

สมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล

Mechanical Properties of Recycled-plastic Film

สุปรียา ตริวิจิตรเกษม และ รันบิร สิงห์¹

Supreya Trivijitkasem and Runbir Singh

ABSTRACT

Seven samples of plastic film and recycled-plastic film were studied. Thickness, density, tensile strength, elongation and tear resistance of the specimens were reported. The results showed that mechanical properties of LLDPE plastic film and recycled-plastic film were in the same order. Mechanical properties of HDPE recycled-plastic film were in the other group, and MDPE recycled-plastic film possessed mechanical properties which were comparable with HDPE recycled-plastic film.

Key words: recycled plastic film, density, thickness, tensile strength, tear resistance

บทคัดย่อ

แผ่นฟิล์มพลาสติกและแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิลที่ได้ทำการศึกษามี 7 ตัวอย่าง โดยได้ศึกษาความหนา ความหนาแน่น ความทนแรงดึง การยืดออก และความต้านแรงฉีกขาด ผลการทดลองพบว่าสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มพลาสติกและแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล LLDPE อยู่ในกลุ่มเดียวกัน สมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล HDPE อยู่ในอีกกลุ่มหนึ่ง และแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล MDPE มีสมบัติทางกลที่ค่อนข้างไปทางแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล HDPE

คำนำ

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวัน ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ผลิตขึ้นในแต่ละวันมีจำนวนมากมาย ผลกระทบของผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้งานแล้วต่อสิ่งแวดล้อม เป็นปัญหาเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งถุงพลาสติก หรือ"ถุงก๊อบแก๊บ"ที่ใช้งานแล้วมีปริมาณเพิ่มขึ้น การลดปัญหานี้ทำได้โดยลดปริมาณการใช้วัสดุเหล่านี้ และนำวัสดุที่ใช้งานแล้ว หรือเศษวัสดุนี้มาหลอม แล้วทำเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกใหม่เรียกว่า พลาสติกรีไซเคิล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเฉพาะสมบัติทาง

¹ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Physics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

กลของแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ใช้ทำถุงพลาสติกที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกโดยตรง และพลาสติกรีไซเคิลที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกผสมกับเศษพลาสติก หรือพลาสติกที่ผลิตไม่ได้มาตรฐานตามต้องการ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมแผ่นฟิล์ม

การทำวิจัยครั้งนี้ใช้แผ่นฟิล์มพลาสติกตัวอย่างที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกโดยตรง 2 ตัวอย่างและพลาสติกรีไซเคิล 5 ตัวอย่าง ตัดแผ่นฟิล์มตัวอย่างเป็น 2 ชุดให้มีขนาดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยตัดชุดหนึ่งให้ขนานกับทิศทางถักของแผ่นฟิล์ม และตัดอีกชุดหนึ่งให้ตั้งฉากกับทิศทางถักของแผ่นฟิล์ม ซึ่งต่อไปจะเรียกสั้นๆว่าแนวขนานเครื่อง (machine direction) และแนวขวางเครื่อง(transverse direction)

แผ่นฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 7 ตัวอย่าง ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 เป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ทำจากเม็ดพลาสติก LLDPE (linearly low density polyethylene) เป็นแผ่นฟิล์มใส ใช้ทำถุงเก็บอาหารในตู้เย็น เช่น ผัก ผลไม้ เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 2 เป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ทำจากเม็ดพลาสติก LLDPE เป็นแผ่นฟิล์มสีดำใช้ทำถุงขยะ

ตัวอย่างที่ 3 เป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล LLDPE เป็นแผ่นฟิล์มสีขาว ใช้ทำถุงทั่วไป

ตัวอย่างที่ 4 เป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล MDPE (medium density polyethylene) เป็นแผ่นฟิล์มสีเขียว ใช้ทำถุงขยะ

ตัวอย่างที่ 5 เป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล HDPE (high density polyethylene) เป็นแผ่นฟิล์มสีขาว ใช้ทำถุงที่ใช้ตามห้างสรรพสินค้า

ตัวอย่างที่ 6 เป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล HDPE เป็นแผ่นฟิล์มใส ใช้ทำถุงใส่น้ำแข็งยูนิท

ตัวอย่างที่ 7 เป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล HDPE เป็นแผ่นฟิล์มใส มีความเหนียว ใช้ทำถุงทั่วไป

2. การทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์ม

ได้ทำการทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 2\%$ และอุณหภูมิ $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$

2.1 การวัดความหนาของแผ่นฟิล์มได้ทำตามมาตรฐาน ISO 4593 (International Organization for Standardization 4593) ตัวอย่างละ 10 ชิ้น โดยใช้ไมโครมิเตอร์แบบสกรู (screw micrometer) ที่วัดละเอียด 0.01 มิลลิเมตร (mm)

2.2 การทดสอบความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มได้ทำตามมาตรฐาน ASTM D792 (American Standard Test Methods D792) ตัวอย่างละ 3 ชิ้น โดยหาความถ่วงจำเพาะ ρ ของแผ่นฟิล์มจาก

$$\rho = \frac{a}{a+w-b}$$

เมื่อ a เป็นมวลของชิ้นทดสอบในอากาศ

b เป็นมวลของชิ้นทดสอบและลวดในน้ำ

w เป็นมวลของลวดในน้ำ

ความหนาแน่นของน้ำที่ 27°C เท่ากับ 0.9965 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) ดังนั้นความหนาแน่น D ของแผ่นฟิล์มที่ 27°C เป็น

$$D(\text{g}/\text{cm}^3) = \rho \times 0.9965 \text{ g}/\text{cm}^3$$

2.3 การทดสอบความทนแรงดึง (tensile strength) และการยืดออก (elongation) ของแผ่นฟิล์มได้ทำตามมาตรฐาน ASTM D882-67 ตัวอย่างละ 10 ชิ้น

2.3.1 ความทนแรงดึงคือ ความเค้นดึงที่มากที่สุด หรือที่จุดคราก (maximum or yield tensile stress) S โดย

$$S = \frac{F}{A}$$

เมื่อ F เป็นแรงที่มากที่สุด และ A เป็นพื้นที่หน้าตัด

ของชั้นทดสอบในตอนเริ่มต้น ความหนาแน่นจึงมีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร แต่ในที่นี้ใช้หน่วยเป็นกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm²) โดย

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 9.8 \text{ N}$$

2.3.2 การยืดออก Δl คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ของการยืดออกที่จุดคราก หรือ จุดแตกเทียบกับความยาวในตอนเริ่มต้น l_0 ดังนั้น

$$\Delta l = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100$$

เมื่อ l เป็นความยาวที่จุดคราก หรือจุดแตก

2.4 การทดสอบความต้านแรงฉีกขาด (tear resistance) ของแผ่นฟิล์ม โดยวิธีลูกตุ้ม (pendulum method) ได้ทำตามมาตรฐาน ASTM D1922 ตัวอย่างละ 10 ชิ้น มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) แต่ในที่นี้ใช้หน่วยเป็นกรัมแรง (gf) โดย

$$1 \text{ gf} = 1 \text{ g} \times 980 \text{ cm/s}^2 = 1 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 9.8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

ผล

1. ความหนาและความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มพลาสติกทั้ง 7 ตัวอย่าง ได้แสดงใน Table 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความหนาของแผ่นฟิล์มได้แสดงใน Figure 1 ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1 กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ผลิตจากเม็ดพลาสติก LLDPE โดยตรง (ตัวอย่างที่ 1-2) และแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล LLDPE (ตัวอย่างที่ 3) มีกราฟของความหนาแน่นกับความหนาของแผ่นฟิล์มเป็นเส้นตรง

1.2 กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล HDPE (ตัวอย่างที่ 5-7) มีกราฟของความหนาแน่นกับความหนาของแผ่นฟิล์มเป็นเส้นโค้ง โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นมากกว่ามีค่าความชันของกราฟใกล้เคียงกับกลุ่มที่ 1 และบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อยกว่ามีค่าความชันเข้าใกล้ศูนย์

1.3 กลุ่มที่ 3 แผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล MDPE (ตัวอย่างที่ 4) มีความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความหนาของแผ่นฟิล์ม ค่อนไปทางกลุ่มที่ 2 จึงคาดเดาว่ามีกราฟเป็นเส้นโค้งใกล้เคียงกับกลุ่มที่ 2

2. ความหนาแน่น การยืดออก และความต้านแรงฉีกขาดในแนวขนานเครื่องได้แสดงใน Table 2 และความหนาแน่น การยืดออก และความต้านแรงฉีกขาดในแนวขวางเครื่องได้แสดงใน Table 3 โดยความหนาแน่นของแต่ละตัวอย่างให้ผลกลับกับความต้านแรงฉีกขาดที่เปอร์เซ็นต์การยืดออกเดียวกันทั้งในแนวขนานเครื่อง (Figure 2) และแนวขวางเครื่อง (Figure 3) ดังนี้

Table 1 Thickness and density of plastic film.

Sample	Thickness (nm)	Density(g/cm ³)
1	0.0080	0.7347
2	0.0174	0.8383
3	0.0164	0.8294
4	0.0374	0.8968
5	0.0378	0.8439
6	0.0399	0.8445
7	0.0425	0.8785

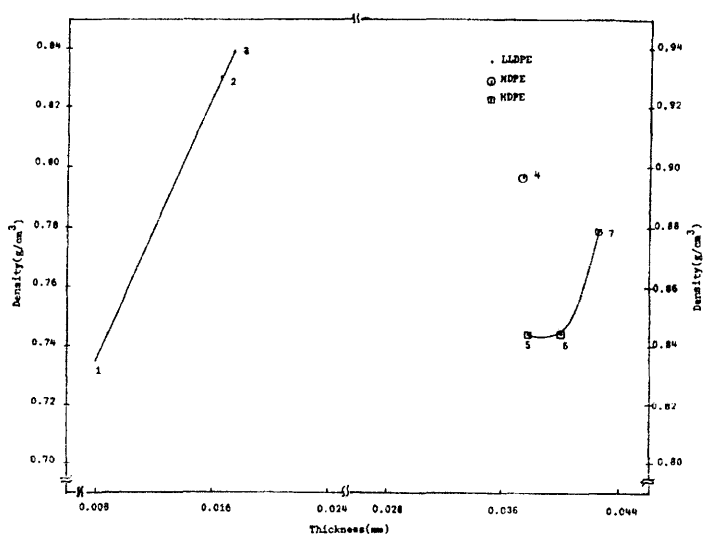


Figure 1 Density of plastic films are plotted as a function of thickness.

Table 2 Tensile strength, elongation and tear resistance of plastic film in machine direction.

Sample	Tensile strength (kgf/cm ²)	Elongation (%)	Tear resistance (gf)
1	784	355	3.47
2	457	374	7.90
3	304	329	143.0
4	303	876	72.4
5	287	828	37.6
6	352	478	78.4
7	458	927	33.3

Table 3 Tensile strength, elongation and tear resistance of plastic film in transverse direction.

Sample	Tensile strength (kgf/cm ²)	Elongation (%)	Tear resistance (gf)
1	413	631	52
2	317	634	134
3	254	684	196
4	266	880	181
5	332	973	160
6	304	868	167
7	336	987	122

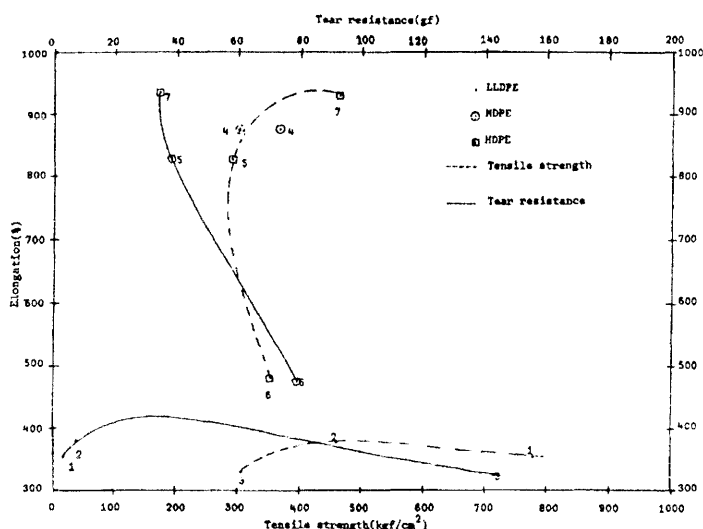


Figure 2 Elongation of plastic films vs. tensile strength and vs. tear resistance in machine direction.

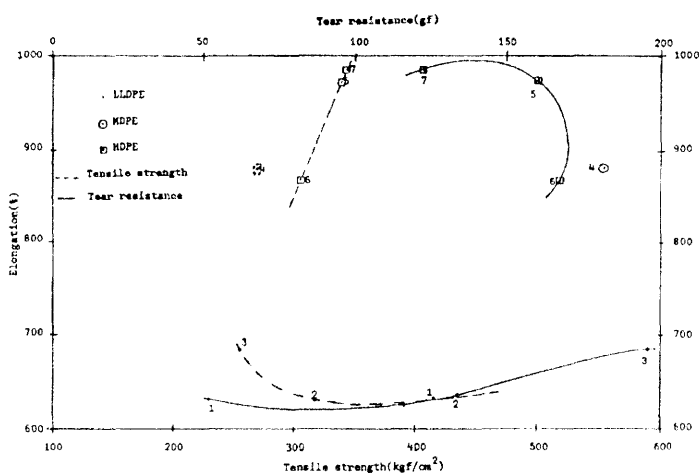


Figure 3 Elongation of plastic films vs. tensile strength and vs. tear resistance in transverse direction.

2.1 กลุ่มที่ 1 แผ่นฟิล์มพลาสติก LLDPE ตัวอย่างที่ 1 มีความทนแรงดึงมากที่สุด และความต้านแรงฉีกขาดน้อยที่สุด แผ่นฟิล์มพลาสติกกรีไซเคิล LLDPE ตัวอย่างที่ 3 มีความทนแรงดึงน้อยที่สุด และความต้านแรงฉีกขาดมากที่สุด

2.2 กลุ่มที่ 2 แผ่นฟิล์มพลาสติกกรีไซเคิล HDPE ตัวอย่างที่ 7 มีความทนแรงดึงมากที่สุด และความ

ต้านแรงฉีกขาดน้อยที่สุดในทั้งสองแนว ตัวอย่างที่ 6 มีความทนแรงดึงน้อยที่สุดในแนวขวางเครื่อง และมีความต้านแรงฉีกขาดมากที่สุดในทั้งสองแนว ตัวอย่างที่ 5 มีความทนแรงดึงในแนวนานเครื่องน้อยที่สุด

2.3 แผ่นฟิล์มพลาสติกกรีไซเคิล MDPE ตัวอย่างที่ 4 มีความทนแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด และเปอร์เซ็นต์การยืดออกในแนวนานเครื่องและ

แนวขวางเครื่องก่อนไปทางกลุ่มที่ 2 ของแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล HDPE

สรุปและวิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า

แผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล LLDPE มีสมบัติทางกลคือ ความหนา ความหนาแน่น ความทนแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด และเปอร์เซ็นต์การยืดออก ใกล้เคียงกับแผ่นฟิล์มพลาสติก LLDPE ที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกโดยตรง จึงสมควรนำเศษฟิล์มพลาสติกหรือแผ่นฟิล์มพลาสติก LLDPE ที่ผลิตไม่ได้มาตรฐานมาหลอมใหม่ แล้วผลิตเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิลเพื่อนำมาใช้งานเพราะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

แผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล MDPE และ HDPE มีสมบัติทางกลที่ใกล้เคียงกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเล็กน้อยเนื่องมาจากชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ผลิตแผ่นฟิล์ม และสารสีที่เติมเข้าไปในขณะผลิตแผ่นฟิล์มที่ไม่เหมือนกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะและวิธีผลิตแผ่นฟิล์ม ตลอดจนรูปร่างและขนาดของแผ่นฟิล์มที่ต้องการผลิตและอัตราส่วนการเป่า (blow ratio) ของเครื่องจักรที่ผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกด้วย อย่างไรก็ตามแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิล MDPE และ HDPE มีเปอร์เซ็นต์ของการยืดออกที่มากกว่า LLDPE และมีสมบัติทางกลอยู่ระหว่างช่วงของ LLDPE ซึ่ง

เหมาะสำหรับใช้ทำ"ถุงก๊อบแก๊บ" และถุงใส่สินค้าตามห้างร้านต่างๆ จึงสมควรนำเศษฟิล์มพลาสติกเหล่านี้มาหลอมและผลิตเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกใหม่เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาที่ให้ทุนในการทำวิจัย และขอขอบคุณบริษัท บี.บี.พลาสติกกรุ๊ป จำกัด ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นฟิล์มพลาสติกรีไซเคิลที่ใช้ทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Crawford, R.J. 1989. *Plastics Engineering*. 2 nd Ed. Pergamon Press, Singapore. 354 p.
- Kalyon, D.M. and D.S. Czerwonka. 1990. Uniaxial extensional flow of film blowing grade polyethylenes in the very low to high density ranges. *Plastics and Rubber Processing and Applications*. 14:29-33.
- Roberts, J. 1990. Strain limits and maximum service temperatures for thermoplastic materials. *Plastics and Rubber Processing and Applications*. 14:165-169.