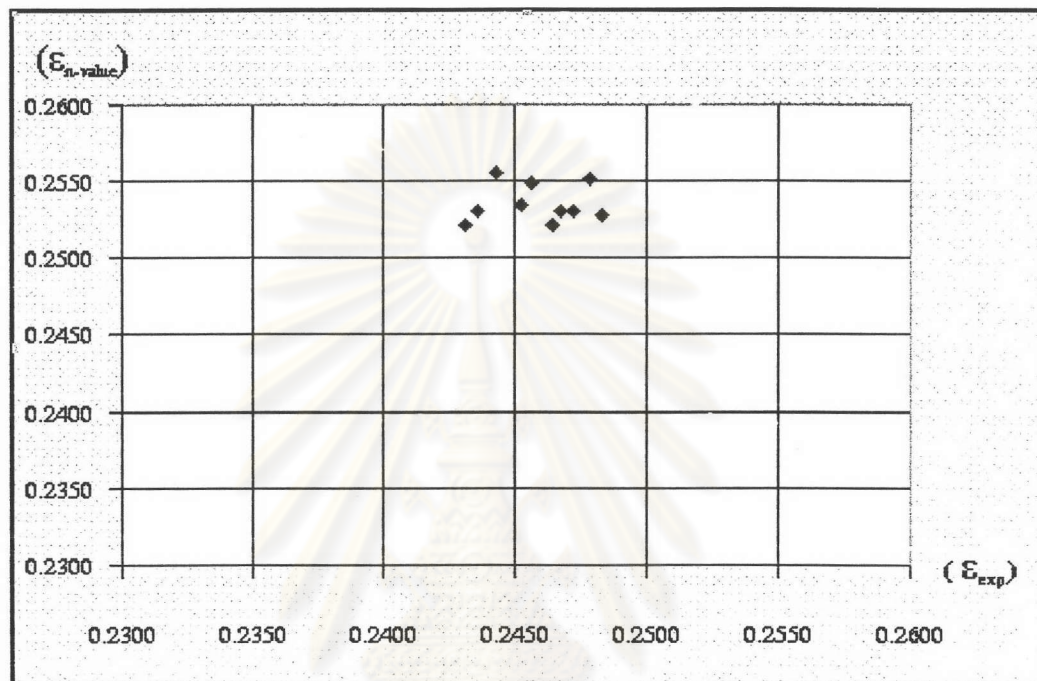
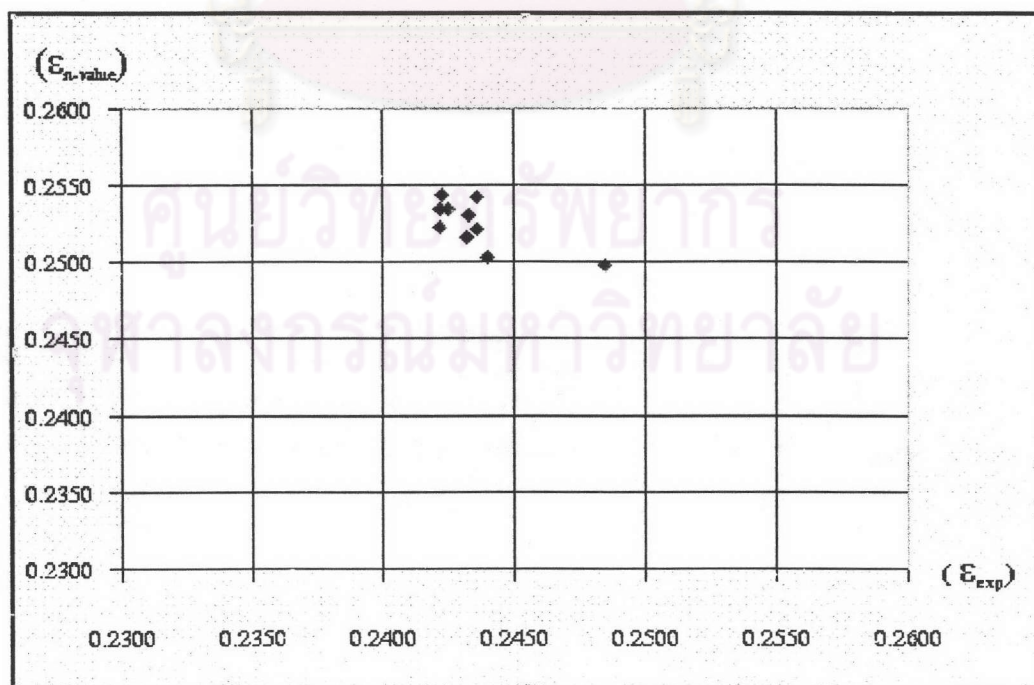


5. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

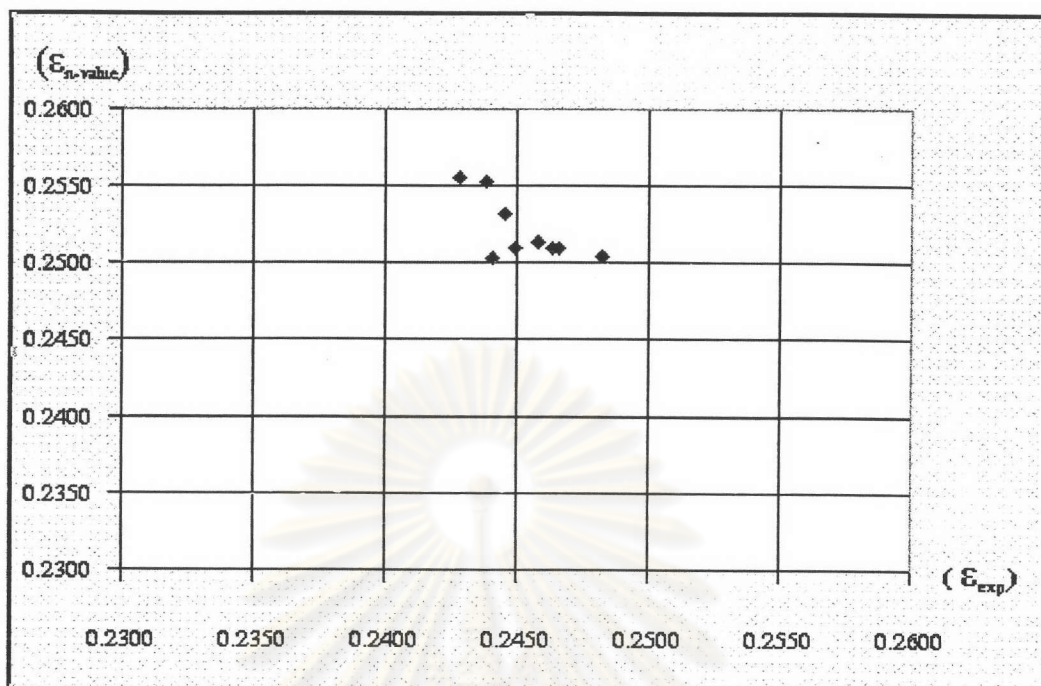
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดจำกัดความเครียดของเหล็กแผ่นโดยใช้ค่า n และโดยการทดลอง



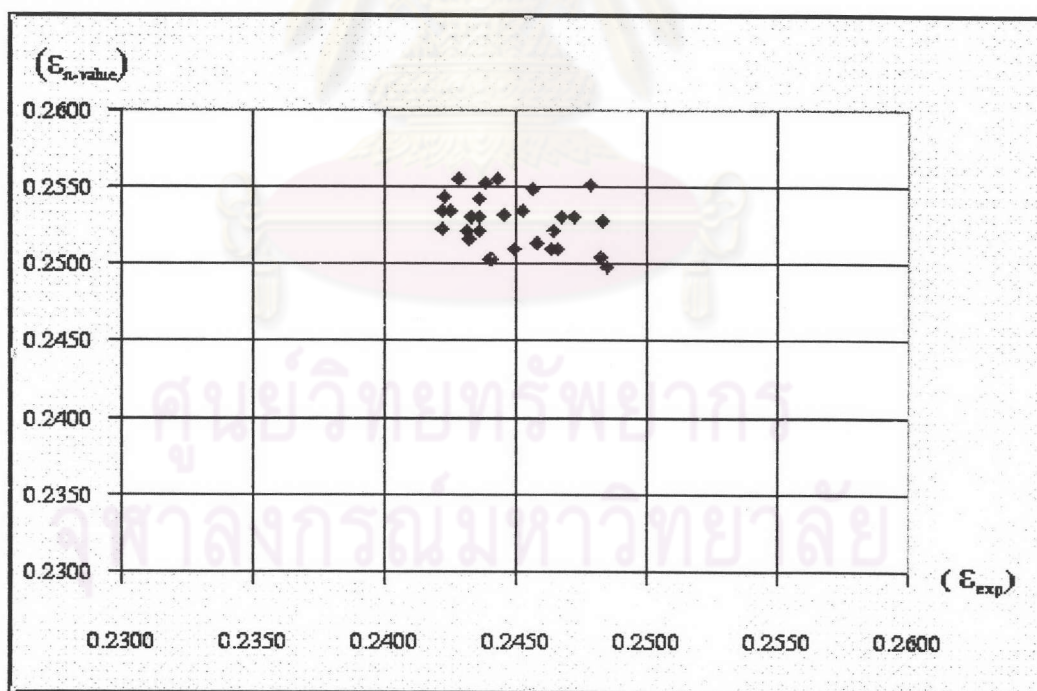
ภาพที่ 10 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างค่า n กับการทดลองของชุดการทดลอง A



ภาพที่ 11 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างค่า n กับการทดลองของชุดการทดลอง B



ภาพที่ 12 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเคี่ยระหว่างค่า n กับการทดลองของชุดการทดลอง C



ภาพที่ 13 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเคี่ยระหว่างค่า n กับการทดลอง ของชุดการทดลอง A , B และ C

จากภาพที่ 10 ถึงภาพที่ 12 เป็นการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างค่า n กับการทดลอง เริ่มตั้งแต่ชุดการทดลอง A , B และ C ตามลำดับ จากภาพจะเห็นว่ากราฟไม่มีความสัมพันธ์กัน เพราะว่าการกระจายของข้อมูลมีการกระจายแบบไม่มีทิศทาง และไม่มีแนวโน้มว่าจะเป็นแบบเชิงเส้น

เพื่อที่จะเป็นการยืนยันว่าค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างค่า n กับการทดลองไม่มีความสัมพันธ์กันจริง จึงได้นำข้อมูลทั้งชุดการทดลอง A , B และ C มารวมไว้ในกราฟเดียวกันคือภาพที่ 13 และใช้วิธีการสร้างแบบจำลองทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมุติฐานว่าขีดจำกัดความเครียดที่ได้จากค่า n และที่ได้จากการทดลอง มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ดังนี้

สมมุติฐานว่าง (H_0) : ขีดจำกัดความเครียดจากค่า n และจากการทดลองไม่มีความสัมพันธ์กัน ($\rho = 0$)

สมมุติฐานรอง (H_1) : ขีดจำกัดความเครียดจากค่า n และจากการทดลองมีความสัมพันธ์กัน ($\rho \neq 0$)

ในการทดสอบสมมุติฐานข้างต้น ค่าความผิดพลาดแบบที่หนึ่ง (α) ที่เลือกใช้คือ 0.01 หรือ 1% แบบจำลองการกระจายของข้อมูลที่ใช้คือ การกระจายแบบที (t -test) ที่มีองศาความอิสระเท่ากับ (30-2) และเนื่องจากสมมุติฐานที่ใช้เป็นแบบมีหรือ ไม่มีความสัมพันธ์กัน การทดสอบจึงเป็นแบบการทดสอบสองด้าน

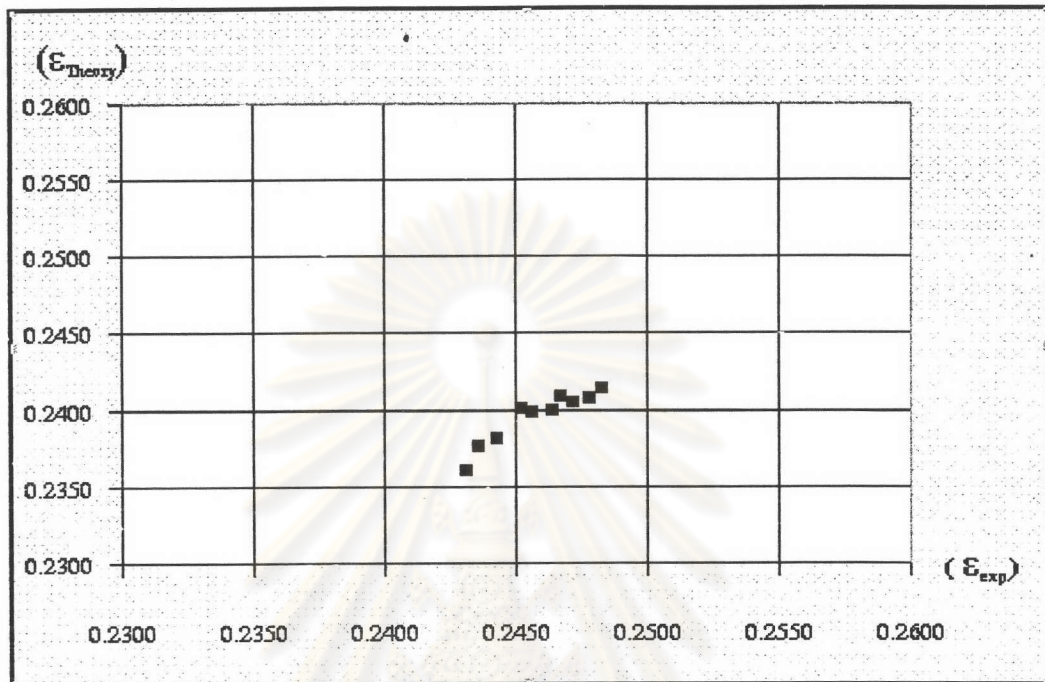
ตารางที่ 15 แสดงค่าที่ได้จากทางสถิติของขีดจำกัดความเครียด ระหว่างค่า n และการทดลอง

ผลต่างของค่าเฉลี่ย เทียบกับการทดลอง	สัมประสิทธิ์สห สัมพันธ์	ค่าที่วิกฤตทางซ้าย	ค่าที่วิกฤตทางขวา	ค่าที่ของชุดทดลอง
0.0078	-0.3196	-2.76	+2.76	-1.78

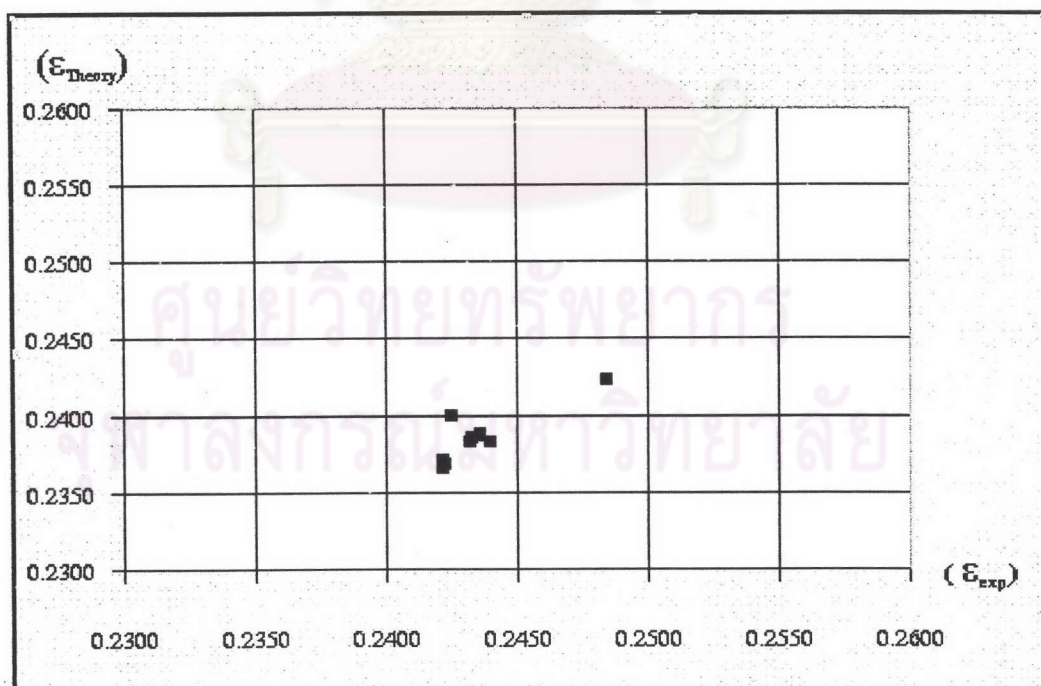
จากตารางที่ 16 สามารถสรุปได้ว่าในทางสถิติแล้ว ยอมรับสมมุติฐานว่าง (H_0) และปฏิเสธสมมุติฐานรอง (H_1) คือ ขีดจำกัดความเครียดจากค่า n และจากการทดลองไม่มีความสัมพันธ์กัน ($\rho = 0$) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

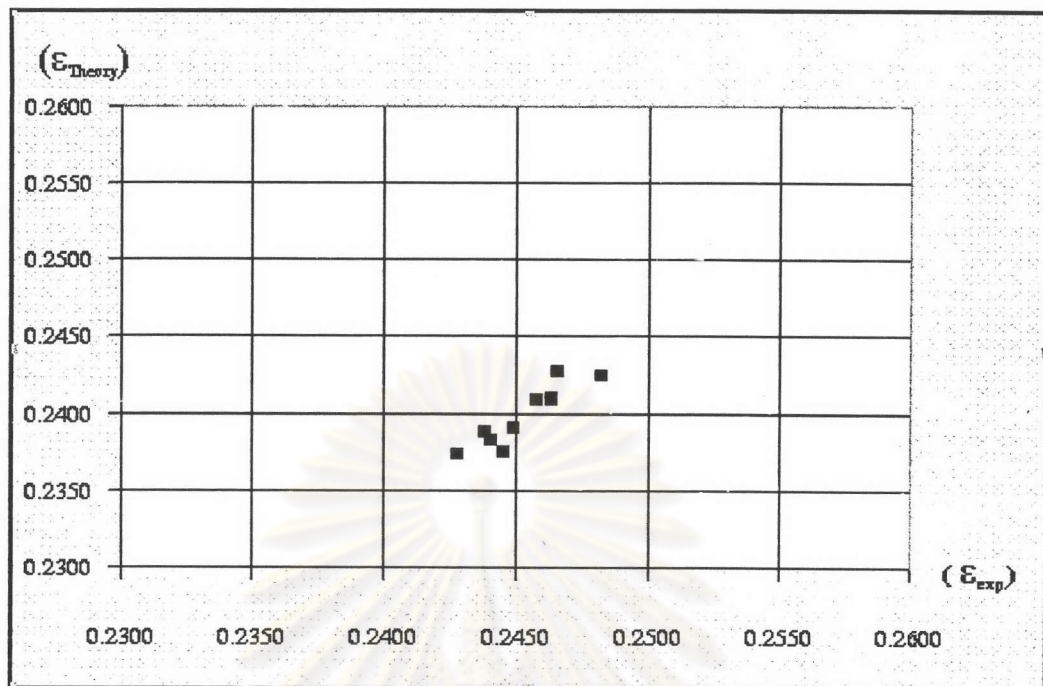
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดจำกัดความเครียดของเหล็กแผ่นโดยทฤษฎีของ ฮิลล์ และโดยการทดลอง



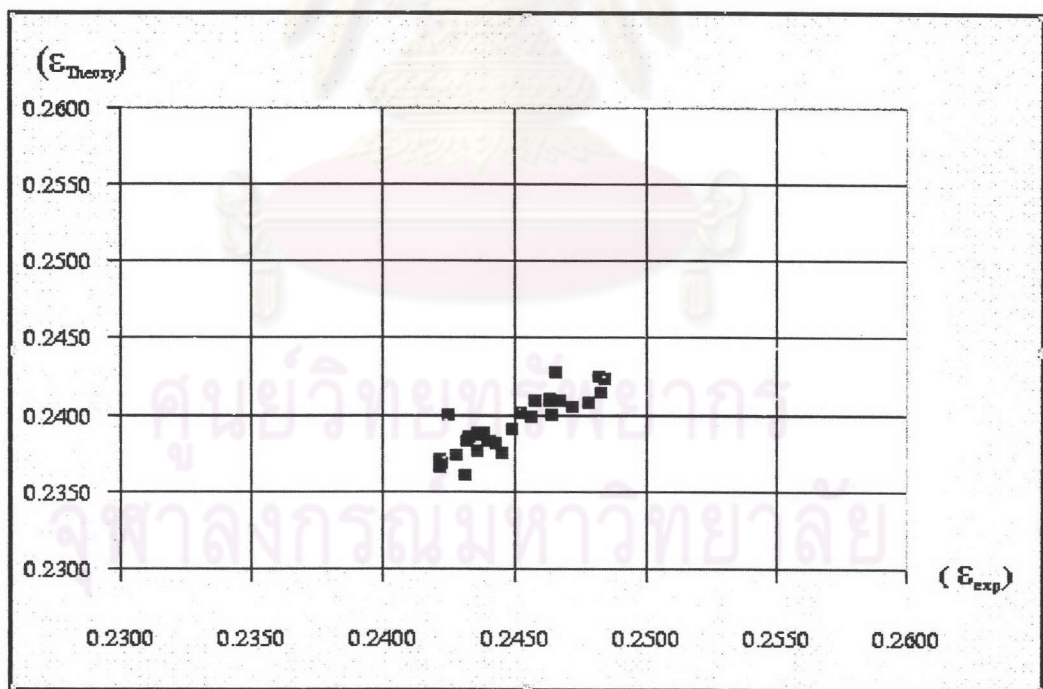
ภาพที่ 14 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างทางทฤษฎีของฮิลล์กับการทดลองชุด A



ภาพที่ 15 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างทางทฤษฎีของฮิลล์กับการทดลองชุด B



ภาพที่ 16 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเค้นระหว่างทางทฤษฎีของฮิลล์กับการทดลองชุด C



ภาพที่ 17 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเค้นระหว่างทางทฤษฎีของฮิลล์กับการทดลอง ของชุด การทดลอง A , B และ C

จากภาพที่ 14 ถึงภาพที่ 16 เป็นการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างทางทฤษฎีกับการทดลอง เริ่มตั้งแต่ชุดการทดลอง A , B และ C ตามลำดับ จากภาพจะเห็นว่ากราฟมีความสัมพันธ์กัน เพราะว่าการกระจายของข้อมูลมีการกระจายแบบมีทิศทาง และมีแนวโน้มว่าจะเป็นแบบเชิงเส้น

เพื่อที่จะเป็นการยืนยันว่าค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างทางทฤษฎีกับการทดลองมีความสัมพันธ์กันจริง จึงได้นำข้อมูลทั้งชุดการทดลอง A , B และ C มารวมไว้ในกราฟเดียวกันคือภาพที่ 17 และใช้วิธีการสร้างแบบจำลองทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมุติฐานว่าขีดจำกัดความเครียดที่ได้จากทางทฤษฎี และที่ได้จากการทดลอง มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ดังนี้

สมมุติฐานว่าง (H_0) : ขีดจำกัดความเครียดจากทางทฤษฎีและจากการทดลองไม่มีความสัมพันธ์กัน ($\rho = 0$)

สมมุติฐานรอง (H_1) : ขีดจำกัดความเครียดจากทางทฤษฎีและจากการทดลองมีความสัมพันธ์กัน ($\rho \neq 0$)

ในการทดสอบสมมุติฐานข้างต้น ค่าความผิดพลาดแบบที่หนึ่ง (α) ที่เลือกใช้คือ 0.01 หรือ 1% แบบจำลองการกระจายของข้อมูลที่ใช้คือ การกระจายแบบที (t-test) ที่มีองศาความอิสระเท่ากับ (30-2) และเนื่องจากสมมุติฐานที่ใช้เป็นแบบมีหรือ ไม่มีความสัมพันธ์กัน การทดสอบจึงเป็นแบบการทดสอบสองด้าน

ตารางที่ 16 แสดงค่าที่ได้จากทางสถิติของขีดจำกัดความเครียด ระหว่างทางทฤษฎีและการทดลอง

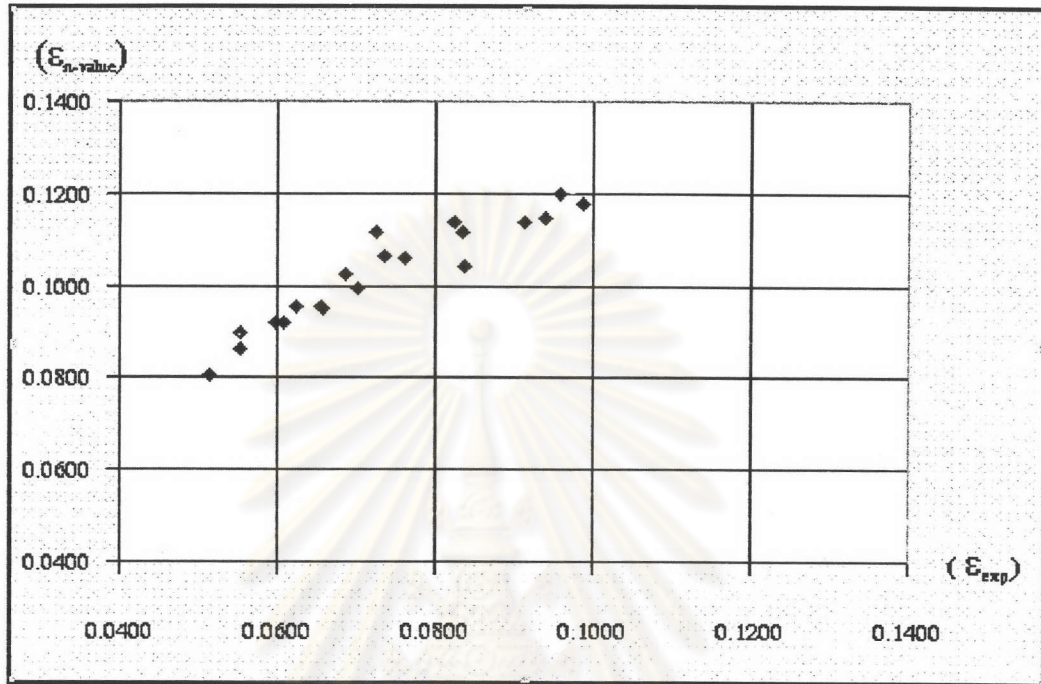
ผลต่างของค่าเฉลี่ย เทียบกับการทดลอง	สัมประสิทธิ์สห สัมพันธ์	ค่าที่วิกฤตทางซ้าย	ค่าที่วิกฤตทางขวา	ค่าที่ของชุดทดลอง
-0.0056	0.8733	-2.76	+2.76	+9.15

จากตารางที่ 15 สามารถสรุปได้ว่าในทางสถิติแล้ว ปฏิเสธสมมุติฐานว่าง (H_0) และยอมรับสมมุติฐานรอง (H_1) คือ ขีดจำกัดความเครียดจากทางทฤษฎีและจากการทดลองมีความสัมพันธ์กัน ($\rho \neq 0$) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

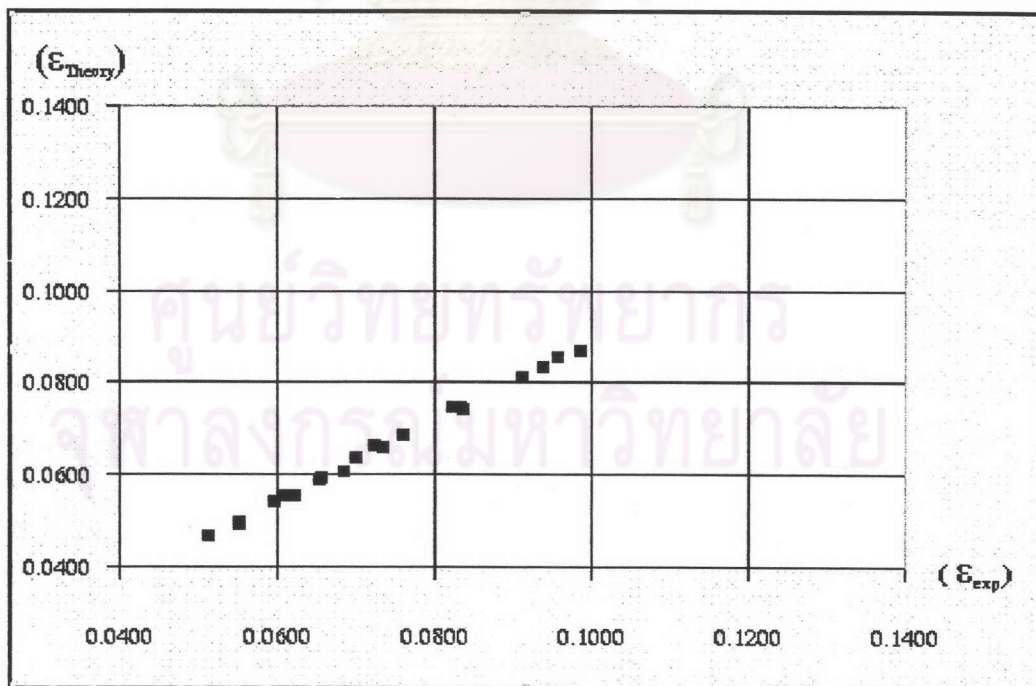
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดจำกัดความเครียดของอลูมิเนียมแผ่นที่ได้จากค่า n และที่ได้จากทางทฤษฎี โดยเปรียบเทียบกับการทดลอง



ภาพที่ 18 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างค่า n กับการทดลองของชุดการทดลอง D



ภาพที่ 19 กราฟแสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างทางทฤษฎีของซิลล์กับการทดลอง ของชุดการทดลอง B

จากภาพที่ 18 แสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างค่า n กับการทดลอง ของอลูมิเนียมแผ่น AA1100 ในชุดการทดลอง D. จากกราฟนี้อาจจะมองดูเหมือนกับว่าค่าขีดจำกัดความเครียดที่คำนวณจากค่า n มีความสัมพันธ์กับค่าขีดจำกัดความเครียดที่ได้จากการทดลอง แต่จริงๆแล้วแผ่นอลูมิเนียมที่นำมาทดลองมีการเปลี่ยนแปลงของค่าขีดจำกัดความเครียดอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มนี้ทำให้ค่าที่ได้จากแบบจำลอง n มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย (เหล็กแผ่นของชุดการทดลอง A , B และ C เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบสุ่ม สังเกตได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในแต่ละชุด)

จากภาพที่ 19 แสดงการกระจายค่าขีดจำกัดความเครียดระหว่างทางทฤษฎีของฮิลล์กับการทดลอง ของอลูมิเนียมแผ่น AA1100 ในชุดการทดลอง D จากกราฟนี้แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกับภาพที่ 18 แต่หากมองอย่างเปรียบเทียบแล้ว กราฟในภาพที่ 19 เกือบจะเป็นเส้นตรงในขณะที่กราฟในภาพที่ 18 กลับมีการกระจายมากกว่า

ดังได้กล่าวไว้ตั้งแต่ในบทนำว่า ในอลูมิเนียมแผ่นมีการเบี่ยงเบนของค่าขีดจำกัดความเครียดกับค่า Strain-Hardening Exponent , n อย่างมีนัยสำคัญ การทดลองชุดนี้จึงเป็นการยืนยันค่ากล่าวดังกล่าวได้ โดยหากพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าขีดจำกัดความเครียดที่ได้จากการทดลอง , ค่า n และ ค่าที่ได้จากทฤษฎีของฮิลล์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0733 , 0.1025 และ 0.0656 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ ของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด (Flow Curve) โดยใช้ Conventional n-th Power Law Approximation และความสัมพันธ์ทางทฤษฎีของฮิลล์

จากสมการที่ 33 สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดได้ ในรูปแบบของ Conventional n-Th. Power Law Approximation ได้ดังนี้

$$\underline{\sigma} = C \underline{\epsilon}^n \quad (\text{สมการที่ 38})$$

โดยที่ C เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการ Integrate สมการที่ 33

และจากสมการที่ 31 สามารถหาสมการพหุนามกำลังสี่ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมความเค้นกับความเครียดได้ จากความสัมพันธ์นี้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดได้ดังนี้

$$\ln(\underline{\sigma}) = C_1 \underline{\epsilon}^4 + C_2 \underline{\epsilon}^3 + C_3 \underline{\epsilon}^2 + C_4 \underline{\epsilon} + C_5 = f(\underline{\epsilon}) \quad (\text{สมการที่ 39})$$

$$\underline{\sigma} = \text{Exp}(f(\underline{\epsilon})) \quad (\text{สมการที่ 40})$$

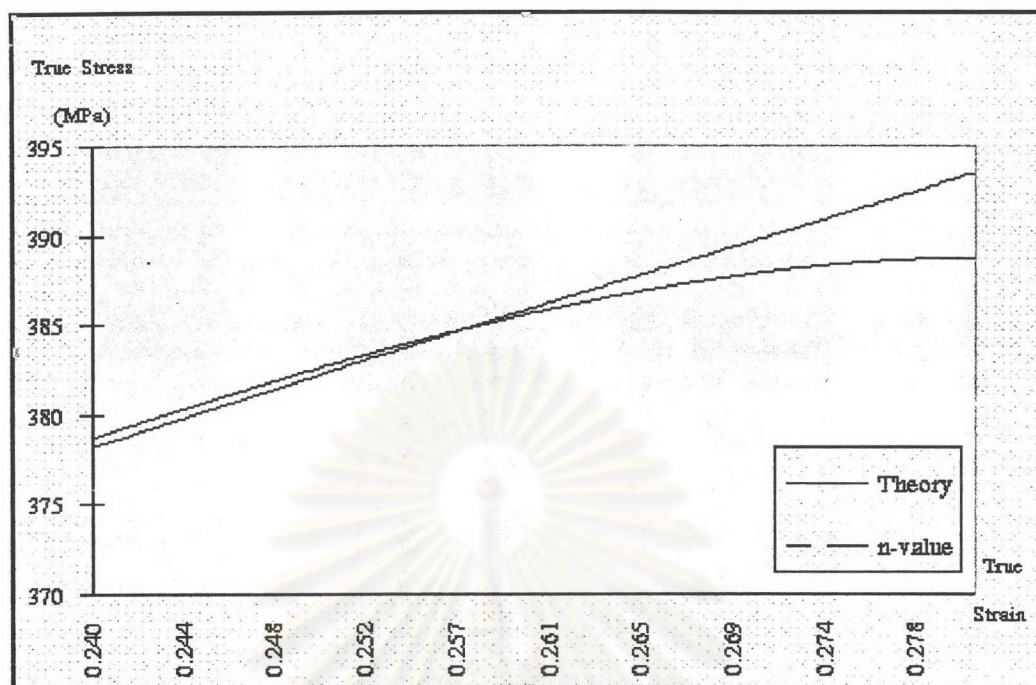
โดยที่ C1 , C2 ,C3 , C4 และ C5 เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการทำการทดสอบ

$f(\underline{\epsilon})$ แทนฟังก์ชันของสมการพหุนามกำลังสี่

เมื่อนำสมการที่ 38 และ 40 มาทำการเขียนกราฟ เพื่อเปรียบเทียบกันพบว่า กราฟที่ได้จะเป็นดังเช่นภาพที่ 20 ซึ่งใช้ชิ้นงาน AL01 ของชุดการทดลอง A เป็นตัวแทนของเหล็กแผ่น SPCC-SD

จากกราฟในภาพที่ 20 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด โดยใช้สมการ Conventional n-Th. Power Law Approximation และใช้สมการที่ได้จากความสัมพันธ์ทางทฤษฎีของฮิลล์ จากกราฟนี้จะสังเกตเห็นได้ว่า ในช่วงที่ยังไม่ใกล้กับจุดที่เกิดคอคอด เส้นกราฟทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันมาก

ช่วงที่เข้าใกล้กับจุดที่เกิดคอคอด ปรากฏว่าเส้นกราฟของสมการความสัมพันธ์ทั้งสองแบบ มีการเบี่ยงเบนออกจากกันอย่างเห็นได้ชัด โดยเส้นกราฟที่ได้จากสมการ Conventional n-Th. Power Law Approximation พบว่าความชันมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่สมการที่ได้จากความสัมพันธ์ทางทฤษฎีของฮิลล์กลับพบว่าความชันมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างรวดเร็วกว่าเดิม



ภาพที่ 20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ ของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด (Flow Curve) โดยใช้ 1.) Conventional n-Th. Power Law Approximation และ 2.) ความสัมพันธ์ทางทฤษฎีของ ฮิลล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย