

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ  
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วค  
กฟ  
อว 2

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง  
นักวิทยาศาสตร์ 6ว.

## เรื่องที่ 2

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบสมบัติทางกายภาพ  
ของถังรองรับมูลฝอยพลาสติก

โดย

นางสาวนวลจันทร์ มัจฉริยกุล  
นักวิทยาศาสตร์ 5

กลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

## บทคัดย่อ

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของถังรองรับมูลฝอยพลาสติกคือความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาด ตามข้อกำหนดของกรุงเทพมหานคร พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าความยืดที่จุดขาดคืออัตราเร็วในการดึงขึ้นทดสอบและทิศทางของการดึงขึ้นทดสอบ ปัจจัยเหล่านี้ไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงที่จุดคราก

ดังนั้นในการทดสอบตัวอย่างถังรองรับมูลฝอยพลาสติกจึงใช้อัตราเร็วในการดึงขึ้นทดสอบ 50 มิลลิเมตรต่อนาที และทดสอบตัวอย่างทั้งสองทิศทางแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งทำให้ทราบความทนทานของถังเป็นผลให้ผู้ผู้ใช้ได้รับสินค้าที่มีคุณภาพและผู้ผลิตสามารถใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้

๑๗

เลขที่	๗๗
	๐๖ ๒
เลขที่	๙๘๙๗
วันที่	๑๗ มิ.ย. ๕๕

ด้วยอธิบดี
จาก
๑๗

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	3
1.2 ขอบเขตการศึกษาทดลอง	3
1.3 ระยะเวลาในการดำเนินการ	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
บทที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการ	5
2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	5
2.2 ขั้นตอนการดำเนินการ	5
2.3 การเตรียมตัวอย่าง	8
2.4 วิธีทดสอบ	9
บทที่ 3 ผลการทดสอบ	10
3.1 ผลการทดสอบปัจจัยต่างๆ	10
3.2 ผลการทดสอบตัวอย่าง โดยใช้ปัจจัยที่ศึกษา	13
บทที่ 4 วิจารณ์ผลการทดสอบ	14
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ	16
กิตติกรรมประกาศ	17
เอกสารอ้างอิง	18
ภาคผนวก	19

## บทที่ 1

### บทนำ

ถังรองรับมูลฝอยพลาสติกหรือที่เรียกว่าถังขยะพลาสติก ที่ใช้งานกันทั่วไปมีหลายขนาด และรูปทรงแตกต่างกัน วัตถุประสงค์ที่ใช้ผลิตก็แตกต่างกัน ถังขยะที่พบทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานครเป็นชนิดทรงสี่เหลี่ยมมีฝาปิดและมีล้อเลื่อนสองล้อ มีสปีชิวใช้สำหรับขยะเปียกและสี่เหลี่ยมสำหรับขยะแห้ง โดยที่กรุงเทพมหานครกำหนดคุณสมบัติของถังขยะเหล่านี้ไว้ดังนี้

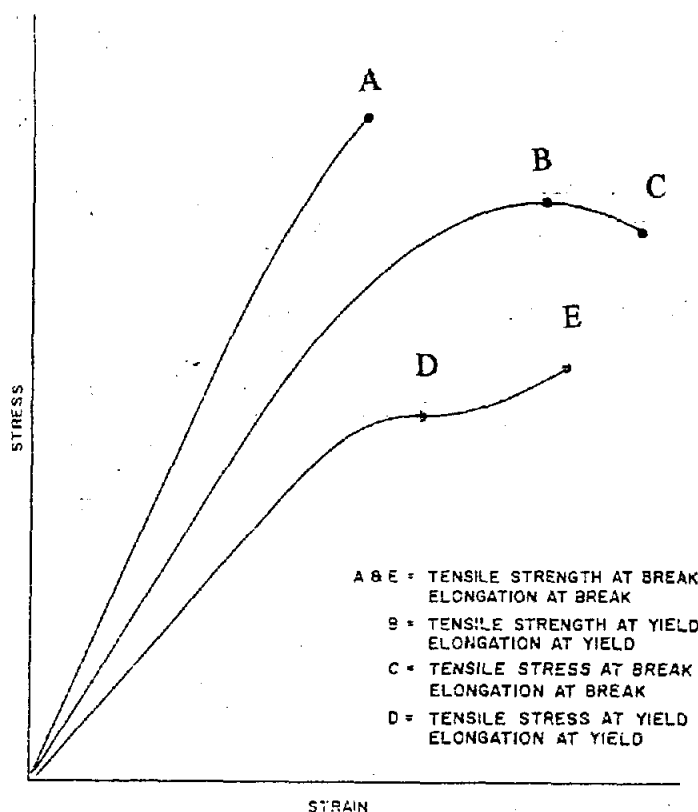
วัสดุที่ใช้ทำถัง ต้องผลิตด้วย โพลีเอทิลีน ทนต่อสภาพแวดล้อม ดินฟ้าอากาศและรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทนความร้อนได้ไม่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส และ ทนต่อสารเคมีประเภทกรดและด่าง เช่น กรดอะซิติคแอซิดความเข้มข้นร้อยละ 10, กรดคาร์บอนิก, กรดโครมิกความเข้มข้นร้อยละ 20, แอมโมเนียมคลอไรด์, แคลเซียมคาร์บอเนตได้ดี มีความทนทานต่อการใช้งานสูงและสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

ข้อมูลทางเทคนิคหรือสมบัติทางกายภาพ

1. ความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 0.94 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ความแข็งแบบชอร์ดี (shore D) ไม่น้อยกว่า 60
3. ความต้านแรงดึงที่จุดครากไม่น้อยกว่า 200 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร
4. ความยืดที่จุดขาดไม่น้อยกว่าร้อยละ 800

ในการทดสอบตัวอย่างถังขยะจะทดสอบเฉพาะข้อมูลทางเทคนิคหรือสมบัติทางกายภาพ โดยทั่วไปค่าความหนาแน่น และค่าความแข็งเป็นไปตามข้อกำหนด ส่วนค่าความต้านแรงดึงที่จุดครากและค่าความยืดที่จุดขาดมักไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จึงทำการศึกษาหาปัจจัยผลกระทบต่อการทดสอบ

ความต้านแรงดึง (tensile strength) ของพลาสติก เป็นค่าแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของพลาสติก โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงเมื่อพลาสติกได้รับแรงกระทำจะมี 3 ลักษณะ โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงเครียดและแรงเค้น (stress-strain curve) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเครียดและแรงเค้น (stress strain curve) ของพลาสติก<sup>3</sup>

พลาสติกที่มีลักษณะเป็น

แบบที่ 1 เป็นพลาสติกที่แข็งและเปราะ เมื่อได้รับแรงเค้นจะมีการยืดน้อยมากก่อนขาด (จุด A) ลักษณะเช่นนี้พบในพลาสติกที่แข็งเช่น โพลีคาร์บอเนต หรือพลาสติกเสริมแรง

แบบที่ 2 เมื่อได้รับแรงพลาสติกจะยืดออกเมื่อปล่อยพลาสติกจะหดกลับอยู่ในสภาพเดิมแต่ถ้าเพิ่มแรงเรื่อยๆ จนถึงจุดที่พลาสติกมีสมบัติเปลี่ยนไป คือถ้าปล่อยแรงกระทำจะไม่หดกลับไปในรูปทรงเมื่อเริ่มต้น จุดที่พลาสติกมีสมบัติเปลี่ยนไปนี้เรียกว่าจุดคราก (yield point) (จุด B) พลาสติกที่มีลักษณะแบบนี้คือพลาสติกที่เป็นอะมอर्फัส (amorphous) มีลักษณะคล้ายยาง เช่น โพลีไวนิลคลอไรด์

แบบที่ 3 เป็นลักษณะของพลาสติกที่มีโครงสร้างเป็นผลึกหรือกึ่งผลึก เมื่อได้รับแรงกระทำจะยืดออกจนถึงจุดคราก(จุด D) พลาสติกจะยืดออกไปอีก โดยที่แรงที่กระทำจะคงที่เพราะมีการจัดเรียงโครงสร้างภายในโมเลกุลใหม่ แล้วจึงถึงจุดขาด (จุด E)

เทอร์โมพลาสติกที่มีโครงสร้างเป็นผลึกจะมีลักษณะกราฟแบบนี้ เช่น โพลีเอทิลีน หรือ โพลีโพรพิลีน ดังนั้นค่าความต้านแรงดึงจะขึ้นกับชนิดของพลาสติกว่ามีโครงสร้างแบบ ไหน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของ สารเติมแต่งต่างๆ ความเร็วในการทดสอบรวมทั้งลักษณะผิวของชิ้นตัวอย่างที่ทดสอบ โดยทั่วไปค่าความต้านแรงดึงจะวัด เป็น ค่าของแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ โดยคำนวณจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\sigma = F/A \dots\dots\dots(1)$$

โดยที่  $\sigma$  เป็นค่าความต้านแรงดึง

F เป็นค่าแรงกระทำ

A เป็นค่าพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ

ค่าความต้านแรงดึงวัดได้จากหลายจุด โดยทั่วไปมักวัดที่จุดครากหรือจุดขาด

ความยืดที่จุดขาด (Elongation at break) เป็นค่าความยืดของชิ้นตัวอย่างเทียบกับ ความยาวเริ่มต้น ค่านี้จะขึ้นกับปัจจัยต่างๆเหมือนกับค่าความต้านแรงดึง ถ้าดูจากรูปที่ 1 พลาสติกที่มีสมบัติแบบที่ 3 จะให้ค่าความยืดสูงที่สุด ส่วนแบบที่ 1 จะให้ค่าต่ำสุด ค่าความยืดมักแสดงในรูปร้อยละของความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อความยาวเดิมซึ่งคำนวณจาก

$$E = [(L-L_0)/L_0] * 100 \dots\dots\dots(2)$$

โดยที่ E ความยืดที่จุดขาด

L ความยาวของชิ้นทดสอบที่ยืดออกเมื่อ ได้รับแรงจนถึงจุดขาด

L<sub>0</sub> ความยาวพิกัด (gauge length) ของชิ้นทดสอบ

## 1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 ศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบสมบัติทางกายภาพของถังรองรับมูลฝอย พลาสติก

1.1.2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการผลิตสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

1.1.3 เพื่อให้ได้ปัจจัยที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ทดสอบ

## 1.2 ขอบเขตของการศึกษาทดลอง

1.2.1 ทดสอบหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดของตัวอย่างถังรองรับมูลฝอย

1.2.2 ทดสอบค่าความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดของตัวอย่างถังรองรับมูลฝอย โดยใช้วิธีที่ได้จากการทดสอบปัจจัยต่างๆ

### 1.3 ระยะเวลาในดำเนินการ

พฤษภาคม 2538 - มกราคม 2540 รวมเวลา 14 เดือน

### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ใช้เป็นคู่มือในการทดสอบความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดของถังรองรับมูลฝอยพลาสติกของกลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1

1.4.2 ช่วยให้ส่วนราชการได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ตามข้อกำหนด

1.4.3 ช่วยให้โรงงานผู้ผลิต ปรับปรุงการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด

1.4.4 เพื่อใช้ในการพิจารณาตรวจรับให้แก่หน่วยงานของราชการ

## บทที่ 2

### ขั้นตอนการดำเนินการ

การทดสอบค่าความต้านแรงดึงที่จุดครากและค่าความยืดที่จุดขาดของถังรองรับ มูลฝอยพลาสติกทดสอบตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ASTM D 638 ซึ่งเป็นวิธีทดสอบค่าความต้านแรงดึงของพลาสติก โดยกำหนดขนาดของชิ้นทดสอบเป็นรูปคัมเบลขนาดต่างๆตามชนิดและความหนาของผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ และกำหนดอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของครอสเฮด (cross head speed) หรือที่เรียกว่าอัตราเร็วในการดึง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของตัวอย่าง ดังนั้นจึงทำการทดสอบปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงที่จุดครากและค่าความยืดที่จุดขาด ของตัวอย่างถังขยะ

#### 2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1.1 เครื่องทดสอบแบบยูนิเวอร์แซล (Universal testing machine) ของ Instron รุ่น 1026

2.1.2 เครื่องมือวัดแบบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ วัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร ของ Mitutoyo

2.1.3 เครื่องมือวัดความหนาแบบ Micrometer วัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร ของ Mitutoyo รุ่น 193

2.1.4 เครื่องตัดชิ้นตัวอย่างแบบที่ I และ IV

2.1.5 แถบวัดสำหรับวัดความยืด

#### 2.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ

2.2.1 ทดสอบปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพที่จะทดสอบดังนี้

##### 2.2.1.1 รูปร่างของชิ้นทดสอบ

ตามมาตรฐาน ASTM D638 กำหนดรูปร่างของชิ้นทดสอบสำหรับหาค่าความต้านแรงดึง และความยืดที่จุดขาดของพลาสติกที่เป็นแผ่นหรือชิ้นรูปแล้วเป็นรูปคัมเบล 5 แบบ(ภาคผนวก) แต่ละแบบใช้สำหรับพลาสติกที่มีความหนาท่างกัน และขึ้นกับลักษณะของพลาสติก คือถ้าเป็นพลาสติกแข็ง หรืออ่อนข้างแข็งใช้ชิ้น



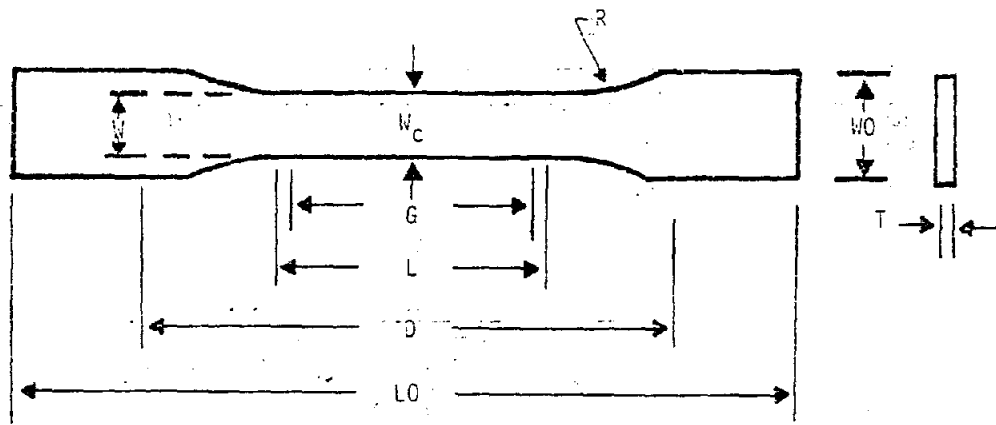
ทดสอบได้ทุกแบบ ถ้าเป็นพลาสติกที่ค่อนข้างนิ่มใช้แบบที่ III หรือ IV และถ้าเป็นพลาสติกเสริมแรงใช้แบบที่ I

ตามเกณฑ์กำหนดของกรุงเทพมหานครถึงขยะต้องผลิตจากโพลีเอทิลีนซึ่งมีหลายเกรดเมื่อพิจารณาจากลักษณะมีทั้งค่อนข้างนิ่ม (non rigid) และค่อนข้างแข็ง (semi rigid) ควรจะเตรียมชิ้นทดสอบได้ทุกแบบ แต่เมื่อพิจารณาจากความหนาของถึงขยะซึ่งมีขนาดใหญ่และมีความหนาไม่สม่ำเสมอทั้งถึง โดยความหนาของถึงอยู่ในช่วง 2- 7 มิลลิเมตรจึงควรเตรียมตัวอย่างเป็นแบบที่ I, II หรือ IV แต่ในห้องปฏิบัติการมีเครื่องมือสำหรับตัดตัวอย่างเฉพาะแบบที่ I และแบบที่ IV มีมิติตามตารางที่ 1 และรูปร่างดังรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

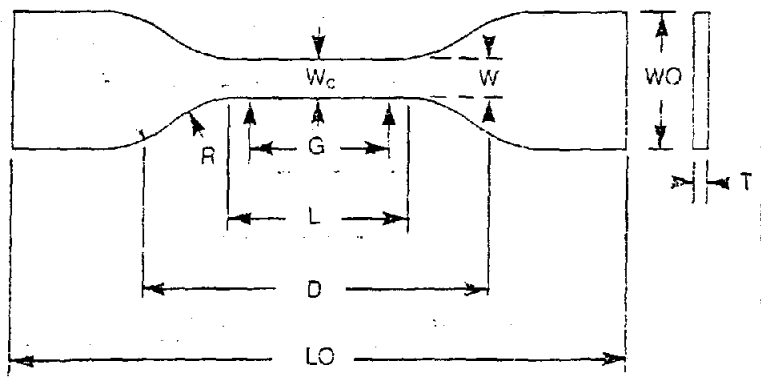
ตารางที่ 1 มิติของชิ้นทดสอบแบบที่ I และแบบที่ IV (มิลลิเมตร)

มิติ	แบบที่ I	แบบที่ IV
ความกว้างของส่วนที่แคบ,(W)	10	6
ความยาวของส่วนที่แคบ,(L)	60	33
ความกว้างของส่วนปลาย,(Wo)	20	25
ความยาวของชิ้นทดสอบ,(Lo) ไม่น้อยกว่า	150	115
ความยาวพิคัด,(G)	50	25
ระยะระหว่างหัวจับ,(D)	115	80
ความหนา, (T) ไม่เกิน	7	4
รัศมีความโค้ง,(R)	60	25

ดังนั้นจึงได้เตรียมชิ้นทดสอบทั้งสองแบบ โดยใช้ส่วนของผนังถึงสำหรับทดสอบค่าความต้านแรงดึงและค่าความยืด โดยใช้อัตราเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตรต่อนาที



รูปที่ 2 รูปร่างของชิ้นทดสอบแบบที่ I



รูปที่ 3 รูปร่างของชิ้นทดสอบแบบที่ IV

2.2.1.2 อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของครอสเฮด หรืออัตราเร็วของการดึงชิ้น

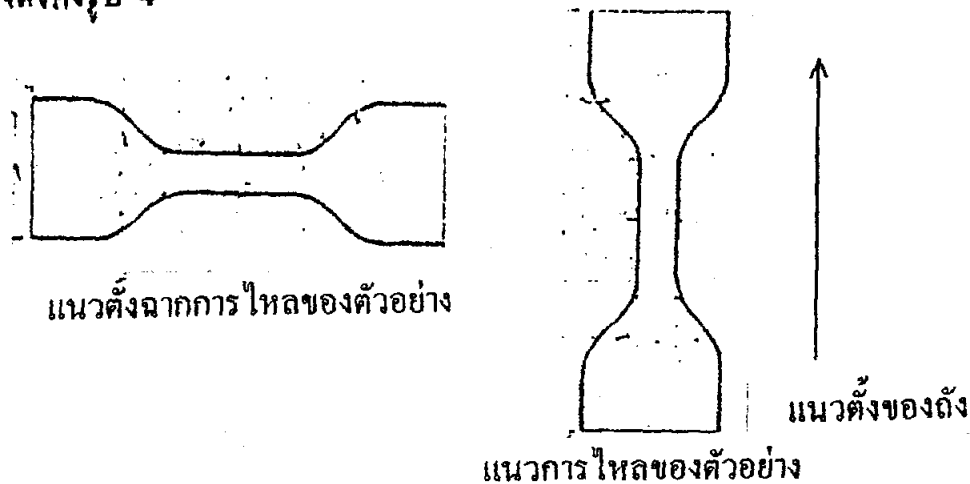
ทดสอบ

ตามมาตรฐานกำหนดอัตราเร็วในการดึงตัวอย่างให้ขึ้นกับชนิดของพลาสติกและขนาดของชิ้นทดสอบ และกำหนดให้อัตราเร็วที่เหมาะสมควรใช้เวลา 0.5 ถึง 5 นาทีในการดึงให้ตัวอย่างขาดหรือให้เป็นไปตามที่ตกลงกัน ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้อัตราเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที และ 500 มิลลิเมตรต่อนาทีเพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน และใช้ชิ้นทดสอบตามแบบที่ IV เนื่องจากมีค่าความยาวพิคกิ้งสั้นกว่าแบบที่ I ทำให้ความหนาสม่เสมอกว่าแบบที่ I

2.2.1.3 ทิศทางของการไหลของตัวอย่าง(anisotropy)

เนื่องจากตัวอย่างขึ้นรูปด้วยวิธีฉีด (injection) ทำให้มีการจัดเรียงตัวของ

โมเลกุล ซึ่งมีผลต่อการดึงตัวอย่างในแนวการไหลและแนวตั้งฉากการไหลของการขึ้นรูปตัวอย่างและจะต้องทดสอบทั้งสองแนว โดยเตรียมชิ้นทดสอบให้มีแนวการดึงในทิศทางเดียวกับการไหลและแนวตั้งฉากการไหล นั่นคือตัดชิ้นทดสอบในแนวตั้งและแนวขวางของผนังดังคังรูป 4



รูปที่ 4 แนวการตัดชิ้นทดสอบตามแนวการไหลและแนวตั้งฉากการไหลของการขึ้นรูปตัวอย่าง

### 2.2.2 การวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติ (F-test)<sup>12</sup>

ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงที่จุดครากและค่าความยืดที่จุดขาดโดยใช้วิธี F-test โดยหาค่าความแปรปรวนของปัจจัยที่ทดสอบ แล้วนำมาคำนวณค่า F โดยใช้สูตร

$$F = s_1^2 / s_2^2$$

โดยที่  $s_1^2$  เป็นค่าความแปรปรวนหรือค่ายกกำลังสองของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากกว่า  $s_2^2$  เสมอเมื่อได้ค่า F แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าในตารางมาตรฐาน (ภาคผนวก) โดยดูที่ระดับความเป็นอิสระ (degree of freedom) เกี่ยวกับค่าที่ทดสอบ และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ถ้าค่าที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าในตารางมาตรฐาน แสดงว่าผลการทดสอบที่ได้จากปัจจัยที่ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือปัจจัยนั้นจะมีผลต่อค่าที่ทดสอบ

### 2.2.3 ทดสอบตัวอย่างถึงขยะโดยใช้ผลที่ได้จากปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

#### 2.2.3.1 อัตราเร็วในการดึงขึ้นทดสอบ 50 มิลลิเมตรต่อนาที

#### 2.2.3.2 ทดสอบทั้งสองแนวของดิ่ง

### 2.2.3.3 ขนาดของชั้นทดสอบใช้แบบที่ IV (ไม่มีผลต่อค่าที่ทดสอบ)

## 2.3 การเตรียมตัวอย่าง

ตัดตัวอย่างเป็นรูปคัมเบลมีรูปร่างและมีมิติตามที่ระบุดังนี้

2.3.1 แบบที่ I และ IV แบบละ 5 ชั้นตัดแบบกลุ่มทั้งแนวตั้งและแนวขวางถึงสำหรับทดสอบข้อ 2.2.1.1

2.3.2 แบบที่ IV จำนวน 10 ชั้น ตัดแบบกลุ่มทั้งแนวตั้งและแนวขวางถึงสำหรับทดสอบข้อ 2.2.1.2 โดยใช้ทดสอบที่อัตราเร็วละ 5 ชั้น

2.3.3 แบบที่ IV ตามแนวตั้งของตัวถัง 5 ชั้น และแนวขวางตัวถัง 5 ชั้นใช้ในการทดสอบตามข้อ 2.2.1.3

2.3.4 แบบที่ IV ตามแนวตั้งของตัวถัง 5 ชั้น และแนวขวางตัวถัง 5 ชั้น สำหรับแต่ละตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบข้อ 2.2.3

ทำเครื่องหมายแสดงความยาวพิกัด 25 มิลลิเมตรสำหรับชั้นทดสอบแบบที่ IV และ 50 มิลลิเมตรสำหรับชั้นทดสอบแบบ I แล้วใช้เวอร์เนียร์วัดความกว้างของส่วนที่แคบที่สุดของชั้นทดสอบ และใช้ไมโครมิเตอร์ วัดความหนาที่จุดเดียวกับความกว้าง หาพื้นที่หน้าตัดที่น้อยที่สุดของชั้นทดสอบที่อยู่ภายในช่วงความยาวพิกัดที่กำหนด

## 2.4 วิธีทดสอบ

2.4.1 ทำการปรับเทียบแรง (load cell) ขนาด 500 กิโลกรัมแรง และปรับตั้งค่าอัตราเร็วของการดึงชั้นทดสอบเป็น 50 หรือ 500 มิลลิเมตรต่อนาที

2.4.2 ยึดชั้นทดสอบกับหัวจับของเครื่อง โดยยึดส่วนปลายทั้งสองของชั้นทดสอบในแนวตั้งเริ่มดึงขึ้นตัวอย่างโดยใช้อัตราเร็ว ตามที่ต้องการทดสอบตัวอย่างจะยึดออกใช้แถบวัดวัดระยะระหว่างความยาวพิกัดที่ยึดออกไปจนถึงจุดขาด เครื่องจะบันทึกเป็นรูปกราฟระหว่างแรงและระยะที่ยึด ถ้าชั้นทดสอบขาดนอกช่วงความยาวพิกัดที่กำหนดไว้ให้ตัดค่าที่ได้ออกแล้วทำการทดสอบซ้ำจนครบ 5 ชั้น คำนวณค่าความต้านแรงดึงและความยืดตามความสัมพันธ์ที่กล่าวถึงในบทที่ 1 ทำการทดสอบตัวอย่างทั้งหมดแล้วหาค่าเฉลี่ย

### บทที่ 3

#### ผลการทดสอบ

#### 3.1 ผลการทดสอบปัจจัยต่างๆ

ในการทดสอบความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและความเค้นมีลักษณะแบบที่ 3 คือมีจุดครากซึ่งเป็นจุดที่มีค่าความต้านแรงดึงสูงสุด

##### 3.1.1 รูปร่างของชิ้นทดสอบ

ผลการทดสอบรูปร่างของชิ้นทดสอบแบบที่ I และ IV โดยใช้อัตราเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาทีได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาด ของชิ้นทดสอบแบบ I และแบบ IV

ชิ้นที่	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก, กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร		ความยืดที่จุดขาด, ร้อยละ	
	แบบ I	แบบ IV	แบบ I	แบบ IV
1	316	279	280	300
2	313	303	320	250
3	309	294	260	200
4	295	302	400	450
5	323	291	320	300
ค่าเฉลี่ย	311	294	316	308
SD	10.4	9.7	53.7	72.4

จากตารางที่ 2 นำค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานมาคำนวณค่า  $F_{4,4}$  ดังแสดงในตารางที่ 5

### 3.1.2 อัตราเร็วของการคั่งขึ้นทดสอบ

ผลการทดสอบเมื่อใช้ขึ้นทดสอบแบบที่ IV และใช้อัตราเร็วในการคั่ง 50 และ 500 มิลลิเมตรต่อนาทีแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความต้านแรงคั่งที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดเมื่อทดสอบอัตราเร็วของการคั่ง 500 และ 50 มิลลิเมตรต่อนาที

ชั้นที่	ความต้านแรงคั่งที่จุดคราก, กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร		ความยืดที่จุดขาด, ร้อยละ	
	500	50	500	50
1	305	295	51	389
2	314	295	46	419
3	308	293	54	862
4	313	291	51	632
5	317	286	49	615
ค่าเฉลี่ย	311	292	50	583
SD	4.8	3.7	3.0	190.9

จากตารางที่ 3 ค่าความยืดที่จุดขาดของชั้นทดสอบที่ 3 มีค่าสูงผิดปกติ ค่านี้ขี้ออกแล้วคำนวณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่เหลือ 4 ค่า แล้วหาค่า  $F_{3,4}$  ดังแสดงในตารางที่ 5

### 3.1.3 ทิศทางของการไหลของตัวอย่าง

เมื่อทดสอบตัวอย่างที่เตรียมในแนวการไหลและแนวตั้งฉากการไหลโดยใช้ขึ้นทดสอบแบบที่ IV และอัตราเร็วในการคั่ง 50 มิลลิเมตรต่อนาทีได้ผลตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดเมื่อทดสอบตามทิศทางของการไหลของตัวอย่าง

ชั้นที่	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก, กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร		ความยืดที่จุดขาด, ร้อยละ	
	แนวตั้ง	แนวขวาง	แนวตั้ง	แนวขวาง
1	287	295	950	1300
2	275	296	950	1375
3	278	290	935	1285
4	279	289	953	1350
5	278	291	975	1328
ค่าเฉลี่ย	279	292	952	1328
SD	4.5	3.1	14.4	36.49

นำค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากตารางที่ 4 มาคำนวณหาค่า  $F_{4,4}$  ดังแสดงในตารางที่ 5

### 3.1.4 การวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติ ( F-test)

จากผลการทดสอบปัจจัยต่างๆในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4 นำมาคำนวณค่า  $F_{4,4}$  ยกเว้นค่าความยืดที่จุดขาดในตารางที่ 3 ซึ่งคำนวณเป็นค่า  $F_{3,4}$  ตารางที่ 5 สภาวะการทดสอบที่มีผลกระทบต่อความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดโดยพิจารณาจาก ค่า  $F_{4,4}$  ของปัจจัยที่ศึกษา

ปัจจัยที่ศึกษา	ค่า $F_{4,4}$ ของปัจจัยที่ศึกษา	
	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก	ความยืดที่จุดขาด
ขนาดของชั้นทดสอบ	1.14	1.82
อัตราเร็วของการดึง	1.67	1806.50*
ทิศทางของการฉีด	2.10	6.42
ค่าจากตารางมาตรฐาน	6.39	6.59*

\* หมายถึงเป็นค่า  $F_{3,4}$

### 3.2 การทดสอบตัวอย่างโดยใช้ปัจจัยที่ศึกษา

ผลจากการทดสอบตัวอย่างถึงขยะ โดยใช้ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงและค่าความยืดที่จุดขาด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความต้านแรงดึงที่จุดครากและ ความยืดที่จุดขาด ของตัวอย่าง

หมายเลขปฏิบัติการ	ลักษณะผิวภายนอกของตัวอย่าง	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร	ความยืดที่จุดขาดร้อยละ
RV. 525	เรียบ	285±7.25	1160±202.4
RV. 526	เรียบ	281±9.6	1086±67.0
RX. 743	เรียบ	267±6.1	950±106.1
RX. 744	เรียบ	259±2.5	825±66.4
RZ. 734	เรียบ	264±4.3	889±43.1
RZ. 735	เรียบ	254±6.2	864±52.2
TA. 632	ไม่เรียบ	105±5.7	378±112.5
TB. 193	ไม่เรียบ	179±12.1	310±79.4
TB. 194	ไม่เรียบ	201±1.0	320±48.0
TB. 479	ไม่เรียบ	95±2.8	160±51.6

± เป็นค่า ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)



## บทที่ 4

### วิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทดสอบ

##### 4.1.1 รูปร่างของชิ้นทดสอบ

จากตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาค่า  $F_{4,4}$  ของความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดมีค่า 1.14 และ 1.82 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า  $F_{4,4}$  จากตารางมาตรฐาน ซึ่งมีค่า 6.39 เห็นว่ามีค่าน้อยกว่าค่าจากตารางมาตรฐานแสดงว่ารูปร่างของชิ้นทดสอบไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงที่จุดครากและค่าความยืดที่จุดขาด ดังนั้นในการทดสอบจะเลือกใช้ชิ้นทดสอบแบบใดก็ได้ไม่มีผลต่อค่าที่ได้ ในการทดสอบตัวอย่างเลือกใช้ชิ้นทดสอบแบบที่ IV เพราะมีค่าความยาวพิคกิ้งสั้นกว่าแบบที่ I ทำให้ความหนาของชิ้นทดสอบในช่วงความยาวพิคกิ้งมีค่าไม่แตกต่างกันมากรวมทั้งสามารถวัดค่าความยืดได้สะดวกกว่า

##### 4.1.2 อัตราเร็วของการดึงชิ้นทดสอบ

จากตารางที่ 5 ค่า  $F_{4,4}$  ของความต้านแรงดึงที่จุดครากมีค่า 1.67 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าจากตารางมาตรฐาน แสดงว่าอัตราเร็วในการดึงชิ้นทดสอบที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงที่จุดคราก ส่วนค่าความยืดที่จุดขาดในตารางที่ 3 ของชิ้นทดสอบที่ 3 มีค่าสูงผิดปกติน่าจะเกิดจากการที่พลาสติกที่ใช้ผลิตถังขณะมีสมบัติไม่สม่ำเสมอเนื่องจากการเติมสารเติมแต่งต่างๆที่อาจกระจายตัวไม่ดี หรืออาจเกิดจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของพลาสติกในขณะที่ทำการฉีดขึ้นรูป(orientation) ที่ต่างจากส่วนอื่น มีผลให้ความยืดที่จุดขาดมีค่าสูง เมื่อตัดค่านี้ออกและคำนวณค่า  $F_{3,4}$  ในตารางที่ 5 มีค่า 1806.25 ซึ่งมากกว่า  $F_{3,4}$ ค่าจากตารางมาตรฐานซึ่งมีค่า 6.59 แสดงว่า อัตราเร็วในการดึงชิ้นทดสอบมีผลต่อค่าความยืดที่จุดขาด

##### 4.1.3 ทิศทางของการไหลของตัวอย่าง

ค่า  $F_{4,4}$  ของความต้านแรงดึงที่จุดครากของชิ้นทดสอบที่ดึงตามแนวการไหลและแนวตั้งฉากการไหลของการขึ้นรูปของตัวอย่างจากตารางที่ 5 มีค่า 2.10 ซึ่งน้อยกว่าค่า  $F_{4,4}$ จากตารางมาตรฐาน แสดงว่าความต้านแรงดึงที่จุดครากไม่ขึ้นกับทิศทางการไหลของการขึ้นรูปตัวอย่าง ส่วนความยืดที่จุดขาดมีค่า  $F_{4,4}$  เป็น 6.42 ซึ่งมากกว่าค่าจาก

ตารางมาตรฐาน ดังนั้นความยืดที่จุดขาดขึ้นกับทิศทางการไหลของการขึ้นรูปตัวอย่าง เพราะมีการจัดเรียงตัวของ โมเลกุลที่แตกต่างกัน โดยในแนวการไหล โมเลกุลถูกดึงยืดไปตามทิศทางการไหลมากกว่าแนวตั้งฉากการไหล เมื่อดึงตัวอย่างในแนวตั้งฉากการไหลจะมีความยืดมากกว่าแนวการไหล

#### 4.1.4 การทดสอบตัวอย่าง

จากการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบความต้านแรงดึงที่จุดคราก และความยืดที่จุดขาด พบว่าปัจจัยที่ศึกษาทั้งหมดไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงที่จุดคราก แต่อัตราเร็วในการดึงขึ้นทดสอบ และทิศทางการไหลของการขึ้นรูปมีผลต่อความยืดที่จุดขาด ในการทดสอบตัวอย่างจึงเลือกใช้อัตราเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตรต่อนาที และทดสอบตัวอย่างทั้งแนวการไหลและตั้งฉากการไหล โดยเตรียมตัวอย่างจำนวนเท่ากัน และทำการทดสอบแล้วจึงหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของขึ้นทดสอบทั้งสองแนวรวมกัน เพื่อให้เป็นไปตามความประสงค์ของผู้ส่งตัวอย่างซึ่งต้องการให้รายงานผลเพียงค่าเดียวดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด คือมีค่าความต้านแรงดึงที่จุดครากน้อยกว่า 200 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร และค่าความยืดที่จุดขาดน้อยกว่าร้อยละ 800 คือตัวอย่างหมายเลขปฏิบัติการ TA. 632, TB. 193-194 และ TB. 479 ซึ่งในการทดสอบตัวอย่างใช้ปัจจัยการทดสอบเดียวกัน ความแตกต่างของค่าที่ได้จึงไม่ได้เกิดจากปัจจัยในการทดสอบ เมื่อพิจารณาจากปัจจัยอื่นที่แตกต่างกันได้แก่วัตถุดิบที่ใช้ผลิตคือโพลีเอทิลีน ที่มีสมบัติต่างกัน และการผลิตที่แตกต่างกันทำให้ตัวอย่างที่ได้มีสมบัติแตกต่างกัน ที่เห็นได้ชัดคือลักษณะผิวของตัวอย่างที่ไม่เรียบ และมีรูพรุน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ได้ค่าต่างๆต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด ดังนั้นต้องปรับปรุงที่การผลิตหรือวัตถุดิบที่ใช้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนด

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดสอบ

การทดสอบความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดที่จุดขาดซึ่งเป็นสมบัติทางกายภาพของถังขยะแบบพลาสติกมีปัจจัยที่มีผลต่อความยืดที่จุดขาด คือ อัตราเร็วในการดึงตัวอย่าง และทิศทางการไหลของตัวอย่าง ดังนั้นในการทดสอบตัวอย่างถังขยะแบบพลาสติกจึงกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

- 5.1 อัตราเร็วในการดึงขึ้นทดสอบเป็น 50 มิลลิเมตรต่อนาที
- 5.2 ทดสอบตัวอย่างทั้งในแนวทิศทางการไหลและแนวตั้งฉากการไหล โดยเตรียมตัวอย่างทั้งสองแนว
- 5.3 ใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบทั้งสองแนวเป็นค่าที่รายงานผลการทดสอบ
- 5.4 ใช้ขึ้นทดสอบแบบที่ IV ด้วยเหตุผลที่ได้อธิบายแล้วในบทที่ 4

การกำหนดปัจจัยสำหรับการทดสอบเหล่านี้ทำให้ในการทดสอบแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างในวิธีการทดสอบ ในกรณีที่ตัวอย่างที่ทดสอบมีค่าไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของกรุงเทพมหานครจึงต้องพิจารณาจากลักษณะของตัวอย่าง การขึ้นรูปและวัสดุที่ใช้ผลิตว่ามีผลต่อสมบัติเหล่านี้หรือไม่และปรับปรุงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด

### กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของฝ่ายได้แก่ สำนัก  
รักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร โรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตและจำหน่ายถังรอง  
รับมูลฝอยพลาสติก ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวอย่าง รวมถึงผู้ร่วมงานในกลุ่มเทคโนโลยี  
ผลิตภัณฑ์ 1 ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง  
คุณโกคา สิงหวิทย์ ที่ได้สละเวลามาช่วยในการตรวจสอบผลงานชิ้นนี้ จึงใคร่ขอ  
ขอบคุณทุกท่านในโอกาสนี้ด้วย

### เอกสารอ้างอิง

1. สุภชัย ไร่เทียมวงศ์. ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร:  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534
2. กานดา พูนทวีลาภ. ผศ. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซนเตอร์  
การพิมพ์, 2530
3. ASTM D638-91 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. vol.  
8.01, 1995.

ภาคผนวก

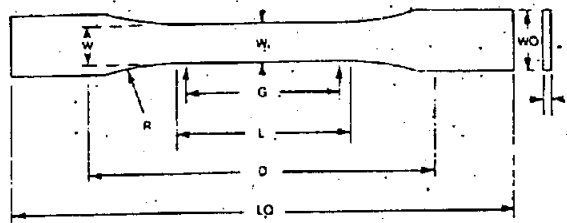
ตารางมาตรฐานของค่า F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Critical Values of  $F_{v_1, v_2}$  for  $\alpha = .05$

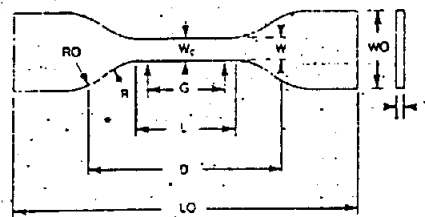
		$v_1 =$ Degrees of freedom for numerator																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$	
$v_2 =$ Degrees of freedom for denominator	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254	
	2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
	3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	8.53
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	5.63
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37	4.37
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	3.67
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	3.23
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	2.93
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	2.71
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	2.54
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	2.40
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	2.30
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	2.21
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	2.13
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	2.07
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	2.01
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	1.96
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	1.92
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	1.88
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	1.84
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	1.81
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	1.78
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.75	1.75
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	1.73
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	1.71
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	1.62	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	1.51	
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	1.39	
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	1.25	
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	1.00	

ตารางแสดงรูปร่างและมิติของชิ้นทดสอบ ASTM D638

D 638



TYPES I, II, III & V



TYPE IV

Specimen Dimensions for Thickness, T, mm (in.)<sup>a</sup>

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl		4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>a</sup>	Type V <sup>b</sup>		
W—Width of narrow section <sup>d, e</sup>	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	±0.5 (±0.02) <sup>a, f</sup>	
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	±0.5 (±0.02) <sup>f</sup>	
WO—Width overall, min <sup>e</sup>	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+6.4 (+0.25)	
LO—Length overall, min <sup>e</sup>	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	+3.18 (+0.125)	
G—Gage length <sup>c</sup>	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	+0.25 (±0.010) <sup>f</sup>	
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	25 (1.00)	...	+0.13 (±0.005)	
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	65 (2.5) <sup>g</sup>	25.4 (1.0)	±5 (±0.2)	
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	14 (0.56)	12.7 (0.5)	±1 (±0.04) <sup>f</sup>	
				25 (1.00)	...	±1 (±0.04)	

<sup>a</sup> The width at the center  $W_c$  shall be +0.00 mm, -0.10 mm (+0.000 in., -0.004 in.) compared with width  $W$  at other parts of the reduced section. Any reduction in  $W$  at the center shall be gradual, equally on each side so that no abrupt changes in dimension result.

<sup>b</sup> For molded specimens, a draft of not over 0.13 mm (0.005 in.) may be allowed for either Type I or II specimens 3.2 mm (0.13 in.) in thickness, and this should be taken into account when calculating width of the specimen. Thus a typical section of a molded Type I specimen, having the maximum allowable draft, could be as follows:

<sup>c</sup> Test marks, or initial extensometer span.

<sup>d</sup> Thickness,  $T$ , shall be  $3.2 \pm 0.4$  mm ( $0.13 \pm 0.02$  in.) for all types of molded specimens, and for other Types I and II specimens where possible. If specimens are machined from sheets or plates, thickness,  $T$ , may be the thickness of the sheet or plate provided this does not exceed the range stated for the intended specimen type. For sheets of nominal thickness greater than 14 mm (0.55 in.) the specimens shall be machined to  $14 \pm 0.4$  mm ( $0.55 \pm 0.02$  in.) in thickness, for use with the Type II specimen. For sheets of nominal thickness between 14 and 51 mm (0.55 and 2 in.) approximately equal amounts shall be machined from each surface. For thicker sheets both surfaces of the specimen shall be machined and the location of the specimen with reference to the original thickness of the sheet, shall be noted; Tolerances on thickness less than 14 mm (0.55 in.) shall be those standard for the grade of material tested.

<sup>e</sup> Overall widths greater than the minimum indicated may be desirable for some materials in order to avoid breaking in the grips.

<sup>f</sup> Overall lengths greater than the minimum indicated may be desirable either to avoid breaking in the grips or to satisfy special test requirements.

<sup>g</sup> For the Type IV specimen, the internal width of the narrow section of the die shall be  $6.00 \pm 0.05$  mm ( $0.250 \pm 0.002$  in.). The dimensions are essentially those of Die C in Test Methods D 412.

<sup>h</sup> When self-tightening grips are used, for highly extensible polymers, the distance between grips will depend upon the types of grips used and may not be critical if maintained uniform once chosen.