สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็ก

STUDYING OF IMPACT CAPABILITY OF STEEL

T045830

โดย

นายนราธิป เกษะศิริ

นายวิทยพล โพธิคุณ

เลขหมู่..........
เลขทะเบียน 45830
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

.b..........
.i..........

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็ก

STUDYING OF IMPACT CAPABILITY OF STEEL

โดย

นายนราธิป เกษะศิริ

นายวิทยพล โพธิคุณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDYING OF IMPACT CAPABILITY OF STEEL

MR.NARATIP KESASIRI

MR.WITTHAYAPOL BHOTHIKHUN

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็ก		
นักศึกษา	นายนราธิป เกษะศิริ	รหัสประจำตัว	41014641
	นายวิทยพล โพธิคุณ	รหัสประจำตัว	41014741
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ทรงกลด แซ่อึ้ง		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ.อำนวย พานิชกุลพงศ์ อ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร อ.ทรงกลด แซ่อึ้ง อ.อุบะ ศิริแก้ว	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ 30 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็ก
STUDYING OF IMPACT CAPABILITY OF STEEL

นักศึกษา นายนราธิป เกษะศิริ
นายวิทยพล โพธิคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ทรงกลด แซ่อึ้ง
ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

งานก่อสร้างในปัจจุบัน มีการนำเหล็กไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และโดยส่วนมากไม่ได้คำนึงถึงความสามารถในการับแรงกระแทกของเหล็ก ซึ่งในงานก่อสร้างบางงานที่ใช้เหล็กเป็นส่วนประกอบ เหล็กจะถูกแรงกระแทกกระทำ อาจทำให้เกิดความเสียหายได้ ทางผู้ประพันธ์จึงได้ทำการทดสอบความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงต่างกัน และที่อุณหภูมิต่างกัน เพื่อใช้ในการศึกษา และใช้ในงานก่อสร้างต่อไป

ค่าความเหนียวของรอยบากเป็นค่าที่วัดได้ของความสามารถต้านทานของเหล็ก ที่การาเริ่มต้นและการขยายตัวของรอยแตกที่ฐานของรอยบากมาตราฐาน โดยจะใช้การทดสอบแบบชาร์ปี การทดสอบนี้ จะทำรอยบากที่จะกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ ชิ้นทดสอบจะถูกกระแทกโดยลูกตุ้ม พลังงานจะถูกดูดซับโดยชิ้นทดสอบ ซึ่งคำนวณได้จากความสูงของลูกตุ้มที่แกว่งขึ้นหลังจากกระแทกชิ้นทดสอบ พลังงานที่ถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิ ตามการทดสอบที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	STUDYING OF IMPACT CAPABILITY OF STEEL
Name	:	MR.NARATIP KESASIRI
	:	MR.WITTHAYAPOL BHOTHIKHUN
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	MR.SONGLOD SAE-UENG

ABSTRACT

In construction field now, steel were used wildly. And most not consider steel impact capacity. In some project that used steels be members may tumble down. According to this reason, this special project is aimed to test steel impact capacity of steels that have difference in tensile strength at many temp for studying and construction in the future.

Notch toughness is the measure of the resistance of a metal to the start and propagation of a crack at the base of a standard notch, commonly using the Charpy V-notch test. This test uses a small rectangular simply supported beam having a V-notch at midlength. The bar is fractured by a blow from a swinging pendulum. The amount of energy absorbed is calculated from the height the pendulum raises after breaking the specimen. The amount of energy absorbed will increase with incerasing temperature at which the test is conducted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้จะสำเร็จมิได้หากขาดผู้หนึ่งผู้ใดที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ สองท่านแรกได้แก่อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ อาจารย์ทรงกลด แซ่อึ้ง ที่ท่านได้ให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาโครงงานพิเศษให้เกิดประโยชน์ สามารถนำโครงงานไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาอีกท่านหนึ่ง ซึ่งท่านได้สละเวลาในการให้คำปรึกษาและดูแลโครงงานอย่างใกล้ชิดทั้งในและนอกเวลาราชการ รวมทั้งดูแลความเรียบร้อยของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณนายกรวิทย์ โนรา นายวสันต์ ศรีพลากิจ นายศสิพงศ์ บุญแต้ม นายสารัตน์ เยาวรัตน์ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

สุดท้ายนี้จะขาดเสียมิได้สำหรับคำขอบพระคุณแด่บุพการีของผู้จัดทำโครงงาน ตั้งแต่การสั่งสอน การเลี้ยงดู ทำให้มีทุกวันนี้ได้ จนถึงความช่วยเหลือที่ท่านมีในระหว่างทำโครงงานทั้งเป็นกำลังใจและกำลังทุนทรัพย์ รวมทั้งความรักที่มีให้แก่บุตรเสมอมา

นายนราธิป เกษะศิริ
นายวิทยพล โพธิคุณ
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฌ
	สารบัญรูป	ฎ
1	บทนำ	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.4. ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.5. ขั้นตอนการศึกษา	2
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1. ความหมาย	4
	2.2. ความสำคัญ	4
	2.3. การทดสอบการกระแทก	5
	2.4. พฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงกระทำ	5
	2.5. หลักการทดสอบ	7
	2.6. เครื่องทดสอบการกระแทก	8
	2.7. ชิ้นทดสอบ	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.8. การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปปี	11
3	**ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง**	
	3.1 กล่าวนำ	14
	3.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ	14
	3.3 วิธีทดสอบ	15
4	**ผลการทดลอง**	
	4.1 กล่าวนำ	16
	4.2 ผลการทดลองและกราฟ	16
5	**วิเคราะห์ผลการทดลอง**	
	5.1. กล่าวนำ	34
	5.2. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอุณหภูมิ	34
	5.3. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกระแทกกับกำลังรับแรงดึง	35
	5.4. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกระแทกกับอุณหภูมิ	36
6	**สรุปผลการทดลอง**	
	6.1. สรุปผลการทดลอง	38
	6.2. ข้อเสนอแนะ	38
	รายการอ้างอิง	39
	บรรณานุกรม	40
	ภาคผนวก ก. มาตรฐาน ASTM (A 370-9 USA)	ผก2
	ภาคผนวก ข. รูปแสดงการทดสอบแรงดึง	ผข2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.1.	แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส	17
4.2.	แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	18
4.3.	แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	19
4.4.	แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส	20
4.5.	แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส	21
4.6.	แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	22
4.7.	แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	23
4.8.	แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส	24
4.9.	แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส	33
4.10.	แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	33
4.11.	แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	34
4.12.	แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.13.	แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส	35
4.14.	แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	35
4.15.	แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	36
4.16.	แสดงผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1.	แผนภาพขั้นตอนการศึกษา	3
2.1.	หลักการทดสอบโดยการแระแทกแบบฆ้อนเหวี่ยง	6
2.2.	การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี	10
2.3.	เครื่องทดสอบสำหรับการกระแทกแบบชาร์ปี	12
2.4.	แผนภาพการทดสอบเหล็ก	15
4.1.	กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส	17
4.2.	กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	18
4.3.	กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	19
4.4.	กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส	20
4.5.	กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส	21
4.6.	กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	22
4.7.	กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	23
4.8.	กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส	24
4.9.	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบการรับแรงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา และเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่ –10 องศาเซลเซียส	25
4.10.	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบการรับแรงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา และเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่ 10 องศาเซลเซียส	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า

4.11. กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบการรับแรงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา และเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่ 20 องศาเซลเซียส 27

4.12. กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบการรับแรงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา และเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่ 27 องศาเซลเซียส 28

4.13. กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบการรับแรงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ที่ อุณหภูมิต่างๆ 29

4.14. กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบการรับแรงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ที่ อุณหภูมิต่างๆ 30

4.15. กราฟแสดงกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยที่อุณหภูมิต่างๆ ของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา 31

4.16. กราฟแสดงกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยที่อุณหภูมิต่างๆ ของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ 32

ผ.ข.1. แสดงเครื่องมือทดสอบการกระแทกก่อนการใช้งาน ผข2

ผ.ข.2. แสดงเครื่องมือทดสอบการกระแทกขณะพร้อมใช้งาน ผข2

ผ.ข.3. แสดงหน้าปัดแสดงผลก่อนทำการทดสอบการกระแทก ผข3

ผ.ข.4. แสดงการวางชิ้นทดสอบก่อนทำการทดสอบการกระแทก 1 ผข3

ผ.ข.5. แสดงการวางชิ้นทดสอบก่อนทำการทดสอบการกระแทก 2 ผข4

ผ.ข.6. แสดงหน้าปัดแสดงผลหลังทำการทดสอบแรงกระแทก ผข4

ผ.ข.7. แสดงชิ้นทดสอบของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาหลังทำการทดสอบการกระแทก ผข5

ผ.ข.8. แสดงชิ้นทดสอบของเหล็กแผ่นแบบพิเศษหลังทำกรทดสอบการกระแทก ผข5

ผ.ข.9. แสดงการเปรียบเทียบชิ้นทดสอบของเหล็กแผ่นแบบธรรมดากับชิ้นทดสอบของเหล็กแผ่นแบบพิเศษหลังทำการทดสอบ ผข6

ผ.ข.10. แสดงชิ้นทดสอบทั้งหมดหลังทำการทดสอบ ผข6

ผ.ข.11. แสดงเครื่องมือทดสอบแรงดึง ผข7

ผ.ข.12. แสดงการจับชิ้นงานของเครื่อง UTM ขณะกำลังทำการทดลองกำลังรับแรงดึง ผข7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ข.13.	แสดงหน้าปัดแสดงผลการทดลองกำลังรับแรงดึง	ผข8
ผ.ข.14.	แสดงชิ้นทดสอบหลังทำการทดสอบกำลังรับแรงดึง	ผข8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

1.1 กล่าวนำ

ในอดีตการก่อสร้างบ้านเรือนของมนุษย์มักจะใช้วัสดุอุปกรณ์และทรัพยากรที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น กิ่งไม้หรือท่อนไม้นำมาใช้เป็นโครงสร้างของบ้าน ใบไม้นำมาใช้มุงหลังคากันแดดฝน ซึ่งต่อมาสิ่งปลูกสร้างเพื่อพักอาศัยของมนุษย์ได้พัฒนาไปสู่การนำไม้มาแปรรูปเป็นไม้แผ่นเพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้มากขึ้น สามารถประกอบเป็นรูปทรงต่างๆ ได้ตามที่ต้องการ และพัฒนาไปสู่การใช้คอนกรีตในภายหลัง

แต่อย่างไรก็ตาม มนุษย์ก็ไม่หยุดยั้งที่จะพัฒนาสิ่งปลูกสร้างให้มีความมั่นคง แข็งแรงด้วยการนำเหล็กมาเป็นส่วนประกอบในส่วนต่างๆของโครงสร้างบ้าน รวมถึงในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ที่นำเหล็กมาใช้เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของการก่อสร้าง การทดสอบคุณภาพของเหล็กจึงเป็นสิ่งสำคัญที่เหล่าวิศวกรไม่ควรละเลยและพึงตระหนักเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นกระบวนการคัดสรรคุณสมบัติของเหล็กที่เหมาะสมที่สุดกับงานนั้นๆ

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในส่วนประกอบของโครงสร้างที่ต้องรับแรงดึงสูง มีความจำเป็นที่จะต้องใช้คอนกรีตที่มีหน้าตัดขนาดใหญ่ แต่จากการศึกษาพบว่าเหล็กสามารถรับแรงดึงได้ดีกว่าคอนกรีต จึงได้มีการนำเหล็กมาใช้เป็นองค์ประกอบแทนคอนกรีตเพื่อช่วยให้โครงสร้างสามารถรับแรงดึงได้ดียิ่งขึ้น โดยที่ไม่ต้องใช้คอนกรีตที่มีหน้าตัดขนาดใหญ่ซึ่งอาจมีต้นทุนสูงกว่า จึงต้องทดสอบคุณภาพของเหล็กที่จะนำมาใช้งานอย่างละเอียดเพื่อหาคุณสมบัติของเหล็กที่เหมาะสมจะนำมาเป็นส่วนประกอบในโครงสร้างตามลักษณะการใช้งาน

การทดสอบคุณภาพเหล็กมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่นการทดสอบกำลังรับแรงดึง การทดสอบกำลังรับแรงบิด หรือ การทดสอบกำลังรับแรงเฉือน การทดสอบความสามารถในการรับแรงกระแทก ฯลฯ ในการศึกษาเราจะมุ่งเน้นที่ การทดสอบความสามารถในการรับกระแทก (Impact Test) โดยเหล็กที่นำมาทดสอบจะมีการทำรอยบากรูปตัว V เพื่อเหมาะต่อการตรวจสอบได้ว่าเหล็กมีความสามารถในการรับแรงกระแทกได้อย่างไร โดยความสามารถในการรับแรงกระแทกจะเป็นสิ่งที่บ่งบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงความเหนียวแน่น (Toughness) ของเนื้อเหล็ก การล้า (Fatique) ของเหล็กว่าจะมีค่ามากน้อยเพียงใดอีกด้วย

ในการศึกษานี้เราจะมีการเปลี่ยนค่าตัวแปร คือ อุณหภูมิและกำลังรับแรงดึงของเหล็ก และทำการศึกษาว่าตัวแปรเหล่านี้จะมีผลต่อความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็กอย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็กรูปพรรณที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรับแรงกระแทกกับความสามารถในการรับแรงดึงของเหล็ก
3. เพื่อนำวิธีการทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี (Charpy Impact Test) เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนต่อไป

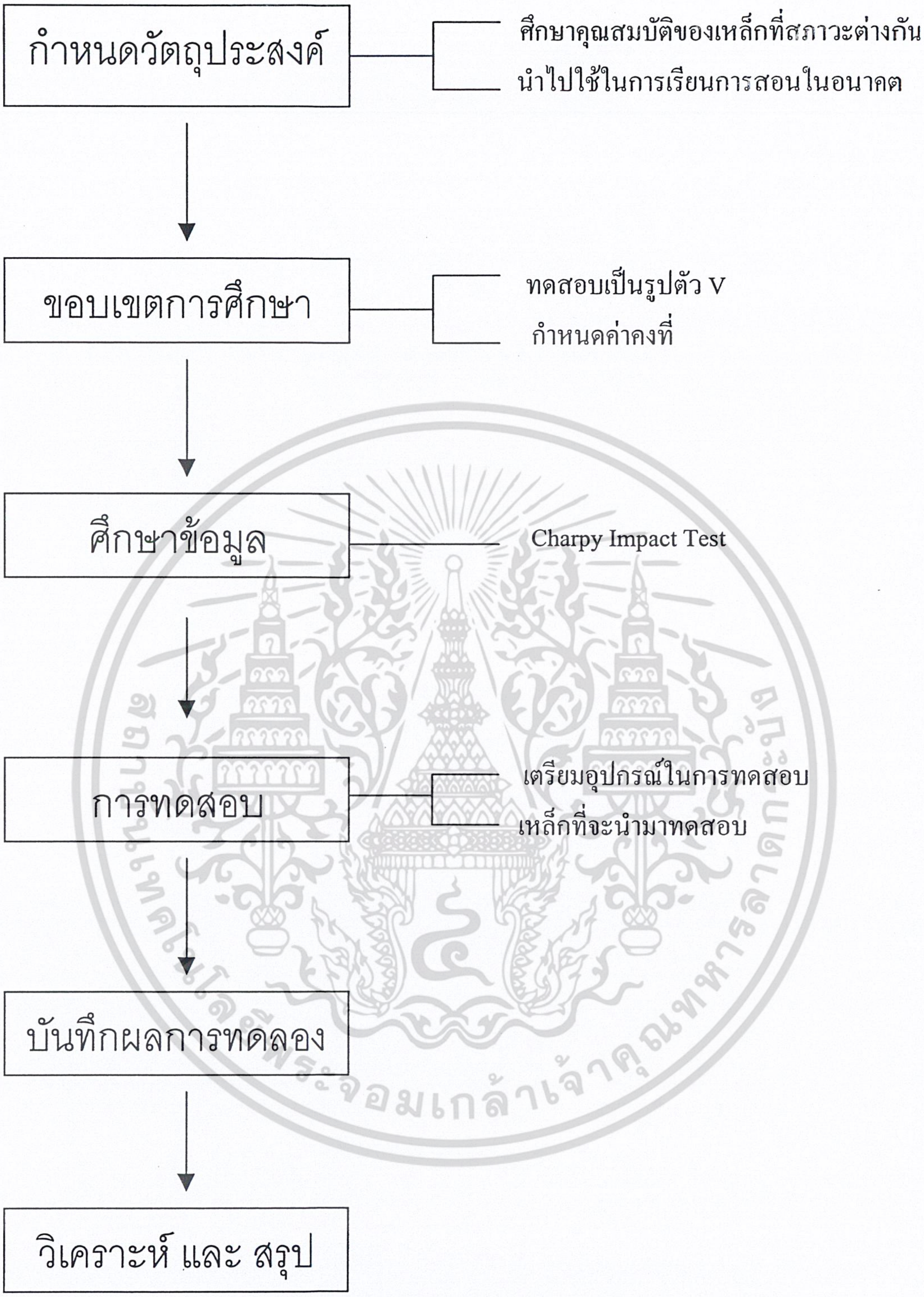
1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษาเริ่มด้วยการทดสอบเหล็กที่มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมตัน โดยการทำรอยบากที่ชิ้นงานเป็นรูปตัว V
2. ทำการทดสอบการกระแทกที่อุณหภูมิต่างๆ
3. ทำการทดสอบการกระแทกของเหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงต่างกัน

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1. กำหนดวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา และพิจารณาถึงขอบเขตและความเป็นไปได้ของการทดสอบ
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ จากหนังสือหรือผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ และจากมาตรฐานการทดสอบคุณภาพของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างแบบ ASTM (ASTM A 370-9 USA, Standard Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products)
3. จัดเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ และเหล็กที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ
4. ปฏิบัติการทดสอบ และบันทึกผลที่ได้รับ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และทำการสรุปผลการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ความหมาย

ในการออกแบบโครงสร้างเหล็ก ความเหนียวเป็นตัววัดความสามารถการต้านทานการแตกร้าวของเหล็ก ค่าความเหนียวของรอยบากเป็นค่าที่วัดได้จากความสามารถต้านทานแรงกระแทกของเหล็ก ที่การเริ่มต้นและการขยายตัวของรอยแตกที่ฐานของรอยบากมาตราฐาน โดยจะใช้การทดสอบแบบชาร์ปี การทดสอบนี้ จะทำรอยบากที่จะกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ ชิ้นทดสอบจะถูกกระแทกโดยลูกตุ้ม พลังงานจะถูกดูดซับโดยชิ้นทดสอบ ซึ่งคำนวณได้จากความสูงของลูกตุ้มที่แกว่งขึ้นหลังจากกระแทกชิ้นทดสอบ พลังงานที่ถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิ ตามการทดสอบที่กำหนด

การทดสอบ Impact Test เป็นวิธีการทดสอบความเหนียวของวัสดุ ซึ่งในการทำงาน จะเป็นการสุ่มตัวอย่างของเหล็กที่จะใช้ในการก่อสร้างมาทดสอบ เพื่อตรวจสอบหาค่าความเหนียวของเหล็ก

การทดสอบแบบ Charpy Impact Test ก็เป็นการทดสอบความเหนียวของวัสดุอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถหาค่าความเหนียวของวัสดุได้

2.2 ความสำคัญ

1. การทดสอบจะเป็นการสุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้งาน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็ก
2. การทดสอบเหล็กนั้นจะสามารถแยกประเภทของเหล็กตามคุณสมบัติได้ เพื่อความเหมาะสม และความสะดวกในการนำเหล็กไปใช้งานในแต่ละประเภท ที่ต้องการคุณสมบัติของเหล็กที่ต่างกัน
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา และกำหนดเป็นมาตรฐานต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทดสอบการกระแทก (Impact Test)

การทดสอบการกระแทก เป็นการทดสอบที่สำคัญของการทดสอบ ประเภท Dynamic Load Test และเป็นการทดสอบที่แตกต่างจากการทดสอบอื่นๆ เพราะจะใช้แรงกระแทกในการทดสอบ โดยที่แรงนี้จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว และกระแทกทันทีทันใดอย่างรวดเร็ว หรือ ภายในระยะเวลาสั้นๆ

การทดสอบการกระแทกวัสดุมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีการทดสอบเหล็กกล้านั้น นิยมใช้วิธีทดสอบแบบชาร์ปี (Charpy Test) (ดูภาคผนวก ก.) และแบบอิซอด (Izod Test) (ดูภาคผนวก ก.) ทั้งสองวิธีนี้จัดเป็นวิธีที่เป็นมาตรฐาน และใช้เป็นปรกติทั่วไป แต่ในการทดสอบในครั้งนี้ จะใช้เฉพาะวิธีชาร์ปีเท่านั้น

2.4 พฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงกระทำ

วัสดุหรือเครื่องจักรกลที่ถูกกระแทก อันเนื่องจากแรงที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเกิดพลังงานจลน์กระทบ กับวัสดุหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลนั้น ไม่เพียงจะทำให้เกิดความเค้นขึ้น แต่ยังจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานอีกด้วย คือจะเกิดการถ่ายเท ดูดกลืน และแพร่กระจายไปยังวัสดุหรือชิ้นส่วนเครื่องจักรกลนั้นด้วย

พลังงานการกระแทกอาจถูกดูดกลืนผ่านชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลได้หลายลักษณะเช่น ในช่วงการแปรรูปที่สามารถคืนรูปได้ ในช่วงการแปรรูปถาวร ในช่วงผลกระทบของ Hystersis และผลของความเสียดทานของเครื่องทดสอบเองอีกด้วย

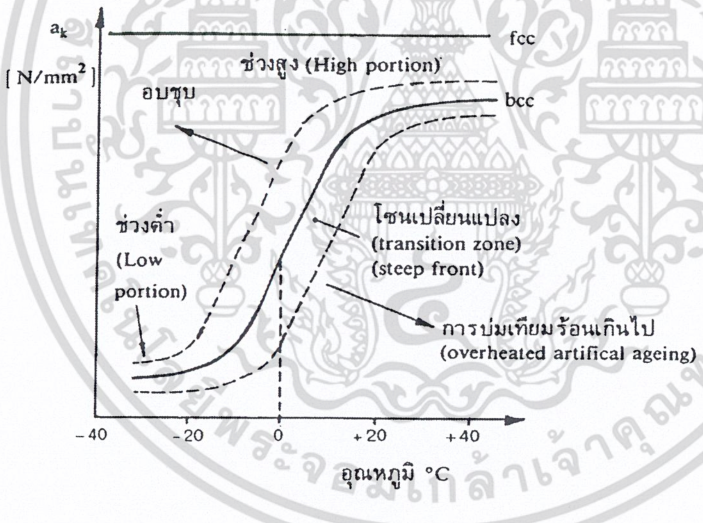
ในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องจักรกลที่ต้องรับแรงกระแทกนั้น จะต้องพิจารณาถึงความสามารถของวัสดุในการที่จะดูดกลืน หรืออมพลังงานกระแทกไว้ได้มากน้อยเท่าใด ถ้าวัสดุสามารถเก็บสะสมพลังงานต่อหน่วยปริมาตร ตั้งแต่เริ่มต้นได้รับแรงกระแทกจนกระทั่งแตกหักไว้ได้สูง ก็หมายความว่าวัสดุนั้นมีความเหนียวแน่นสูง (Toughness) หรือมีความแข็งแรงต่อการกระแทกสูง (Impact strength) โดยทั่วไปวัสดุที่มีความเหนียวแน่นสูงจะต้องเป็นวัสดุที่มีทั้งคุณสมบัติทั้งพิกัดความยืดหยุ่น และความเหนียวสูงดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

แต่ที่น่าสนใจสำหรับวัสดุหรือโลหะที่ถูกกระแทกแบบทันทีนั้น มักจะให้ค่าพิกัดความเป็นสัดส่วน (Proportional limit) และค่าความแข็งแรงสูงสุด (Ultimate strength) สูงขึ้นกว่าเมื่อได้รับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแทกอย่างช้าๆ และโลหะยังมีความสามารถในการยืดตัวออกได้ช้า เพราะต้องรอเวลาช่วงหนึ่ง ซึ่งแสดงว่าโลหะไม่อาจจะปรับโครงสร้างภายในเพื่อกระจายความเค้นออกให้ทั่วเนื้อโลหะได้ง่าย ฉะนั้นผลของความเค้นอาจจะรวมอยู่ที่จุดๆเดียวในเนื้อโลหะ ซึ่งทำให้โลหะหักที่จุดนั้นเสียก่อน ลักษณะเช่นนี้เป็นลักษณะของโลหะที่เปราะ

ในการวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงกระแทกนั้น ได้นำเครื่องมือและเทคนิคต่างๆมาใช้อย่างมาก เพื่อต้องการศึกษาในรายละเอียดของการแปรรูป และการแตกหักของวัสดุอันเนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ส่วนผสม อุณหภูมิ ขนาดรูปร่างของชิ้นทดสอบ และความเร็วของแรงกระแทก แต่จุดประสงค์ของการทดสอบการกระแทกเหล็กกล้านั้น ส่วนมากก็ทำเพื่อการศึกษาถึงความเหนียวหรือเปราะของโลหะ เมื่อถูกนำไปใช้งานที่อุณหภูมิต่ำมากๆ และศึกษาถึงผลของการชุบโลหะว่าจะมีผลต่อค่าความต้านทานการแตกหักภายใต้แรงกระแทกมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 2.1แผนภาพความต้านทานแรงกระแทก ($a_{,k}$) – อุณหภูมิ(มาณพ ตันตระบัณฑิตย์, 2531)

จากรูปที่ 2.1 แสดงความแตกต่างกันของวัสดุเหล็ก ระหว่างชนิดที่มีการเรียงตัวของอะตอมแบบ face centered cubic (fcc) และ body centered cubic (bcc) วัสดุโครงสร้าง fcc เป็นวัสดุเนื้อเดียว (homogeneous) จะมีค่าคงที่ตลอด (ระหว่าง –40 องศาเซลเซียส ถึง +40 องศาเซลเซียส) และคงความเหนียว ซึ่งได้แก่วัสดุเหล็กกล้าออสเตไนต์ นิเกิล ทองแดง อะลูมิเนียม วัสดุโครงสร้าง bcc เช่นเหล็กกล้าไม่เจือหรือเจือต่ำทุกชนิด จะมีค่าความเหนียวดีที่อุณหภูมิสูง (high portion) แต่จะเปราะ (ค่า

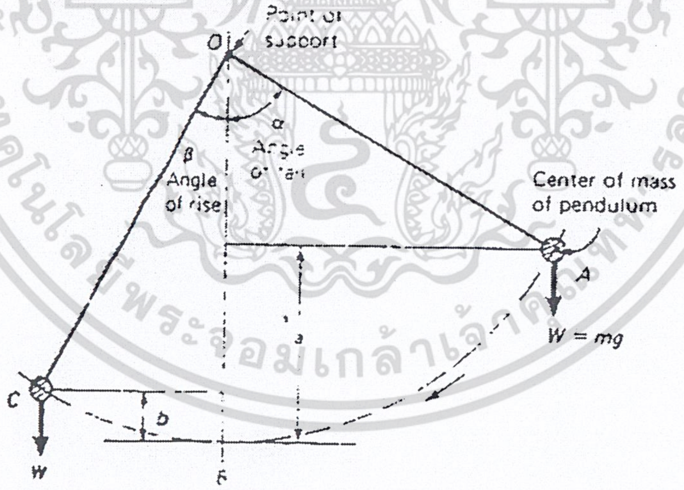
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเหนียวต่ำ) ที่อุณหภูมิต่ำ ค่าความเหนียวที่อยู่ระหว่างช่วงโซนเปลี่ยนแปลง (transition zone) (ประมาณ –10 องศาเซลเซียส ถึง +10 องศาเซลเซียส) ค่าความเหนียวจะไม่คงที่ (เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน ค่าความเหนียวเปลี่ยน) วัสดุที่มีเส้นโค้งในช่วงนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุซึ่งได้แก่ เหล็กกล้าเฟอร์ไรต์

2.5 หลักการทดสอบ

ในการทดสอบความสามารถในการรับแรงกระแทก ส่วนใหญ่ก็เพื่อหาความสามารถในการดูดกลืนพลังงานของวัสดุภายใต้แรงกระแทก ซึ่งทำได้โดยใช้พลังงานกระแทกชิ้นทดสอบจนแตกหัก ตามมาตรฐานกำหนดการทดสอบการกระแทกเหล็กกล้า โดยใช้ฆ้อนเหวี่ยง (pendulum hammer) ตีชิ้นทดสอบเพียงครั้งเดียวให้แตกหัก ภายใต้สภาวะที่กำหนด ชิ้นทดสอบที่ใช้จะต้องผ่านการตกแต่งผิวด้วยเครื่องจักร ให้ได้ขนาด รูปร่าง และมีร่องบากตามมาตรฐานด้วย

สำหรับหลักการทดสอบด้วยการกระแทกนั้น มีการทดสอบที่แตกต่างกันหลายแบบ แต่สำหรับการทดสอบการกระแทกเหล็กกล้านั้น มักจะนิยมทดสอบด้วยวิธี ฆ้อนเหวี่ยงกระแทก ดังรูป



รูปที่ 2.2 หลักการทดสอบ โดยการกระแทกแบบฆ้อนเหวี่ยง (มณฑล ฉายอรุณ, 2531)

จากรูป จะสังเกตได้ว่ามีหลักการเหมือนลูกตุ้มนาฬิกา ซึ่งสามารถที่จะคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้กระแทกชิ้นทดสอบได้จากผลต่างของระดับความสูงต่ำของลูกตุ้ม เมื่อเริ่มแกว่ง และหลังจากที่ไปกระแทกชิ้นทดสอบให้หักแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบโดยวิธีค้อนเหวี่ยงกระแทกนี้ จะเห็นว่าพลังงานศักย์ของค้อนเหวี่ยงก่อนปล่อยจากตำแหน่ง A คือ mga หลังจากปล่อยพลังงานศักย์ลดลง พลังงานจลน์จะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดก่อนกระแทกที่ตำแหน่ง B พลังงานศักย์มีค่าเป็นศูนย์ ส่วนพลังงานจลน์จะมีค่ามากที่สุด และที่ตำแหน่ง B ปริมาณพลังงานที่จะทำให้ชิ้นทดสอบแตกหักจะแพร่กระจายไป แต่เนื่องจากลูกตุ้มหรือฆ้อนยังคงเหวี่ยงต่อไปอีก นั่นก็คือ พลังงานจลน์ที่ยังคงเหลืออยู่ภายหลังการกระแทก โดยที่พลังงานจลน์นี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ และการทดสอบการกระแทกจะเสร็จสิ้น เมื่อฆ้อนเหวี่ยงมาถึงจุดที่ไกลที่สุด คือตำแหน่ง C ซึ่งพลังงานศักย์มีค่าเป็น mgb ดังนั้นผลต่างระหว่างพลังงานศักย์ ที่ตำแหน่ง A และ C คือ พลังงานกระแทกที่ทำให้ชิ้นทดสอบแตกหัก โดยคำนวณได้ดังนี้

พลังงานก่อนการกระแทก $= mga = mgr(1-\cos\alpha)$ (2.1)

พลังงานหลังการกระแทก $= mgb = mgr(1-\cos\beta)$ (2.2)

พลังงานกระแทกชิ้นทดสอบ $= mg(a-b)$

$= mgr(\cos\beta - \cos\alpha)$ (2.3)

ในเมื่อ m กำหนดให้มีหน่วย กิโลกรัม (kg)

g = $9.806\ m/s^2$

α = มุมยกขึ้นก่อนการกระแทกเป็นองศา

β = มุมยกขึ้นภายหลังการกระแทกปีนองศา

r = รัศมีความยาวจากจุดศูนย์กลางหมุนถึงตำแหน่งตี

สำหรับพลังงานกระแทกชิ้นทดสอบ จะมีค่าเป็นจูล ซึ่งในเครื่องทดสอบส่วนมาก จะอ่านค่าพลังงานนี้ได้โดยตรง จากสเกลที่ถูกแบ่งเป็นหน่วยพลังงานไว้เป็นจูลด้วยเหมือนกัน

2.6 เครื่องทดสอบการกระแทก

เครื่องทดสอบการกระแทกนั้น โดยทั่วไป จะต้องมีส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดพลังงานกระแทกแก่ชิ้นทดสอบ โดยส่วนนี้ของเครื่องทดสอบการกระแทกนั้นจะถูกออกแบบให้มีลักษณะแตกต่างกัน เพื่อประโยชน์ในการที่จะทดสอบกับวัสดุต่างชนิดกันได้ และลักษณะที่แตกต่างกันของส่วนที่ทำให้เกิดพลังงานกระแทกของเครื่องทดสอบ สามารถแบ่งได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบน้ำหนักตกกระทบ (Drop weight)
2. แบบล้อเหวี่ยงหมุน (Rotating flywheel)
3. แบบค้อนเหวี่ยงกระแทก (Pendulum impact)

ในบรรดาเครื่องทดสอบการกระแทกที่มี ส่วนที่ทำให้เกิดพลังงานกระแทกแบบต่างๆที่กล่าวมาแล้วนี้ แบบค้อนเหวี่ยงกระแทก จะเป็นแบบที่นิยมใช้ทั่วไปมากกว่าแบบอื่นๆและก็เรียกว่าเครื่องทดสอบแบบค้อนเหวี่ยงกระแทก (Pendulum impact testing machine) ซึ่งมีหลักการทดสอบดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้ว

สำหรับเครื่องทดสอบแบบฆ้อนเหวี่ยงกระแทกนั้น ควรจะมีคุณสมบัติที่สำคัญต่างๆดังนี้

1. เครื่องทดสอบจะต้องสร้างขึ้น และติดตั้งอย่างเที่ยงตรง และมั่นคงให้ค่าพลังงานที่สูญหายไป เนื่องจากเคลื่อน การหมุน หรือการสั่นในโครงสร้างของเครื่องทดสอบ น้อยมากที่สุด
2. ฆ้อนเหวี่ยงควรมั่นคงแข็งแรง พอที่จะทนต่อแรงสั่นสะเทือน ในปริมาณมากได้
3. ระนาบที่ค้อนแกว่งต้องอยู่ในแนวดิ่ง
4. จุดศูนย์กลางของการปะทะ คือจุดที่ฆ้อนกระแทก
5. น้ำหนักของแท่นและฐานรองรับ ควรหนักพอเพียงกับพลังงานกระแทกของเครื่องทดสอบ ทั้งนี้เนื่องจากว่าจะได้ไม่เกิดการแปรรูป หรือการสั่นสะเทือนแก่แท่น และฐานรองรับ
6. ความแม่นยำของสเกลเครื่องทดสอบ ต้องละเอียดเพียงพอ ที่จะกำหนดเป็นมาตรฐานได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เครื่องทดสอบจะต้องได้รับการตรวจสอบจากสำนักงานมาตรฐานเสียก่อน

โดยทั่วไป เครื่องทดสอบแบบค้อนเหวี่ยงกระแทกนั้น นิยมใช้ทดสอบการกระแทกทั้งแบบชาร์ปีและแบบอิซอด สำหรับเหล็กกล้า แต่เครื่องทดสอบการกระแทกแบบนี้ อาจจะมีข้อเสียอยู่บ้าง คือพลังงานการกระแทกของเครื่องทดสอบ จะสูญเสียไปบ้าง เนื่องจากกรณีต่างๆดังนี้

1. ความเสียดทานภายในแบริ่งส่วนที่หมุน ซึ่งจะเกิดมากที่สุด เมื่อค้อนเหวี่ยงมาอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด และแรงกระทำทั้งหมดจะมีค่าสูงสุด
2. ความต้านทานกับอากาศ (windage) ของค้อนเหวี่ยง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วของค้อน ดังนั้นจึงเกิดได้มากที่สุด เมื่อค้อนเหวี่ยงมาถึงตำแหน่งต่ำสุด
3. ความฝืดของเข็มชี้บนสเกล ของเครื่องทดสอบ ซึ่งจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พลังงานจลน์ที่ให้กับชิ้นทดสอบหรือส่วนของชิ้นทดสอบที่แตกออกซึ่งขึ้นอยู่กับมวล และความเร็วของชิ้นทดสอบ

โดยปกติแล้วการสูญเสียพลังงานการกระแทกในกรณีต่างๆที่กล่าวมาแล้วนี้จะเกิดไม่เกิน 1% และในบางกรณีอาจจะไม่เกิดการสูญเสียเลย

สำหรับการทดสอบที่ต้องการความเที่ยงตรง ข้อผิดพลาดเล็กน้อยที่กล่าวมาแล้ว อาจทำให้ลดลงโดยการทดลองและการคาดคะเน เช่น ความเสียดทานภายในแบริ่ง และความต้านทานกับอากาศของค้อนเหวี่ยง สามารถประมาณการได้โดยปล่อยให้ค้อนเหวี่ยงอย่างอิสระหลายๆครั้ง แล้วสังเกตุดูพลังงานกระแทกที่สูญเสียไปและถือได้ว่าอัตราการสูญเสียพลังงานคงที่ต่อหน่วยองศา จะให้ผลตรวจแก้ที่ถูกต้อง ส่วยผลของความฝืดของเข็มชี้บนสเกลของเครื่องทดสอบ สามารถลดลงได้โดย ตั้งตำแหน่งของเข็มชี้ ให้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ประมาณไว้เพียงเล็กน้อย และสำหรับพลังงานจลน์ที่ให้กับชิ้นทดสอบนั้น สามารถประมาณได้จากมวลของชิ้นทดสอบ และคิดว่าความเร็วของชิ้นทดสอบภายหลังที่ถูกตีจนแตกหัก กระเด็นไปนั้น มีค่าเท่ากับความเร็วของค้อนเหวี่ยง ซึ่งผลที่ได้นี้จะเป็นผลตรวจแก้ที่ถูกต้องอีกอันหนึ่งเช่นกัน เมื่อทราบผลตรวจแก้ที่ถูกต้องทุกอย่างแล้วก็จะทำให้ทราบถึงพลังงานที่ทำให้เกิดการแตกหักอย่างแท้จริง

จากที่ทราบแล้วว่าเครื่องทดสอบแบบค้อนเหวี่ยงกระแทก นิยมใช้ทดสอบทั้งแบบชาร์ปีและแบบอิซอด ดังนั้นบางบริษัทจึงผลิตเครื่องทดสอบการกระแทกนี้ ให้สามารถใช้ทดสอบทั้งแบบชาร์ปี และแบบอิซอด ได้ภายในเครื่องทดสอบเดียวกัน เป็นแต่เพียงเปลี่ยนแท่น และฐานรองรับเท่านั้นพร้อมทั้งเรียกว่า เครื่องทดสอบการกระแทกยูนิเวอร์แซล (Universal impact testing machine)

2.7 ชิ้นทดสอบ

เนื่องจากการทดสอบ โดยการกระแทกมีอยู่หลายวิธีซึ่งต้องมีความสัมพันธ์กับชิ้นทดสอบด้วย ดังนั้นจึงต้องมีเกณฑ์ในการคัดเลือก และกำหนดขนาดต่างๆไว้ ถึงแม้ว่าชิ้นทดสอบนั้น อาจจะไม่ใช่ชิ้นทดสอบมาตรฐานก็ตาม

สำหรับชิ้นทดสอบเหล็กกล้าที่จะนำมาทดสอบการกระแทกทั้งแบบชาร์ปี และแบบอิซอด ส่วนมากนิยมใช้ชิ้นทดสอบที่มีพื้นที่ภาคตัดขวางสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่อาจจะมีอยู่บ้างที่ใช้ชิ้นทดสอบที่

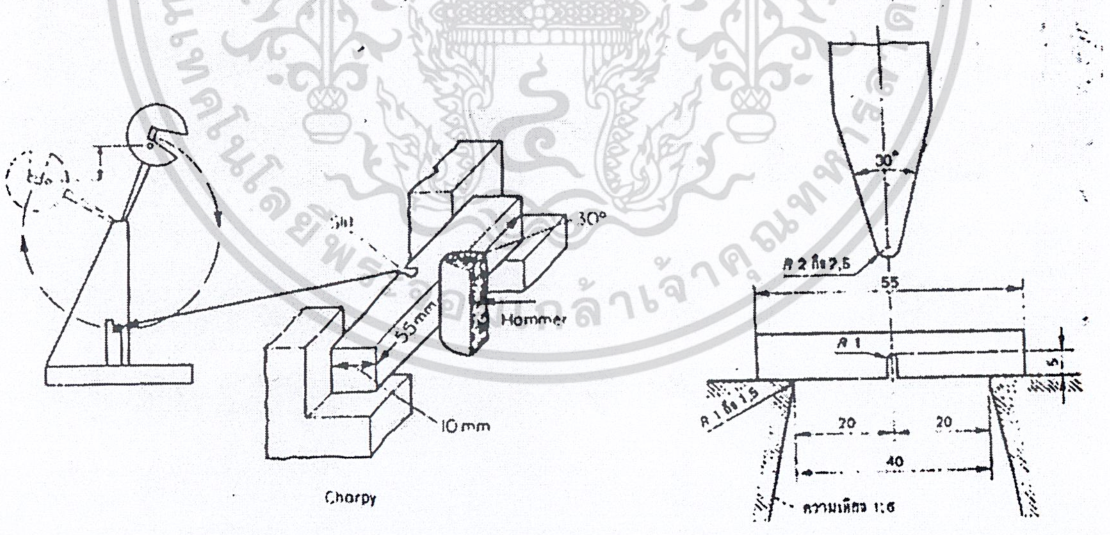
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีพื้นที่ภาคตัดขวางกลม ซึ่งบางครั้งจำเป็นต้องใช้ในการทดสอบการกระแทกแบบอิซอด และชิ้นทดสอบต้องทำเป็นรอยบาก ให้มีลักษณะและขนาดมาตรฐานต่างๆกันไว้ เพื่อประโยชน์ดังนี้

1. ทำให้เกิดความเค้นรวมที่รอยบาก ซึ่งจะมีขอบเขตที่แน่นอน
2. ทำให้เกิดการแตกหักในตำแหน่งของชิ้นทดสอบที่ต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานกระแทกมาก
3. ทำให้ช่วยควบคุมจำกัดปฏิกิริยาที่แสดงออกมา เช่น ช่วยลดความเหนียวลงสำหรับโลหะที่เหนียวนั่นคือ รอยบากจะมีผลทำให้โลหะเหนียว มีแนวโน้มเกิดการแตกหักแบบเปราะได้
4. เหมาะสำหรับการทดสอบวัสดุที่มีความเหนียวและความเปราะต่างกัน

2.8 การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี (Charpy Impact Test)

การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีทำได้โดยการตีชิ้นทดสอบเพียงครั้งเดียวด้วยค้อนเหวี่ยงให้หักภายใต้ภาวะที่กำหนด ชิ้นทดสอบต้องทำเป็นรอยบากที่มีขนาดและลักษณะกำหนดตามมาตรฐาน ถ้าเป็นมาตรฐาน ISO ชิ้นทดสอบต้องทำเป็นรอยบาก U ตรงกลาง การจับยึดชิ้นทดสอบแต่ละปลายให้แน่นซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับคานที่ยึดน้ำหนักแล้วจะเห็นว่าเหมือนกับคานธรรมดาดังรูป

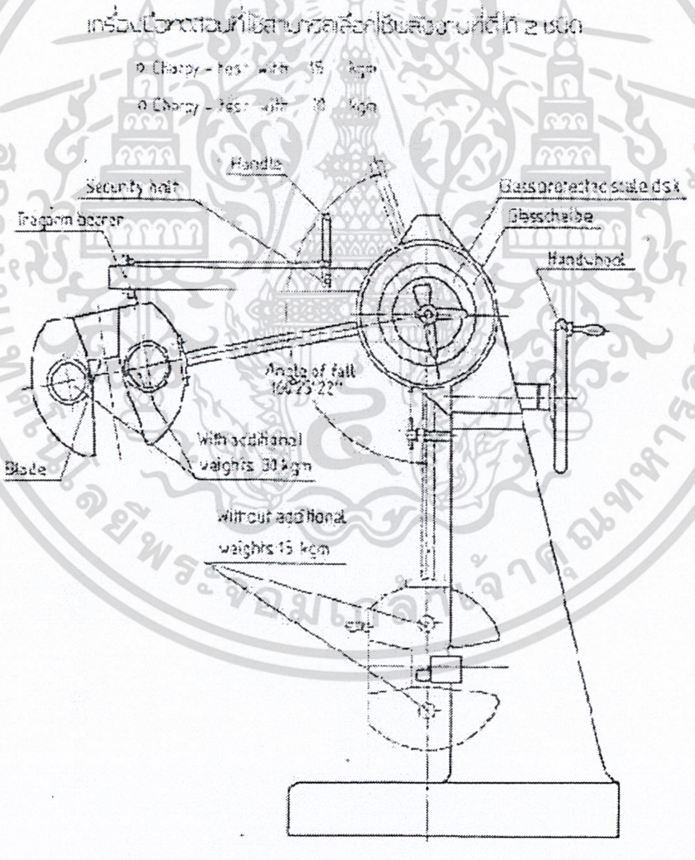


รูปที่ 2.3 การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี(มณฑล ฉายอรุณ, 2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะสังเกตเห็นว่าชิ้นทดสอบจะถูกวางบนฐานรองรับสองจุดมีระยะต่างกัน 40 มิลลิเมตร จัดให้รอยบากอยู่ตรงกลางและมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางที่ค้อนเหวี่ยงลงมากระแทก การจับยึดชิ้นทดสอบแบบนี้จะทำได้สะดวกและรวดเร็วเหมาะสำหรับการทดสอบกับชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิสูงและที่อุณหภูมิต่ำได้ดี

สำหรับค้อนเหวี่ยงกระแทกจะมีลักษณะรูปตัว V มุม 30 องศา รัศมีโค้งที่ปลายคม 2-2.5 มิลลิเมตร เครื่องทดสอบที่นำมาใช้ทำการทดสอบนี้เป็นเครื่องทดสอบการกระแทก universal สามารถปรับเลือกใช้พลังงานกันกระแทกได้สองขนาดโดยยกค้อนเหวี่ยงให้อยู่ที่ตำแหน่งสูง มีพลังงานกระแทกขนาด 30 กิโลกรัมเมตร และ 15 กิโลกรัมเมตร การประกอบเครื่องทดสอบทำได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เครื่องทดสอบสำหรับการกระแทกแบบชาร์ปี(มณฑล ฉายอรุณ, 2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เครื่องทดสอบนี้ต้องระวังมากเมื่อยกค้อนขึ้นและเริ่มปล่อยค้อนลงตีระแทกชิ้นทดสอบจะต้องแน่ใจว่าไม่มีผู้ใดยืนอยู่ด้านหน้าและหลังค้อนที่จะตีเพราะเกิดอุบัติเหตุได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.1 กล่าวนำ

ขั้นตอนการทดลองสามารถแบ่งเป็นสองขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่างเหล็กที่ใช้ในการทดลอง
2. การทดสอบหากำลังรับแรงกระแทกและกำลังรับแรงดึง

3.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

การเตรียมชิ้นทดสอบนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมากต่อความถูกต้อง แม่นยำของผลการทดสอบ กล่าวคือ ถ้ารูปร่างของชิ้นทดสอบไม่ได้สัดส่วนและขนาดของรอยบากไม่ได้ตามมาตรฐานก็จะเป็นผลทำให้ได้ผลการทดสอบไม่ละเอียด ถูกต้องตามความเป็นจริง ดังนั้นการเตรียมชิ้นทดสอบจึงมีข้อควรพิจารณาดังนี้

1. การตัดชิ้นทดสอบตามขนาดที่กำหนดนั้นต้องหลีกเลี่ยงความร้อน วิธีที่ดีที่สุดคือใช้เลื่อยตัดและควรมีการระบายความร้อนด้วย
2. ต้องใช้เครื่องมือกลตัดรอยบากให้มีลักษณะและขนาดตามมาตรฐานกำหนด โดยต้องไม่ให้มีรอยขีดข่วนหรือร่องปรากฏที่ฐานรอยบาก
3. รอยบากที่ตัดต้องมีระนาบสมมาตรตั้งด้วยฉากกับแนวแกนของชิ้นทดสอบ
4. ผิวของชิ้นทดสอบที่ต้องมีการตกแต่งโดยเครื่องมือกลจะต้องระวังไม่ให้เกิดความร้อนจนเกินไป
5. เกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ในการทดสอบจะใช้เหล็กสองประเภท ประเภทแรกคือเหล็ก ss 400 และเหล็ก s 50 c ซึ่งในการใช้งานโดยทั่วไปจะเรียกเหล็ก ss 400 ว่าเหล็กแผ่นแบบธรรมดา และเรียกเหล็ก s 50 c ว่าเหล็กแผ่นแบบพิเศษ ในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ชื่อตามที่ใช้งานโดยทั่วไป คือเหล็กแผ่นแบบธรรมดาและเหล็กแผ่นแบบพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบแรงกระแทกจะใช้จำนวนชิ้นทดสอบ 10 ชิ้นต่อการทดสอบหนึ่งชุด และการทดสอบกำลังรับแรงดึงใช้จำนวนชิ้นทดสอบ 3 ชิ้นต่อการทดสอบหนึ่งชุดการทดสอบตามมาตรฐานของ ASTM โดยจะทำการทดสอบเหล็กทั้ง 2 ประเภทที่อุณหภูมิต่างๆ คือ –10 , 10 , 20 และ 27 องศาเซลเซียส ทดสอบการรับแรงกระแทกอุณหภูมิละ 10 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างการทดสอบทั้งหมด 80 ตัวอย่าง และทดสอบกำลังรับแรงดึงอุณหภูมิละ 3 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างกสรทดสอบทั้งหมด 24 ตัวอย่าง

3.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบถ้าไม่ได้กำหนดอุณหภูมิทดสอบให้ทดสอบที่ 20 องศาเซลเซียส สำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวให้ทดสอบที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส สำหรับประเทศที่มีอากาศร้อนโดยมีเกณฑ์การคลาดเคลื่อนเป็น ± 2 องศาเซลเซียส สำหรับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนนั้นใช้ได้ตลอดถึงแม้ว่าจะกำหนดอุณหภูมิทดสอบ

หลังจากการประกอบเครื่องทดสอบเพื่อทำการทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปีและตรวจสอบขนาดชิ้นทดสอบแล้วให้เริ่มทดสอบตามลำดับดังนี้

1. วางชิ้นทดสอบให้ได้ตั้งฉากกับฐานรองรับและให้รอยบากอยู่ที่จุดกึ่งกลางระหว่างฐานซึ่งทำได้โดยใช้เกจที่เครื่องทดสอบช่วยตั้งระยะ
2. ยกค้อนขึ้นให้สูงทำมุม 160 องศา 25 ลิปดา 22 ฟิลิปดา จะทำให้มีพลังงานกระแทกตามกำหนดและเข็มจะอยู่ตรงขีดตำแหน่งตีทันที
3. ตั้งเข็มตาม (Idle pointer) ให้อยู่ตรงขีดตำแหน่งตีด้วย
4. ปล่อยค้อนลงตีกระแทกด้านตรงข้ามกับรอยบากตรงชิ้นทดสอบในระนาบสมมาตร
5. บันทึกขนาดของพลังงานกระแทกที่ทำให้ชิ้นทดสอบแตกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบหากำลังรับแรงกระแทกและกำลังรับแรงดึง ซึ่งจากผลการทดสอบจะพบว่ามีค่าบางค่าที่เบี่ยงเบนไปมาก คือค่าบางค่าของผลการทดสอบที่ได้ไม่เข้าพวกกับค่าอื่นๆ ดังนั้นจึงต้องใช้หลักสถิติเข้ามาจัดข้อมูลให้มีความถูกต้องเพิ่มขึ้นโดยตัดข้อมูลที่มีค่าต่างจากค่าอื่นๆ ออกไป ในที่นี้ได้ใช้วิธี รากที่สองของมัชฌิมกำลังสอง (Root Mean Square) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะกับการจัดข้อมูลของการทดสอบนี้

เมื่อตัดข้อมูลที่ไม่ต้องการออกไปก็จะเหลือข้อมูลที่ปรับแก้แล้ว นำข้อมูลที่ปรับแก้แล้วนั้นไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์

1. กราฟแสดงกำลังรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่อุณหภูมิต่างๆ
2. กราฟแสดงกำลังรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่อุณหภูมิต่างๆ
3. กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาและเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่อุณหภูมิต่างๆ
4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยและอุณหภูมิของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา
5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยและอุณหภูมิของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ
6. กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาและเหล็กแผ่นแบบพิเศษ

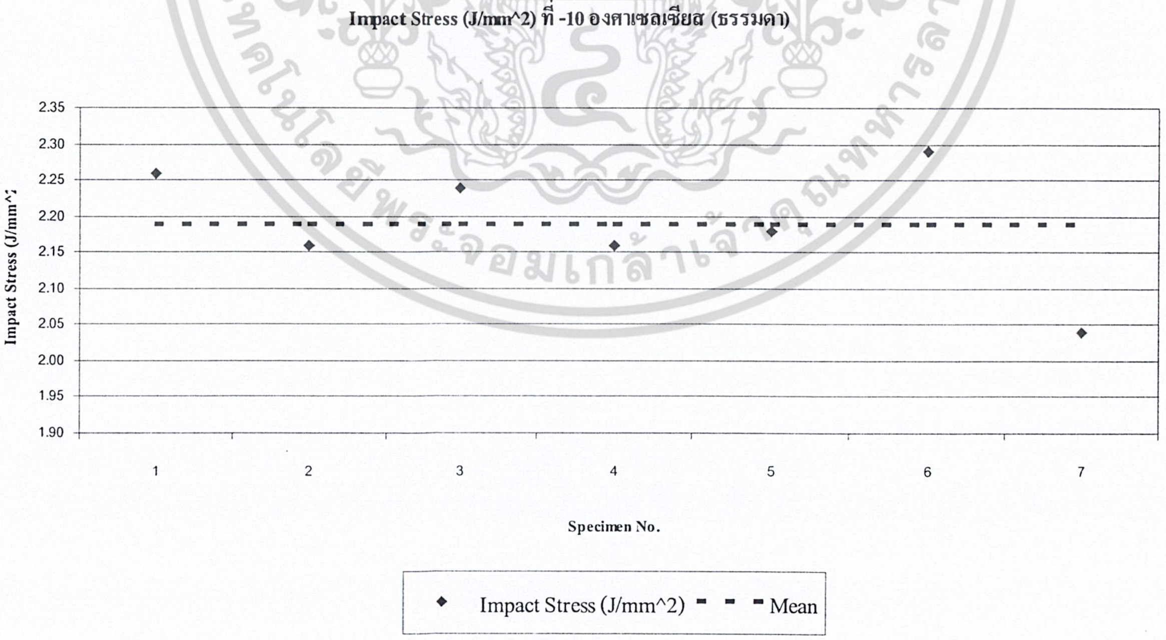
4.2 ผลการทดลองและกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ -10 องศาเซลเซียส

Specimen No.	Cross Section Area (mm^2)	Impact Energy (J)	Impact Stress (J/mm^2)	Acceptable Value	Remark
1	100	226	2.26	Acceptable	
2	100	248	2.48	**Unacceptable**	
3	100	216	2.16	Acceptable	RMS = 0.17
4	100	224	2.24	Acceptable	MEAN = 2.21
5	100	186	1.86	**Unacceptable**	USL = 2.38
6	100	216	2.16	Acceptable	LSL = 2.04
7	100	243	2.43	**Unacceptable**	
8	100	218	2.18	Acceptable	New Mean = 2.19
9	100	229	2.29	Acceptable	
10	100	204	2.04	Acceptable	



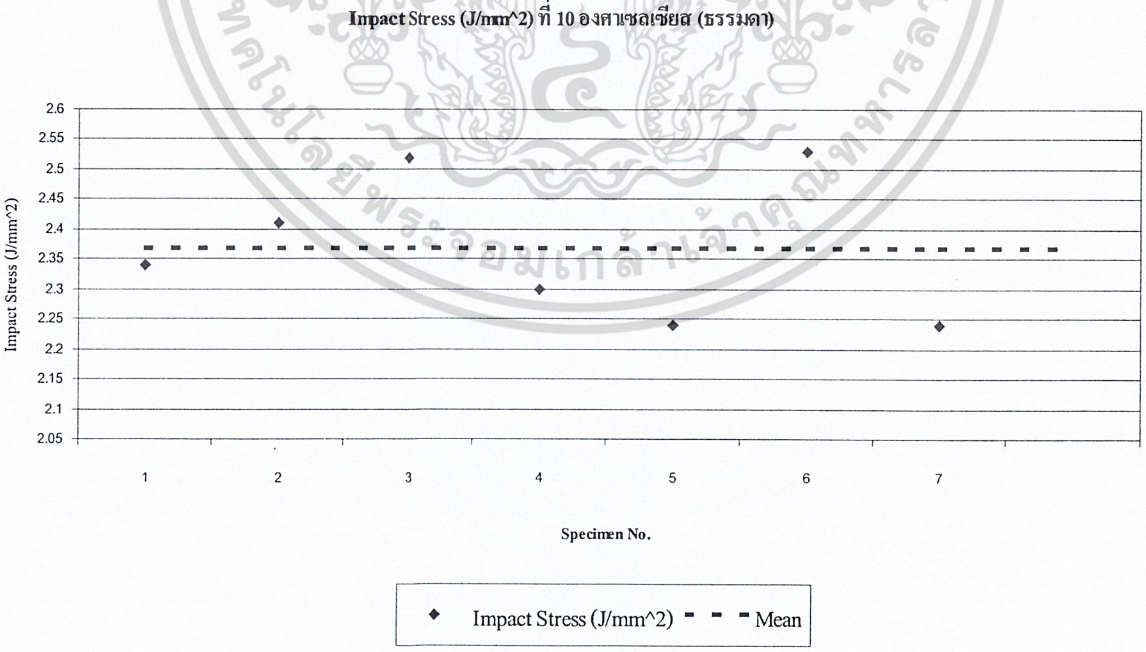
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ -10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45830

ตารางที่ 4.2 แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ 10 องศาเซลเซียส

Specimen No.	Cross Section Area (mm^2)	Impact Energy (J)	Impact Stress (J/mm^2)	Acceptable Value	Remark
1	100	234	2.34	Acceptable	
2	100	241	2.41	Acceptable	
3	100	256	2.56	**Unacceptable**	RMS = 0.15
4	100	252	2.52	Acceptable	MEAN = 2.38
5	100	230	2.30	Acceptable	USL = 2.53
6	100	224	2.24	Acceptable	LSL = 2.24
7	100	255	2.55	**Unacceptable**	
8	100	253	2.53	Acceptable	New Mean = 2.37
9	100	224	2.24	Acceptable	
10	100	213	2.13	**Unacceptable**	

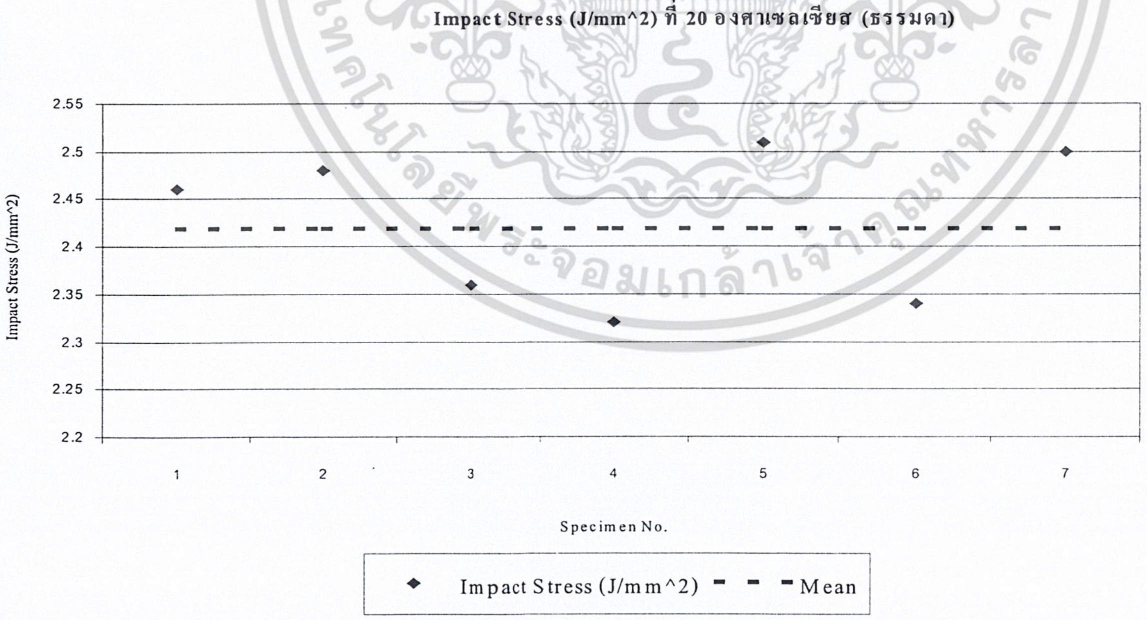


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแบบแผ่นแบบธรรมดาที่ 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ 20 องศาเซลเซียส

Specimen No.	Cross Section Area (mm^2)	Impact Energy (J)	Impact Stress (J/mm^2)	Acceptable Value	Remark
1	100	246	2.46	Acceptable	
2	100	248	2.48	Acceptable	
3	100	236	2.36	Acceptable	RMS = 0.13
4	100	260	2.60	**Unacceptable**	MEAN = 2.45
5	100	232	2.32	Acceptable	USL = 2.58
6	100	226	2.26	**Unacceptable**	LSL = 2.32
7	100	251	2.51	Acceptable	
8	100	270	2.70	**Unacceptable**	New Mean = 2.42
9	100	234	2.34	Acceptable	
10	100	250	2.50	Acceptable	

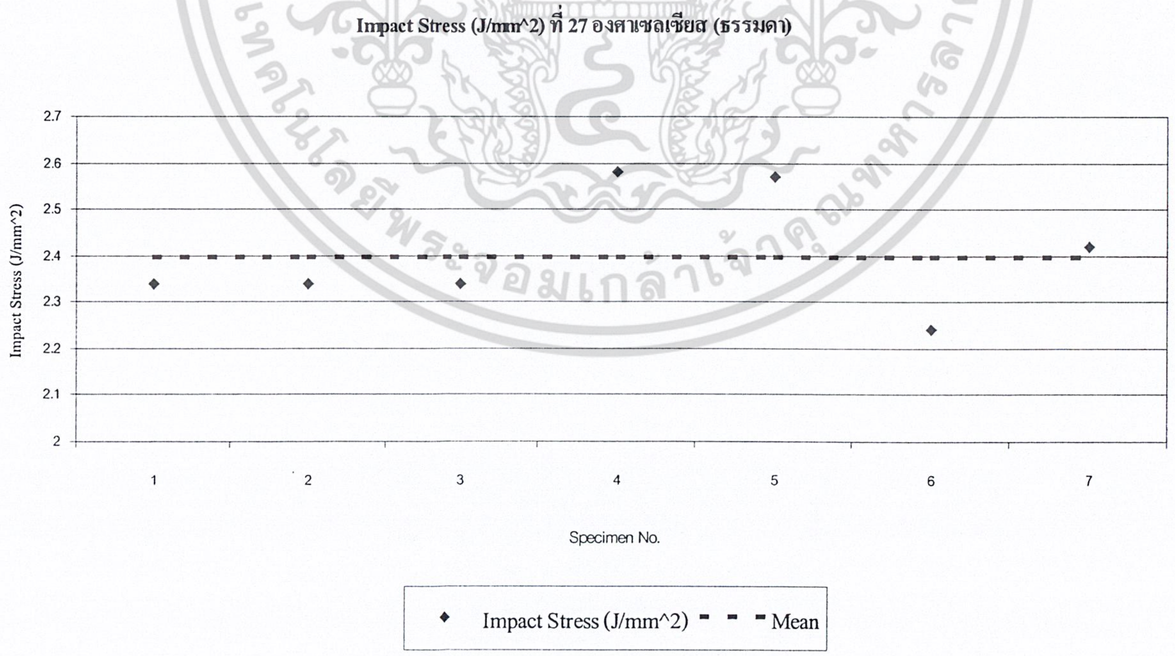


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ 27 องศาเซลเซียส

Specimen No.	Cross Section Area (mm^2)	Impact Energy (J)	Impact Stress (J/mm^2)	Acceptable Value	Remark
1	100	209	2.09	**Unacceptable**	
2	100	234	2.34	Acceptable	
3	100	234	2.34	Acceptable	RMS = 0.24
4	100	295	2.95	**Unacceptable**	MEAN = 2.40
5	100	234	2.34	Acceptable	USL = 2.64
6	100	258	2.58	Acceptable	LSL = 2.16
7	100	213	2.13	**Unacceptable**	
8	100	257	2.57	Acceptable	New Mean = 2.40
9	100	224	2.24	Acceptable	
10	100	242	2.42	Acceptable	

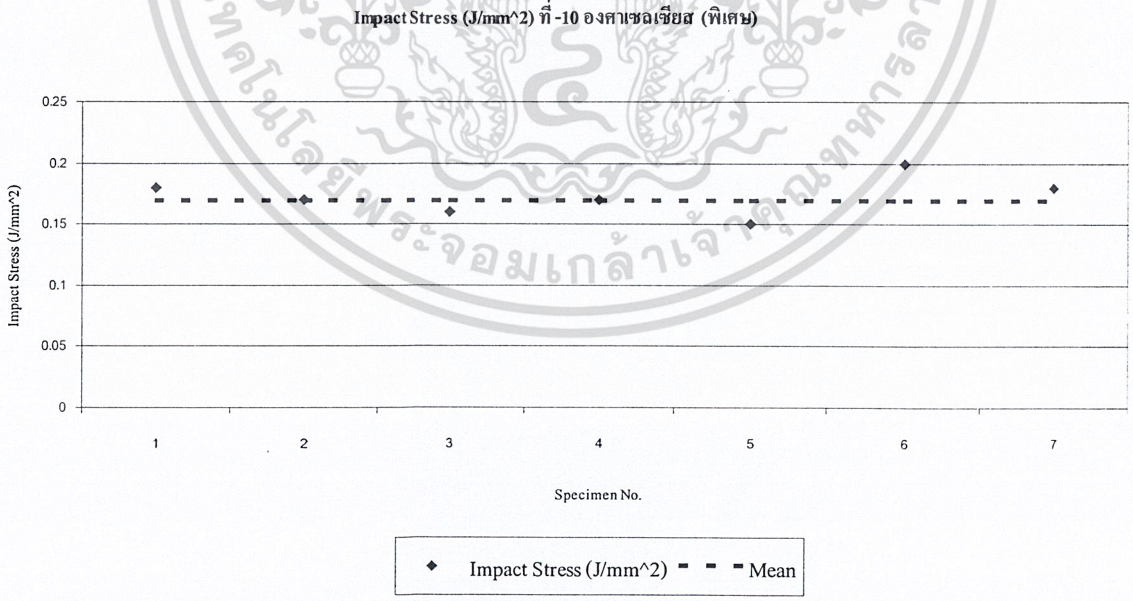


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ 27 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแบบแผ่นแบบพิเศษที่ -10 องศาเซลเซียส

Specimen No.	Cross Section Area (mm^2)	Impact Energy (J)	Impact Stress (J/mm^2)	Acceptable Value	Remark
1	100	12	0.12	**Unacceptable**	
2	100	18	0.18	Acceptable	
3	100	28	0.28	**Unacceptable**	RMS = 0.05
4	100	17	0.17	Acceptable	MEAN = 0.19
5	100	16	0.16	Acceptable	USL = 0.23
6	100	17	0.17	Acceptable	LSL = 0.14
7	100	15	0.15	Acceptable	
8	100	20	0.20	Acceptable	New Mean = 0.17
9	100	26	0.26	**Unacceptable**	
10	100	18	0.18	Acceptable	

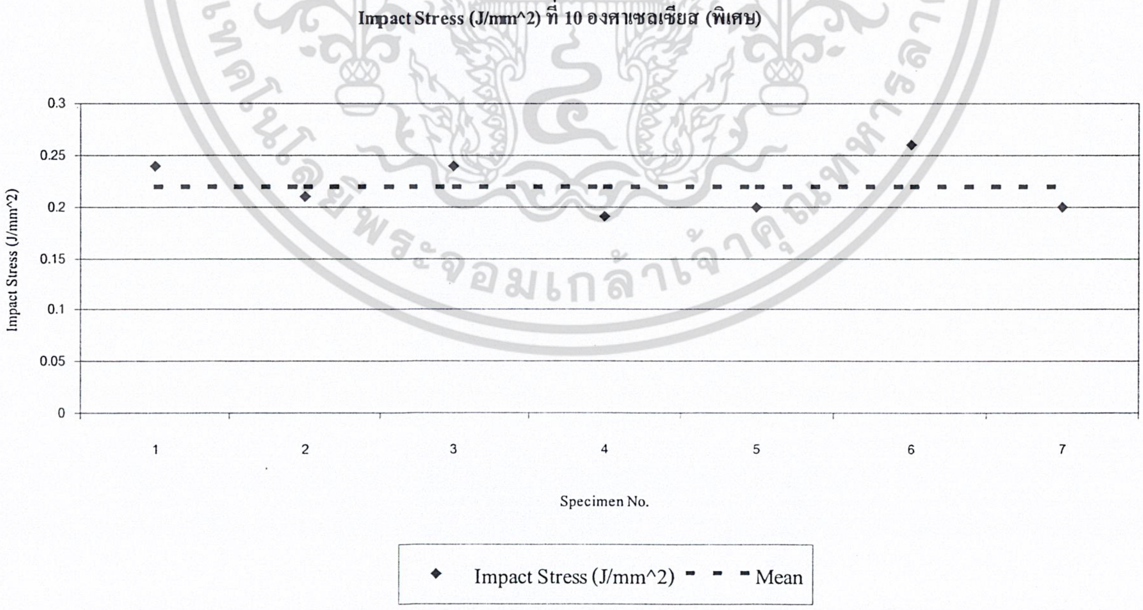


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ -10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 10 องศาเซลเซียส

Specimen No.	Cross Section Area (mm^2)	Impact Energy (J)	Impact Stress (J/mm^2)	Acceptable Value	Remark
1	100	24	0.24	Acceptable	
2	100	21	0.21	Acceptable	
3	100	14	0.14	**Unacceptable**	RMS = 0.04
4	100	24	0.24	Acceptable	MEAN = 0.22
5	100	19	0.19	Acceptable	USL = 0.26
6	100	27	0.27	**Unacceptable**	LSL = 0.18
7	100	20	0.20	Acceptable	
8	100	27	0.27	**Unacceptable**	New Mean = 0.22
9	100	26	0.26	Acceptable	
10	100	20	0.20	Acceptable	

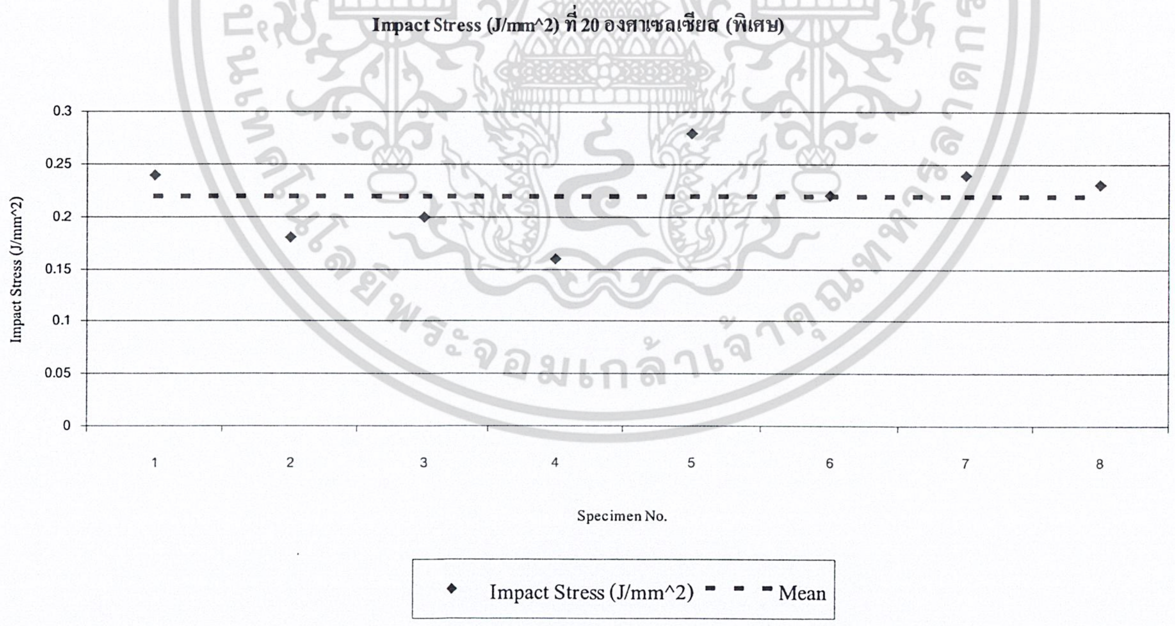


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 20 องศาเซลเซียส

Specimen No.	Cross Section Area (mm^2)	Impact Energy (J)	Impact Stress (J/mm^2)	Acceptable Value	Remark
1	100	24	0.24	Acceptable	
2	100	14	0.14	**Unacceptable**	
3	100	18	0.18	Acceptable	RMS = 0.07
4	100	20	0.20	Acceptable	MEAN = 0.23
5	100	16	0.16	Acceptable	USL = 0.29
6	100	28	0.28	Acceptable	LSL = 0.16
7	100	22	0.22	Acceptable	
8	100	39	0.39	**Unacceptable**	New Mean = 0.22
9	100	24	0.24	Acceptable	
10	100	23	0.23	Acceptable	

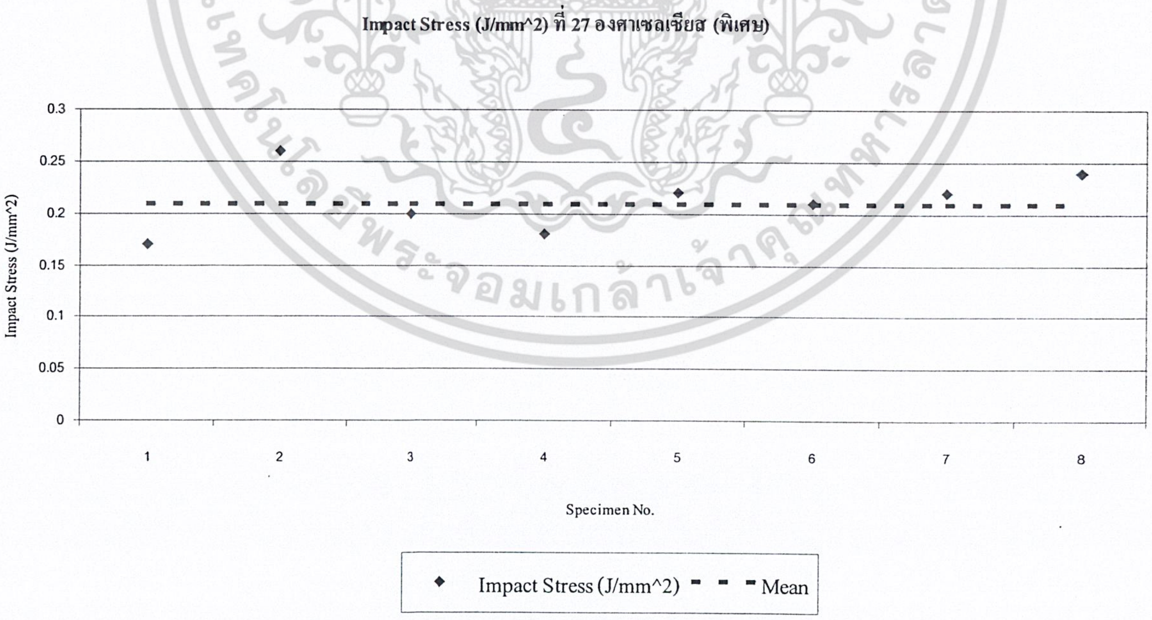


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

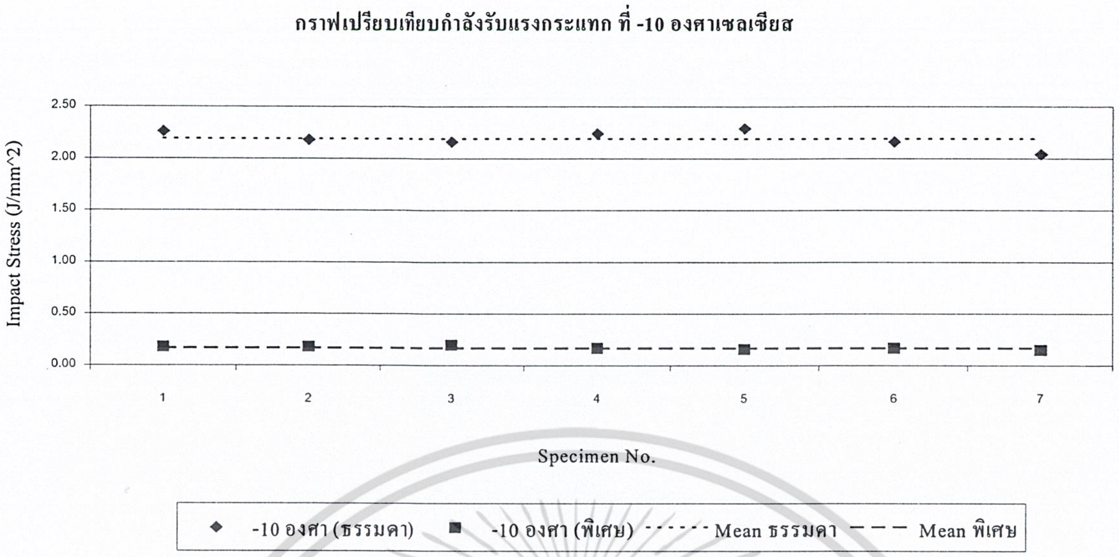
ตารางที่ 4.8 แสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 27 องศาเซลเซียส

Specimen No.	Cross Section Area (mm^2)	Impact Energy (J)	Impact Stress (J/mm^2)	Acceptable Value	Remark
1	100	17	0.17	Acceptable	
2	100	26	0.26	Acceptable	
3	100	20	0.20	Acceptable	RMS = 0.05
4	100	18	0.18	Acceptable	MEAN = 0.22
5	100	22	0.22	Acceptable	USL = 0.27
6	100	21	0.21	Acceptable	LSL = 0.17
7	100	14	0.14	**Unacceptable**	
8	100	22	0.22	Acceptable	New Mean = 0.21
9	100	24	0.24	Acceptable	
10	100	33	0.33	**Unacceptable**	



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลทดสอบการรับแรงกระแทกของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 27 องศาเซลเซียส

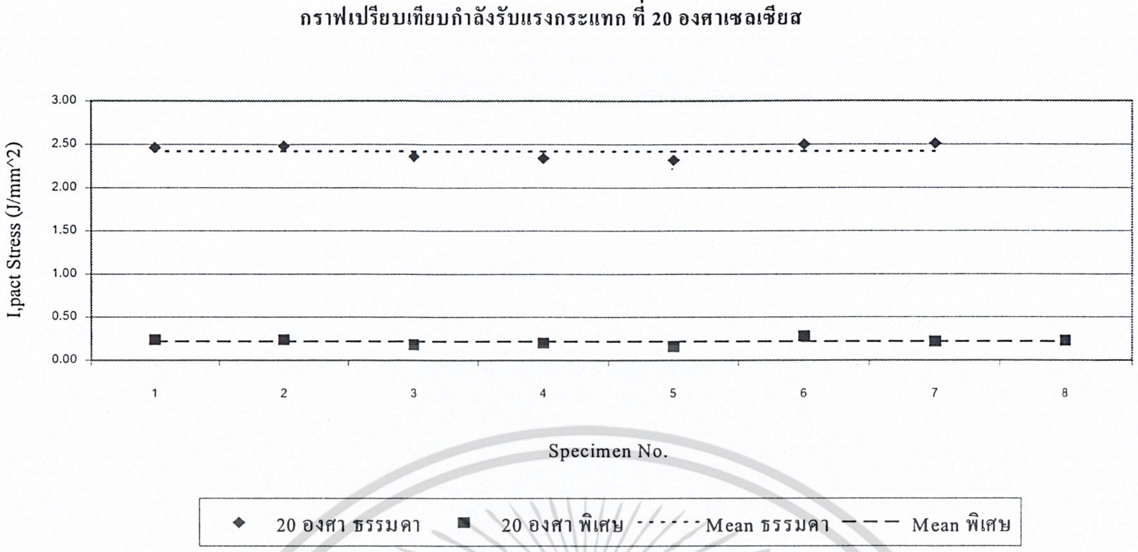
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงกระแทก ที่ –10 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงกระแทก ที่ 10 องศาเซลเซียส

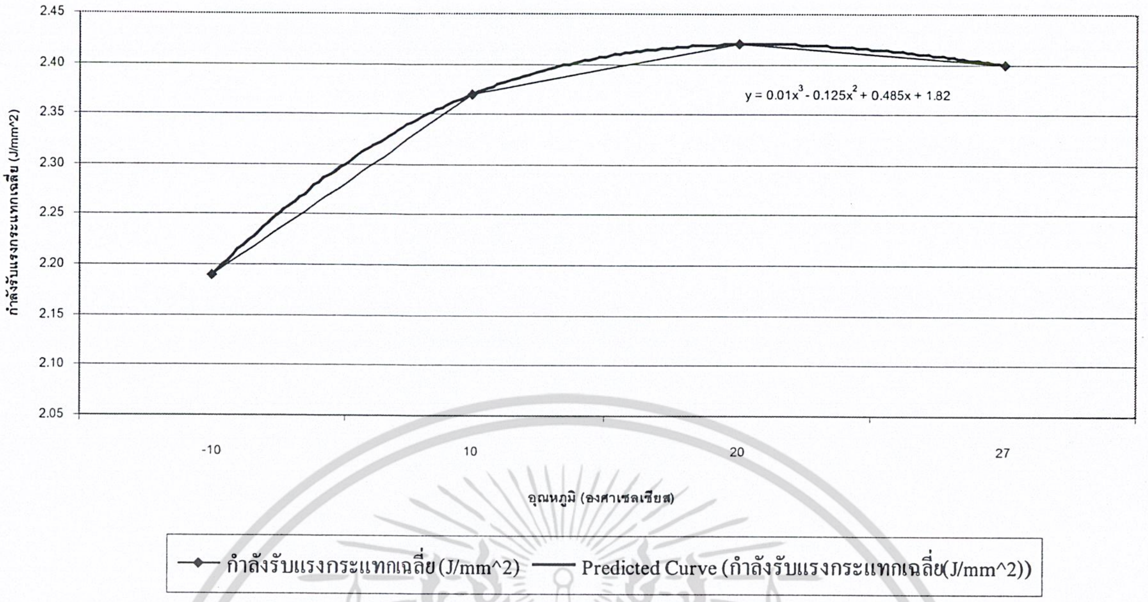
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



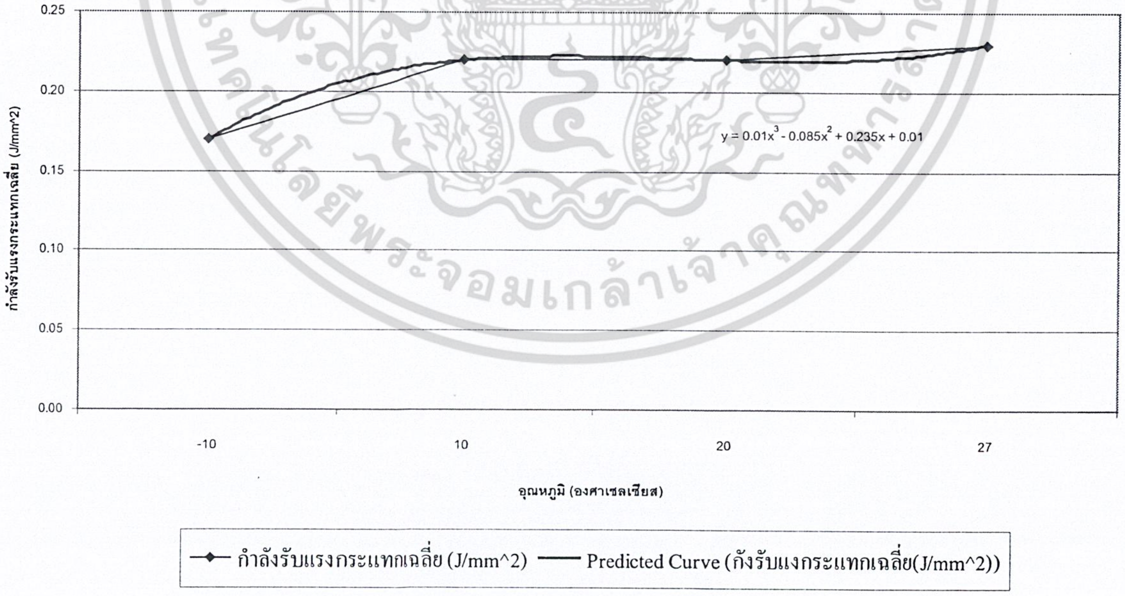
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงกระแทก ที่ 20 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงกระแทก ที่ 27 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

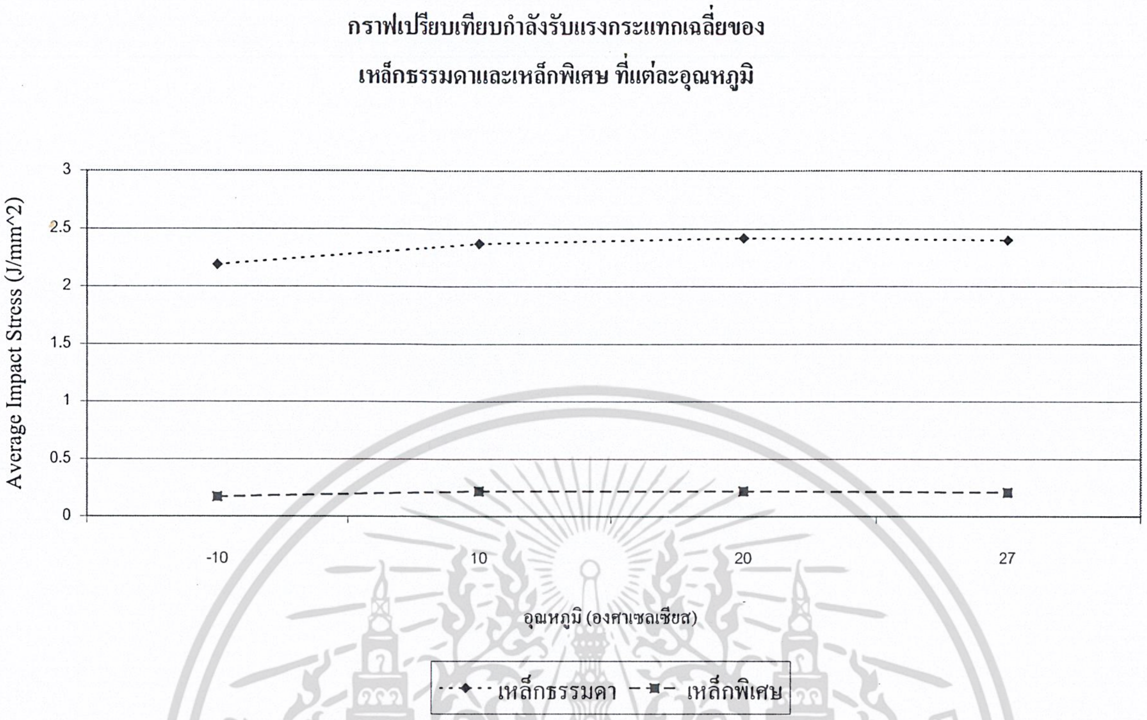


รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยกับอุณหภูมิของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา



รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยกับอุณหภูมิของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาและเหล็กแผ่นแบบพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ -10 องศา เซลเซียส

Specimen No.	1	2	3
Width (cm)	1.23	1.23	1.22
Thickness (cm)	0.99	0.99	0.98
Cross Sectional Area (cm^2)	1.22	1.22	1.20
Load			
Yield (kg)	3600	3510	3705
Ultimate (kg)	4860	4800	4845
Tensile Stress			
Yield (kg/cm^2)	2956.39	2882.48	3098.86
Ultimate (kg/cm^2)	3991.13	3941.86	4052.36
Gauge Length (cm)	9.9	9.93	9.93
Elongation (cm)	2.66	2.86	3.07
Elongation (%)	26.87	28.80	30.92
Average Yield Stress (kg/cm^2)	2979.25		
Average Ultimate Stress (kg/cm^2)	3995.12		
Remark			

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ 10 องศาเซลเซียส

Specimen No.	1	2	3
Width (cm)	1.2	1.22	1.22
Thickness (cm)	0.99	0.98	0.99
Cross Sectional Area (cm^2)	1.19	1.20	1.21
Load			
Yield (kg)	3525	3780	3735
Ultimate (kg)	4800	4950	4875
Tensile Stress			
Yield (kg/cm^2)	2967.17	3161.59	3092.40
Ultimate (kg/cm^2)	4040.40	4140.18	4036.26
Gauge Length (cm)	9.95	9.97	9.99
Elongation (cm)	2.83	2.86	2.89
Elongation (%)	28.44	28.69	28.93
Average Yield Stress (kg/cm^2)	3073.72		
Average Ultimate Stress (kg/cm^2)	4072.28		
Remark			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ 20 องศาเซลเซียส

Specimen No.	1	2	3
Width (cm)	1.23	1.21	1.22
Thickness (cm)	0.98	0.98	0.98
Cross Sectional Area (cm^2)	1.21	1.19	1.20
Load			
Yield (kg)	3525.00	3525.00	3540.00
Ultimate (kg)	4800.00	4800.00	4800.00
Tensile Stress	4740.00	4740.00	4740.00
Yield (kg/cm^2)	4815.00	4815.00	4815.00
Ultimate (kg/cm^2)	3982.08	4047.90	4014.72
Gauge Length (cm)	10.01	10.04	10.04
Elongation (cm)	2.72	2.85	2.77
Elongation (%)	27.17	28.39	27.59
Average Yield Stress (kg/cm^2)	4815.00		
Average Ultimate Stress (kg/cm^2)	4014.90		
Remark			

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่ 27 องศาเซลเซียส

Specimen No.	1	2	3
Width (cm)	1.26	1.24	1.24
Thickness (cm)	0.99	1.00	1.00
Cross Sectional Area (cm^2)	1.25	1.24	1.24
Load			
Yield (kg)	3480.00	3450.00	3495.00
Ultimate (kg)	4740.00	4740.00	4755.00
Tensile Stress			
Yield (kg/cm^2)	2789.80	2782.26	2818.55
Ultimate (kg/cm^2)	3799.90	3822.58	3834.68
Gauge Length (cm)	10.00	9.97	9.98
Elongation (cm)	2.73	2.66	2.82
Elongation (%)	27.30	26.68	28.26
Average Yield Stress (kg/cm^2)	2796.87		
Average Ultimate Stress (kg/cm^2)	3819.05		
Remark			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ -10 องศาเซลเซียส

Specimen No.	1	2	3
Width (cm)	1.20	1.20	1.24
Thickness (cm)	0.98	0.98	0.99
Cross Sectional Area (cm^2)	1.18	1.18	1.23
Load			
Yield (kg)	7225.00	7200.00	7350.00
Ultimate (kg)	8970.00	8970.00	9105.00
Tensile Stress			
Yield (kg/cm^2)	6143.71	6122.45	5987.29
Ultimate (kg/cm^2)	7627.55	7627.55	7416.91
Gauge Length (cm)	10.04	10.04	10.00
Elongation (cm)	1.45	1.50	1.70
Elongation (%)	14.44	14.94	17.00
Average Yield Stress (kg/cm^2)	6084.48		
Average Ultimate Stress (kg/cm^2)	7557.34		
Remark			

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 10 องศาเซลเซียส

Specimen No.	1	2	3
Width (cm)	1.23	1.23	1.25
Thickness (cm)	0.99	0.98	0.99
Cross Sectional Area (cm^2)	1.22	1.21	1.24
Load			
Yield (kg)	7200.00	7350.00	7500.00
Ultimate (kg)	8925.00	9015.00	9090.00
Tensile Stress			
Yield (kg/cm^2)	5912.79	6097.56	6060.61
Ultimate (kg/cm^2)	7329.39	7478.85	7345.45
Gauge Length (cm)	10.02	10.04	10.04
Elongation (cm)	1.59	1.32	1.36
Elongation (%)	15.87	13.15	13.55
Average Yield Stress (kg/cm^2)	6023.65		
Average Ultimate Stress (kg/cm^2)	7384.56		
Remark			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

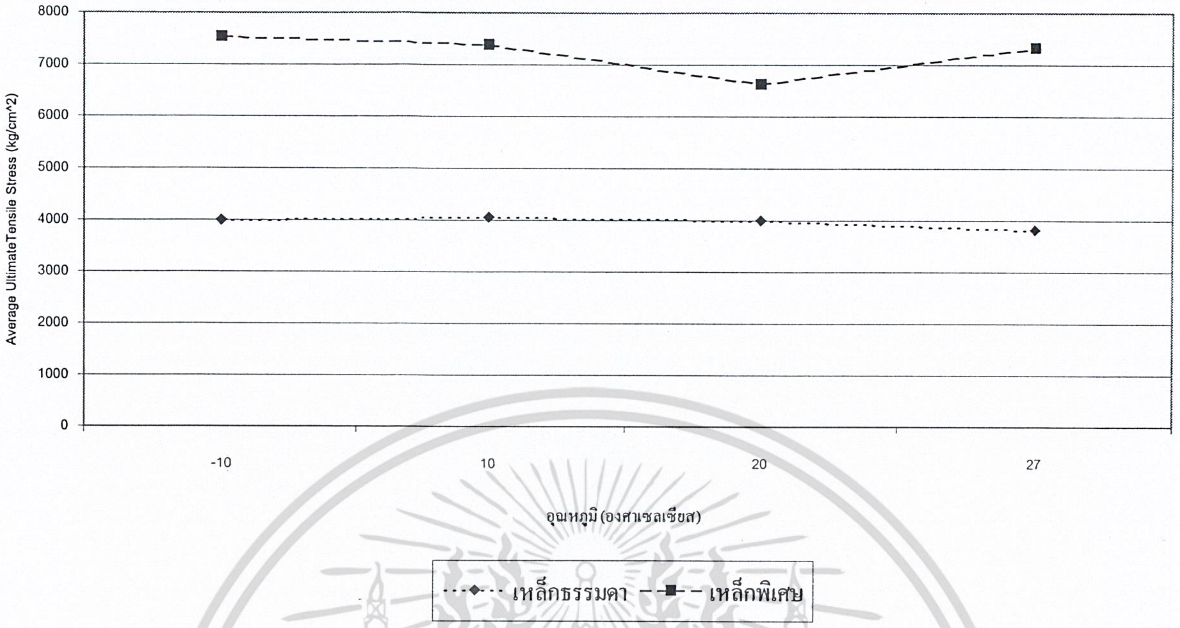
ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 20 องศาเซลเซียส

Specimen No.	1	2	3
Width (cm)	1.25	1.22	1.26
Thickness (cm)	0.98	0.99	0.99
Cross Sectional Area (cm^2)	1.23	1.21	1.25
Load			
Yield (kg)	0.00	7125.00	7200.00
Ultimate (kg)	6945.00	8625.00	8850.00
Tensile Stress			
Yield (kg/cm^2)	0.00	5899.16	5772.01
Ultimate (kg/cm^2)	5669.39	7141.08	7094.76
Gauge Length (cm)	9.94	10.03	9.98
Elongation (cm)	0.30	1.41	1.39
Elongation (%)	3.02	14.06	13.93
Average Yield Stress (kg/cm^2)	3890.39		
Average Ultimate Stress (kg/cm^2)	6635.08		
Remark			

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่ 27 องศาเซลเซียส

Specimen No.	1	2	3
Width (cm)	1.25	1.20	1.23
Thickness (cm)	1.00	1.00	0.98
Cross Sectional Area (cm^2)	1.25	1.20	1.21
Load			
Yield (kg)	7500.00	7425.00	7440.00
Ultimate (kg)	9180.00	8820.00	8805.00
Tensile Stress			
Yield (kg/cm^2)	6000.00	6187.50	6172.22
Ultimate (kg/cm^2)	7344.00	7350.00	7304.63
Gauge Length (cm)	10.00	10.04	10.02
Elongation (cm)	1.47	1.38	1.63
Elongation (%)	14.70	13.75	16.27
Average Yield Stress (kg/cm^2)	6119.91		
Average Ultimate Stress (kg/cm^2)	7332.88		
Remark			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงกำลังรับดึงเฉลี่ยของเหล็กธรรมดาและเหล็กพิเศษ ที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 กล่าวนำ

ในการศึกษาเพื่อต้องการทราบข้อมูลว่าอุณหภูมิและกำลังรับแรงดึงของเหล็กจะมีผลต่อกำลังรับแรงกระแทกของเหล็กอย่างไร และจากผลการทดลองได้ค่าต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงกำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ย และกำลังรับแรงดึงประลัยเฉลี่ย

อุณหภูมิ	กำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ย(J/mm^2)		กำลังรับแรงดึงปะลัยเฉลี่ย (kg/cm^2)	
(องศาเซลเซียส)	เหล็กแผ่นแบบธรรมดา	เหล็กแผ่นแบบพิเศษ	เหล็กแผ่นแบบธรรมดา	เหล็กแผ่นแบบพิเศษ
-10	2.19	0.17	3995.12	7557.34
10	2.37	0.22	4072.28	7384.56
20	2.42	0.22	4014.90	6635.08
27	2.40	0.23	3819.05	7322.88

โดยค่าที่ได้จากการทดลองข้างต้นสามารถนำมาแสดงความสัมพันธ์ต่างๆ ได้ดังนี้

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอุณหภูมิ

พบว่าค่ากำลังรับแรงดึงของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาจะมีค่าน้อยกว่าเหล็กแผ่นแบบพิเศษประมาณสองเท่า แต่ที่อุณหภูมิ -10 , 10 , 20 และ 27 องศาเซลเซียส ค่ากำลังรับแรงดึงที่ได้ของเหล็กประเภทเดียวกันแทบจะไม่ต่างกันเลย ทั้งเหล็กแผ่นแบบธรรมดา และเหล็กแผ่นแบบพิเศษ

โดยปกติเมื่ออุณหภูมิลดลงความเหนียวของเหล็กก็จะลดลงด้วย ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็กลดลง แต่จากการทดลองค่ากำลังรับแรงดึงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากทั้งเหล็กแผ่นแบบธรรมดา และเหล็กแผ่นแบบพิเศษ อาจจะเป็นเพราะอุณหภูมิที่ใช้ทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันมากและอุณหภูมิต่ำไม่พอ

จากการทดลองเหล็กชนิดเดียวกันที่มี Percentage of Elongation มาก กำลังรับแรงดึงก็จะมากตามไปด้วย จากตัวอย่างเหล็กแบบพิเศษตัวอย่างที่หนึ่ง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มี Percentage of Elongation เท่ากับ 3.02 % มีค่ากำลังรับแรงดึงปะลัยเท่ากับ 5669.39 kg/cm^2

เปรียบเทียบเหล็กต่างชนิดกัน เหล็กแผ่นแบบพิเศษมีค่ากำลังรับแรงดึงมากกว่าเหล็กแผ่นแบบธรรมดา แต่มี Percentage of Elongation น้อยกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะ เหล็กแผ่นแบบพิเศษมีความแข็งมากกว่า ทำให้เวลาทดสอบ เหล็กสามารถยืดตัวได้น้อย และจากผลการทดลองได้ว่า

1. กำลังรับแรงดึงของเหล็กชนิดเดียวกัน ที่อุณหภูมิ -10 ถึง 27 องศาเซลเซียส จะมีค่าใกล้เคียงกัน
2. เหล็กประเภทเดียวกัน กำลังรับแรงดึงจะแปรผันตามกับ Percentage of Elongation
3. เหล็กต่างประเภทกัน เหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงสูงจะมี Percentage of Elongation น้อยกว่าเหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงต่ำ

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกระแทกกับกำลังรับแรงดึง

จากการทดลอง พบว่าเหล็กแผ่นแบบพิเศษที่มีกำลังรับแรงดึงสูง จะมีค่ากำลังรับแรงกระแทกน้อยกว่า เหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่มีกำลังรับแรงดึงต่ำกว่า เป็นเพราะว่า เหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงสูง จะมีความเหนียวหรือความยืดหยุ่นต่ำ (สังเกตได้จาก Percentage of Elongation) จึงดูดซับพลังงานได้น้อย เมื่อเทียบกับเหล็กแผ่นแบบธรรมดาที่มีกำลังรับแรงดึงต่ำกว่า ซึ่งเป็นเหล็กมีความเหนียวมากกว่าและดูดซับพลังงานได้มาก

จากตัวอย่างที่รับแรงกระแทกแล้ว เหล็กแผ่นแบบพิเศษ ตัวอย่างจะถูกกระแทกจนขาดออกจากกันแสดงให้เห็นว่าเหล็กที่มีความแข็งแรงมากก็จะเปราะมาก ส่วนเหล็กแผ่นแบบธรรมดา ตัวอย่างที่ถูกกระแทกจะยังไม่ถึงกับขาดออกจากกัน เป็นเพราะเหล็กมีความเหนียวมากกว่า

ในการใช้งานบางประเภทที่ต้องรับแรงกระแทก เช่น รางรถไฟจะต้องคำนึงถึงความเหนียวของเหล็กด้วย ถ้าใช้เหล็กที่มีความแข็งแรงมากแต่มีความเหนียวน้อย เมื่อรับแรงกระแทกจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กวิบัติเร็วกว่าเหล็กที่มีความแข็งแรงน้อย เพราะฉะนั้นการเลือกใช้เหล็กที่ต้องรับแรงกระแทกจะต้องคำนึงถึงทั้งกำลังรับแรงดึงและกำลังรับแรงกระแทก และจากผลการทดลองเราสามารถสรุปได้ว่า

1. เหล็กต่างประเภทกัน เหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงมากจะมีกำลังรับแรงกระแทกน้อย ซึ่งจะทำให้มีความเสี่ยงต่อการพัง เนื่องจาก Dynamic Load ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ กันมากกว่าเหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงที่น้อยกว่า

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกระแทกกับอุณหภูมิ

ตามปกติ เมื่ออุณหภูมิลดลงทำให้เหล็กมีความเหนียวน้อยลง เมื่อนำไปรับแรงกระแทก จึงทำให้ความสามารถในการรับแรงกระแทกลดลง

จากการทดลอง จะพบว่าในช่วงอุณหภูมิระหว่าง –10 ถึง 27 องศาเซลเซียส เหล็กแผ่นแบบธรรมดา ค่ากำลังรับแรงกระแทกที่ 20 องศาเซลเซียส และ 27 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะพบว่า ค่ากำลังรับแรงดึงสูงสุดอยู่ที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างจากทฤษฎี เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นกำลังรับแรงกระแทกจะเพิ่มขึ้น แต่ในการทดลองนี้ไม่ได้ทดลองที่อุณหภูมิมากกว่า 27 องศาเซลเซียสขึ้นไป จึงไม่สามารถทราบได้ว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นไป เหล็กจะมีกำลังรับแรงกระแทกเป็นอย่างไร เมื่ออุณหภูมิลดลงจาก 20 องศาเซลเซียส กำลังรับแรงกระแทกของเหล็กก็ลดลงตามไปด้วย สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังรับแรงกระแทกและอุณหภูมิของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาได้ดังนี้

$$y = 0.01x^3 - 0.125x^2 + 0.485x + 1.82 \qquad (5.1)$$

$$: -10 \le x \le 27$$

โดยที่ แกน x คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

แกน y คือ กำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา (J/mm^2)

จากการทดลอง เหล็กแผ่นแบบพิเศษ จะพบว่าในช่วงอุณหภูมิระหว่าง –10 ถึง 27 องศาเซลเซียส เหล็กจะมีกำลังรับแรงกระแทกสูงสุดเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นกำลังรับแรงกระแทกจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิลดลง กำลังรับแรงกระแทกของเหล็กก็ลดลงตามไปด้วยซึ่งเหมือนกับเหล็กแผ่นแบบธรรมดา สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังรับแรงกระแทกและอุณหภูมิของเหล็กแผ่นแบบพิเศษได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y = 0.01x^3 - 0.085x^2 + 0.235x + 0.01 \tag{5.2}$$

$$: -10 \leq x \leq 27$$

โดยที่ แกน x คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

แกน y คือ กำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยของเหล็กแผ่นแบบพิเศษ (J/mm^2)

จากแนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ยและอุณหภูมิของเหล็กแผ่นแบบธรรมดา และเหล็กแผ่นแบบพิเศษ (รูปที่ 4.13 และ รูปที่ 4.14) เมื่ออุณหภูมิลดลง เหล็กแผ่นแบบธรรมดาจะมีแนวโน้มลดลงในอัตราที่มากกว่าเหล็กแผ่นแบบพิเศษ จากผลการทดลองเราสามารถสังเกตได้ว่า

1. ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง –10 ถึง 27 องศาเซลเซียส เหล็กแผ่นแบบธรรมดามีกำลังรับแรงกระแทกสูงสุดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
2. ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง –10 ถึง 27 องศาเซลเซียส เหล็กแผ่นแบบพิเศษมีกำลังรับแรงกระแทกสูงสุดที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส
3. เมื่ออุณหภูมิลดลง กำลังรับแรงกระแทกก็จะลดลงตามไปด้วย
4. เหล็กแผ่นแบบพิเศษมีการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงกระแทกในอัตราที่น้อยกว่าเหล็กแผ่นแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลอง

1. กำลังรับแรงดึงของเหล็กชนิดเดียวกัน ที่อุณหภูมิ –10 ถึง 27 องศาเซลเซียส จะมีค่าใกล้เคียงกัน
2. เหล็กประเภทเดียวกัน กำลังรับแรงดึงจะแปรผันตามกับ Percentage of Elongation
3. เหล็กต่างประเภทกัน เหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงสูงจะมี Percentage of Elongation น้อยกว่าเหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงต่ำ
4. เหล็กที่มีกำลังรับแรงดึงมากจะมีกำลังรับแรงกระแทกน้อย
5. เหล็กแผ่นแบบธรรมดามีกำลังรับแรงกระแทกสูงสุดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
6. เหล็กแผ่นแบบพิเศษมีกำลังรับแรงกระแทกสูงสุดที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส
7. เมื่ออุณหภูมิลดลง กำลังรับแรงกระแทกก็จะลดลงตามไปด้วย

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรที่จะมีการทดสอบที่อุณหภูมิสูงกว่า 27 องศาเซลเซียส เพื่อสังเกตแนวโน้มของกำลังรับแรงกระแทกที่อุณหภูมิสูงๆ
2. ควรที่จะมีการทดสอบที่อุณหภูมิต่ำกว่า –10 องศาเซลเซียส เพื่อสังเกตแนวโน้มของกำลังรับแรงกระแทกที่อุณหภูมิต่ำๆ
3. ควรที่จะมีการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างในแต่ละอุณหภูมิมากกว่านี้ เพราะจะทำให้ค่ากำลังรับแรงกระแทกเฉลี่ย มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอ้างอิง

- มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2531. งานทดสอบวัสดุอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- มณฑล ฉายอรุณ, 2531. ทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดบุ๊คส์.
- กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2540. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- อำนวย พานิชกุลพงศ์, ปฏิบัติการทดสอบวัสดุไม้และเหล็ก. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีเจพริ้นติ้ง.
- American Society for Testing and Materials, 1992. “Standard Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products”. ASTM A 370-9 USA. : ASTM.
- Charles G. Salmon and John E. Johnson , Steel Structures Design and Behavior. Fourth Edition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2531. งานทดสอบวัสดุอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- มณฑล ฉายอรุณ, 2531. ทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดบุ๊คส์.
- กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2540. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- อำนวย พานิชกุลพงศ์, ปฏิบัติการทดสอบวัสดุไม้และเหล็ก. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีเจพริ้นติ้ง.
- American Society for Testing and Materials, 1992. "Standard Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products". ASTM A 370-9 USA. : ASTM.
- Charles G. Salmon and John E. Johnson , Steel Structures Design and Behavior. Fourth Edition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

มาตรฐาน ASTM (A 370-9 USA) การทดสอบการกระแทก

มาตรฐาน ASTM (A 370-9 USA)การทดสอบแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASTM (A 370-9 USA)

Charpy Impact Testing

1. สรุป

1.1 A charpy V-notch impact test เป็นการทดสอบแบบ พลศาสตร์ ตัวอย่างจะถูกกระแทก และหักโดยการเหวี่ยงจากเครื่องมือที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะ การวัดผลจะแสดงการดูดซับของพลังงาน ค่าแรงเฉือน การขยายออกทางด้านข้างตรงข้ามรอยบาก หรือ ทั้งหมด

1.2 อุณหภูมิห้องก็มีผลต่อการทดสอบจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิด้วย

2. ความสำคัญและประโยชน์

2.1 การทดสอบแรงกระแทก ตัวอย่างจะแตกหักโดยการดูดซับพลังงานแต่ที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า การแตกหักจะเกิดได้โดยการดูดซับพลังงานที่น้อยกว่าด้วย

2.2 การทดสอบแบ่งเป็น 2 ประเภท

2.2.1 การทดสอบที่อุณหภูมิคงที่ เพื่อหาพลังงานน้อยสุดที่ทำให้ตัวอย่างแตกร้าว

2.2.2 การทดสอบหาช่วงของอุณหภูมิว่าช่วงไหนจะมีการดูดซับพลังงานอย่างไร

3. อุปกรณ์

3.1 เครื่องมือทดสอบ

3.1.1 A Charpy impact machine จะทำงานโดยตัวอย่างที่ถูกบากไว้จะถูกกระแทกด้วยลูกตุ้มคล้ายกับการแกว่งของนาฬิกา พลังงานจะถ่ายทอดไปสู่ชิ้นตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 Charpy machines ใช้ทดสอบเหล็กที่มีความจุพลังงาน 300-400 จูล ความเร็วที่จุดกระแทก อยู่ที่ 4.9-5.8 เมตรต่อวินาที

3.2 อุณหภูมิ

3.2.1 การทดสอบที่หลายๆ อุณหภูมิห้อง จำเป็นที่จะต้องควบคุมอุณหภูมิห้องให้ได้ตามต้องการ

3.2.2 ที่อุณหภูมิต่ำจะแช่ตัวอย่างลงในน้ำเย็น

3.2.3 ที่อุณหภูมิสูงจะแช่ตัวอย่างลงในน้ำมัน หรือของเหลวที่ร้อน

4. การคัดเลือกตัวอย่างและจำนวนตัวอย่าง

4.1 จำนวนตัวอย่าง

4.1.1 การทดสอบเฉลี่ยน้อยสุดจะใช้ 3 ตัวอย่าง

4.1.2 ถ้าเป็นการทดสอบอุณหภูมิ จะใช้ 8-12 ตัวอย่าง

5. การควบคุมอุณหภูมิ

5.1 การควบคุมอุณหภูมิไม่ควรเกิน หรือน้อยกว่า 1 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิที่กำหนด

6. วิธีทดลอง

6.1 อุณหภูมิ

6.1.1 จัดเตรียมตัวอย่างโดยแช่ในของเหลว 5 นาที หรือใน ก๊าซ 30 นาที

6.2 ตำแหน่งและการแตกของตัวอย่าง

6.2.1 วางตัวอย่างให้อยู่ตรงกลางลูกตุ้มที่จะกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 ถ้าลูกตุ้มกระแทกไม่โดนจุดที่ต้องการให้นำตัวอย่างไปทำการทดลองใหม่

6.3 นำตัวอย่างเก่าออกจากเครื่องก่อนจะทำการทดสอบตัวอย่างชิ้นต่อไป

6.4 ผลการทดสอบเฉพาะราย

6.4.1 พลังงานกระแทก บันทึกผลพลังงานที่ถูกดูดซับ

6.4.2 รอยแตกร้าว

6.4.3 การขยายออกทางด้านข้าง

7. การบันทึกผล

7.1 ผลการทดสอบควรจะอยู่ในข้อมูลที่เหมาะสม

7.1.1 ข้อมูลทั้งหมดของตัวอย่างทดสอบ (ขนาด , ประเภท , อุณหภูมิ)

7.1.2 ขนาดตัวอย่าง

7.1.3 อุณหภูมิของแต่ละตัวอย่างขณะทดสอบ รวมถึงก่อนการทดสอบ และการทดสอบซ้ำ

7.1.4 ผลการทดสอบ

7.1.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและหลักการสำหรับปฏิบัติงานรวมถึงก่อนการทดสอบและการทดสอบซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASTM (A 370-9 USA)

การทดสอบแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ

Tensile Test of Steel

วัตถุประสงค์

เพื่อหาคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ เพื่อศึกษาความสามารถในการรับแรงต่างๆ ได้แก่

- Ultimate Tensile Strength (กำลังรับแรงดึงประลัย)
- Yield Point (กำลังรับแรงดึงที่จุดคลาก)
- % Elongation (ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น)
- Modulus of Elasticity , E (ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น)
- Stress-strain Diagram (กราฟระหว่างความเค้น-ความเครียด)
- Modulus of Resilience
- Type and Character of Fracture

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการยืดของเหล็ก (Ductility) ได้แก่

- Percentage of elongation
- Percentage of area reduction

วัสดุที่ใช้ทดลอง

ชิ้นส่วนซึ่งตัดมาจากแต่ละส่วนของเหล็กรูปพรรณ ส่วนละ 3 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อุปกรณ์ที่ใช้

1. Universal Testing Machine
2. Extensometer (เครื่องวัดการยืดหดตัว)
3. Vernier Caliper มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 0.05 ม.ม. และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 ม.ม.
4. ตลับเมตร ที่มีความยาวเพียงพอที่จะวัดความยาวโดยตลอดของเหล็ก
5. Wedge grips with liners for flat specimens

ทฤษฎี

เหล็กรูปพรรณที่ขายในท้องตลาดนั้นมีหลายแบบและหลายขนาด ปกติแล้วแบบที่ต้องการคือ แบบที่มีโมดูลัสหน้าตัดมากเมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของมัน แบบหน้าตัดที่มีขายอยู่ในท้องตลาดคือ รูปหน้าตัดแบบตัว L, I, T, WF และ C

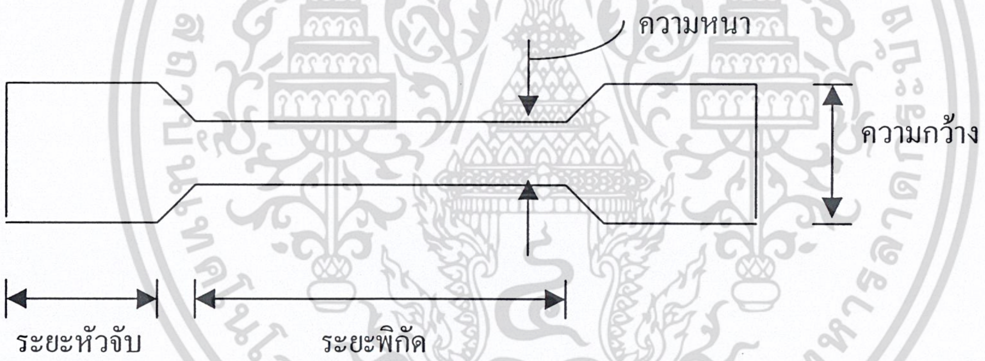
การเตรียมตัวอย่าง

1. ตัดชิ้นทดสอบแต่ละชุด ให้ใช้ชิ้นทดสอบ 3 ชิ้น ซึ่งตัดมาจากเหล็กรูปพรรณชิ้นเดียวกัน และแต่ละชิ้นต้องตัดมาจากแต่ละส่วนของเหล็กรูปพรรณ
2. ขนาดความยาวและกว้างของชิ้นทดสอบให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานในตาราง
3. สภาพของชิ้นทดสอบจะต้องเป็นไปตามสภาพเดิม โดยไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนแต่อย่างใด
4. ค่าความยาวของพิกัดทดสอบและระยะหัวจับให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.1. แสดงขนาดของชิ้นทดสอบขนาดต่างๆ

ความหนาของชิ้นทดสอบ ม.ม.	กว้าง ม.ม.	ระยะพิกัด ม.ม.	ระยะหัวจับ ม.ม.
มากกว่า 27 ม.ม. ถึง 40 ม.ม.	40	250	265
มากกว่า 19 ม.ม. ถึง 27 ม.ม.		170	
มากกว่า 13 ม.ม. ถึง 19 ม.ม.	20	100	130
มากกว่า 10 ม.ม. ถึง 13 ม.ม.		85	
มากกว่า 7.5 ม.ม. ถึง 10 ม.ม.	12.5	60	80
มากกว่า 5.5 ม.ม. ถึง 7.5 ม.ม.		50	



รูปที่ ผ.ก.1 แสดงชิ้นตัวอย่างและระยะต่างๆ

วิธีทดลอง

1. ใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดของชิ้นทดสอบ 3 จุด เพื่อนำไปคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดขวางของชิ้นทดสอบ
2. นำชิ้นตัวอย่างมากำหนดจุพิกัด (Gauge Length) ทำเครื่องหมายด้วยการตอกด้วยสลักตามค่าที่ระบุไว้ใน ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำชิ้นทดสอบใส่ในเครื่องทดสอบแรงดึง โดยให้ระยะหัวจับตามค่าที่ระบุไว้ในตาราง
4. ติดตั้งเครื่อง Extensometer ไว้ที่ระยะพิกัดตามที่กำหนดไว้ในตาราง ปรับแนวแกนให้ทับกัน และให้เข็มชี้ที่ศูนย์
5. คำนวณอัตราการเพิ่มของแรงโดยกำหนดให้ไม่เกิน 3 $kg/mm^2/sec$ (คำนวณตามสูตรแล้วไปปรับตัวเลขที่ Present Value)
6. เริ่มให้แรงดึงกระทำตามกำหนด เตรียมบันทึกค่าแรงและการยืดตัว โดยให้จดบันทึกค่าแรงและการยืดตัวในช่วง Proportional Limit ทั้งหมด 15 ค่า เมื่อเพิ่มแรงกระทำเป็นช่วงๆ เท่ากัน ซึ่งค่าแรงแต่ละช่วงสามารถประมาณได้โดย นำเอาค่าแรง Proportional Limit ตามที่มาตรฐานกำหนด แบ่งออกเป็น 15 ค่า ให้มีช่วงห่างเท่ากันโดยประมาณ ทำการทดสอบจนกรทั้งถึงจุดคลาก (Yield) ซึ่งสามารถสังเกตได้โดยเมื่อเราให้แรงกระทำเพิ่มขึ้นอย่างคงที่สม่ำเสมอ แต่เข็มบนหน้าปัดจะคงที่อยู่ขณะหนึ่ง แสดงว่า เหล็กตัวอย่างกำลังเกิดการคลาก เมื่อถึงจุดนี้ ให้ถอด Extensometer ออก และเดินเครื่องต่อไปจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน
7. ให้ทำการบันทึกค่าแรง ณ. จุดคลาก และจุดที่ชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน
8. นำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องทดสอบ แล้วนำมาต่อกันให้เหมือนลักษณะก่อนขาด แล้วทำากรวัดระยะห่างระหว่าง จะ ที่ทำเครื่องหมาย Gauge Length เดิม
9. วัดความกว้างของชิ้นทดสอบและความหนาตรงส่วนที่ขาดเพื่อนนำไปคำนวณ Area Reduction จากนั้นทำการวาดรูป และสังเกตลักษณะการขาดของตัวอย่าง พร้อมวิเคราะห์
10. หากชิ้นทดสอบถูกดึงขาดออกจากกันนอกช่วงระยะพิกัดหรือ ภายในช่องพิกัดหรือ แต่ห่างจากจุดพิกัดจุดใดจุดหนึ่ง เป็นระยะทางน้อยกว่า ¼ ของความยาวพิกัด ให้ยกเลิกการทดสอบนั้นและทำการทดสอบใหม่ ด้วยชิ้นทดสอบจากชุดตัวอย่างเดียวกัน

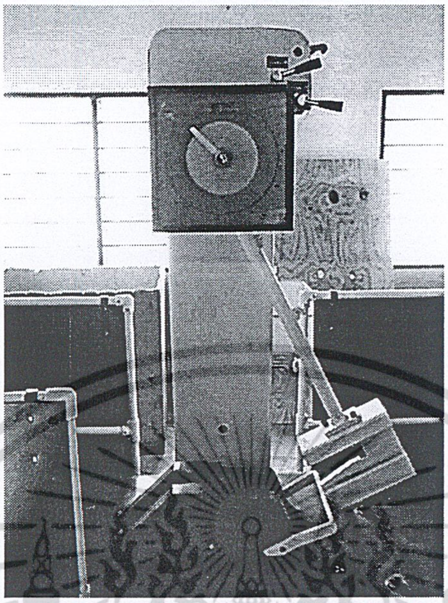
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

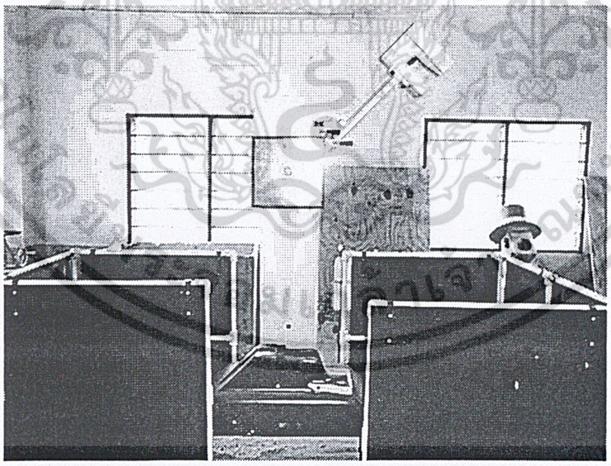
ภาคผนวก ข

รูปแสดงการทดสอบแรงกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

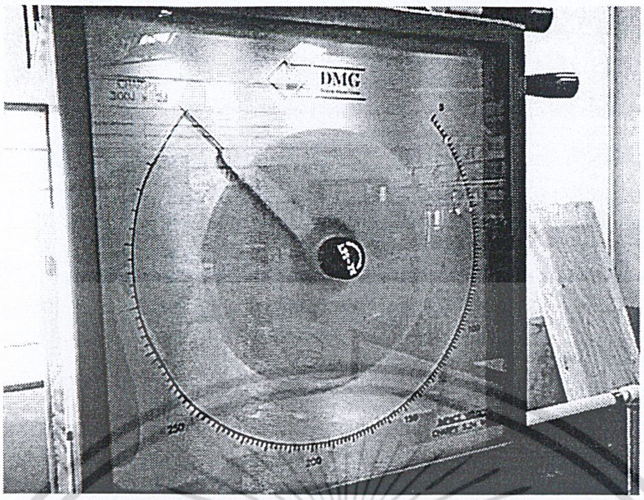


รูปที่ ผ.ข.1 แสดง เครื่องมือทดสอบการกระแทกก่อนการใช้งาน

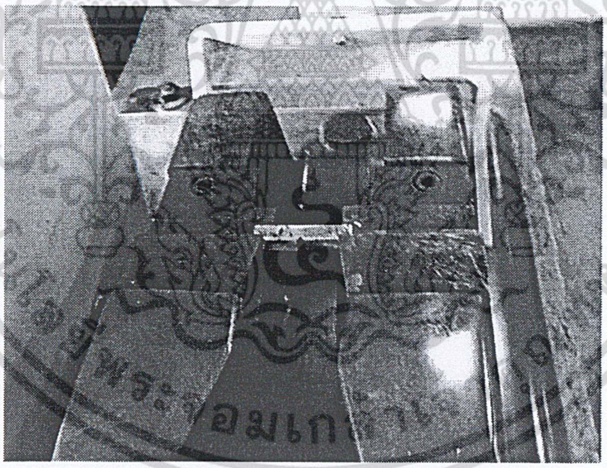


รูปที่ ผ.ข.2 แสดง เครื่องมือทดสอบการกระแทกขณะพร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

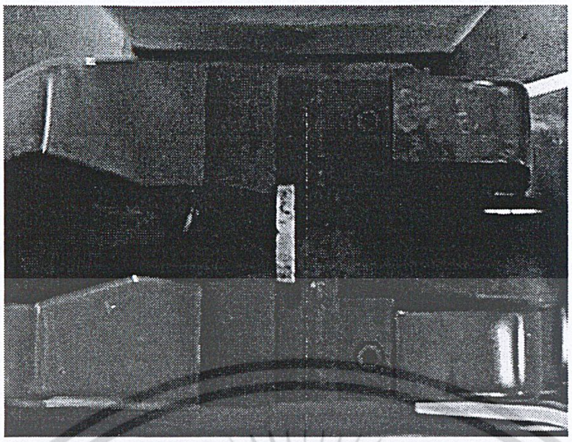


รูปที่ ผ.ข.3 แสดง หน้าปัดแสดงผลก่อนทำการทดสอบการกระแทก

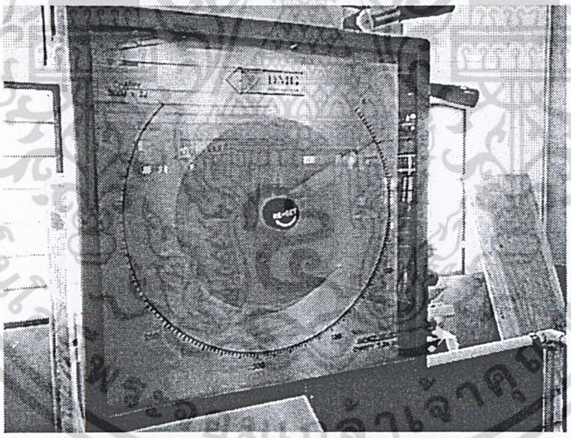


รูปที่ ผ.ข.4 แสดง การวางชิ้นทดสอบก่อนทำการทดสอบการกระแทก 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

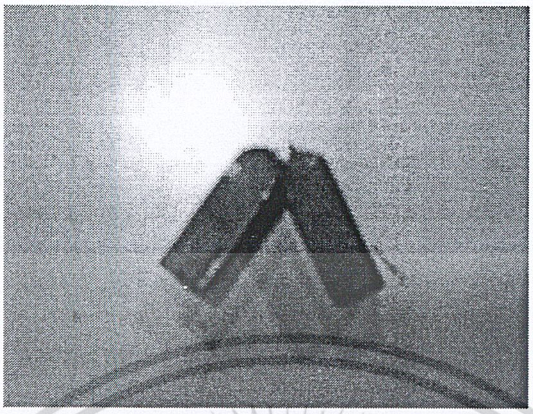


รูปที่ ผ.ข.5 แสดง การวางชิ้นทดสอบก่อนทำการทดสอบการกระแทก 2

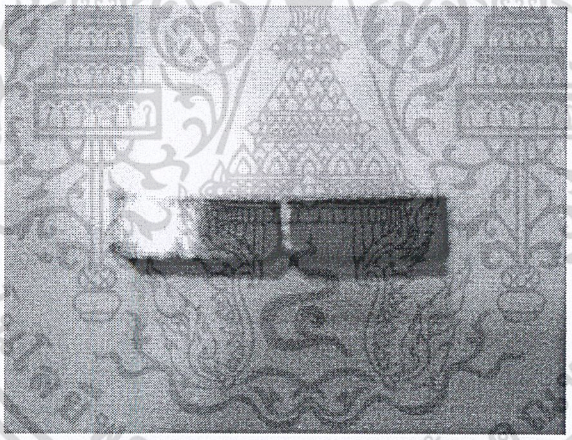


รูปที่ ผ.ข.6 แสดง หน้าปัดแสดงผลหลังทำการทดสอบแรงกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

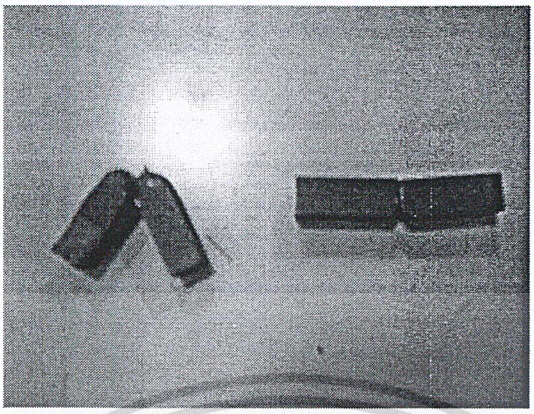


รูปที่ ผ.ข.7 แสดง ชิ้นทดสอบของเหล็กแผ่นแบบธรรมดาหลังทำการทดสอบการกระแทก

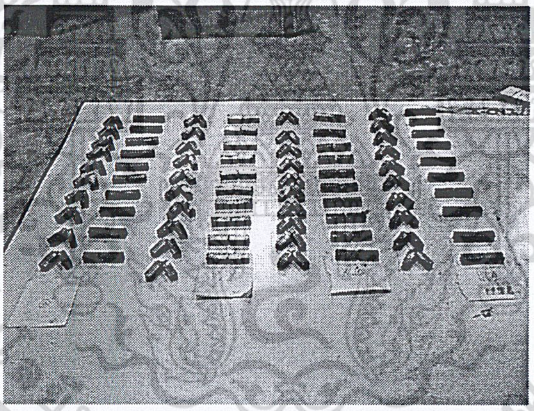


รูปที่ ผ.ข.8 แสดง ชิ้นทดสอบของเหล็กแผ่นแบบพิเศษหลังทำการทดสอบการกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

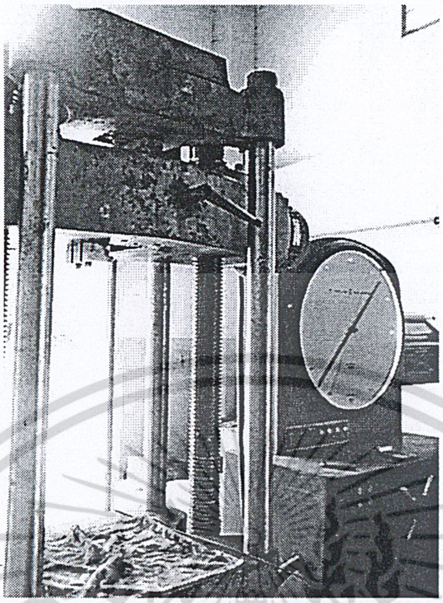


รูปที่ ผ.ข.9 แสดง การเปรียบเทียบชิ้นทดสอบของเหล็กแผ่นแบบธรรมดากับชิ้นทดสอบของเหล็กแผ่นแบบพิเศษหลังทำการทดสอบการกระแทก



รูปที่ ผ.ข.10แสดง ชิ้นทดสอบทั้งหมดหลังทำการทดสอบการกระแทก

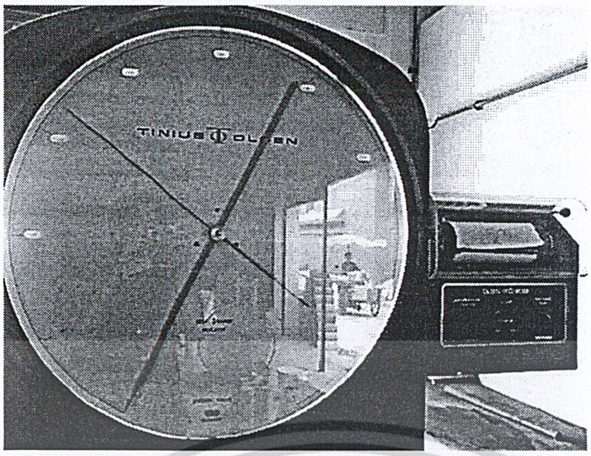
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



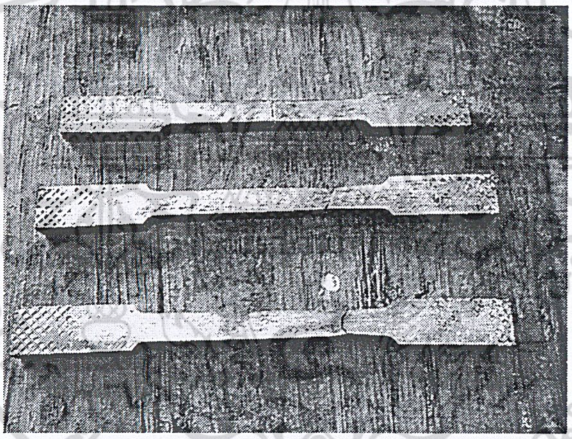
รูปที่ ผ.ข.11 แสดง เครื่องมือทดสอบแรงดึง

รูปที่ ผ.ข.12 แสดง การจับชิ้นงานของเครื่อง UTM ขณะกำลังทำการทดลองกำลังรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.13 แสดง หน้าปัดแสดงผลการทดลองกำลังรับแรงดึง



รูปที่ ผ.ข.14 แสดง ชิ้นทดสอบหลังทำการทดสอบกำลังรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้