บทที่ 14 รายละเอียดข้อมูลพลาสติกชีวภาพประเภท พลาสติกชีวภาพพอลิเอไมด์ (Bio-Polyamide)

1. ข้อมูลทั่วไป

พอลิเอไมด์ (Polyamide : PA) เป็นพอลิเมอร์ที่มีกลุ่มเอไมด์ (R-CO-NH-R ') เป็นส่วนสำคัญของพอลิเมอร์สายโซ่หลัก พอลิเอไมด์เกิดขึ้นจากกระบวนการควบแน่นของ (1) ไดเอมีนและกรดไดคาร์บอกซิลิก (2) กรด ω-อะมิโนคาร์บอกซิลิกเป็นโมโนเมอร์ Bifunctional และ (3) กรดอะมิโนคาร์บอกซิลิก Bifunctional โมโนเมอร์ พลาสติกชีวภาพเอไมด์ (Bio-PA) คือพลาสติกชีวภาพที่มีเอไมด์เป็นองค์ประกอบหลักรวมทั้งพลาสติกชีวภาพจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ พอลิเอไมด์ (PA) 6.10 เป็นพอลิเมอร์ทางเลือกที่น่าสนใจที่สามารถนำมาทดแทนพอลิเมอร์ปิโตรเคมีที่มีอยู่ ดังนั้นเมื่อนำมาผสมกับเส้นใยธรรมชาติ พลาสติกชีวภาพเหล่านี้สามารถประยุกต์ใช้กับงานที่มีความเครียดเชิงกลสูงและมีความทนต่อความร้อนมากกว่าพอลิเอไมด์ชนิดอื่น ๆ

Bio-PA ที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายมากที่สุดในท้องตลาด ได้แก่ PA 6.10, PA 10.10, PA 11 และ PA 4.10 บางส่วนเป็น Bio-PA ทั้งหมดซึ่งขึ้นกับทรัพยากรทดแทนที่ใช้ นอกจากนี้ Bio-PA เกือบทั้งหมดมีคุณสมบัติในการเสริมแรงที่เกี่ยวข้องกับเส้นใย เช่น เส้นใยแก้ว ใช้ในการผลิตสายเคเบิลและอุตสาหกรรมการผลิตท่อ

ตารางที่ 1 ชื่อทางการค้าของ Bio-PA ตามบริษัทผู้ผลิต

Company	Trade name
Arkema (FR)	Rilsan®
Evonik Industries AG (DE);FKuR Kunststoff GmbH (DE), distributor worldwide	Vestamid®
DSM (NL)	EcoPaXX™
BASF (DE)	Ultramid®
Solvay Specialty Polymers	Kalix®
Akro-Plastic (DE)	Akromid® S
EMS-Grivory (DE)	Grilamid®
Suzhou Hipro Polymers(CN)	Hiprolon®
Du Pont (USA)	Zytel®

การสังเคราะห์ Bio-PA แตกต่างกับพอลิเอไมด์ที่ผลิตจากน้ำมันดิบในแง่ของแหล่งกำเนิดของวัตถุดิบ สำหรับวัตถุดิบที่รู้จักกันดีในการผลิต Bio-PA คือละหุ่ง ซึ่งมีน้ำมันละหุ่งประมาณร้อยละ 40-50 ประกอบไปด้วยกรด Ricinoleic ประมาณร้อยละ 90 ($C_{18}H_{34}O_3$) กรด Ricinoleic แบ่งออกเป็น C_8 และ C_{10} โมเลกุลโดยกระบวนการไฮโดรไลสิสด้วยอัลคาไลน์ โมเลกุล C_{10} ที่มีเพิ่มมากสามารถใช้สังเคราะห์กรด Sebacic ซึ่งเป็นโมโนเมอร์สำหรับผลิต PA ชนิด X.10 และสำหรับโมเลกุลของ C_8 ถูกนำไปใช้งาน เช่นใน Plasticizers

2. กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

เนื่องจากการสังเคราะห์ Bio-PA ได้เอไมด์จากวัตถุดิบที่ต่างกันกับ PA ทั่วไป แต่ในกระบวนการพอลิเมอร์ไรซ์เซชัน เพื่อสังเคราะห์เป็น Bio-PA นั้นมีกระบวนการเหมือนการพอลิเมอร์ไรเซชันของ PA ดังนั้นกระบวนการขึ้นรูปเพื่อประยุกต์ใช้งานต่างๆ นั้นจึงมีวิธีขึ้นรูปคล้ายกับการขึ้นรูป PA

2.1 กระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ (Injection molding)

กระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์ขึ้นรูปสามารถทำได้โดยใส่ส่วนผสมและเม็ดพลาสติกลงในกรวยป้อนแล้วอัดเข้าสู่เกลียวหนอนที่มีความร้อนทำให้เม็ดพลาสติกหลอม จากนั้นอัดพลาสติกเหลวด้วยความดันสูงเข้าสู่ช่องว่างภายในแม่พิมพ์ หล่อเย็นให้พลาสติกเย็นตัวลงจะได้รูปร่างชิ้นงานตามแบบแม่พิมพ์ เปิดแม่พิมพ์ออกเพื่อนำชิ้นงานออกจะผลิตชิ้นงานได้ในครั้งเดียว หลังจากนั้นจะปิดแม่พิมพ์และเริ่มฉีดเข้าแม่พิมพ์ถัดไปเรื่อย ๆ

ตารางที่ 2 ตัวอย่างสภาวะที่ใช้ในการฉีดเข้าแม่พิมพ์ [12]

Mould temperature: 80°C, melt temperature: 270°C, injection pressure: 750 bar

Processing parameters	Value	Unit
Drying time	0-4	h
Drying temperature	80	°C
Processing moisture	0,02-0,01	%
Feed section	60-80	°C
Section 1 - Section 4	240 - 290	°C
Nozzle	240 - 300	°C
Screw speed	8-15	m/min
Back pressure	50-150	bar
Holding pressure	300-800	bar
Mold temperature	80 - 100	°C
Injection speed	medium to high	-

2.2 กระบวนการหลอมอัดรีด (Extrusion)

กระบวนการรัดรีดหรือกระบวนการหลอมอัดรีดเป็นกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกที่สามารถขึ้นรูปร่างของชิ้นงานที่มีความสมมาตรกัน กระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการใส่ส่วนผสมและเม็ดพลาสติกลงในกรวยจากนั้นอัดเข้าสู่เกลียวหนอนและให้ความร้อนทำให้พลาสติกหลอมไหลผ่านหัวดายที่มีรูปทรงตามลักษณะชิ้นงานที่ต้องการผลิตอย่างต่อเนื่องแล้วจึงหล่อเย็น เพื่อให้ชิ้นงานคงรูปร่างและได้ขนาดตามที่ต้องการ

ตารางที่ 3 ตัวอย่างสภาวะที่ใช้ในกระบวนการหลอมอัดรีด [13]

Processing parameters	Value	Unit
Processing temperature range	275-300	°C
Shrinkage range (extrusion)	2,3 ± 0,5	%
Melt temperature range	230 - 245	°C
Melt temperature optimum	235	°C
Processing moisture content	≤0.06	%

Processing parameters	Value	Unit
Drying temperature	≤80	°C
Drying time, Dehumidified dryer	3-4	h

3. บริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย

3.1 บริษัทผู้ผลิต Bio-PA

3.1.1 ภายในประเทศไทย ไม่พบผู้ผลิต Bio-PLA ภายในประเทศไทย

3.1.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายชื่อบริษัทผู้ผลิต Bio-PA ในต่างประเทศ

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
EMS-Grivory	EMS-GRIVORY EuropaVia Innovativa 17013 Domat/EmsSchweiz	41 81 632 78 88	Switzerland	emsgrivory.com
DuPont	Wilmington, Delaware, United	855-569-0964	USA	www.dupont.com
Suzhou HiPro Polymers Co. Ltd	Feixiang Chemical Industrial ParkZhangjiagang, 215613	86 512 5811 0758	China	www.hipropolymers.com.cn
Reiku GmbH	Robert-Bosch-Straße 3, 51674 Wiehl	49 2261 70010	Germany	www.reiku.de
Akro-Plastic (DE)	Im Stiefelfeld 1, 56651 Niederzissen	49 2636 97420	Germany	www.akro-plastic.com

3.2 บริษัทผู้จัดจำหน่าย Bio-PLA

3.2.1 ภายในประเทศไทย ไม่พบผู้จัดจำหน่าย Bio-PLA ภายในประเทศไทย

3.2.2 ต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงรายชื่อบริษัทผู้จัดจำหน่าย Bio-PA ต่างประเทศ

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
EMS-Grivory	EMS-GRIVORY EuropaVia Innovativa 17013 Domat/EmsSchweiz	41 81 632 78 88	Switzerland	emsgrivory.com
DuPont	Wilmington, Delaware, United	855-569-0964	USA	www.dupont.com

Manufacturers	Address	Contact	Country	Website
Suzhou HiPro Polymers Co. Ltd	Feixiang Chemical Industrial ParkZhangjiagang, 215613	86 512 5811 0758	China	www.hipropolymers.com.cn
Reiku GmbH	Robert-Bosch-Straße 3, 51674 Wiehl	49 2261 70010	Germany	www.reiku.de
Akro-Plastic (DE)	Im Stiefelfeld 1, 56651 Niederzissen	49 2636 97420	Germany	www.akro-plastic.com

4. การนำไปประยุกต์ใช้งาน Bio-PA ในอุตสาหกรรม

4.1 อุตสาหกรรมยานยนต์

เช่น สายยางที่หดตัวได้ เกียร์ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการขับขี่และระบบหล่อเย็นในเครื่องยนต์ เป็นต้น

ภาพที่ 1 ตัวอย่างอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ผลิตภัณฑ์จาก Bio-PA [10,22]

สายยางที่หดตัวได้	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Injection molding
เกียร์	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Injection molding
ระบบหล่อเย็นในเครื่องยนต์	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Injection molding

ตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างสมบัติชิ้นงาน [10,22]

Properties	Test method	Value	Unit
Density	ISO R1183	1080	kg/cm^3
Melting point	ISO 11357-3 °	225	°C
Flexural strength	ISO 178	160	MPa
Flexural modulus	ISO 178	2100	MPa
Tensile modulus	ISO 527	2250	MPa
Yield stress	ISO 527	62	MPa
Strength, 23 °C	ISO 179/1EA	4.5	kJ/m^2

4.2 อุตสาหกรรมเส้นใย เช่น แปรงสีฟัน ไหมขัดฟัน ตะขอและห่วงรัด

ภาพที่ 2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตภัณฑ์จาก Bio-PA [13]

แปรงสีฟัน ไหมขัดฟัน ตะขอและห่วงรัด ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ extrusion molding

ตารางที่ 7 แสดงตัวอย่างสมบัติชิ้นงาน [13]

Properties	Test method	Value dry/cond	Unit
Melting temperature 18°F/min	ISO 11357-1/-3	214/*	°C
Temp. of deflection under load (65 psi)	ISO 75-1/-2	48/*	°C
Glass transition temperature,18°F/min	ISO 11357-1/-2	50/30	°C
Yield strain	ISO 527-1	4,5	MPa
Tensile modulus	ISO 527-1/-2	750/-	MPa
Yield stress	ISO 527-1	83	MPa
Charpy impact Strength, 23 °C	ISO 179/1EU	NB/-	kJ/m^2
Charpy notched Strength, 23 °C	ISO 179/1EA	NB/-	kJ/m^2
Stress at break	ISO 527-1/-2	45/-	MPa
Strain at break	ISO 527-1/-2	350/-	%
Flexural modulus	ISO 178	700/-	MPa
Burning rate, Thickness 1mm	ISO 3795 (FWVSS 302)	<100	mm/min
FWVSS class	ISO 3795 (FWVSS 302)	B	-

4.3 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า เช่น ขั้วต่อ กรอบโทรศัพท์มือถือและขั้วต่อแจ็คสัญญาณเสียง เป็นต้น

ภาพที่ 3 ตัวอย่างอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้าที่ผลิตภัณฑ์จาก Bio-PA [15,21]

ขั้วต่อ	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Injection molding
กรอบโทรศัพท์มือถือ	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Injection molding
ขั้วต่อแจ็คสัญญาณเสียง	ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ	Injection molding

ตารางที่ 8 คุณสมบัติของ Bio-PA ที่ใช้ในกระบวนการผลิต [15,21]

Properties	Test method	Value dry/cond	Unit
Density	ISO R1183	1080	kg/cm^3
Melting point	ISO 11357-3 °	225	°C
Flexural strength	ISO 178	160	MPa
Flexural modulus	ISO 178	2100	MPa
Tensile modulus	ISO 527-1/-2	11500/-	MPa
Yield stress	ISO 527	62	MPa
Stress at break	ISO 527-1/-2	155/-	MPa
Strain at break	ISO 527-1/-2	2.3/-	%
Strength, 23 °C	ISO 179/1EA	7.5/-	kJ/m^2
Melting temperature (10°C /min.)	ISO 11357-1/-3	325/*	°C
Temp. of deflection under load (1.80 MPa.)	ISO 75-1/-2	275/*	°C
Temp. of deflection under load (0.45 MPa.)	ISO 75-1/-2	200/*	°C
Relative permittivity (1GHz)	IEC 60250	3.7/3.9	-
Relative permittivity (10GHz)	IEC 60250	3.6/3.75	-

5. ความรู้และข่าวสารใหม่ๆ [6,18]

Arkema เปิดตัว Rilsan S โพลิเอไมด์ชีวภาพ Arkema ผู้ผลิตพลาสติกชีวภาพสัญชาติฝรั่งเศส เปิดตัวผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งเป็น Polyamide (PA) ที่มีชื่อว่า Rilsan S ผลิตใน Zhangjiagang ประเทศจีน โดยRilsan S

หรือ PA 6.10 นั้นผลิตจากน้ำมันละหุ่ง 62% นอกจากนี้แล้วยังผลิต PA ในเกรดอื่นๆ ด้วย เช่น PA 6, PA 6.6 เป็นต้น

- BASF นำความยั่งยืนสู่โลกแห่งแฟชั่น

เป็นครั้งแรกที่ BASF ได้นำ Ultramid Polyamide ที่ได้จากวัสดุชีวภาพ นำไปผลิตเป็นเส้นใยสำหรับเครื่องนุ่งห่ม โดยทาง Italon ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตสิ่งทอสัญชาติไต้หวันเลือกใช้เป็นวัสดุชีวภาพในการผลิตสินค้า ไม่ว่าจะเป็น เสื้อผ้า ชุดว่ายน้ำ และชุดสวมใส่ทั่วไป โดยวัสดุดังกล่าวช่วยให้เสื้อผ้ามีคุณสมบัติที่ต้านทานต่อสารเคมี สามารถผลิตได้ง่ายขึ้น มีสีสันสวยงามและคงทน และสามารถย้อมสีได้เท่ากันตลอดผืน

- วัสดุ Polyamide จาก BASF ผลิตโดยหลักการสมดุลมวลสาร

บริษัท BASF ได้พัฒนาการผลิตที่เป็นนวัตกรรมใหม่ โดยใช้หลักการสมดุลสารสำหรับการใช้วัตถุดิบชีวภาพในการผลิตแบบบูรนาการณ์ กระบวนการนี้สามารถใช้ได้ทันทีสำหรับสินค้าที่มีการผลิตในจำนวนที่มากและในการนำไปปรับใช้ได้ตามความต้องการของลูกค้า

บริษัท Reiku GmbH ผู้ผลิตท่อหุ้มสายไฟที่ใช้สำหรับงานทั่วไปและสำหรับงานที่มีการเคลื่อนที่ เช่น การใช้กับระบบหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติต่างๆ ขณะนี้ได้เปิดตัวท่อตัวหนอนสำหรับหุ้มสายไฟชนิดใหม่ทำจากวัสดุ Bio-based PA11 (Polyamide) ที่สามารถต้านการติดไฟได้ ท่อตัวหนอนชนิดใหม่นี้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย เนื่องจากผลิตจากวัตถุดิบที่ไม่ใช่ฟอสซิล และยังเป็นพลาสติกที่ไม่มีองค์ประกอบของสารต้านการติดไฟประเภทฮาโลเจนอีกด้วย แม้ว่าจะเป็นพลาสติกชีวภาพ แต่ก็มีคุณสมบัติเชิงกลที่ค่อนข้างดี สามารถรับโหลดนิ่งและโหลดเคลื่อนที่ได้ และที่สำคัญยังทนต่ออุณหภูมิสูงและทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] https://www.Bio.org/sites/default/files/montreal%20Bioplastic%20cathay%20green%20nylon%20presentation_paul_caswell.pdf.
[2] http://www.cathayBiotech.com/en/products/terryl.
[3] http://www.cathayBiotech.com/en/documents/A466.jpg.
[4] http://www.cathayBiotech.com/en/documents/A467.jpg.
[5] http://www.nia.or.th/innoBioplast2013/download/Report.pdf.
[6] http://plastic.oie.go.th/Bioplastic/Bioplasticnewsvol05_01mar2015/files/Bioplasticnewsvol05_01mar2015.pdf
[7] http://th.materialconnexion.com/admin/news/UploadFolder/83-news.pdf
[8] http://www2.dupont.com/Plastics/en_US/assets/downloads/product/zytelrs/ZYTEL_RS_Resin_Profile_10_2008.pdf
[9] https://plasticsfinder.com/api/document/tech/EcoPaXX%C2%AE%20Q-DWX10/9Gu1uE6n7/en
[10] https://www.plasticstoday.com/content/white-paper-soft-pa-610-targets-tubing-pipe-applications-alternative-pa-12/21115747019108
[11] http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=c86b02d0bbd54a0e81ed459ce5d32d7c.

[12] http://akro-plastic.com/fileadmin/database_akro-plastic/en/PTDS-S3_GF_30_4_black_-3429.pdf

[13] http://dupont.materialdatacenter.com/profiler/b7MO0/standard/main/ds/17501/4097resins/thermoplastics/documents/General%20Processing%20Principles/Extrusion%20Applications.pdf

[14] https://books.google.co.th/books?id=6_ucBAAAQBAJ&pg=PA33&lpg=PA33&dq=PA+1010+Evonik+Industries+AG+(DE);+FKuR+Kunststoff+GmbH+(DE),+distributor+worldwide&source=bl&ots=5V4GZ-Dd4H&sig=k3jIRpR_0O4BY7iE2Ixx9uxi10&hl=th&sa=X&ved=0ahUKEwjF05Tfu9_TAhVDMY8KHfjqDOIQ6AEIJzAA#v=onepage&q=PA%201010%20Evonik%20Industries%20AG%20(DE)%3B%20FKuR%20Kunststoff%20GmbH%20(DE)%2C%20distributor%20worldwide&f=false

[15] https://plasticsfinder.com/en/application/Audio%20Jack%20Connectors/L3AdX

[16] https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=116959269

[17] https://www.google.co.th/search?q=Akro-Plastic+(DE)&oq=Akro-Plastic+(DE)&aqs=chrome..69i57.1747j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8

[18] http://plastic.oie.go.th/NewsByArticleGroup.aspx?agid=66

[19] https://www.google.co.th/search?q=%E0%B8%82%E0%B8%A7%E0%B8%94%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%94%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%A5&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjvhIrAtODTAhUJvo8KHY3TB1QQsAQIMg&biw=1366&bih=613#imgrc=hNLAx6an1Uc29M:

[20] http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0101/%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B8%E0%B8%A0%E0%B8%B1%E0%B8%93%E0%B8%91%E0%B9%8C%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3-%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-5%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B8%E0%B8%A0%E0%B8%B1%E0%B8%93%E0%B8%91%E0%B9%8C%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%81

[21] https://plasticsfinder.com/en/application/Reflow%20connectors/nEDgX

[22] https://plasticsfinder.com/en/application/EPS%20Steering%20components%20Gears,%20Flex%20couplers%20and%20Sensors/1Z2yX