

การพิมพ์สียบนถ้วยพลาสติก: การปรับปรุงการเกาะยึดของสียบนถ้วยพลาสติกพอลิสไตรีน

นิพนธ์พัฒน์ กัวแก้ว และ อภิญญา ดวงจันทร์ *¹⁾

1) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์* Email : fengapd@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การพิมพ์ลายบนบรรจุภัณฑ์พลาสติก ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่มักเกิดปัญหาการเกาะยึดของหมึกพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์พลาสติกขึ้น เนื่องจากพลาสติกไม่สามารถเกิดการยึดเกาะทางกายภาพและทางเคมีกับหมึกพิมพ์ได้ดี การปรับผิวหน้าให้เหมาะสมกับงานพิมพ์ ระยะเวลาในการอบแห้ง รวมถึงสูตรของหมึกพิมพ์ที่เหมาะสม สิ่งเหล่านี้ต้องมีความสัมพันธ์กันเพื่อเพิ่มคุณลักษณะที่เหมาะสมในการพิมพ์ลายบนบรรจุภัณฑ์พลาสติก การปรับปรุงการเกาะยึดทำได้โดยการปรับผิวหน้าพลาสติกเพื่อเพิ่มพลังงานผิวลักษณะความเป็นขรุขระของผิว และเกิดความโพรงและช่องว่างที่พื้นผิว โครงการวิจัยนี้ใช้การปรับผิวด้วยวิธีโครนา ดิสชาร์จ และอบแห้งด้วยแสงอัลตราไวโอเลต เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการพิมพ์และสาเหตุของการทำให้เกิดสีลอกของบรรจุภัณฑ์พลาสติกพอลิสไตรีน โดยการปรับผิวหน้าที่ระดับความแรงของโครนาที่ 10-80% และความเร็วในการพิมพ์ที่ 130, 160 และ 200 ผลลัพธ์ก่อนหน้าที่ทดสอบหาค่าพลังงานผิวจากการวัดมุมสัมผัสด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส พบว่าความเร็วในการพิมพ์ที่ 130 และ 160 ผลลัพธ์ก่อนหน้าที่ได้ค่าพลังงานผิวสูงสุดที่ 30%โครนา ส่วนที่ความเร็ว 200 ผลลัพธ์ก่อนหน้าที่มีค่าพลังงานผิวสูงสุดที่ 40% ซึ่งจากการทำทดสอบการลอกด้วยเทปขาว (tape test) พบว่าที่ความแรงโครนาที่ 30 และ 40% ที่ให้ค่าพลังงานผิวสูงสุดนี้มีการเกาะยึดของสีที่ดี และผลจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพผิวหน้าที่ถูกปรับนี้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการโครนาดีสชาร์จหรือเพิ่มความแรงโครนา ลักษณะผิวมีความขรุขระมากขึ้นเมื่อระยะเวลาและความแรงโครนาสูงขึ้น

คำสำคัญ

การพิมพ์สี การปรับผิวหน้าพลาสติก พลังงานผิว การเกาะยึด มุมสัมผัส พลาสติกพอลิสไตรีน

1. บทนำ

ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์พลาสติกนั้นเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย รวมไปถึงบรรจุภัณฑ์อาหารที่ทำจากพลาสติกและมีการพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง บรรจุภัณฑ์ที่สะอาดและสวยงามนั้นย่อมได้เปรียบทางการตลาด ทำให้ดึงดูดผู้บริโภคในการเลือกอุปโภคบริโภค ผลลัพธ์นั้นๆ ดังนั้นตัวบรรจุภัณฑ์เองต้องมีการออกแบบพัฒนารูปทรงและมีการพิมพ์ลายของบรรจุภัณฑ์ให้สวยงาม เพื่อเป็นสื่อตัวสินค้าในการส่งเสริมการขาย

บริษัท อีสเทอร์นโพลีแพค จำกัด มีกระบวนการผลิตเริ่มตั้งแต่ การนำเม็ดพลาสติกมารีดเป็นแผ่น

โดยกระบวนการอัดรีด(extrusion) และจากนั้นจึงนำแผ่นพลาสติกมาขึ้นรูปเป็นภาชนะต่างๆ โดยกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนแบบ thermoforming และในบางผลิตภัณฑ์นั้นจะนำมาพิมพ์ลายสี ทางโรงงานได้ประสบปัญหาต่างๆที่ต้องดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง เช่น ปัญหาสีลอกของการพิมพ์ลายของถ้วยพลาสติก ซึ่งต้องดำเนินการแก้ไข โดยเฉพาะถ้วยพลาสติกพอลิสไตรีนซึ่งเป็นภาชนะบรรจุอาหารนั้นคุณภาพในการพิมพ์สีของทางโรงงานไม่แน่นอน ขึ้นกับสีที่ใช้และลายที่ใช้พิมพ์ ไม่มีแบบแผนที่แน่นอนในการดำเนินการ ทำให้งานพิมพ์สีในแต่ละครั้งสินค้าคุณภาพไม่เท่ากัน โครงการนี้จึงเน้นศึกษาหาสาเหตุและแนวทางแก้ไข เพื่อลดความสูญเสียและเป็นแนวทางต่อทางบริษัทในการปรับปรุงคุณภาพงานอื่นๆต่อไป

2. การทดลองและการวิเคราะห์

การปรับผิวและการพิมพ์สีบนผิวพลาสติกพอลิไธรีนที่มีความแตกต่างของพลังงานผิว

นำถ้วยพลาสติกพอลิไธรีนที่ขึ้นรูปด้วยความร้อนแบบ thermoforming ขนาด 5 oz มาปรับผิวหน้าด้วยความแรงโคโรนาดีสชาร์จที่แตกต่างกันของเครื่องปรับผิวหน้า Solftal Electronic ที่ความเร็วผลิตภัณฑ์ต่อหน้าที่เดียวกัน เก็บตัวอย่างของแต่ละความแรงโคโรนาตั้งแต่ 10-80% และที่ความแรงในการโคโรนาดีสชาร์จเดียวกัน ทำการปรับผิวที่ความเร็ว 100, 130, 160, 180, 200, 230 และ 250 ผลิตภัณฑ์ต่อหน้าที่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผิวหน้าพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และค่าพลังงานผิวจากการวัดมุมสัมผัสด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส จากนั้นทำการพิมพ์ลายถ้วยพลาสติกพอลิไธรีนในทุกสภาวะด้วยเครื่องพิมพ์ระบบ dry-offset (Gravure offset) พิมพ์ผ่าน blanket ของยี่ห้อ Vandam และอบแห้งด้วยแสง UV โดยใช้หมึกพิมพ์แบบ letterpress UV เก็บตัวอย่างของแต่ละสภาวะแล้วนำมาวิเคราะห์การเกาะยึดของหมึกพิมพ์โดยการทดสอบด้วยการลอกสีด้วยเทปกาวโดยนำเทปกาว 3 M ไปติดที่ผิวพลาสติกส่วนที่ทดสอบ แล้วดึงเทปกาวออกโดยพยายามไข่มุมในการดึง 180° โดยจะไม่ทำการทดสอบการลอกในตำแหน่งที่เคยทดสอบแล้ว [มณี และประสารต์, 2531] จากนั้นทำการทดสอบด้วยการนำถ้วยที่สภาวะต่างๆ ไปแช่น้ำแข็งแล้วทำการทดสอบการลอกด้วยเทปกาวทุกๆ 1 ชั่วโมง

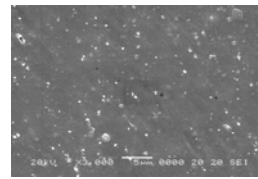
3. ผลการทดลอง

ได้ทำการปรับสภาพผิวของพลาสติกที่ความแรงโคโรนาดีสชาร์จและที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

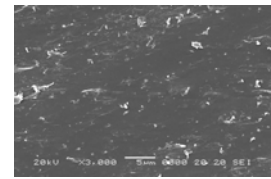
3.1. ลักษณะทางกายภาพของผิวพลาสติก

3.1.1 การปรับค่าความแรงโคโรนาที่แตกต่างกัน

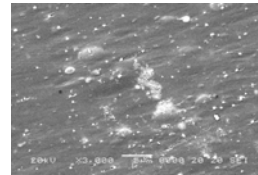
เมื่อปรับค่าความแรงโคโรนาที่แตกต่างกันโดยคงความเร็วในการผลิตไว้เมื่อถ่ายภาพผิวพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงดังรูปที่ 1



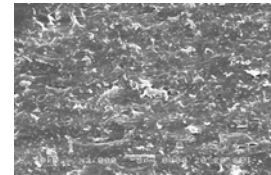
ก. ไม่ได้ปรับผิวหน้า



ข. 10% โคโรนา



ค. 40% โคโรนา



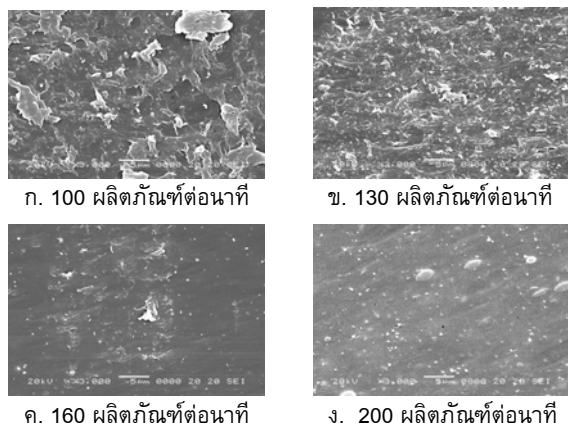
ง. 70% โคโรนา

รูปที่ 1 ผิวพลาสติกพอลิไธรีนที่ปรับผิวหน้าด้วยวิธีโคโรนา ดีสชาร์จ ด้วยความเร็วที่ 130 ผลิตภัณฑ์ต่อ นาทีที่กำลังการขยาย 3,000 เท่า ก) พลาสติกที่ยังไม่ได้ปรับผิวหน้า ข) พลาสติกที่ปรับโคโรนา 10 % ค) พลาสติกที่ปรับโคโรนา 40 % ง) พลาสติกที่ปรับโคโรนา 70%

พบว่าเมื่อเปรียบเทียบลักษณะผิวของพลาสติกที่ไม่ได้ทำการปรับผิวหน้าจะมีลักษณะเรียบกว่าผิวหน้าพลาสติกที่มีการปรับผิวหน้าแล้ว ลักษณะของผิวหน้าที่ปรับตามความแรงโคโรนาที่แตกต่างกันมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปด้วย เมื่อระยะเวลาในการสัมผัสกับการโคโรนาเท่ากัน และจากรูปที่ 1 จะเห็นว่าที่โคโรนา 10 % ผิวหน้ามีความขรุขระบางส่วน และไม่ทั่วบริเวณผิวพลาสติก และพิจารณาที่ความแรงโคโรนามากขึ้นเป็นที่ 40 และ 70% โคโรนา ตามลำดับ จะเห็นว่าลักษณะของผิวพลาสติกมีความขรุขระมากขึ้นและเกิดมากขึ้นตามลำดับโดยที่ 70% โคโรนาเกิดโพรงช่องว่างที่ใหญ่และผิวมีลักษณะขรุขระทั่วบริเวณผิวพลาสติก ซึ่งการที่ผิวเกิดความขรุขระมาก อาจส่งผลต่อการเกาะยึดของสีกับพื้นผิวมากขึ้นเช่นกัน เพราะเม็ดสีจะสามารถแทรกตัวเข้าไปในโพรงช่องว่างได้ดี

3.1.2 การปรับระยะเวลาในการสัมผัสโคโรนา

เมื่อปรับระยะเวลาในการสัมผัสโคโรนา โดยให้ความแรงของโคโรนาคงที่แล้วศึกษาลักษณะทางกายภาพของผิวพลาสติกพอลิไธรีนได้ผลแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 พลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ปรับผิวหน้าด้วยโคโรนา 70% ที่กำลังการขยาย 3,000 เท่าที่ระยะเวลากัน ก) 100 ข) 130 ค) 160 และ ง) 200 ผลิตภัณฑ์ต่อหน้าที่

จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาที่พลาสติกสัมผัสกับโคโรนามากที่สุด โดยที่ความแรงโคโรนาเท่าเดิมนั้น ลักษณะผิวของพลาสติกขรุขระมากที่สุด และเมื่อปรับระยะเวลาในการสัมผัสโคโรนาลดลง (จำนวนผลิตภัณฑ์ต่อหน้าที่สูงขึ้น) ลักษณะของผิวไม่ขรุขระมากและลดลงตามลำดับ เมื่อผิวขรุขระมากขึ้นเตี๋ยกันโพรงช่วงว่างก็จะมากและใหญ่ขึ้น เม็ดสีก็สามารถเข้าไปแทรกซึมกับพื้นผิวได้ดี เป็นผลทำให้การยึดเกาะของสีกับพลาสติกเป็นไปได้ด้วยดี ซึ่งความเร็วในการโคโรนาและความแรงต้องมีความสัมพันธ์กัน เช่นถ้าปรับความแรงโคโรนาที่สูงมากและปรับระยะเวลาในการสัมผัสมาก ผิวพลาสติกก็อาจเกิดการไหม้ขึ้นทำให้เสียชิ้นงานนั้นไป

3.2 ค่าพลังงานผิวของพลาสติกพอลิโพรพิลีนจากค่า contact angle

ค่าพลังงานผิวของพลาสติกมีค่าแตกต่างกันออกไปเมื่อพลาสติกได้มีการปรับผิวหน้าขึ้น และการทดลองนี้ปรับผิวหน้าด้วยวิธีโคโรนาดีสชาร์จ โดยให้ความแรงในการโคโรนาที่แตกต่างกันออกไป รวมทั้งระยะเวลาในการโคโรนา เมื่อนำมาคำนวณหาพลังงานผิวจากสมการ 1 [Novak and Chodak, 1998] ได้ค่าตามตารางที่ 1

$$\gamma_{LV}(\cos\theta + 1) = 2(\gamma_s^d\gamma_s^p)^{0.5} + (\gamma_s^p\gamma_s^p)^{0.5} \quad (1)$$

γ_{LV} คือ แรงตึงผิวของของเหลวกับก๊าซ

γ_s^d คือ พลังงานผิวส่วนของการกระจายตัวของของเหลว

γ_s^p คือ พลังงานผิวส่วนของการกระจายตัวของของแข็ง

γ_s^i คือ พลังงานผิวส่วนของความมีขั้วของของเหลว

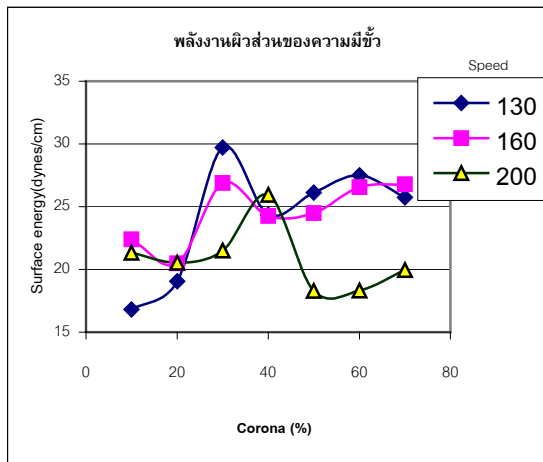
γ_s^o คือ พลังงานผิวส่วนของความมีขั้วของของแข็ง

θ คือ ค่ามุมสัมผัส

ตารางที่ 1 ค่าพลังงานผิวของพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ปรับผิวหน้าที่สภาวะต่างๆ

Speed (produce/min)	Surface energy (dynes/cm)								
	130			160			200		
Corona (%)	γ_s^d	γ_s^p	γ_s^i	γ_s^d	γ_s^p	γ_s^i	γ_s^d	γ_s^p	γ_s^i
10	27.5	16.8	44.3	26.1	22.4	48.5	21.7	21.3	43.0
20	25.5	19.1	44.5	23.0	20.1	50.4	28.1	20.5	48.6
30	21.6	29.7	51.3	24.3	24.7	49.0	27.6	21.5	49.1
40	22.7	24.4	47.1	23.3	24.3	47.6	23.0	25.9	48.9
50	20.6	26.1	46.7	21.1	24.5	45.6	28.0	18.3	46.2
60	17.7	27.5	45.2	17.3	28.8	46.1	29.8	18.3	48.1
70	22.9	25.7	48.7	22.8	26.8	49.7	27.9	19.9	47.8

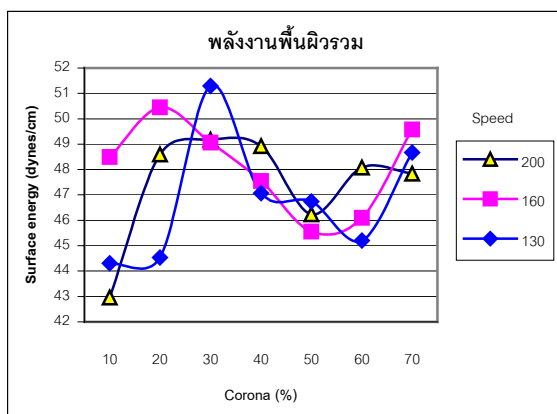
ซึ่งการวัดมุมสัมผัสด้วยสารที่มีขั้วคือ น้ำ และสารเคมีที่ไม่มีขั้วคือ ไดไอโอโดมีเทน (di-iodomethane) [Kui-Xiang และคณะ, 2000] ซึ่งจะเปรียบเทียบการมีขั้วจากพลังงานผิวของส่วนที่มีขั้วและพลังงานผิวรวมของพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่มีการปรับผิวหน้าในสภาวะที่แตกต่างกัน โดยศึกษาความสัมพันธ์ความแรงโคโรนา กับค่าพลังงานผิวได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ค่าพลังงานผิวส่วนของการมีความมีขี้ของพลาสติกพอลิไทรีนที่ความแรงโคโรนาและที่เวลาต่างๆ

แนวโน้มของเส้นกราฟแต่ละเส้นต่าง ๆ มีจุดสูงสุดที่จุดหนึ่ง ซึ่งเส้นกราฟของความเร็วที่ 130 ผลิตรกณฑ์ต่อหน้าที่มีค่าสูงสุดที่ 30% โคโรนา เช่นเดียวกันกับที่ 160 ผลิตรกณฑ์ต่อหน้าที่และท้ายสุดที่ 200 ผลิตรกณฑ์ต่อหน้าที่มีค่าสูงสุดที่ 40% โคโรนาเป็นการบอกถึงพฤติกรรมของค่าความมีขี้ของผิว ซึ่งความมีขี้จะลดลงเนื่องจากมีหุ้ฟงักชั้นที่มีขี้มาจับกับขี้ที่ผิวทำให้ความมีขี้ของผิวหน้าพลาสติกนั้นลดลง

เมื่อพิจารณาค่าพลังงานผิวรวม ซึ่งผลรวมของค่าพลังงานผิวส่วนของการกระจายตัวและพลังงานผิวส่วนที่มีความเป็นขี้จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ค่าพลังงานผิวรวมของพลาสติกพอลิไทรีนที่ความแรงการโคโรนาและที่ระยะเวลาต่างๆ

แนวโน้มของเส้นกราฟจะสูงในช่วงโคโรนาที่ 20-40% และลดต่ำลง โดยที่ความเร็วที่ 130 จุดสูงสุดอยู่ที่ 30% โคโรนาซึ่งเป็นค่าพลังงานผิวที่สูงสุดตามด้วยความเร็วที่ 160 ผลิตรกณฑ์ต่อหน้าที่ที่ความแรงโคโรนา 20% และที่ความเร็ว 200 ผลิตรกณฑ์ต่อหน้าที่ที่ความแรงโคโรนา 30% ซึ่งค่าพลังงานผิวนี้จะต้องสอดคล้องกับค่าพลังงานผิวของหมึกพิมพ์ ซึ่งต้องมีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 dynes/cm [สุดา, 2543] จึงจะทำให้การเกาะยึดของหมึกนั้นดี ทั้งนี้เมื่อมีการปรับผิวหน้าลักษณะของผิวหน้ามีความเป็นขี้สูงมากขึ้นและผิวขรุขระมากขึ้นด้วย

3.3 การทดสอบการเกาะยึดของสีด้วยวิธีลอกสีด้วยเทปกาว

การทดสอบด้วยวิธีการลอกสีด้วยเทปกาว เป็นวิธีทดสอบการลอกของสีบนผลิตภัณฑ์พลาสติก ซึ่งใช้ในทางอุตสาหกรรมเพราะสะดวกและรวดเร็ว โดยการใช้เทปกาว 3M ไปติดกับผิวพลาสติกแล้วทำการดึงโดยใช้มุมการดึงที่ 180° ซึ่งมุมตำแหน่งของลายพิมพ์โดยการดึงในตำแหน่งเดิมที่ทำการทดสอบมาก่อนแล้ว จากการทดสอบสีลอกด้วยวิธีการลอกสีด้วยเทปกาวของบรรจุภัณฑ์พลาสติกพอลิไทรีน ลาย A ซึ่งเป็นลายทึบโดยมีส่วนที่ไม่ทำการพิมพ์สีน้อยโดยมีสีดำ น้ำตาล ครีม เขียว (ซึ่งสีเขียว น้ำตาลและครีมได้จากการผสมสีต่างๆ) ที่ความเร็วในการผลิต 180, 200, 230 และ 250 ผลิตรกณฑ์ต่อหน้าที่ที่ระดับความแรงโคโรนา 40, 50, 60, 70 และ 80% โดยทำการทดสอบในวันถัดไปของการพิมพ์ลาย พบว่าเกิดการลอกของทุกสีขึ้นทุกๆ สภาวะ

ต่อมาได้ทำการทดสอบอีกครั้งที่ความเร็วในการพิมพ์และความแรงโคโรนาเหมือนการทดลองครั้งแรกแต่เปลี่ยนลายที่พิมพ์เป็น B ซึ่งมีส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างไม่ทำการพิมพ์ประมาณครึ่งหนึ่งของถ้วยซึ่งประกอบไปด้วยสีแดง เขียว ดำ ฟ้า ผลปรากฏว่าการลอกของลาย B ส่วนใหญ่เป็นสีแดงและมีการลอกของสีเขียวและดำบ้างเล็กน้อย จากนั้นการทดสอบด้วยการนำบรรจุภัณฑ์พลาสติกลาย B ไปแช่น้ำแข็งเพื่อจำลองการใช้งานจริง ปรากฏว่าการลอกของสีเกิดมากขึ้นโดย

เฉพาะเข้าสู่ชั่วโมงที่ 3 ในการแช่แข็งและสีแดงที่ลอกนั้น เกิดชัดเจนกว่าเดิม

ต่อมาได้ทำการทดสอบอีกครั้งด้วยถ้วยพอลิสไตรีนลาย C ซึ่งมีส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างไม่ทำการพิมพ์ ประมาณครึ่งหนึ่งของถ้วยโดยมีสีเหลือง น้ำเงิน ดำ ฟา ครีม แดง และดำ โดยทำการโคโรนาติสซาร์จตั้งแต่ 10-80% ที่ความเร็วในการพิมพ์ 100, 130, 160 และ 200 ผลิตรัทธ์ต่อหน้าที่ตามลำดับ โดยทำการทดสอบการลอกด้วยการดึงเทปกาว หลังจากการพิมพ์ลาย 2 เดือน ผลปรากฏว่าไม่เกิดการลอกขึ้นในทุกสภาวะ และเมื่อนำมาทดสอบด้วยการแช่แข็งทุกๆ 1 ชั่วโมงรวมเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เกิดการลอกของสีที่ทำการพิมพ์ด้วยความเร็ว 200 ผลิตรัทธ์ต่อหน้าที่ที่ระดับโคโรนา 30, 50 และ 60% ในบางชั่วโมงเท่านั้นและที่การพิมพ์ด้วยความเร็ว 160 ผลิตรัทธ์ต่อหน้าที่ที่ระดับโคโรนา 10 และ 20 % ส่วนสภาวะอื่นไม่เกิดการลอกของสีแต่อย่างใด

เมื่อเปรียบเทียบการทดสอบ 2 ครั้งแรก พิจารณาถึงลายที่พิมพ์ ซึ่งลาย A นี้เป็นลายทึบโดยมีส่วนที่ไม่ทำการพิมพ์สีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับลาย B ซึ่งมีส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างไม่ทำการพิมพ์ประมาณครึ่งหนึ่งของถ้วย ซึ่งในการแห้งตัวของสีของลาย A อาจจะไม่ดีพอจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการลอกของสีขึ้น และการทดสอบของลาย C หลังการพิมพ์ 2 เดือนโดยปรับระดับโคโรนาตั้งแต่ 10-80% และที่ความเร็วต่างๆ พบว่าไม่เกิดการลอกของสีแต่อย่างใด

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าระยะเวลาในการอบแห้งไม่นานพอเป็นอีกสาเหตุหนึ่งในการลอกของสีถ้วยพลาสติกพอลิสไตรีนของทางบริษัทที่ทำการพิมพ์นี้ และจากการทดสอบด้วยการนำมาแช่แข็งแล้วทำการทดสอบด้วยการลอกด้วยเทปกาว พบว่าเกิดการลอกของลาย C ที่ความแรงโคโรนา 30, 50 และ 60% ที่ความเร็วในการพิมพ์ 200 ผลิตรัทธ์ต่อหน้าที่ แต่ที่ความแรงโคโรนา 40% ไม่เกิดการลอกขึ้น ซึ่งเป็นค่าที่มีพลังงานผิวส่วนที่มีขีดสูงสุดในการทดสอบค่าพลังงานผิวในความเร็วในการพิมพ์นี้ และที่ความเร็วในการพิมพ์ 160 ผลิตรัทธ์ต่อหน้าที่ลอกที่ 10 และ 20% ซึ่งค่าพลังงานผิวส่วนที่มีขีดที่ความเร็วนี้สูงสุดมีค่าที่ 30% โคโรนาและ

ที่ความเร็ว 130 ผลิตรัทธ์ต่อหน้าที่ ไม่เกิดการลอกของทุกสี ดังนั้นสำหรับการพิมพ์นั้น ต้องมีการปรับผิวหน้าที่เหมาะสมกับการพิมพ์ ซึ่งในที่นี้คือสภาวะที่ทำให้ได้พลังงานผิวส่วนที่มีขีดสูงสุด และอาจรวมถึงระยะเวลาในการอบแห้งต้องสอดคล้องกับความหนาของสีที่พิมพ์ จึงจะทำให้การเกาะยึดของสีบนพลาสติกมีประสิทธิภาพ

3.4 สรุปผลการทดลอง

ในการพิมพ์สีของถ้วยพลาสติกนั้นต้องมีความสัมพันธ์ของวัสดุที่นำมาพิมพ์ สี การพิมพ์ และ ระยะเวลาในการอบแห้ง ซึ่งวัสดุที่นำมาพิมพ์นั้นต้องมีสภาวะที่เหมาะสมในการพิมพ์ ทำได้โดยการปรับผิวหน้า สีที่ใช้ต้องเหมาะสมกับชนิดของวัสดุที่นำมาพิมพ์ และความหนาของสีที่ใช้พิมพ์ ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับระยะเวลาในการอบแห้ง จากการทดลองพบว่าที่ความเร็วในการพิมพ์ที่ 130, 160 และ 200 ผลิตรัทธ์ต่อหน้าที่ปรับผิวหน้าที่โคโรนา 30, 30 และ 40% ตามลำดับ ไม่ทำให้เกิดการลอกของสีบนถ้วยพลาสติก ซึ่งเป็นค่าพลังงานผิวส่วนที่มีขีดสูงสุดของแต่ละความเร็วในการพิมพ์

3.5 ข้อเสนอแนะ

การเกิดสีลอกของผลิตรัทธ์พอลิสไตรีนที่ทำการพิมพ์สีของบริษัท อาจเกิดการอบแห้งที่ไม่เหมาะสมกับระดับความหนาของลายผลิตรัทธ์แต่ละลาย ซึ่งอาจเกิดจากการทำแบบพิมพ์ หรือการกดแป้นพิมพ์ที่มากเกินไป ทำให้ระดับความหนาของสีนั้นไม่สม่ำเสมอในการพิมพ์ เพื่อให้การอบแห้งกับความหนาของสีที่พิมพ์สอดคล้องกัน จึงควรทำการวัดมาตรฐานการพิมพ์ขึ้น โดยการทำ test form ซึ่งเป็นการวัดมาตรฐานความคมชัดของการพิมพ์ ความสม่ำเสมอในการพิมพ์และความหนาของสีที่เหมาะสมกับระยะเวลาในการอบแห้ง ซึ่งจะเป็นผลในการปรับการทำแบบพิมพ์ให้เหมาะสม และสอดคล้องกับเครื่องจักรของทางบริษัทมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546

บริษัท อีสเทอร์นโพลีแพค จำกัด ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองวิจัย รศ.ดร. อรัญ หาญสืบสาย อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพและเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

สุดา เกียรติกำจรค์, พอลิเมอร์ทางภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2543

มณี พลาเลิศ และประสาดร์ ตั้งกาญจนศรี,การศึกษาการปรับผิวหน้าพลาสติก เพื่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์, รายงานฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531

Novak, I., Chodak, I., Adhesion of Polypropylene Modified by Corona Discharge, Die Angewandte Makromolekulare Chemie, 1998, 260: 47-51.

Kui-Xiang Ma, Tai-Shung Chung and Si-Shen Feng, *Investigation of Surface Energy for Organic Light Emitting Polymers and Indium Tin Oxide*, 2000