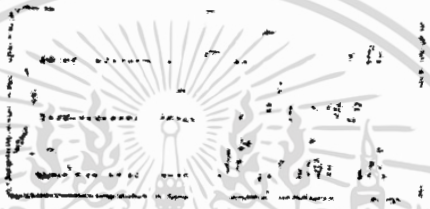
การศึกษาและทดลองเกี่ยวกับความเค้นหนาแน่นบนชิ้นงานที่มีรอยฉีกขาด

AN EXPERIMENTAL STUDY ON FRACTURE MECHANICS OF FLAT PLATE WITH CRACK



โดย

นายพชระ ทนงเกียรติศักดิ์

นายศิภัฏ ชีวีวัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและทดลองเกี่ยวกับความเค้นหนาแน่นบนชิ้นงานที่มีรอยฉีกขาด

ผู้จัดทำ

1.นาย พชระ ทนงเกียรติศักดิ์ 31.1165

2.นาย ศิภัฏ ชีวีวัฒน์ 31.1278

สมชัย นรเศรษฐ์โสภณ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.สมชัย นรเศรษฐ์โสภณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและทดลองเกี่ยวกับความเค้นหน้าแน่นบนชิ้นงานที่มีรอยฉีกขาด

นาย พชระ ทนงเกียรติศักดิ์
นาย ศิภัฏ ชีวีวัฒน์
รศ. สมชัย นรเศรษฐโศภน อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการทดลองศึกษาเกี่ยวกับความเค้นหน้าแน่นโดยใช้เหล็กรีดเย็น spcc หนา 1.2 มิลลิเมตร เป็นชิ้นงานในการทดลองประกอบกับการใช้เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล,อุปกรณ์แสดงค่าความเครียด และกล่องสวิทช์รวมทั้งอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด เป็นเครื่องมือในการหาค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน เมื่อชิ้นงานถูกกำหนดให้มีขนาดและมุมของรอยฉีกขาดเปลี่ยนไป โดยศึกษาถึงผลกระทบของตัวแปรเหล่านี้เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือชิ้นงานต่างๆในอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN EXPERIMENTAL STUDY ON FRACTURE MECHANICS OF FLAT PLATE WITH CRACK

Potchara Thanongkiarttisak

Sipat Cheeweewat

Associate Professor Somchai Norasethasopon Adviser

1991

Abstract

This project is a Stress Concentration experiment that use the cold rolled steel 1.2 mm thick to be an experimental object. Which is participated with Universal Testing Machine,Strain Indicator,Switch box and Strain gage to find the stress and strain of an experimental object. The size and cracked angle of the object can changable. We focus on the effect of these variable in order to apply to use with any object in the industrial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(a)
สารบาญรูปภาพ	(b)
สัญญลักษณ์	(c)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
บทที่ 3 การเตรียมอุปกรณ์และชิ้นทดสอบในการทดลอง	16
บทที่ 4 การคำนวณ	22
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	23
บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	48
กิตติกรรมประกาศ	51
เอกสารอ้างอิง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.ภาพแสดงความเค้นบนพื้นที่หน้าตัดขวาง	2
2.ภาพแสดงแผนผังความเค้น-ความเครียดของวัสดุเหนียวสองชนิด	3
3.ภาพแสดงแผนผังความเค้น-ความเครียดของวัสดุเปราะ	4
4.ภาพแสดงคำจำกัดความของความเค้นหนาแน่น	6
5.ภาพแสดงตัวประกอบความเค้นหนาแน่นแบบต่างๆ	7
6.ภาพแสดงการวิเคราห์ stress concentration โดยเส้นแรงคงที่	8
7.ภาพแสดง 2 วิธีที่จะลดความเค้นหนาแน่น	8
8.ภาพแสดงความเค้นความเครียดของa)วัสดุเปราะb)วัสดุเหนียว c)cup and cone fracture	10
9.ภาพแสดงรูปร่างทั่วไปของ ชาร์ปี พล็อต	11
10.ภาพแสดงแรง 3 ชนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์การแตกหัก	12
11.ภาพแสดงค่าความเค้นเมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งต่างๆ	13
12.ภาพแสดงการเปลี่ยนรูปของพลาสติกโซนที่ยอดของcrackเมื่อเกิดyielding	14
13.ภาพแสดงการแก้ปัญหาในการหาค่า K_I	15
14.ภาพแสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์แสดงค่าความเครียด	16
15.ภาพแสดงส่วนประของกล่องสวิทช์	17
16.ภาพแสดงการต่อระหว่างกล่องสวิทช์กับอุปกรณ์แสดงค่าความเครียด	18
17.ภาพแสดงการต่ออุปกรณ์ตรวจจับความเครียดเข้ากับกล่องสวิทช์	19
18.ภาพถ่ายชิ้นงานที่ใช้ในการหาค่าดัชนียัง	20
19.ภาพถ่ายชิ้นงานที่ใช้ในการศึกษาค่าความเค้นหนาแน่น	21
20.ภาพแสดงชิ้นงานทดสอบ	21
21.ภาพถ่ายชิ้นงานที่ติดอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด	27
22.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับมุมของรอย crack	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับขนาดของรอย crack 33

24.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับมุมของรอย crack 34

25.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับขนาดของรอย crack 35

26.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับมุมของรอย crack ที่จุดสูงสุด 38

27.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับมุมของรอย crack ที่จุดสูงสุด 39

28.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับขนาดของรอย crack ที่จุดสูงสุด 40

29.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับขนาดของรอย crackที่จุดสูงสุด 41

30.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระกับมุมของรอย crack ที่จุดสูงสุด 42

31.ภาพถ่ายชิ้นงานที่ติดอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด 7 ตัว 43

32.กราฟแสดงการกระจายของความเค้นบนพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานที่ควรเกิดขึ้นจริง 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

σ = ความเค้น (KGF/mm^2)

ϵ = ความเครียด

ϵ_o = ค่าความเครียดที่อ่านได้จากอุปกรณ์แสดงค่าความเครียด

E = ดัชนีของยัง (Young's modulus) (KGF/mm^2),(Gpa)

θ = มุมของรอย crack ที่เปลี่ยนไป (degree)

A = ขนาดของรอย crack (mm)

CH = ช่องเลือกในการวัดค่าความเครียด

K_g = Gage Factor of Strain Gage

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากความแข็งแกร่งของวัสดุนั้นเป็นที่พึงต้องการสำหรับอุปกรณ์หรือชิ้นงานต่างๆในอุตสาหกรรม แต่เมื่ออุปกรณ์นั้นมีการใช้งานบ่อยครั้งจนเกิดรอยแตกหัก(fracture)ซึ่งอาจทำให้สูญเสียหรือถูกทำลายได้เมื่อใช้งานต่อไปเรื่อย ดังนั้นในการทดลองนี้ก็เพื่อที่จะศึกษาถึงความแข็งแกร่งของชิ้นงานซึ่งรวมทั้งความเค้นและความเครียดว่าถ้ามีรอยฉีกขาด(crack)เกิดขึ้นแล้วจะมีผลอย่างไรต่อความเค้นและความเครียดที่ชิ้นงานนั้นๆ ได้รับเมื่อขนาดและมุมของรอย crackเปลี่ยนแปลงไป

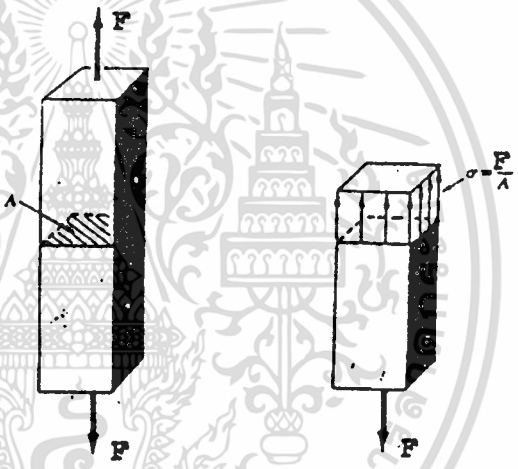
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

เมื่อกล่าวถึงวัสดุหรือชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆที่ถูกนำมารับแรงกระทำซึ่งแรงที่กระทำนั้นอาจจะเป็นได้ทั้งแรงดึงหรือแรงอัด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเค้นดึง(Tensile Stress)หรือความเค้นอัด(Compression Stress) ในเนื้อของชิ้นงาน โดยที่ความเค้นหมายถึงแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หรือความเข้มของแรงที่แผ่กระจายตลอดพื้นที่หน้าตัดขวาง ฉะนั้นก็จะได้สมการของความเค้น คือ

$$\sigma = F/A$$



รูปที่1แสดง ความเค้นบนพื้นที่หน้าตัดขวาง

ถ้าเป็นความเค้นดึงจะมีเครื่องหมายเป็นบวก และความเค้นอัดมีเครื่องหมายเป็นลบ จากที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อชิ้นงานถูกดึงจนกระทั่งไม่สามารถทนต่อแรงกระทำนั้นได้ ก็จะทำให้ชิ้นงานนั้นเสียรูปร่างไปโดยแรงภายใน การเสียรูปร่างของชิ้นส่วนหรือชิ้นงานนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อความเค้นที่เกิดขึ้นและมีส่วนช่วยในการหาความเค้น และเมื่อพิจารณาถึงวัตถุซึ่งมีความยาว L และมีพื้นที่หน้าตัด A ถูกแรงกระทำจนกระทั่งวัตถุยืดออกเป็นระยะ ΔL จะเห็นว่าอัตราส่วนระหว่างระยะยืดกับความยาวเดิมทั้งสองกรณีนั้นเท่ากัน คือ $\Delta L/L$ อัตราส่วนนี้เรียกว่าความเครียด(Strain,)ซึ่งเขียนแทนด้วยสมการ

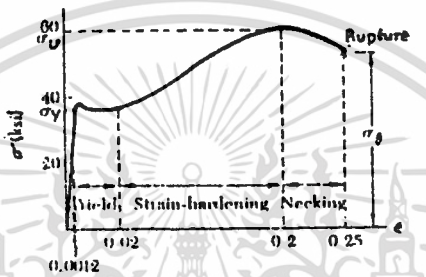
$$\epsilon = \Delta L/L_o$$

ซึ่ง ΔL คือ ระยะยืด(ผลต่างของความยาวใหม่กับความยาวเดิม)

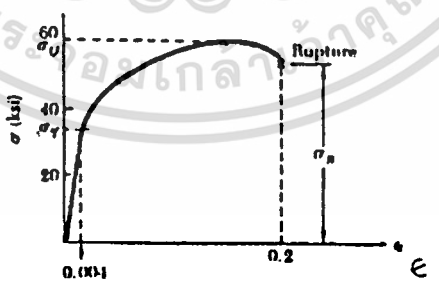
L_o คือ ความยาวเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำมาเขียนแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดจะได้แผนผังที่แสดงคุณสมบัติของวัสดุโดยไม่ขึ้นกับขนาดของวัสดุที่ใช้ทำการทดสอบและลักษณะของแผนผังยังแบ่งได้โดยขึ้นอยู่กับวัสดุ 2 ประเภท คือ วัสดุเหนียวและวัสดุเปราะ ซึ่งได้กราฟของแผนผังในลักษณะดังรูป



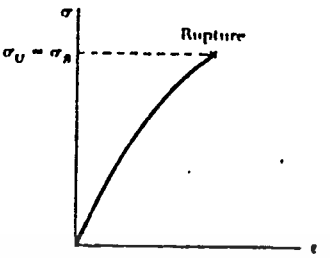
ก) เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ



ข) อลูมีเนียมผสม

รูปที่2แสดงแผนผังความเค้น ความเครียดของวัสดุเหนียวสองชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3แสดงแผนผังความเค้น ความเครียดของวัสดุเปราะ

เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าแผนผังในช่วงแรกนั้นเป็นเส้นตรงมีการเสียรูปร่างน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงที่เพิ่มขึ้น ความเค้นในช่วงนี้จะแปรผันโดยตรงกับความเครียด

$$\sigma \propto \epsilon$$

$$\sigma = E\epsilon$$

ซึ่งความสัมพันธ์นี้เรียกว่า กฎของฮุค(Hook 's law) ตัวสัมประสิทธิ์ E เรียกว่า ดัชนีความยืดหยุ่นของวัสดุหรือดัชนีของยัง(Young 's Modulus) จุดสุดท้ายที่สามารถใช้กฎของฮุคได้เรียกว่า proportional limit ของวัสดุ ซึ่งในการออกแบบจะต้องให้ความเค้นใช้งานอยู่ในช่วงที่ใช้กฎของฮุคได้หรือไม่เกิน Proportional Limit ของวัสดุ เพราะถ้าเกินจุดนี้ไปชิ้นส่วนที่ใช้งานจะเกิดการล้าและเสียรูปร่างไปจนไม่สามารถคืนรูปเดิมได้อีก

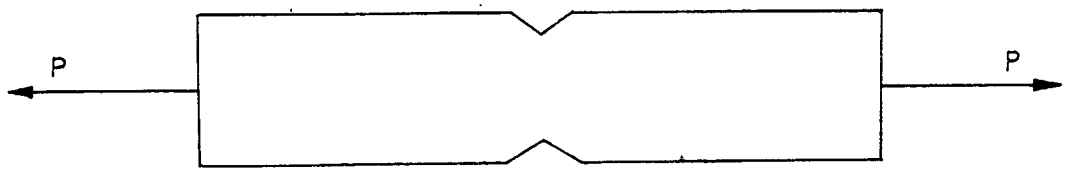
2.1ความเค้นหนาแน่น(Stress Concentration)

2.1.1ธรรมชาติของความเค้นหนาแน่น

เมื่อวัสดุเกิดเสียหายขึ้น ปรากฏการณ์ของ ความเค้นหนาแน่น จะเป็นส่วนที่สำคัญที่จะสามารถแสดงว่าวัสดุนั้นจะเกิดความเสียหายตรงส่วนไหน คำว่า ความเค้นหนาแน่น จะแสดงถึงการกระจายของ ความเค้น ในวัสดุ

โดยทั่ว ๆ ไปในการคิด ความเค้น เราจะใช้ค่าเฉลี่ยของแรง P ต่อ พื้นที่หน้าตัด คือ เท่ากับ P/A เช่น ชิ้นส่วนทดลองที่มีรอยบาก (notch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าเฉลี่ยของ ความเค้นดึง คือ P/A แต่บริเวณมุมของรอยบาก ความเค้นจะมีค่าสูงมากบางทีอาจจะหลายเท่าของค่าเฉลี่ย

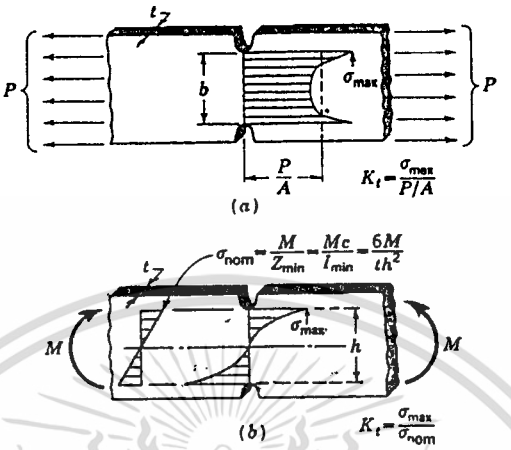
วิธีที่จะหาการกระจายของ ความเค้น ของไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่มีรอยบากหรือ crack หรือเจาะรูตรงกลาง จะหาได้ค่อนข้างยากในทางทฤษฎี เนื่องจากรูปร่างที่ไม่มีหลักเกณฑ์แน่นอนของ รอยบากหรือรู จึงได้มีวิธีการทดลองขึ้นมาหลายๆแบบเพื่อช่วยในการหา เช่น วิธีทาง Photoelastic จะเป็น pattern ที่มองเห็นได้และจะแสดงว่าความเข้มและทิศทางของ ความเค้น เป็นอย่างไร การหา ความเค้นหนาแน่น หลายชนิดจะใช้วิธีนี้ อีกวิธีหนึ่งคือ Brittle Coating คือจะทำการดึงวัสดุที่จะทดสอบและนำ Strain Gage ไปติดไว้ตามจุดที่จะต้องการวัดหลายๆจุดแล้วดึงจนถึงค่าหนึ่ง ใช้หลักการของความเค้นความเครียด จะได้ค่าขนาด และทิศทางของ ความเค้น ออกมา ซึ่งวิธีนี้จะเป็นวิธีที่ใช้ในการทำ Project ครั้งนี้

2.2ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น(Stress-concentration Factor)

ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น คือ อัตราส่วนระหว่าง ความเค้นสูงสุด (maximum local stress) กับค่า ความเค้นเฉลี่ย (nominal stress)

พิจารณารูปที่4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4แสดง ค่าจำกัดความของ ความเค้นหน้าแน่น

ค่า ความเค้นเฉลี่ยคือ P/A ซึ่ง A จะเป็นค่าพื้นที่หน้าตัดส่วนที่แคบที่สุด จากรูป a) Aจะเท่ากับ bt และ ความเค้นเฉลี่ย = P/A

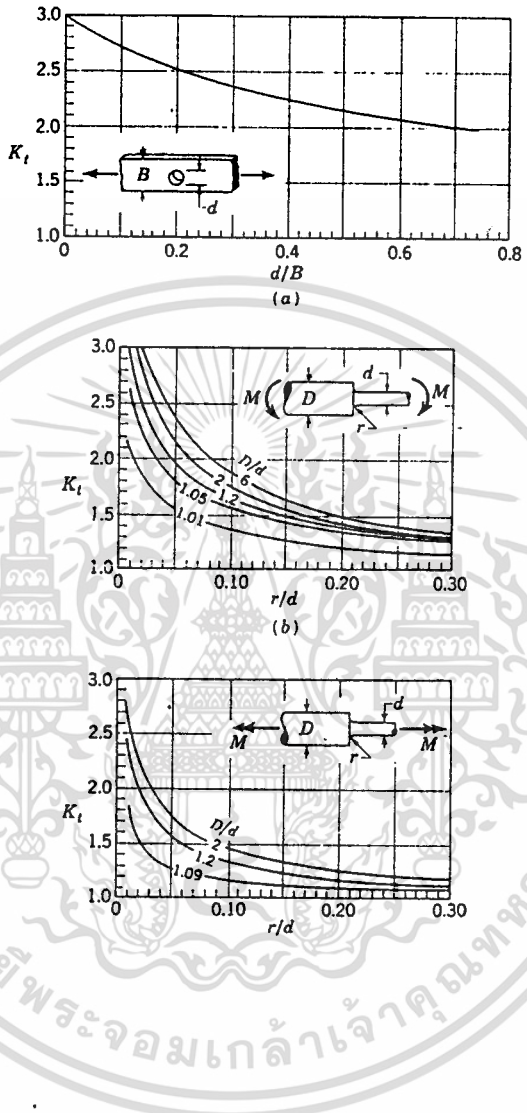
ถ้าเป็นการดัดก็จะคิดทำนองเดียวกัน ความเค้นเฉลี่ย = $MC/I_{min} = 6M/th^2$ จะได้

K_t = maximum local stress/nominal stress

ซึ่ง K_t ก็คือค่า Stress concentration Factor นั่นเอง

ค่า ตัวประกอบความเค้นหน้าแน่น จะมีค่าเป็น 3 ในกรณีที่ plate เจาะรูและความกว้างของ plate เป็น infinite ถ้า plate แคบลงค่า ตัวประกอบความเค้นหน้าแน่นจะลดลงจนถึง 1 ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

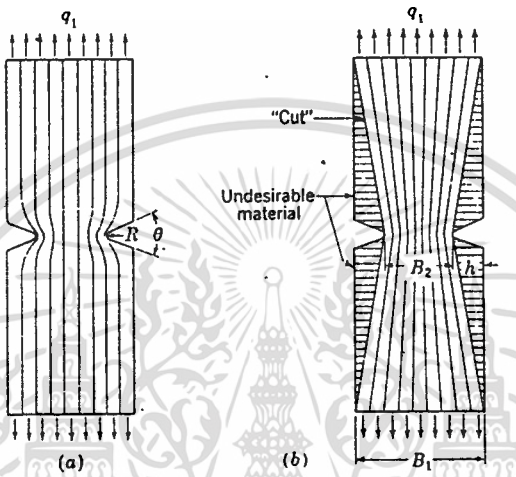


รูปที่5แสดง stress concentration factor แบบต่างๆ

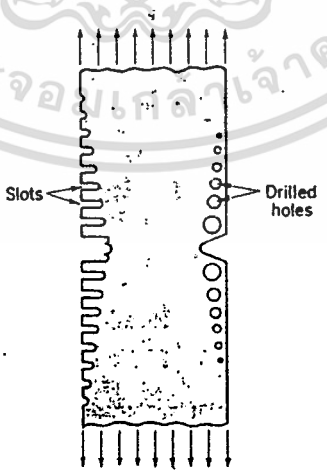
สำหรับกรณีที่เป็นรอยบาก (notch) ค่า K_t จะเข้าใกล้ infinite ถ้ารัศมีของรอยบากต่อความลึกเข้าใกล้ศูนย์ แม้ว่าทฤษฎีนี้จะใช้สำหรับรัศมีของรอยบากที่เล็กมากแต่รูปร่างที่ต่างกันของรอยบากจะทำให้มีความแตกต่างกันด้วย เช่น ถ้าเป็นรอยบากแหลมจะทำให้เกิดการแตกหักได้ง่ายกว่ารอยบากกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจารณาในลักษณะ streamlines จะเป็นดังรูป จะเห็นว่าความเค้นจะไปหนาแน่นอยู่ที่ใกล้ๆรอยบาก จึงมีสมมุติฐานว่าถ้าทำให้ ความเค้นกระจายทั่วทั้งแผ่นไม่ไปอัดแน่นอยู่จุดใดจุดหนึ่งก็น่าจะทำวัสดุแตกหักได้ยากขึ้น และวิธีหนึ่งที่จะลดความเค้นหนาแน่นอาจทำได้ตามรูป คือจะทำให้ไม่เกิดการอัดแน่นที่จุดใดจุดหนึ่ง



รูปที่6แสดงการวิเคราะห์stress concentration โดยเส้นของแรงคงที่



รูปที่7แสดง 2 วิธีที่จะสามารถลดความเค้นหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3Introduction Of Crack

ปรากฏการณ์ของรอยแตกขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายเข้ามาเกี่ยวข้องอาจเกิดจากความต้องการที่จะให้เกิดรอยแตกหรือไม่ต้องการให้เกิด กรณีการทำงานของเครื่องจักร เช่น การตัดแก้วให้ได้ขนาดหรือมีรอยเกิดขึ้น เป็นการเจตนาให้เกิดรอยขึ้น แต่อุบัติเหตุ เช่น จานแตกขณะล้างจานเป็นการที่ตั้งใจให้เกิดขึ้น การที่ไม่คำนึงถึงว่ารอยแตกนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไรหรือทำไมถึงเกิดขึ้นอาจเป็นผลให้เกิดการแตกแยกออกเป็น 2 ส่วนหรือหลายส่วน ซึ่งเป็นผลเสียที่ไม่ต้องการ รอยแตกนั้นอาจเกิดจากการที่วัสดุมีรอยฉีกขาด(crack)หรือตำหนิ และความเค้นซึ่งทำให้เกิดรอยฉีกขาดเพิ่มมากขึ้น

ในการผลิตชิ้นงานเป็นไปไม่ได้ที่จะไม่เกิดรอยฉีกขาด หรือ ตำหนิเกิดขึ้นเลยโดยไม่คำนึงวัสดุเฉพาะที่จะนำมาใช้ผลิตชิ้นงานนั้นๆเข้ามาเกี่ยวข้องฉะนั้นจึงต้องมีการศึกษาเพื่ออธิบายว่ารอยฉีกขาด(crack)ทำไมถึงเกิดขึ้นและเกิดขึ้นได้อย่างไรและการที่จะทำให้เข้าใกล้สิ่งที่เราต้องการนั้นอยู่ภายใต้หัวข้อของ Linear Elastic Fracture Mechinc(LEFM) ซึ่งเป็นการอธิบายถึงผลของความเค้น(stress)ที่เกิดขึ้นบริเวณรอยฉีกขาดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดของรอยฉีกขาดที่เกิดขึ้น

2.4Modes or types of fracture

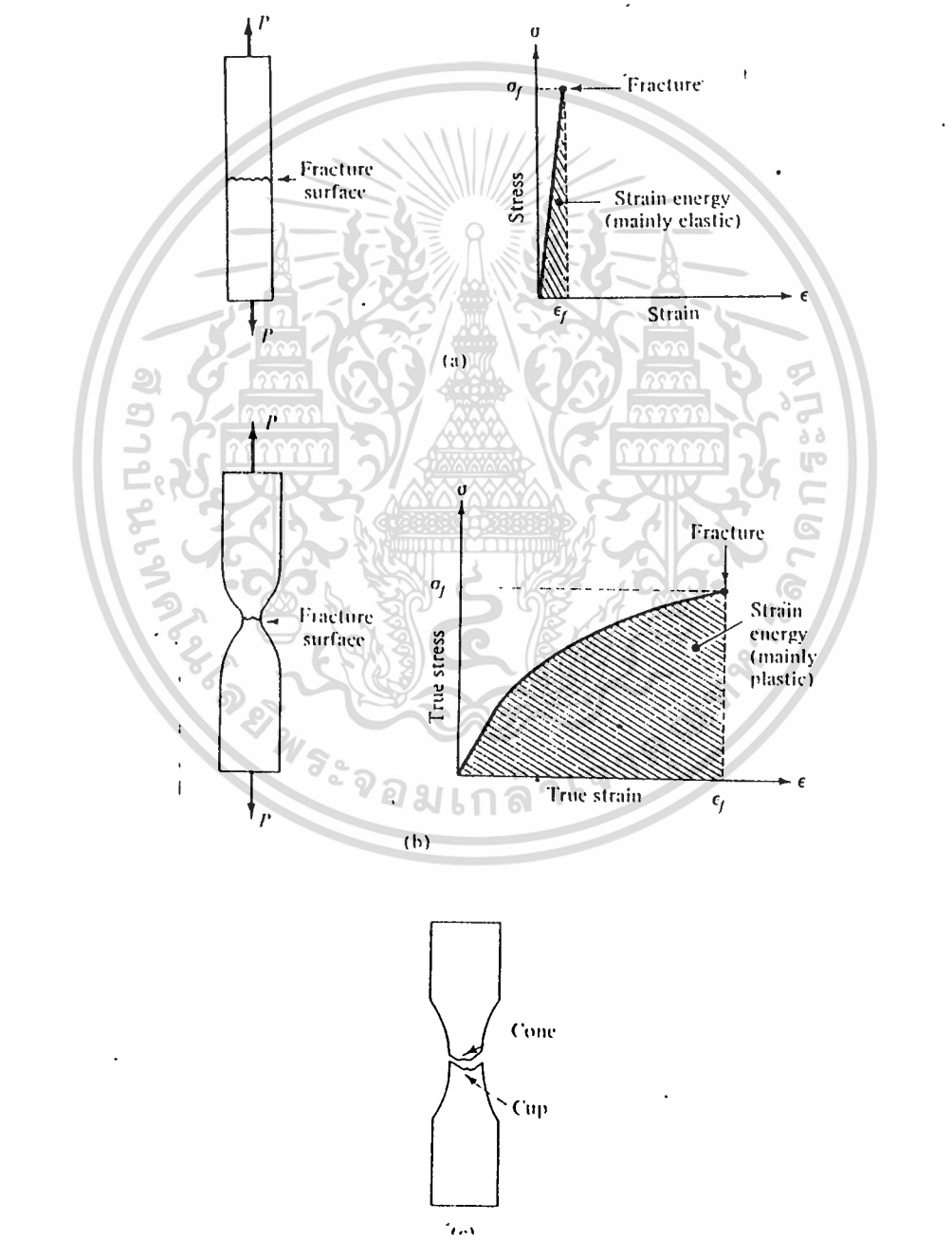
รอยแตกหักนั้นอาจเกิดได้ทั้งเมื่อวัสดุมีความเปราะหรือมีความเหนียว(ductile)สำหรับรอยแตกหักที่เกิดจากความเปราะจะมีน้อยท่าการทำให้ผิดรูปร่างแบบถาวรมีการเปลี่ยนแปลงน้อยของแข็ง เช่น แก้ว และเหล็กหล่อสีเทาจะถูกแยกออกเป็นประเภทดังกล่าวเมื่อตัวแปร เช่น อุณหภูมิ และความดันเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งเรียกว่า สภาวะปกติ (normal condition)

ส่วนรอยแตกหักที่เกิดจากความเหนียวนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเกิดขึ้นก่อนแล้วจึงจะเกิดรอยแตกหักขึ้นจริงๆ

พิจารณารูปที่8A ซึ่งอธิบายถึงพฤติกรรมโดยทั่วไปของเหล็กหล่อสีเทาหรือแก้วภายใต้ uniaxial tensile stresses ในการทดสอบปรากฏว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือพื้นที่หน้าตัด จากกราฟของ stress และ strain แสดงว่ามี หลังงานจำนวนหนึ่ง(strain energy) ถูกเก็บไว้ในชิ้นทดสอบจนถึงจุดที่มีรอยแตกหักขึ้น แม้ว่าวัสดุเปราะบางอย่างจะมี fracture stress (σ_f) สูง แต่ค่า Fracture strain ϵ_fซึ่งแสดงถึงหลังงานที่ถูกสร้างขึ้นก่อนการแตกหักก็จะน้อย ด้วยเหตุนี้รอยแตกหักที่เกิดจากความเปราะนั้นจะใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยหรือไม่มากในการที่จะทำให้เกิดความเสียหายหรือแตกหักขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่8 B แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับวัสดุที่มีความเหนียว เช่น ตะกั่ว หรือ อลูมีเนียม ในกรณีที่จะมีการลดลงของพื้นที่หน้าตัดอย่างมาก และมีพลังงานจำนวนมาก (strain energy) เกิดขึ้นก่อนที่จะแตกหัก แสดงให้เห็นโดยพื้นที่ใต้กราฟความเค้น และความเครียด และรูป c แสดงถึงรอยแตกหักแบบ cup และ cone ซึ่งเกิดกับโลหะอ่อนตัวหรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ



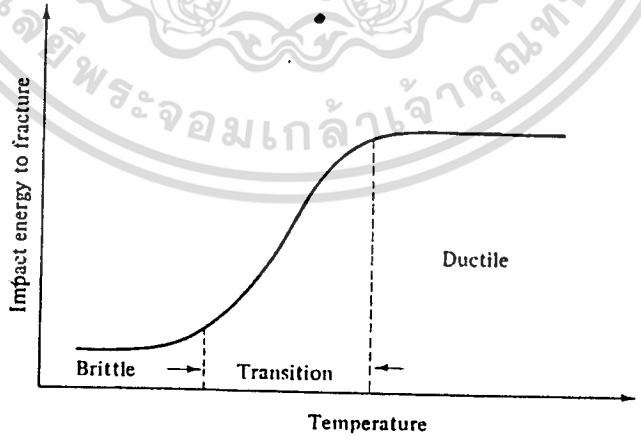
รูปที่8แสดงความเค้นความเครียดของa) วัสดุเปราะb) วัสดุเหนียวc)แบบ cup cone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Linear Elastic Fracture Mechincs

ในโครงการสร้างจริงๆแล้วตำหนิหรือรอยฉีกขาดนั้นสามารถเกิดได้จากหลายเหตุผล อาจเกิดจากความบกพร่องในการเชื่อม แล้วผลกระทบของความเค้น และรอยฉีกที่เล็กๆที่มีอยู่ก็จะทำให้รอยฉีกขาดนั้นเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องพิจารณาหรือมองถึงขนาดหรือรูปร่างของตำหนิหรือรอยฉีกขาดนั้น

โดยทั่วไปปัจจัยหรือตัวแปรเริ่มต้นที่เกี่ยวข้องในการออกแบบหรือพิจารณาเกี่ยวกับรอยแตกหักนั่นคือ รูปร่าง, ขนาด, ตำแหน่งของรอยฉีกขาด, ขนาดของแรงดึงที่ใช้กับวัสดุหรือชิ้นงาน และคุณสมบัติของวัสดุ ส่วนตัวแปรอื่นๆ เช่นอุณหภูมิ และ ความเครียด(stress) อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเครียด(strain) และที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การเปรียบเทียบคุณลักษณะของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับพลังงานที่เป็นสาเหตุให้เกิดรอยแตกหักขึ้นนั้น เราใช้การทดสอบที่เรียกว่า Charpy & Notch Test (CVN) ซึ่งแสดงให้รู้ถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจากวัสดุเหนียวไปเป็นวัสดุเปราะซึ่งเป็นฟังก์ชันหรือตัวแปรของอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามยังไม่ค่อยพบว่ามีการใช้การทดสอบค่าโดย numerical เพื่อวิเคราะห์ทำนายคุณลักษณะโดยตรงและนี่เป็นเพียงการทดสอบอย่างหนึ่งเท่านั้น

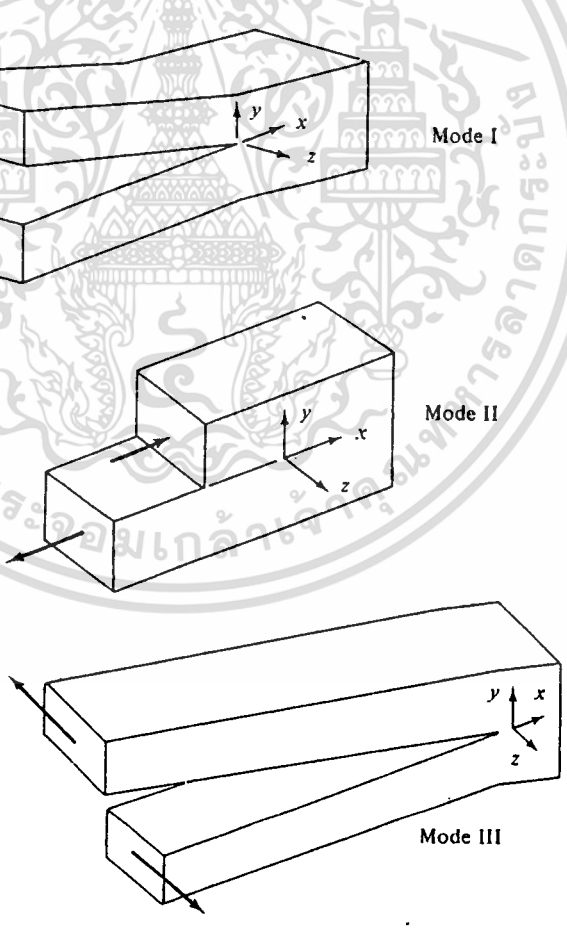


รูปที่9แสดงรูปร่างทั่วไปของชาร์ปี หล็อต(Charpy Plot)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์โดยใช้ Linear Elastic Fracture Mechinc (LEFM)

การวิเคราะห์โดยใช้ linear elastic fraccture mechinicเป็นการใช้สมการซึ่งอธิบายการกระจายและขนาดของ stress ที่เกิดบริเวณรอยฉีกขาด(crack)ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลง stress ที่ให้, ขนาด และรูปร่างของรอยฉีก และตัวแปรซึ่งเรียกว่า stress intensity factor (K) ค่า K นี้จะเป็น factor ที่อธิบายถึงการกระจายของ stress ที่เกิดขึ้นจริง (ไว้สำหรับคูณแก้ค่าที่คำนวณได้) ซึ่งค่า K นี้ได้จากการทดลองหลายๆครั้ง ค่า K นี้ แบ่งเป็น K_I, K_{II}, K_{III} ตามรูปที่ 10 และในการทดลองนี้จะใช้ค่า K_I ในการคำนวณ stress ในแนวต่างๆ เพราะการทดลองเป็นการใช้แรงดึงตามแนวระนาบ (plane strain condition)



รูปที่10แสดงแรง 3 ชนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์การแตกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ใช้อธิบายถึง stress สำหรับ mode I มาจากวิธีของ Westergarld คือ

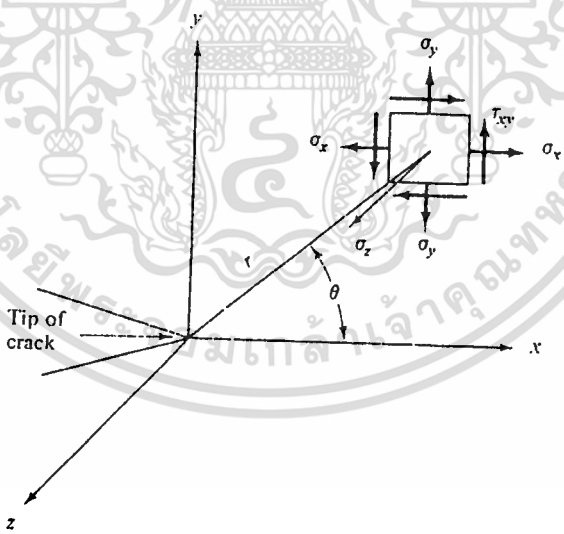
$$\sigma_y = K_I \cos(\theta/2)(1+\sin(\theta/2)\sin(3\theta/2))/(2\pi r)^{1/2}$$

$$\sigma_x = K_I \cos(\theta/2)(1-\sin(\theta/2)\sin(3\theta/2))/(2\pi r)^{1/2}$$

$$\tau_{xy} = K_I \sin(\theta/2)\cos(\theta/2)\cos(3\theta/2)/(2\pi r)^{1/2}$$

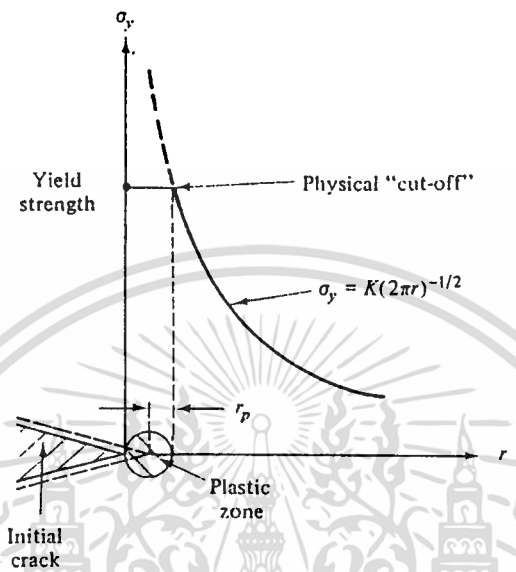
$$\sigma_z = \nu(\sigma_x + \sigma_y), \quad \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$$

ซึ่ง รูปที่11จะ แสดงให้เห็นถึงตัวแปรต่างๆที่ใช้ในสมการ



รูปที่11แสดงค่าความเค้นเมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่12แสดง formation of plastic zone at a crack tip when yielding occur

ในกรณีนี้ strain ในแนวราบจะไม่พิจารณา เนื่องจากค่า rในสมการจะอยู่ในรูป higher order terms ขณะที่ r เข้าใกล้ขอบของรอยฉีก (น้อยๆ) สมการเหล่านี้ก็จะคำนวณได้ดีหรือถูกต้องยิ่งขึ้น และจะเห็นได้ชัดว่ายิ่งใกล้ขอบของรอยฉีกมากเท่าไร stress จะยิ่งมากๆขึ้น และจะเข้าใกล้ infinity ขณะ r เข้าใกล้ 0 ซึ่งในทางปฏิบัติจะทำไม่ได้ และขอบเขตที่จะทำให้ค่า stress จริงที่เกิดขึ้นคือจุดครากของวัสดุ (yield point) และสมการเหล่านี้จะใช้ไม่ได้เมื่อเลยค่านี้วัสดุรูปที่12แสดงให้เห็นถึง σ_y เมื่อ σ = 0 จะเห็นว่าK_I จะสัมพันธ์กับ stress และรากที่สองของเทอมของความยาว และฟอร์มทั่วไปของ K_I คือ

$$K_I = C\sigma_a(a)^{1/2} = f(\sigma, a)$$

ซึ่ง σ_a คือค่า stress ที่กำหนดให้ (applied stress)

a คือ รากที่สองของบางฟังก์ชันของความยาวของรอยฉีกขาด

ค่า C ขึ้นอยู่กับรูปร่างทางเรขาคณิต,stress และรอยฉีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า K_I จะได้จากการวิเคราห์หรือทดลองด้วยความชำนาญจำนวนหลายๆครั้ง

รูปที่13 เป็นกรณี K_I ในกรณีแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอย crack 2 ด้าน

Note ที่กล่าวมานี้ใช้สำหรับ stress ในแนวระนาบ และค่า strain ในแนวระนาบจะมีค่าประมาณ 1 ใน 3 ของค่าของบนนี้

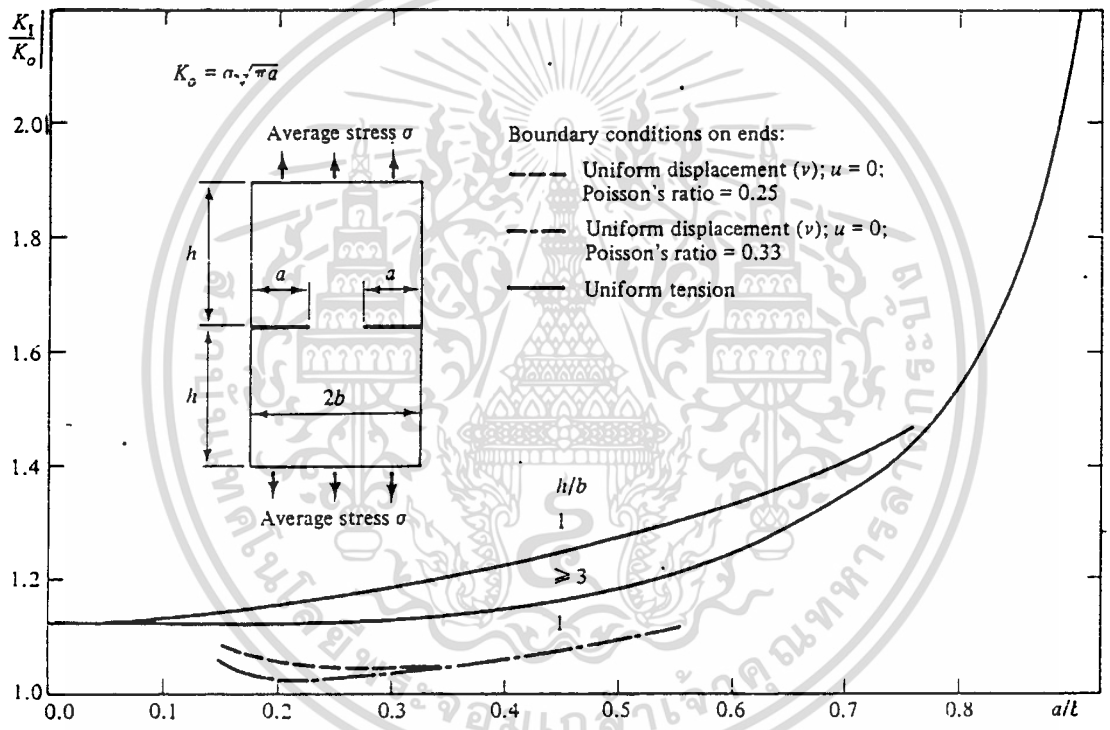


Figure 8-13e K_I for two edge cracks in a rectangular sheet subjected to a uniform uniaxial tensile stress or a uniform normal displacement.

รูปที่13แสดงK_I ของแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยcrack 2 ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การเตรียมอุปกรณ์และชิ้นทดสอบในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบไปด้วย

1.ชิ้นทดสอบ(specimen)

2.อุปกรณ์ตรวจจับความเครียด (strain gages)

Type KFC-1-CI-11

Gage Length 1 mm

Gage Resistana 120.2 +,-(0.3)

Gage Factor 2.07 +,- (1) %

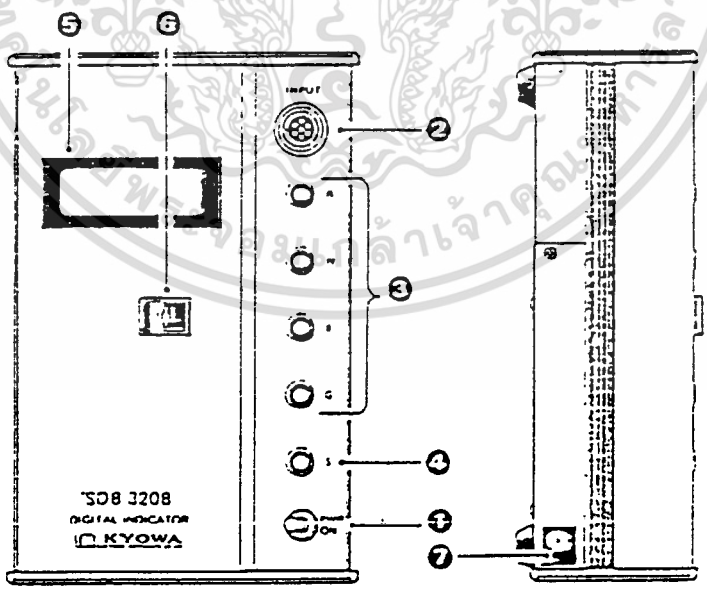
3.อุปกรณ์แสดงค่าความเครียด (strain Indicator)KYOWA-SDB - 321B

4.กล่องสวิทช์(Switch Box) KYOWA SS-24R

5.เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล(Universal Testing Machine) UTM,SHIMADZU AG 10TB

ส่วนประกอบและการทำงานของอุปกรณ์แสดงค่าความเครียดและกล่องสวิทช์

อุปกรณ์แสดงค่าความเครียด



รูปที่14 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์แสดงค่าความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.(PWR) สวิทช์หลัก สำหรับปิดเปิดกำลัง

2.(INPUT) จุดต่อกับกล่องสวิทช์ (SS-R switch box)

3.(RWBG) จุดต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด

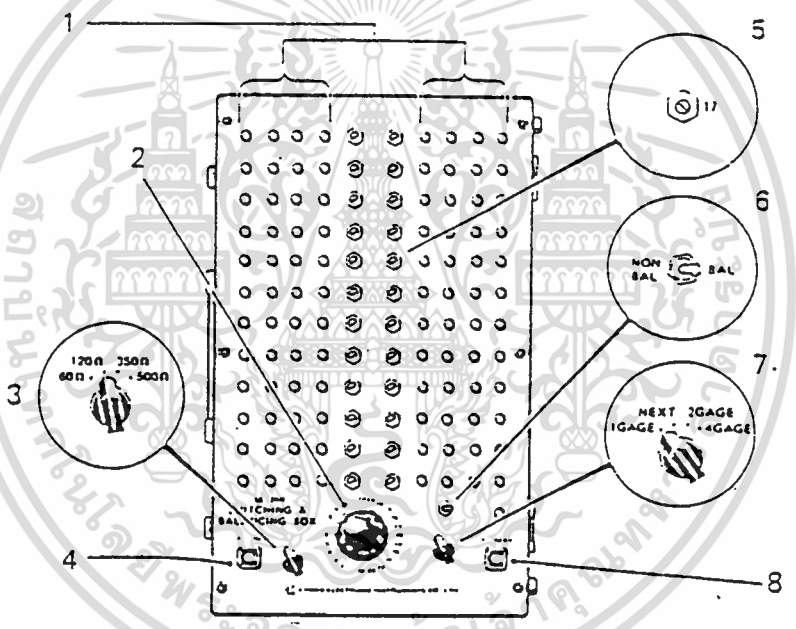
4.(S)จุดต่อกับชิลด์(Shield) ของสายเคเบิล (cable)

5.จอแสดงผลชนิดผลึกเหลว (LCD Monitor) แสดงค่าถึง 19999

6.ตัวแสดงภาวะศูนย์สมดุลย์ (Zero Balance) ใช้สำหรับการวัดโดยใช้กับกล่องสวิทช์

7.จุดต่อกับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ระดับสูง(เมื่อใช้กับแบตเตอรี่ที่ทำการประจุไฟใหม่ได้)

<u>กล่องสวิทช์</u>



รูปที่15แสดงส่วนประกอบของกล่องสวิทช์

1.จุดต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด

2.ตัวเลือกช่องที่จะทำการวัดค่า

3.ตัวเลือกค่าความต้านทานของอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด

4.(TO IND) จุดต่อกับอุปกรณ์แสดงค่าความเครียด

5.ตัวปรับศูนย์สมดุลย์ จะใช้งานเมื่อตัวเลือกภาวะศูนย์สมดุลย์อยู่ที่ตำแหน่ง BAL

6.ตัวเลือกภาวะศูนย์สมดุลย์เมื่อตัวเลือกนี้อยู่ที่ตำแหน่ง NON BALจะไม่สามารถปรับศูนย์สมดุลย์ได้

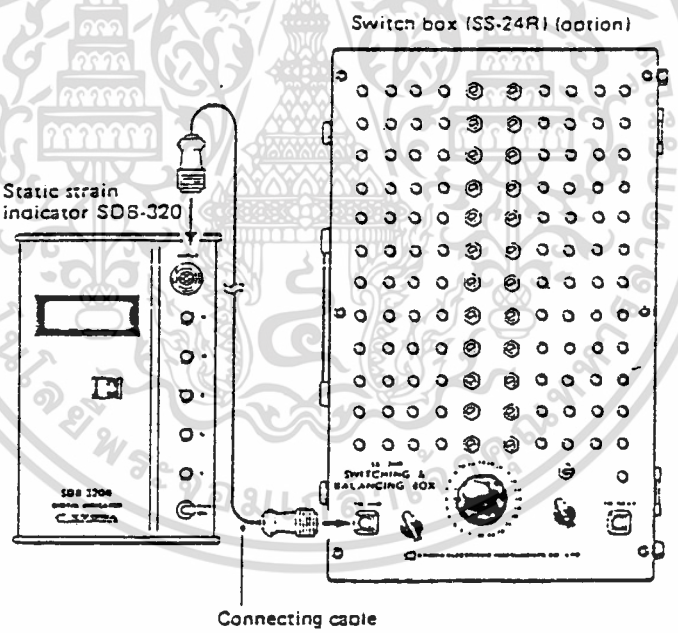
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.ตัดเลือกวงจรบริดจ์(Bridge Circle)สวิทช์นี้ใช้สำหรับเลือก 1 หรือ 2 หรือ 4 ผัวตรวจจับ ถ้าใช้มากกว่า 2 ผัว จะใช้การต่อสวิทช์แบบแคสเคด (Cascade)เมื่อทำการวัดจะต้องปรับสวิทช์ไปที่ตำแหน่ง NEXT

8.(TO NEXT) จุดต่อกับกล่องสวิทช์ ตัวต่อไปในลักษณะแคสเคด

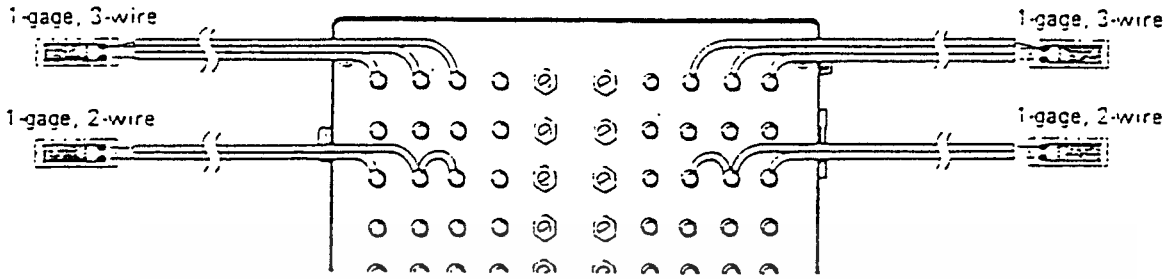
<u>การต่ออุปกรณ์แสดงค่าความเครียดกับกล่องสวิทช์</u>

ทำการต่อจุด (TO IND)ของกล่องสวิทช์เข้ากับจุด (INPUT)ของอุปกรณ์แสดงค่าความเครียด ดังรูป



รูปที่16แสดงการต่อระหว่างกล่องสวิทช์กับอุปกรณ์แสดงค่าความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่17แสดงการต่ออุปกรณ์ตรวจจับความเครียดเข้ากับกล่องสวิทช์

ขั้นตอนการวัดค่าความเครียด

1.เปิดสวิทช์ (PWR)

2.ก่อนจะต่อภาระ(Load)ตั้งค่าให้อยู่ในภาวะศูนย์สมดุลย์ ทุกช่องที่จะทำการวัด

3.ต่อภาระแล้วอ่านค่าบนจอแสดงผล

4.ค่าที่ได้ต้องคูณด้วย 10^{-6}

5.ปิดสวิทช์ (PWR)

หมายเหตุ ในการทดลองจริงไม่ได้ปรับค่าให้อยู่ในภาวะศูนย์สมดุลย์เมื่อตัวเลือกภาวะศูนย์สมดุลย์อยู่ที่ตำแหน่ง Bal แต่ทำการอ่านค่าเก็บไว้ก่อน หลังจากทำการทดลอง บันทึกค่าที่ได้อีกครั้งหลังจากนั้นนำค่าความเครียดในครั้งแรกลบออกจากค่าความเครียดในครั้งหลังก็จะได้ค่าความเครียดที่ต้องการออกมา

การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

วัสดุที่ใช้ เหล็กรีดเย็น spcc หนา 1.2 mm

ชิ้นงานที่ใช้ทดลองแบ่งตามจุดประสงค์ได้เป็น 2 อย่างคือ

1.ใช้สำหรับหาค่า ดัชนีของยัง(Young 'S Modulus)

2.ใช้สำหรับศึกษาความเค้นหนาแน่น (Stress Concentration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การเตรียมชิ้นงานที่ใช้สำหรับหาค่าดัชนีของยัง

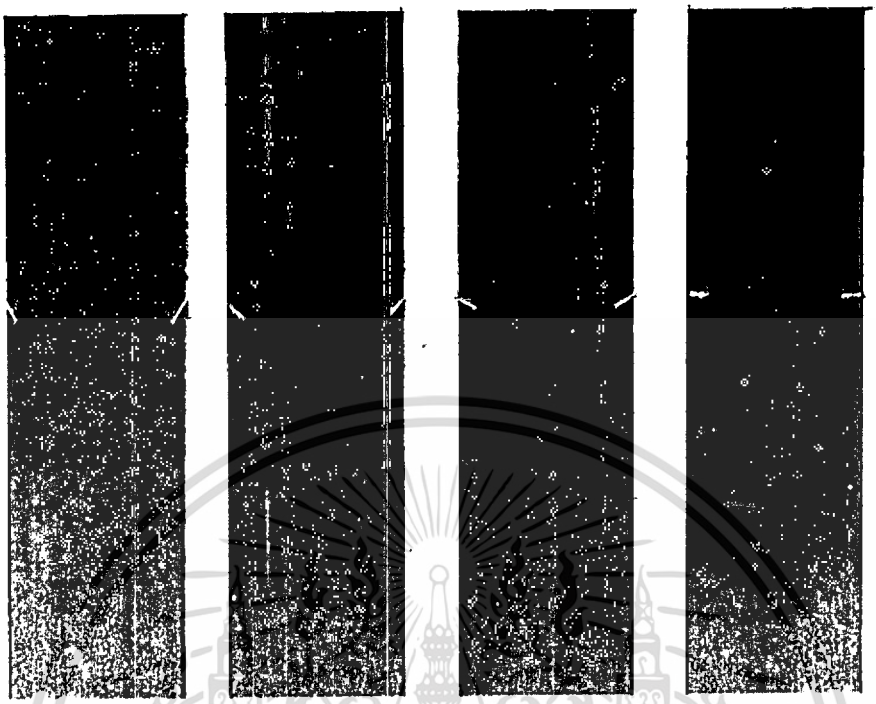
ชิ้นงานที่ใช้ในการหาค่าดัชนีของยังนี้จะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งมีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องซีเอนซีวายคัต(CNC Wirecut A 280 EDW) ในการตัดชิ้นงาน

รูปที่18 แสดงภาพถ่ายชิ้นงานที่ใช้ในการหาค่าดัชนียัง

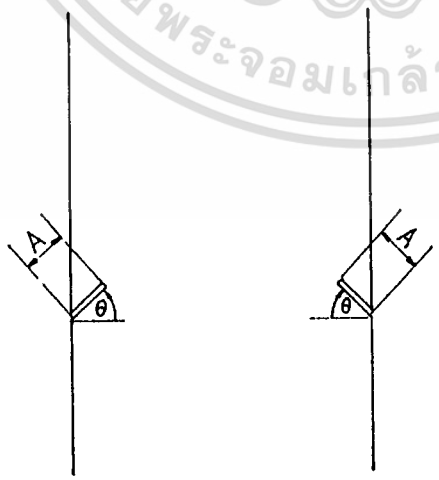
2.การเตรียมชิ้นงานที่ใช้สำหรับการศึกษาความเค้นหนาแน่น

ชิ้นงานนี้จะใช้เครื่อง ซีเอ็นซี วายคัต ในการตัดเช่นเดียวกันโดยกำหนดให้ชิ้นงานมีขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร และชิ้นงานจะมีรอย crack อยู่ที่ของชิ้นงานตรงกึ่งกลาง ซึ่งเกิดจากการตัดด้วยลวดไฟฟ้า(Wire Cut)โดยรอยcrackจะมีขนาดตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร 4 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ซึ่งแต่ละขนาดจะมีมุม เปลี่ยนไปตั้งแต่ 0,30,45และ 60 องศา ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่19ภาพถ่ายชิ้นงานที่ใช้ในการหาความเค้นหน้าแน่น



โดยที่

θ คือมุมที่เปลี่ยนไปของรอย crack

A คือขนาดของรอย crack

รูปที่ 20 ภาพแสดงชิ้นงานทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณ

สมการพื้นฐานสำหรับการคำนวณค่า ความเค้น(stress) ความเครียด(strain) จากที่ได้กล่าวมาแล้วคือ

$$\sigma = E\epsilon$$

โดยที่

$$\sigma = F/A \quad \text{และ} \quad \epsilon = \Delta L/L_o$$

เมื่อ σ = ความเค้น

ϵ = ความเครียด

E = ค่าโมดูลัสของยัง

ΔL = ระยะยืดของชิ้นงานภายหลังการดึง

L_o = ความยาวของชิ้นงานก่อนการดึง

แต่ในการวัดค่าความเครียดเราใช้ strain gage ติดบนชิ้นงาน และอ่านค่าความเครียดจาก strain indicator ดังนั้นจึงต้องมี factor มาคูณจะได้สมการความสัมพันธ์ซึ่งอยู่ในรูป

$$\epsilon = 2.00\epsilon_o/Ks$$

ฉะนั้น

$$\sigma = 2.00\epsilon_o E/Ks$$

โดยที่ Ks = Gage factor of strain gage

ϵ_o = ค่าของ strain ที่อ่านได้จาก strain indicator

ซึ่งในกรณีนี้จะใช้ค่า Ks 2.07 จะได้

$$\sigma = 0.966E\epsilon_o$$

ซึ่งจะใช้สมการนี้ในการคำนวณค่าจากการทดลองที่จะกล่าวถึงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์ เพื่อหาค่า young modulus ของชิ้นงานทดสอบ แล้วนำค่าที่ได้ไปใช้ในการทดลองต่อไป

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล(universal testing mechine)
- ชิ้นงานทดสอบขนาดกว้าง 2 cm ยาว 20 cm จำนวน 8 ชิ้น

วิธีทดลอง

1. กำหนดสภาวะพื้นฐานของเครื่องทดสอบ ดังนี้

Test Mode	Single Tension
Test Speed	0.200 mm/min (1/10)
Transverse Speed	50.000 mm/min
Return Position	10 mm
Recorder Mode	x-p
x-Axis	Load
Load Cell	10,000 KGF
F/S Load	2,000 (*5) KGF(Auto)

2. ทำการป้อนโปรแกรม ให้เครื่อง ทำการอ่านค่าความเค้นและความเครียด7 ตำแหน่งคือ

ที่ระยะยืด(elong) 0.1 0.2 0.3 mm

ที่แรงดึง (Load) 100 150 200 250 KGF

พร้อมทั้งให้ข้อมูลของพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน เท่ากับ 24 ตารางมิลลิเมตร เข้าไปด้วย

3. ทำการดึงชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบโดยกำหนดระยะจับชิ้นงาน (Gage Length) 100 mm และทำการดึงชิ้นงาน 8 ครั้ง นำผลที่ได้ไปคำนวนหาค่าเฉลี่ยของมัชนีของยัง ของแต่ละชิ้นแล้วจึงนำค่าเฉลี่ยที่ได้ทั้ง 8 ค่า ไปหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ชิ้นงานที่	ตำแหน่งที่อ่านค่า	strain (*0.01)	Stress kgf/mm2	E kgf/mm2	E เฉลี่ย kgf/mm2	E เฉลี่ย GPa
1	1	0.100	4.3718	4371.80	4572.53	44.85
	2	0.200	9.4835	4741.75		
	3	0.300	13.1820	4394.00		
	4	0.095	4.1700	4389.47		
	5	0.135	6.2551	4633.41		
	6	0.176	8.3401	4738.69		
	7	0.220	10.425	4738.64		
2	1	0.100	4.7417	4741.70	4712.25	46.23
	2	0.200	9.5171	4758.55		
	3	0.300	13.283	4427.67		
	4	0.087	4.1700	4793.10		
	5	0.132	6.2551	4738.71		
	6	0.175	8.3401	4765.77		
	7	0.229	10.425	4760.27		
3	1	0.100	4.2037	4203.70	4377.87	42.95
	2	0.200	9.0463	4523.15		
	3	0.300	12.711	4237.10		
	4	0.098	4.1700	4255.10		
	5	0.142	6.2551	4405.00		
	6	0.185	8.3401	4508.16		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นงานที่	ตำแหน่งที่อ่านค่า	strain (*.01)	Stress KGF/mm2	E KGF/mm2	E เฉลี่ย KGF/mm2	E เฉลี่ย GPa
	7	0.231	10.4250	4512.99		
4	1	0.100	4.6408	4640.80	4721.15	46.31
	2	0.200	9.6516	4825.80		
	3	0.300	13.6530	4551.00		
	4	0.089	4.1700	4685.39		
	5	0.133	6.2551	4703.08		
	6	0.174	8.3401	4793.16		
	7	0.215	10.4250	4848.84		
5	1	0.100	4.2373	4237.34	4385.52	43.02
	2	0.200	9.0463	4523.15		
	3	0.300	12.745	4248.33		
	4	0.098	4.1700	4255.10		
	5	0.143	6.2551	4374.20		
	6	0.185	8.3401	4508.16		
	7	0.229	10.425	4552.40		
6	1	0.100	4.4391	4439.10	4609.81	45.22
	2	0.200	9.4835	4741.75		
	3	0.300	13.855	4618.33		
	4	0.094	4.1700	4436.17		
	5	0.137	6.2551	4565.77		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นงานที่	ตำแหน่งที่อ่านค่า	strain (*.01)	Stress KGF/mm2	E KGF/mm2	E เฉลี่ย KGf/mm2	E เฉลี่ย GPa
	6	0.178	8.3401	4685.45		
	7	0.218	10.4250	4782.11		
	1	0.100	4.5736	4573.60		
	2	0.200	9.8871	4943.55		
	3	0.300	13.8550	4618.33		
7	4	0.091	4.1700	4582.42	4766.14	46.76
	5	0.131	6.2551	4774.89		
	6	0.170	8.3441	4905.94		
	7	0.210	10.425	4966.29		
	1	0.100	4.0019	4001.90		
	2	0.200	9.2145	4607.25		
	3	0.300	13.6870	4562.33		
8	4	0.103	4.1700	4048.54	4406.8	43.23
	5	0.143	6.2551	4374.20		
	6	0.183	8.3401	4557.43		
	7	0.222	10.4250	4695.95		

จากตารางจะได้ค่าเฉลี่ยของดัชนียัง ของทั้ง 8 ชิ้น คือ 44.82 G Pa ซึ่งจะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานที่มีรอย crack เมื่อขนาดและมุมของรอย crack เปลี่ยนไป

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

-เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล (Universal Testing Machine)

-ชิ้นงานทดสอบขนาดกว้าง 4 cm ยาว 20 cm และมีรอย crack ขนาด 2 mm, 4 mm และ 6mm โดยที่แต่ละขนาดมีมุมที่เปลี่ยนไปตั้งแต่ 0 30 45 และ 60 องศา

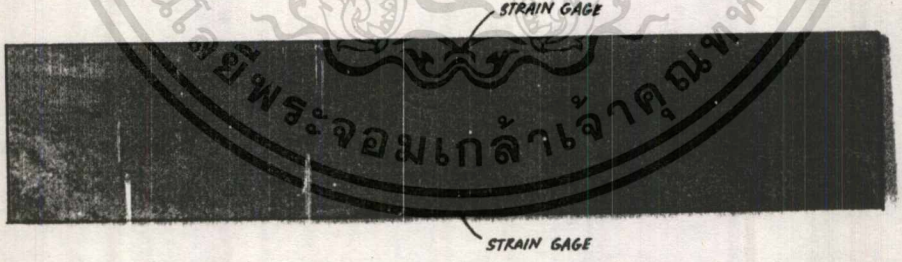
-อุปกรณ์ตรวจจับความเครียด

-กาวติดอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด

-อุปกรณ์แสดงค่าความเครียด, กล่องสวิทช์

วิธีการทดลอง

1) ทำการติดอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด บนชิ้นงานดังรูป



รูปที่21 แสดงภาพถ่ายชิ้นงานที่ติดอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด

2) ทำการต่อสายจากขาของอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดเข้ากับกล่องสวิทช์ และอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงค่าความเครียดตามที่ได้อธิบายไว้ในการเตรียมอุปกรณ์โดยเข้าในช่องCH1 CH2

3) จับชิ้นงานด้วยเครื่องกดสอบ โดยกำหนดสภาวะพื้นฐานให้กับเครื่อง

4) อ่านค่าความเครียดจากอุปกรณ์แสดงค่าความเครียดก่อนแล้วบันทึกไว้ทั้ง CH1 และ CH2

5) กดปุ่มเริ่ม Start ให้เครื่องทำการดึงชิ้นงานให้ยืดออกเป็นระยะ 5 มิลลิเมตร ตามที่ได้กำหนดไว้ในสภาวะพื้นฐานที่ return position = 5 mm

6) อ่านค่าความเครียด อีกครั้งหนึ่งจากเครื่องอุปกรณ์แสดงค่าความเครียด บันทึกไว้

7) คำนวณหาค่าความเค้น เฉลี่ยที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน โดยใช้สูตรที่ได้กล่าวไว้คือ

$$\sigma = 0.967E\epsilon_o$$

โดยใช้ E จากผลของการทดลองที่ 1 จะได้ว่า

$$\sigma = 0.967(44.82*10^{6})\epsilon_o \quad Pa$$

$$\sigma = (43.3409*10^{3})\epsilon_o \quad MPa$$

8) ทำการทดลองซ้ำและบันทึกผลการทดลองของชิ้นงานทุกชิ้น

ผลการทดลอง

มุมองศา	ขนาดของรอย crack (mm)	ชิ้นงานที่	ผลต่างของStrain ($*10^{-6}$)	
			CH 1	CH 2
	2	1	1807	928
		2	860	388
		3	1430	712
0	4	1	1880	884
		2	2670	906
		3	3051	896

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมของหา	ขนาดของรอย crack (mm)	ขั้นงานที่	ผลต่างของStrain (*10 $^{-6}$)	
			CH 1	CH 2
30	2	1	962	358
		2	1490	617
		3	1210	822
	4	1	3014	727
		2	2606	626
		3	2010	692
	6	1	1886	660
		2	4882	1752
		3	3324	800
45	2	1	1186	721
		2	998	547
		3	1210	502
	4	1	2570	727
		2	2258	548
	6	1	4433	981
		2	4309	903
		3	4351	993

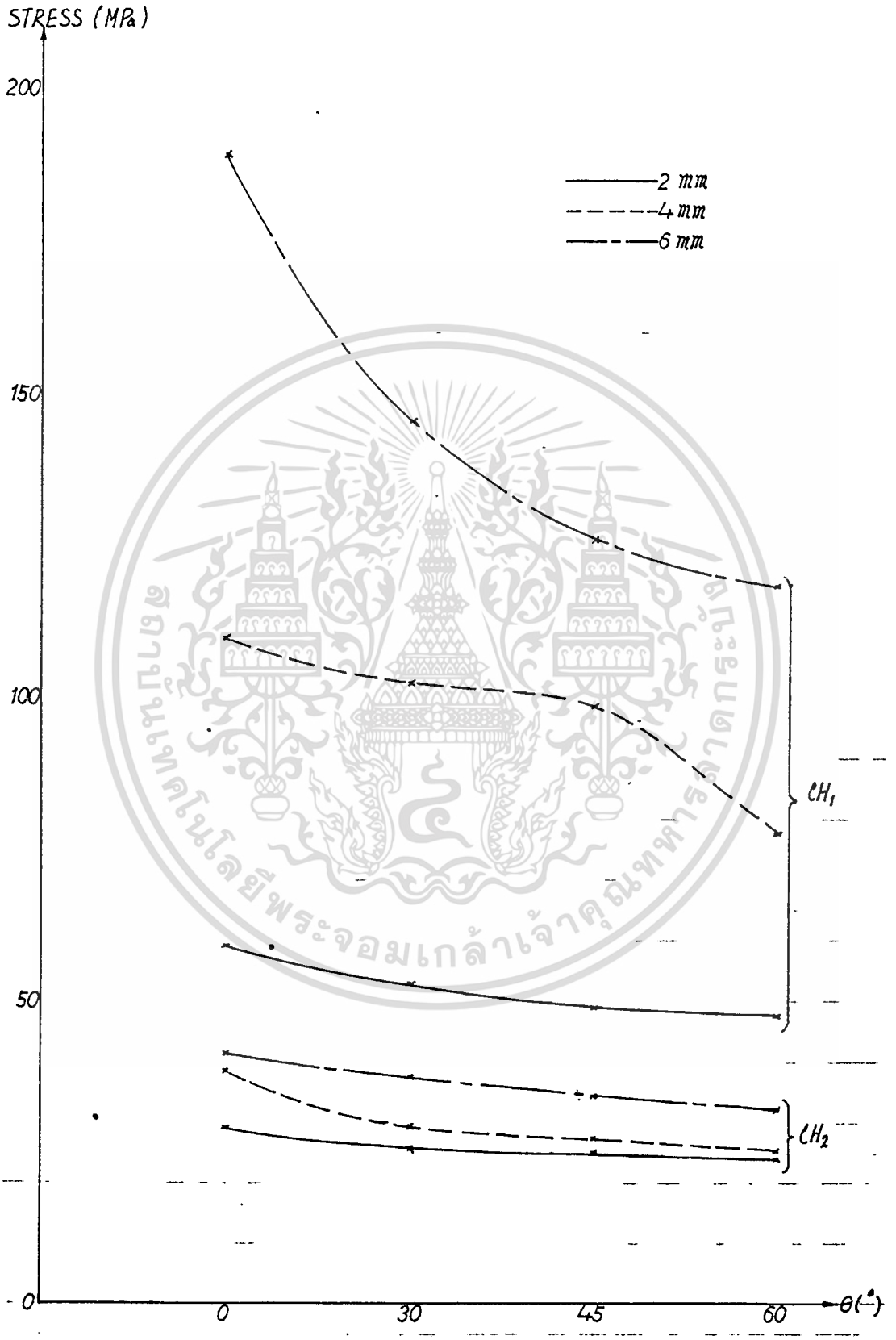
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมองศา	ขนาดของรอย crack (mm)	ชั้นงานที่	ผลต่างของStrain (*10^{-6})	
			CH 1	CH 2
		3	2004	644
	6	1	3142	941
		2	2588	737
		3	2992	704
60	2	1	913	442
		2	1364	662
		3	1010	560
	4	1	1967	704
		2	1614	491
		3	1801	568
	6	1	2587	615
		2	2994	824
		3	2610	774

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

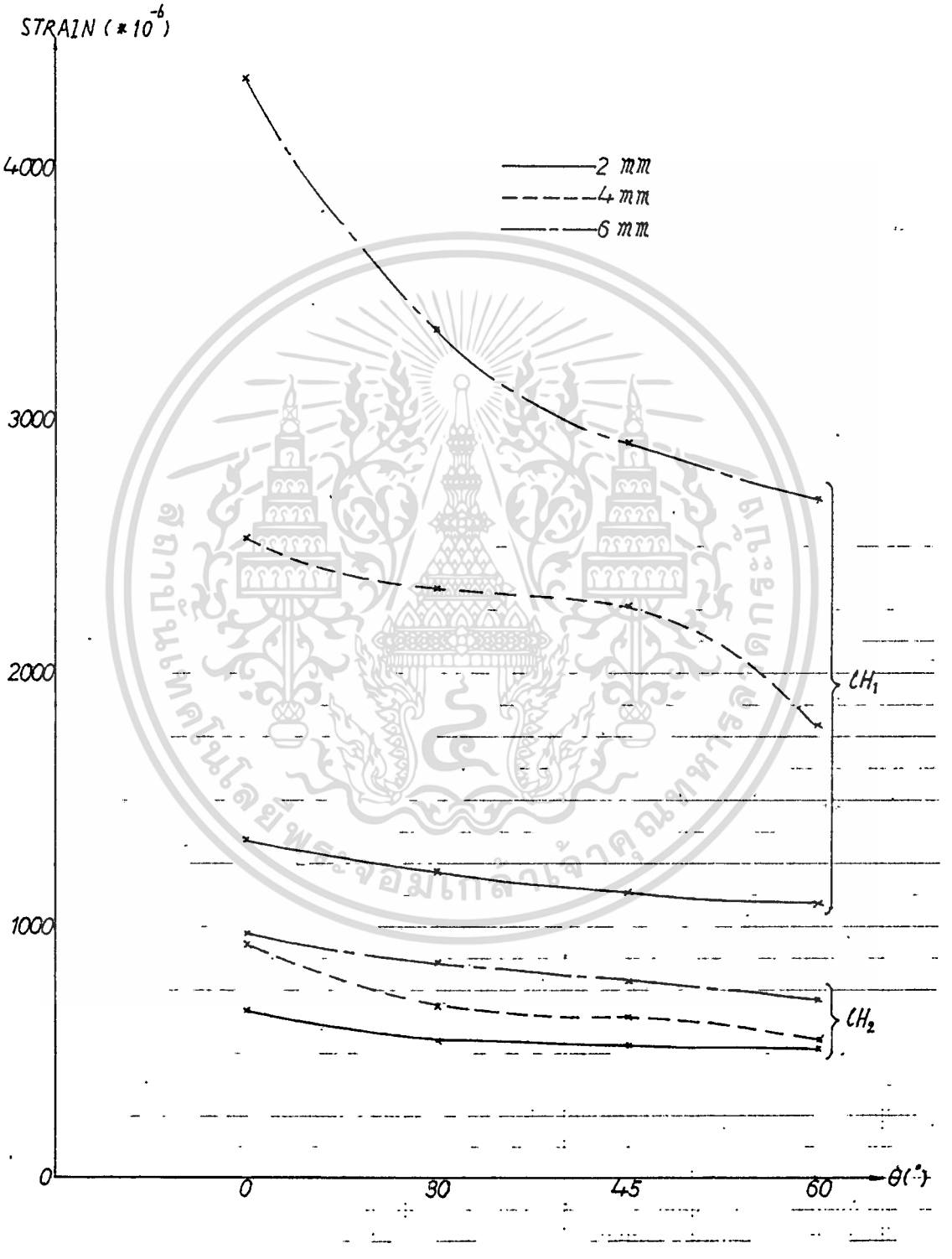
มุม	ขนาดของรอย crack (mm)	CH 1		CH 2	
		ความเครียดเฉลี่ย (*10^{-6})	ความเค้นเฉลี่ย (MPa)	ความเครียดเฉลี่ย (*10^{-6})	ความเค้นเฉลี่ย (MPa)
0	2	1365.6	59.18	676	29.29
	4	2533.6	109.80	895.3	38.80
	6	4364.3	189.15	959	41.56
30	2	1220.6	52.90	599	25.96
	4	2363	102.37	681.6	29.50
	6	3364	145.79	1071	46.37
45	2	1131.3	49.03	590	25.57
	4	2277.3	98.70	639.6	27.72
	6	2907.3	126.00	794	34.41
60	2	1102.3	47.77	554.6	24.03
	4	1794	77.75	587.6	25.46
	6	2730.3	118.33	737.6	32.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



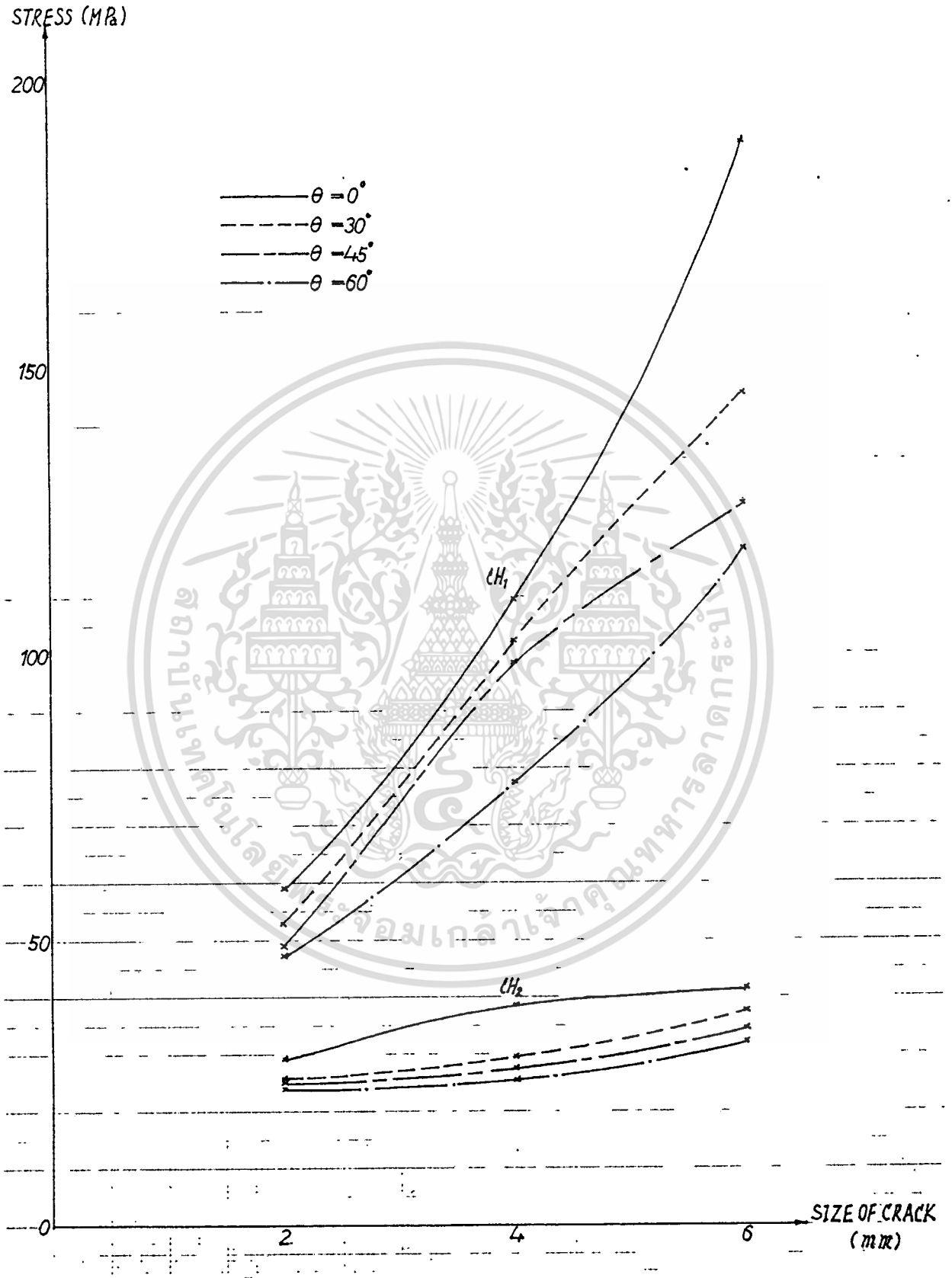
รูปที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับมุมของรอย crack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



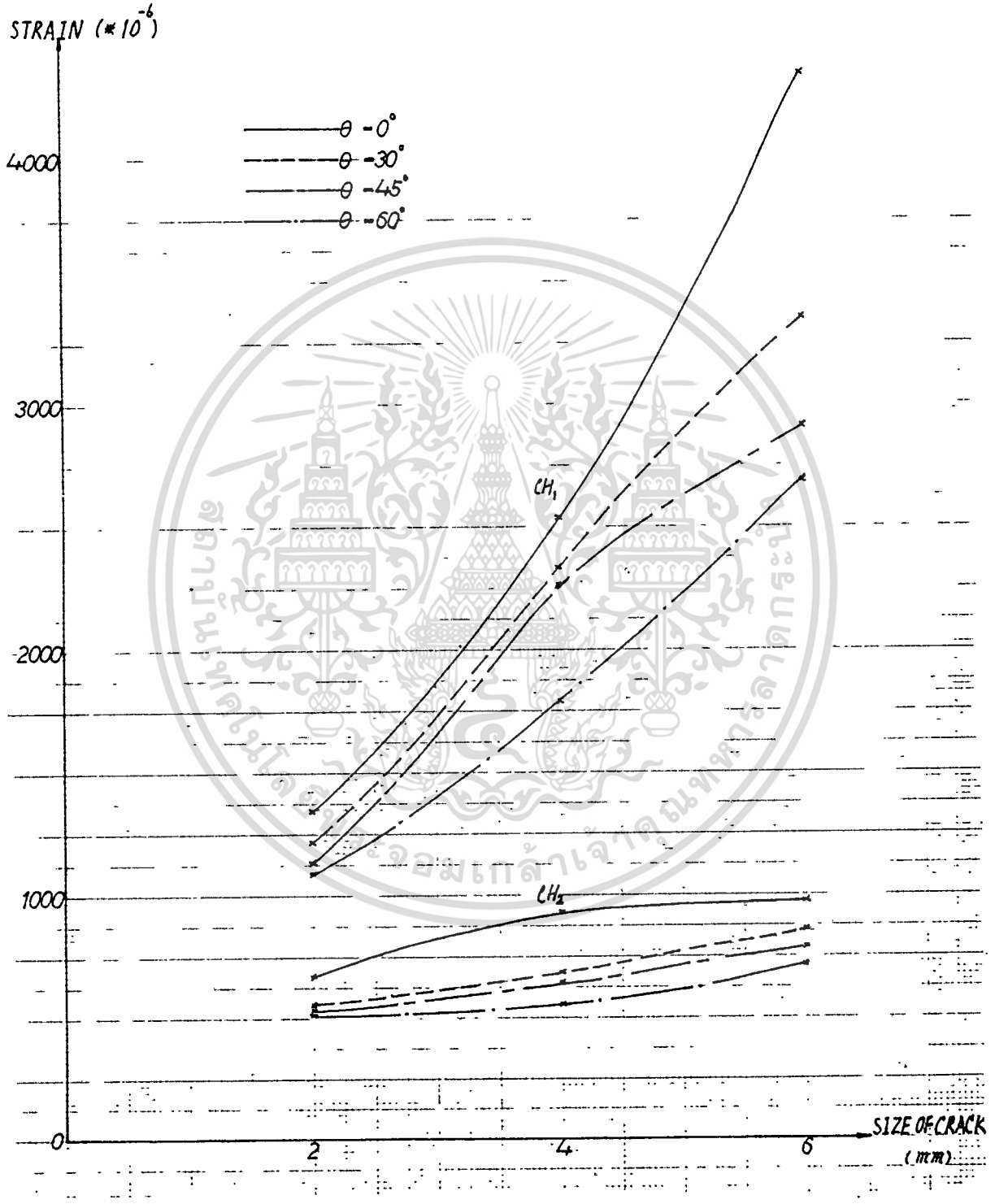
รูปที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับมุมของรอย crack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับขนาดของรอย crack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับขนาดของรอย crack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเกี่ยวกับสมบัติด้านความแข็งแรงของชิ้นงาน ที่จุดสูงสุด ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อขนาดและมุมของรอย crack เปลี่ยนไป

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

-เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล

-ชิ้นงานทดสอบขนาดกว้าง 4 cm ยาว 20 cm และขนาดของรอย crack คือ 2 mm, 4mm,6mm โดยที่รอยCrackแต่ละขนาดมีมุมเปลี่ยนไปคือ 0 ,30,45,60 องศา

วิธีการทดลอง

1) กำหนดสภาวะพื้นฐานให้เครื่องทดสอบ

2) ทำการจับชิ้นงานทดสอบเข้ากับหัวจับของเครื่องทดสอบ

3) กดปุ่มเริ่มต้น ให้เครื่องทำการดึงชิ้นงานทดสอบจนกระทั่งชิ้นงานขาดออกจากกัน

4) นำผลที่ได้จากเครื่องมาบันทึกไว้ในตารางผลการทดลอง

5) ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนขนาดและมุมของรอย crack

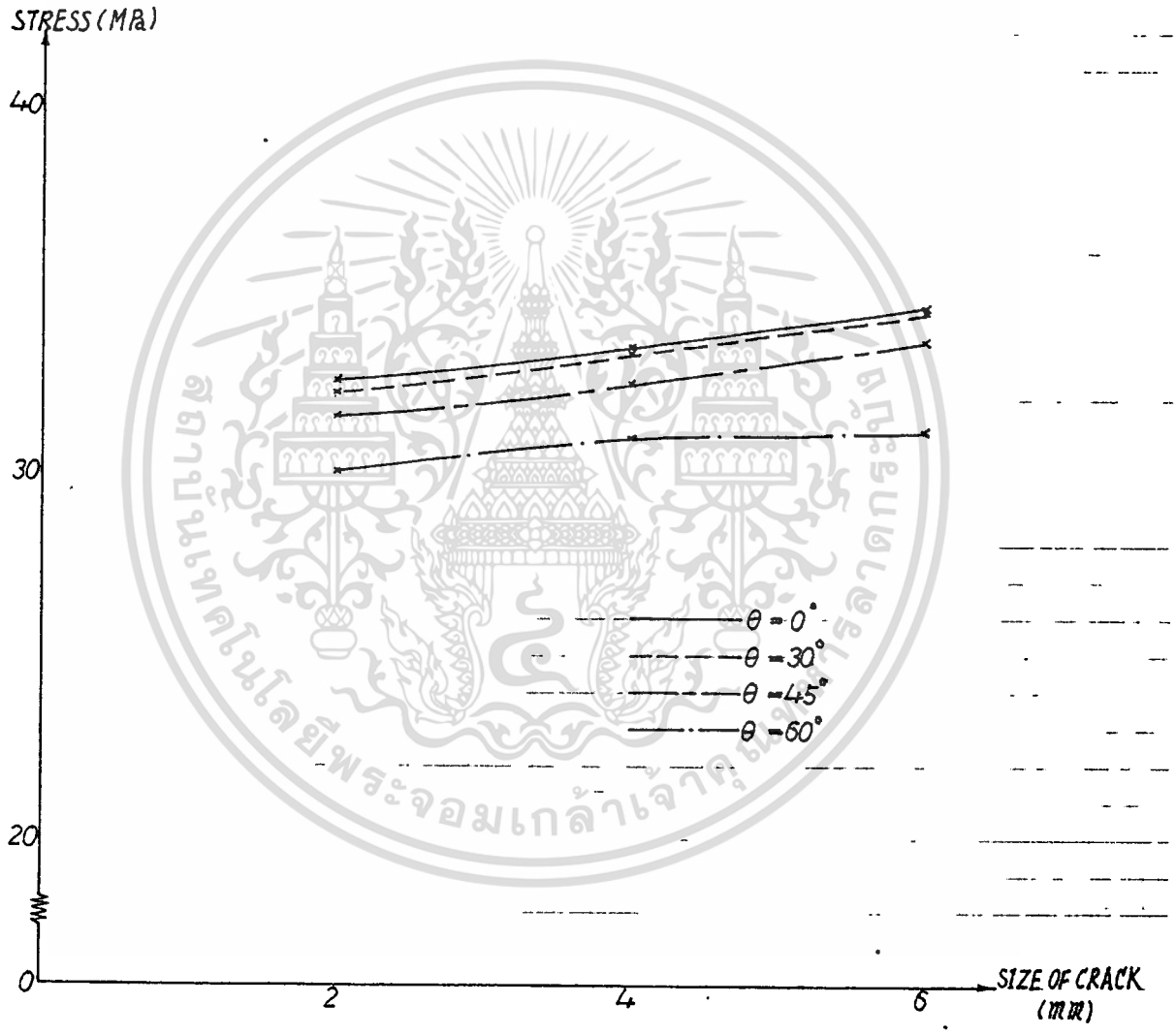
ผลการทดลอง

มุม	ขนาดของรอยcrack	AREA (mm2)	Max load (KGF)	Elong (mm)	Max stress (kgf/mm2)	strain (%)
0	2	43.2	1407.6	16.133	32.583	16.133
	4	38.4	1283.3	9.652	33.419	9.652
	6	33.6	1159.0	7.734	34.494	7.734
30	2	43.843	1412.4	18.186	32.215	18.186
	4	39.686	1322.0	11.203	33.312	11.203
	6	35.529	1223.5	8.326	34.438	8.326

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

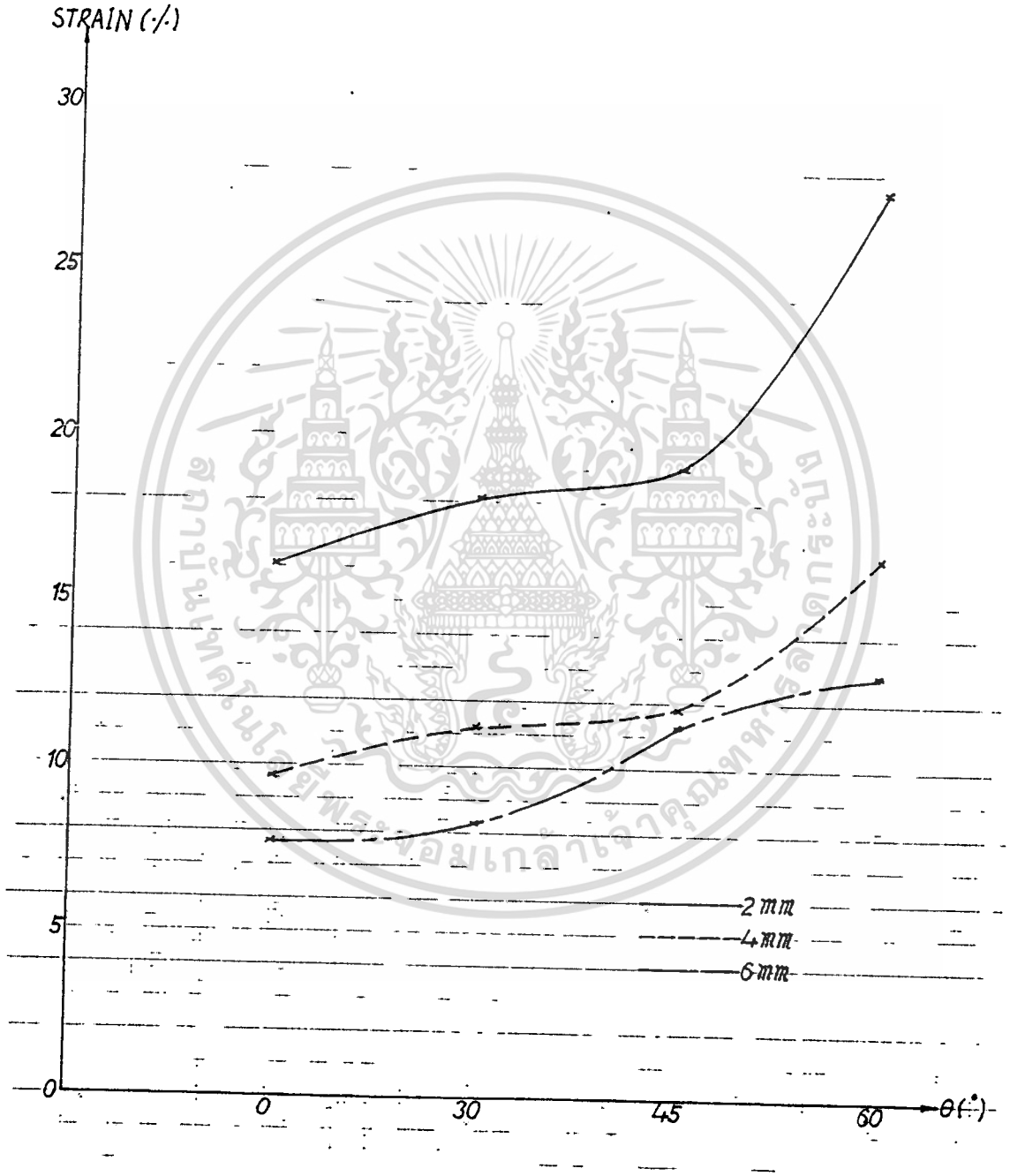
มุม	จำนวนของcrack	AREA (mm2)	Max load (KGF)	Elong (mm)	Max stress (kgf/mm2)	strain (%)
45	2	44.606	1409.2	19.069	31.592	19.069
	4	41.211	1336.5	11.823	32.432	11.823
	6	37.818	1270.3	11.391	33.589	11.391
60	2	45.60	1370.4	27.519	30.054	27.519
	4	43.20	1338.9	16.359	30.993	16.359
	6	40.80	1272.0	12.878	31.176	12.878

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



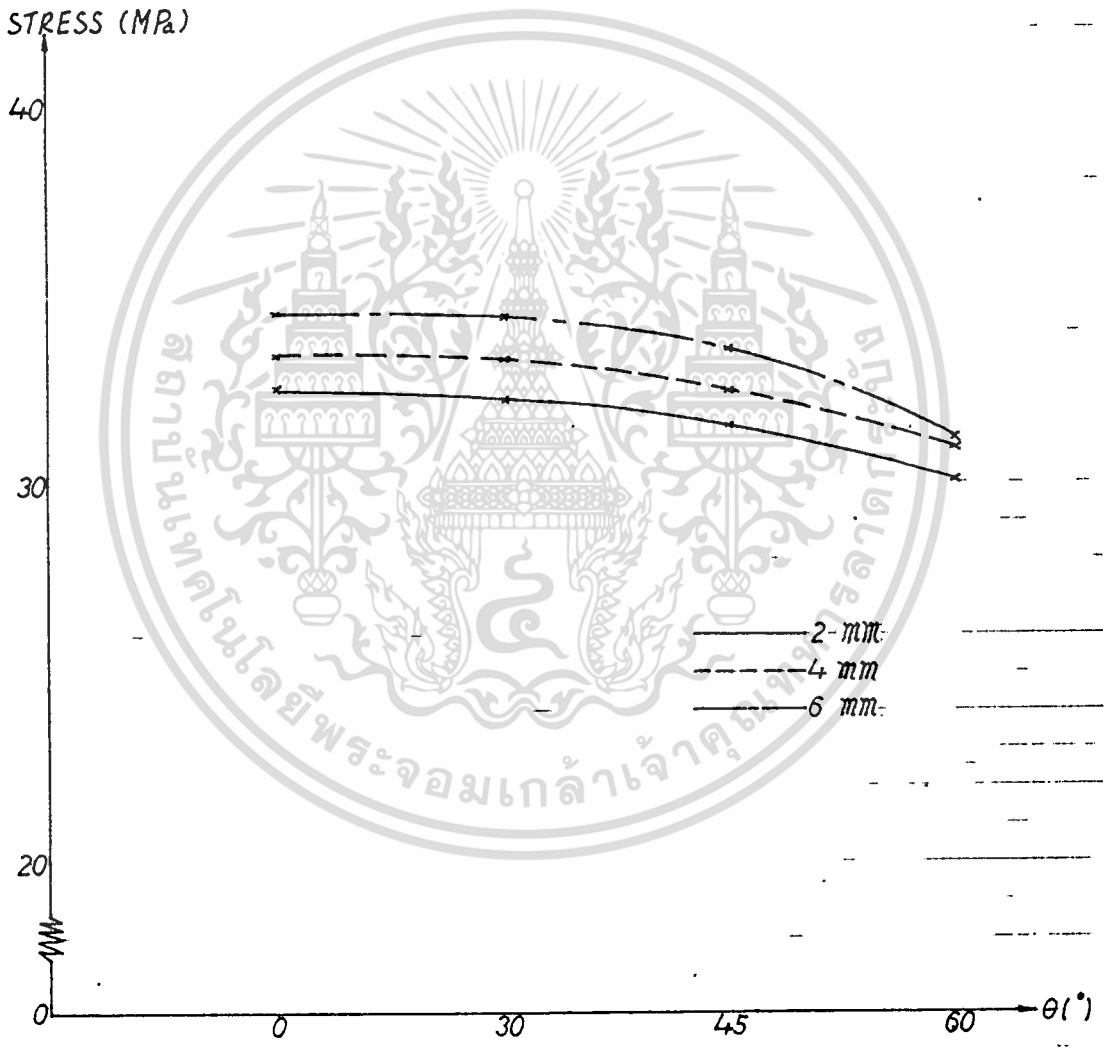
รูปที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับขนาดของรอย crack ที่จุดสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



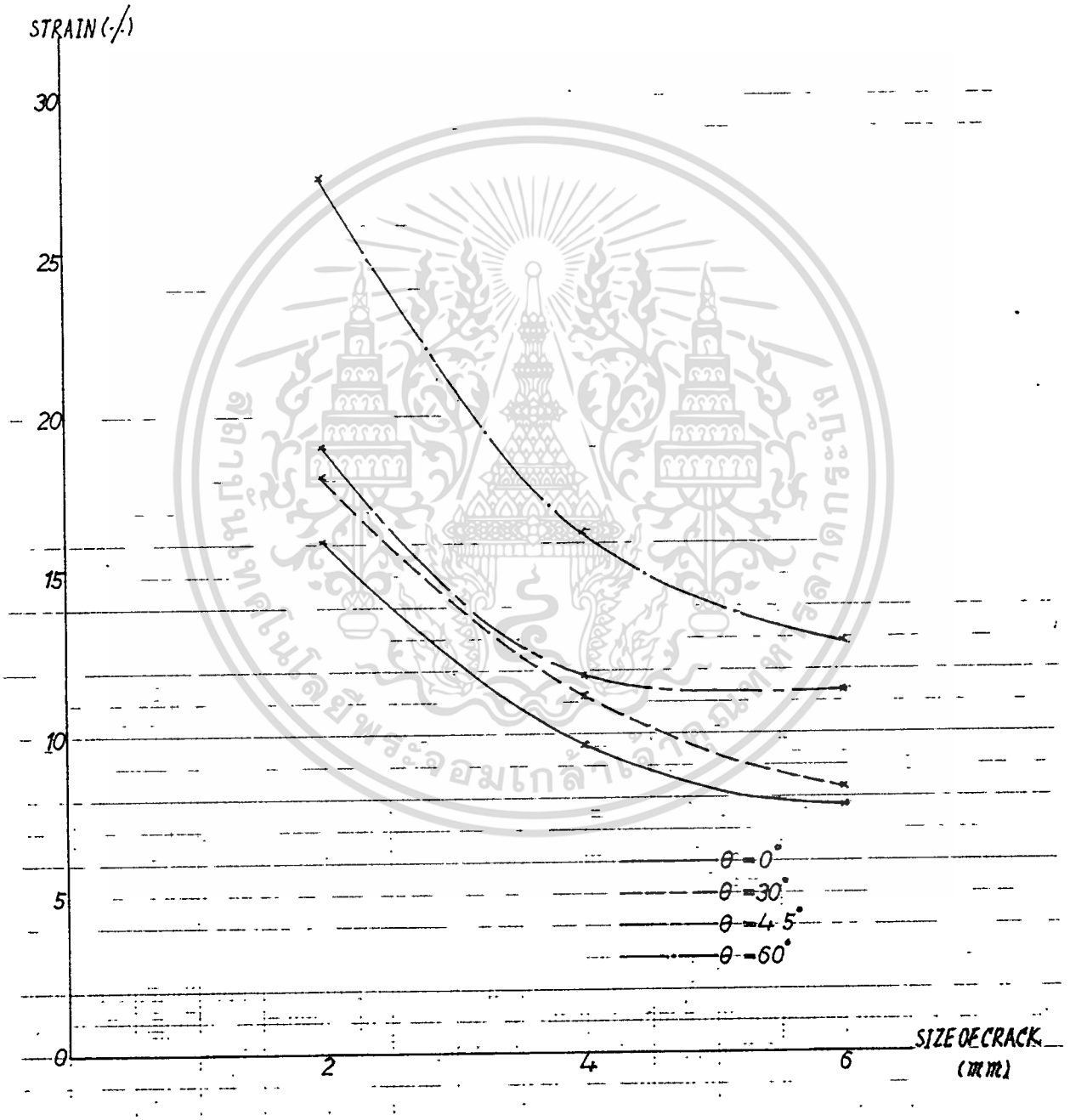
รูปที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับมุมของรอย crackที่จุดสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



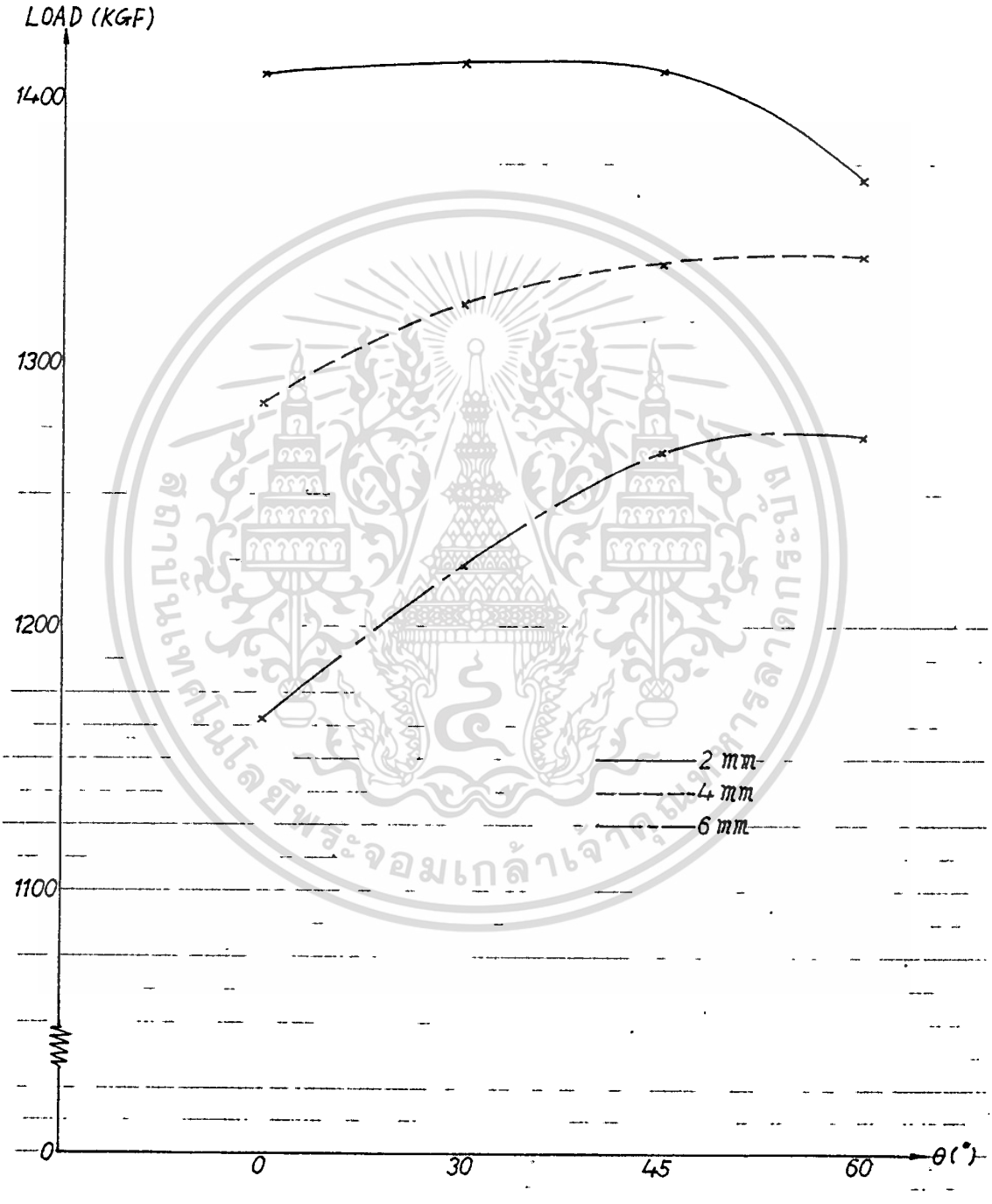
รูปที่ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับมุมของรอย crack ที่จุดสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับขนาดของรอย crackที่จุดสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระกับมุมของรอย crackที่จุดสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการกระจายของความเค้นบนชิ้นงานที่รอย crack ซึ่งมีมุมเปลี่ยนไปคือ 30 45 60 องศา ของรอย crack ขนาด 4 mm

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

-เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล

-ชิ้นงานทดสอบ ขนาด กว้าง 4 cm ยาว 20 cm รอยcrack ขนาด 4 mm มุมเท่ากับ 30 45 60

-อุปกรณ์ตรวจจับความเครียดและกาวติดอุปกรณ์ตรวจจับความเครียด

-อุปกรณ์แสดงค่าความเครียด

-กล่องสวิทช์

วิธีการทดลอง

1)ทำการติดอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดบนชิ้นงานดังรูป โดยใช้ ทั้งหมด 7 ตัว ติดตามแนวระหว่างรอย crack ทั้ง 2 ข้าง โดยแต่ละตัวจะเว้นระยะห่างเท่าๆกัน

รูปที่31 แสดงภาพถ่ายชิ้นงานที่ติดอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดทั้ง 7 ตัว

2)ทำการต่อสายจากขาของอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดทั้ง7 ตัว เข้ากับอุปกรณ์แสดงค่าความเครียดและกล่องสวิทช์ตามที่ได้กล่าวไว้ในการเตรียมอุปกรณ์การทดลองโดยใช้ช่องCH1-CH7

3)ทำการจับชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) อ่านค่าความเครียด ของทั้ง 7 ตัว จาก อุปกรณ์แสดงค่าความเครียดแล้วบันทึกไว้

5) ทำการ กดปุ่มเริ่มต้นเครื่อง เพื่อทำการดึงชิ้นงานทดสอบให้ยืดออกเป็นระยะ 5 mm ตามที่ได้กำหนดไว้ในสมบัติพื้นฐานของเครื่องทดสอบ

6) ทำการอ่านค่าความเครียดของทั้ง 7 ตัวอีกครั้ง แล้วบันทึกไว้

7) ทำการคำนวณค่าความเครียด ที่เกิดขึ้นแต่ละจุดโดยใช้สมการ

$$\sigma = (43.3409 * 10^{3})\epsilon_{o} \quad \text{Mpa}$$

8) ทำการทดลองซ้ำจนครบทุกมุมของรอยcrack

ผลการทดลอง

มุม 30

gageตัวที่	1	2	3	4	5	6	7
strain A ($*10^{-6}$)	1485	1843	1920	1940	2428	2011	1818
strain B ($*10^{-6}$)	3555	2545	2588	2560	3109	2764	3766
ผลต่าง ($*10^{-6}$)	2070	702	668	620	681	753	1948

*หมายเหตุ Strain A คือ ค่าของ Strain ก่อนการดึงชิ้นงาน

Strain B คือ ค่าของ Strain หลังการดึงชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุม 45

gage ตัวที่	1	2	3	4	5	6	7
strain A ($*10^{-6}$)	2303	1991	1882	1881	2406	1524	1329
strain B ($*10^{-6}$)	3847	2621	2457	2426	2935	2062	2116
ผลต่าง	1544	630	605	545	529	538	784

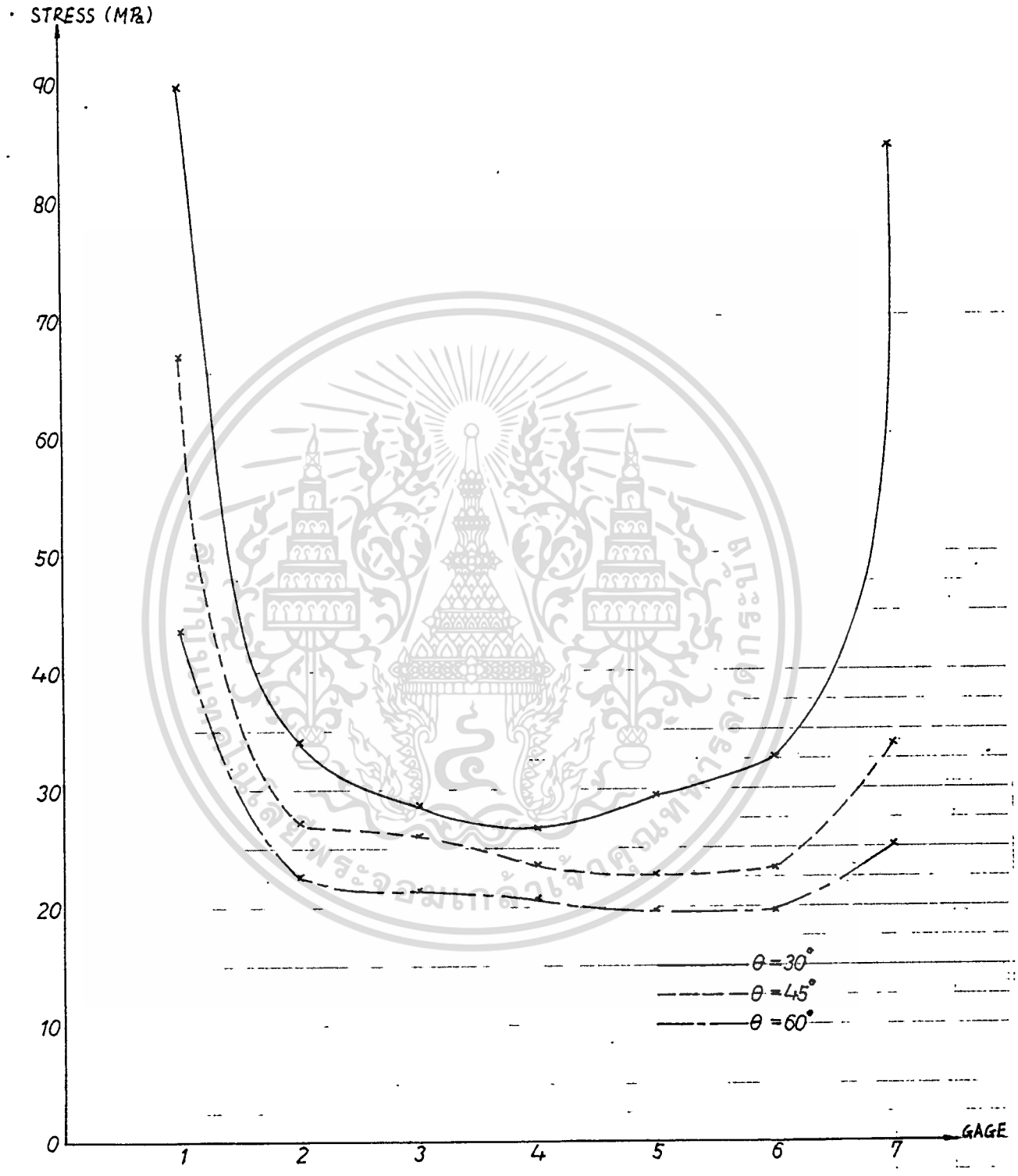
มุม 60

gage ตัวที่	1	2	3	4	5	6	7
strain A ($*10^{-6}$)	1820	1895	2102	1545	2298	1936	1848
strain B ($*10^{-6}$)	2824	2418	2598	2023	2758	2394	2428
ผลต่าง	1004	528	496	478	460	458	580

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gage ตัวที่	stress(MPa)						
	1	2	3	4	5	6	7
มุม 30	89.71	30.42	28.95	26.87	29.51	32.63	84.42
มุม 45	66.91	27.30	26.22	23.62	22.93	23.31	33.98
มุม 60	43.51	22.66	21.49	20.71	19.93	19.85	25.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 32 กราฟแสดงการกระจายของความเค้นบนหน้าตัดของชิ้นงานที่มีรอย crack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6

บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

การทดลองที่1

ค่าดัชนีของยังที่ได้นั้นหาได้จากช่วงยืดจากจุดความยืดหยุ่น(Elastic Limit)ซึ่งสามารถกำหนดสภาวะพื้นฐานให้กับเครื่องทดสอบให้อ่านค่าความเค้นและความเครียด ณ จุดที่ยังอยู่ในช่วงยืดจำกัดความยุดหยุ่นซึ่งเป็นเส้นตรงได้ และจากการทดลองค่าดัชนีของยังที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการดึงชิ้นงานทั้งหมด 8 ชิ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 44.82 GPa ซึ่งเป็นผลที่นำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การทดลองที่2

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากกราฟ จะพบว่าที่ CH1และ CH2 นั้นที่มุม θ คงที่เมื่อขนาดของรอย crack เพิ่มขึ้น ค่าความเค้นจะเพิ่มขึ้นด้วยและที่ขนาดของรอย crack คงที่เมื่อมุม θ เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเค้นลดลงซึ่งผลที่เกิดขึ้นเมื่อเรากำหนดให้ขนาดของรอย crack คงที่ การเปลี่ยนแปลงของมุม θ นั้นจะมีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานที่ใช้รับแรงจะมากขึ้นทำให้ความเค้นที่ได้ลดลง และในกรณีที่เรากำหนดให้มุม θ คงที่ กล่าวในทำนองเดียวกันจะได้ว่าเมื่อขนาดของรอย crack เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดนั้นน้อยลงจะให้ผลคือค่าความเค้นจะลดลงนั่นเอง

การทดลองที่3

เป็นการดึงชิ้นงานจนขาด แล้วทำการวัดค่าความเค้นและความเครียดที่จุดสูงสุด(maximum stress and maximum strain)เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากกราฟแล้วจะพบว่า เมื่อกำหนดให้ขนาดของรอย crack คงที่และเปลี่ยนมุม θ ให้เพิ่มขึ้น ค่าความเค้นที่ได้จะลดลง แต่ค่าความเครียดจะเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน เมื่อให้มุม θ คงที่แล้วเปลี่ยนขนาดของรอย crack ให้เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความเค้นเพิ่มขึ้นแต่ค่าความเครียดจะลดลง ซึ่งตามทฤษฎีเมื่อความเค้นเพิ่มขึ้นความเครียดจะเพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากความเค้นและความเครียดแปรผันตรงซึ่งกันและกัน แต่ตามผลการทดลองที่ได้ออกมาเป็นเช่นนั้น เนื่องมาจากว่าในการที่เราวัดค่าที่จุดสูงสุด นั้นเราไม่ได้กำหนดแรงที่ใช้ให้มีขนาดเท่ากันฉะนั้นผลที่ได้จึงไม่เกิดขึ้นตามทฤษฎี(ซึ่งจะต้องกำหนดให้แรงที่ใช้ดึงมีขนาดเท่ากันจึงทำให้ความเค้นแปรผันตรงกับความเครียด)

การทดลองที่4

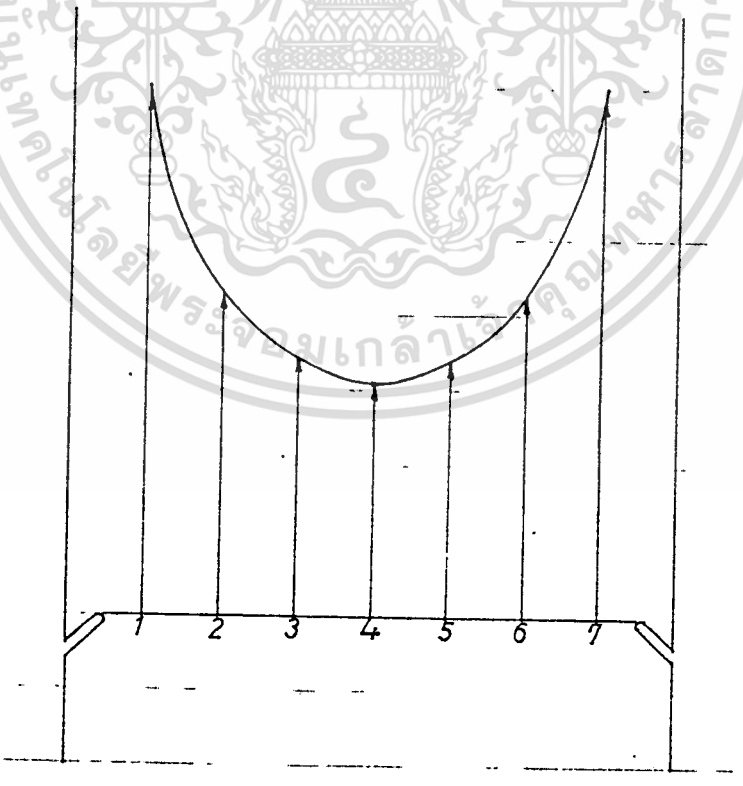
เป็นการทดลองที่ศึกษาถึงการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดของชิ้นงานที่มีรอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

crack เกิดขึ้น ซึ่งกำหนดให้รอย crack ที่ใช้มีขนาด 4 มิลลิเมตร เท่านั้นเนื่องจากไม่ว่าจะใช้รอย crack ขนาดเท่าใด การกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกัน จึงทำการทดลองเพียงขนาดเดียว แล้วทำการเปลี่ยนมุม θ ไป จากผลการทดลองพบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนมุม θ ให้เพิ่มขึ้น ทำให้การกระจายของความเค้นนั้นมีขนาดลดลงเมื่อเทียบจุดต่อจุดที่ใช้วัดค่า

จากทฤษฎี เมื่อชิ้นงานสมมาตร และรอย crack มีขนาดและมุมเท่ากันทั้ง 2 ข้างของชิ้นงาน ความเค้นที่เกิดขึ้นที่ขอบของรอย crack เข้ามาถึงกลางชิ้นงาน(ในการทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 4) จะต้องมีขนาดเท่าๆกัน ณ จุดที่สมมาตรกันเมื่อรับแรงเท่าๆกันตลอดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน ดังกราฟ A

แต่จากการทดลองผลที่ได้นั้นไม่เป็นไปตามทฤษฎี เกิดจากในขณะที่ใช้เครื่องทดลองจับชิ้นงานซึ่งต้องทำการขันหัวจับชิ้นงานให้แน่น แต่เนื่องจากในขณะทำการทดลองนั้นการขันหัวจับชิ้นงานไม่แน่นพอ ซึ่งก็มีผลมาจากหัวจับไม่ได้มาตรฐานเท่าที่ควร จึงทำให้จับชิ้นงานด้านหนึ่งแน่นแต่อีกด้านหนึ่งไม่แน่นพอจึงทำให้ แรงดึงที่กระทำต่อชิ้นงานไม่เท่ากันโดยเฉลี่ยตลอดพื้นที่หน้าตัด จึงทำให้เกิดผลดังการทดลองนั้น คือที่ขอบของรอย crack ทั้ง 2 ข้างความเค้นที่เกิดขึ้นจะไม่เท่ากัน



กราฟ Aแสดงการกระจายของความเค้นบนพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานที่ควรเกิดขึ้นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

เมื่อพิจารณาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงกระทำนั้นไม่ว่ามุมของรอย crack จะเปลี่ยนแปลงไปเท่าไร ถ้าขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่าเดิมหรือใกล้เคียงของเดิมจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของมุมนั้นไม่เกิดผลให้ความหนาแน่นของความเค้นบนพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเปลี่ยนไปมากนัก หรือจะกล่าวได้ว่าความเค้นนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดรับแรงมากกว่าที่จะขึ้นกับมุมของรอยcrack ที่เปลี่ยนไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.สมชัย นรเศรษฐ์โศภน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาแนะนำจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ นาย พงษ์สิทธิ์ , ธีรยุทธ์โดยเฉพาะ วิรยศ ที่ได้มีส่วนช่วยในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณมนฑา ที่เอื้อเฟื้อเปิดห้องและให้คำปรึกษา และ บริษัท โซดิก จำกัด ที่เอื้อเฟื้อทางด้านชิ้นงานทดสอบเป็นอย่างยิ่ง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1.สมชัย เถาสมบัติ, "กลศาสตร์ของแข็ง เล่ม 1 " ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ส.จ.ล หน้า 1-40.

2.Arthur P. Borusi, Omar M. Sidebottom,"ADVANCED MECHANICS OF MATERIALS,4TH ED", JOHN WILEY & SONS,PP .553-561,1985

3.JAMES W.DALLY,WILLIAM F RILEY, "EXPERIMENTAL STRESS ANALYSYS", MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, PP 217-229,1978

4.NATHAN H COCK, "MECHINCS AND MATERIALS FOR DESIGN",MCGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION, PP 208-211,1985

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้