การทดลองเพื่อหาแรงดึงที่เหมาะสมของแผ่นฟิล์มพลาสติกสำหรับงานพิมพ์สีกราวัวร์

Determination of the optimum tensile forces acting on plastic film for a gravure printing

จุฑามาส มาตย์สถิตย์[1] ลดาวัลย์ เพียรทำ[2] วีรศักดิ์ หมู่เจริญ[1] และ ชวลิต แสงสวัสดิ์[1]

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นโครงงานการทดลองหาแรงดึงที่เหมาะสมของแผ่นฟิล์มพลาสติกสำหรับงานพิมพ์สีกราวัวร์ โดยเริ่มต้นศึกษาจากสายงานการพิมพ์ฟิล์มว่าติดสีดีหรือไม่ ถ้าดีจึงจะทำการทดสอบหาแรงดึงของฟิล์มพลาสติกพอลิเอธิลีน และพอลิพรอพิลีน รวมทั้งฟิล์มผสม ในขณะที่แผ่นฟิล์มกำลังผ่านชุดพิมพ์สี เมื่อทราบค่าแรงดึงของฟิล์มขณะพิมพ์สีแล้ว จึงทำการจำลองแรงดึงของฟิล์มขณะติดสี โดยการนำฟิล์มพลาสติกพอลิเอธิลีน และพอลิพรอพิลีน รวมทั้งฟิล์มผสมที่ไม่ผ่านการพิมพ์สีไปดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง ด้วยแรงดึงเท่ากับแรงดึงที่คำนวณได้ของฟิล์มแต่ละชนิด แล้วทำการทดสอบด้วยปากกาทดสอบการติดสี พบว่าแรงดึงมีค่าที่เหมาะสมอยู่ค่าหนึ่งที่จะทำให้สีติดได้ดีแต่ถ้าออกแรงมากหรือน้อยกว่านี้ แนวโน้มของการติดสีจะมีค่าลดลงในทั้งสองกรณี

คำสำคัญ : การพิมพ์กราวัวร์, แรงดึง, ฟิลม์พลาสติก

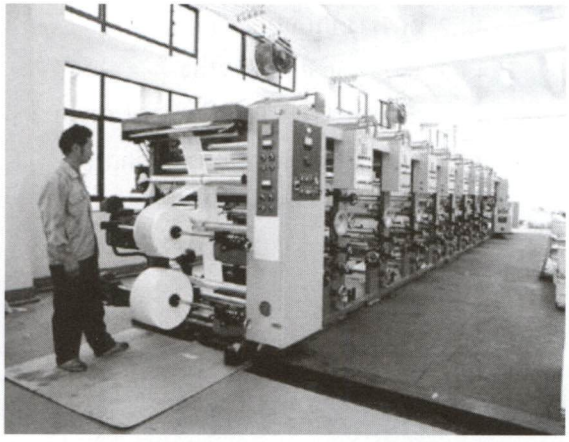
1. บทนำ

ฟิล์มและถุงพลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน ที่นิยมใช้บรรจุอาหารและขนมสำเร็จรูปเพื่อป้องกันความชื้น สิ่งสกปรกตลอดจนยืดอายุของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปถุงและฟิล์มเหล่านี้จะต้องพิมพ์เครื่องหมายการค้ายี่ห้อ วิธีการใช้งานตลอดจนภาพสีสวยงามต่างๆเพื่อการโฆษณา ทั้งนี้การพิมพ์สีลงบนเนื้อฟิล์มทำได้หลายกระบวนการ แต่สำหรับประเทศไทย มักเลือกใช้วิธีการพิมพ์แบบกราวัวร์ การปรับตั้งเครื่องพิมพ์ดังกล่าวตามโรงงานทั่วไป มักจะใช้ความชำนาญของพนักงานเป็นหลัก โดยไม่ได้ใช้หลักทางสถิติหรือการวัดผลทางการทดลองใดๆ ทางวิศวกรรมศาสตร์มาร่วมในการปรับตั้งเครื่องพิมพ์สีกราวัวร์ ทำให้การปรับตั้งเสียทั้งเวลาและเกิดเศษฟิล์มพลาสติกมากเกินไป อีกทั้งผลงานการพิมพ์อาจไม่ได้ตามเกณฑ์คุณภาพที่ลูกค้าต้องการ ทั้งนี้พบว่าตัวแปรการผลิตที่สำคัญต่อการตั้งเครื่องพิมพ์สีก็คือ แรงดึงที่กระทำต่อฟิล์มพลาสติกผ่านลูกกลิ้งชุดต่างๆ นั่นเอง ดังนั้นทางบริษัทและผู้ดำเนินการวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาทดลองหาแรงดึงที่เหมาะสมที่สุดที่ช่วยให้เกิดการติดของสีเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ สวยงาม ลดการสูญเสียฟิล์มพลาสติกลง ให้ใช้งานได้ง่าย ประหยัด ทางโรงงานไม่จำเป็นต้องจัดหาซื้อเครื่องมือวัดเพิ่มเติม แต่จะใช้การวัดข้อมูลและวิเคราะห์อัตราดึง (Drawn down ratio) โดยอาศัยความรู้ด้าน Web stability และ Winding technology ก็น่าจะสามารถหาแรงดึงที่เหมาะสมประจำผลิตภัณฑ์ฟิล์มแต่ละชนิดได้

2. ระบบพิมพ์กราวัวร์ [8]

กราวัวร์เป็นระบบพิมพ์ทางตรงหรือ direct printing ที่ใช้ในแม่พิมพ์มีลักษณะเป็นร่องลึก ทำหน้าที่รับหมึกโดยตรงไปยังวัสดุใช้พิมพ์ ควบคุมด้วยแผ่นใบปาดหมึก (doctor blade) ส่วนใหญ่งานพิมพ์จะเป็นประเภทบรรจุภัณฑ์ ซึ่งหัวใจสำคัญของระบบพิมพ์กราวัวร์ คือ หมึกพิมพ์ต้องมีความหนืดต่ำ พอที่จะสามารถถ่ายโอนไปยังร่องลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสำหรับหมึกส่วนเกินที่ผิวโมแม่พิมพ์จะต้องถูกปาดออกหมดได้ง่าย

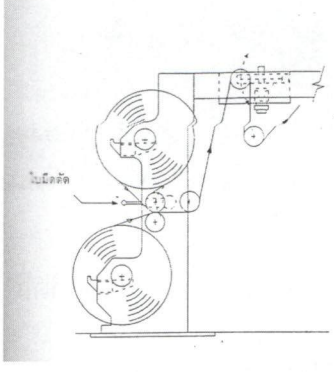
[1]ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]บริษัทเตชะ แอ็นด ซัน จำกัด



รูปที่ 1 ตัวอย่างเครื่องพิมพ์สีกราวัวร์

2.1 หน่วยคลายม้วน

ม้วนวัสดุใช้พิมพ์ที่ดีจะต้องมีขอบด้านข้างของม้วนเรียบไม่ขรุขระ และภายในม้วนจะต้องมีแรงตึงเท่ากันตลอดตั้งแต่แกนไปจนกระทั่งริมม้วน มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการกระตุกของม้วน ซึ่งช่างพิมพ์อาจจะต้องใช้วิธีกรอม้วนใหม่ด้วยเครื่องกรอที่มีฟังก์ชันต่างๆ



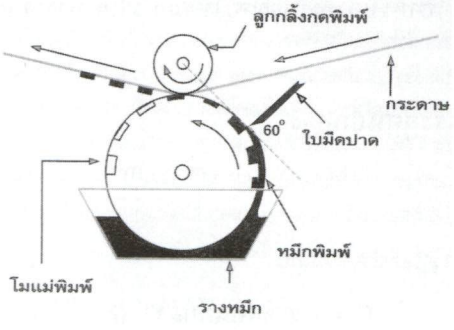
รูปที่ 2 หน่วยคลายม้วน [4]

2.2 หน่วยส่งผ่าน

เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ต่อจากหน่วยคลายม้วนและมีความสำคัญตรงที่ช่างพิมพ์จะต้องควบคุมแรงตึงของวัสดุใช้พิมพ์ให้เหมาะสมกับประเภทของวัสดุนั้นๆ และความกว้างของม้วน เป็นต้น ทั้งนี้จะรวมไปถึงการปรับการเคลื่อนที่ของม้วนให้อยู่กึ่งกลางด้วยเพื่อป้องกันการกระตุกของม้วน

2.3 หน่วยพิมพ์

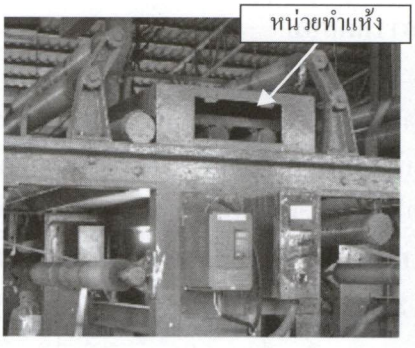
ประกอบด้วยโมแม่พิมพ์ที่วางอยู่บนรางหมึกมีใบปาดหมึกช่วยปาดหมึกที่ไม่ต้องการออก และลูกกลิ้งกดพิมพ์ (impression roll) ช่วยให้หมึกถ่ายทอดจากบ่อหมึกของโมแม่พิมพ์ ไปยังวัสดุพิมพ์ ปัจจัยที่สำคัญและต้องควบคุมคือ แรงกดพิมพ์ และมุมของแผ่นใบปาดหมึก แรงกดพิมพ์จะต้องไม่มากหรือน้อยเกินไป



รูปที่ 3 หน่วยพิมพ์ [8]

2.4 หน่วยทำแห้ง

เป็นหน่วยที่อยู่ต่อจากหน่วยพิมพ์ เพื่อช่วยให้การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เร็วขึ้นพร้อมที่จะพิมพ์สีอื่นต่อไป โดยทั่วไปการแห้งตัวของหมึกพิมพ์จะใช้วิธีการระเหยด้วยลมร้อน ดังนั้นจำนวนของหน่วยทำแห้งจะต้องมีเท่ากับจำนวนหน่วยพิมพ์ สิ่งสำคัญที่ช่างพิมพ์จะต้องคำนึงถึงคืออุณหภูมิที่ใช้มักจะให้หน่วยสุดท้ายมีอุณหภูมิสูงกว่าหน่วยต้นๆ เพราะถ้าหน่วยพิมพ์ต้นๆ มีอุณหภูมิสูงแล้ว จะมีโอกาสทำให้วัสดุพิมพ์ยืดตัวได้ง่าย และเกิดการพิมพ์เหลื่อม



รูปที่ 4 หน่วยทำแห้ง

2.5 หน่วยม้วนเก็บ

ประกอบด้วยชุดลูกกลิ้ง เช่น เดียวกับหน่วยป้อน ช่วยปรับแรงตึงให้เหมาะสมสัมพันธ์กับหน่วยป้อนและมีฟังก์ชั่นพรีไดร์ฟ, เทเปอร์, แมนวล และออโต้ ช่วยในการเปลี่ยนม้วนและการควบคุมความแน่นของม้วนฟิล์ม โดยไม่ต้องหยุดเครื่อง

3. การคำนวณสำหรับการทดลอง [1]

สำหรับการคำนวณจะใช้สมการในการหาค่าแรงดึงดังนี้

3.1 แรงสู่ศูนย์กลาง

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \quad (1)$$

เมื่อ

F_c = แรงสู่ศูนย์กลาง (N)

m = มวลลูกกลิ้ง (kg)

v = ความเร็วเชิงเส้นของลูกกลิ้ง (m/s)

r = รัศมีลูกกลิ้ง (m)

3.2 %การลอกออกของสี

$$\%\text{การลอกออกของสี} = \frac{A \times 100}{B} \quad (2)$$

เมื่อ

A = จำนวนช่องที่ติดสี

B = จำนวนช่องทั้งหมด

4. การทดสอบ

เมื่อทำการศึกษากระบวนการผลิตที่มีการพิมพ์สีได้เข้าใจแล้ว ต่อไปจะเลือกกระบวนการพิมพ์ที่มองด้วยตาเปล่าแล้วว่า การพิมพ์สีของสายงานนี้มีความสวยงามและคาดว่าสีจะติดดีบนฟิล์มพลาสติกที่ทำการพิมพ์

4.1 ทดสอบการลอกออกของสีด้วยก็อตเทป

ASTM D 3359

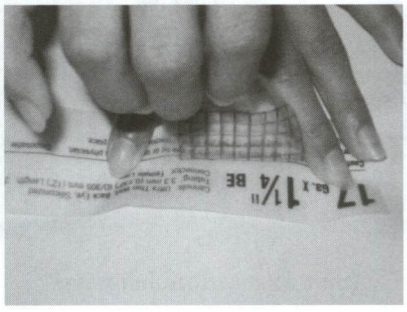
4.1.1 ติดสก็อตเทป ลงบนฟิล์มที่พิมพ์สีแล้ว

4.1.2 ตีตารางเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

4.1.3 ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.1.4 ลอกสก็อตเทปขึ้นตรงๆในลักษณะการกระชาก

4.1.5 คำนวณสีที่ติดออกมากับสก็อตเทป



รูปที่ 5 การลอกสก๊อตเทป

4.2 ทดสอบการวัดความเร็วรอบ

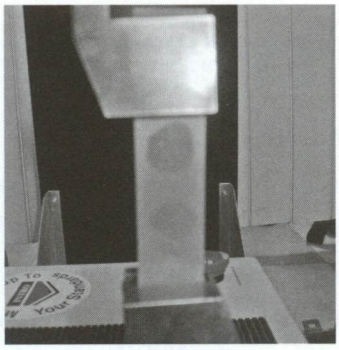
4.2.1 วัดความเร็วรอบที่ลูกกลิ้งหน้าและหลังแม่พิมพ์

4.2.2 บันทึกผลการทดลอง

รูปที่ 6 วิธีวัดความเร็วรอบ

4.3 ทดสอบด้วยปากกาทดสอบการติดสี

4.3.1 ตัดฟิล์มตามขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 7 การขึงฟิล์มกับเครื่องทดสอบแรงดึง

4.3.2 ขึงฟิล์มกับเครื่องทดสอบแรงดึง ตามแรงดึงที่คำนวณได้

4.3.3 ใช้ปากกาทดสอบขีดเป็นวงกลม 2-5 รอบ สังเกตุการติดและแห้ง ภายใน 5 วินาที

4.3.4 บันทึกผลการทดลอง

รูปที่ 8 ปากกาทดสอบการติดสี

5. ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดสอบการลอกออกของสี

ตารางที่ 1 แสดง % การลอกออกของสี

ชนิดของฟิล์ม	จำนวนช่องที่สีลอกออก	จำนวนช่องทั้งหมด	% การลอกออกของสี
HDPE	0	25	0
	0	30	0
	0	25	0
	0	30	0
PP	0	75	0
	1	105	0.95
	1	120	0.82
	0	75	0
HDPE+PP	0	115	0
	0	115	0

จากการทดสอบการลอกออกของสีโดยใช้ตัวอย่างทั้งหมด 10 ตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า ถ้าเปอร์เซ็นต์การลอกออกของสีไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ก็แสดงว่าฟิล์มที่ทำการทดสอบมีการยึดติดกับสีได้ดี

การยึดติดคือ สภาพที่พื้นผิว 2 พื้นผิวมายึดเกาะกันแน่นด้วยแรงดึงดูดระหว่างพื้นผิวไม่ว่าจะเป็นแรงทางเคมีหรือแรงเชิงกล กระบวนการยึดติดจะเกี่ยวข้องกับแรงตึงผิว พลังงานผิว แรงตึงระหว่างพื้นผิว เมื่อมีแรงดึงดูดระหว่างพื้นผิวเพิ่มมากขึ้น แรงตึงระหว่างพื้นผิวจะลดลง พื้นผิวจะเข้ามาชิดกันมากขึ้น ดังนั้น ยิ่งแรงระหว่างพื้นผิวลดลงมากเท่าใด ก็แสดงว่าการยึดติดก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น [6]

5.2 ผลการคำนวณแรงดึงของฟิล์มขณะทำการพิมพ์สี

ตารางที่ 2 แสดงค่าแรงดึงที่ผิวของฟิล์มพลาสติก

ชนิดของฟิล์ม	รัศมีลูกกลิ้ง (m)	น้ำหนักลูกกลิ้ง (kg)	ความเร็วฟิล์ม (m/min)	แรงดึง (N)
HDPE	0.026	2.5	22.6	13.6
	0.026	2.5	22.1	13.0
	0.026	2.5	21.8	12.7
	0.026	2.5	22.5	13.5
PP	0.031	3.5	25.2	19.9
	0.031	3.5	24.7	19.1
	0.031	3.5	24.8	19.3
	0.031	3.5	24.6	19.0
HDPE+PP	0.031	3.0	25.2	17.1
	0.031	3.0	24.7	16.4

จากตารางที่ 2 การคำนวณค่าแรงดึงที่กำลังพิมพ์สีฟิล์ม HDPE ใช้แรงดึงน้อยที่สุด และฟิล์ม PP ใช้แรงดึงมากที่สุดทั้งนี้ค่าแรงดึงของฟิล์มที่ได้จะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสมบัติเชิงกลของฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิด สมบัติดังกล่าวได้แก่ สมบัติการต้านแรงดึง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเมื่อพลาสติกได้รับแรงดึงจะมีการตอบสนองโดยการยืดตัวออก อย่างไรก็ดีพลาสติกแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือการยืดออกด้วยขนาดที่แตกต่างกัน [7]

5.3 การทดสอบแรงดึงที่เหมาะกับการพิมพ์สี

ตารางที่ 3 แสดงแรงดึงที่เหมาะกับการพิมพ์สี

ชนิดของฟิล์ม	แรงดึง(N)	ปากกาทดสอบ (mN/m)
HDPE	13.6	34
	13.0	34
	12.7	32
	13.5	34
PP	19.9	40
	19.1	38
	19.3	40
	19.0	38
HDPE+ PP	17.1	36
	16.4	36

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าแรงดึงที่เหมาะสมกับการพิมพ์สีของฟิล์ม HDPE ฟิล์มPP และฟิล์ม HDPE+ PP คือ 12.7 - 13.6 N, 19 - 19.9 N และ 16.4 - 17.1 N ตามลำดับ

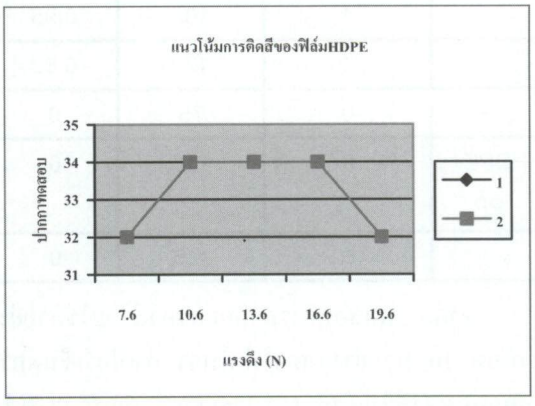
การที่ฟิล์มพลาสติกจะเกิดการพิมพ์ติดสีได้นั้นเกิดจากเมื่อหยดของเหลวลงไปบนพลาสติกแล้วจะทำให้พลาสติกเกิดการเปียก ซึ่งพลาสติกจะมีความสามารถจะเกิดการเปียกได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงตึงผิวของของเหลวและพลังงานผิวของฟิล์มพลาสติก [4]

5.4 ผลการทดสอบแนวโน้มการติดสี

ตารางที่ 4 แสดงแนวโน้มการติดสีของฟิล์ม

ชนิดของฟิล์ม	ขนาด	แรงดึง (N)	ปากกาทดสอบ (mN/m)
HDPE	1.8"x16"x0.007mm	7.6	32
		10.6	34
		13.6	34
		16.6	34
		19.6	32
	2.5"x17"x0.007mm	7.5	32
		10.5	34
		13.5	34
		16.5	34
		19.5	32
PP	6"x11"x 0.005mm	9.9	40
		14.9	40
		19.9	40
		24.9	40
		29.9	ฟิล์มยืด
	8.5"x14"x0.005mm	9.1	36
		14.1	38
		19.1	38
		24.1	38
		29.1	36
HDPE+PP	9"x13.5"x0.005mm	7.1	36
		12.1	36
		17.1	36
		22.1	34

สำหรับแนวโน้มการติดสี จะเห็นได้ว่าทั้งฟิล์ม HDPE ฟิล์ม PP และฟิล์ม HDPE+ PP ต่างก็มีแนวโน้มในการติดสีคล้ายกัน คือถ้าแรงดึงต่ำหรือสูงขึ้นกว่าค่าที่คำนวณได้จะทำให้การติดสีมีค่าลดน้อยถอยลง ซึ่งสังเกตได้จากเบอร์ของปากกา อันเป็นการแสดงว่าพลังงานผิวของฟิล์มพลาสติกมีค่าลดลงนั่นเอง



รูปที่ 9 ตัวอย่างแนวโน้มการติดสี

6. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาแรงดึงที่เหมาะสมของแผ่นฟิล์มพลาสติกสำหรับงานพิมพ์สีกราวัวร์ ซึ่งในการทดลองใช้ฟิล์ม HDPE ฟิล์มPP และฟิล์ม HDPE+PP พบว่าแรงดึงที่เหมาะสมของฟิล์มแต่ละชนิดมีค่าในระดับหนึ่งถ้าออกแรงดึงมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้แนวโน้มของการติดสีลดน้อยถอยลงในฟิล์มทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 5 แสดงแรงดึงที่เหมาะกับขนาดของฟิล์ม

ชนิดของฟิล์ม	ขนาด	แรงดึง(N)
HDPE	1.8"x16"x0.007mm	16.6
	2.5"x17"x0.007mm	16
	1.8"x16"x0.007mm	15.7
	2.5"x17"x0.007mm	16.5
PP	6"x11"x0.007mm	24.9
	8.5"x14"x0.005mm	24.1
	8"x20"x 0.006mm	24.3
	6"x11"x 0.005mm	24
HDPE+PP	9"x13.5"x0.005mm	21.1
	9"x13.5"x0.005mm	21.4

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากบุคคลต่างๆ ดังนี้ บิดา มารดา ผู้ซึ่งให้การศึกษา ทุนทรัพย์ และกำลังใจ ซึ่งทำให้การดำเนินงานครั้งนี้เป็นไปอย่างราบรื่น

ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ให้ความรู้ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ จนสำเร็จด้วยดี

อาจารย์ วีรศักดิ์ หมู่เจริญ ให้คำแนะนำในการวางแผนการทำงาน และแก้ไขปัญหาต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณลดาวัลย์ เพียรทำ ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ บริษัท เตชะ แอ็นด์ ซัน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทำโครงงาน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2548 ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการทำโครงงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] กีรติ ลีวัจนกุล, วลัยรัตน์ ลีวัจนกุล. **ฟิสิกส์1.** กรุงเทพฯ : เอส.อาร์.พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด, 2537.

[2] ปุ่น คงเจริญเกียรติ, สมพร คงเจริญเกียรติ. **บรรจุภัณฑ์อาหาร** . กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญ จำกัด ร่วมค้า.

[3] ประจักษ์ เชื้อโชติ.**กลศาสตร์.** ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์.

[4] มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **กระบวนการพิมพ์ พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายและการพิมพ์ใช้แรงกด.** กรุงเทพฯ.

[5] มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์.** กรุงเทพฯ

.[6] มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการพิมพ์.** กรุงเทพฯ.

[7] มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **วัสดุทางการพิมพ์.** กรุงเทพฯ.

[8] อรัญ หาญสืบสาย. **ระบบพิมพ์แบบต่างๆและการนำไปใช้งาน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ตะวันออก จำกัด,2548

[9] Briston. H. John. **Plastic Film.** New York. 3th, 1998.

[10] Hawkins. E. William. **The Plastic Film and Foil Web Handling Guide.** America. 2002.