

บทที่ 8

การทดสอบการกระแทก (Impact Testing)

1. บทนำ (introduction)

อัตราเร็วการใส่แรงและอัตราการเสียรูปที่เกิดขึ้นทำให้วัสดุแสดงสมบัติแตกต่างกัน คือวัสดุส่วนใหญ่สามารถรับแรงได้สูงขึ้นก่อนแตกหักหากมีระยะเวลาการใส่แรงนานขึ้น คือการทดสอบแบบสถิต (static testing) แต่ถ้าใส่แรงแบบพลวัต (dynamic testing) แม้จะกระทำด้วยแรงที่น้อยกว่าปกติชิ้นงานก็แตกหักได้ ทั้งนี้เพราะสมบัติต่างๆ ของวัสดุหลายชนิดขึ้นอยู่กับอัตราการยืดตัว (strain rate) การทดสอบที่ใช้วัดค่าพลังงานที่จำเป็นในการทำให้วัสดุแตกหักภายใต้การรับแรงแบบฉับพลันนี้เรียกว่าเป็นการทดสอบการกระแทก

2. ทฤษฎีและเครื่องมือการทดสอบ

การทดสอบการกระแทกเป็นการวัดการส่งถ่ายพลังงานที่จำเป็นในการแตกหักของวัสดุ ค่าความแข็งแรงการกระแทกจะบ่งบอกถึงความสามารถในการรับแรงแบบฉับพลัน (shock load) แม้พลังงานไม่สามารถสร้างและทำลาย แต่พลังงานการกระแทกจะสูญเสียไปในหลายลักษณะ เช่น ถูกใช้ในการเสียรูปแบบยืดหยุ่นและแบบถาวรของวัสดุ และแรงเสียดทานจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่างๆ เป็นต้น โดยการออกแบบโครงสร้างและเครื่องจักรประการแรกต้องให้ชิ้นงานสามารถดูดซับพลังงานให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในช่วงของการยืดหยุ่น และประการที่สองคืออาศัยการหน่วงบางรูปแบบเพื่อลดการดูดซับพลังงานของเครื่อง ในการทดสอบการกระแทกจะใช้พลังงานของลูกตุ้มกระแทกให้ชิ้นทดสอบแตกหักโดยพลังงานจะนิยามเป็นงานซึ่งเป็นแรงที่กระทำเป็นระยะทางหนึ่ง ดังสมการ

$$W = FD$$

เมื่อ W คืองาน (ปอนด์ฟุต หรือ นิวตันเมตร)

F คือแรงที่กระทำ (ปอนด์ หรือ นิวตัน)

D คือระยะทางในช่วงที่แรงกระทำ (นิ้ว หรือ เมตร)

วัตถุประสงค์การทดสอบการกระแทกคือการวัดงานที่ใช้ในการแตกหักภายใต้การกระแทกอย่างฉับพลัน ซึ่งสามารถหาได้จากการปล่อยลูกตุ้มที่ทราบค่าน้ำหนักแน่นอนลงบนชิ้นทดสอบด้วยความสูงค่าหนึ่ง ดังรูปที่ 8.1 แล้วทำการคำนวณค่าการดูดซับพลังงานการกระแทกหรือความต้านทานการกระแทกของวัสดุจากผลต่างของระดับพลังงานศักย์ของลูกตุ้มก่อนและหลังการกระแทกด้วยสมการต่อไปนี้

$$E = w(h-h')$$

หรือ $= mg(h-h')$ (ในหน่วยเมตริก)

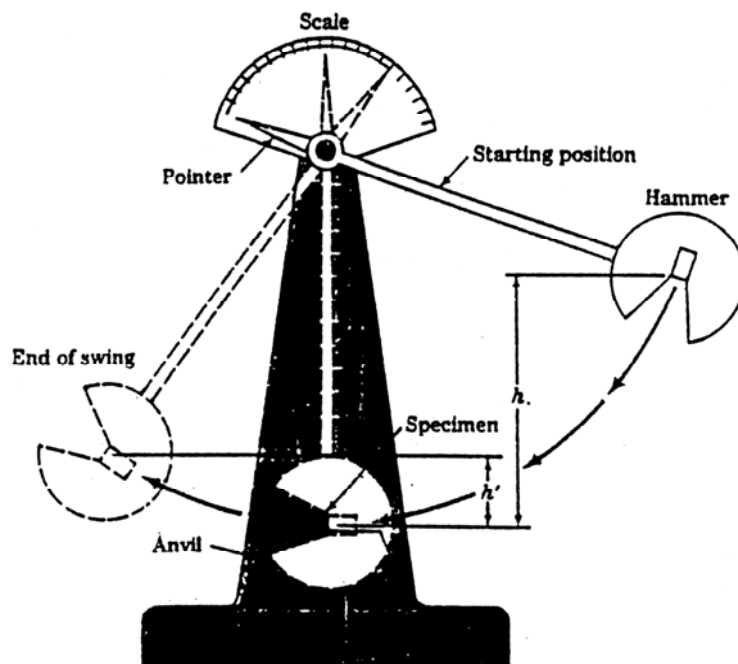
เมื่อ E คือพลังงานที่ได้จากการปล่อยตุ้มน้ำหนัก (ปอนด์ฟุต หรือ นิวตันเมตร)

w คือน้ำหนักของลูกตุ้ม (ปอนด์)

m คือมวลของตุ้มน้ำหนัก (กิโลกรัม)

h, h' คือความสูงของลูกตุ้มก่อนและหลังการกระแทกตามลำดับ (ฟุต หรือ เมตร)

g คืออัตราเร่งจากแรงดึงดูดของโลก (9.81 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง)



รูปที่ 8.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องทดสอบการกระแทก

ตัวอย่างที่ 8.1

จงหาค่าพลังงานที่เกิดขึ้นจากการตกกระทบพื้นของกระป๋องโซดาหนัก 12 ออนซ์ (0.34 กิโลกรัม) ที่หล่นจากตึกสูง 100 ฟุต (30.5 เมตร)

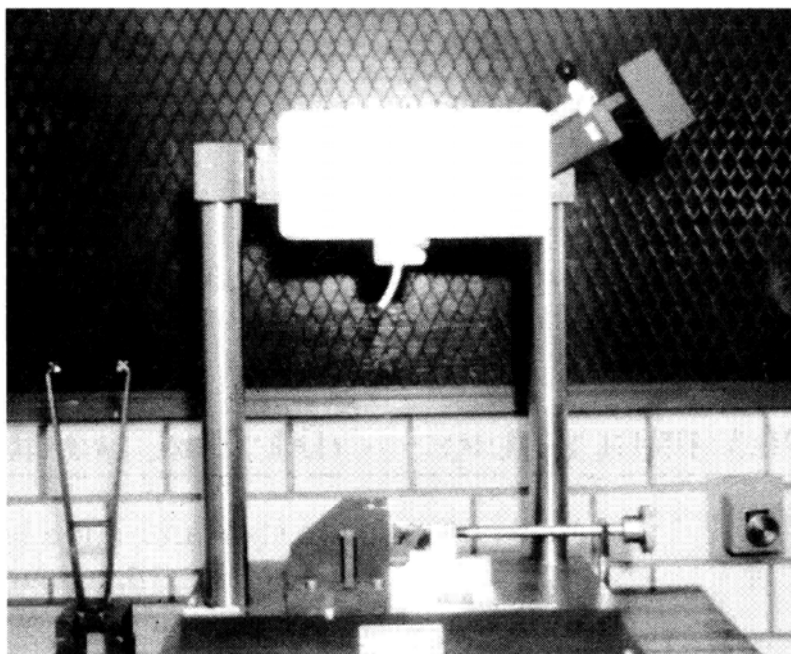
$$\begin{aligned}\text{วิธีทำ} \quad E &= 0.75 \text{ lb} \times 100 \text{ ft.} \\ &= 75 \text{ ft-lb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{หรือ} \quad &= 0.34 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 30.5 \text{ m.} \\ &= 102 \text{ N.m}\end{aligned}$$

สมบัติของวัสดุที่สัมพันธ์กับการแตกหักเรียกว่าความแกร่ง (toughness) โดยสาเหตุของการแตกหักมาจากการกระแทกหรือแรงกระทำแบบฉับพลัน โดยความเหนียวและความแข็งแรงจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อความแกร่งของวัสดุ และโดยทั่วไปจะใช้การทดสอบการกระแทกในการวัดความแกร่งของวัสดุ

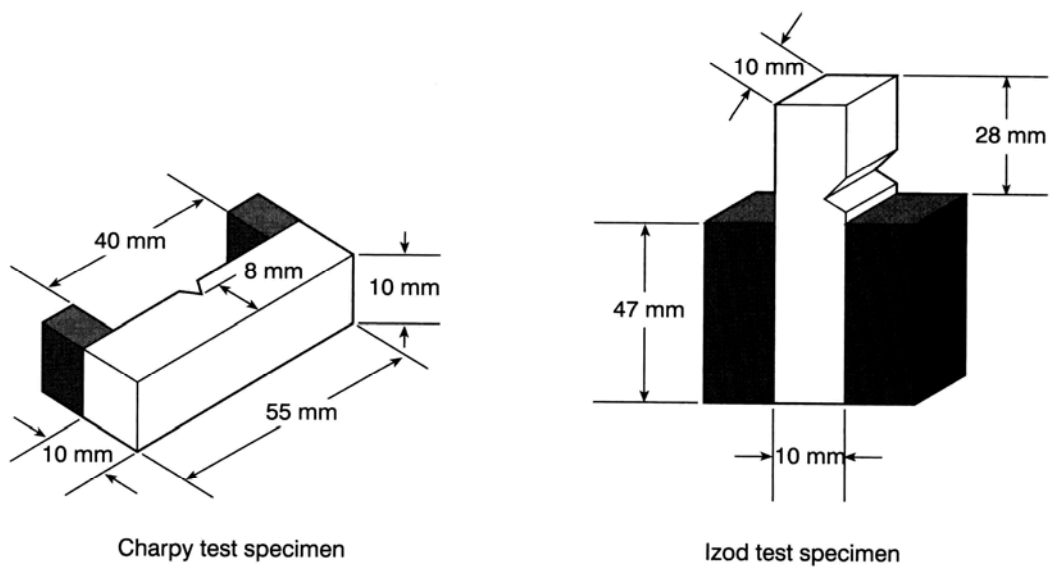
แรงที่กระทำในการทดสอบการกระแทกสามารถทำได้ทั้งในรูปของการดึงออก การดึง การอัด หรือการบิด แต่ที่นิยมใช้คือแรงดึงออกและที่นิยมใช้น้อยสุดคือแรงดึง ส่วนแรงอัดและแรงบิดจะใช้เฉพาะกรณีเท่านั้น การตีกระแทกสามารถทำได้ด้วยการปล่อยลูกตุ้มน้ำหนัก การเหวี่ยงลูกตุ้มหรือการหมุนวงล้อ บางการทดสอบจะเป็นการทดสอบการแตกหักของชิ้นทดสอบด้วยการกระแทกเพียงครั้งเดียว และบางการทดสอบเป็นการแตกหักชิ้นทดสอบด้วยการกระแทกหลายครั้งด้วยน้ำหนักเดิม โดยเพิ่มความสูงลูกตุ้มขึ้นเรื่อยๆ จนชิ้นงานแตกหัก

อย่างไรก็ตามการทดสอบที่นิยมใช้โดยทั่วไปได้แก่ การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี และแบบไอซอด (Charpy and Izod impact tests) โดยการทดสอบทั้งคู่นี้จะทำการใส่แรงกระทำด้วยการเหวี่ยงลูกตุ้มและใช้ชิ้นทดสอบที่มีร่องบากและมีขนาดเล็ก และการทดสอบจะเป็นการใส่แรงด้วยการดึงออก การทดสอบทั้งสองแบบนี้ต่างกันที่การออกแบบชิ้นทดสอบและความเร็วของลูกตุ้มในการกระแทกชิ้นทดสอบ ในการทดสอบแบบชาร์ปีชิ้นทดสอบจะถูกยึดในลักษณะเป็นคานเดี่ยว (single beam) แล้วตีกระแทกที่บริเวณด้านหลังของร่องบาก ส่วนในการทดสอบแบบไอซอดจะยึดชิ้นงานในรูปของคาน โยค และตีกระแทกที่ปลายอีกข้างหนึ่งด้านหน้าร่องบาก ในการทดสอบเหล่านี้การดูดซับพลังงานจะเพิ่มขึ้นใน



รูปที่ 8.2 เครื่องทดสอบการกระแทกแบบไอซอดและชาร์ปี

ชิ้นทดสอบในการทดสอบแบบไอซอดดังรูปที่ 8.3(b) จะถูกยึดปลายข้างหนึ่งในแนวตั้งด้วยหัวจับที่ติดอยู่กับฐาน ความเร็วมาตรฐานในการเหวี่ยงลูกตุ้มในการทดสอบการกระแทกแบบไอซอดคือ 11.5 ฟุตต่อวินาที ในขณะที่การทดสอบแบบชาร์ปีชิ้นงานจะถูกยึดปลายทั้งสองข้างและอยู่ในแนวนอน ดังรูปที่ 8.3(a) โดยใช้ความเร็วลูกตุ้มในการกระแทก 17.5 ฟุตต่อวินาที การบากชิ้นทดสอบทั้งสองแบบเป็นการเพิ่มแรงเค้นเฉพาะบริเวณ ซึ่งจะทำให้เกิดการดูดซับของพลังงานที่จุดเดียวและทราบบริเวณที่ชิ้นงานจะเกิดการแตกหัก ถ้าไม่มีการบากแรงเค้นจะกระจายไปทั่วทั้งชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียรูปถาวรจากการดัดงอมากกว่าที่เกิดการแตกหัก ซึ่งจะทำให้ผลการทดสอบที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์การทดสอบการกระแทกเป็นการวัดปริมาณพลังงานที่ต้องการในการแตกหักของวัสดุ



รูปที่ 8.3 ชิ้นทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีและไอซอด

สำหรับวัสดุไม้จะใช้การทดสอบแบบฮัทท์จูลเนอร์ โดยการทดสอบแบบนี้จะเป็นการทดสอบการกระแทกที่ใส่แรงกระทำในลักษณะการค้ำงอด้วยการปล่อยก้อนน้ำหนักงที่ค่าหนึ่งทีละระยะความสูงต่างๆ โดยความสูงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานแตกหักจะถูกนำมาใช้ในการหาค่าความแกร่งของวัสดุ และข้อมูลที่จะได้รับการทดสอบแบบฮัทท์จูลเนอร์นี้ได้แก่ โมดูลัสความยืดหยุ่น บิดจำกัดสัดส่วน และค่าเรซิเลียนเผลี่ย

3. กระบวนการทดสอบ

ส่วนประกอบที่จำเป็นต้องได้มาตรฐานในการทดสอบการกระแทกได้แก่ กระบวนการทดสอบ แทนวางชิ้นงาน ชุดรองรับชิ้นงาน ชิ้นทดสอบ น้ำหนักของลูกตุ้ม และความเร็วการกระแทกของลูกตุ้ม

รูปแบบทางทฤษฎีของเครื่องทดสอบการกระแทกแบบแตกหักในคราวเดียว (single blow) ควรเป็นดังนี้

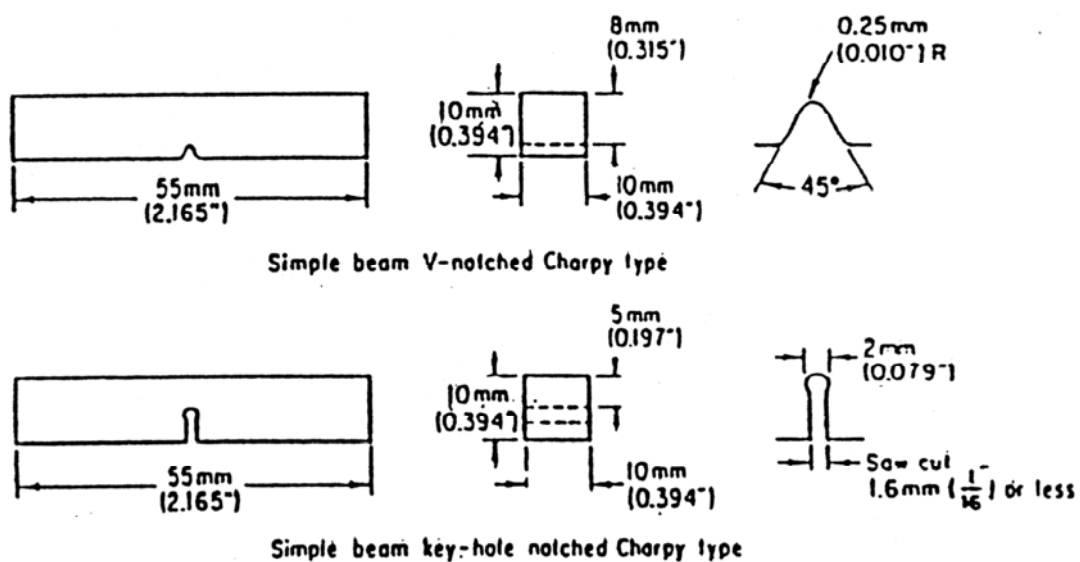
- ตั้มน้ำหนักที่เคลื่อนที่ควรจะให้พลังงานจลน์ที่มากพอที่จะทำให้ชิ้นทดสอบแตกหักในบริเวณที่กำหนด
- แทนวางและชุดรองรับชิ้นงานที่สามารถทำให้ชิ้นงานรับแรงที่กระแทกได้เต็มที่
- กรรมวิธีสำหรับการวัดพลังงานหลงเหลือของลูกตุ้มหลังจากที่ชิ้นงานแตกหัก

พลังงานจลน์การกระแทกจะทำการวัดและควบคุมจากน้ำหนักกับระดับความสูงที่วัดจากกึ่งกลางน้ำหนักของลูกตุ้มที่ถูกปล่อยลงมาอย่างอิสระ และลูกตุ้มควรจะถูกยึดเป็นอย่างดีเพื่อลดอิทธิพลของการแกว่งด้านข้างหรือแรงหน่วงและความเสียดทาน คือต้องอยู่ในสภาพที่ยึดแน่นเมื่อเหวี่ยงกระแทกกับชิ้นงาน ดังนั้นต้องหากลไกการขจัดสิ่งต่างๆ เหล่านี้เพื่อลดผลกระทบจากการยึดเหนี่ยว ความเร่งและการสั่น

แท่นวางชิ้นงานควรมีน้ำหนักมากพอเมื่อเทียบกับพลังงานจากการกระแทกของลูกตุ้ม และไม่ทำให้พลังงานการกระแทกเกิดการสูญเสียจากการเสีรูปหรือการสั่นของแท่นวาง และชิ้นงานจะต้องถูกยึดอย่างดีและอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตลอดการทดสอบ

3.1 การทดสอบแบบชาร์ปี (Charpy test)

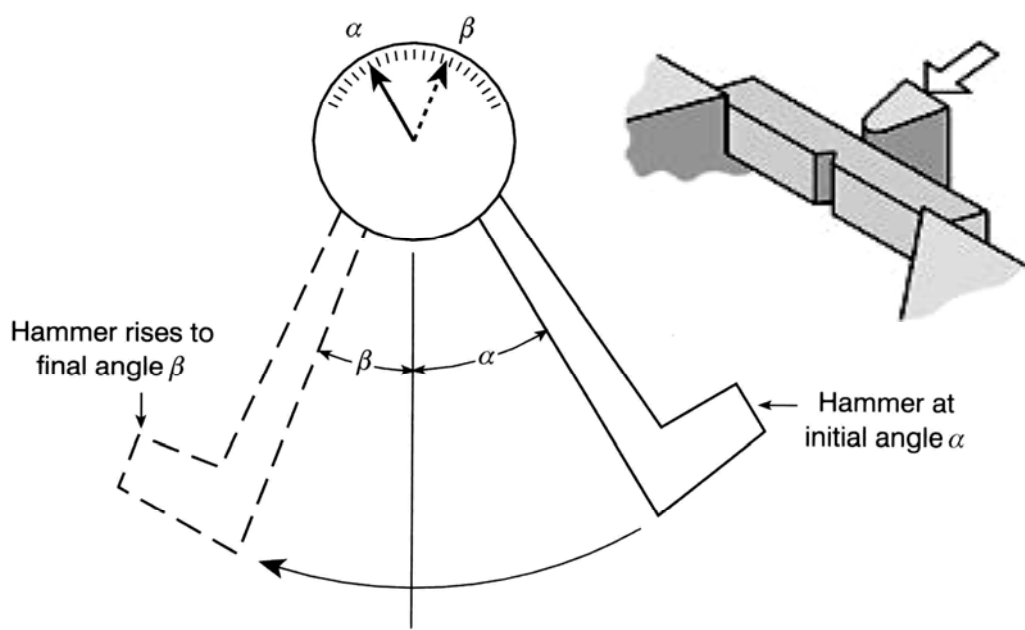
เครื่องทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีปกติจะมีขนาด 220 ปอนด์ฟุตสำหรับทดสอบโลหะ และ 4 ปอนด์ฟุตสำหรับชิ้นงานพลาสติก (ASTM E23) ลูกตุ้มประกอบด้วยแขนยึดลูกตุ้มที่ค่อนข้างเบาแต่แข็งแรงและมีกอนน้ำหนักติดอยู่ที่ปลาย ลูกตุ้มนี้จะเคลื่อนผ่านระหว่างขาตั้งเครื่องสองขา โดยมีใบมีดติดไว้ที่ขอบด้านที่จะกระแทกกับชิ้นทดสอบ ซึ่งต้องกระทบกับชิ้นงานบริเวณด้านหลังและเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของร่องบาก



รูปที่ 8 . 4 ชิ้นงานมาตรฐานการทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี

ชิ้นทดสอบมาตรฐานมีขนาด 10 x 10 x 55 มิลลิเมตร และมีการบากตรงกลางชิ้นงานไว้ที่ด้านหนึ่ง ซึ่งบางการทดสอบต้องการร่องบากที่เป็นแบบรูกุญแจ (keyhole notch) หรือเป็นแบบตัวยู (U-shaped notch) ดังรูปที่ 8.4 โดยชิ้นทดสอบจะถูกวางไว้ระหว่างแท่นรองรับชิ้นงาน โดยวางให้ฝั่งตรงข้ามร่องบากหันไปในทางที่จะทำการกระแทก คือ ใบบิดที่ติดอยู่กับลูกตุ้มจะต้องกระแทกเข้ากับด้านหลังร่องบากของชิ้นงานที่บริเวณกึ่งกลางระหว่างแท่นรองรับชิ้นงาน ดังรูปที่ 8.5 จากนั้นทำการยกลูกตุ้มขึ้นไปยังมุมก่อนกระแทก แล้วปล่อยลูกตุ้มเหวี่ยงลงมากระแทกกับชิ้นทดสอบ

ลูกตุ้มกระแทกต้องยกขึ้นด้วยมุมที่ทราบค่าแน่นอนคือ α ดังรูปที่ 8.5 ในทางทฤษฎี ถ้าลูกตุ้มไม่มีความต้านทานใดๆ เมื่อทำการปล่อยลูกตุ้มควรมีมุมหลังเหวี่ยงที่ด้านตรงข้ามเท่ากับมุม α เท่าเดิม ซึ่งในความเป็นจริงจะมีความเสียดทานของเครื่อง ดังนั้นในการทดสอบควรรวมพลังงานที่สูญเสียไปกับความเสียดทานเหล่านี้ด้วย เมื่อทำการทดสอบให้ยกลูกตุ้มไปที่มุม α จากนั้นวางชิ้นทดสอบเข้ากับแท่นวาง ปล่อยค้อนน้ำหนักลงมาโดยให้เหวี่ยงอย่างอิสระ เมื่อลูกตุ้มเหวี่ยงกระแทกกับชิ้นทดสอบจะเกิดการถ่ายพลังงานส่วนหนึ่งให้กับชิ้นทดสอบจนเกิดการแตกหัก จากนั้นลูกตุ้มจะเหวี่ยงเลยไปยังฝั่งตรงข้ามด้วยมุมน้อยกว่า β



รูปที่ 8.5 ลักษณะการทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี

เมื่อทำการบันทึกค่าน้ำหนักของลูกตุ้ม ความยาวของแขนลูกตุ้ม รวมทั้งมุมยกเริ่มต้น กับมุมยกหลังการแตกของลูกตุ้ม (α และ β) จากนั้นทำการคำนวณด้วยสมการต่อไปนี้

$$E = wr (\cos \beta - \cos \alpha)$$

หรือ
$$= mgr (\cos \beta - \cos \alpha)$$

เมื่อ E คือพลังงานที่ใช้ในการแตกหักของชิ้นทดสอบ (ปอนด์ฟุตหรือนิวตันเมตร)

w คือน้ำหนักลูกตุ้ม (ปอนด์)

m คือมวลของลูกตุ้ม (กิโลกรัม)

g คือความเร่งจากแรงดึงดูดโลก (9.81 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง)

r คือความยาวแขนลูกตุ้ม (ฟุต หรือ เมตร)

α คือมุมยกลูกตุ้มเริ่มต้นก่อนการแตก

β คือมุมยกลูกตุ้มสุดท้ายหลังการแตก

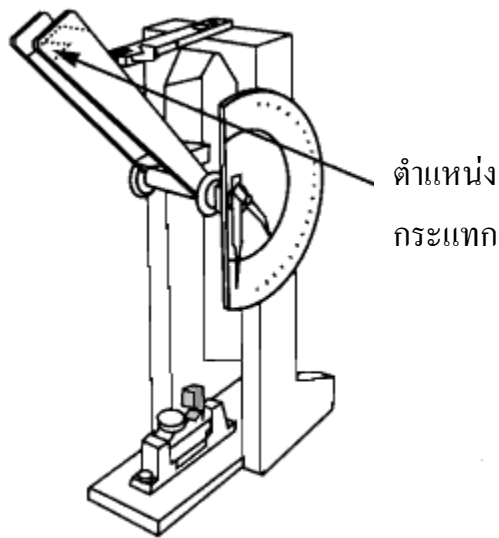
ตัวอย่าง 8.2

หากทำการทดสอบการแตกแบบชาร์ปีกับชิ้นทดสอบมาตรฐาน โดยใช้ลูกตุ้มหนัก 50 ปอนด์ ซึ่งมีแขนยาว 36 นิ้ว ด้วยมุมยกเริ่มต้น 76° และมุมยกหลังการแตก 32° ถามว่า ชิ้นงานดูดซับพลังงานไว้เท่าไรก่อนแตกหัก

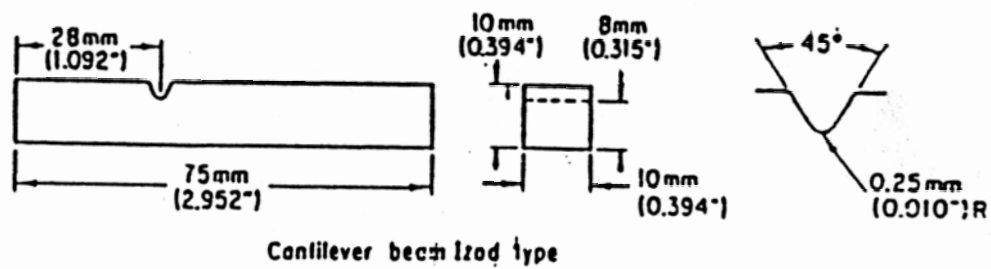
$$\begin{aligned} E &= 50 \text{ lb} \times 3 \text{ ft.} \times (\cos 32^\circ - \cos 76^\circ) \\ &= 91 \text{ ft-lb} \end{aligned}$$

3.2 การทดสอบแบบไอซอด (Izod test)

เครื่องทดสอบการแตกแบบไอซอดปกติจะมีขนาด 120 ปอนด์ฟุต ส่วนการทดสอบจะเป็นแบบเดียวกันกับแบบชาร์ปี ถึงแม้ว่าชิ้นทดสอบและรูปแบบการทดสอบจะต่างกัน ในการทดสอบการแตกแบบไอซอด ลูกตุ้มจะกระแทกด้านหน้าของชิ้นทดสอบที่มีร่องบาก ดังรูปที่ 8.6 ซึ่งจะกลับกันกับการทดสอบแบบชาร์ปี ส่วนชิ้นทดสอบแบบไอซอดจะมีขนาด $10 \times 10 \times 75$ มิลลิเมตร โดยมีมุมของร่องบาก 45° ลึก 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 8.7 ความแข็งแรงการแตกของชิ้นทดสอบจะขึ้นอยู่กับค่ามุมหลังการแตก ซึ่งปกติค่าพลังงานการแตกในหน่วยปอนด์ฟุตสามารถอ่านได้โดยตรงจากหน้าปัดเครื่องทดสอบ



รูปที่ 8.6 เครื่องทดสอบการกระแทกแบบไอซอด



รูปที่ 8.7 ชิ้นทดสอบมาตรฐานการทดสอบการกระแทกแบบไอซอด

ตัวอย่าง 8.3

ชิ้นทดสอบมีการดูดซับพลังงานเท่าไร ถ้าใช้ลูกตุ้มหนัก 30 กิโลกรัม ที่มีแขนยาว 75 เซนติเมตร ยกด้วยมุมก่อนกระแทก 76° แล้วได้มุมยกหลังกระแทกเท่ากับ 22°

$$E = 30 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.75 \text{ m} \times (\cos 22^\circ - \cos 76^\circ)$$

$$= 151 \text{ N.m}$$

3.3 การทดสอบแฮทท์จูเนอร์ (Hatt-Turner test)

การทดสอบการกระแทกแบบแฮทท์จูเนอร์โดยปกติจะใช้ในการทดสอบกับวัสดุไม้ ซึ่งจะวัดด้วยปล่อยลูกตุ้มน้ำหนักลงมากระแทกกับชิ้นทดสอบในแนวตั้งตามแรงโน้มถ่วง

ชิ้นทดสอบจะเป็นชิ้นไม้ซึ่งปกติจะมีขนาด 2 x 2 x 30 นิ้ว และชิ้นทดสอบจะถูกวางบนแท่นวางขนาด 28 นิ้ว โดยลูกตุ้มจะถูกปล่อยลงมาตรงกึ่งกลางแท่นวาง โดยความสูงของลูกตุ้มเริ่มต้นที่ 1 นิ้ว จากนั้นจะทำการเพิ่มความสูงขึ้นครั้งละ 1 นิ้ว ไปเรื่อยๆ จนถึงความสูง 10 นิ้วแรก ถ้าชิ้นงานยังไม่แตกหักให้เพิ่มความสูงเพิ่มขึ้นเป็นครั้งละ 2 นิ้ว จนกว่าชิ้นงานจะแตกหัก หรือชิ้นงานเกิดการโค้งงอ 6 นิ้ว จากการกระแทก

4. ผลการทดสอบ

เมื่อได้ข้อมูลหลังจากทำการทดสอบการกระแทกให้นำข้อมูลการทดสอบมาคำนวณค่าต่างๆ เป็นผลการทดสอบซึ่งจะใช้เป็นสมบัติของวัสดุต่อไป

4.1 พลังงานดูดซับ (absorbed energy) เป็นค่าพลังงานที่ใช้ในการทำให้วัสดุแตกหัก ซึ่งหาค่าโดยการอ่านจากหน้าปัดของเครื่องทดสอบ หรือด้วยการคำนวณจากสมการพลังงานดูดซับ

$$E = wr (\cos \beta - \cos \alpha)$$

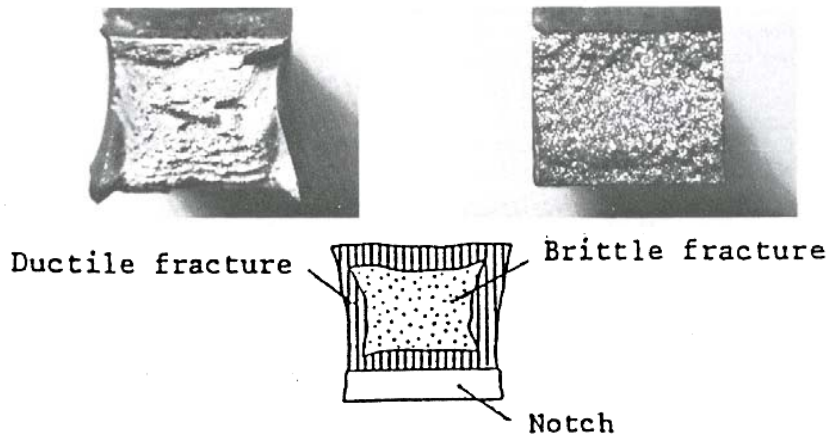
หรือ

$$= mgr (\cos \beta - \cos \alpha)$$

4.2 ค่าการกระแทก (impact value) หาได้จากการนำค่าพลังงานดูดซับหารด้วยพื้นที่หน้าตัดบริเวณร่องบาก ดังสมการ

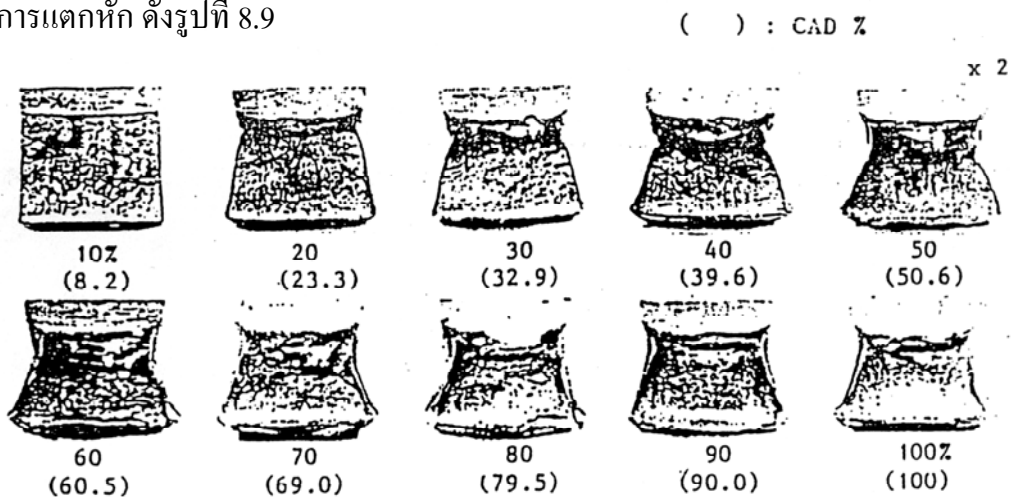
$$\text{ค่าการกระแทก (impact strength)} = \frac{E \text{ (พลังงานดูดซับ)}}{A \text{ (พื้นที่หน้าตัดบริเวณร่องบาก)}}$$

4.3 รอยแตกหัก (fracture surface) เมื่อทำการทดสอบการกระแทกกับวัสดุรอยแตกหักที่เกิดขึ้นจะมีสองแบบคือรอยแตกเปราะกับรอยแตกเหนียว ซึ่งปกติแล้วพื้นที่การเปราะจะอยู่บริเวณกึ่งกลางรอยแตก ส่วนพื้นที่การแตกเหนียวจะอยู่บริเวณขอบชิ้นงานโดยรอบ ดังรูปที่ 8.8



รูปที่ 8.8 ลักษณะรอยแตกหักของชิ้นทดสอบการกระแทก

โดยวัสดุที่เหนียวกว่าจะมีสัดส่วนพื้นที่รอยแตกเหนียวมากกว่าพื้นที่รอยแตกเปราะ และจะมีสัดส่วนพื้นที่รอยแตกเหนียวลดลงเมื่อวัสดุเปราะขึ้น ซึ่งปกติจะแสดงในรูปของร้อยละการแตกหัก ดังรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.9 ลักษณะรอยแตกที่ร้อยละการแตกหักต่างๆ

- ร้อยละการแตกเปราะ (percent brittle fracture, %B) เป็นร้อยละของอัตราส่วนพื้นที่รอยแตกเปราะต่อพื้นที่รอยแตกหักทั้งหมดของชิ้นทดสอบ สภาพรอยแตกเปราะจะมีลักษณะเป็นเกรนของผลึกจำนวนมากและแตกแบบผ่าเกรน โดยมีพื้นผิวแตกหักตั้งฉากกับแนวแรงที่กระแทกและสะท้อนแสง ร้อยละการแตกเปราะหาได้โดยการวัดพื้นที่รอยแตกเปราะกับพื้นที่รอยแตกทั้งหมดแล้วนำไปคำนวณตามสมการ

$$%S = (C/A) \times 100$$

เมื่อ C คือพื้นที่รอยแตกเปราะ และ A คือพื้นที่รอยแตกทั้งหมด

- ร้อยละการแตกเหนียว (percent ductile fracture, %S) เป็นร้อยละของอัตราส่วนพื้นที่รอยแตกเหนียวต่อพื้นที่รอยแตกทั้งหมดของชิ้นทดสอบ สภาพรอยแตกเหนียวจะมีลักษณะแตกตามขอบเกรนในแนว 45° กับแรงกระแทกและไม่สะท้อนแสง ร้อยละการแตกเหนียวหาได้ด้วยการวัดพื้นที่รอยแตกเหนียวกับพื้นที่รอยแตกทั้งหมดแล้วคำนวณตามสมการ

$$%B = (F/A) \times 100$$

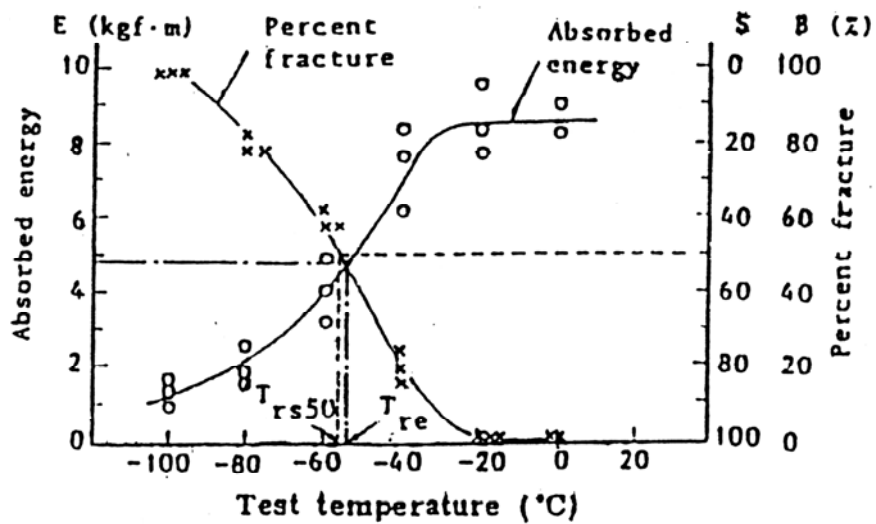
เมื่อ F คือพื้นที่รอยแตกเหนียว

4.4 อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสถานะภาพ (transition temperature) เมื่อทำการทดสอบชิ้นงานหลายๆ ชิ้นที่อุณหภูมิต่างๆ กัน เพื่อหาค่าอุณหภูมิเฉพาะที่ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพ ซึ่งจะทำให้วัสดุมีความสามารถในการดูดซับพลังงานและมีพื้นผิวรอยแตกเปลี่ยนไปอย่างมาก นั่นคือเมื่อผ่านอุณหภูมินี้วัสดุจะเปลี่ยนพฤติกรรมจากเหนียวเป็นเปราะหรือจากเปราะเป็นเหนียวในทางกลับกัน

4.5 กราฟการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพ (transition curve) คือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานดูดซับและร้อยละการแตกเปราะและเหนียวกับอุณหภูมิการทดสอบ ดังรูปที่ 8.10 ซึ่งมีค่าต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

- อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงลักษณะรอยแตก (fracture appearance transition temperature, Trs) เป็นอุณหภูมิที่วัสดุมีพื้นผิวรอยแตกเหนียวเท่ากับพื้นผิวรอยแตกเปราะ นั่นคืออุณหภูมิ ณ จุดที่ชิ้นทดสอบมีพื้นที่ร้อยละการแตกเปราะกับร้อยละการแตกเหนียวเท่ากับร้อยละ 50 บนกราฟร้อยละการแตกหักในรูปที่ 8.10 จากกราฟพบว่าเมื่อทำการทดสอบวัสดุเหนืออุณหภูมินี้วัสดุมีร้อยละการแตกเหนียวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยวัสดุจะเปลี่ยนพฤติกรรมจากเปราะเป็นเหนียว และในทางกลับกันวัสดุจะเปลี่ยนพฤติกรรมจากเหนียวเป็นเปราะ

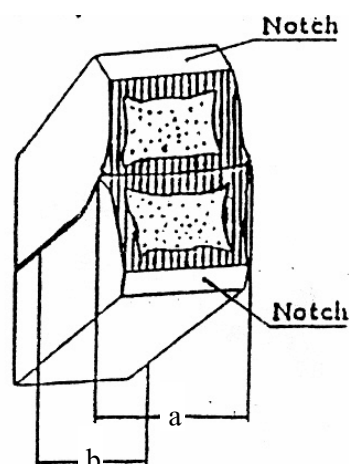
- อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงพลังงานดูดซับ (energy transition temperature, Tre) เป็นอุณหภูมิที่วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงการดูดซับพลังงานอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีค่าเท่ากับอุณหภูมิ



รูปที่ 8.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานดูดซับกับอุณหภูมิการทดสอบ

4.6 การขยายตัวแนวขวาง (lateral expansion) คือความกว้างของชิ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้นบริเวณรอยแตกหักด้านที่ถูกกระแทกเทียบกับความกว้างเดิม หาค่าได้โดยการนำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบมาทำการวัดขนาดความกว้าง a และ b ดังรูปที่ 8.11 แล้วนำไปคำนวณค่าการขยายตัวแนวขวาง ดังสมการ

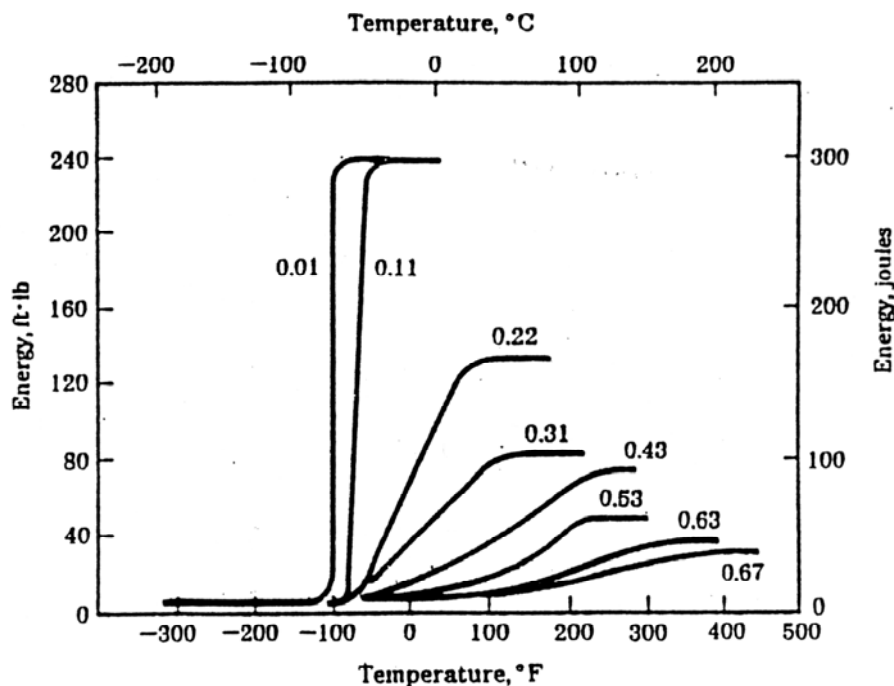
$$\text{การขยายตัวแนวขวาง} = a - b \text{ (หน่วย mm.)}$$



รูปที่ 8.11 การขยายตัวแนวขวางของชิ้นทดสอบการกระแทก

5. ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงการกระแทก

ตัวแปรที่มีส่งผลต่อความแข็งแรงการกระแทกนอกจากอุณหภูมิแล้วพบว่าความบริสุทธิ์ของโลหะมีผลต่อการดูดซับพลังงานของวัสดุอย่างมาก จากรูปที่ 8.12 เมื่อร้อยละของธาตุผสมเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับพลังงานของวัสดุจะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยที่ร้อยละของธาตุผสมที่ 0.11 วัสดุสามารถดูดซับพลังงานได้ 240 ปอนด์ฟุต และลดลงเหลือเพียง 40 ปอนด์ฟุตที่ร้อยละของธาตุผสม 0.63 เป็นต้น



รูปที่ 8.12 อิทธิพลของอุณหภูมิและธาตุผสมต่อความแข็งแรงการกระแทก

6. สรุป

ในการทดสอบแรงดึงข้อมูลความแข็งแรงดึงและสมบัติอื่นๆ ของวัสดุที่เกี่ยวข้องจะได้รับจากการใส่แรงกระทำกับชิ้นงานอย่างช้าๆ แต่ถ้าชิ้นทดสอบรับแรงกระทำแบบฉับพลันหรืออย่างรวดเร็วทำให้วัสดุประพฤติตัวแปรเปลี่ยน โดยปกติการทดสอบการกระแทกจะใช้วิธีแบบชาร์ปีและไอซอด ในการศึกษาพฤติกรรมของวัสดุภายใต้การรับแรงแบบฉับพลัน ซึ่งในการทดสอบจะใช้ลูกตุ้มที่ทราบค่าน้ำหนักแน่นอนกับมุมยกก่อนกระแทกค่าหนึ่ง

7. คำถามท้ายบท

1. ถ้าปล่อยลูกตุ้มหนัก 20 oz. จากความสูง 3 ft ถามว่าตอนลงมากระทบพื้นมีค่าพลังงานการกระแทกเท่าไร
2. ถามว่ากล่องหนัก 10 kg มีพลังงานการกระแทกเท่าไร ถ้าตกลงมาจากโต๊ะสูง 1 m.
3. ถ้าใช้เครื่องทดสอบการกระแทกมาตรฐานทดสอบกับชิ้นทดสอบมาตรฐานชาร์ปีด้วยลูกตุ้มกระแทกขนาด 60 lb ที่มีแขนยึดยาว 31.5 in. โดยมุมยกเริ่มต้น 76° และพบว่าหลังกระแทกมุมยกของลูกตุ้มเท่ากับ 27° ถามว่าชิ้นงานดูดซับพลังงานไปเท่าไร
4. เหล็กกล้าชุบแข็งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ถูกนำมาทดสอบการกระแทกด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐานซึ่งมีลูกตุ้มกระแทกหนัก 60 lb และยึดด้วยแขนยาว 31.5 in. ด้วยมุมยกเริ่มต้น 76° ถามว่าชิ้นงานมีความแข็งแรงการกระแทกเท่าไร ถ้ามุมยกหลังกระแทกเท่ากับ 0°
5. ชิ้นทดสอบมาตรฐานหนึ่งสามารถดูดซับพลังงานได้ 75 ft-lb ในการทดสอบการกระแทกด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐานที่มีลูกตุ้มหนัก 60 lb และแขนยึดยาว 31.5 in. ถามว่ามุมยกของลูกตุ้มหลังกระแทกเท่ากับเท่าไร ถ้าใช้มุมยกลูกตุ้มเริ่มต้นเท่ากับ 76°
6. ถ้าชิ้นทดสอบสามารถดูดซับพลังงานได้ 200 J ถูกนำมาทดสอบการกระแทกด้วยเครื่องทดสอบที่มีลูกตุ้มหนัก 30 kg และแขนยึดยาว 80 cm. และใช้มุมยกลูกตุ้มเริ่มต้นเท่ากับ 76° ถามว่ามุมยกลูกตุ้มหลังกระแทกเท่ากับเท่าไร
7. วัดค่าความแข็งแรงการกระแทกต่ำเช่นพลาสติกถูกนำมาทดสอบการกระแทกด้วยเครื่องมาตรฐานซึ่งมีน้ำหนักลูกตุ้ม 60 lb แขนยึดยาว 31.5 in. จะใช้มุมยกเริ่มต้นเพียง 30° และถ้าหลังกระแทกพบว่ามุมยกลูกตุ้มเท่ากับ 12° ถามว่าชิ้นงานพลาสติกนี้ดูดซับพลังงานเท่าไร