

การปรับปรุงผิวของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุนขั้นตอนเดียว

Surface Improvement of One Step Rotational molding Products

ณรงค์ชัย โอเจริญ ศุภกิตต์ เชื้อมงคล ไกรวุฒิ ดอกลัดดา ประสิทธิ์ วิชาศรี และ เอกตินัย จันทร์ศรี

ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Email : narongchai.o@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงให้ผิวชิ้นงานให้มีความนิ่มมากกว่าการใช้พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) แบบที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปแบบหมุนทั่วไป โดยจะทำการขึ้นรูปแบบหมุนโดยใช้ขั้นตอนเดียวเพื่อให้ได้ผนังสองชั้น (Double walls from One Step Process) โดยใช้วัสดุสองชนิดแตกต่างกัน โดยที่ชั้นนอกจะเป็นวัสดุที่มีความนิ่มคล้ายยางซึ่งในงานวิจัยนี้ทดลองใช้วัสดุในกลุ่มเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (Thermoplastic Elastomer; TPE) และ เอทิลีนไวน์อะซิเตท (Ethylene vinyl acetate ; EVA) แตกต่างกัน 3 ชนิด ที่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน ในขณะที่ชั้นในจะเป็นวัสดุพลาสติกชนิด LLDPE เกรดทางการค้าสำหรับการขึ้นรูปแบบหมุน โดยจะใส่พลาสติกทั้งสองชนิดลงในแม่พิมพ์พร้อมกัน จากนั้นเมื่อให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ขณะที่หมุน น่าจะทำให้เกิดการแยกชั้นของวัสดุทั้งสองได้ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ต้องใช้เครื่องมือหรือขั้นตอนพิเศษใดๆ เพียงแต่ใช้ขั้นตอนขึ้นรูปแบบผนังชั้นเดียวตามปกติทั่วไป โดยอาศัยสมบัติความแตกต่างของการไหลขณะที่เป็นของแข็ง (Solid State) และของเหลว (Melt State) ภายในแม่พิมพ์ระหว่างการขึ้นรูป จากผลการทดลองพบว่าสามารถขึ้นรูปได้สมบูรณ์เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่าง LLDPE และ EVA ในสัดส่วน 64:36 ร้อยละโดยน้ำหนัก

คำสำคัญ :

การขึ้นรูปแบบหมุนขั้นตอนเดียว ผลิตภัณฑ์ผนังหลายชั้น รูปร่างและขนาดของอนุภาค



Abstract

The purpose of this research project is to improve the surface finish of the work piece more softly than the use of linear low density polyethylene (LLDPE) as used in the general rotational molding industry by a single step to obtain a double wall using two different materials (Double Walls from One Step Process). The outer layer is a rubber-like material, which is used

in this research to use materials in Thermoplastics Elastomer (TPE) and Ethylene Vinyl Acetate (EVA) in three different types that can be molded by rotational molding while the inner layer is a commercial grade LLDPE for rotational molding. Both types of plastics will be added to the mold at the same time. Then, when heating the mold while rotating it should be possible to separate the layers of the two materials, which is a process without any special tools or procedures. Just use the normal steps to mold in the general rotational molding. Based on the difference properties of flow as solid and melt state within the mold during processing. The results showed that it can be completely molded when the ratio of LLDPE and EVA is 64:36 % by weight.



Keywords:

one step rotational molding, multilayers product, shape and size of particles

1. บทนำ

กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุน (Plastic Rotational Molding) เป็นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกวิธีหนึ่งสำหรับผลิตภัณฑ์กลวงและมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เช่น ถังน้ำพลาสติก ถังบำบัดน้ำเสีย เครื่องเล่นของเด็กกลางแจ้ง เป็นต้น โดยมีจุดเด่นหลายประการ เช่น มีราคาเครื่องจักรและแม่พิมพ์ต่ำ เมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตแบบอื่นๆ มีเทคโนโลยีไม่ซับซ้อนสำหรับการขึ้นรูป ไม่ต้องการแรงงานที่มีทักษะสูง ฯลฯ แต่ก็มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น กระบวนการผลิตใช้เวลาค่อนข้างนาน ทำให้มีกำลังการผลิตต่ำ มีชนิดของวัสดุให้เลือกใช้ไม่มาก และวัสดุที่ใช้จำเป็นต้องใช้ในรูปของผงพลาสติก ทำให้มีต้นทุนวัสดุเพิ่มขึ้น

ในโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงให้ผิวชิ้นงานให้มีความนิ่มมากกว่าการใช้พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) แบบที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปแบบหมุนทั่วไป ซึ่งจะขึ้นรูปแบบหมุนแบบชั้นตอนเดียวเพื่อให้ได้ผนังสองชั้น (Double walls from One Step Process) โดยใช้วัสดุสองชนิดแตกต่างกัน ซึ่งที่ชั้นนอกจะเป็นวัสดุที่มีความนิ่ม

คล้ายยาง ในงานวิจัยนี้ทดลองใช้วัสดุในกลุ่มเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (Thermoplastic Elastomer; TPE) และเอทิลีนไวน์อะซิเตท (Ethylene vinyl acetate ; EVA) แตกต่างกัน 3 ชนิด ที่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน ในขณะที่ชั้นในจะเป็นวัสดุพลาสติกชนิด LLDPE เกรดทางการค้าสำหรับการขึ้นรูปแบบหมุน โดยจะใส่พลาสติกทั้งสองชนิดลงในแม่พิมพ์พร้อมกัน จากนั้นเมื่อให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ขณะที่หมุน น่าจะทำให้เกิดการแยกชั้นของวัสดุทั้งสองได้ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ต้องใช้เครื่องมือหรือขั้นตอนพิเศษใดๆ เพียงแต่ใช้ขั้นตอนขึ้นรูปแบบผนังชั้นเดียวตามปกติทั่วไป โดยอาศัยสมบัติความแตกต่างของการไหลขณะที่เป็นของแข็ง (Solid State) และของเหลว (Melt State) ภายในแม่พิมพ์ระหว่างการขึ้นรูป [1]

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ในการดำเนินงานครั้งนี้ได้ใช้ผงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นตรง (Linear Low Density Polyethylene; LLDPE) เกรด M3204RUP

จากบริษัท Thai Polyethylene Co., Ltd. ซึ่งมีการผสมสารเพิ่มความทนทานต่อแสงแดดหรือรังสีแล้ว และใช้สำหรับกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุนโดยเฉพาะ มีค่าดัชนีการไหลเท่ากับ 4 ที่อุณหภูมิทดสอบ 190 °C น้ำหนักกด 2.16 กิโลกรัม เป็นวัสดุชั้นใน และใช้วัสดุที่มีลักษณะนิ่ม และยืดหยุ่นได้ดีกว่า LLDPE อีก 3 ชนิด ในการทดลองให้ขึ้นรูปเป็นผิวชั้นนอกได้แก่ ก) EVA ข) เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ ชื่อทางการค้า Nucrel ค) เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ ชื่อทางการค้า Vistamaxx 6102 โดยวัสดุชั้นนอกทั้ง 3 ชนิดได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท โกลบอล คอนเน็คชั่นส์ จำกัด (มหาชน) บดและลดขนาด และคัดขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า 500 ไมโครเมตร

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

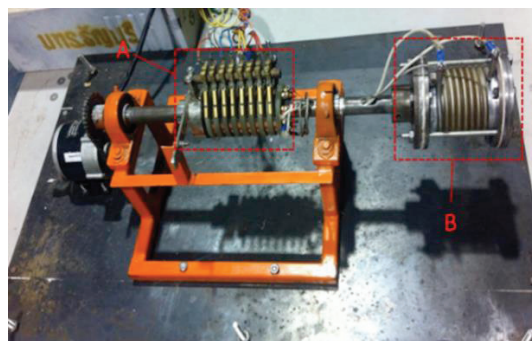
2.2.1 เครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียว (Axial Powder Flow Apparatus)

ทดสอบสมบัติการไหลขณะขึ้นรูปแบบหมุนด้วยเครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียว [1] ที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานเองในห้องวิจัยการขึ้นรูปพลาสติก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ธัญบุรี ดังแสดงในภาพที่ 1 เพื่อทดสอบความสามารถในกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุนสำหรับพลาสติกชนิดต่างๆ โดยมีหลักการพื้นฐานของการทำงานได้แก่การทำให้ตัวอย่างเทอร์โมพลาสติก (รูปทรงเริ่มต้นที่เป็นเม็ด ผง หรือ ชี้น้อย) เปลี่ยนสถานะในรูปแบบของเหลวโดยใช้ความร้อนในแม่พิมพ์ทรงกระบอกที่หมุนในแนวนอน ที่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายในแม่พิมพ์ขณะที่ให้ความร้อนได้ และสามารถมองเห็นการไหลและการเปลี่ยนแปลงสถานะของวัสดุในแม่พิมพ์ขณะที่ทำการทดสอบได้ และยังสามารถบันทึกภาพขณะ

ทดสอบได้ทั้งเป็นภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว สามารถปรับรอบความเร็วในการหมุนขณะทดสอบได้จาก 0-360 รอบต่อนาที สามารถเพิ่มอุณหภูมิในการทดสอบได้ถึง 400 °C โดยใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดเซมิคอนดักเตอร์ให้ความร้อนขนาด 2500 วัตต์

2.2.2 เครื่องขึ้นรูปแบบหมุน (Rotational Molding)

เป็นเครื่องขึ้นรูปแบบหมุนชนิด Shuttle-Style Machine ออกแบบและจัดสร้างขึ้นใช้งานในภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งใช้แก๊สหลุมต้ม (Liquid Petroleum Gas; LPG) เป็นเชื้อเพลิงสามารถให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ขณะขึ้นรูปได้สูงถึง 240 °C แสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 เครื่องทดสอบสมบัติการไหลแบบหมุนแกนเดียว (Axial Powder Flow Apparatus)

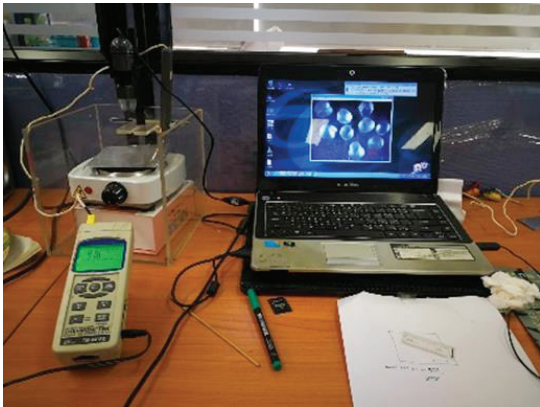


ภาพที่ 2 แสดงเครื่องขึ้นรูปแบบหมุนชนิด Shuttle-Style

2.2.3 เครื่องทดสอบอัตราการหลอม (Sintering

Rate)

เครื่องทดสอบอัตราการหลอมประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่ ก) ส่วนการให้ความร้อน ซึ่งเครื่องนี้สามารถให้ความร้อนแก่วัสดุที่จะศึกษาได้สูงถึง 350 °C ข) ส่วนการบันทึกภาพและประมวลผล มีกำลังขยายสูงสุดถึง 200 เท่า และใช้คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ ImageJ ในการประมวลผลจากภาพที่บันทึก ซึ่งสามารถบันทึกได้ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ค) ส่วนของการวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิสามารถเลือกชนิดหัววัดค่าอุณหภูมิได้หลายชนิดตามช่วงอุณหภูมิที่ต้องการ และสามารถบันทึกข้อมูลอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้มากกว่า 5 ข้อมูลต่อวินาที ดังแสดงในภาพที่ 3

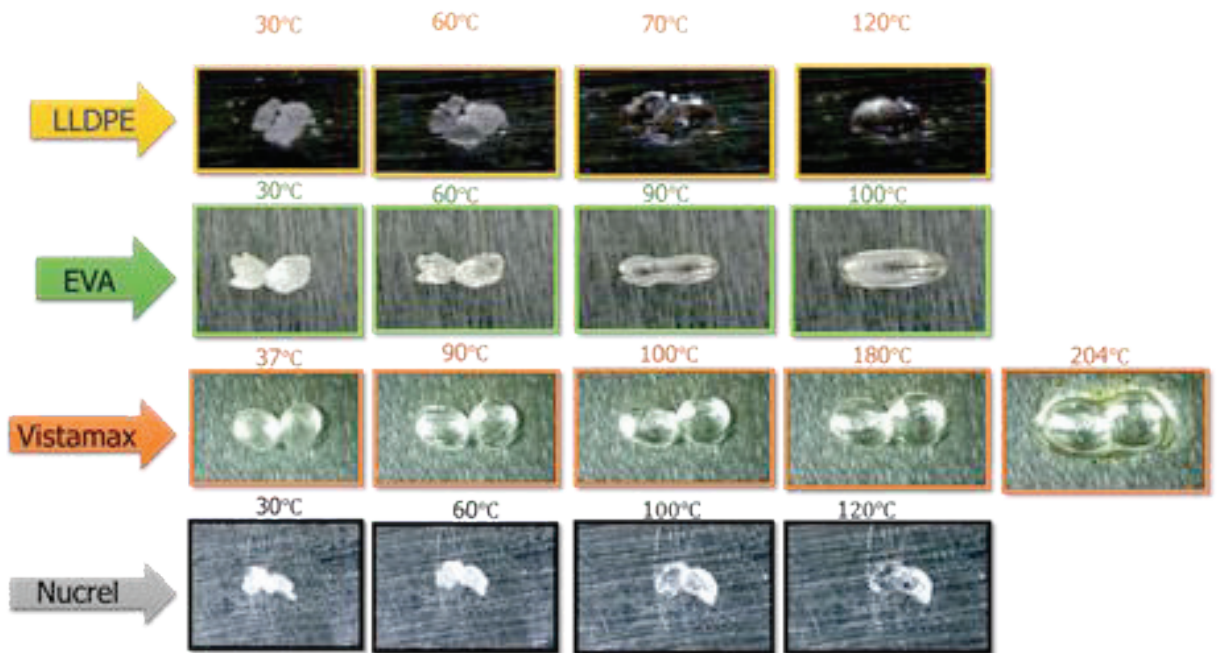


ภาพที่ 3 เครื่องมือวัดอัตราการหลอมของพลาสติก

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

3.1 อัตราการหลอม

จากภาพที่ 4 และตารางที่ 1 แสดงค่าอุณหภูมิการหลอมละลายที่สังเกตได้จากการทดลองเห็นได้อย่างชัดเจนว่า Vistamaxx 6102 และ Nucrel ล้วนแต่เป็นวัสดุที่หลอมละลายได้ยากกว่า LLDPE ซึ่งอาจจะทำให้ยากกว่าในการพยายามขึ้นรูปวัสดุโดยให้ LLDPE อยู่ชั้นใน เพราะจากงานวิจัยของเอกตินัยและณรงค์ชัย [1] ได้อธิบายไว้ว่าในการขึ้นรูปแบบหมุนด้วยวัสดุ 2 ชนิดในขั้นตอนเดียว วัสดุชั้นในควรมีค่าอุณหภูมิการหลอมละลายสูงกว่าวัสดุที่เป็นชั้นนอก ซึ่งจะทำให้วัสดุที่หลอมละลายง่ายกว่าเกิดการหลอมละลายและติดผนังแม่พิมพ์ก่อน จากนั้นเมื่ออุณหภูมิภายในแม่พิมพ์ที่ยังสูงพอจะทำให้วัสดุอีกชนิดหนึ่งที่หลอมละลายยากกว่าเกิดการหลอมละลายและไหลเคลือบลงไปอีกเป็นชั้นที่สองหรือเป็นผิวชั้นใน ซึ่งในขั้นตอนต่อไปจะได้ทดสอบวัสดุที่ต้องการใช้เป็นผิวชั้นนอกทั้ง 3 ชนิดว่ามีความสามารถในการขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบหมุนหรือไม่ เนื่องจากการขึ้นรูปแบบหมุนนี้มีค่าแรงเฉือนต่ำมากเมื่อเทียบกับการขึ้นรูปพลาสติกด้วยการอัดรีด (Extrusion) หรือการฉีด (Injection Molding)



ภาพที่ 4 แสดงค่าอุณหภูมิขณะที่วัสดุเกิดการหลอมแยกตามชนิดของวัสดุทดลอง

ตารางที่ 1 ค่าอุณหภูมิเริ่มหลอมละลายของวัสดุแต่ละชนิด

ลำดับที่	ชนิดของวัสดุ	อุณหภูมิเริ่มหลอมละลาย (°C)
1	Linear Low Density Polyethylene	70
2	Ethylene Vinyl Acetate	60
3	Vistamaxx 6102	90
4	Nucrel	100

3.2 การทดลองขึ้นรูปด้วยเครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียว

ในการทดลองหาความสามารถในการขึ้นรูปแบบหมุนของวัสดุพลาสติกชนิดต่างๆ กัน โครงการวิจัยนี้ใช้เครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียวเป็นเครื่องมือวิจัย เนื่องจากมีขนาดเล็กทำให้ใช้วัสดุเพื่อศึกษาไม่มากนัก และสามารถควบคุมและวัดค่าตัวแปรในการขึ้นรูปได้ง่าย โดยในงานวิจัยนี้ใช้แม่พิมพ์รูปทรงกระบอกแสดงข้อมูลที่ใช้ในการทดลองในตารางที่ 2 โดยที่ฝาแม่พิมพ์ด้านหน้าใช้กระจกทนความร้อนและรับแรงได้ดี เพื่อให้สามารถมองเห็นในแม่พิมพ์ขณะ

ที่ขึ้นรูป ดังแสดงในภาพที่ 5 ขณะที่เริ่มให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์

ตารางที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียว

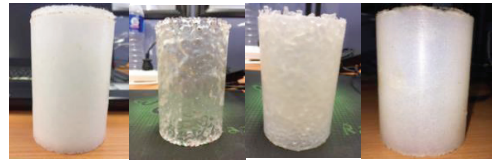
Component data	value
Mold dimensions (mm), wall thickness = 4 mm	D=63 ,h=90
Rotation speed, rpm	7-300
Resolution borescope, (pixel)	640 x 480
Max. temperature (°C)	400
Heating power 220 volt, (Watt)	2,000
Motor 24 volt, (Watt)	10



ภาพที่ 5 แสดงวัสดุในแม่พิมพ์ขณะที่ให้ความร้อนระหว่างขึ้นรูป (ซ้าย) อุณหภูมิ 70 °C และ (ขวา) 180 °C

เพื่อให้ได้ความหนาขึ้นงานที่ 3 มม. จะต้องใช้วัสดุจำนวน 47 กรัม ในรูปของผงพลาสติกบรรจุใส่ในแม่พิมพ์ก่อนเริ่มการให้ความร้อน โดยควบคุมให้อุณหภูมิของอากาศภายในแม่พิมพ์เท่ากับ 190 °C ในทุกกรณี จากภาพที่ 5 เห็นได้อย่างชัดเจนว่าวัสดุที่ใช้ยังคงเป็นของแข็งขาวขุ่น แต่เริ่มมีการเกาะติดกับผนังแม่พิมพ์แล้ว ในขณะที่ภาพขวามือแสดงภายในแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิ 180 °C ที่ซึ่งวัสดุส่วนใหญ่กลายเป็นของเหลวที่เห็นได้อย่างชัดเจนว่าอยู่ในสภาพอสัณฐาน (Amorphous phase)

นอกจากนี้ยังพบว่า ในการใช้วัสดุตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดได้แก่ Vistamaxx, Nucrel และ EVA สามารถขึ้นรูปได้ แต่พบว่าขึ้นงานที่ได้ค่อนข้างนิ่มมาก และการกระจายความหนาของขึ้นงานไม่ค่อยดีนัก เมื่อเทียบกับการใช้ LLDPE (ภาพที่ 6) ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการไหลของวัสดุทั้ง 3 ชนิดในขณะที่เป็นของเหลวไม่เหมาะกับการขึ้นรูปแบบหมุน ที่ไม่มีแรงกระทำใดมาช่วยในการไหลของวัสดุ จึงพบการกระจายความหนาที่ต่ำกว่าเมื่อใช้ LLDPE ขึ้นรูป



ภาพที่ 6 ชิ้นงานหลังการขึ้นรูปด้วยเครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียวของ LLDPE EVA Vistamaxx และ Nucrel (จากซ้ายไปขวาตามลำดับ)

ดังนั้นในขั้นต่อมาจะผสมวัสดุทั้ง 3 ชนิด เข้ากับ LLDPE อย่างละ 50% แล้วจึงขึ้นรูป พบว่าในกรณีของ EVA/LLDPE 50/50 สามารถขึ้นรูปได้ และมีการแยกชั้นระหว่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือผิวขึ้นงานนิ่มยืดหยุ่น แต่ผิวชั้นในค่อนข้างแข็งแบบ LLDPE ส่วนในกรณีของ Vistamaxx/LLDPE ก็สามารถขึ้นรูปได้เช่นกัน แต่ไม่พบการแยกชั้นอย่างชัดเจน กล่าวคือผิวด้านในและด้านนอกแข็งพอกัน ในขณะที่การใช้ Nucrel/LLDPE ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เนื่องจากขึ้นงานเสียรูปไม่สามารถรักษารูปร่างตามลักษณะของแม่พิมพ์ได้ ดังแสดงในภาพของขึ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ชิ้นงานหลังการขึ้นรูปด้วยเครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียวของ EVA/LLDPE Vistamaxx/LLDPE และ Nucrel/LLDPE ที่อัตราส่วน 50:50 (จากซ้ายไปขวาตามลำดับ)

3.3 การขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบหมุนชนิด Shuttle

หลังจากทดสอบในหัวข้อที่ 3.2 ทำให้ได้ข้อสรุปว่าจะทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จริงแบบภาคอุตสาหกรรม

โดยใช้เครื่องขึ้นรูปแบบกระสวยเดี่ยว (Single Shuttle Style) ใช้แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปของเล่นเด็ก เลือกใช้วัสดุ EVA เป็นผิวชั้นงานชั้นนอก และใช้ LLDPE เป็นผิวชั้นงานด้านใน โดยเริ่มที่อัตราส่วนผสมระหว่าง LLDPE:EVA เป็น 50:50 จนถึงอัตราส่วนที่ 80:20 ดังแสดงในตารางที่ 3 รวมผลการทดลองขึ้นรูปที่อัตราส่วนต่างๆ โดยทุกกรณีเติมวัสดุผงน้ำหนักรวม 1 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิขึ้นรูปที่ 240 °C เป็นเวลา 30 นาที (อุณหภูมิของอากาศร้อนในเตาอบ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศในแม่พิมพ์อยู่ระหว่าง 190-200 °C) และลดอุณหภูมิที่ผิวแม่พิมพ์จนเหลือ 60 °C จึงเปิดแม่พิมพ์เพื่อนำชิ้นงานออก โดยพบว่าสามารถขึ้นรูปได้ทุกกรณี แต่มีตำหนิที่ชิ้นงานแตกต่างกันดังนี้ ในกรณีที่มีสัดส่วนของ EVA ค่อนข้างมาก (40-50%) พบว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้จะไม่ค่อยเต็มชิ้นงานที่ตำแหน่งกลางกล่อง เนื่องจาก EVA มีความหนืดค่อนข้างสูงเมื่อเป็นของเหลว เปรียบเทียบกับ LLDPE ที่เป็นของเหลวจะไหลไปบนผิวแม่พิมพ์ได้ง่ายกว่า สอดคล้องกับผลในภาพที่ 8 แสดงการขึ้นรูปในแม่พิมพ์ของเล่นเด็กเหมือนกัน สภาวะการขึ้นรูปเหมือนกัน แตกต่างที่ใช้วัสดุ EVA 100% พบว่าไม่สามารถขึ้นรูปได้ ซึ่งขัดแย้ง

กับผลที่ทดสอบได้จากเครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียวที่สามารถขึ้นรูปได้ น่าจะมีสาเหตุมาจากรูปร่างแม่พิมพ์ของเล่นเด็กมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมมากกว่าแม่พิมพ์ทรงกระบอกของเครื่องทดสอบการไหลแบบหมุนแกนเดียว ทำให้ EVA หลอมเหลวไหลได้ยากกว่า และเมื่อใช้ปริมาณ EVA น้อยลง (ต่ำกว่า 40%) ก็พบว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้เต็มชิ้นมากขึ้น แต่ก็จะมีผิวชั้นงานแข็งขึ้น จนกระทั่งเมื่อใช้ EVA น้อยกว่า 30% จะได้ชิ้นงานที่แทบจะไม่เหลือความนิ่มที่ผิวชั้นงานเลย เหมือนกับขึ้นรูปด้วย LLDPE มากกว่า และผิวชั้นงานบางจุดจะมีลักษณะเหมือนยางเกิดฉีกขาดเป็นรอยเล็กๆ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่มี EVA น้อยเกินไปจนไม่สามารถกระจายได้ทั่วชิ้นงาน

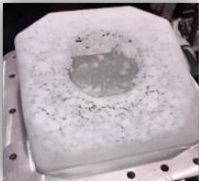


ภาพที่ 8 แสดงผลการขึ้นรูป EVA 100% ในแม่พิมพ์ของเล่นเด็ก

5. บทสรุป

จากการทดลองปรับปรุงผิวชิ้นงานจากการขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนแม่พิมพ์ในขั้นตอนเดียวสามารถทำได้จริง โดยพบว่าสามารถทำให้ผิวชิ้นงานนูนและยึดหยุ่นได้มากขึ้น โดยใช้วัสดุ LLDPE ผสมกับ EVA ในสัดส่วน 64:36 จะได้ชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์มากที่สุด

ตารางที่ 3 รวมผลการทดลองขึ้นรูปที่อัตราส่วนต่างๆระหว่าง LLDPE และ EVA

ลำดับ	อัตราส่วนผสมที่ใช้ LLDPE/EVA	ภาพชิ้นงาน	ผลการขึ้นรูป
1.	50:50		ขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ไม่เต็มชิ้นงาน และ EVA เกาะกลุ่มกันอยู่เป็นก้อน ผิวชิ้นงานนูน ยึดหยุ่น คล้ายยาง
2.	59:41		ขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ไม่เต็มชิ้นงาน และ EVA เกาะกลุ่มกันอยู่เป็นก้อนน้อยกว่าที่พบในกรณีที่ 1 ผิวชิ้นงานนูน ยึดหยุ่น คล้ายยาง
3.	60:40		ขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ยังคงไม่เต็มชิ้นงานที่บริเวณเดิม แต่รูที่ไม่เต็มมีขนาดเล็กลง และ ยังคงพบ EVA เกาะกลุ่มกันอยู่เป็นก้อนเล็กน้อย ผิวชิ้นงานนูน ยึดหยุ่น คล้ายยาง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านวัสดุเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ รวมถึงการบดลดขนาดเม็ดพลาสติกดังกล่าวจากบริษัท โกลบอล คอนเน็คชั่นส์ จำกัด (มหาชน) และการสนับสนุนทางเทคนิคการขึ้นรูปแบบหมุนจากคุณอลงกรณ์ กนกบริบูรณ์ บริษัท เอสซีซี ไอโค พอลิเมอร์ จำกัด

เอกสารอ้างอิง

1. Jansri E., O-Charoen N. and Hamada H. (2015). Polypropylene/Polyethylene hybrid in Rotational molding. In: Proceedings of the 12th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES2015), Krabi, Thailand, pp. 257-261