บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1ลำดับการวิเคราะห์ผลการทดลอง

- การวิเคราะห์การยืดตัวของชิ้นงานที่จุด 0.2 % Proof Stress
- การวิเคราะห์ผลการทดลองจากการพิจารณาผลของขนาดความลึกและมุมของรอยบาก ต่อค่า 0.2 % Proof Stress
- การวิเคราะห์ผลการทดลองจากการพิจารณาผลของขนาดความลึกและมุมของรอยบาก ต่อค่า Ultimate Strength
- การวิเคราะห์ผลการทดลองหาความเค้นและความเครียดที่จุด 0.2 % Proof Stress ด้วยซอฟท์แวร์โปรแกรมการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนท์เอลิเมนท์ (ANSYS 5.4) เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของความเค้นสูงสุดและความเครียดสูงสุดจากผลของขนาดความลึกและมุมของรอยบาก
- การคำนวณค่าสัดส่วนความเค้นและค่าตัวประกอบสัดส่วนความเค้น

5.2ลำดับการสรุปผลการทดลอง

- สรุปผลของมุมและขนาดความลึกของรอยบาก
- สรุปผลด้วยการเปรียบเทียบ Strain Energy
- สรุปผลแผนภาพค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่น

5.3 การวิเคราะห์การยืดตัวของชิ้นงานที่ 0.2 % Proof Stress

จากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 10 ถึงตารางบันทึกผลการทดลองที่ 13 ซึ่งเป็นผลของการยืดตัวของชิ้นงานที่ 0.2 % Proof Stress

- สามารถคำนวณผลการยืดตัวของชิ้นงาน ค่าเฉลี่ยรวม มีค่าเท่ากับ 0.257 mm
- สามารถคำนวณผลการยืดตัวของชิ้นงาน ค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับ คือ

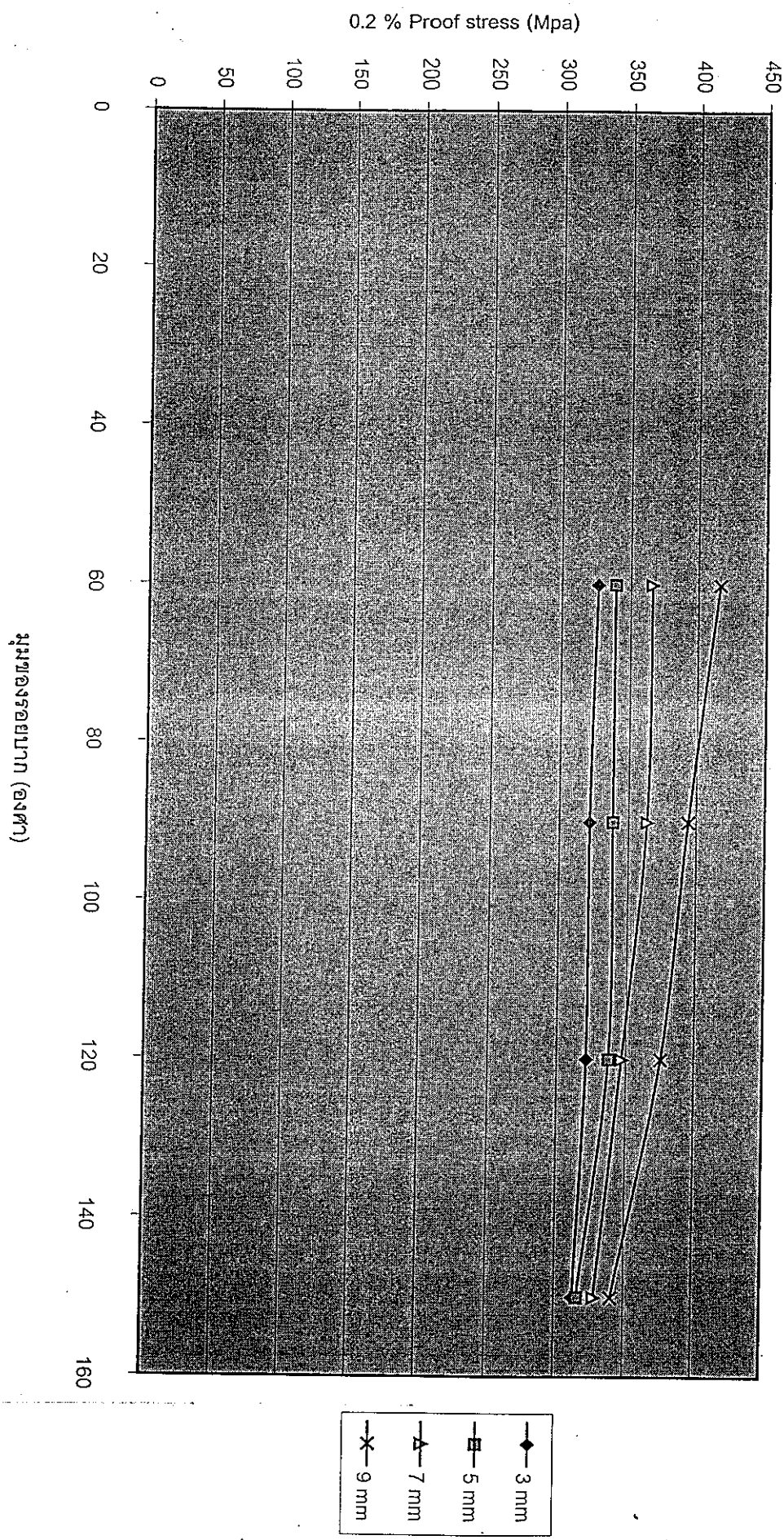
ที่ ขนาดความลึกของรอยบาก 3 mm มุม 60 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.268 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 3 mm มุม 90 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.267 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 3 mm มุม 120 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.249 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 3 mm มุม 150 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.267 mm

ขนาดความลึกของรอยบาก 5 mm มุม 60 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.260 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 5 mm มุม 90 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.262 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 5 mm มุม 120 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.258 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 5 mm มุม 150 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.258 mm

ขนาดความลึกของรอยบาก 7 mm มุม 60 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.258 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 7 mm มุม 90 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.252 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 7 mm มุม 120 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.254 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 7 mm มุม 150 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.259 mm

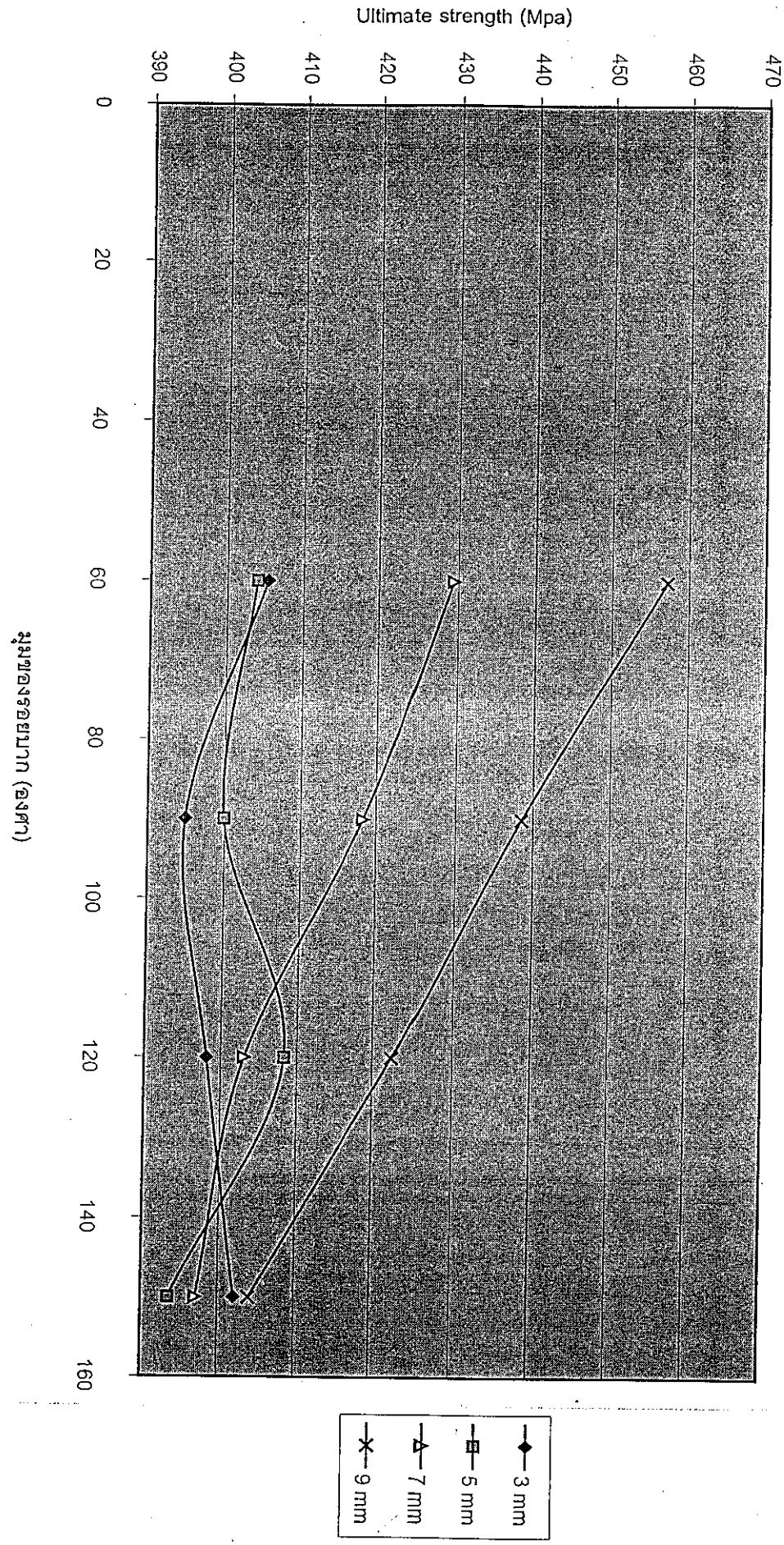
ขนาดความลึกของรอยบาก 9 mm มุม 60 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.244 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 9 mm มุม 90 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.250 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 9 mm มุม 120 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.246 mm
ขนาดความลึกของรอยบาก 9 mm มุม 150 องศา ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.254 mm

ค่าเฉลี่ยระดับค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0.244 mm
ค่าเฉลี่ยระดับค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.268 mm
ค่าเฉลี่ยรวมทุกระดับมีค่าเท่ากับ 0.257 mm
เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่จุดต่ำสุด = 5.058 %
เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่จุดสูงสุด = 4.280 %



รูปที่ 34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า 0.2 % Proof stress และปริมาตรของรอยบาก

รูปที่ 35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Ultimate strength และจุดของรอยแยก



5.4 วิเคราะห์ผลของมุมและขนาดความลึกของรอยบากต่อค่า 0.2 % Proof stress

ข้อมูลจากตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 5 สามารถนำมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ดังรูปที่ 34 จากการพิจารณารูปที่ 34 แสดงให้เห็นว่ามุมของรอยบากจะมีผลมากต่อค่า 0.2 % Proof stress ที่ระดับขนาดความลึก 7 mm และ 9 mm ซึ่งจะสามารถเห็นผลได้ชัดเจนมากที่ขนาดความลึก 9 mm จึงสรุปได้ว่าที่ขนาดความลึกของรอยบากไม่มาก มุมของรอยบากจะไม่มีผลต่อค่า 0.2 % Proof stress

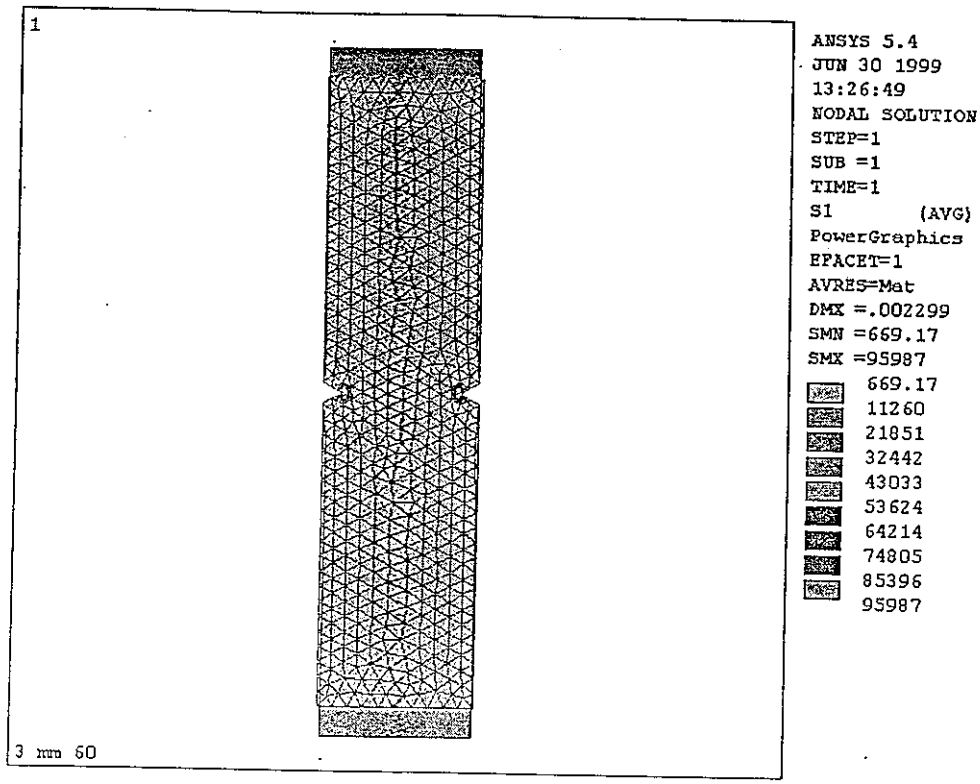
5.5 วิเคราะห์ผลของมุมและขนาดความลึกของรอยบากต่อค่า Ultimate strength

ข้อมูลจากตารางที่ 6 ถึงตารางที่ 9 สามารถนำมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ดังรูปที่ 35 จากการพิจารณารูปที่ 35 ซึ่งจากแผนภูมิความสัมพันธ์ ไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้ เนื่องจากสาเหตุดังนี้คือ

1.วัสดุที่นำมาใช้ทำชิ้นงานนี้เป็นวัสดุประเภทเหนียว (ductile material) จะมีอัตราการยืดตัวมากเมื่อชิ้นงานมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดอย่างกระทันหัน หรือรูปร่างค่อนข้างเพรียว ผลจากรอยบากที่แตกต่างกันทำให้ชิ้นงานมีการยืดตัวที่ต่างกันที่จุด Ultimate strength ค่า Ultimate strength ที่ได้จากการทดลองจึงมีแนวโน้มไม่แน่นอน ไม่สามารถนำมาสรุปได้

2.ที่จุดปลายของรอยบากมีลักษณะของความเรียบของรอยบากจากการเตรียมชิ้นงานที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งจะส่งผลถึงรอยcrack เริ่มแรกที่เกิดจากความเค้นหนาแน่นทำให้ค่า Ultimate strength ที่ได้จากการทดลองมีแนวโน้มไม่แน่นอน

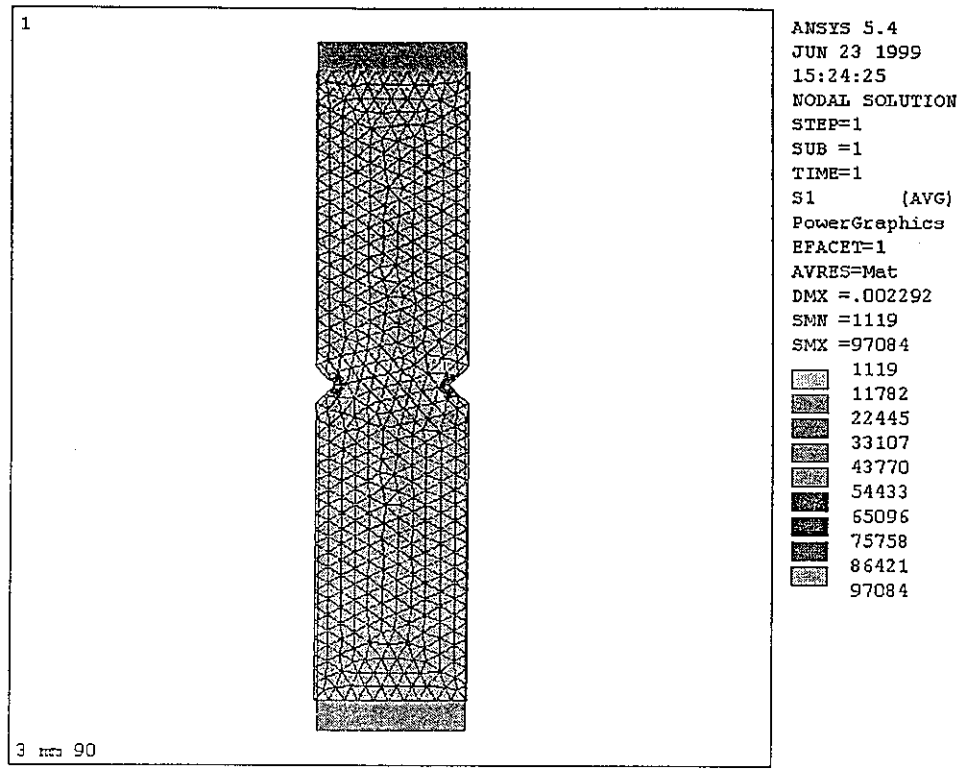
5.6 การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดจากโปรแกรม ANSYS 5.4



รูปที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 3 mm มุม 60 องศา

Maximum Stress = 95987 psi

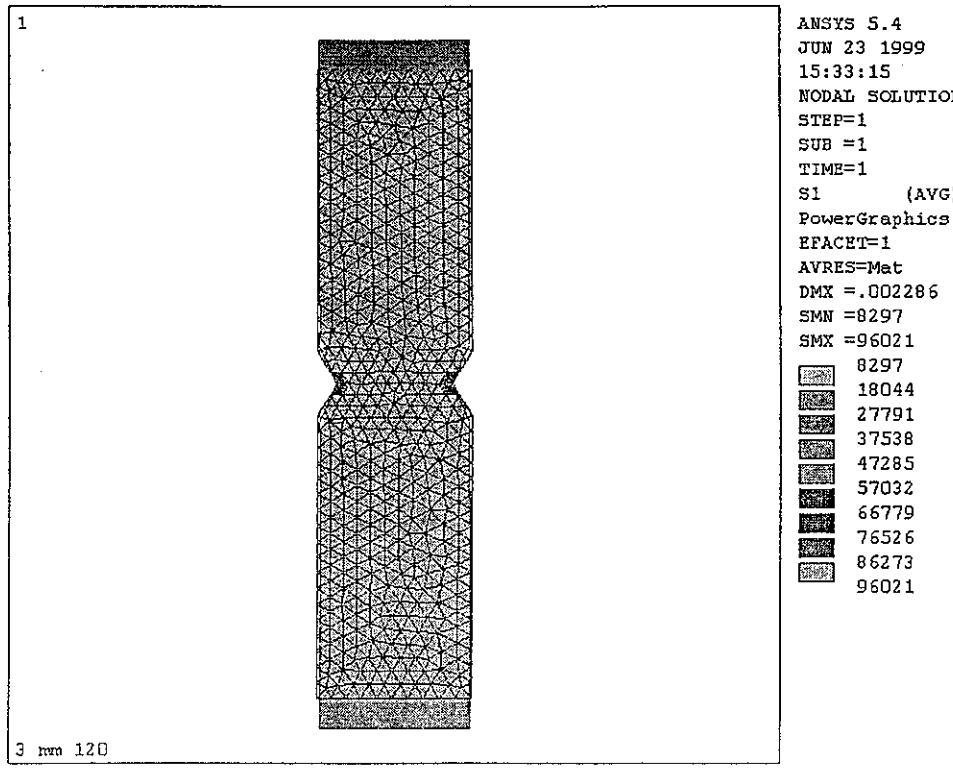
Minimum Stress = 669.17 psi



รูปที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 3 mm มุม 90 องศา

Maximum Stress = 97084 psi

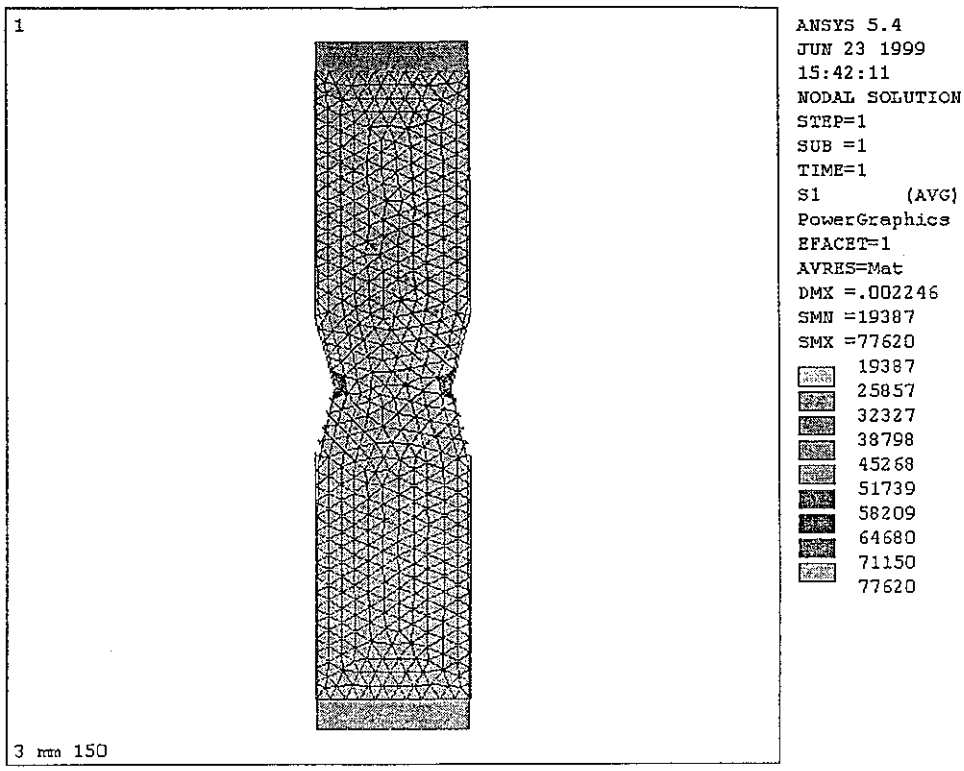
Minimum Stress = 1119 psi



รูปที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 3 mm มุม 120 องศา

Maximum Stress = 96021 psi

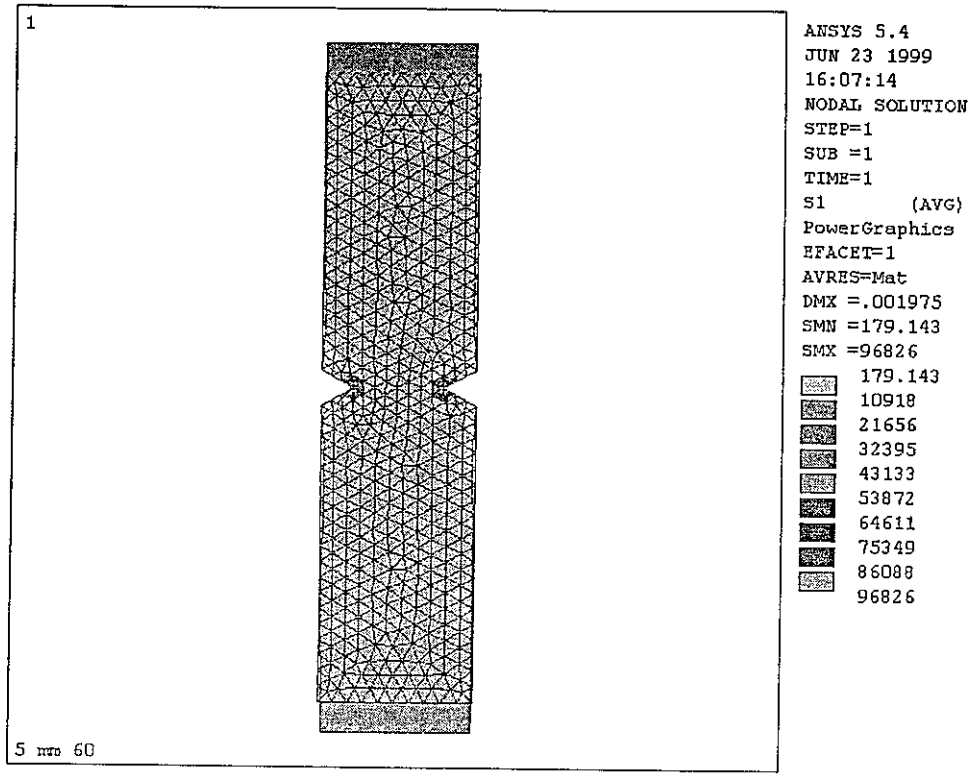
Minimum Stress = 8297 psi



รูปที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 3 mm มุม 150 องศา

Maximum Stress = 77620 psi

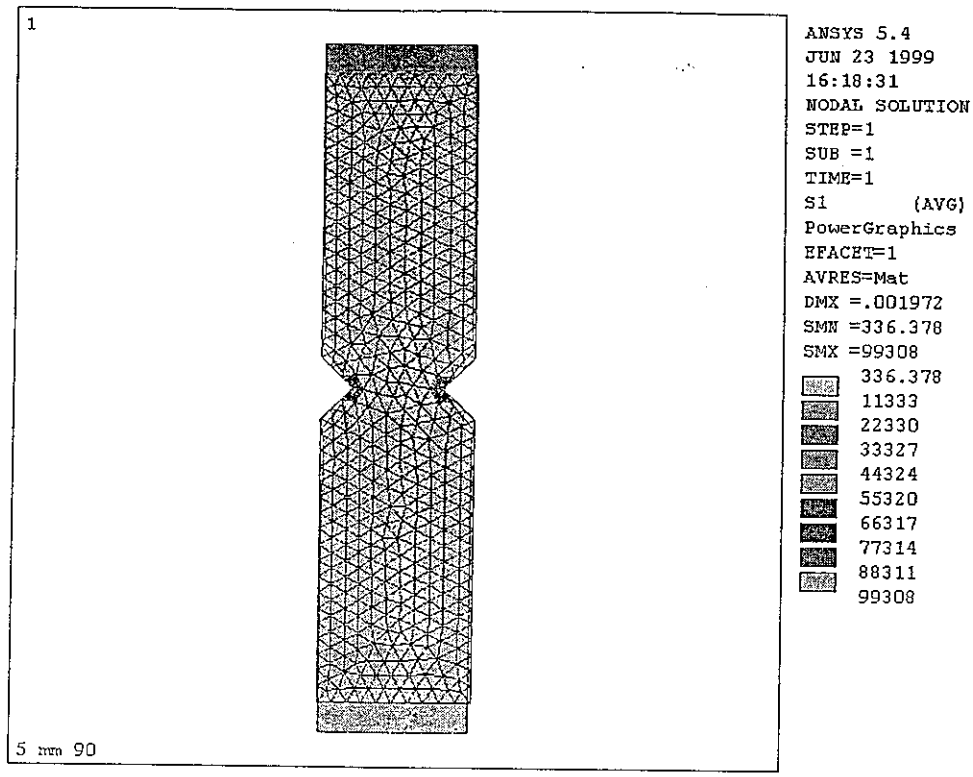
Minimum Stress = 19387 psi



รูปที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 5 mm มุม 60 องศา

Maximum Stress = 96826 psi

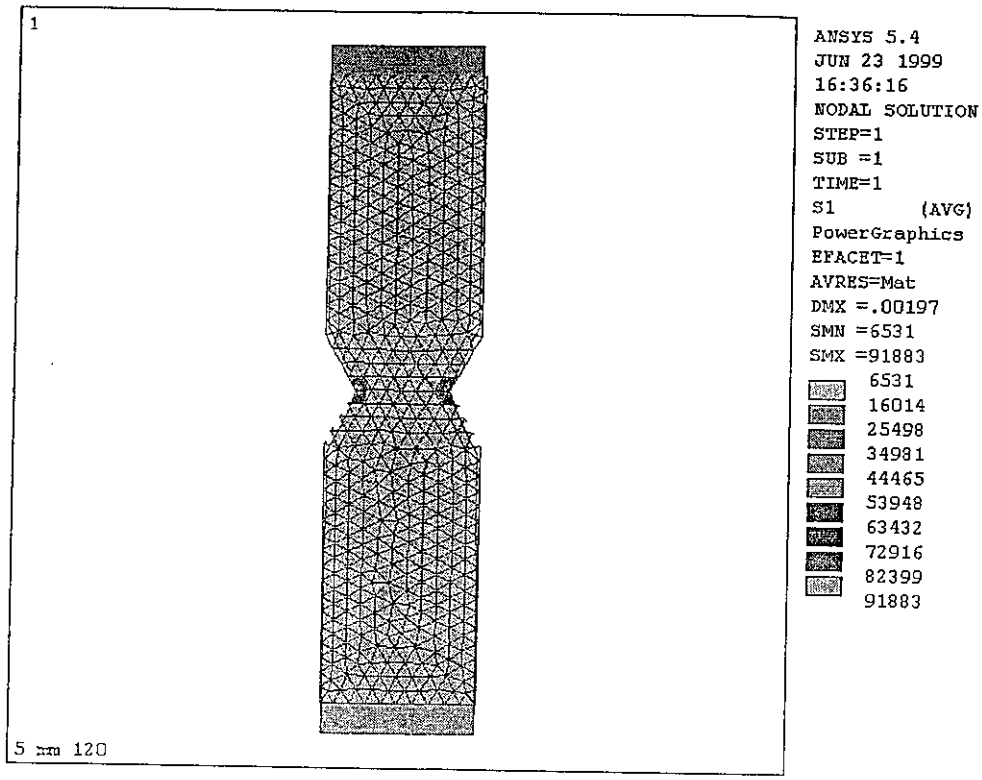
Minimum Stress = 179.14 psi



รูปที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 5 mm มุม 90 องศา

Maximum Stress = 99308 psi

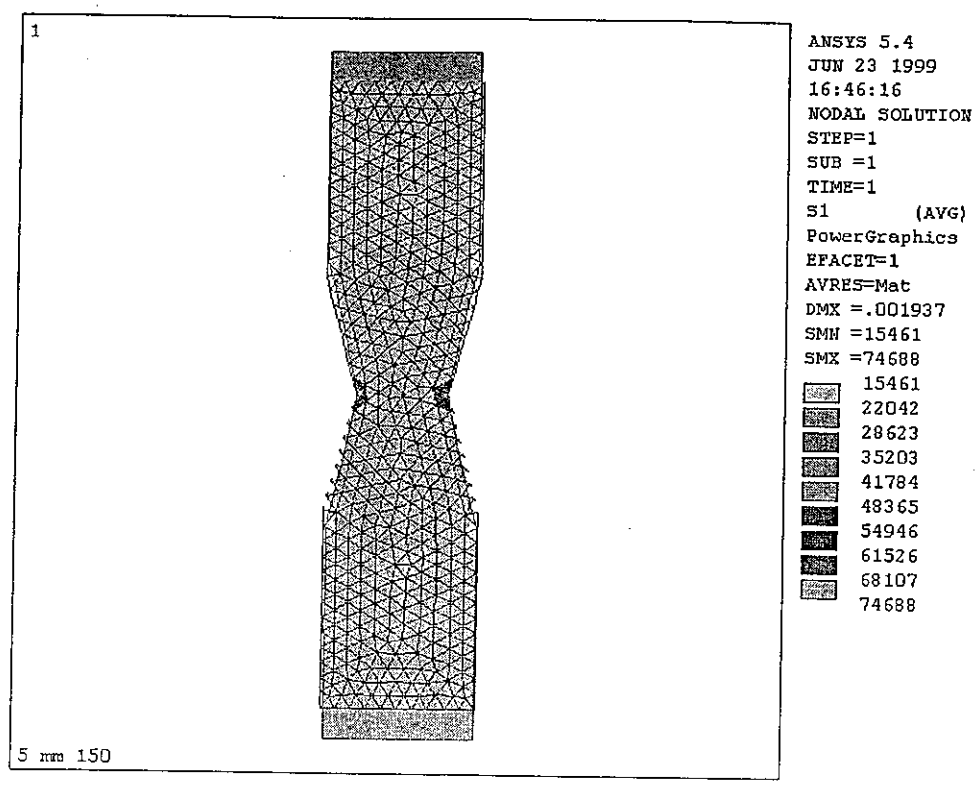
Minimum Stress = 336.37 psi



รูปที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 5 mm มุม 120 องศา

Maximum Stress = 91883 psi

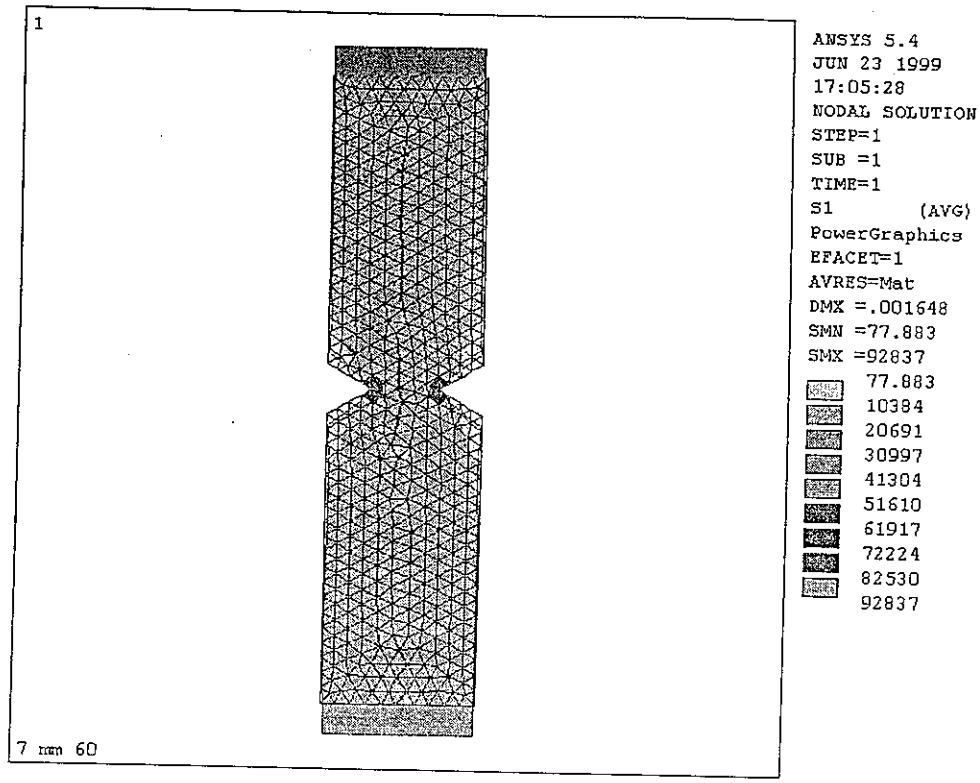
Minimum Stress = 6531 psi



รูปที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 5 mm มุม 150 องศา

Maximum Stress = 74688 psi

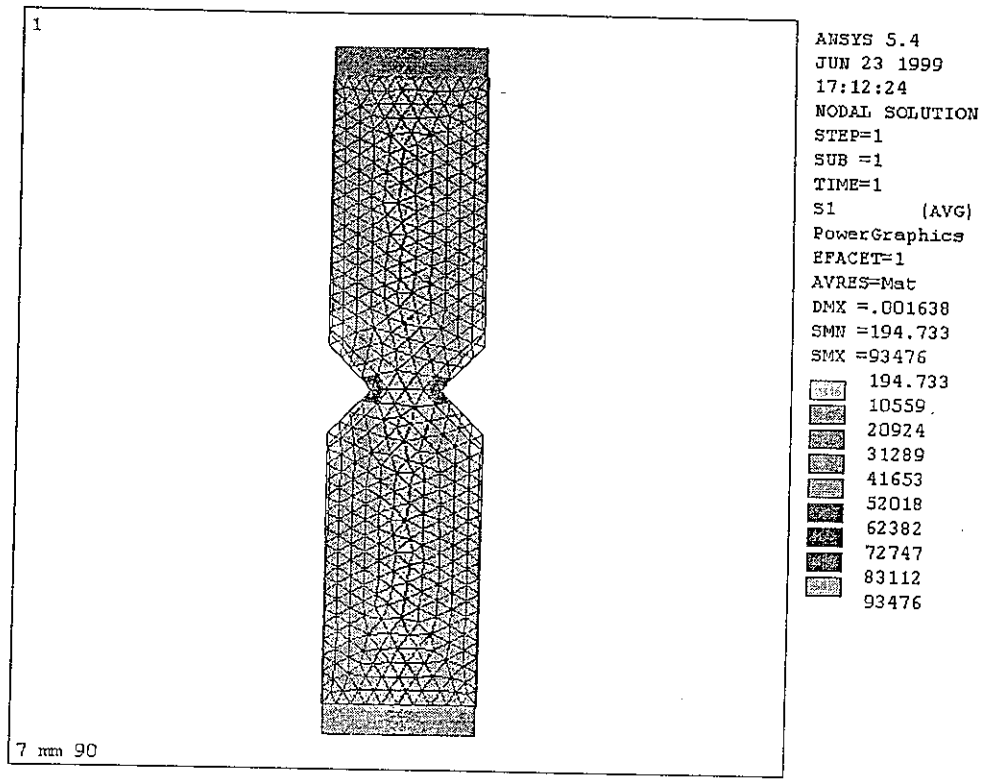
Minimum Stress = 15461 psi



รูปที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 7 mm มุม 60 องศา

Maximum Stress = 92837 psi

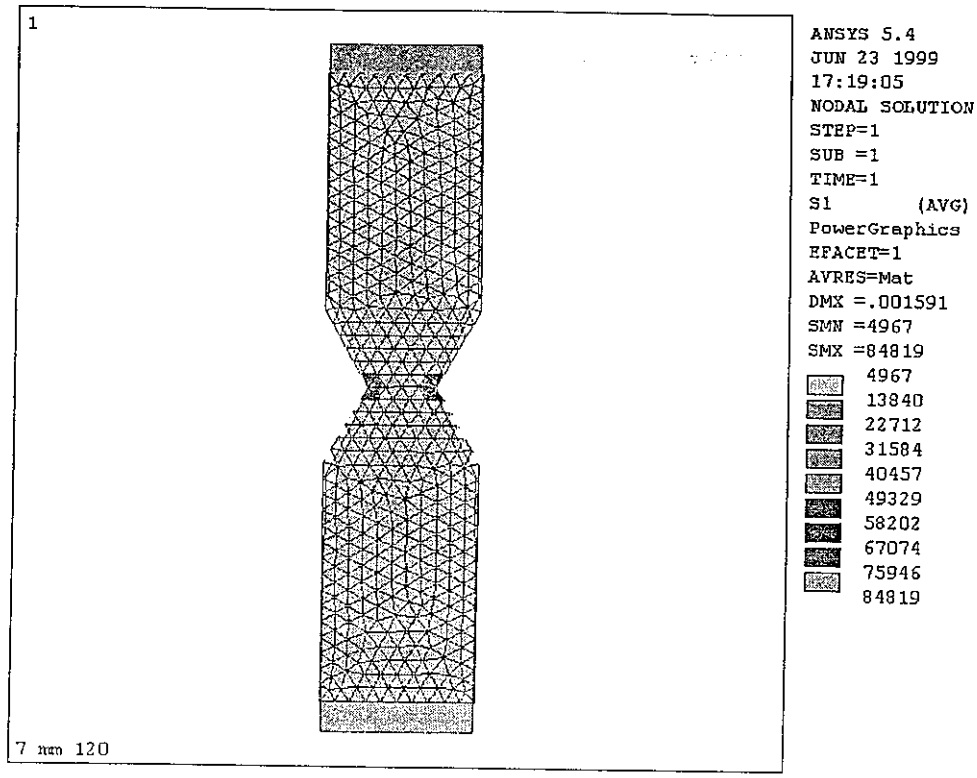
Minimum Stress = 77.88 psi



รูปที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 7 mm มุม 90 องศา

Maximum Stress = 93476 psi

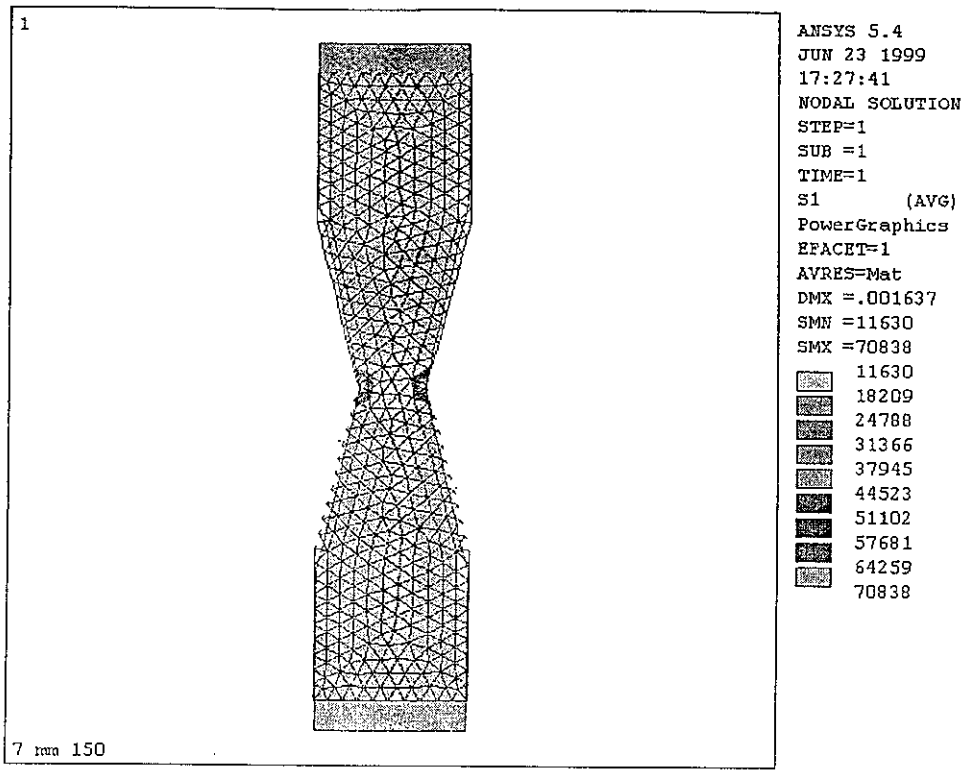
Minimum Stress = 194.73 psi



รูปที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 7 mm มุม 120 องศา

Maximum Stress = 84819 psi

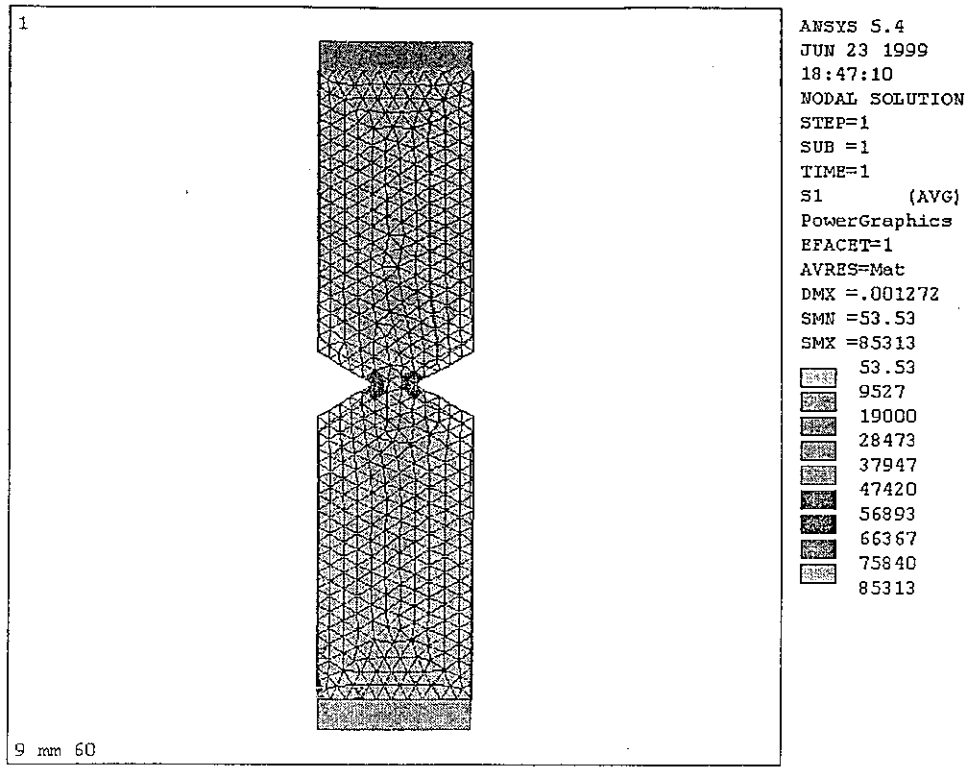
Minimum Stress = 4967 psi



รูปที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 7 mm มุม 150 องศา

Maximum Stress = 70838 psi

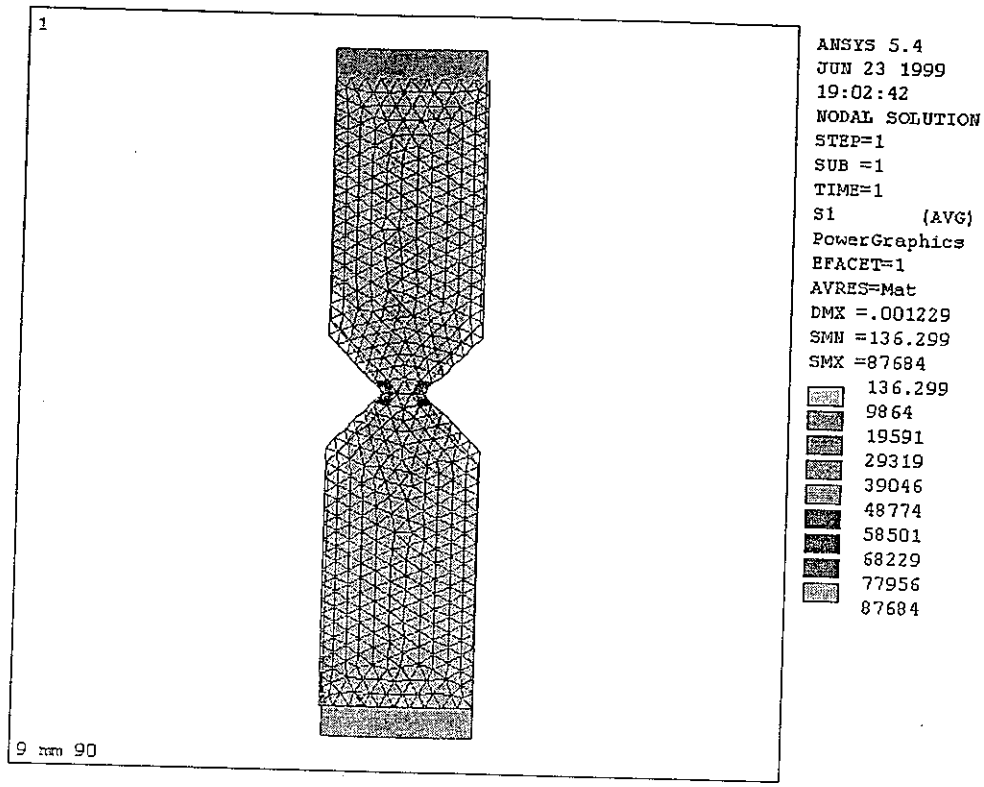
Minimum Stress = 11630 psi



รูปที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 9 mm มุม 60 องศา

Maximum Stress = 85313 psi

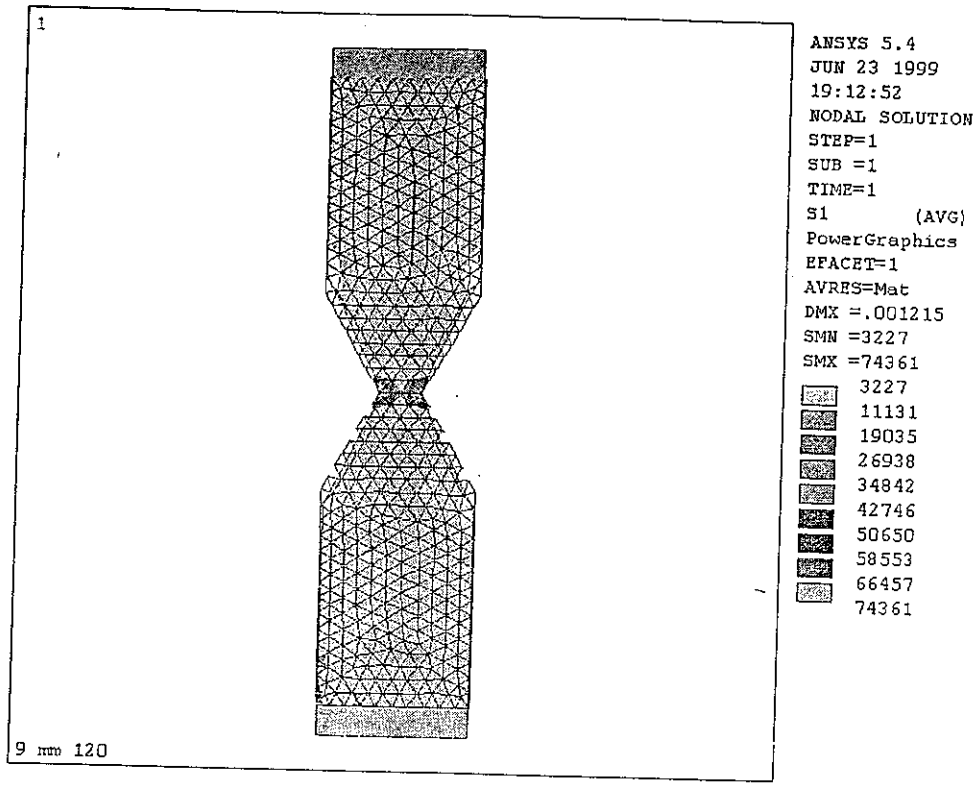
Minimum Stress = 53.53 psi



รูปที่ 49 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 9 mm มุม 90 องศา

Maximum Stress = 87684 psi

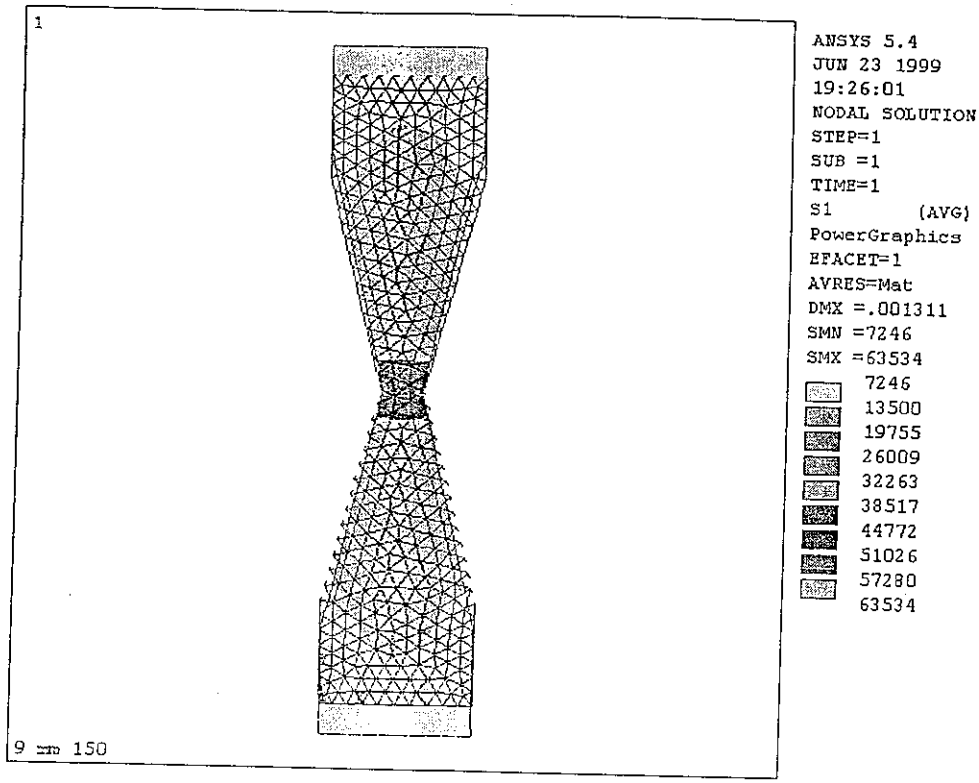
Minimum Stress = 136.30 psi



รูปที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 9 mm มุม 120 องศา

Maximum Stress = 74361 psi

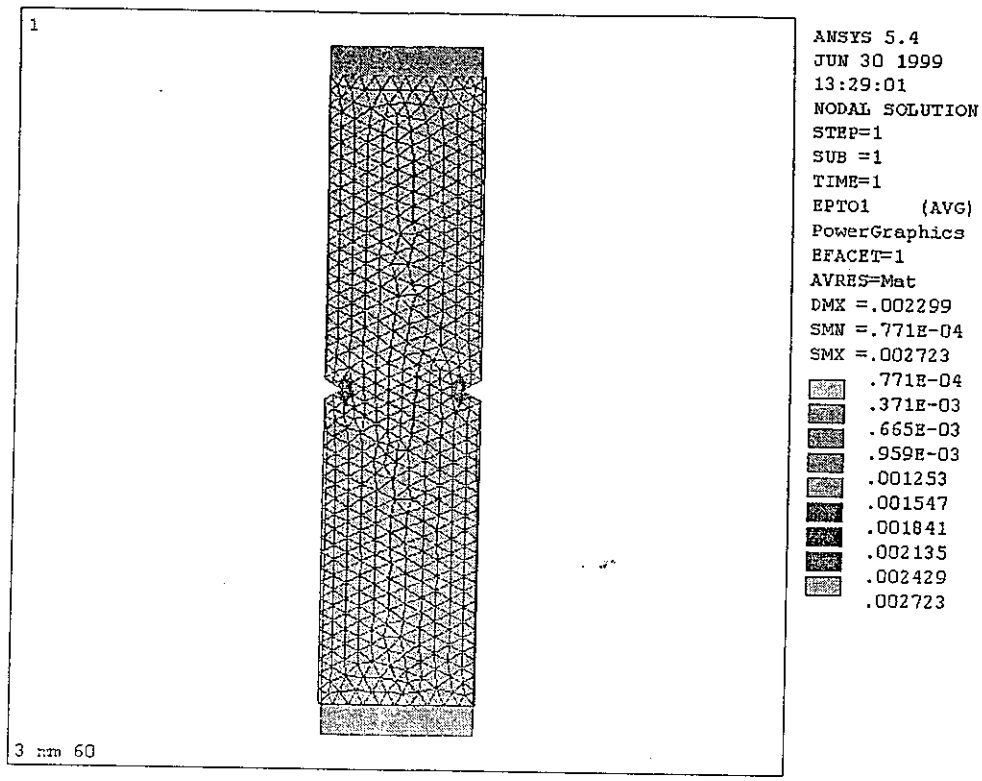
Minimum Stress = 3227 psi



รูปที่ 51 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของรอยบาก 9 mm มุม 150 องศา

Maximum Stress = 63534 psi

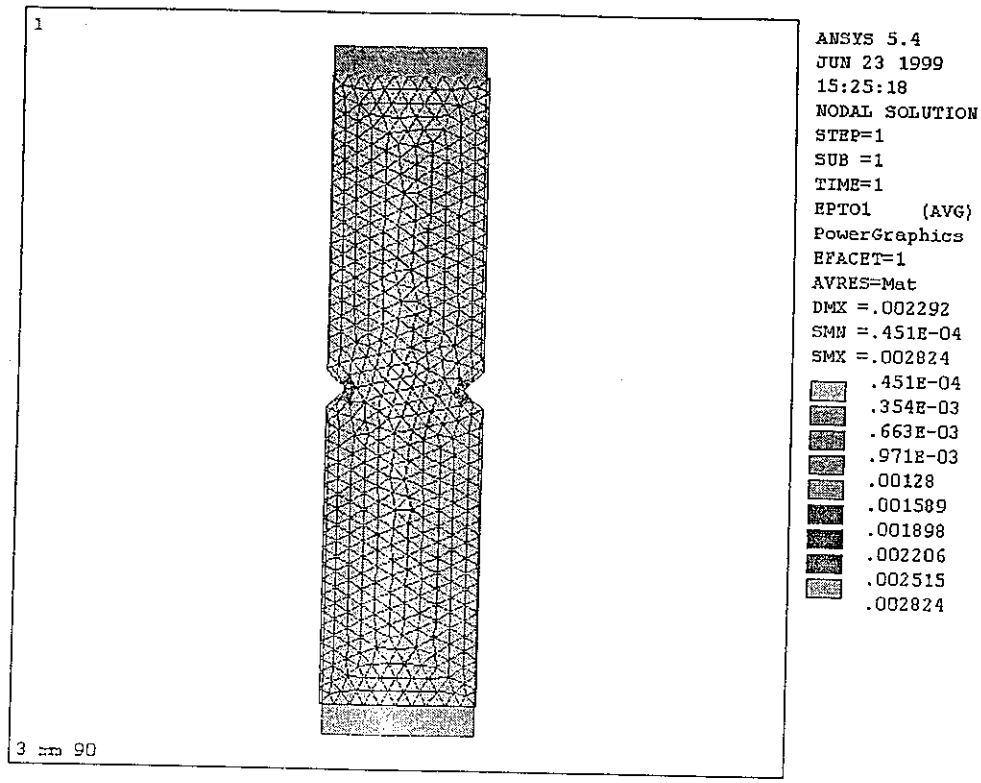
Minimum Stress = 7246 psi



รูปที่ 52 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 3 mm มุม 60 องศา

Maximum Strain = 2.723E-03 psi

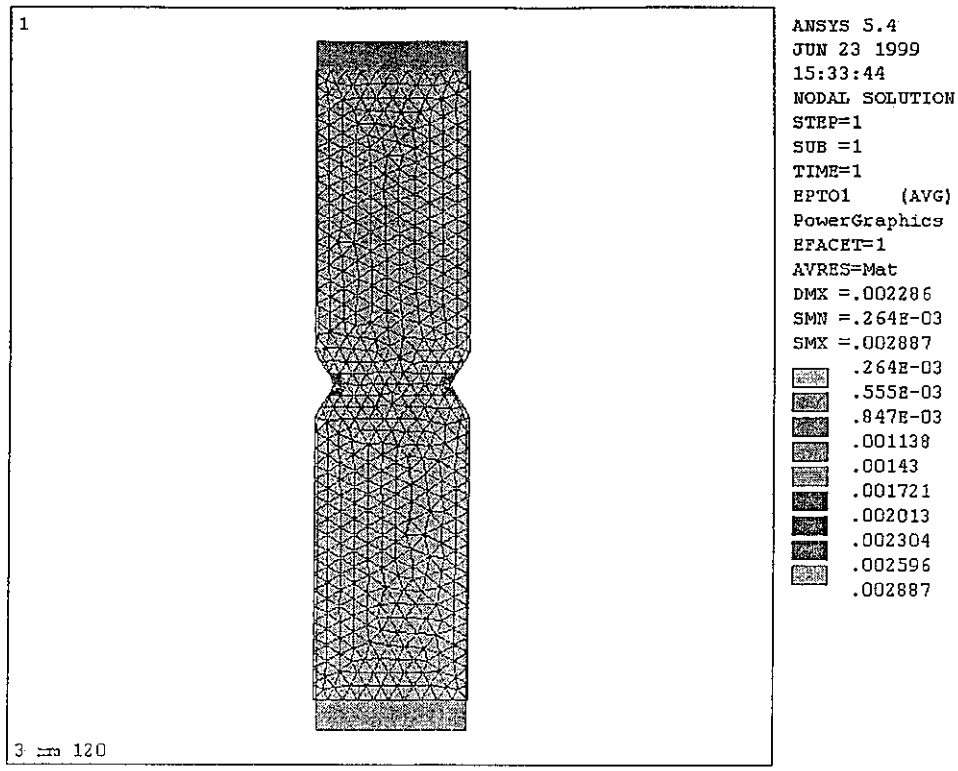
Minimum Strain = 0.771E-04 psi



รูปที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 3 mm มุม 90 องศา

Maximum Strain = 2.824E-03 psi

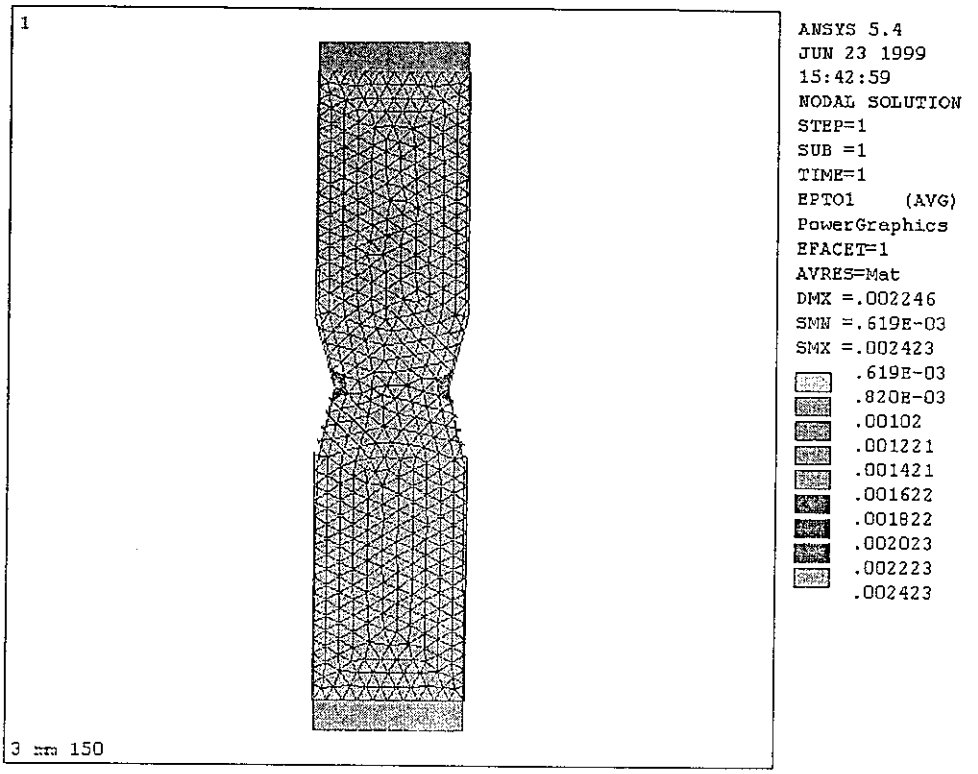
Minimum Strain = 0.451E-04 psi



รูปที่ 54 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 3 mm มุม 120 องศา

Maximum Strain = 2.887E-03 psi

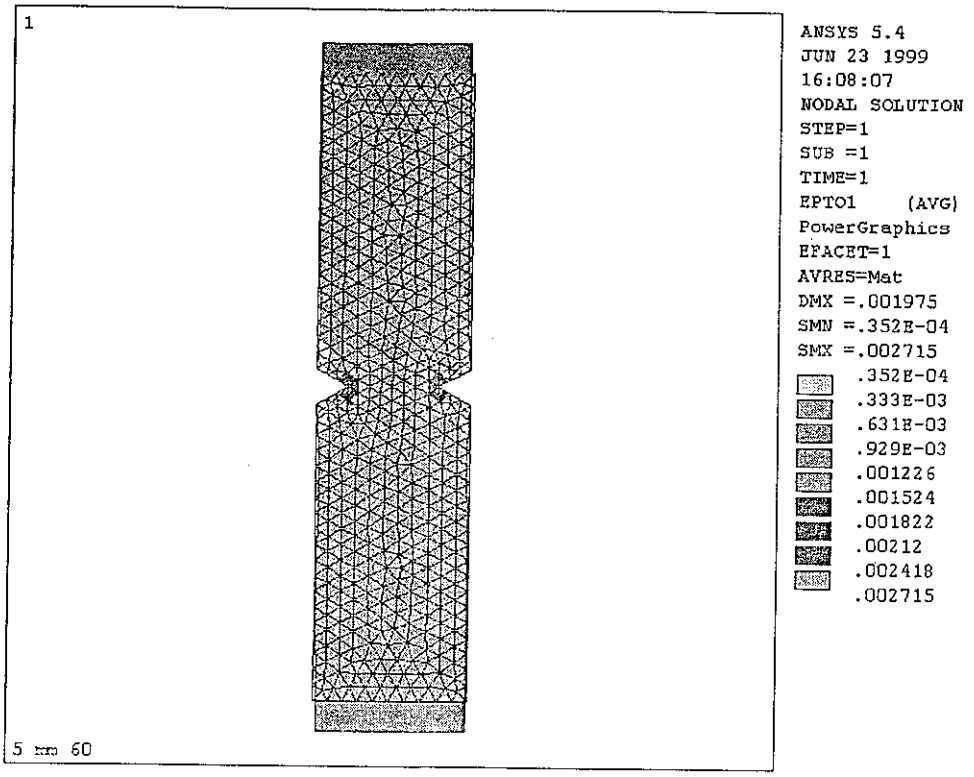
Minimum Strain = 0.264E-03 psi



รูปที่ 55 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 3 mm มุม 150 องศา

Maximum Strain = 2.423E-03 psi

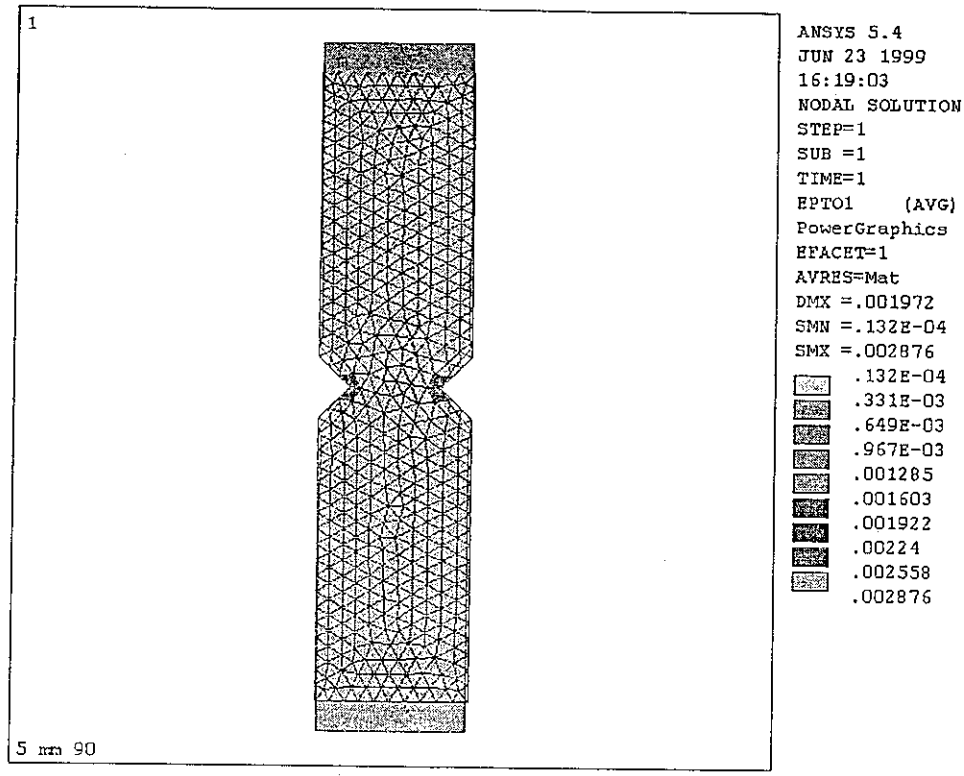
Minimum Strain = 0.619E-03 psi



รูปที่ 56 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 5 mm มุม 60 องศา

Maximum Strain = 2.715E-03 psi

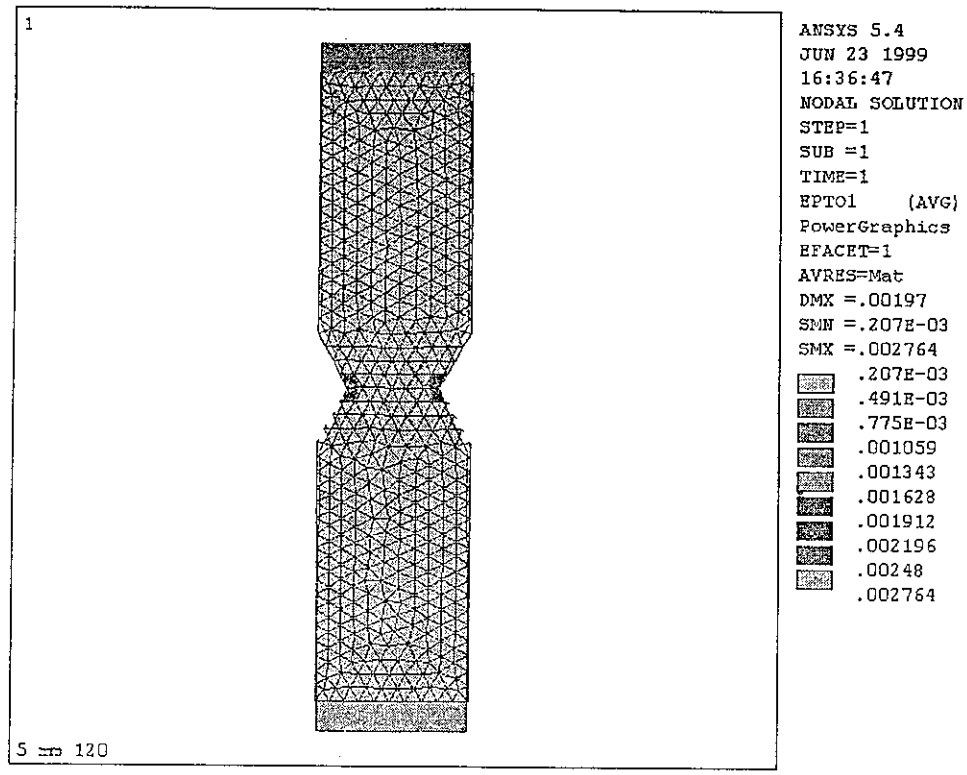
Minimum Strain = 0.352E-04 psi



รูปที่ 57 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 5 mm มุม 90 องศา

Maximum Strain = 2.876E-03 psi

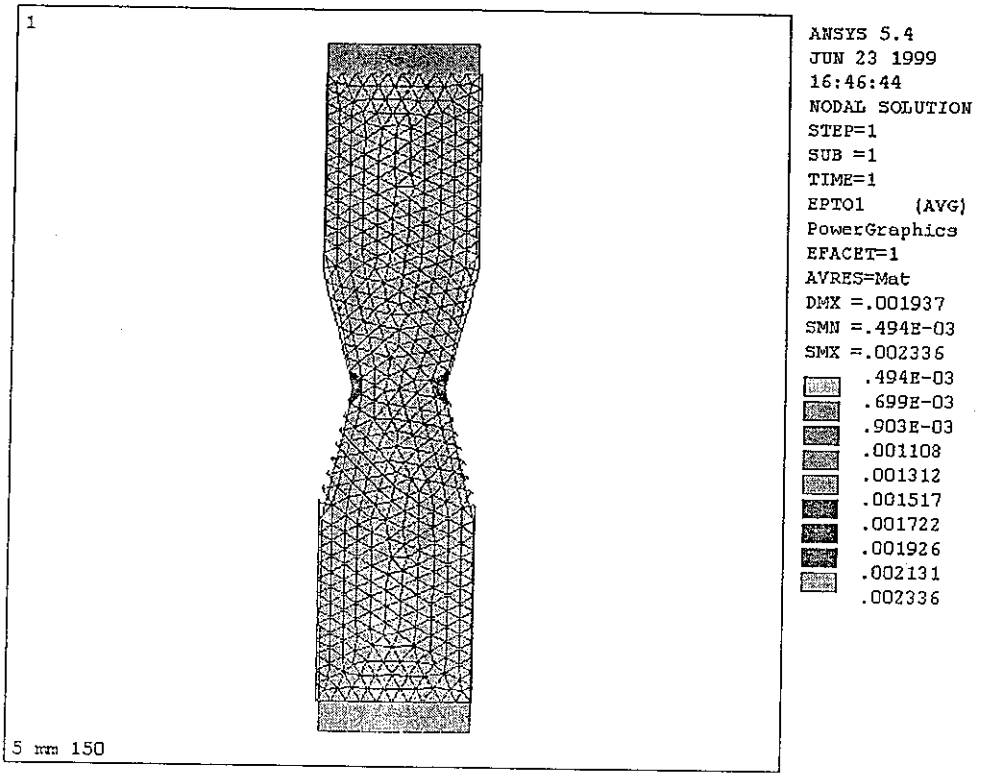
Minimum Strain = 0.132E-04 psi



รูปที่ 58 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 5 mm มุม 120 องศา

Maximum Strain = 2.764E-03 psi

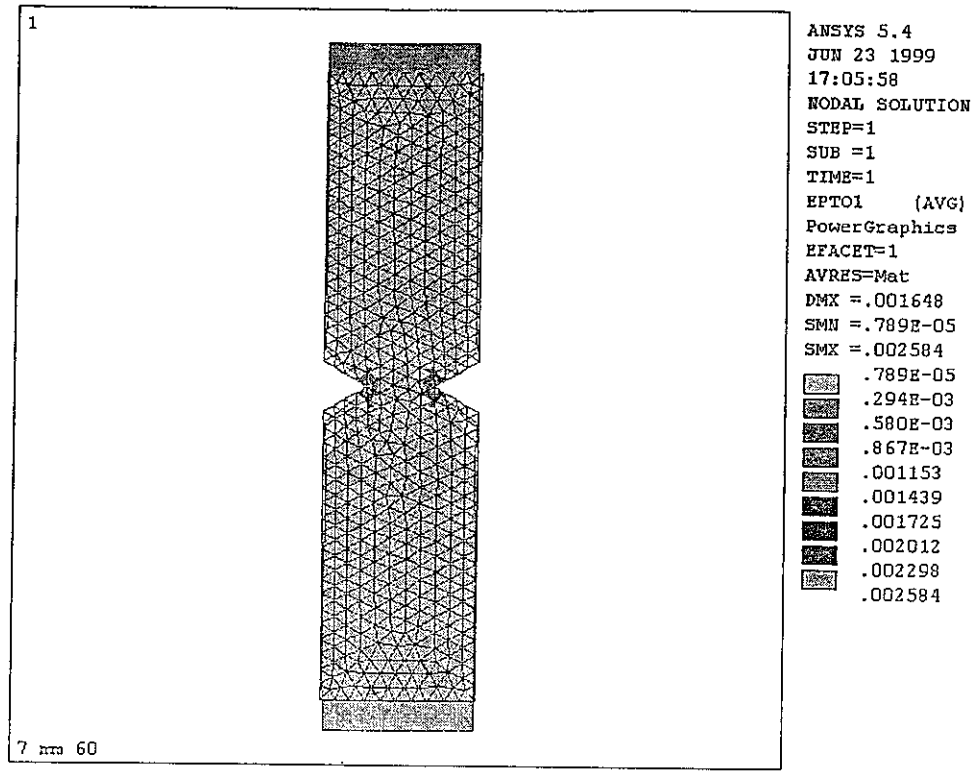
Minimum Strain = 0.207E-03 psi



รูปที่ 59 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 5 mm มุม 150 องศา

Maximum Strain = 2.336E-03 psi

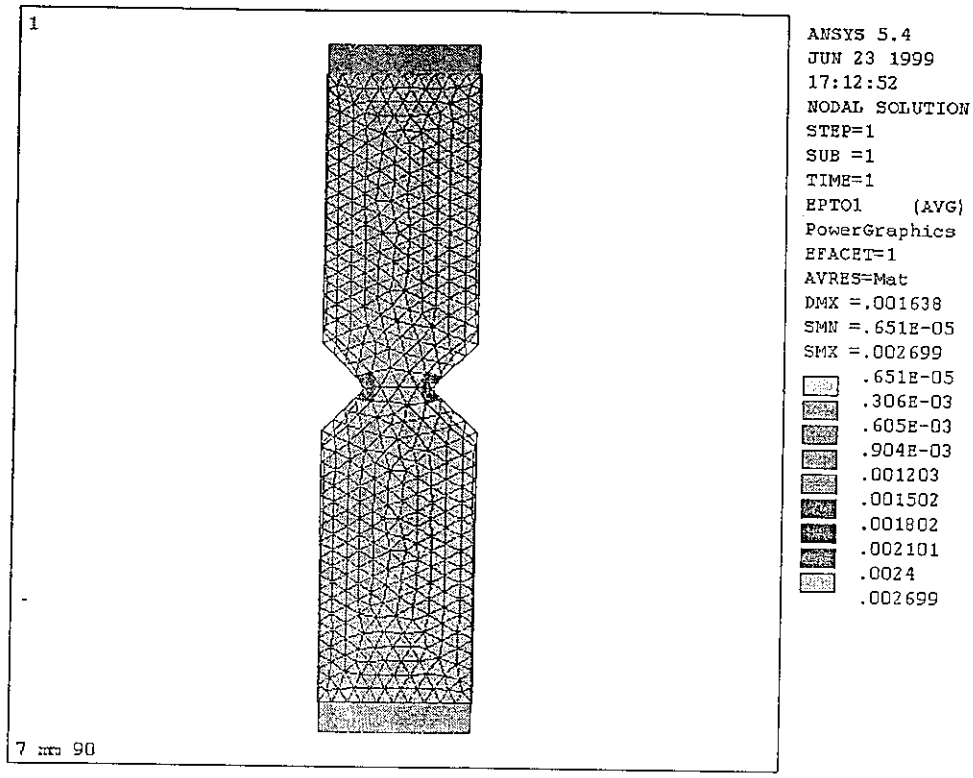
Minimum Strain = 0.494E-03 psi



รูปที่ 60 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 7 mm มุม 60 องศา

Maximum Strain = 2.584E-03 psi

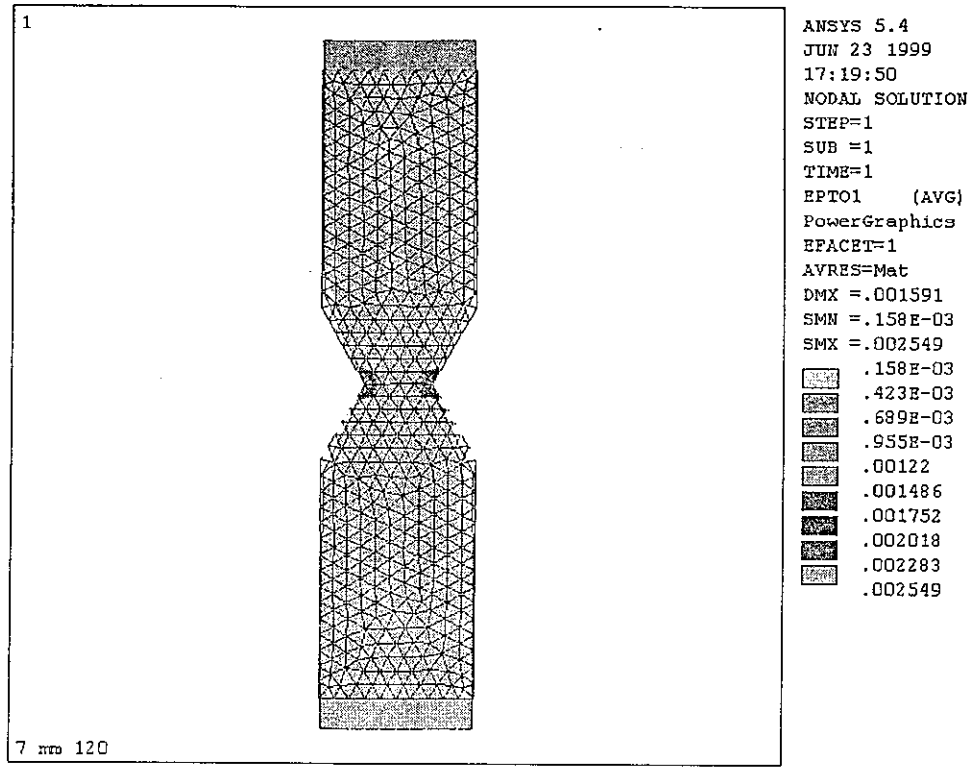
Minimum Strain = 0.789E-05 psi



รูปที่ 61 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 7 mm มุม 90 องศา

Maximum Strain = 2.699E-03 psi

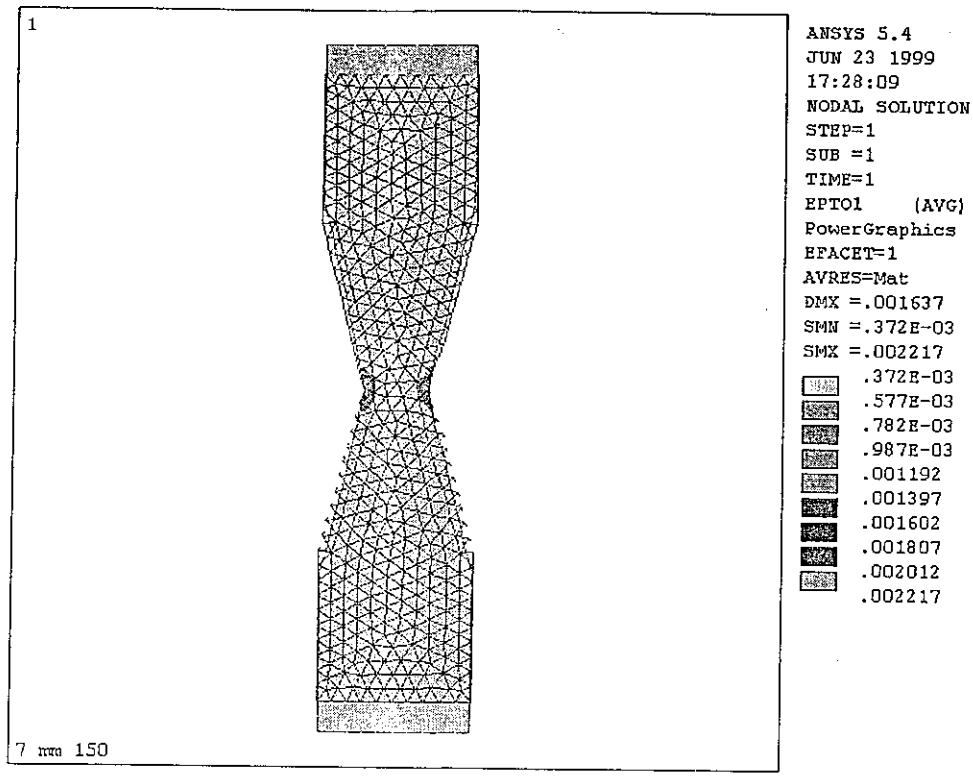
Minimum Strain = 0.651E-05 psi



รูปที่ 62 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 7 mm มุม 120 องศา

Maximum Strain = 2.549E-03 psi

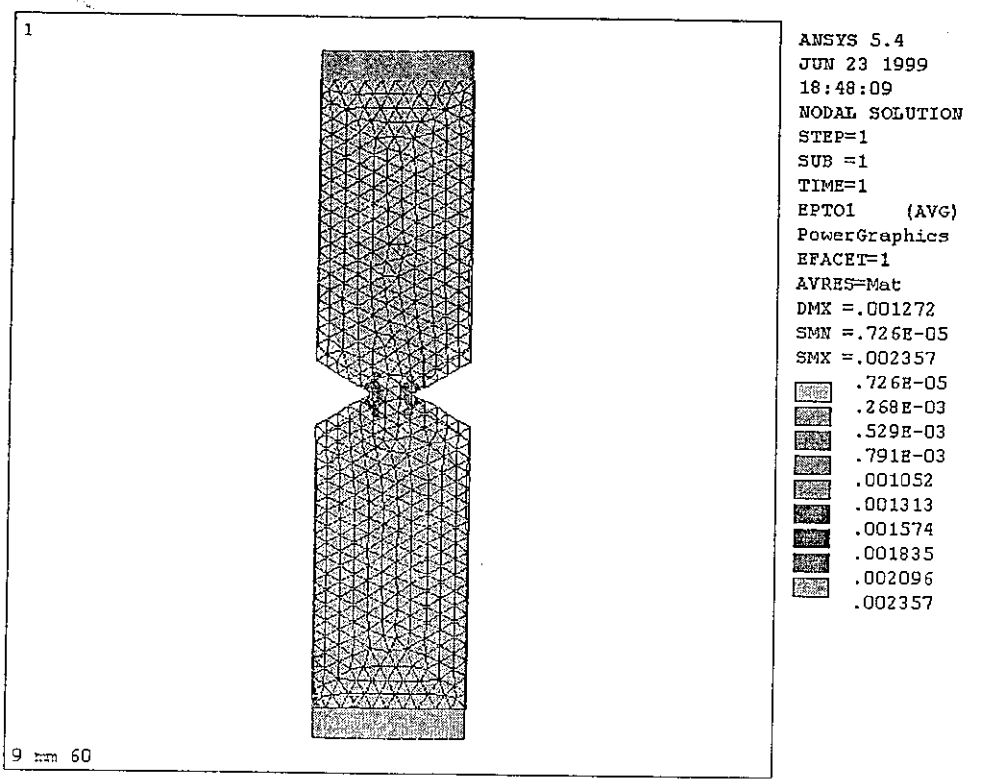
Minimum Strain = 0.158E-03 psi



รูปที่ 63 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 7 mm มุม 150 องศา

Maximum Strain = 2.217E-03 psi

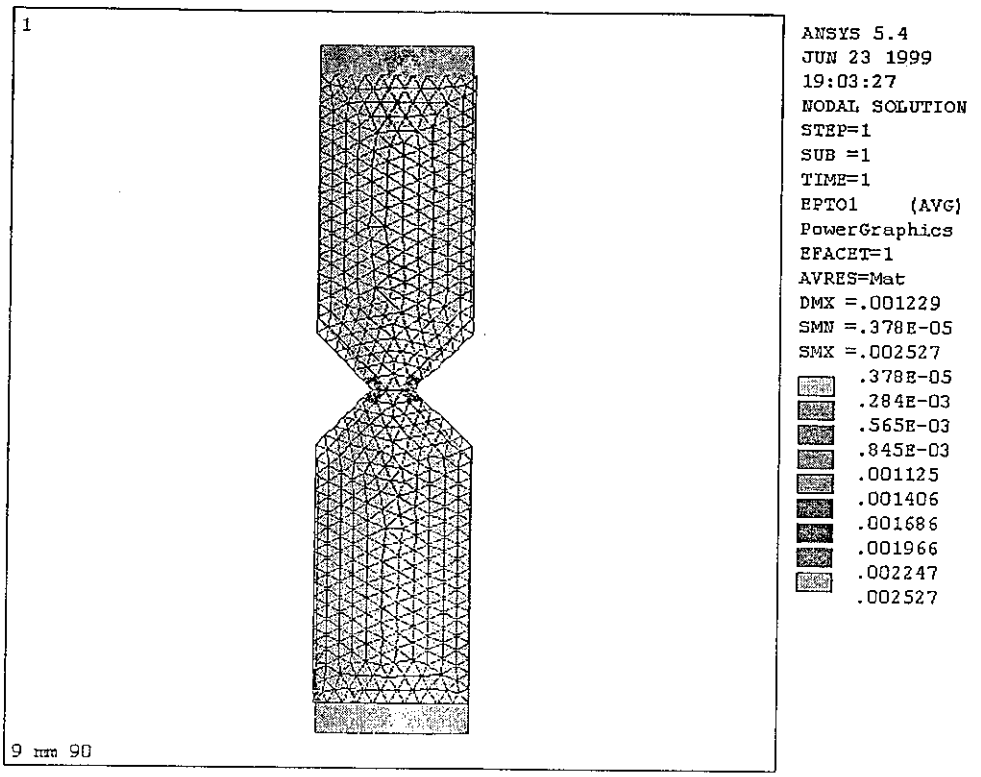
Minimum Strain = 0.372E-03 psi



รูปที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 9 mm มุม 60 องศา

Maximum Strain = 2.357E-03 psi

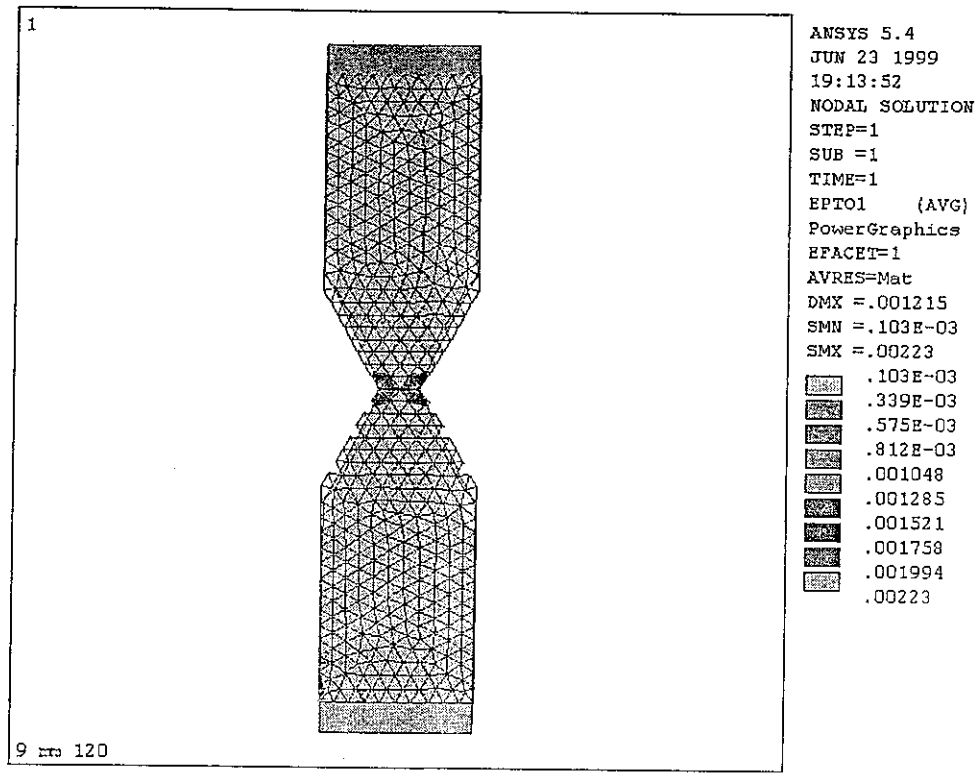
Minimum Strain = 0.726E-05 psi



รูปที่ 65 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 9 mm มุม 90 องศา

Maximum Strain = 2.527E-03 psi

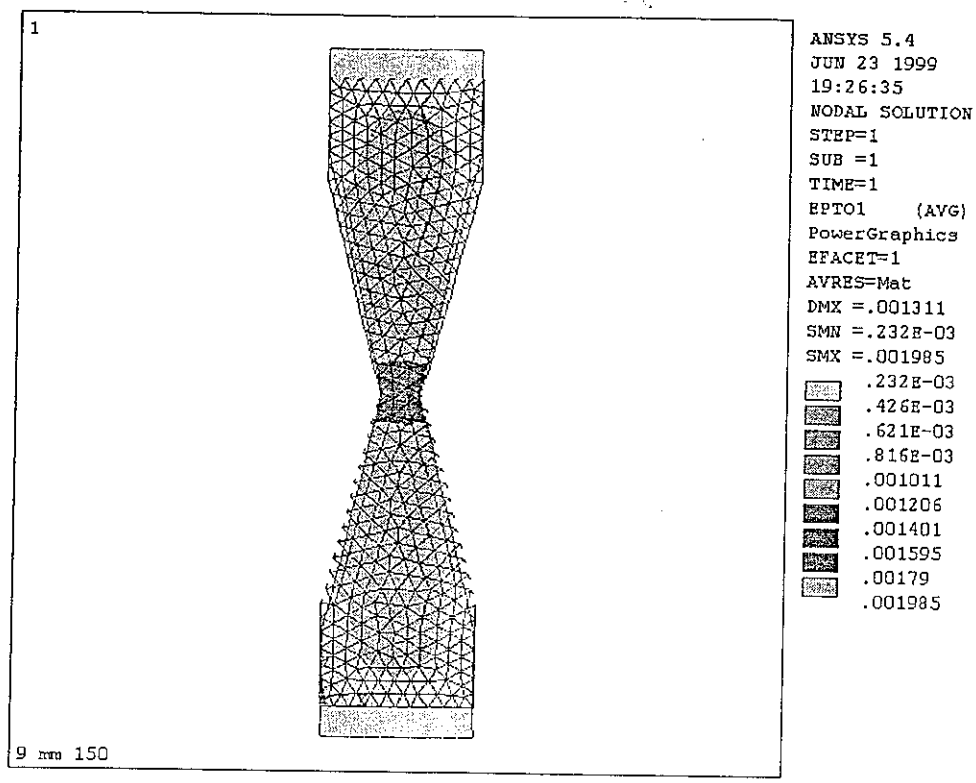
Minimum Strain = 0.378E-05 psi



รูปที่ 66 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 9 mm มุม 120 องศา

Maximum Strain = 2.23E-03 psi

Minimum Strain = 0.103E-03 psi



รูปที่ 67 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของรอยบาก 9 mm มุม 150 องศา

Maximum Strain = 1.985E-03 psi

Minimum Strain = 0.232E-03 psi

ตารางที่ 14 ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ค่า Maximum Stress จากANSYS 5.4

	60 องศา	90 องศา	120 องศา	150 องศา
3 mm	95987	97084	96021	77620
5 mm	96826	99308	91883	74688
7 mm	92837	93476	84819	70838
9 mm	85313	87684	74361	63534

(หน่วย psi)

ตารางที่ 15 ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ค่า Minimum Stress จากANSYS 5.4

	60 องศา	90 องศา	120 องศา	150 องศา
3 mm	669	1119	8297	19387
5 mm	179	336	6531	15461
7 mm	78	195	4967	11630
9 mm	54	136	3227	7246

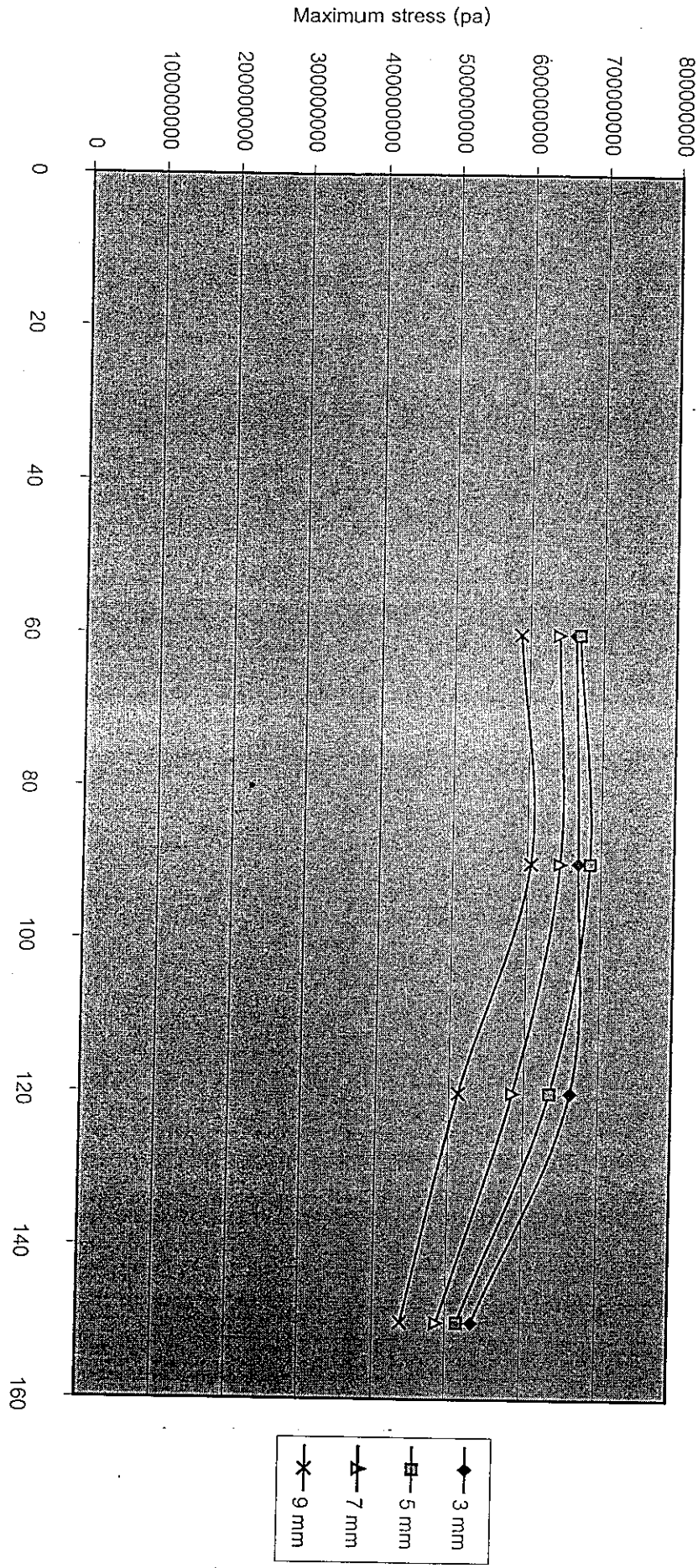
(หน่วย psi)

ตารางที่ 16 ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ค่า Maximum Strain จาก ANSYS 5.4

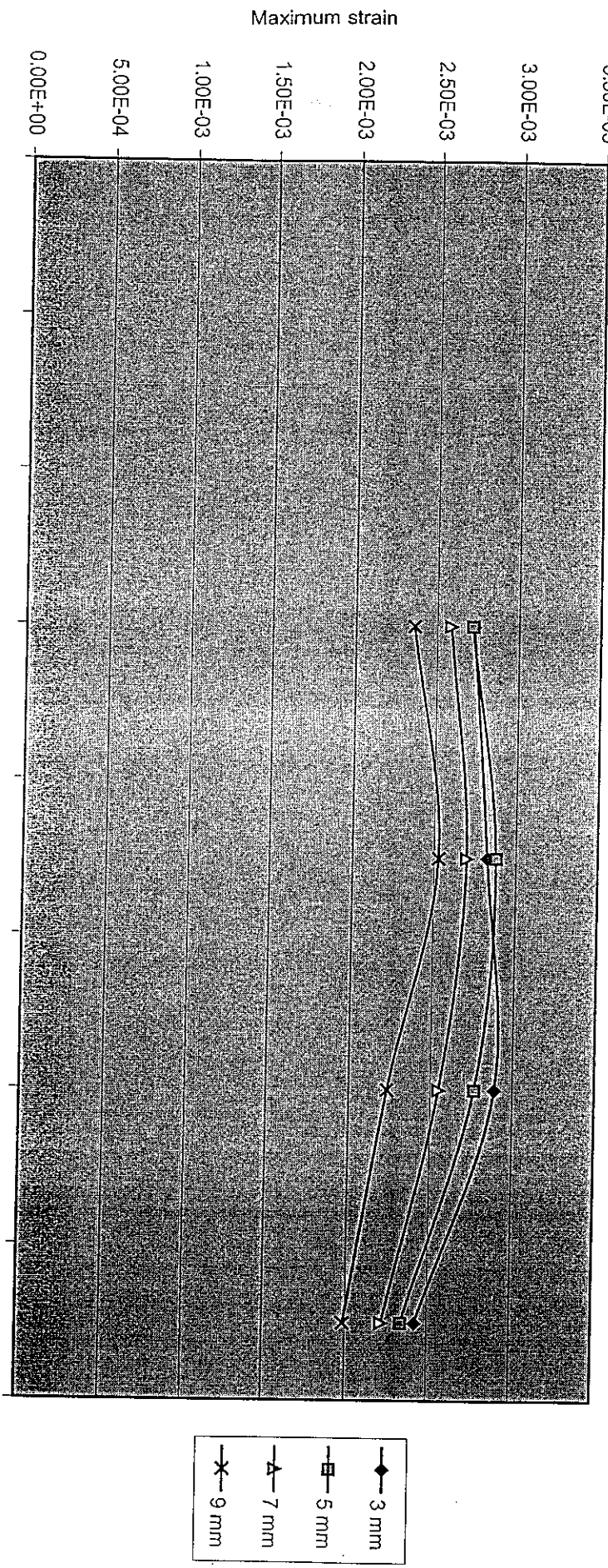
	60 องศา	90 องศา	120 องศา	150 องศา
3 มิลลิเมตร	2.723E-03	2.824E-03	2.887E-03	2.423E-03
5 มิลลิเมตร	2.715E-03	2.876E-03	2.764E-03	2.336E-03
7 มิลลิเมตร	2.584E-03	2.699E-03	2.549E-03	2.217E-03
9 มิลลิเมตร	2.357E-03	2.527E-03	2.23E-03	1.985E-03

ตารางที่ 17 ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ค่า Minimum Strain จาก ANSYS 5.4

	60 องศา	90 องศา	120 องศา	150 องศา
3 มิลลิเมตร	0.771E-04	0.451E-04	0.264E-03	0.619E-03
5 มิลลิเมตร	0.352E-04	0.132E-04	0.207E-03	0.494E-03
7 มิลลิเมตร	0.789E-05	0.651E-05	0.158E-03	0.372E-03
9 มิลลิเมตร	0.726E-05	0.378E-05	0.103E-03	0.232E-03

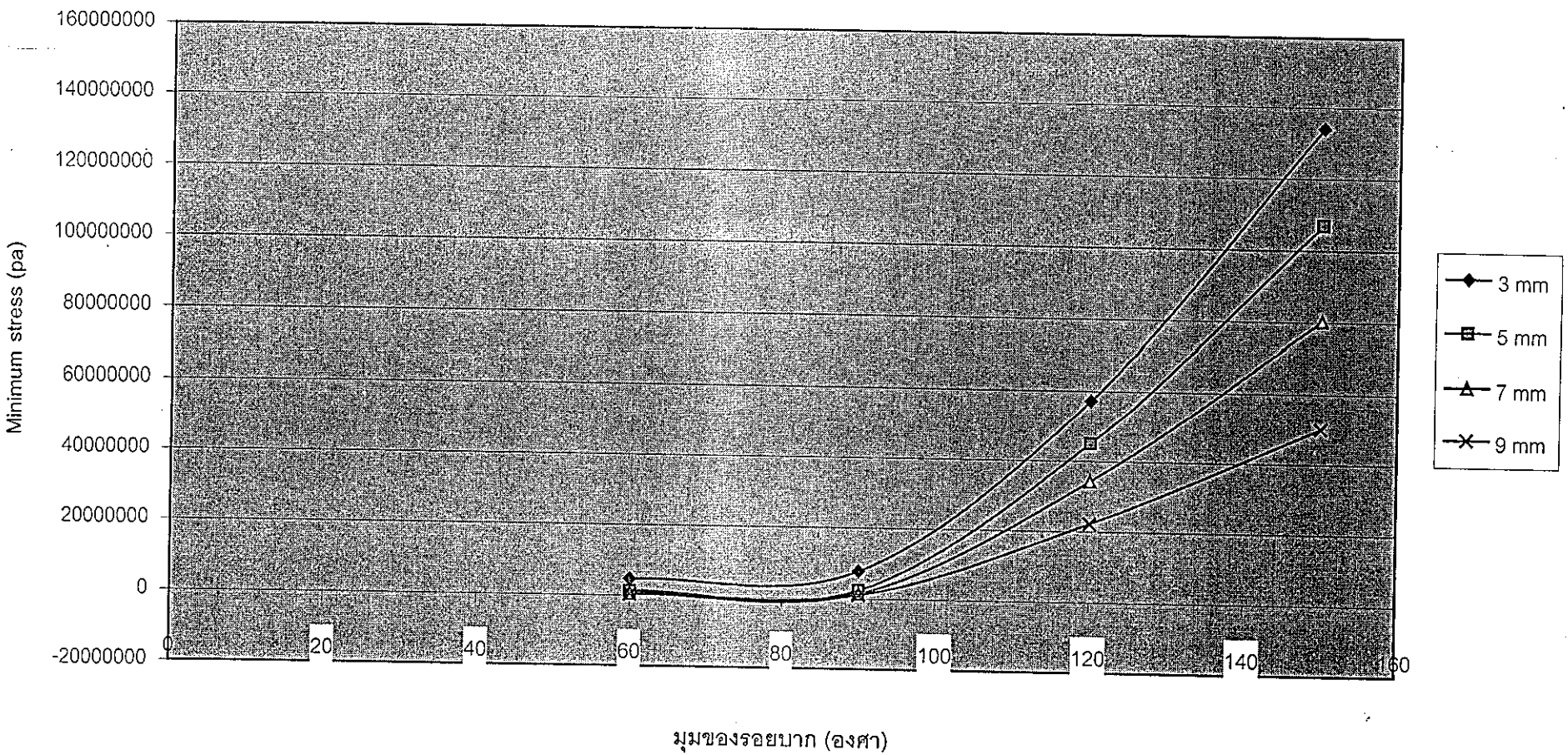


รูปที่ 68 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Maximum stress และจำนวนรอยแยก
(จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS 5.4)

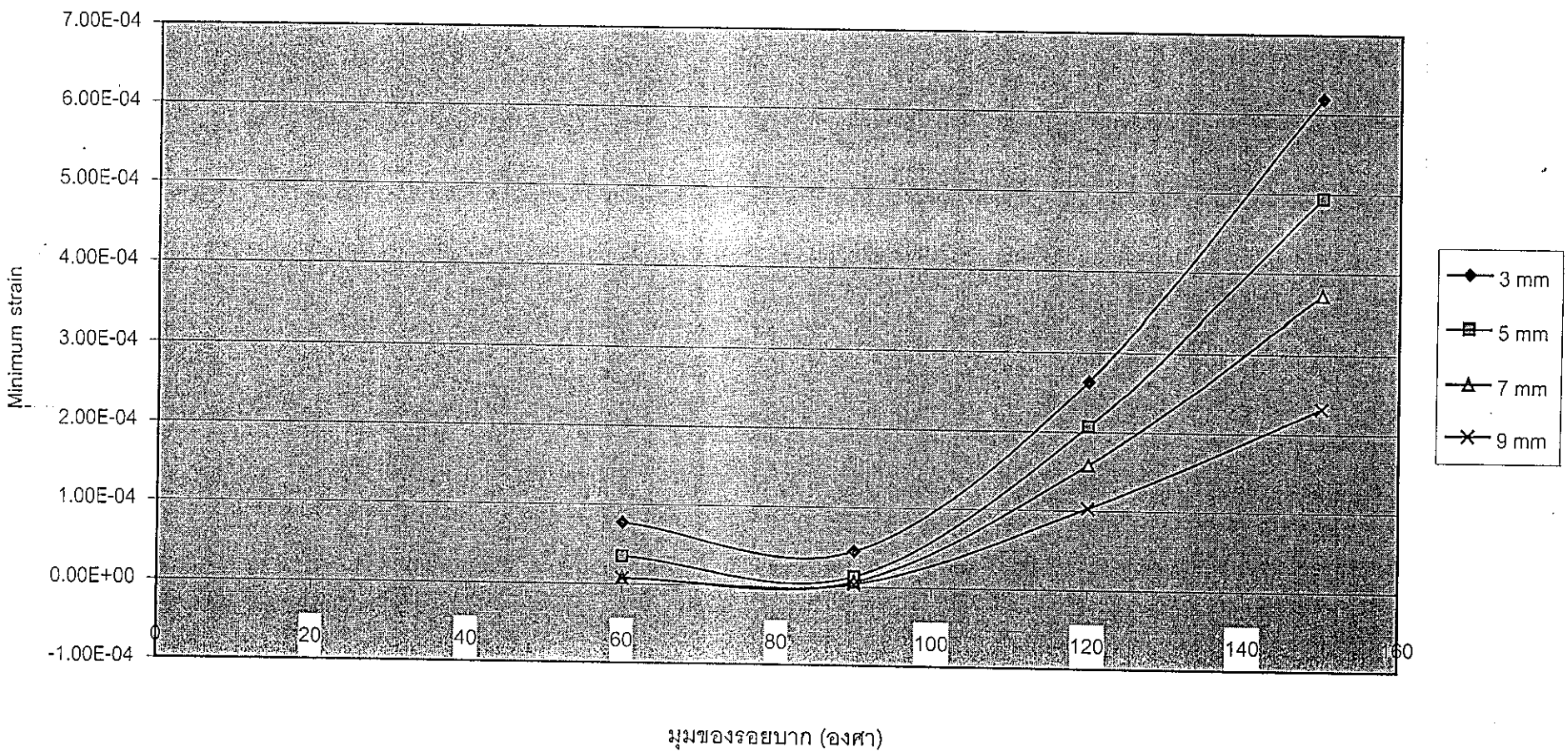


รูปที่ 69 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Maximum strain และมุมของรอยแยก
(จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS 5.4)

รูปที่ 70 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Minimum stress และมุมของรอยบาก
(จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS 5.4)



รูปที่ 71 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Minimum strain และมุมของรอยบาก
(จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS 5.4)



5.7 วิเคราะห์แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Maximum stress และมุมของรอยบาก (จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS 5.4)

จากตารางที่ 14 ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ Maximum stress จากโปรแกรม ANSYS 5.4 สามารถนำมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Maximum stress และมุมของรอยบากดังรูปที่ 68 จากการพิจารณาแผนภูมิและรูปผลการวิเคราะห์ความเค้นสูงสุดดังรูปที่ 36 ถึงรูปที่ 51 แสดงให้เห็นว่าความเค้นสูงสุด เกิดขึ้นที่จุดปลายมุมของรอยบาก ซึ่งที่ทุกขนาดความลึกจะเกิดสูงสุดที่มุมของรอยบาก 90 องศาและสามารถลำดับผลของมุมของรอยบากที่เกิดความเค้นสูงสุดจากค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุดคือ 90 60 120 150 องศา ตามลำดับ

5.8วิเคราะห์แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Maximum strain และมุมของรอยบาก (จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS 5.4)

จากตารางที่ 16 ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ Maximum strain จากโปแกรม ANSYS 5.4 สามารถนำมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Maximum strain และมุมของรอยบากดังรูปที่ 69 จากการพิจารณาแผนภูมิและรูปผลการวิเคราะห์ความเครียดดังรูปที่ 52 ถึงรูปที่ 67 ความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นที่จุดปลายมุมของรอยบากที่ตำแหน่งเดียวกับที่เกิดความเค้นสูงสุด

5.9วิเคราะห์ แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Minimum stress และมุมของรอยบาก (จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS 5.4)

จากตารางที่ 15 ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ Minimum stress จากโปแกรม ANSYS 5.4 สามารถนำมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Minimum stress และมุมของรอยบากดังรูปที่ 70

จากการพิจารณารูปผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 36 ถึงรูปที่ 51 ทำให้ทราบว่าตำแหน่งที่เกิดความเค้นต่ำสุดเกิดขึ้นคือที่จุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (สามารพิจารณาได้จากรูปผลการวิเคราะห์ความเค้นตรงจุดดังกล่าวนี้คือจุดที่สีเริ่มมีความเข้มมากกว่าปกตินั่นเอง)

จากการพิจารณาแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Minimum stress และมุมของรอยบากดังรูปที่ 70 แสดงให้เห็นว่า ที่ทุกขนาดความลึกของรอยบาก ที่มุมของรอยบาก 60 องศา และ 90 องศา ความเค้นต่ำสุดมีแนวโน้มคงที่ และค่าความเค้นต่ำสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่มุมของรอยบาก 120 , 150 องศาตามลำดับ

5.10 วิเคราะห์แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Minimum strain และมุมของรอยบาก (จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS 5.4)

จากตารางที่ 17 ตารางบันทึกผลการวิเคราะห์ Minimum strainจากโปรแกรม ANSYS 5.4 สามารถนำมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Minimum strain และมุมของรอยบากดังรูปที่ 71 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่า Minimum strain มีลักษณะแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Minimum stress และมุมของรอยบาก

ตารางที่ 18 ตารางผลการคำนวณสัดส่วนความเค้น

ขนาดความลึก	มุม 60 องศา	มุม 90 องศา	มุม 120 องศา	มุม 150 องศา
3 mm	2.06	2.08	2.06	1.71
5 mm	1.97	2.02	1.88	1.63
7 mm	1.75	1.77	1.69	1.49
9 mm	1.41	1.53	1.37	1.26

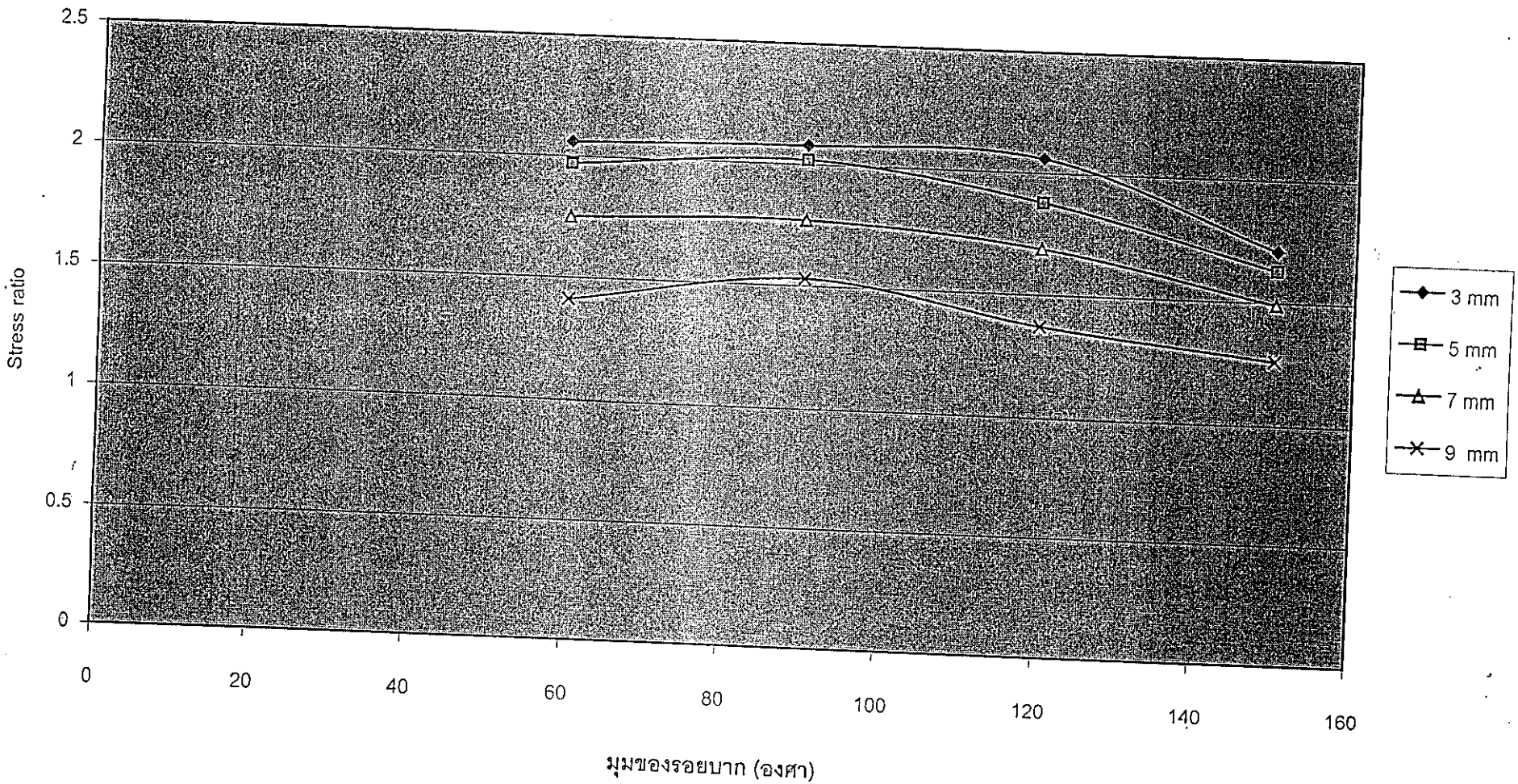
(หน่วย mm/mm)

ตารางที่ 19 ตารางผลการคำนวณผลต่าง Strain Energy

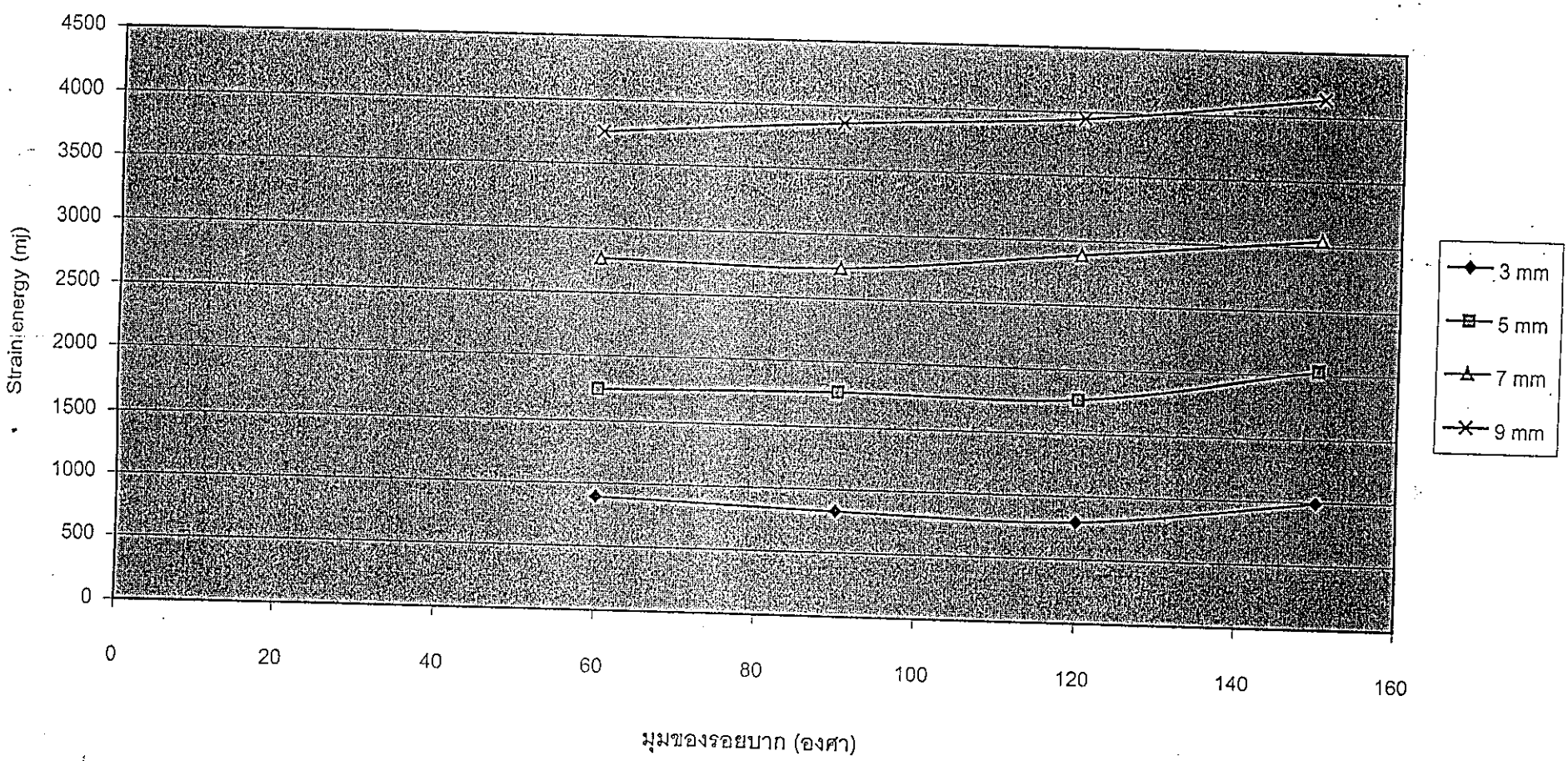
ขนาดความลึก	มุม 60 องศา	มุม 90 องศา	มุม 120 องศา	มุม 150 องศา
3 mm	893.95	825.95	792.95	991.96
5 mm	1751.15	1776.75	1769.95	2031.35
7 mm	2765.75	2736.95	2890.95	3045.55
9 mm	3752.45	3863.55	3947.45	4138.70

(หน่วย milli Joule)

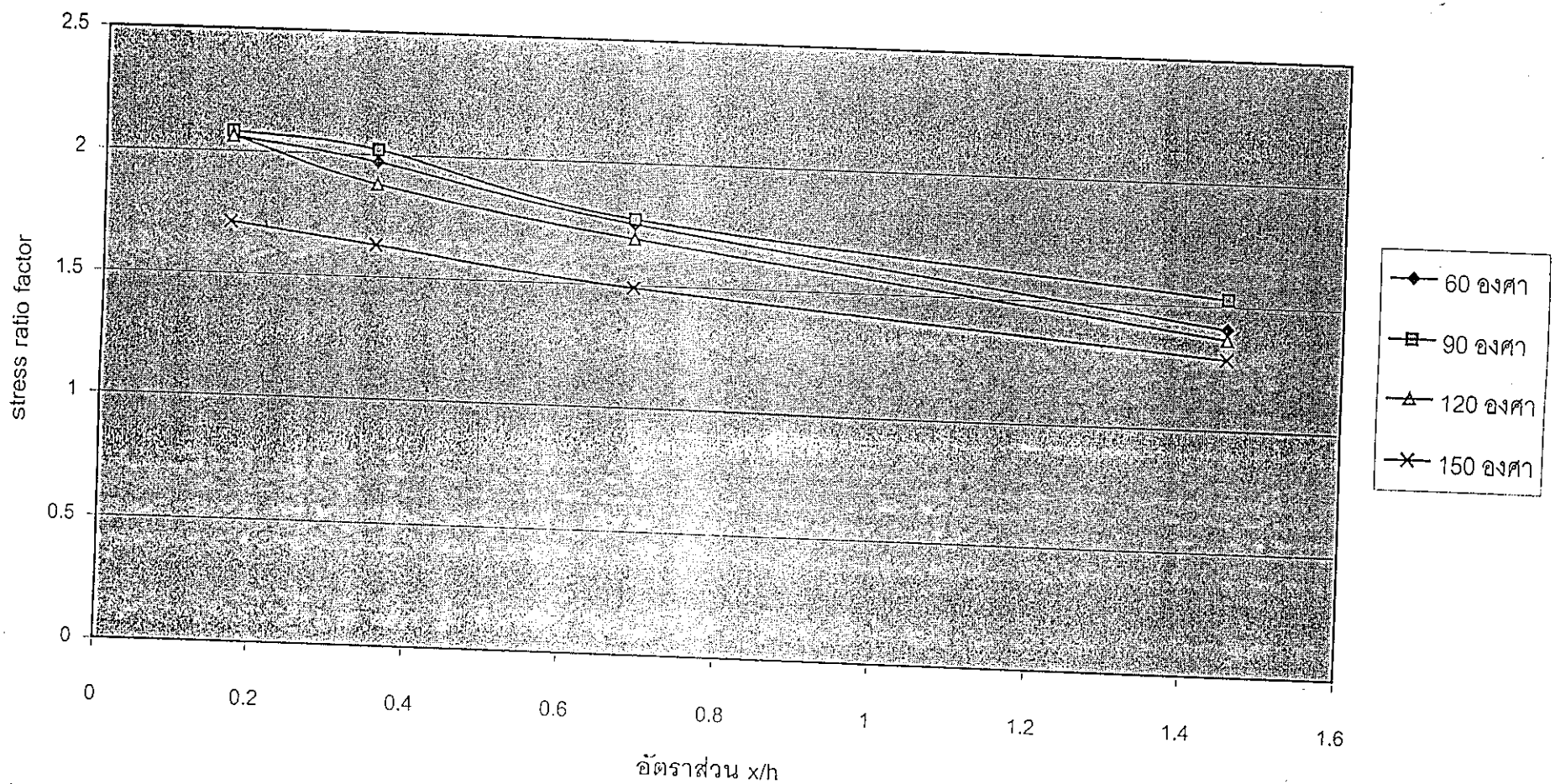
รูปที่ 72 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Stress ratio และ มุมของรอยบาก



รูปที่ 73 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่าง Strain energy และมุมของรอยบาก
(ที่จุดยืดตัวของชิ้นงานเท่ากับ 0.75 mm)



รูปที่ 74 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง stress ratio factor และ อัตราส่วน x/h



5.11 วิเคราะห์แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Stress ratio และมุมของรอยบาก

จากตารางที่ 18 ตารางบันทึกผลการคำนวณ Stress ratio ซึ่งได้มาจากการนำข้อมูลค่า

(Maximum stress ที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน / Pressure ที่กระทำกับชิ้นงาน) = Stress ratio

Maximum stress ที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน เป็นข้อมูลจากตารางที่ 14

Pressure ที่กระทำกับชิ้นงาน เป็นข้อมูลจากตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 5

ซึ่งสามารถสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Stress ratio และมุมของรอยบากดังรูปที่ 72 จากการพิจารณารูปที่ 72 แสดงให้เห็นว่าค่า Stress ratioมีแนวโน้มดังนี้คือ มีค่าสูงสุดที่มุมของรอยบากเท่ากับ 90 องศาของทุกขนาดความลึก และที่ขนาดความลึก 9 mmมีค่า Stress ratio สูงที่สุดและลดลงตามลำดับดังนี้คือ 7 mm 5 mm 3 mm

5.12วิเคราะห์แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างผลต่าง Strain energy และมุมของรอยบาก (ที่จุดยืดตัวของชิ้นงานเท่ากับ 0.75 mm)

จากการคำนวณพื้นที่ใต้แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Force (N) และ Extension (mm) ซึ่งเป็นพื้นที่ใต้แผนภูมิตั้งแต่จุดยืด Extension (mm) = 0 mm ถึงจุดยืด Extension (mm) = 0.75 mm ก็คือพลังงานความเครียดที่ชิ้นงานใช้ไปในการเปลี่ยนรูปนั่นเอง ทำการคำนวณผลต่าง Strain energy ได้จาก

ผลต่าง Strain energy = Strain energy - Strain energy***

หมายเหตุ

Strain energy** คือ Strain energy ของชิ้นงานที่ไม่มีรอยบากความกว้างและความยาวเท่ากับชิ้นงานที่มีรอยบาก

Strain energy* คือ Strain energy ของชิ้นงานที่มีรอยบาก

จากผลการคำนวณผลต่าง Strain energyนำมาบันทึกในตารางที่ 19 ตารางผลการคำนวณผลต่าง Strain Energy และนำผลการคำนวณมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างผลต่าง Strain energy และมุมของรอยบากดังรูปที่ 73 (ที่จุดยืดตัวของชิ้นงานเท่ากับ 0.75 mm)

จากการพิจารณาแผนภูมิดังรูปที่ 73 ที่ความลึกของชิ้นงาน 9 mmมีการใช้พลังงานความเครียดในการเปลี่ยนรูปของชิ้นงานสูงที่สุด

ที่ทุกขนาดความลึกของชิ้นงานที่มุมของรอยบากที่ 60 องศา 90 องศาและ 120 องศาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลต่าง Strain energy มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ แนวโน้มของผลต่าง Strain energy จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมุมของรอยบากเพิ่มขึ้นจาก 120 องศาไปเป็น 150 องศา สามารถสรุปได้ว่าที่จุดยืด Extension (mm) = 0.75 mm ชิ้นงานขนาดความลึก 9 mm มีการเปลี่ยนรูปมากที่สุด

ว่าที่จุดยืด Extension (mm) = 0.75 mm ชิ้นงานขนาดความลึก 9 mm มีการเปลี่ยนรูปมากที่สุด และที่มุมของรอยบาก 60 , 90 , 120 องศาของทุกขนาดความลึกนั้นชิ้นงานมีการเปลี่ยนรูปคงที่และจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมุมของรอยบากเพิ่มจาก 120 องศาไปเป็น 150 องศา

5.13วิเคราะห์แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Stress ratio factor และอัตราส่วน x/h

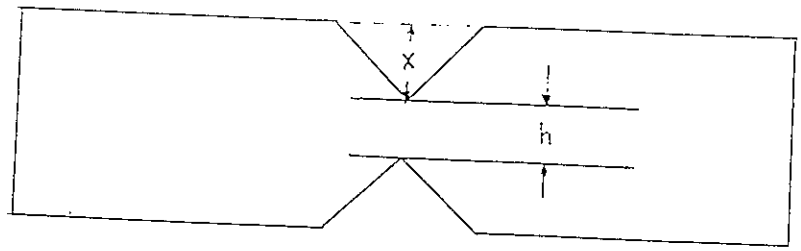
จากการพิจารณาแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Stress ratio factor และอัตราส่วน x/h ซึ่ง

x = ความลึกของรอยบาก (แสดงดังรูปที่ 75)

h = ความกว้างส่วนที่แคบที่สุดของชิ้นงาน (แสดงดังรูปที่ 75)

อัตราส่วน x/h = ความลึกของรอยบาก / ความกว้างส่วนที่แคบที่สุดของชิ้นงาน

จากตารางที่ 18 นำผลสัดส่วนความเค้นมาพล็อตกับอัตราส่วน x/h ได้แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Stress ratio factor และอัตราส่วน x/h ดังรูปที่ 74



รูปที่ 75 แสดงนิยามของอัตราส่วน x/h

5.14 อิทธิพลของคอคอดต่อความแข็งแรงของวัสดุ

เมื่อพิจารณาค่า Ultimate Strength จากตารางที่ 1 ซึ่งได้จากการทดลองชิ้นงานที่ไม่มีรอยบากแล้วนำมาเปรียบเทียบค่า Ultimate Strength ของตารางที่ 6-9 จากการทดลองชิ้นงานที่มีรอยบาก จะพบว่าค่า Ultimate Strength ของชิ้นงานที่มีรอยบากมีค่าสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่มีรอยบาก ซึ่งเป็นไม่ได้ทางทฤษฎี ดังนั้นเมื่อพิจารราความเป็นไปได้ถึงสิ่งที่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ก็คือ พื้นที่หน้าตัด โดยการคำนวณเราใช้พื้นที่หน้าตัดก่อนรับแรงดึง แต่ในความเป็นจริงที่จุด Ultimate Strength พื้นที่หน้าตัดจะเล็กลงจากเดิม เนื่องจากเกิดคอคอดในการดึง

จากตารางที่ 1 Ultimate Strength เฉลี่ยเท่ากับ 302.4 Mpa

$$\text{Ultimate Strength} = F_{(\text{Ultimate})}$$

$$= 302.4 \text{ Mpa}$$

ค่าที่ได้มีความผิดพลาดเนื่องจากการเกิดคอคอดของพื้นที่

การคำนวณพื้นที่หน้าตัดขณะรับแรงดึงสูงสุด (Ultimate Strength) โดยสมมุติให้พื้นที่หน้าตัดลดลงเป็น 0.5 เท่าของพื้นที่หน้าตัดเดิม

$$\text{Ultimate Strength} = F_{(\text{Ultimate})}/(0.5A_0)$$

$$= (302.4/0.5) \text{ Mpa}$$

$$= 604.8 \text{ Mpa}$$

ค่า Ultimate Strength จากพื้นที่หน้าตัดที่เกิดคอคอดมีค่าสูงกว่าค่า Ultimate Strength ของชิ้นงานที่มีรอยบากทั้งหมด และเนื่องจากชิ้นงานที่ไม่มีรอยบากมีอัตราการยืดตัวมากกว่าชิ้นที่มีรอยบาก ดังนั้นชิ้นงานที่ไม่มีรอยบากจะมีลักษณะการเกิดคอคอดมากกว่าชิ้นงานที่มีรอยบาก แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานที่ไม่มีรอยบากจะมีความแข็งแรงมากกว่าชิ้นงานที่มีรอยบาก

5.15 สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลองอิทธิพลของขนาดความลึกและมุมของรอยบากต่อค่า 0.2 %Proof Stress จากการพิจารณาแผนภูมิสัมพันธ์ดังรูปที่ 34 แสดงให้เห็นว่ามุมของรอยบากจะมีผลมากต่อค่า 0.2 %Proof Stress ที่ระดับความลึกของรอยบาก 7 mm และ 9 mm ซึ่งสามารถเห็นผลได้ชัดเจนมากขึ้นที่ความลึกของรอยบาก 9 mm จึงสรุปได้ว่าที่ขนาดความลึกของรอยบากไม่มากมุมของรอยบากจะไม่มีผลต่อค่า 0.2 %Proof Stress

สรุปผลการทดลองอิทธิพลของขนาดความลึกและมุมของรอยบากต่อค่าUltimate Strength ที่ความลึกของรอยบาก 3 และ 5 mm ไม่สามารถทราบถึงผลของมุมรอยบากที่มีต่อค่าUltimate Strength ที่ขนาดความลึกของรอยบาก 3 และ 5 mmมีผลต่อความหนาแน่นของความเค้นที่ตำแหน่งจุดปลายของมุมของรอยบากดังแสดงในรูปผลการวิเคราะห์ความเครียดจากโปรแกรม ANSYS 5.4 กับชิ้นงานเพราะที่ความลึกของรอยบากขนาด 3 และ 5 mm ชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดที่กระทันหันมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดที่กระทันหันของความลึกรอยบาก 7 และ 9 mm ซึ่งที่ขนาดความลึกของรอยบาก 7 และ 9 mm มีผลของความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นน้อยกว่าที่เกิดขึ้นกับขนาดความลึกของรอยบาก 3 และ 5 mm สามารถสังเกตได้จากแนวโน้มของค่า Ultimate Strength ที่รอยบาก 3 และ 5 mm จะได้รับความเค้นสูงสุดได้ต่ำกว่าค่าแรงที่รอยบากขนาดความลึกรอยบาก 7 และ 9 mm ดังแผนภูมิรูปที่ 35 ซึ่งสามารถพิจารณาความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นที่จุดสุดท้ายของการใช้งานได้จากแผนภูมิความสัมพันธ์ Stress Ratio และอัตราส่วน x/h

จากการวิเคราะห์ด้วยซอฟท์แวร์โปรแกรมการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ ANSYS 5.4 กับชิ้นงานทุกชิ้นที่ดึงถึงจุด 0.2 %Proof Stress ทำให้ทราบว่า Maximum Stress หรือความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่จุดปลายมุมของรอยบาก ซึ่งเป็นจุดเริ่มการแตกหัก ดังแสดงในรูปผลจากการวิเคราะห์ความเค้นรูปที่ 36 ถึงรูปที่ 51 ซึ่งที่ทุกความลึกจะเกิดสูงสุดที่มุมของรอยบากมีค่าเท่ากับ 90 องศา และสามารถลำดับค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นจากมากไปหาค่าน้อยที่สุดได้ดังนี้ 90 60 120 150 องศาตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่ามุมของรอยบาก 90 องศาเป็นมุมที่เกิดความเค้นสูงสุด

จากการวิเคราะห์ด้วยซอฟท์แวท์โปรแกรมการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ ANSYS 5.4 กับงานทุกชิ้นที่ดึงถึงจุด0.2 %Proof Stress สามารถนำผลการทดลองมาทำแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Stress Ratio Factor และอัตราส่วน x/h ดังรูปที่ 74 ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบ พิจารณาเมื่อพบความเสียหายจาการฉีกขาดและรอยบากได้ต่อไป