

## บทที่ 3

### การทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 น้ำยางข้นชนิด HA ที่มี 60.18 %DRC, 61.61 %TSC และปริมาณแอมโมเนีย 0.7%  
(บริษัท ไทยรับเบอร์ ลาเท็กซ์ จำกัด)
- 3.1.2 ยางธรรมชาติ STR 5L (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ประเทศไทย)
- 3.1.3 ยางสังเคราะห์ NBR (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ประเทศไทย)

#### 3.2 สารเคมี

- 3.2.1 กรดฟอร์มิก 98% : Fisher Chemical
- 3.2.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50% : Thai Peroxide Co.,Ltd.
- 3.2.3 polyalcohol ethyleneoxide condensate : Australia  
(Terric16A-16)
- 3.2.4 โซเดียมคาร์บอเนต : MERCK
- 3.2.5 เมทานอล : MERCK
- 3.2.6 ซิงก์ออกไซด์ (ZnO) : Fluka
- 3.2.7 กรดสเตียริก : Fluka
- 3.2.8 ซิลิกา : Cabot Corporation
- 3.2.9 PEG3350 (polyethylene glycol 3350) : Fluka
- 3.2.10 Wingstay L (styrenated diphenylamine) : Goodyear Chemical
- 3.2.11 N-Cyclohexylbenzothiazylsulphenamide : Monsanto  
(CBS)
- 3.2.12 Tetramethyl thiuram disulphide (TMTD) : Sunny World (1998)  
Co.,Ltd.
- 3.2.13 ซัลเฟอร์ : DYNA Trade Co.,Ltd.
- 3.2.14 น้ำมัน ASTM oil No.1 : Japan Sun Oil Co.,Ltd.
- 3.2.15 น้ำมัน IRM 903 : Japan Sun Oil Co.,Ltd.

### 3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.3.1 เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง  
(Two-roll mill) : Model R 11-3FF(3338)  
โตเกียว ประเทศญี่ปุ่น
- 3.3.2 Rheometer : Rheotech, Protech, USA.
- 3.3.3 เครื่องทดสอบสมบัติด้านการดึง  
(Tensile testing machine) : Instron Corporation Series  
IX Automated Materials  
Testing System 6.05 Model  
1011, USA
- 3.3.4 เครื่องทดสอบสมบัติความแข็ง  
(Hardness testing machine) : Durometer Hardness  
System (Shore A) Model  
716, USA.
- 3.3.5 เครื่องตัดชิ้นตัวอย่าง  
(Compress air sample cutter) : Model SDAP-100-N  
Intro Enterprise Co.,Ltd.,  
USA.
- 3.3.6 เครื่องอัดแบบขึ้นตัวอย่าง  
(Compression molding hydraulic) : Model V75h-18-BPX,  
Serial 9593 Wabash,  
Indiana, USA.
- 3.3.7 เครื่องทดสอบสมบัติการคืนตัว  
(Compression set testing) : ATS, Italy
- 3.3.8 เครื่องจับขึ้นทดสอบไอโซน : Hampden 703, England.
- 3.3.9 เครื่องไอโซน : Hampden 703, England.
- 3.3.10 อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์  
(FT-IR Spectrometer) : Perkin Elmer System 2000  
- FT-IR
- 3.3.11 Differential scanning calorimeter (DSC) : NETZSCH DSC 200

### 3.4 แนวทางการทดลอง

แนวทางการทดลองแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

- การเตรียมยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ (ENR)
- การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์
- การเตรียมยางผสมสารเคมี และการขึ้นรูป
- การทดสอบสมบัติเชิงกล และความต้านทานน้ำมันของยาง

### 3.5 การเตรียมยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ (ENR)

3.5.1 นำน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA) ที่มี 60 %DRC มาทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น จนเหลือ 20 %DRC โดยเติมน้ำกลั่น 333.33 กรัม ลงในน้ำยางข้น 166.67 กรัม ซึ่งจะมีเนื้อยางแห้งอยู่ในน้ำยาง 100 กรัม (การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก)

3.5.2 เติม polyalcohol ethyleneoxide condensate ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Terric 16A-16 ปริมาณ 5 กรัม (5 ส่วนในร้อยส่วนของเนื้อยางแห้ง) เพื่อทำให้น้ำยางคงตัว แล้วกวนด้วยแท่งแม่เหล็ก (magnetic bar) ขนาด 4 ซม. ด้วยความเร็ว  $11 \text{ min}^{-1} \times 100$  เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.5.3 นำน้ำยางข้นที่ผ่านการทำให้คงตัวแล้วมาหยดกรดฟอร์มิก 98% ที่เตรียมไว้ให้มีความเข้มข้น 0.75 โมลาร์ เทียบกับปริมาณของหน่วยไอโซพรีนในโครงสร้างของยางธรรมชาติ (วิธีทำและการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก) ปริมาณ 50.75 กรัม โดยใช้เวลาในการหยด 15–20 นาที ที่อุณหภูมิ 40–50 องศาเซลเซียส จากนั้นปรับอุณหภูมิให้เป็น 50 องศาเซลเซียส แล้วจึงหยดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50% ที่เตรียมไว้ให้มีความเข้มข้น 0.75 โมลาร์ เทียบกับปริมาณของหน่วยไอโซพรีนในโครงสร้างของยางธรรมชาติ (วิธีทำและการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก) ปริมาณ 75.02 กรัม โดยใช้เวลาหยด 25–30 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งตลอดขั้นตอนการทดลองจะต้องกวนน้ำยางด้วยแท่งแม่เหล็กที่ความเร็ว  $11 \text{ min}^{-1} \times 100$  โดยจะให้ปฏิกิริยาดำเนินไปเป็นเวลา 4, 8 และ 12 ชั่วโมง เพื่อให้ยางธรรมชาติเกิดปฏิกิริยาอิพอกซิเดชันในระดับต่างกัน 3 ระดับ ซึ่งจะเรียกยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ที่ได้นี้ว่า ENR-A, ENR-B และ ENR-C ตามลำดับ

3.5.4 เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาตามเวลาที่กำหนดไว้ให้ตกตะกอนยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ที่ได้ทันทีด้วยเมทานอล 95%v/v แล้วนำไปรีดให้เป็นแผ่นบางๆ และล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง จากนั้นแช่ยางในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 5 % เป็นเวลา 2- 3 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง

3.5.5 นำยางที่เตรียมได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนยางมีน้ำหนักคงที่ (16–18 ชั่วโมง) และเก็บยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ที่เตรียมได้ไว้ในเดสซิเคเตอร์



### 3.6 การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์

3.6.1 วิเคราะห์ปริมาณหมู่อิพอกไซด์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (IR) โดยตัดชิ้นยางให้มีขนาด  $2 \times 3$  ซม. แล้วตั้งให้ตั้งจนยางใส และแสงอินฟราเรดสามารถส่องผ่านได้ ติดยางที่ติดแล้วกับแผ่นรองรับที่มีช่องขนาด  $1 \times 3$  ซม. แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยทั่วไปอินฟราเรดสเปกตรัมของยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์จะปรากฏแถบการดูดกลืนของหมู่อิพอกไซด์ที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $870 \text{ cm}^{-1}$  และ  $1240 \text{ cm}^{-1}$  ซึ่งไม่ปรากฏในยางธรรมชาติ ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณหมู่อิพอกไซด์สามารถทำได้โดยการคำนวณอัตราส่วนการดูดกลืน (absorbance ratio) ของแถบการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $870 \text{ cm}^{-1}$  ต่อแถบการดูดกลืนแสงที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $835 \text{ cm}^{-1}$  (แสดงถึงการมีพันธะ C-H ต่อกับ  $\text{-C=C-}$  ของ *cis*-1,4-polyisoprene) โดยคำนวณหาค่าอัตราส่วนการดูดกลืนจากสมการที่ 3.1 (Davey and Loadman, 1984)

$$\text{อัตราส่วนการดูดกลืน} = \frac{a_{870}}{a_{870} + a_{835}} \quad 3.1$$

เมื่อ  $a_{870}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $870 \text{ cm}^{-1}$

$a_{835}$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $835 \text{ cm}^{-1}$

อัตราส่วนการดูดกลืนแสงที่ได้จากสมการที่ 3.1 เมื่อคูณด้วย 100 จะเป็นปริมาณที่คิดเป็นร้อยละของหมู่อิพอกไซด์



รูปที่ 3.1 เครื่อง FT-IR สเปกโทรมิเตอร์

3.6.2 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรี (DSC) โดยนำตัวอย่างยางอิพอกไซด์แห้งปริมาณ 0.5 มิลลิกรัม ใส่ลงในเซลล์อะลูมิเนียม แล้วนำไปวางในตำแหน่งวางเซลล์ของเครื่อง DSC รุ่น NETZSCH DSC 200 ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ทดลองภายใต้ภาวะบรรยากาศของไนโตรเจน โดยใช้ไนโตรเจนเหลวเป็นสารหล่อเย็นเพื่อให้อุณหภูมิการทดสอบต่ำกว่าค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (glass transition temperature,  $T_g$ ) ของยางธรรมชาติ และเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา  $5\text{ }^{\circ}\text{C/นาที}$



รูปที่ 3.2 เครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC)

### 3.7 การเตรียมยางผสมสารเคมี และการขึ้นรูป

นำยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ (ENR-A, ENR-B และ ENR-C) ยางแท่ง STR-5L และยางไนไตรล์ (NBR) ชนิดมีหมู่นไนไตรล์ปานกลาง มาผสมกับสารเคมีต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

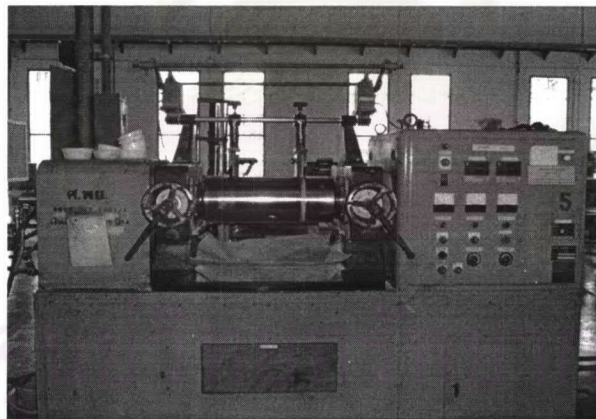
บดผสมยางกับสารเคมีต่างๆ ด้วยเครื่องบดแบบ 2 ลูกกลิ้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. ซึ่งสามารถปรับช่องระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองให้กว้าง 150-280 มม. ความเร็วของการหมุนลูกกลิ้งต่ำสุดเป็น 24 รอบ/นาที สำหรับการบดผสมยางธรรมชาติกับสารเคมี อัตราส่วนความเร็วของลูกกลิ้งลูกหน้าต่อลูกกลิ้งลูกหลังที่เหมาะสมคือ 1 : 1.25 แต่การบดยางสังเคราะห์มักใช้ความเร็วลูกกลิ้งทั้งสองเกือบเท่ากัน ซึ่งเป็นไปตาม ASTM D3182-89 โดยแสดงลำดับการบดผสมยางด้วยเครื่องบดแบบ 2 ลูกกลิ้ง ไว้ในรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.1 ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมยางผสมสารเคมี

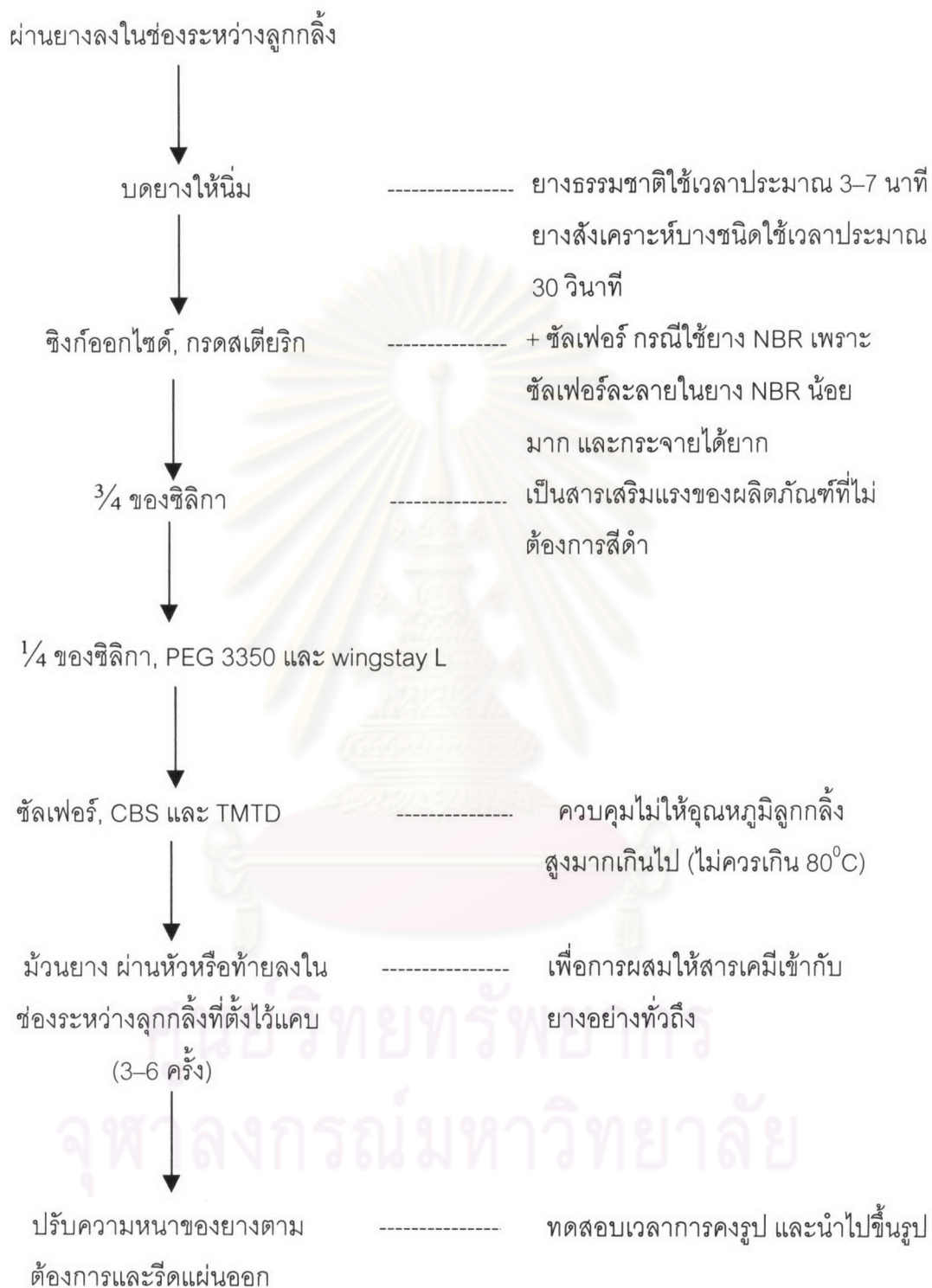
ส่วนผสม	ปริมาณการผสม (phr) <sup>ก</sup>
ยาง <sup>ข</sup>	100.0
ZnO	5.0
Stearic acid	2.0
Silica	40.0
PEG 3350	1.0
Wingstay L	10
CBS	1.2
TMTD	0.2
S	2.0

ก : หนึ่งในร้อยส่วนของยาง (part per hundred of rubber)

ข : ENR-A, ENR-B, ENR-C, STR-5L และ NBR



รูปที่ 3.3 เครื่องบดแบบ 2 ลูกกึ่ง รุ่น K11-3FF (3338)



รูปที่ 3.4 ลำดับการบดผสมยางด้วยเครื่องบดแบบ 2 ลูกกลิ้ง



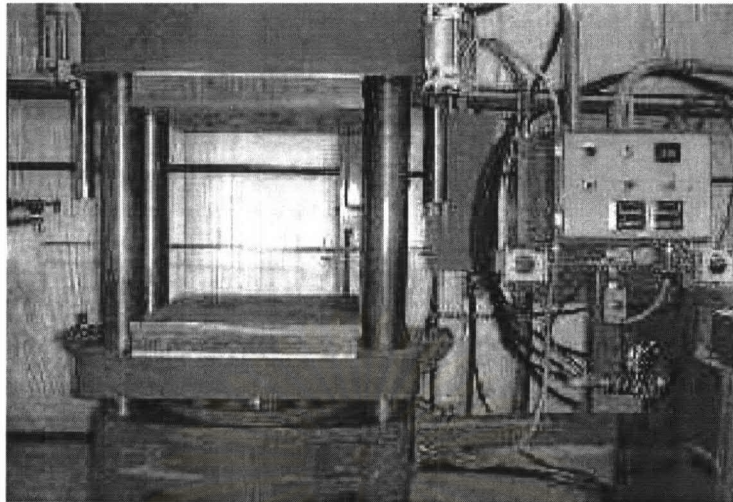
นำยางที่ได้จากการผสมสารเคมีไปทดสอบหาเวลาสคอรัช (scorch time) และเวลาการคงรูป (cure time) ด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์รุ่น Rheotech, Protech ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยใช้อุณหภูมิในการทดสอบ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตาม ASTM D 2084-93 จากนั้นนำเวลาการคงรูปมาใช้ในขั้นตอนการขึ้นรูปขึ้นทดสอบ



รูปที่ 3.5 รีโอมิเตอร์ (Rheotech , Protech ,USA.)

นำยางผสมสารเคมีวางลงบนพื้นผิวโลหะที่เรียบแห้งและสะอาด แล้วทำการตัดยางให้มี ความกว้างและความยาวน้อยกว่าแม่แบบเล็กน้อย จากนั้นทิ้งขึ้นยางที่ตัดพักไว้เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และความชื้นต่ำกว่า 5% ต่อจากนั้นให้นำขึ้นยางอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด แบบ (compression molding) ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ที่ความดันต่ำกว่า 3.5 MPa อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาการคงรูปของยางที่ได้จากการทดสอบในขั้นตอนแรก เมื่ออัดขึ้น รูปขึ้นทดสอบตามเวลาการคงรูปที่กำหนด ให้นำขึ้นทดสอบออกจากแม่แบบมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ ห้องอย่างน้อย 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 96 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ





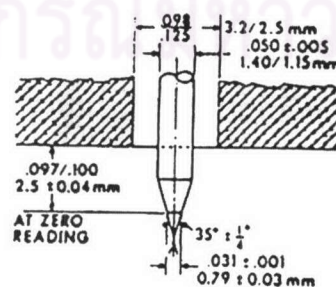
รูปที่ 3.6 เครื่องอัดแบบ (compression molding)

### 3.8 การทดสอบสมบัติเชิงกล และสมบัติความต้านทานน้ำมัน

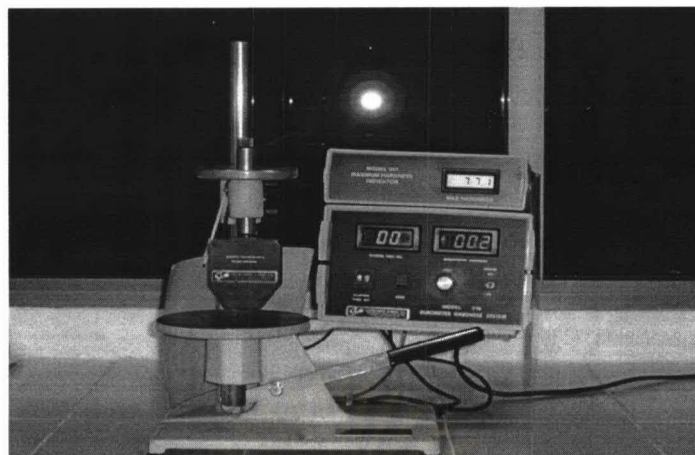
#### 3.8.1 สมบัติความแข็ง (ASTM D 2240)

ทดสอบหาค่าความแข็งของยางที่ผ่านการคงรูปแล้วด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ (durometer) รุ่น 716 แบบ Shore A ดังแสดงในรูปที่ 3.7 และเครื่องมือในการหาค่าความแข็งแสดงไว้ในรูปที่ 3.8 โดยชั้นทดสอบที่ใช้วัดควรมีความหนาอย่างน้อย 6 มม. นอกจากนี้ ชั้นทดสอบต้องมีพื้นผิวเรียบและขนานกับพื้นผิวสัมผัสของเข็มที่กดลงบนชั้นทดสอบ เงื่อนไขของการทดสอบสมบัติความแข็งมีดังนี้

อุณหภูมิ	25 °C
ความชื้นสัมพัทธ์	50 %



รูปที่ 3.7 ลักษณะหัวกดของการหาความแข็งแบบ Shore A



รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบหาค่าความแข็งแบบ Shore A

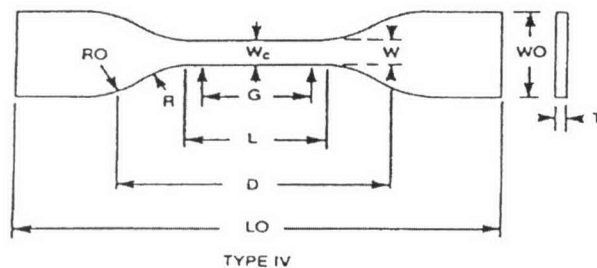
นอกจากนี้ ยังได้หาค่าความแข็งของยางที่ผ่านการบ่มเร่งด้วยความร้อน (heat aging) โดยยอบแผ่นยางที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เมื่อนำแผ่นยางออกจากตู้อบให้ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยครึ่งชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบสมบัติหาค่าความแข็ง จากนั้นตั้งทิ้งไว้อีกอย่างน้อย 16 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติความแข็งตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

### 3.8.2 สมบัติด้านการดึง (ASTM D412)

ทดสอบสมบัติด้านการดึงของยางที่ผ่านการคงรูปแล้วเพื่อหาค่าความทนแรงดึง (tensile strength) ระยะยืด ณ จุดขาด (elongation at break) และค่ามอดุลัส (modulus) โดยนำแผ่นยางที่ผ่านการคงรูปแล้วมาตัดให้เป็นรูปดัมเบลล์ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ด้วยเครื่องตัด compress air sample cutter รุ่น SDAP-100-N ซึ่งการทดสอบสมบัติด้านการดึงจะมีเงื่อนไขดังนี้

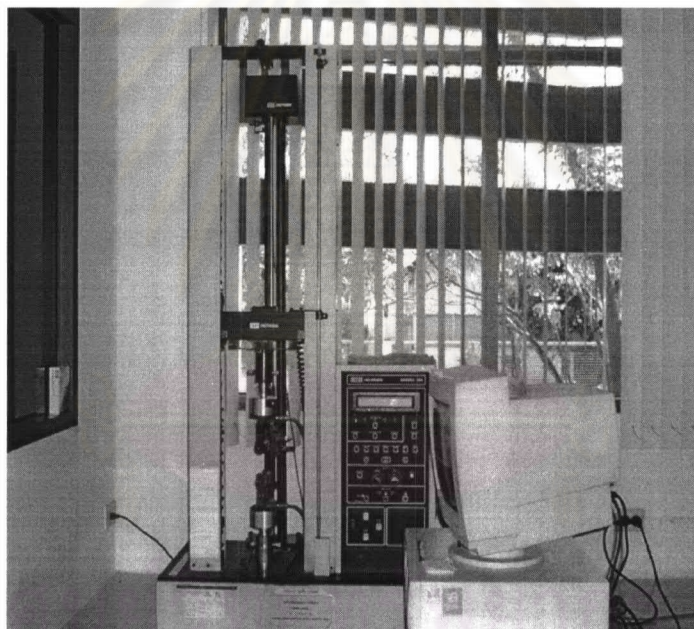
อุณหภูมิ	25 °C
ความชื้น	60 %
ความเร็วในการดึง	500 มม./นาที

เครื่องที่ใช้ทดสอบสมบัติด้านการดึงเป็นเครื่อง Instron testing machine series IX รุ่น 1011 ดังแสดงในรูปที่ 3.10



W : 6 มม.      WO : 19 มม.      G : 25 มม.      R : 14 มม.      T : 4 มม. หรือต่ำกว่า  
 L : 33 มม.      LO : 115 มม.      D : 65 มม.      RO : 25 มม.

รูปที่ 3.9 ชิ้นทดสอบความทนแรงดึง



รูปที่ 3.10 เครื่อง Instron Corporation Series IX Automated  
 Materials Testing System 6.05 รุ่น 1011

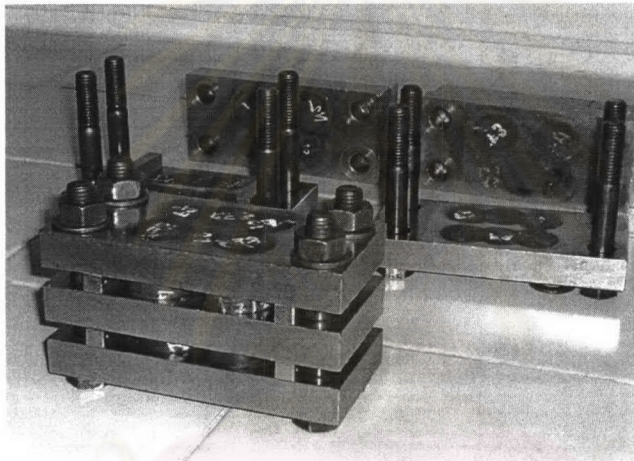
นอกจากนี้ ยังได้ทดสอบสมบัติด้านการดึงของยางที่ผ่านการบ่มเร่งด้วยความร้อน โดยอบแผ่นยางที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เมื่อนำแผ่นยางออกจากตู้อบให้ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยครึ่งชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปตัดเป็นรูปดัมเบลล์ให้มีขนาดตามรูปที่ 3.9 จากนั้นตั้งทิ้งไว้อีกอย่างน้อย 16 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติด้านการดึงตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว



### 3.8.3 สมบัติการคืบตัว (ASTM D395-98)

การทดสอบสมบัติด้านการคืบตัวใช้เครื่อง compression set test ของ ATS, Italy โดยชิ้นทดสอบมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 29 มม. หนา 12.5-13.0 มม. ให้นำชิ้นทดสอบรูปทรงกระบอกใส่เข้าไประหว่าง spacer bar ของเครื่องทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.11 แล้วกดให้ชิ้นทดสอบมีความหนาลดลง 25% โดยเหลือความหนาประมาณ 9.5 มม. แล้วนำชุดเครื่องทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องตั้งทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง หลังจากนั้นจึงวัดความหนาของชิ้นทดสอบเพื่อนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การคืบตัว ดังนี้

$$\% \text{ compression set} = \frac{[\text{ความหนาของชิ้นงานก่อนทดสอบ} - \text{ความหนาของชิ้นงานหลังทดสอบ}] \times 100}{[\text{ความหนาของชิ้นงานก่อนทดสอบ} - \text{ความหนาของชิ้นงานเมื่อเริ่มกด (9.5 มม.)}]}$$
 (3.2)

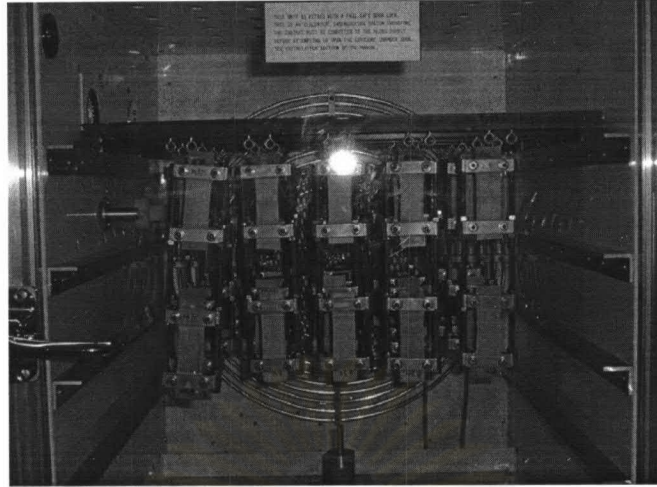


รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบการคืบตัว

### 3.8.4 สมบัติความต้านทานโอโซน (ISO 1431)

ชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบสมบัติการเสื่อมสภาพของยางเนื่องจากสัมผัสกับแก๊สโอโซน มีขนาดกว้าง 19 มม. ยาว 90 มม. และหนา 4 มม. โดยชิ้นทดสอบจะถูกยึดด้วยตัวจับของเครื่อง Hampden 703 ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ที่ปลายทั้งสองด้านก่อนนำเข้าตู้อบโอโซน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ซึ่งมี เงื่อนไขการทดสอบ ดังนี้

ความเข้มโอโซน	50 pphm
อุณหภูมิ	40 °C
เปอร์เซ็นต์การยึดตัว (Static/Dynamic)	20%
เวลา	72 ชั่วโมง



รูปที่ 3.12 ชั้นทดสอบที่ถูกยึดด้วยตัวจับของเครื่อง Hampden 703



รูปที่ 3.13 ตู้อบโอโซน

### 3.8.7 สมบัติความต้านทานน้ำมัน (ASTM D471-79)

ชั้นทดสอบสมบัติความต้านทานน้ำมันมีขนาดกว้าง 19 มม. ยาว 55 มม. และหนา 4 มม. โดยซังน้ำหนักรชั้นทดสอบทั้งในอากาศและในน้ำ แล้วบันทึกน้ำหนักที่ได้ไว้ จากนั้นนำชั้นทดสอบไปแช่ในน้ำมัน ASTM oil No.1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำการทดสอบเช่นเดียวกับน้ำมัน IRM 903 จากนั้นซังน้ำหนักรชั้นทดสอบที่ผ่านการแช่น้ำมันทั้งในอากาศและในน้ำ นำผลที่ได้ไปคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร ดังนี้

$$\text{การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร (\%)} = \frac{[(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)] \times 100}{(m_1 - m_2)} \quad (3.3)$$

เมื่อ  $m_1$  = น้ำหนักของชั่งทดสอบก่อนแช่น้ำมันซึ่งในอากาศ (กรัม)

$m_2$  = น้ำหนักของชั่งทดสอบก่อนแช่น้ำมันซึ่งในน้ำ (กรัม)

$m_3$  = น้ำหนักของชั่งทดสอบหลังแช่น้ำมันซึ่งในอากาศ (กรัม)

$m_4$  = น้ำหนักของชั่งทดสอบหลังแช่น้ำมันซึ่งในน้ำ (กรัม)



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย