้นพลาสติกจากระบบอัดรีดเส้นพลาสติกที่มีเส้นพลาสติก 2 ชนิดด้วยกัน คือเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพลีระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ โดยแบ่งหัวข้อการวิเคราะห์ตามชนิดเส้นพลาสติก ดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเส้นพลาสติก ABS

การสร้างเส้นพลาสติก ABS ผ่านระบบอัดรีดเส้นพลาสติก พบว่าเส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.75 มิลลิเมตร มีสีดำ ซึ่งลักษณะของเส้นพลาสติกที่ได้นั้น เนื้อภายในวัสดุจะต้องมีความหนาแน่น ไม่เปราะ บิดงอได้ ซึ่งจะสามารถสังเกตลักษณะเช่นนี้ได้ผ่านบริเวณผิวภายนอกของเส้นพลาสติก โดยที่ผิวจะต้องเรียบ เงางาม และสามารถบิดงอได้โดยไม่เปราะ โดยในที่นี้ลักษณะของเส้นพลาสติกจะถูกควบคุมโดยใช้ปัจจัย 2 ชนิด คือ ปัจจัยของอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลว และปัจจัยของความเร็วมอเตอร์ที่ใช้ดันเม็ดพลาสติกผ่านแม่พิมพ์ ซึ่งจากการทดลองพบว่าปัจจัยที่ใช้ล้วนส่งผลต่อลักษณะของเส้นพลาสติก โดยจะแสดงลักษณะต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ทำให้ผิวของเส้นพลาสติกมีลักษณะที่เรียบ เงางาม มากที่สุดนั้นคือปัจจัยของอุณหภูมิที่ 215 องศาเซลเซียส ความเร็วของมอเตอร์ 55 rpm และที่อุณหภูมิ 215 °C ความเร็วมอเตอร์ 53 rpm จะเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถสร้างเส้นพลาสติกได้ เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป ประกอบกับความเร็วมอเตอร์ที่ต่ำ ทำให้ไม่สามารถดันพลาสติกที่หลอมเหลวไม่มากเพียงพอให้ดันผ่านหัวฉีดออกมาเป็นเส้นพลาสติกได้ ซึ่งจากภาพการสร้างเส้นพลาสติกให้มีลักษณะที่ดีนั้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ลักษณะของเส้นพลาสติกที่อุณหภูมิและความเร็วมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ (ก. 215 °C-55 rpm ข. 220 °C-55 rpm ค. 220 °C-53 rpm ง. 225 °C-55 rpm จ. 225 °C-53 rpm)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของเส้นพลาสติก ABS ที่อุณหภูมิและความเร็วมอเตอร์ต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วมอเตอร์ (rpm)	ลักษณะผิวของเส้นพลาสติก
215	55	เรียบ เงา
	53	-
220	55	ขรุขระ เงา
	53	หลุม ขรุขระ บวม
225	55	หลุมเล็กน้อย ขรุขระมาก บวมเล็กน้อย
	53	หลุมมาก ขรุขระมาก บวมมาก

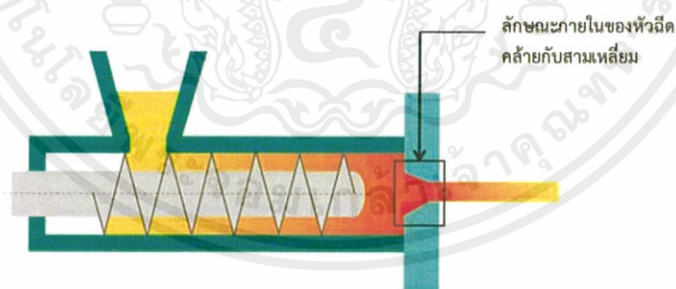
ต้องเข้าใจในการควบคุมที่เหมาะสมกันของแต่ละพลาสติกแต่ละชนิด โดยเมื่อทำการหลอมเหลวเม็ดพลาสติก อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวนั้นถ้ามากไปก็จะทำให้ฟองอากาศที่อยู่ระหว่าง เม็ดพลาสติกในตอนเริ่มต้นนั้นเกิดการขยายตัว เกิดเป็นช่องว่างภายในเส้นพลาสติก หรือแตกออกภายใน ทำให้เส้นพลาสติกมีขนาดแคบ หรือขรุขระ นอกจากนี้ยังสามารถเกิดเป็นหลุมบริเวณผิวของเส้นพลาสติกได้ ทำให้เส้นพลาสติกเปราะ ไม่แข็งแรง ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวนั้นน้อยเกินไป ก็จะทำให้เม็ดพลาสติกบางส่วนไม่ละลายทั้งหมด เมื่อถูกดันออกมาผ่านหัวฉีด ลักษณะผิวภายนอกก็จะนูน หรือขรุขระ ลักษณะภายในก็ไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถหักได้ง่าย นอกจากนี้ความเร็วของมอเตอร์ก็จะมีผลต่อลักษณะของเส้นพลาสติก โดยความเร็วที่มากไปจะทำให้การสะสมความร้อนภายในที่น้อยเกินไป หรือความเร็วที่น้อยไปจะทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในมากเกินไป ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์จะต้องทำงานสอดคล้องกับอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลว เพื่อทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เส้นพลาสติกมีลักษณะที่ดี นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อลักษณะของเส้นพลาสติกอีกด้วย เช่น

- ลักษณะของหัวฉีด โดยรอยต่อภายในของส่วนที่เป็นหัวฉีด กับส่วนที่เป็นกระบอกอัดจะต้องมีลักษณะบีบเข้าหากันคล้ายกับสามเหลี่ยมเพื่อลดแรงดันที่มาชนกับผนังบริเวณหัวฉีด ซึ่งแรงดันที่มาชนผนังนั้นจะถูกดันย้อนกลับไปยังเม็ดพลาสติก ทำให้เม็ดพลาสติกดันออกมาได้ยาก ทำให้เส้นพลาสติกไหลได้ช้า ถึงแม้มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วเท่าเดิม ซึ่งจะแสดงลักษณะรอยต่อที่คล้ายกับสามเหลี่ยมดังภาพที่ 4.4

- เกรดของเม็ดพลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการสร้าง ซึ่งเกรด หรือระดับของพลาสติกที่ดี จะมีลักษณะที่แน่น มีสิ่งเจือปนต่ำ ทำให้เส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นมีความหนาแน่นสูง และแสดงสมบัติของพลาสติกชนิดนั้น ๆ ได้อย่างสมบูรณ์ ต่างจากพลาสติกชนิดเกรดต่ำที่มีความหนาแน่นต่ำ มีลักษณะไม่เรียบ หรือเป็นฟอง เมื่อนำไปสร้างเป็นเส้นพลาสติก เส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นก็จะมีรูอากาศอยู่ภายใน หรือเกิดเป็นหลุมบนบริเวณผิวของเส้นพลาสติก

- ระยะห่างระหว่างช่องใส่สารกับแถบทำความร้อน เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากแถบทำความร้อนจะเกิดการถ่ายโอนไปยังกระบอกเก็บไปสู่ช่องใส่สาร และเมื่อแถบทำความร้อนถูกเปิดการทำงานที่ในระยะเวลายาวนาน เม็ดพลาสติกที่บรรจุอยู่ในกระบอกเก็บจะได้รับความร้อนสะสมมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเส้นพลาสติกที่เกิดขึ้นในระยะหลัง ๆ ก็จะได้รับความร้อนสะสมก่อนถึงช่วงที่แถบทำความร้อนให้ความร้อนโดยตรง ทำให้เส้นพลาสติกเกิดฟองอากาศขึ้นบริเวณผิว หรือภายในของตัวเส้นเองมากกว่าปกติ



ภาพที่ 4.4 ลักษณะภายในหัวฉีดคล้ายกับสามเหลี่ยม [14]

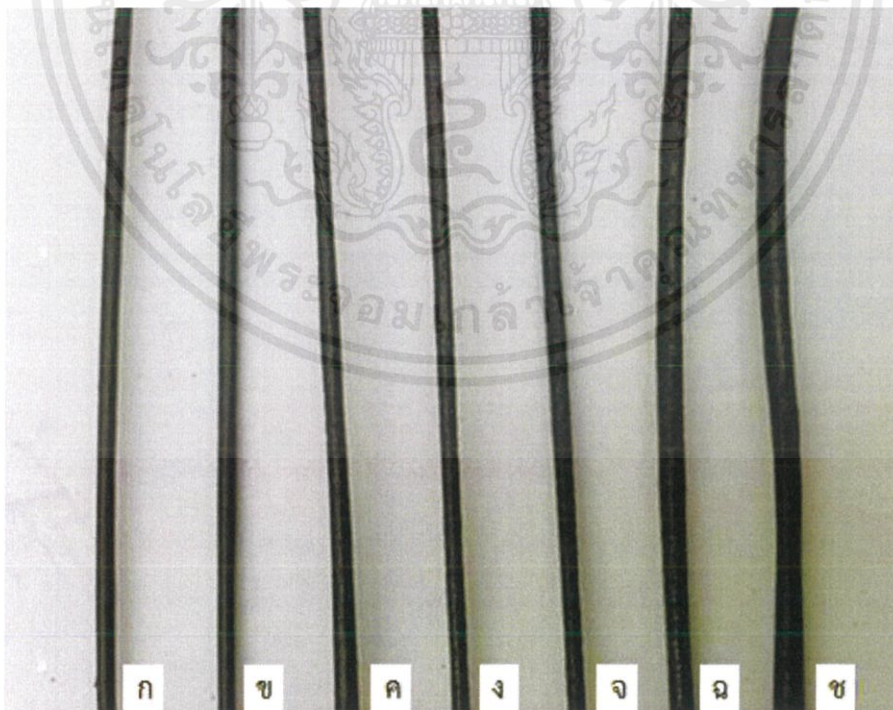
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

การนำระบบอัดรีดเส้นพลาสติกมาประยุกต์ใช้สำหรับสร้างเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS กับ ZnO NPs ในอัตราส่วน ZnO NPs 5% เพื่อสร้างเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่มีลักษณะเรียบมากที่สุด โดยควบคุมปัจจัยของอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลว และปัจจัยของความเร็วเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ที่ใช้ต้นเม็ดพลาสติกผ่านแม่พิมพ์ ซึ่งจากการทดลองพบว่าปัจจัยที่ใช้ล้วนส่งผลต่อลักษณะของเส้นพลาสติก โดยจะแสดงลักษณะต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.5 ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิ 215 °C และความเร็วมอเตอร์ของมอเตอร์ 55 rpm เป็นปัจจัยที่ทำให้เส้นพลาสติกคอมโพสิตมีลักษณะเรียบมากที่สุด และที่อุณหภูมิ 215 °C ความเร็วมอเตอร์ 53 rpm จะเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถสร้างเส้นพลาสติกได้ ดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 4.1.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะของเส้นพลาสติก ABS คอมโพสิตที่มี ZnO NPs ที่อุณหภูมิ และความเร็วมอเตอร์ต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วมอเตอร์ (rpm)	ลักษณะผิวของเส้นพลาสติก
215	55	เรียบ เงา สีขาวบางส่วน
	53	-
220	55	เรียบ สีขาวบางส่วน
	53	เรียบเล็กน้อย สีขาวบางส่วน
225	55	หลุม ขรุขระเล็กน้อย สีขาวบางส่วน
	53	หลุม ขรุขระเล็กน้อย บวมเล็กน้อย สีขาวบางส่วน
230	55	หลุม ขรุขระมาก บวม สีขาวบางส่วน
	53	หลุมมาก ขรุขระมาก บวมมาก สีขาวบางส่วน



ภาพที่ 4.5 ลักษณะของเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่อุณหภูมิ และความเร็วมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ (ก. 215 °C-55 rpm ข. 220 °C-55 rpm ค. 220 °C-53 rpm ง. 225 °C-55 rpm

จ. 225 °C-53 rpm ฉ. 230 °C-55rpm ช. 230 °C-53 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ล่วงหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองสร้างเส้นคอมโพสิตพบว่า ลักษณะภายนอกของเส้นพลาสติกคอมโพสิตจะมีทั้งส่วนที่เป็นสีดำ ซึ่งเป็นส่วนของพลาสติก ABS และส่วนที่เป็นสีขาว ซึ่งเป็นส่วนของ ZnO NPs กระจายปรากฏให้เห็นอยู่บนผิวเล็กน้อย นอกจากนี้ปัจจัยอุณหภูมิและความเร็วรอบที่ใช้ที่ใช้ในการสร้างเส้นพลาสติกคอมโพสิตให้มีลักษณะที่เรียบนั้น มีค่าอุณหภูมิและความเร็วรอบที่ใช้ในการหลอมเหลวเหมือนกันกับเส้นพลาสติกธรรมดาที่ไม่ได้เป็นวัสดุคอมโพสิต เนื่องจากปริมาณของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่แทรกเข้าไปยังพลาสติก ABS ยังคงมีน้อย จึงยังไม่สามารถทำให้จุดหลอมเหลวของวัสดุคอมโพสิตเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

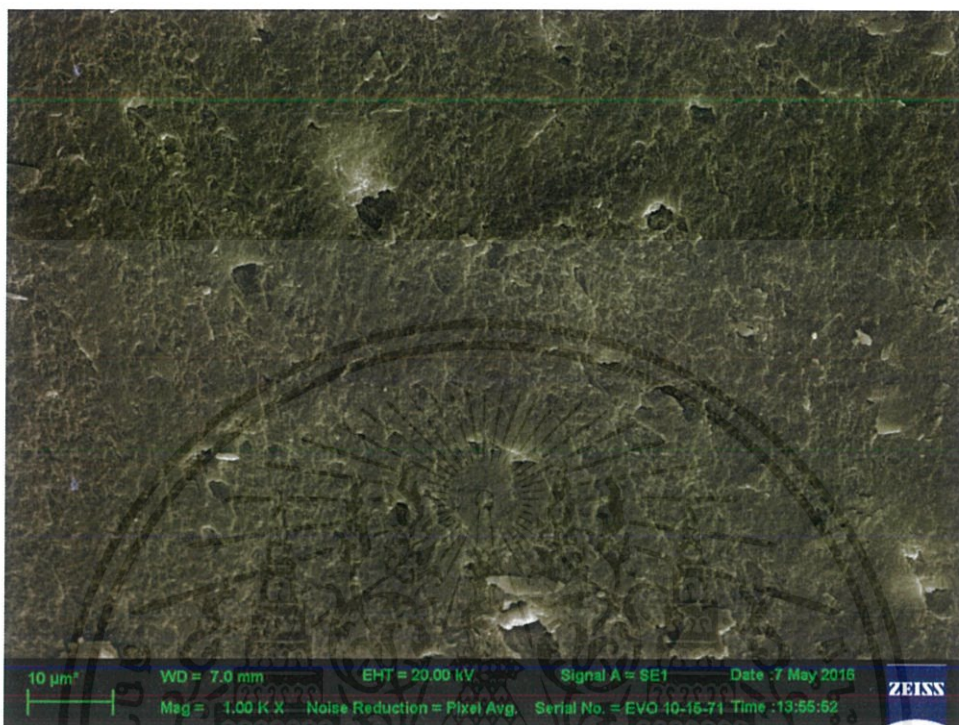
การนำ ZnO NPs มาสร้างเป็นวัสดุคอมโพสิตนั้น มีจุดประสงค์เพื่ออาศัยปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสทำให้ชิ้นงานสามารถกำจัดเชื้อรา หรือบำบัดน้ำ โดยปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสนั้น จำเป็นจะต้องใช้แสงในการเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเพื่อให้ปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสเกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด ZnO NPs จึงจะต้องปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวของเส้นพลาสติกให้ได้มากที่สุด ซึ่งการสร้างชิ้นงานที่รวมวัสดุ 2 ชนิดเข้าด้วยกันนั้น นอกจากการสร้างวัสดุในลักษณะผสมกันแล้ว ยังสามารถสร้างวัสดุในลักษณะเคลือบได้อีกด้วย ซึ่งในที่นี้วิธีการเคลือบ จะเป็นการเคลือบ ZnO NPs บนบริเวณผิวของเส้นพลาสติก ABS โดยวิธีนี้จะทำให้ ZnO NPs มีประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสได้สูงสุด แต่อย่างไรก็ตามเส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นเมื่อนำไปใช้งานในเครื่องพิมพ์สามมิติแบบ FDM เส้นพลาสติกจะต้องหลอมละลายอีกครั้ง ดังนั้นถึงแม้ว่าใช้วิธีเคลือบ สุดท้ายแล้วเมื่อนำไปสร้างเป็นชิ้นงาน ก็ยังคงไม่สามารถกำหนดให้ ZnO NPs อยู่บนบริเวณผิวได้ทั้งหมด จากเหตุผลดังกล่าว การสร้างวัสดุที่รวมวัสดุ 2 ชนิดเข้าด้วยกันด้วยในลักษณะแบบคอมโพสิตนั้น ประสิทธิภาพในการใช้งานชิ้นสุดท้ายจึงไม่ต่างกับการสร้างวัสดุในลักษณะเคลือบ แต่อย่างไรก็ตาม การสร้างชิ้นงานแบบคอมโพสิตจากเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยอาศัยปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสที่ผิวของชิ้นงานนั้นยังคงต้องอาศัยการพัฒนาอีกต่อไป เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของปฏิกิริยาอย่างสูงสุด

4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก

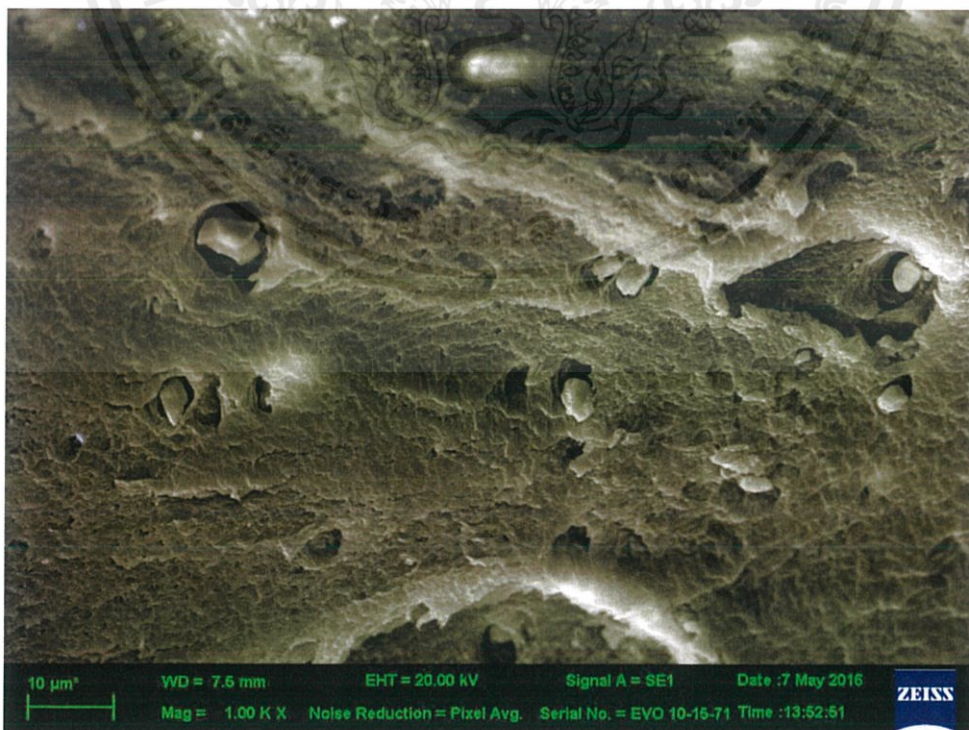
จากการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต ที่กำลังขยาย 1.00 K X จะแสดงดังภาพที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.6 ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก ABS พบว่าลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติกค่อนข้างเรียบ เป็นเนื้อเดียวกัน แต่ยังคงมีลักษณะของช่องว่างที่เกิดจากฟองอากาศในระหว่างกระบวนการเกิดขึ้นเล็กน้อย และจากภาพที่ 4.7 ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติกคอมโพสิต ABS/ZnO NPs พบว่าลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติกมีการแทรกเข้ามาของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ซึ่งสามารถวัดขนาดของอนุภาคได้ประมาณ 4.03 ไมโครเมตร ซึ่งเมื่อเทียบกับอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไซด์ก่อนจะนำเข้ามาผสมในกระบวนการมีขนาดประมาณ 40 นาโนเมตรซึ่งต่างกันถึง 100 เท่า
ทั้งนี้



ภาพที่ 4.6 ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติก ABS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนภาพที่ 4.7 ลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติกคอมโพสิตนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรวมตัวของอนุภาคที่เกิดขึ้นสามารถเกิดได้จากการรวมตัวกันในระหว่างการหลอมเหลว หรือเกิดจากการรวมตัวกันภายในเครื่องอัดรีดในระหว่างการเทปรรจุ ซึ่งการแทรก และรวมตัวกันของอนุภาคจะช่วยวัสดุในการกระจายแรงที่มากกระทำได้ ทำให้เส้นพลาสติกมีค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดเป็นช่องว่างระหว่างพลาสติก ABS และ ZnO NPs ซึ่งส่งผลให้มีความแข็งที่ลดลง แต่ยังคงมากกว่าพลาสติก ABS ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความแข็งนอกของชิ้นงานจากปัจจัยการแทรกตัวเข้าไปของอนุภาคแล้วยังมีปัจจัยการเกิดฟองอากาศในระหว่างกระบวนการอีกด้วย ซึ่งจากภาพ พื้นผิวของชิ้นงานมีลักษณะที่ไม่เรียบ เนื่องจากการเตรียมชิ้นงานจำเป็นต้องใช้การหัก หรือบดจนแตกการตัด ซึ่งจะทำให้พื้นผิวได้รับความเสียหาย โดยลักษณะของพื้นที่หน้าตัดที่เกิดขึ้น มีความไม่เรียบ มีพื้นที่สูงต่ำ ไม่เท่ากัน เนื่องจากลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกันของแต่ละพื้นที่ของชิ้นงานที่ไม่เท่ากัน ต่างจากลักษณะของเส้นพลาสติก ABS ในภาพที่ 4.3 ที่มีพื้นผิวเรียบ เนื่องจากมีลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกันที่สูง

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของเส้นพลาสติก

จากการทดสอบหาค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส ของเส้นพลาสติกขนาด 1.75 มิลลิเมตร ทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ เส้นพลาสติกชนิด ABS (ABS_c) เส้นพลาสติกคอมโพสิตในอัตราส่วน 5% (ABS_c) ซึ่งหลังจากนำตัวอย่างชิ้นงานไปทดสอบ รอยกดที่เกิดขึ้นจะแสดงดังภาพที่ 4.8 ซึ่งเป็นตัวอย่างรอยกดของเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต ในขนาด 1.75 มิลลิเมตร ที่ใช้แรงกด 0.49 นิวตัน ซึ่งรอยกดที่เกิดขึ้นจะสามารถนำไปหาค่าความแข็งของชิ้นงานได้ ดังที่กล่าวมาในบทที่ 2.6 โดยจะแสดงค่าความแข็งของชิ้นงานในตารางที่ 4.3 และนำไปสร้างเป็นกราฟ ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.8 รอยกดของเส้นพลาสติกชนิดต่าง ๆ (ก. ABS ข. ABS_c)

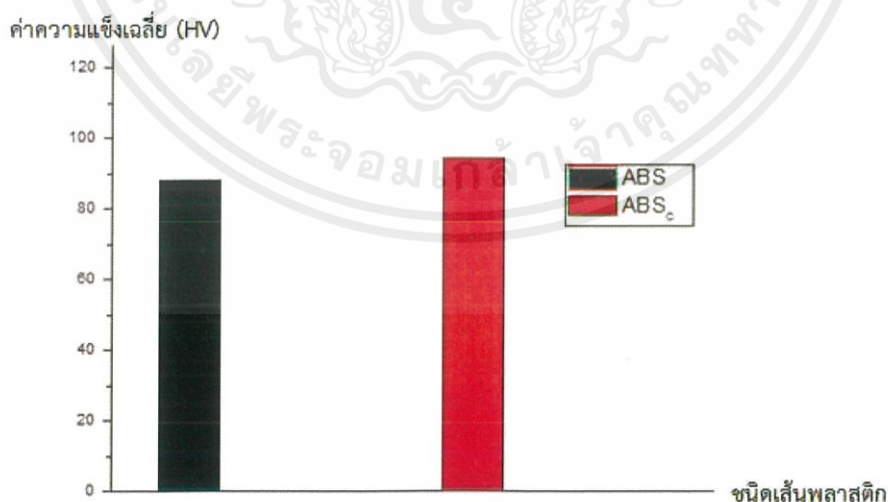
รอยกดที่เกิดขึ้นจะสามารถนำไปหาค่าความแข็งของเส้นพลาสติกได้ ดังที่กล่าวมาในบทที่ 2.6 โดยจะแสดงค่าความแข็งของชิ้นงานเมื่อได้รับแรงกดในขนาดต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.3 นำค่าความแข็งเฉลี่ยที่ได้ไปสร้างกราฟดังภาพที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็งของเส้นพลาสติก และแรงที่ใช้กดขนาดต่าง ๆ

ชนิดของเส้นพลาสติก		ABS	ABS _c
ค่าความแข็งของแรงที่กด (HV)	0.490 N	86.25498	89.38903
		86.09543	99.57992
		84.06582	101.9518
		89.06311	101.296
		92.81627	93.60679
	4.903 N	88.41722	82.7451
		93.92927	91.88874
		81.43063	92.65899
		86.35379	90.95618
		87.45627	84.97435
	9.807 N	94.60694	87.29153
		88.83467	97.50992
		84.71146	102.1731
		91.81293	102.0813
		84.31404	93.43648
ค่าความแข็งเฉลี่ย (HV)	88.01086	94.10262	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.884542	6.449032	

กราฟแสดงค่าความแข็งเฉลี่ยของเส้นพลาสติกชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความแข็งเฉลี่ยของเส้นพลาสติกชนิดต่าง ๆ

จากตารางแสดงค่าความแข็งที่ 4.9 และกราฟค่าความแข็งเฉลี่ยรวมของเส้นพลาสติกชนิดต่าง ๆ ในช่วง 88.0-117.3 ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพลาสติกชนิดต่าง ๆ พบว่าการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิต พบว่าเส้นพลาสติก ABS มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยอยู่ที่ 88.0 HV หรือ 281.6 MPa ต่างกับเส้นพลาสติกคอมโพสิต ABS_c ที่มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 94.1 HV หรือ 301.12 MPa ประมาณ 6 HV ซึ่งค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่าอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่เติมลงไป สามารถช่วยกระจายแรงที่มากระทำได้ ทำให้พลาสติกคอมโพสิตมีค่าความแข็งแรงที่มากขึ้น ซึ่งจากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าความแข็งแรงบางค่าที่วัดได้ของเส้นพลาสติกคอมโพสิตมีค่าต่ำกว่าของเส้นพลาสติก ABS นั้นเกิดมาจากในขณะที่หัวเพชรกำลังกดผิวพื้นที่หน้าตัดของเส้นพลาสติก ลักษณะภายในของเส้นพลาสติกนั้นมีช่องว่างเกิดขึ้น ทำให้วัสดุมีความเปราะมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของวัสดุมีค่าลดลง นอกจากนี้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นพลาสติกคอมโพสิตมีค่าที่สูงขึ้น เกิดขึ้นจากภายในของเส้นพลาสติกคอมโพสิตมีช่องว่างที่มากกว่าเส้นพลาสติกธรรมดา ดังที่กล่าวไปในหัวข้อที่ 4.3 ดังนั้นยิ่งช่องว่างภายในมีปริมาณที่เยอะขึ้น โอกาสของความแตกต่างของค่าความแข็งแรงของแต่ละจุดก็จะมีมากขึ้นตาม ดังนั้นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัสดุก็จะมีค่ามากขึ้น

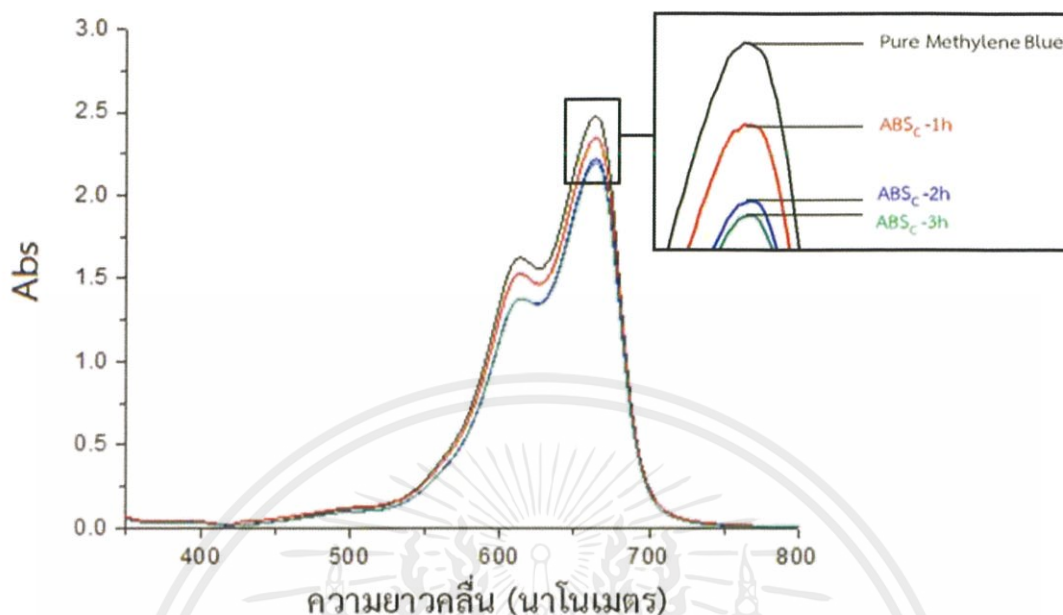
4.5 ผลการวิเคราะห์การฟอกสีของสารละลายเมทิลีนบลูที่ถูกแช่โดยเส้นพลาสติกคอมโพสิต

การทดสอบปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสของเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่มีอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในอัตราส่วน 5% ซึ่งจะทดสอบโดยการนำเส้นพลาสติกคอมโพสิตไปแช่ในสารละลายเมทิลีนบลูแล้วทำการฉายแสงยูวีเป็นระยะเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายเมทิลีนบลูที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องยูวี วิส สเปคโตรมิเตอร์ ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดจะสามารถนำไปหาร้อยละการฟอกสีได้ ทำให้สามารถตรวจสอบการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสของเส้นพลาสติกคอมโพสิตได้ จากการทดสอบสามารถแสดงกราฟการดูดกลืนแสงของสารละลายเมทิลีนบลูที่ไม่ผ่าน (Pure Methylene Blue) และผ่านการแช่ด้วยเส้นพลาสติกคอมโพสิตในอัตราส่วนอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 5% เป็นระยะเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมงได้ ดังภาพที่ 4.10

จากกราฟการดูดกลืนแสงพบว่า ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเมทิลีนบลูนั้นจะมีค่าสูงที่สุดที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร ซึ่งสารละลายเมทิลีนบลูสามารถเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสได้จริง โดยสังเกตจากค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายที่ถูกแช่โดยเส้นพลาสติกที่ผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เมื่อถูกฉายแสงยูวี ซึ่งแสงยูวีที่ใช้เป็นชนิดยูวี บี (UV-B) ซึ่งมีค่าพลังงาน 3.94-4.43 eV ซึ่งสูงกว่าอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีค่าแถบพลังงานช่องว่าง 3.37 eV ทำให้สามารถเกิดการกระตุ้นสร้างเป็นคู่อิเล็กตรอน-โฮลได้ เกิดเป็นปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสในเวลาต่อมา โดยแสดงผลออกมาในรูปแบบของการฟอกสีสารละลาย ซึ่งระยะเวลาการฉายแสงที่มากขึ้น จะทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสที่มากขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งก็คือสารละลายจะดูดกลืนแสงได้น้อยลง ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟการดูดกลืนแสงของสารละลายเมทิลีนบลู



ภาพที่ 4.10 กราฟการดูดกลืนแสงของสารละลายเมทิลีนบลู

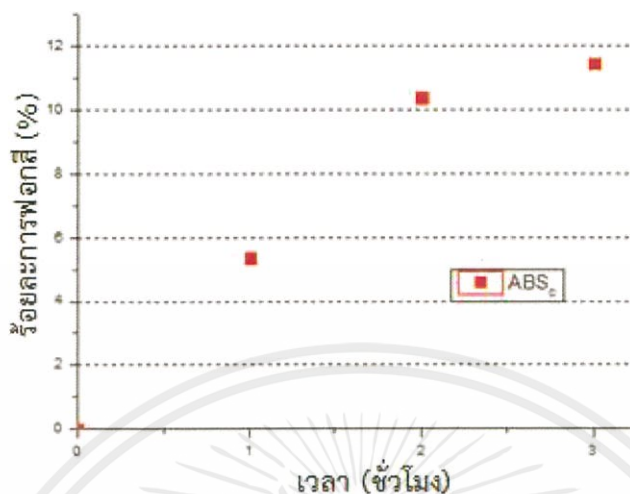
จากกราฟพบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าลดลงเป็นลำดับตามระยะเวลาที่ถูกฉายแสง แต่ปริมาณที่ลดลงในแต่ละชั่วโมงนั้น มีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้เกิดขึ้นจากระบบอัดรีดเส้นพลาสติกไม่สามารถกำหนดการกระจายตัวของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ให้ทั่วทั้งเส้นได้ ทำให้เส้นพลาสติกคอมโพสิตที่สร้างขึ้นมีอัตราส่วนของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในแต่ละส่วนของเส้นไม่เท่ากัน และในการทดลองนี้ ชิ้นส่วนเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่ใช้ในแต่ละระยะเวลาไม่ได้เป็นชิ้นส่วนเดียวกัน ซึ่งกราฟดังกล่าวสามารถยืนยันได้ว่า เส้นพลาสติกที่สร้างขึ้นไม่สามารถกำหนดการกระจายตัวของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในเส้นพลาสติกได้ ทำให้เกิดการดูดกลืนแสงที่ไม่เท่ากันในแต่ละระยะเวลา ดังที่แสดงในกราฟ ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงที่สูงที่สุด และร้อยละการฟอกสีของสารละลายเมทิลีนบลู ที่ถูกแช่โดยเส้นพลาสติกคอมโพสิต ในระยะเวลาที่ถูกฉายแสงต่าง ๆ จะแสดงดังตารางที่ 4.4 และค่าร้อยละการฟอกสีสามารถนำไปสร้างเป็นกราฟร้อยละการฟอกสีที่ระยะเวลาต่าง ๆ ดังภาพที่ 4.11

ตารางที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดและร้อยละการฟอกสีของเส้นพลาสติกคอมโพสิตชนิดต่าง ๆ

ชนิดของเส้นพลาสติก	ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด	ร้อยละการฟอกสี (%)
ABSc -1h	2.340	5.378
ABSc -2h	2.216	10.392
ABSc -3h	2.190	11.444

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟร้อยละการฟอกสีของสารละลายเมทิลีนบลู



ภาพที่ 4.11 กราฟร้อยละการฟอกสีของสารละลายเมทิลีนบลู

จากภาพที่ 4.11 พบว่าร้อยละการฟอกสีของเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่คำนวณจากค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด เมื่อผ่านระยะเวลาการฉายแสงที่มากขึ้น ค่าการฟอกสีของสารละลายไม่ได้แสดงค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างเท่ากัน ดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลซิสที่ต่ำนั้น นอกจากเกิดจากการผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในอัตราส่วนที่ต่ำแล้ว การเกิดปฏิกิริยานั้นจะเกิดขึ้นได้แต่ที่ผิวของเส้นพลาสติกคอมโพสิตเท่านั้น ไม่สามารถเกิดขึ้นภายในได้ ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าอนุภาคที่เห็นในภาพที่ 4.7 คืออนุภาคที่มี ZnO NPs ผสมอยู่ด้วยจากการสร้างเส้นพลาสติกแบบคอมโพสิต จะมีอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์แทรกอยู่ภายใน และบริเวณผิวของเส้น ทำให้การเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลซิสต่ำกว่าอัตราส่วนของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ผสมเข้าไปจริง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการสร้างระบบการสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติก เพื่อผลิตเส้นพลาสติกสำหรับนำไปใช้งานในเครื่องพิมพ์สามมิติ พบว่าระบบอัดรีดเส้นพลาสติกสามารถผลิตเส้นพลาสติกและนำไปใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติได้โดยไม่ทำให้เส้นพลาสติกเกิดความเสียหาย ซึ่งเส้นพลาสติก ABS และเส้นพลาสติกคอมโพสิตระหว่างพลาสติก ABS และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ผลิตขึ้นทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะภายนอกที่เรียบ เงาม และผลของการวัดลักษณะพื้นผิวของเส้นพลาสติกทั้ง 2 ชนิดโดยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าลักษณะผิวของเส้นพลาสติก ABS มีหลุมที่เกิดจากฟองอากาศปรากฏให้เห็นอยู่เล็กน้อย ซึ่งต่างจากเส้นพลาสติกคอมโพสิตที่แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่เกาะกลุ่มรวมตัวกันภายในพลาสติก ABS และผลของการวัดค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส พบว่าเส้นพลาสติกคอมโพสิตมีค่าความแข็งที่สูงกว่าเส้นพลาสติก ABS นอกจากนี้ผลการวัดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสพบว่าเส้นพลาสติกสามารถเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสได้จริง แต่อย่างไรก็ตามระบบอัดรีดเส้นพลาสติกไม่สามารถควบคุมการกระจายตัวของ ZnO NPs ได้ ทำให้มีปริมาณ ZnO NPs ในแต่ละพื้นที่ของเส้นพลาสติกไม่เท่ากัน และเส้นพลาสติกทั้ง 2 ชนิดสามารถนำไปสร้างเป็นชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติได้ โดยเส้นพลาสติก ABS จะมีลักษณะผิวภายนอกที่เรียบ และเงากว่าชิ้นงานที่สร้างขึ้นจากเส้นพลาสติกคอมโพสิต

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการสร้างระบบอัดรีดเส้นพลาสติกพบว่าระบบอัดรีดสามารถผลิตเส้นพลาสติกแล้วนำไปใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบอัดรีดเส้นพลาสติกยังคงมีจุดที่บกพร่องและควรแก่การปรับปรุง ซึ่งจะแบ่งออกเป็นข้อต่าง ๆ ดังนี้

- ความเร็วมอเตอร์ของระบบอัดรีดเส้นพลาสติก : มอเตอร์ที่ใช้ในระบบอัดรีดเส้นพลาสติกไม่สามารถควบคุมความเร็วได้ ซึ่งความเร็วที่ไม่สอดคล้องกันของมอเตอร์ทั้ง 3 เครื่อง จะทำให้เส้นพลาสติกได้รับความเสียหายถึงขั้นขาดออกจากกัน หรือไม่สามารถควบคุมขนาดของเส้นพลาสติกได้ ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนไปเป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมความเร็วรอบในการหมุน นอกจากนี้ความเร็วมอเตอร์ของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกยังคงมีน้อย ทำให้ปริมาณที่เส้นพลาสติกถูกดันออกมามีน้อยหรือไม่สามารถดันเส้นพลาสติกออกมาได้ เนื่องจากความดันที่ย้อนกลับมา ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนมอเตอร์ของเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติกให้มีความเร็วรอบที่สูงขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณของเส้นพลาสติก จึง

จะทำให้สามารถผลิตเส้นพลาสติกในปริมาณที่เยอะขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารทส่งงานวิชาสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบหล่อเย็น : เนื่องจากเส้นพลาสติกที่กำลังไหลออกมา ซึ่งมีความร้อนสูงสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก จะทำให้เส้นพลาสติกได้รับความเสียหายเกิดเป็นจุดบกพร่อง หรือช่องว่างภายในวัสดุได้ ดังนั้นจึงควรมีระบบหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของเส้นพลาสติกที่กำลังถูกดันออกมา ทำให้ความเสียหายภายในลดลง

- อุปกรณ์เกลียวหมุนในเครื่องม้วนเก็บเส้นพลาสติก : เป็นอุปกรณ์ที่จะมาประกอบไว้ตรงหน้าเครื่องม้วนเก็บ ซึ่งมีหน้าที่จัดเก็บเส้นพลาสติกที่ผ่านอุปกรณ์นี้ไปให้เรียงเป็นแถวอย่างเป็นระเบียบ ทำให้ได้ปริมาณเส้นพลาสติกที่เต็มพื้นที่ของม้วนเก็บเส้นพลาสติก

นอกจากนี้การทำความสะอาดอุปกรณ์หลังการใช้งาน โดยเฉพาะเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก ถือเป็นเรื่องที่สำคัญ เพื่อป้องกันการเจือปนของวัสดุ เมื่อต้องการเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการผลิตเส้น ซึ่งในที่นี้จะเริ่มทำความสะอาดโดยการแยกบริเวณส่วนหัวของกระบอกรีดที่ติดกับหัวฉีด และหัวฉีดออกมาจากเครื่องอัดรีดเส้นพลาสติก จากนั้นจึงให้ความร้อนโดยแถบนำความร้อน จนกระทั่งทำให้พลาสติกชนิดนั้นเกิดการหลอมเหลว แล้วหลุดออกมาจากบริเวณหัว โดยสามารถใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดเรียวยาว ในการดันพลาสติกเหลวให้ออกจากหัวฉีด จากนั้นจึงไปทำความสะอาดส่วนหัวและหัวฉีดอีกครั้งด้วยนำไปแช่กับตัวทำละลายของพลาสติกชนิดนั้น ๆ แล้วทำการล้างด้วยเครื่องความถี่สูงจนกว่าพลาสติกจะละลายจะหมด ซึ่งในที่นี้หนึ่งในตัวทำละลายของพลาสติกชนิด ABS คือสารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl Alcohol ; IPA) ซึ่งในส่วนของชิ้นส่วนอื่นที่มีเม็ดพลาสติกผ่านแต่ไม่เกิดการหลอมเหลว คือส่วนของ ช่องใส่สาร กระบอกรีด และสกรู สามารถขัดกับกระดาษทรายเพื่อทำให้เม็ดหรือเศษพลาสติกชนิดนั้นออก ซึ่งถ้าเกิดสร้างเป็นเส้นพลาสติกคอมโพสิต บริเวณส่วนหัวของกระบอกรีด และหัวฉีดจะเริ่มจากการทำความสะอาดดังที่กล่าวมา จากนั้นจึงนำอุปกรณ์เหล่านั้นไปทำความสะอาดด้วยการแช่ เซ็ด หรือล้างด้วยตัวทำละลายของอนุภาคนั้น ๆ โดยในที่นี้อ่อนภาคนาโนซึ่งคือ ออกไซด์สามารถละลายได้ในกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ซึ่งจำเป็นจะต้องล้างด้วยน้ำจนกรดออกหมด รอจนแห้งแล้วนำกระดาษทรายมาขัดสนิมออกจนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Cole, J., Lu, H., and Weise, W. 2013. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ 3D Printer. 1–36.
- [2] Extrusion Processes. Society of Manufacturing Engineerings. 1–5
- [3] Chandramouli, R. "Types of extrusion and extrusion equipment." Jt. Initiative IITs IISc. 1–10
- [4] Fuente, J. D. La., Santiago, J., Román, A., Dumitrache, C. and Casasanto, D. 2013. When you think about it, your past is in front of you: How culture shapes spatial conceptions of time. Psychol. Sci. 25, 1682–1690.
- [5] Types of extruder. [Online]. Available : <http://www.rug.nl/research/portal/files/3326306/c2.pdf>
- [6] Hugh M. Lyman, Jr. 2014. Lyman Filament Extruder v4.1. 1–41.
- [7] เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple). [Online]. Available : <http://student.nu.ac.th/electronic/00008.doc>
- [8] Introduction to Control Systems. [Online]. Available : <http://fivedots.coe.psu.ac.th/Software.coe/240-209/vcrcontrol.pdf>
- [9] รีเลย์และคอนแทคเตอร์. [Online]. Available : <http://en-lic.atwebpages.com/doc/Training%20doc/Relay%20and%20contactor.pdf>
- [10] การใช้งาน ET-Opto AC Dimmer. [Online]. Available : <http://www.ett.co.th/download/12INTERFACE/12A38/ET-OPTO%20AC%20Dimmer.pdf>
- [11] กระบวนการ Photocatalytic. [Online]. Available : <http://sichon.wu.ac.th/file/envi-shh-20090110-112240-pwrqr.pdf>
- [12] Beer-Lamber Law. [Online]. Available : <http://life.nthu.edu.tw/~labcjw/BioPhyChem/Spectroscopy/beerslaw.htm>
- [13] Scanning Electron Microscope image. [Online]. Available : <http://www.substech.com/>
- [14] Extrusion d'un plastique. [Online]. Available http://www.wikiwand.com/fr/Extrusion_d'un_plastique

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายเผ่าภูมิ เกิดคง
วัน-เดือน-ปีเกิด	8 กรกฎาคม 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	18 ถ.เทศบาลบำรุง ต.กันตัง อ.กันตัง จ.ตรัง 92110
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2554 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปลาย จาก โรงเรียนบูรณะรำลึก ปีการศึกษา 2558 สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรม วัสดุนาโน วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้