บทที่ 1

บทนำ

จุดประสงค์ในการทำวิจัย

เพื่อพิจารณาแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของอายุความล้า(fatigue life) ของวัสดุเหล็กเพลาขาว(cold finished steel bars)เมื่อตกอยู่ภายใต้ภาระเกินพิกัดซึ่งกระทำซึ่งมีลักษณะเป็นคาบ(periodic overloading)โดยการทดสอบ

ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยประกอบด้วย

-การทดสอบทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานเบื้องต้นในทางกลศาสตร์การแตกหักที่เกี่ยวข้องอันได้แก่ fracture toughness(K_{IC}) ของวัสดุเหล็กเพลาขาว

-การทดสอบอายุความล้า (fatigue life) ของวัสดุเหล็กเพลาขาวภายใต้ภาระเปลี่ยนแปลงซึ่งมีขนาดคงที่(constant amplitude variable loading)

-การทดสอบอายุความล้าของวัสดุเหล็กเพลาขาวภายใต้ภาระเกินพิกัดซึ่งกระทำด้วยคาบคงที่(periodic overloading) และทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์ถึงผลที่เกิดขึ้น

สมมุติฐานในการทำวิจัย

การศึกษาวิจัยกระทำโดยอาศัยพื้นฐานของโลหะกายภาพวิทยา(physical metallurgy)ที่ว่าจะเกิดความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน(inhomogenities)ขึ้นภายในเนื้อวัสดุเสมอซึ่งในทางกลศาสตร์ของการแตกหักเชิงเส้น(Linear Elastic Fracture Mechanics,LEFM) ถือว่าเป็นจุดกำเนิดของรอยร้าวประเภทหนึ่ง หรือสามารถตั้งสมมุติฐานในเบื้องต้นได้ว่าในวัสดุชิ้นงานทุกชนิดจะประกอบด้วยรอยร้าวอยู่เสมอ โดยอาจจะมีลักษณะเป็นรอยร้าวขนาดเล็ก(microcrack) หรืออาจจะเป็นรอยร้าวขนาดใหญ่ (macrocrack)จนกระทั่งสังเกตุได้และทำการวิเคราะห์โดยใช้แนวทางการวิเคราะห์ของกลศาสตร์ของการแตกหักเชิงเส้นซึ่งเป็นวิชาที่กล่าวถึงการวิเคราะห์สภาวะของความเค้นในวัสดุที่มีรอยร้าวและการเติบโตของรอยร้าว(crack growth)ภายใต้ภาระที่มากระทำ

ที่มาของปัญหาในการทำวิจัย

ในปัจจุบันในการใช้งานของชิ้นส่วนและโครงสร้างทางวิศวกรรมโดยทั่วไปมักจะมีการบำรุงรักษาและป้องกันความเสียหายไม่ให้เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียหายที่เกิดขึ้นในเบื้องต้นซึ่งเราไม่ได้คาดคิดอาจจะนำไปสู่ความเสียหายต่อเนื่องซึ่งมีความรุนแรงกว่าเป็นหลายเท่าได้ตัวอย่างเช่นความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเพลาที่ใช้ในเครื่องจักรหมุน(rotating machinery) อาจทำให้การผลิตต้องหยุดชะงัก และเกิดการสูญเสียในเชิงของการผลิต ฯลฯ การป้องกันความเสียหายโดย การคาดการณ์และป้องกันความเสียหาย(predictive & preventive maintenance) เป็นวิธีที่นิยมกันมากและมีมากมายหลายวิธี เช่น วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย(non-destructive testing,NDT) หรือ vibration monitoring ฯลฯ

นอกจากวิธีการดังกล่าวแล้วมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องเข้าใจและสามารถคาดการณ์ถึงพฤติกรรมของความเสียหายที่จะเกิดขึ้น ลักษณะของจุดกำเนิดของความเสียหายที่พบมากคือรอยร้าว(crack) ซึ่งNDTจะช่วยในการตรวจสอบรอยร้าวแต่จะไม่ได้บอกให้ทราบถึงพฤติกรรม การเติบโตรอยร้าว(crack growth behavior) ในปัจจุบันวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากคือแนวทางของกลศาสตร์ของการแตกหักเชิงเส้น(LEFM approach)

ในการใช้งานของชิ้นส่วนต่างๆทางวิศวกรรมมักจะถูกกระทำด้วยภาระซึ่งมีขนาดเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอแม้ว่าชิ้นงานส่วนมากมักจะถูกออกแบบให้ทำงานที่สภาวะคงที่(steady state) ก็ตาม การแปรเปลี่ยนของภาระที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานนี้ก็เสมือนกับว่าชิ้นงานนั้นจะตกอยู่ภายใต้ภาระความล้า(fatigue loading) ซึ่งสามารถนำไปสู่ความเสียหายของชิ้นงานนั้นได้ และจากแนวความคิดอันนี้จึงทำให้มีความสนใจในการทำวิจัยในหัวข้อของการวิเคราะห์อายุความล้า (fatigue life) ของวัสดุเหล็กเพลาขาว(cold-finished steel bars,AISI 4140) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ทำเพลาส่วนใหญ่ภายใต้ภาระเกินพิกัด(overloading)เกิดขึ้น โดยเน้นไปที่การศึกษาลักษณะของภาระเปลี่ยนแปลงที่เป็นภาระเกินพิกัดที่กระทำเป็นคาบ(periodic overloading) ในเบื้องต้น

ขั้นตอนในการทำวิจัย

ขั้นตอนของการวิจัยแบ่งได้ดังนี้ (รายละเอียดได้กล่าวไว้ใน บทที่ 2 บทที่ 3 และบทที่4)

1. ทำการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องในการคาดการณ์ความเสียหายอันได้แก่ fracture toughness(K_{IC}) ของวัสดุเหล็กเพลาขาว(cold-finished steel bars)

2.ทำการทดสอบอายุความล้าของวัสดุเหล็กเพลาขาวภายใต้ภาระเปลี่ยนแปลงซึ่งมีขนาดคงที่(constant amplitude variable loading)

3.ทำการทดสอบอายุความล้าของวัสดุเหล็กเพลาขาวภายใต้ภาระเกินพิกัดซึ่งกระทำด้วยคาบคงที่(periodic overloading)

4.ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ถึงผลที่เกิดขึ้น(รายละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 5)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

การวิจัยทั้งหมดกระทำในห้องทดสอบบริเวณชั้น 1 ของตึกฮันส์ ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้เครื่องทดสอบ hydraulic servo fatigue tester ของ Saginomiya และอุปกรณ์อื่นๆซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.Hydraulic servo fatigue tester(Saginomiya)ในการวิจัยได้ใช้อุปกรณ์นี้เพื่อ

-การสร้างรอยร้าว(precrack)โดยใช้ภาระความล้า(fatigue loading)

-การทดสอบ fracture toughness(K_{IC})

-การสร้างภาระความล้าขนาด(amplitude)ต่างๆเพื่อใช้ในการทดสอบอัตราการเติบโตของรอยร้าว

เครื่องมือนี้ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 4 ส่วน(ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ถึง 1.4)คือ

ส่วนที่ 1 คือ main controller (รูปที่ 1.1)

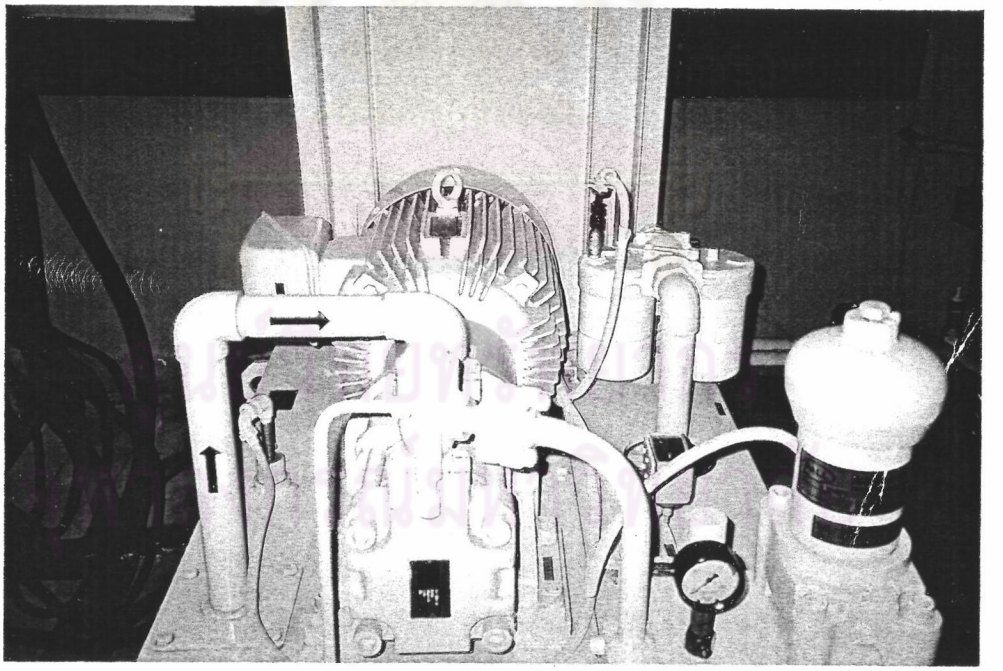
ส่วนที่ 2 คือ hydraulic power supply (รูปที่ 1.2)

ส่วนที่ 3 คือ actuator และ grip device (รูปที่ 1.3)

ส่วนที่ 4 คือ i/o interface และ computer system (รูปที่ 1.4)

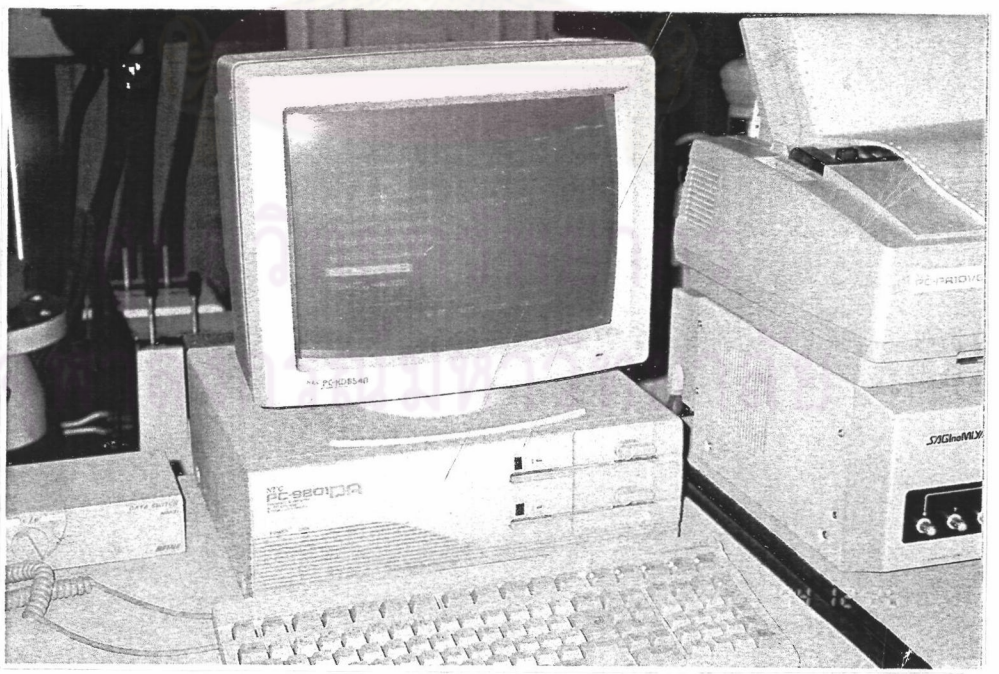
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1.1 ส่วนที่ 1 คือ main controller



รูปที่ 1.2 ส่วนที่ 2 คือ hydraulic power supply

รูปที่ 1.3 ส่วนที่ 3 คือ actuator และ grip devices



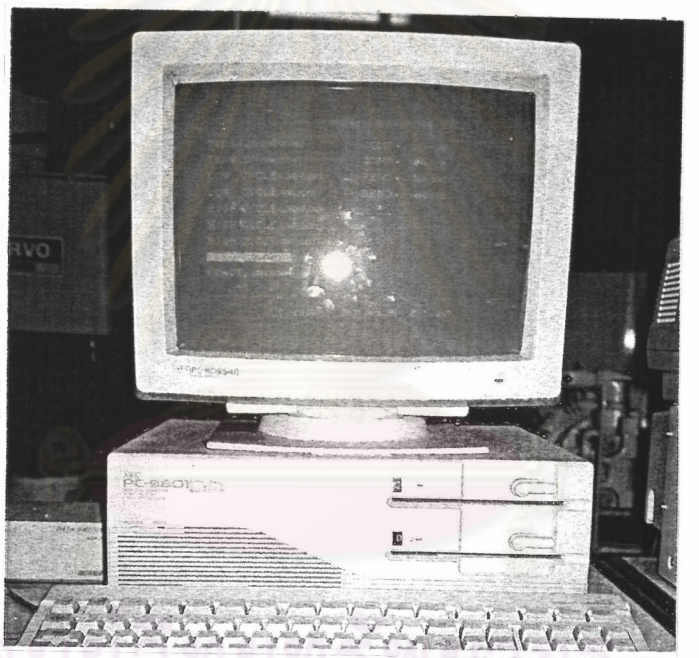
รูปที่ 1.4 ส่วนที่ 4 คือ i/o interface และ computer system

คุณสมบัติของ servo fatigue tester สรุปได้ดังนี้

- สามารถสร้างภาระที่มีรูปแบบต่างๆ เช่นคลื่นรูปซายน์(sine wave) คลื่นรูปสี่เหลี่ยม (square wave) คลื่นรูปสามเหลี่ยม(triangle wave) และคลื่นรูปแรมพ์(ramp wave) เพื่อให้สอดคล้องตามสภาวะที่ต้องการทดสอบ

- สามารถสร้างภาระที่มีความถี่ต่างๆได้ตั้งแต่ 0.001 Hz ถึง 150 Hz

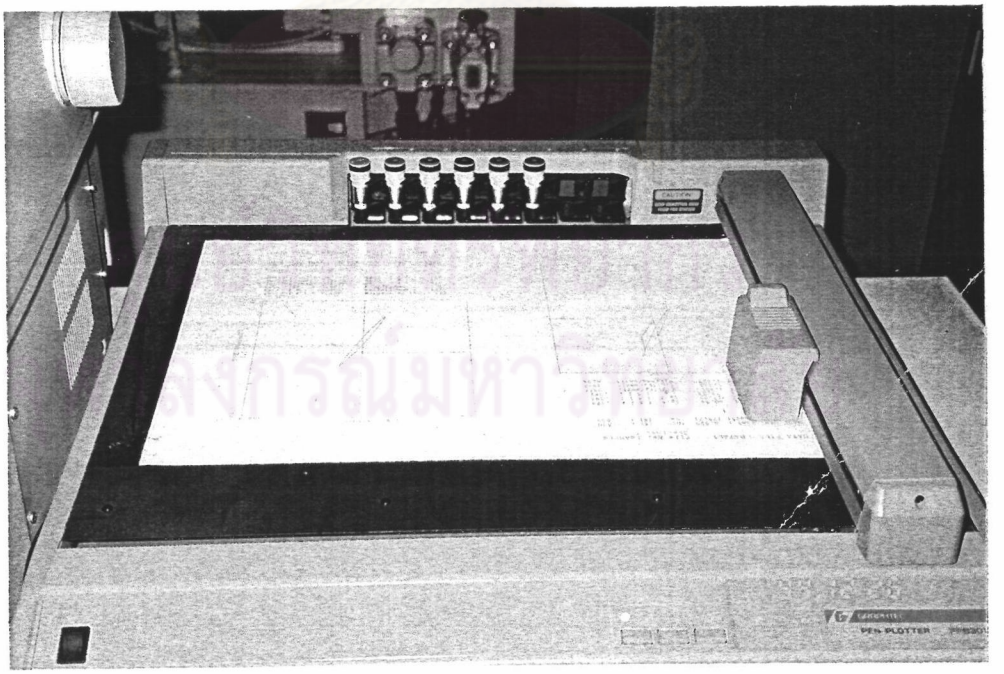
- สามารถทำการทดสอบโดยใช้การควบคุมร่วมจาก computer system ได้ซึ่งมีหลายโปรแกรมที่ช่วยในการทดสอบดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงโปรแกรมที่ช่วยในการทดสอบ

- สามารถทำการทดสอบและวัดค่าได้อย่างรวดเร็วจาก main controller และมีการแสดงผลออกทางจอภาพและเครื่องพิมพ์ดังรูปที่ 1.6

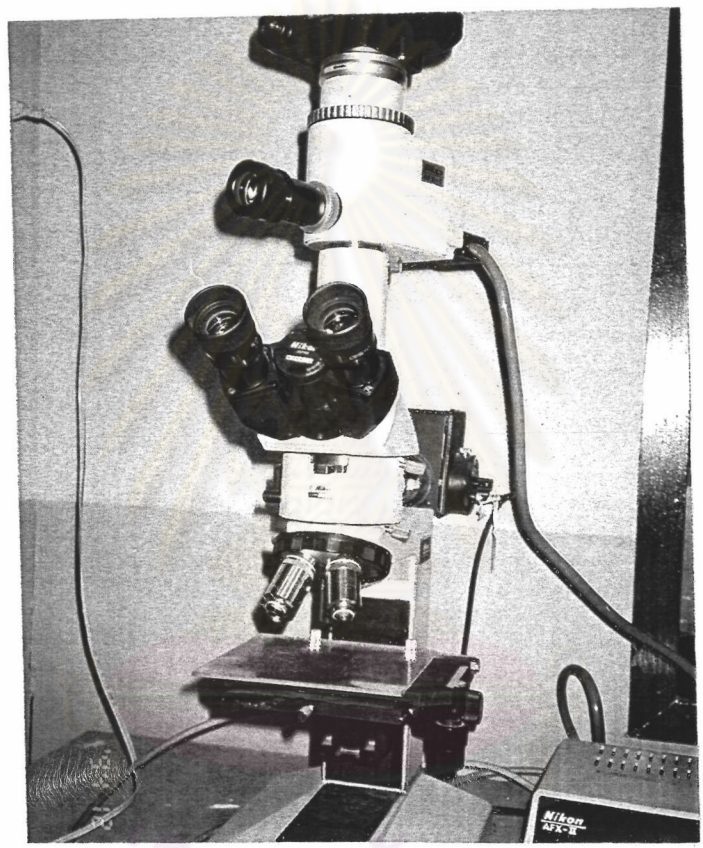
รูปที่ 1.6 การแสดงผลลัพธ์ทางเครื่องพิมพ์(printer)



รูปที่ 1.7 การแสดงผลลัพธ์จากเครื่องพล็อต(plotter)

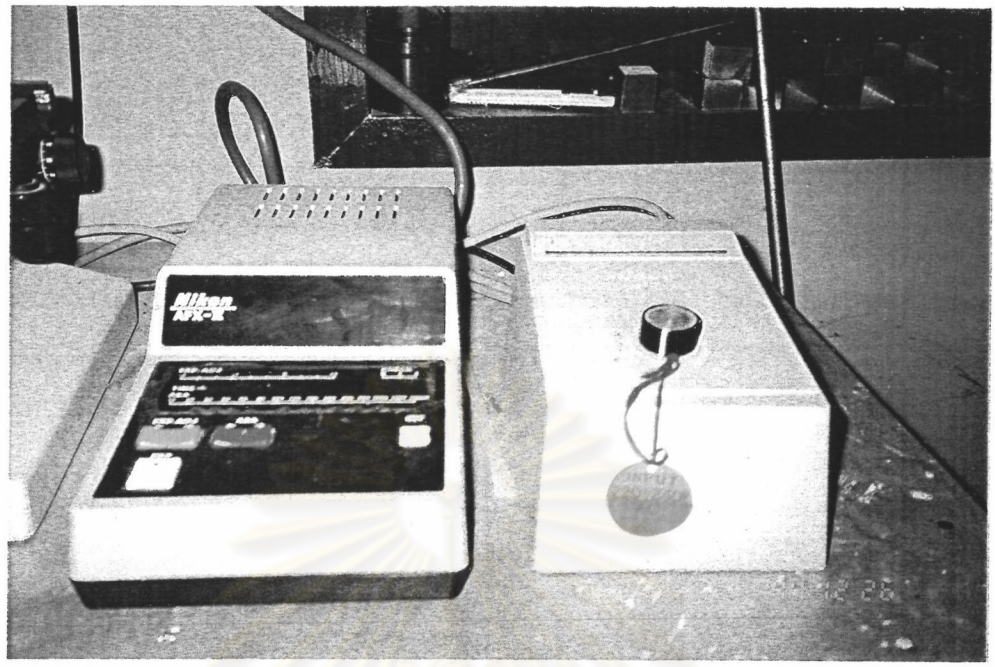
2.กล้อง microscope

ใช้ในการตรวจวัดความยาวของรอยร้าวซึ่งสามารถขยายได้ถึง 1000 เท่าและยังใช้บันทึกรูปภาพเพื่อช่วยให้สามารถนำผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ส่วนประกอบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 กล้อง microscope

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพจากกล้อง microscope

ผลการวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากผลการวิจัยจะสามารถทำให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของ วัสดุเหล็กเพลาขาวภายใต้สภาวะของภาระเปลี่ยนแปลงซึ่งมีขนาดคงที่และภายใต้ภาระเปลี่ยนแปลงโดยมีภาระเกินพิกัดกระทำเป็นคาบได้ และช่วยให้สามารถคาดการณ์โดยประมาณถึงระยะเวลาของความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการตรวจพบรอยร้าวที่ความยาวค่าหนึ่งของวัสดุเหล็กเพลาขาวซึ่งเป็นแนวทางในการกำหนดการซ่อมบำรุงชิ้นงานที่ทำด้วยวัสดุเหล็กเพลาขาวอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ถ้าการบำรุงรักษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้วก็จะนำไปสู่ความปลอดภัยต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นซึ่งทำให้การใช้ทรัพยากรทั้งบุคคลากร ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลเป็นไปอย่างคุ้มค่าซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งในกระบวนการผลิตซึ่งมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยทางกลศาสตร์การแตกหักในประเทศไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้นต่อไป