

บทที่ 13

การทดสอบแรงการล้า (Fatigue Testing)

1. บทนำ (introduction)

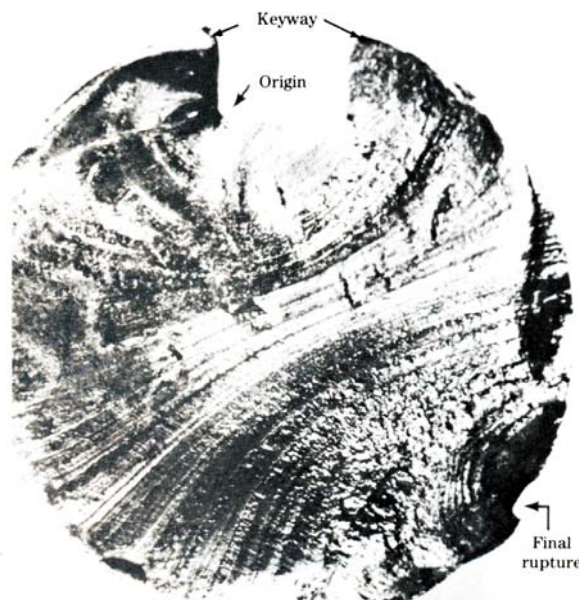
ชิ้นส่วน โครงสร้างส่วนใหญ่ต้องรับน้ำหนักหลายแบบทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนของแรงเค้นที่กระทำในชิ้นส่วนเหล่านั้น และถ้าปริมาณการปรับเปลี่ยนแรงเค้นมีมากพอแม้จะมีขนาดต่ำกว่าความแข็งแรงปกติก็สามารถทำให้วัสดุเกิดการแตกหักได้ การรับแรงเค้นแบบซ้ำๆ ด้วยจำนวนครั้งที่มาพอ เช่น การค้ำงอเส้นลวด กล่าวคือการค้ำงอเส้นลวดเพียงครั้งเดียวไม่อาจทำให้เส้นลวดขาดได้ แต่ถ้าทำการพับงอหลายๆ รอบจะทำให้เส้นลวดขาดออกจากกันได้ อันเนื่องจากการล้าของวัสดุ โดยเทอมที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบการล้าของวัสดุจะอยู่ในมาตรฐาน ASTM E 616

2. ทฤษฎีและเครื่องมือทดสอบ

การล้าเป็นความเสียหายของวัสดุจากการรับแรงเค้นแบบซ้ำหรือแบบเวียนรอบจำนวนรอบของการรับแรงที่ทำให้วัสดุแตกหักจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงเค้นที่กระทำและเงื่อนไขอื่นๆที่กระทำกับวัสดุ เช่น การค้ำงอเส้นลวดจนแตกหักด้วยอัตราเร็วค่าหนึ่งพบว่าต้องทำการค้ำงอนานกว่าด้วยจำนวนครั้งที่มาพอเมื่อเทียบกับการค้ำงอเส้นลวดเดียวกันด้วยอัตราการค้ำงอที่เร็วขึ้นเป็นสองเท่า นั่นคือแม้จะใช้แรงเค้นเท่ากันแต่ถ้าเพิ่มอัตราเร็วและองศาของการค้ำงอจะทำให้วัสดุแตกหักเร็วขึ้น โดยไม่เกี่ยวข้องกับขนาดของแรงเค้นที่กระทำ

ชิ้นส่วนโลหะหลายประเภทที่นำไปใช้เพื่อการรับแรงเค้นแบบหมุนรอบหรือแบบซ้ำๆ เกิดความเสียหายที่แรงเค้นต่ำกว่าแรงเค้นปกติที่สามารถรับได้อย่างมาก ความเสียหายเหล่านี้ที่เกิดขึ้นภายใต้การรับแรงเค้นแบบหมุนรอบหรือแบบซ้ำๆ เรียกว่าความเสียหายจากการล้า (fatigue failures) ยกตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีความเสียหายจากการล้าได้แก่

ความเสียหายจากการล้าของเพลาลูกที่มีร่องบากดังรูปที่ 13.1 ปกติความเสียหายจากการล้าจะเริ่มเกิดที่จุดศูนย์รวมแรงเค้นเช่นส่วนที่เป็นมุมหรือร่องบากหรือบริเวณที่มีตำหนิหรือมีสิ่งเจือปนทางโลหะวิทยา จากจุดเริ่มแตกรอยแตกจะลุกลามไปยังด้านตรงข้ามของชิ้นส่วนภายใต้การหมุนหรือการรับแรงเค้นแบบซ้ำๆ ในระหว่างขั้นตอนนี้ของกระบวนการล้า บริเวณที่จับยึด (clamshell) หรือบริเวณขอบรอยบาก (beach mark) ของชิ้นส่วนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น สุดท้ายบริเวณที่เป็นพื้นที่หน้าตัดจะลดน้อยลงจนไม่สามารถรับแรงเค้นได้อีก จากนั้นชิ้นส่วนจะเกิดการแตกหักอย่างสมบูรณ์ โดยปกติพื้นผิวรอยแตกมีสองบริเวณที่ต่างกัน กล่าวคือบริเวณที่มีผิวเรียบซึ่งเกิดจากการขัดสีกันของผิวรอยแตกเริ่มต้น ดังรูปที่ 13.2 กลายเป็นรอยแตกลุกลามไปทั่วหน้าตัด และอีกบริเวณหนึ่งเป็นบริเวณพื้นผิวที่ขรุขระซึ่งเกิดจากการแตกหักของพื้นที่หน้าตัดที่เหลือรับแรงเค้นที่สูงเกินไปกว่าจะรับได้ ในรูปที่ 13.1 รอยแตกจากการล้าจะลุกลามตลอดพื้นที่หน้าตัดก่อนเกิดการแตกหักในท้ายที่สุด



รูปที่ 13.1 พื้นผิวการแตกหักจากการล้าของเหล็กกล้า 1040 (2x)

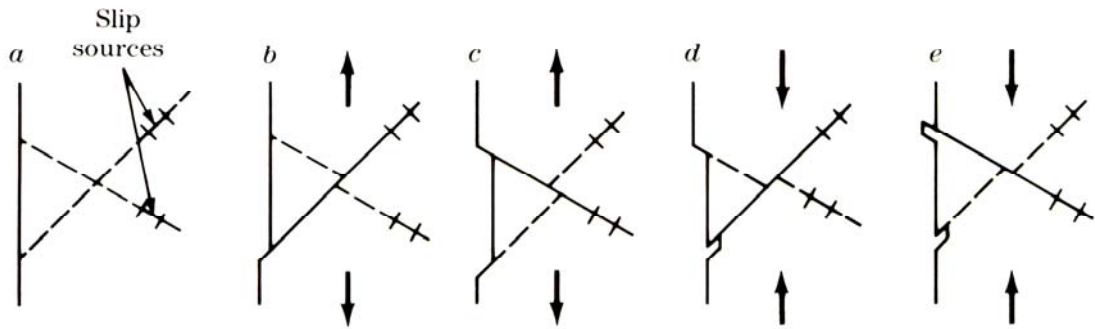


รูปที่ 13.2 พื้นผิวเรียบจากการขัดสีของรอยแตกเริ่มต้น

ชิ้นส่วนตะขอรถเครน ชิ้นส่วนเครื่องจักรและผิวของเครื่องบินจะเกิดการแตกหักเสียหายจากการรับแรงเค้นแบบเวียนรอบ ปกติแรงเค้นที่เกิดเฉพาะบริเวณเหล่านี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอย่างถาวร ภายในชิ้นงาน ตลอดจนเกิดรอยร้าวและแตกหักหลังจากรับแรงสลับไปมาจำนวนหนึ่ง โดยเริ่มแรกจะเกิดรอยร้าวจากนั้นแรงเค้นที่เกิดขึ้นรอบรอยร้าว จะทำให้วัสดุแตกหัก โดยเฉพาะในวัสดุเปราะภายใต้แรงเค้นดึงจะทำให้เกิดความเข้มข้นแรงเค้นที่บริเวณปลายของรอยร้าวทำให้รอยร้าวลุกลามจนชิ้นงานแตกหัก ช่วงที่รอยร้าวลุกลามวัสดุจะมีความเครียดแบบถาวร ความเสียหายจากการฉีกส่วนใหญ่มักเริ่มจากรอยแตกขนาดเล็ก (microscopic cracks) ซึ่งเกิดการลุกลามและขยายตัวจากแรงเค้นที่สะสมเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกินจุดแตกหักของวัสดุ รอยร้าวเหล่านี้มักเกิดจากแนวการเลื่อน (slip lines) ซึ่งเกิดขึ้นในวัสดุจากการรับแรงเค้นแบบซ้ำๆ และเกิดจากดิสโลเคชันขนาดเล็ก โดยมีความบกพร่องเช่นรอยขีดข่วนที่พื้นผิว ร่องบาก สิ่งเจือปน และจุดบกพร่องอื่นๆ เป็นจุดกำเนิดของรอยร้าว

การนำชิ้นงานโลหะเหนียวเนื้อเดียวกันไปรับแรงเค้นแบบหมุนรอบจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานในระหว่างกระบวนการลำดังนี้

1. การเกิดจุดเริ่มต้นของรอยแตกหัก เป็นขั้นเริ่มต้นของการเสียหายจากการฉีก
2. การเติบโตของรอยแตกในรูปของแถบการเลื่อน จุดเริ่มต้นของรอยแตกที่เกิดจากการเสียรูปถาวรมาจากกระบวนการที่ไม่สามารถเกิดการเสียรูปย้อนรอยเดิมได้อย่างสมบูรณ์ การเสียรูปถาวรในทิศทางหนึ่งแล้วเกิดสลับในทิศทางกลับกันเป็นเหตุทำให้พื้นผิวเกิดสันและร่อง เรียกว่าการขับออกของแถบการเลื่อน (slipband extrusion) และการยุบเข้าของแถบการเลื่อน (slipband intrusion) เกิดขึ้นบนพื้นผิวของชิ้นทดสอบโลหะ (รูปที่ 13.3) เช่นเดียวกับความเสียหายที่เกิดขึ้นในโลหะตลอดแถบการเลื่อนที่เกิดขึ้น ความไม่สม่ำเสมอของพื้นผิวและความเสียหายตลอดแถบการเลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นเหตุทำให้เกิดรอยแตกที่บริเวณพื้นผิวหรือที่บริเวณใกล้พื้นผิว ซึ่งจะลุกลามเข้าไปในชิ้นทดสอบตลอดระยะนาบที่ได้รับแรงเค้นเนื่องสูงขั้นนี้เรียกว่าการเติบโตขั้นที่หนึ่ง (stage I) ของรอยแตกจากการฉีกและอัตราการเติบโตของรอยแตกโดยปกติจะช้ามาก ประมาณ 10^{-10} m/cycle



รูปที่ 13.3 กลไกในการเกิดการขับออกและการยุบเข้าของแถบการเลื่อน

3. การเติบโตของรอยแตกบนระนาบที่ได้รับความเค้นเฉือนสูง ในระหว่างขั้นที่หนึ่ง รอยแตกอาจเติบโตในโลหะหลายผลึกแต่จะมีขนาดเพียงสองถึงสามเกรนเท่านั้น ก่อนที่จะเปลี่ยนทิศทางไปในทิศตั้งฉากกับแรงเค้นดึงสูงสุดที่จุดบนชั้นทดสอบโลหะ การเติบโตในขั้นที่สอง (stage II) รอยแตกจะเกิดการลุกลามด้วยอัตราค่อนข้างเร็ว เช่น 10^{-6} m/cycle จากนั้นร่องการล้า (fatigue striation) จะโตขึ้นอย่างต่อเนื่องกลายเป็นรอยแตกขวางพื้นที่หน้าตัดชั้นทดสอบ (รูปที่ 13.1) ร่องการล้าเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ความเสียหายจากการล้าในการกำหนดจุดเริ่มและทิศทางของการลุกลามของรอยแตกจากการล้า

4. ความเสียหายแบบเหนียวสูงสุด (ultimate ductile failure) สุกท้ายเมื่อรอยแตกครอบคลุมพื้นที่มากพอจนหน้าตัดของเนื้อโลหะที่เหลือไม่สามารถรองรับแรงที่กระทำ ชั้นทดสอบจะเกิดการแตกหักแบบเหนียว

ตัวแปรหลักที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงการล้าของโลหะ ความแข็งแรงการล้าของโลหะหรือโลหะผสมนอกจากได้รับผลกระทบจากองค์ประกอบทางเคมีของโลหะแล้วยังได้รับผลกระทบจากตัวแปรอื่นๆ ด้วย ตัวแปรที่สำคัญที่สุดได้แก่

1. จุดรวมแรงเค้น (stress concentration) ความแข็งแรงการล้าจะลดลงอย่างมากถ้ามีจุดสะสมแรงเค้น เช่นรอยบาก ฟองอากาศ ร่องสลักและการเปลี่ยนรูปของหน้าตัด ตัวอย่างเช่น ความเสียหายจากการล้าในรูปที่ 13.1 ซึ่งเริ่มเกิดจากร่องสลักในเพลลาเหล็ก ความเสียหายจากการล้าสามารถลดได้โดยการออกแบบอย่างระมัดระวัง โดยหลีกเลี่ยงรูปทรงที่จะทำให้เกิดการสะสมของแรงเค้น

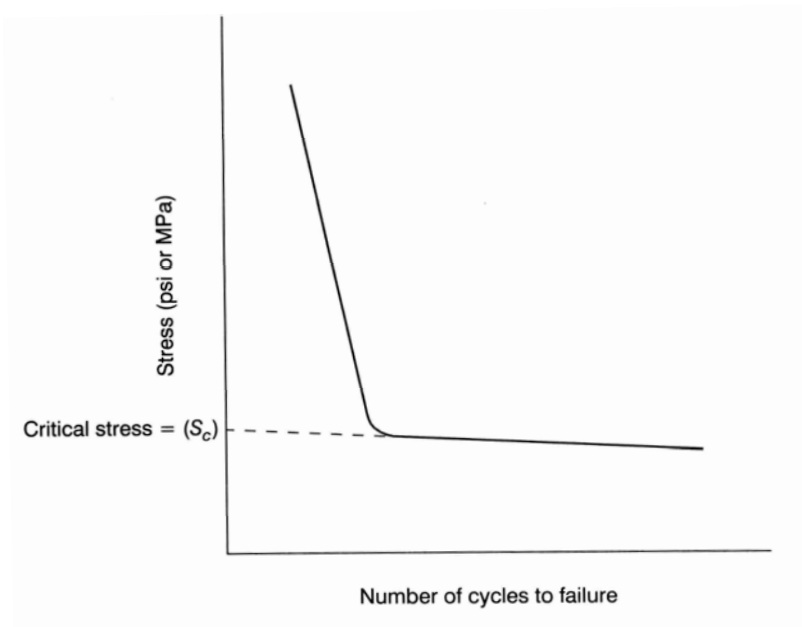
2. ความหยาบของพื้นผิว (surface roughness) ปกติพื้นผิวสุดท้ายของชิ้นทดสอบ โลหะที่มีความเรียบมากกว่ามีความแข็งแรงการล้าที่สูงกว่า เนื่องจากพื้นผิวหยาบจะมีการสะสมแรงเค้นซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการเกิดรอยแตกจากการล้า

3. สภาพของพื้นผิว (surface condition) เนื่องจากความเสียหายจากการล้าสูงสุดเริ่มเกิดที่ผิวของโลหะ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นผิวจึงมีความสำคัญต่อความแข็งแรงการล้าของโลหะ ยกตัวอย่างกระบวนการชุบผิวแข็ง เช่น carburizing และ nitriding ซึ่งจะทำให้พื้นผิวของเหล็กกล้าแข็งขึ้นส่งผลทำให้มีอายุการล้าเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้าม decarburizing จะทำให้พื้นผิวของเหล็กอ่อนลงและมีอายุการล้าลดลง เช่นเดียวกับการทำให้พื้นผิวของโลหะมีแรงเค้นตกค้างโดยการขึ้นรูปจะช่วยเพิ่มอายุการล้าได้

4. สิ่งแวดล้อม (environment) ถ้าโลหะมีการรับแรงเค้นแบบหมุนรอบในสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อน การกัดกร่อนทางเคมีจะเร่งอัตราการลุกลามของรอยแตกจากการล้า การร่วมกันของการกัดกร่อนกับการรับแรงเค้นแบบหมุนรอบของโลหะเรียกว่า การล้าจากการกัดกร่อน (corrosion fatigue)

แรงเค้นที่ทำให้เกิดการแตกหักจากการล้าจะกำหนดจากระดับความแตกต่างและชนิดของแรงเค้น โดยแรงเค้นอาจเป็นแรงเค้นตามแนวแกน แรงเค้นเฉือน บิด หรือดัดงอ ค่าแรงเค้นที่วัสดุเกิดการแตกหักจากการล้าเรียกว่า ความแข็งแรงการล้า (fatigue strength) แรงเค้นจำกัด (limiting stress) หรือแรงเค้นวิกฤติ (critical stress) เป็นแรงเค้นในช่วงที่วัสดุสามารถรับแรงแบบซ้ำๆ โดยไม่แตกหักและไม่ขึ้นกับจำนวนรอบ ซึ่งเรียกว่าขีดจำกัดความทนทาน (endurance limit)

การทดสอบการล้าเป็นการทดสอบแบบระยะยาว บางครั้งอาจเป็นเดือนหรือเป็นปี ปกติการทดสอบการล้าจะไม่ใช้ในกระบวนการควบคุมคุณภาพหรือการตรวจสอบ เนื่องจากต้องใช้เวลาและความพยายามค่อนข้างมากในการจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็น โดยในการทดสอบการล้ามีเครื่องมือหลายชนิดแต่ทุกชนิดมีสองสิ่งที่เหมือนกันคือต้องสามารถนับจำนวนรอบการหมุนอย่างถูกต้องจนกระทั่งชิ้นงานแตกหัก และต้องสามารถบันทึกแรงเค้นที่ทำให้ชิ้นงานแตกหักได้อย่างถูกต้อง ถ้ามีการทดสอบกับชิ้นทดสอบหลายชิ้นด้วยแรงเค้นและ



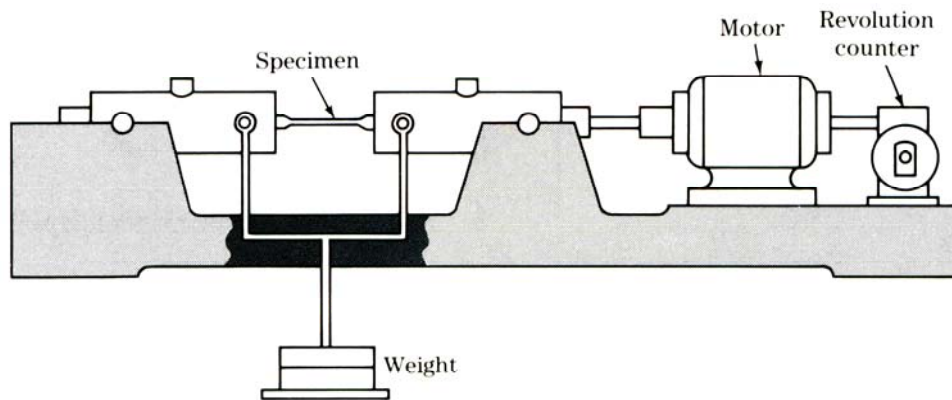
รูปที่ 13.4 กราฟผลการทดสอบการล้า (SN curve)

จากรูปที่ 13.4 จะพบว่าเส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นที่ค่อนข้างตรงสองเส้นมาบรรจบกัน และถ้าทำการลากเส้นกราฟล่างมาตัดกับแกนของแรงเค้นจะทำให้ได้ค่าขีดจำกัดแรงเค้นหรือแรงเค้นวิกฤต (S_c) ของวัสดุ

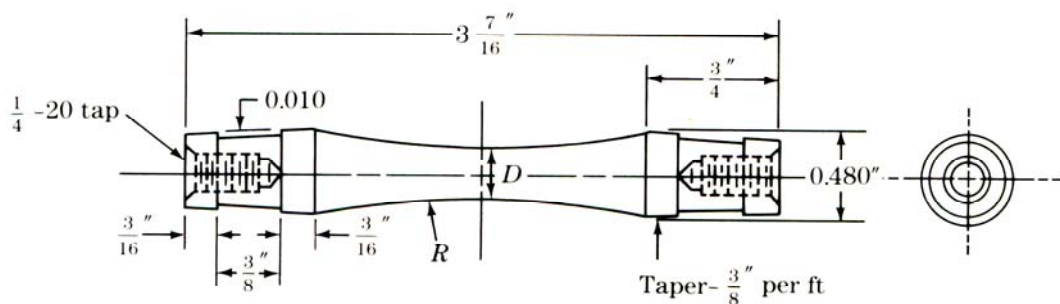
อุณหภูมิเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงการล้าของวัสดุ คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความแข็งแรงของวัสดุจะลดลง ทำให้ความแข็งแรงการล้าและขีดจำกัดการล้า (endurance limit) ลดลงด้วย นอกจากนี้ความแข็งแรงการล้าของโลหะยังได้รับผลกระทบจากส่วนประกอบทางเคมีและโครงสร้างจุลภาคของวัสดุ เช่นการเติมธาตุผสมบางชนิดจะทำให้ความแข็งแรงการล้าของโลหะเพิ่มขึ้น รวมทั้งกระบวนการต่างๆ เช่นกระบวนการทางความร้อนและการขึ้นรูปเย็นจะช่วยให้โลหะมีความแข็งแรงการล้าเพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้การทำผิวสุดท้ายของวัสดุให้เรียบ หรือกระบวนการต่างๆที่จะช่วยลดการเกิดของคิสโลเคชันและลุดจุดเริ่มเกิดหรือการขยายตัวของรอยแตกเล็กน้อยช่วยให้วัสดุมีความแข็งแรงการล้าเพิ่มขึ้น

3. กระบวนการทดสอบ

การทดสอบการล้าสามารถใช้เครื่องทดสอบได้หลายชนิด เช่น เครื่องทดสอบแรงเค้นแนวแกน เครื่องทดสอบแรงเค้นการดัดงอ เครื่องทดสอบแรงเค้นเหนือนบิด และเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal testing machine) โดยในการกำหนดอายุการล้าของวัสดุจะทำการทดสอบการล้ากับชิ้นทดสอบที่มีขนาดไม่ใหญ่มากในลักษณะของการหมุนแทนเหล็ก ซึ่งขณะที่หมุนชิ้นทดสอบจะได้รับแรงสลับกันระหว่างแรงกดกับแรงเค้นดึงในปริมาณที่เท่ากัน (รูปที่ 13.5) ชิ้นทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการล้าแบบพับงอ (reversed bending) ของ R.R. Moor ดังรูปที่ 13.6 จะต้องทำการขัดเงาผิวชิ้นทดสอบจนถึงตรงแกนกลาง โดยข้อมูลจากการทดสอบจะนำมาบันทึกในรูปของกราฟ SN คือบันทึกแรงเค้น S เทียบกับจำนวนรอบการหมุน N ที่ทำให้วัสดุแตกหัก



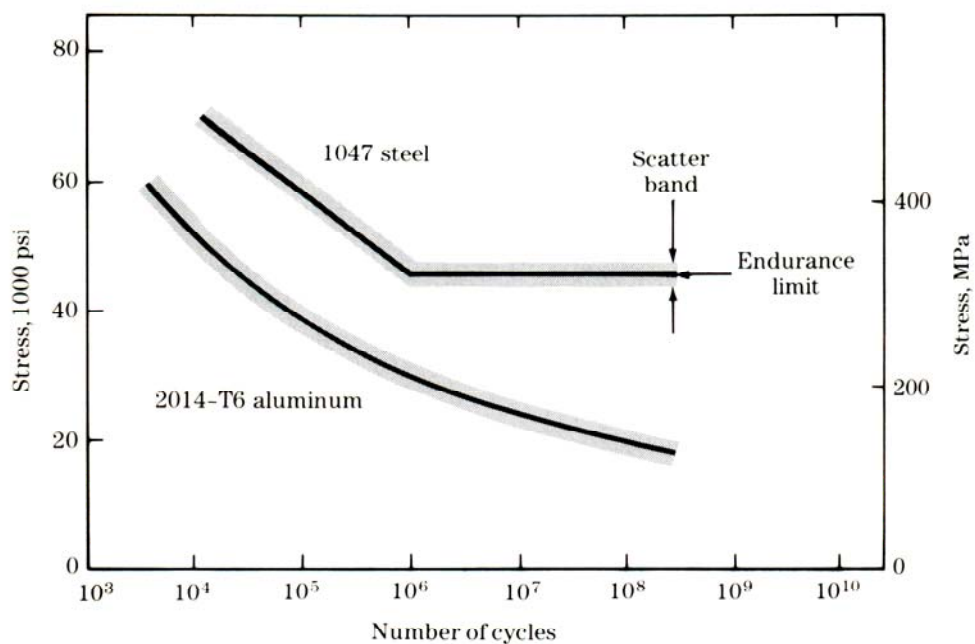
รูปที่ 13.5 ภาพเครื่องทดสอบการล้าโดยการพับงอแบบหมุนรอบของ R.R.Moore



$D = 0.200$ to 0.400 in. selected on basis of ultimate strength of material
 $R = 3.5$ to 10 in.

รูปที่ 13.6 ภาพร่างแท่งชิ้นทดสอบการล้าแบบหมุนรอบ

ตัวอย่างกราฟ SN ของเหล็กกล้าคาร์บอนสูงและโลหะผสมอลูมิเนียมความแข็งแรงสูงดังรูปที่ 13.7 พบว่าโลหะผสมอลูมิเนียมแรงเค้นที่ทำให้เกิดความเสียหายจะลดลงเมื่อจำนวนรอบการหมุนเพิ่มขึ้น ในขณะที่เหล็กกล้าคาร์บอนในช่วงแรกมีความแข็งแรงการล้าลดลงเมื่อจำนวนรอบการหมุนเพิ่มขึ้น จากนั้นเส้นกราฟจะอยู่ที่ระดับค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งความแข็งแรงการล้าไม่ลดลงอีกแม้จำนวนรอบการหมุนจะเพิ่มขึ้นก็ตาม ระดับค่าคงที่ในกราฟ SN นี้จะเรียกว่าขีดจำกัดการล้าหรือขีดจำกัดความทนทาน ซึ่งกรณีนี้มีค่าประมาณ 320 MPa ที่จำนวนรอบการหมุนระหว่าง 10^6 กับ 10^{10} รอบ เหล็กกล้าผสมหลายชนิดจะมีขีดจำกัดความทนทานประมาณครึ่งหนึ่งของค่าความแข็งแรงดึง ในขณะที่โลหะผสมที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น โลหะผสมอลูมิเนียมจะไม่ปรากฏขีดจำกัดความทนทานและมีความแข็งแรงการล้าต่ำ โดยมีค่าเป็นหนึ่งในสามของค่าความแข็งแรงการดึงปกติ



รูปที่ 13.7 กราฟแรงเค้นกับจำนวนรอบการหมุน (SN Curve) ในการทดสอบการล้าของโลหะผสมอะลูมิเนียม 2014-T6 และเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง 1047

การทดสอบการล้าในลักษณะการหมุนรอบด้วยการยึดชิ้นทดสอบทรงกระบอกไว้ที่ปลายด้านหนึ่งของเครื่องทดสอบแล้วถ่วงน้ำหนักไว้ที่ปลายอีกด้าน ในช่วงแรกพื้นผิวด้านบนของชิ้นทดสอบจะรับแรงดึงและด้านล่างจะรับแรงอัด เมื่อทำการหมุนไปครึ่งรอบพื้นผิวด้านบนจะเคลื่อนไปอยู่ด้านล่างและรับแรงอัด ส่วนผิวด้านล่างจะพลิกมาอยู่ด้านบนและรับแรงดึง และเมื่อทำการหมุนครบรอบพื้นผิวทั้งสองจะกลับมารับแรงแบบเดิมอีกครั้ง ตลอดการทดสอบชิ้นทดสอบจะรับแรงสลับกลับกันเช่นนี้ต่อเนื่องกัน โดยแรงเค้นสูงสุดที่กระทำกับชิ้นทดสอบสามารถคำนวณได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$\sigma = 10.18 \times \frac{L \times F}{d^3}$$

เมื่อ σ คือแรงเค้นสูงสุด (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือเมกะพาสกาล)

L คือความยาวชิ้นทดสอบ (นิ้ว หรือเมตร)

F คือแรงกระทำ (ปอนด์ หรือนิวตัน)

d คือเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นทดสอบ (นิ้ว หรือเมตร)

ตัวอย่างที่ 13.1

จงหาแรงเค้นสูงสุด เมื่อแท่งทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว ซึ่งรับแรงกระทำ 50 ปอนด์

$$\begin{aligned} \sigma &= 10.18 \times \frac{12 \text{ in.} \times 50 \text{ lb}}{(0.5 \text{ in.})^3} \\ &= 48,864 \text{ lb/in.}^2 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 13.2

จงหาเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยสุดของชิ้นทดสอบซึ่งยาว 12 นิ้ว โดยวัสดุมีความแข็งแรงการล้า (แรงเค้นสูงสุด) 80,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และสามารถรับแรงกระทำ 2,000 ปอนด์

$$\begin{aligned} d^3 &= 10.18 \times \frac{12 \text{ in.} \times 2,000 \text{ lb}}{80,000 \text{ lb/in.}^2} \\ d &= (3.054 \text{ in.}^3)^{1/3} \\ &= 1.45 \text{ in.} \end{aligned}$$

ปกติกระบวนการทดสอบการล้าจะมีหลายแบบเพื่อใช้กับชิ้นทดสอบในแบบต่างๆ โดยแบบแรกเป็นการทดสอบชิ้นทดสอบด้วยกระบวนการให้แรงเค้นสูง ซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบแตกหักอย่างรวดเร็ว และแบบที่สองเป็นการให้ชิ้นทดสอบรับแรงเค้นต่ำจนกระทั่งชิ้นงานแตกหัก โดยการทดสอบจะดำเนินไปในลักษณะของการลดแรงเค้นลงอย่างต่อเนื่องในขณะที่เพิ่มจำนวนรอบขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกว่าแรงเค้นที่กระทำมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดการล้าของวัสดุซึ่งวัสดุจะไม่แตกหัก

4. สรุป

การใช้งานวัสดุในงานหลายชนิดที่วัสดุต้องรับแรงเค้นซ้ำๆ เวียนรอบตลอดการใช้งาน โดยแรงเค้นที่กระทำเป็นแรงเค้นที่ต่ำกว่าความแข็งแรงงานของวัสดุ ในงานประเภทนี้วัสดุสามารถเกิดการล้าได้ การล้าอาจเกิดจากการรับแรงแบบซ้ำๆ ในลักษณะของการสั่น การคดงอไปมา หรือการหมุน ซึ่งงานที่วัสดุต้องรับภาระงานเช่นนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดสอบวัสดุภายใต้การรับแรงดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในการใช้งานของวัสดุ ถ้าทราบค่าความแข็งแรงการล้าของวัสดุจากการทดสอบจะทำให้สามารถปรับและคำนวณอายุการใช้งานของวัสดุได้

5. คำถามท้ายบท

1. ยกตัวอย่างการใช้งานของวัสดุที่จำเป็นต้องใช้ค่าความแข็งแรงการล้าของวัสดุ
2. จงอธิบายเครื่องมือและกระบวนการทดสอบการล้าที่สามารถนำมาใช้ในการทดสอบการล้ากับชิ้นงานที่เป็นลวด
3. จงเขียนตัวแปรต่างๆรวมทั้งอุณหภูมิซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อการทดสอบการล้า
4. จงหาค่าแรงเค้นสูงสุดของชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.375 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว และรับแรงกระทำ 1500 ปอนด์
5. วัสดุหนึ่งรับแรงเค้นสูงสุดได้ 55000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว และรับแรงกระทำ 5000 ปอนด์ ถามว่าวัสดุต้องมีความยาวต่ำสุดเท่าไรจึงจะสามารถรับแรงกระทำนี้ได้
6. จงอธิบายการใช้งานสามอย่างที่ค่าความแข็งแรงการล้าเป็นตัวแปรสำคัญลำดับแรกในการเลือกใช้วัสดุ และวัสดุอะไรที่ควรเลือกมาใช้กับงานเหล่านั้น เพราะเหตุใด
7. จงอธิบายลักษณะกราฟของการล้าของวัสดุเหนียว และของวัสดุเปราะ และคิดว่าลักษณะกราฟการล้าของพลาสติก เซรามิก และวัสดุประกอบควรเป็นอย่างไร
8. จงออกแบบและอธิบายกระบวนการทดสอบการล้าสำหรับเส้นลวดโลหะ โดยอธิบายการจัดรูปแบบของเครื่องมือทดสอบ ชนิดของหัวจับยึดที่ใช้ อุปกรณ์วัดระยะยืด การใส่แรงกระทำ การจัดเก็บข้อมูล และผลการทดสอบที่คาดว่าจะได้รับ