หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การตรวจสอบภายในท่อ

การตรวจสอบสภาพการผุกร่อนของระบบท่อเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องจัดให้มีขึ้น ทั้งนี้เพื่อจะได้ทราบสภาพท่อว่ามีบริเวณใดบ้างที่จะต้องทำการแก้ไขก่อนที่จะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อระบบท่อส่งก๊าซ ในการตรวจสอบภายในของท่อจะใช้อุปกรณ์ประเภทหนึ่งใส่เข้าไปในท่อและให้ไหลเคลื่อนที่ไปภายในตามความยาวท่อที่จะทำการตรวจสอบหรือทำความสะอาดอุปกรณ์นี้เรียกว่า "Pig" ในระหว่างที่ Pig เคลื่อนที่ไป ก็จะทำความสะอาดภายในท่อและตรวจสอบสภาพภายในของท่อด้วย ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะถูกเก็บไว้โดย PIG ซึ่งจะถูกนำมาแปลความหมายหาข้อบกพร่องของท่อ เมื่อ Pig เคลื่อนที่มาถึงจุดปลายของท่อที่จะตรวจสอบ

ชนิดของ Pig และความจำเป็นในการ Run Pig

ก๊าซธรรมชาติเมื่อรวมตัวกับความชื้นหรือน้ำที่ออมให้มีได้ไม่เกิน 7lb/1 MMSCF ของปริมาณก๊าซ จะมีโอกาสเกิดการกัดกร่อนผิวภายในท่อ ซึ่งอาจทำให้เกิดการเสียหายต่อท่อขึ้นได้ในขั้นต้นเราป้องกันโดยการฉีดสารเคมี Corrosion Inhibitor เข้าไปเคลือบผิวภายในท่อเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทำปฏิกริยาระหว่างกรดกับผิวภายในท่อส่งก๊าซ หลังจากที่ท่อส่งก๊าซใช้งานระยะเวลาพอสมควรแล้ว จำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบสภาพผิวภายในท่อเพื่อให้ทราบว่าบริเวณใดมีการชำรุดเนื่องจากการกัดกร่อนหรือสาเหตุอื่น อย่างไรก็ตามแม้ว่าตัวก๊าซธรรมชาติบางครั้งจะไม่มีสารที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อนแต่เมื่อใช้ไปนานพอสมควรก็ควรที่จะได้มีการตรวจสอบบ้างทั้งนี้เพราะท่อส่งก๊าซอาจสกปรก และการผุกร่อนอาจมาจากสาเหตุอื่นก็ได้ ดังนั้นพอสรุปได้ว่ามีความจำเป็นต้องมีการ RUN PIG ด้วยเหตุผลใหญ่ ๆ อยู่ 2 ประการคือ (Fluor Ocean Services International, 1981)

1. เพื่อขับเอาของเหลวและสารต่าง ๆ ที่อยู่ภายในท่อออก (ทำความสะอาดท่อภายใน)

2. เพื่อสำรวจสภาพภายในของท่อ เช่น สำรวจการผุกร่อนภายในของท่อ สำรวจขนาดภายในของท่อ

ด้วยเหตุผลสองประการข้างต้น ทำให้เราสามารถแบ่งประเภทใหญ่ๆ ของ Pig ออกได้เป็น 2 ประเภทคือ Pig สำหรับทำความสะอาดท่อ (Cleaning Pigs) Pig สำหรับตรวจ

สอบสภาพภายในของท่อ (Smart or Intelligent Pigs)โดยมากแล้วมักจะ RUN PIG สำหรับทำความสะอาดก่อนที่จะ Run Pig ตรวจสอบสภาพภายในท่อ Pig ที่ใช้ตรวจสอบสภาพภายในท่อที่ใช้งานโดยทั่วไปจะมีดังนี้

1. Kaliper Pig เป็น Pig ที่ใช้ตรวจสอบขนาดภายในของท่อว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ในระหว่างที่ Run Pig นี้ เครื่องมือที่ติดไปกับ Pig จะสำรวจขนาดภายในท่อและเก็บข้อมูลข้อบกพร่องต่าง ๆ ไว้ เช่น การโค้งงอผิดปกติของท่อ การบุบของท่อ หรืออื่น ๆ เป็นต้น การเก็บข้อมูลท่อของ Pig จะสัมพันธ์กับระยะทางของท่อที่ Pig วิ่งผ่าน เมื่อ Pig วิ่งผ่านจากต้นทางถึงปลายทางก็จะได้ข้อมูลตลอดแนวท่อ ข้อมูลที่ได้นี้จะถูกแปลเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของท่อกับความยาวท่อ จากกราฟนี้จะทำให้ทราบว่าจุดที่ผิดปกติอยู่ที่ส่วนใดของท่อ

2. Stopple Pig Pig ประเภทนี้จะวิ่งไปตามท่อและจะหยุดในตำแหน่งที่เราต้องการให้หยุด โดยเมื่อถึงตำแหน่งที่ต้องการ Pig จะขยายตัวและหยุดที่ตำแหน่งนั้น พร้อมทั้งจะหยุดการไหลของก๊าซภายในท่อด้วย Pig ประเภทนี้ 2 ตัว เข้าไปในระบบท่อ Pigตัวแรกจะวิ่งไปหยุดอยู่เหนือตำแหน่งที่จะทำการปฏิบัติการต่อเชื่อมท่อหรือตัดท่อ และPig อีกตัวหนึ่งจะหยุดในตำแหน่งก่อนถึงจุดปฏิบัติการ ในการกำหนดให้ Pig จะหยุดที่ตำแหน่งไหนของท่อได้โดยอาศัยการส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปให้ Pig ทำการขยายตัว เมื่อ Pig หยุดอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการแล้วก็จะไม่มีก๊าซไหลผ่านเข้ามาในบริเวณนั้น จากนั้นก็สามารถดำเนินการปฏิบัติการกับท่อตามที่ต้องการได้ ในระหว่างปฏิบัติการตัดเชื่อมหรือปฏิบัติการทางความร้อนกับท่อ จะต้องฉีดก๊าซไนโตรเจน เลี้ยงอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันอันตรายในการปฏิบัติการแบบนี้ก๊าซจะหยุดไหลภายในท่อชั่วคราว ถ้าไม่ต้องการให้การขนส่งก๊าซหยุดจะต้องสร้างท่อ By Pass เพื่อให้ก๊าซไหลข้ามจุดที่กำลังปฏิบัติการซ่อมแซมนี้ไป

3. Internal Corrosion Survey Pig ประเภทของ Pig นี้จะสำรวจการผุกร่อนของท่อในระหว่างที่ Pig วิ่งผ่านไปตามท่อ โดยผ่านแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าไปยังความหนาของท่อ การเปลี่ยนแปลงในความหนาของท่อหรือการเกิดหลุมการผุกร่อนที่ผนังท่อ (Pitting) จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในกำลังของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะถูกบันทึกไว้โดยคอมพิวเตอร์เล็ก ๆที่อยู่ภายในตัว Pig ในขณะเดียวกัน ความยาวของท่อที่ Pig วิ่งผ่านก็จะได้รับการบันทึกไว้ด้วย ดังนั้นจะทำให้สามารถรู้ได้ว่าเกิดการผุกร่อนขึ้นที่ส่วนใดของท่อ ข้อมูลที่ได้จะถูกแปลงออกมาเป็นกราฟเพื่อประโยชน์ในการซ่อมท่อต่อไป ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

หลักการตรวจสอบการผุกร่อนภายในท่อ

เรามีความจำเป็นจะต้องทำการตรวจสอบสภาพผิวภายในท่อส่งก๊าซ เพื่อให้ทราบว่าบริเวณใดมีการชำรุดเนื่องจากการกัดกร่อนหรือจากสาเหตุอื่นอยู่บ้าง จะได้สามารถแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้นได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคือ Intelligent Pig ชนิดของ Pig ประเภทนี้ที่เคยให้ RUN เพื่อตรวจสอบภายในท่อส่งก๊าซของ ปตท. คือ Linalog Pig ซึ่งดำเนินการตรวจสอบในครั้งนั้นโดยบริษัท AMF TUBOSCOPE

1. ลักษณะของ Linalog Pig

Linalog Pig สามารถใช้ในการตรวจสอบกับท่อซึ่งใช้กับของเหลวหรือก๊าซที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6" ถึง 40" และ 48" Linalog Pig จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนหรือ 5 ส่วน ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของท่อที่จะทำการทดสอบ แต่ชนิดที่จะใช้ตรวจสอบกับท่อของ ปตท.จะใช้ชนิด 3 ส่วน ซึ่งต่อเข้าด้วยกันโดยใช้ข้อต่ออ่อน (Universal Joint) เพื่อว่ามันจะได้สามารถผ่านไปตามความโค้งของท่อได้ มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

ส่วนแรก เรียกว่าส่วนขับ "Drive Section" เป็นส่วนที่อัดตัวกับผนังท่อเพื่อให้ก๊าซสามารถดันให้ Pig เคลื่อนที่ในท่อได้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. Scraper Cup 2 ชุด มีขนาดขับพอดีภายในท่อ
2. ชุดแบตเตอรี่ เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ในส่วนถัดไป
3. A marker detecting device(Front Marker)

ส่วนกลาง เรียกว่า ส่วนกำเนิดอำนาจแม่เหล็ก "Magnetizer Section" เป็นส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบสภาพของผิวท่อ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. Brushes (แปรงลวด) 2 ชุด มีขนาดพอดีสัมผัสกับผิวภายในท่อ ทั้งนี้เพื่อให้ Magnetic flux (เส้นแรงแม่เหล็ก) วิ่งผ่านผนังท่อ

2. Survey Shoes ติดตั้งให้ผิวหน้า Shoe ประทะกับผนังท่อ โดยให้ Shoe แต่ละตัว Overlap กัน ทั้งนี้เพื่อให้บันทึกข้อมูลได้รอบท่อและต้องปรับให้ผิวหน้าสัมผัสของ Shoe มีระยะห่างจากผนังท่อเล็กน้อยทั้งนี้เพื่อใช้บันทึกข้อมูลเฉพาะ Magnetic Leakage Flux จากผนังท่อเท่านั้น ข้อมูลจาก Sensors Shoes จะถูกบันทึกลงใน Survey Channels

ส่วนหลัง เรียกว่าส่วนบันทึกข้อมูล "Recorder Section" ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. Scraper Cups 2 ชุด เพื่อ Support ให้ Pig วิ่งในท่อได้
2. A marker Detecting Device (Rear Marker)
3. ล้อวัดระยะทาง (Distance Measuring Wheels)
4. ห้องชุดบันทึกข้อมูล (Recorder Section House) ประกอบด้วย
   - Magnetic Tape Recorder
   - Electronic Circuits

ข้อมูลจาก Sensors ทั้งหมดถูกบันทึกลงใน magnetic tape ซึ่งตัว Recorder จะมีอุปกรณ์ "Automatic Gain Control" เป็นตัวปรับแต่งค่าตัวแปรที่เกิดเนื่องจากความเร็วของ Pig วิ่งไม่คงที่ในการสำรวจให้ข้อมูลที่ได้จากการ Sensors ถูกต้องยิ่งขึ้น

2. หลักการตรวจสอบของ Linalog Pig

Linalog Pig ทำการตรวจสอบจุดผิดปกติของผนังท่อโดยใช้หลักการของ Magnetic Flux Leakage กล่าวคือ เมื่อ Magnetizer Section ได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ซึ่งบรรจุอยู่ในชุด Drive Section จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นระหว่างแปรงลวด (Brush) ที่ปลายทั้งสองของ Magnetizer Section เนื่องจาก Brush แตะผนังท่อเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะวิ่งผ่านผนังท่อ (ซึ่งมีค่าความต้านทานต่ำกว่าอากาศ) จาก Brush ขั้วเหนือมา Brush ขั้วใต้ ส่วนใดของผนังท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงเช่น ติดตั้ง Valve หรือมี Corrosion Pits จะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดในผนังท่อบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไปคือ จะมีเส้นแรงแม่เหล็กบางส่วนวิ่งเบี่ยงเบนไหลออกจากผนังท่อในบริเวณนั้น ซึ่งเราเรียกว่าเส้นแรงแม่เหล็กส่วนที่ไหลออกนอกผนังท่อว่า Magnetic Flux Leakage สำหรับ Corrosion Pit จำนวน Magnetic Flux Leakage จะแปรผันตามความลึกของ Pit

2.1 Sensing

ตัว Survey Shoes จะ Sensing จุด defects ได้ เนื่องจาก Survey Shoe เป็น Coil ที่พันหุ้มด้วยแผ่นสารเหนี่ยวนำแม่เหล็กเมื่อวิ่งตัดผ่าน Magnetic Leakage Flux จะเหนี่ยวนำให้เกิดค่าความดันทางไฟฟ้า (Voltage) ขึ้น ซึ่งจำนวน Voltage ที่เกิดขึ้นก็จะแปรผันตามจำนวน Flux ที่ Shoe วิ่งตัดผ่านนั้น ข้อมูลที่ Sensing ได้ก็จะส่งไปบันทึกลงใน Survey Channel ในรูปของ Magnetic Tape ต่อไป

2.2 Playback System

หลังจากทำการ Run Linalog Pig เสร็จและนำ Pig ออกจากท่อแล้วจะถอดเอา Magnetic Tape นำไปอ่านข้อความแสดงข้อมูลที่บันทึก ลงในกระดาษกราฟ (Linalog Survey Field Log) ด้วยเครื่อง Playback System แล้วพนักงานตรวจสอบในสนาม (Feild Inspector) จะตรวจสอบว่า อุปกรณ์บันทึกข้อมูลได้ตลอดแนวท่อตามความต้องการหรือเปล่า และถ้าจะมีการขุดเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลดู เราก็จะใช้ Field log มาพิจารณาอ้างอิงจุดที่จะขุดตรวจสอบ สำหรับ Magnetic Tape เราจะไปใส่ play back System อีกทีหนึ่งเพื่อบันทึกข้อมูลลงใน Linalog Survey - Record หรือ log เพื่อเก็บข้อมูลเป็นการถาวรต่อไป

3. การแบ่งระดับของความผิดปกติภายในท่อ

การวิเคราะห์สภาพการผุกร่อนของท่อจะวิเคราะห์ และให้เกรดของ การผุกร่อนออกเป็น 4 เกรดดังนี้

Grade 1 จะแสดงว่ามี Anomaly ที่มีความลึกระหว่าง 15-30 % ของความหนาของท่อที่อุปกรณ์สามารถ Detect ได้

Grade 2 จะแสดงว่ามี Anomaly ที่มีความลึกระหว่าง 30-50 % ของความหนาของ ท่อที่อุปกรณ์สามารถ detect ได้

Grade 3 จะแสดงว่ามี Anomaly ที่มีความลึกมากกว่า 50% ของความหนาของท่อที่อุปกรณ์สามารถ detect ได้

Grade U เป็น Unclassified Anomaly ที่ไม่มีนัยสำคัญต่อความเสียหายของผนังท่อ ส่วนใหญ่จะเป็น Anomaly ที่เกิดขึ้นจากโรงงาน นอกจากนี้ยังรวมถึง Anomaly ที่มี Amplitude น้อยกว่า 15% ของความหนาของท่อด้วย

ช่วงค่าความผิดพลาดของข้อมูล

เกรดของ Corrosion ที่อ่านได้จาก Survey Log ยอมให้มีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง $\pm$ 10% เนื่องจาก

1. Linalog Pig นี้ใช้ตรวจ Anomaly ที่เกิดบนผนังท่อโดยวิธีอ้อมไม่ใช่เป็นการวัด Anomaly นั้นโดยตรง

2. ตัวแปรอื่น ๆ ที่นอกเหนือค่าชดเชยที่ Automatic Gain Control ได้ปรับค่าไว้ดังนี้

2.1 ลักษณะหรือรูปทรงของ defect (มีขอบเป็นมุมแหลมหรือลาดเอียง ฯลฯ)

2.2 ค่าความเหนียวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไม่คงที่ตลอดแนวท่อ

2.3 ตำแหน่งที่ Survey Shoe วิ่งผ่านจุด Anomaly ถ้าอยู่บริเวณกึ่งกลางของ Survey Shoe ก็จะได้ข้อมูลถูกต้องแม่นยำ แต่ถ้าอยู่บริเวณขอบต่อของ Survey Shoe ข้อมูลที่ได้ก็จะแสดงทั้ง 2 Channel ทำให้การแปลค่าอาจผิดพลาดได้

2.4 ความเร็วของ Pig เปลี่ยนแปลงมากเกินขีดความสามารถของ Automatic Gain Control ที่ได้ปรับค่าชดเชยไว้

ส่วนพวก Debris หรือวัสดุแปลกปลอม เช่น ก้อนกรวด, ธูปเชื่อม เป็นต้น ที่อยู่ในท่อ ซึ่งไม่ใช่เป็นพวก Anomaly พวกนี้ก็จะมีผลต่อการบันทึกข้อมูลของ Survey Shoes คือจะ Disturb สนามแม่เหล็กที่เกิดในบริเวณนั้น และทั้งยังทำให้เกิดการสะดุดของ Survey Shoe ในขณะที่วิ่งคร่อมผ่าน ซึ่งจะทำให้การบันทึกข้อมูลในบริเวณนั้นอาจผิดพลาดได้

ลักษณะของการทำงานของ Linalog Instrument

1. การขับเคลื่อนของ Tool จะขับเคลื่อนโดย Drive Cup ซึ่งจะเป็น Rubber Cup ตัวหน้าสุดของ Tool มีขนาด Cup อัดตัวแน่นกับท่อ และไม่มีการเจาะรูเพื่อให้ก๊าซผ่าน ส่วน Cups ตัวอื่น ๆจะเป็นเพียงตัวพยุง Tool ให้วิ่งได้ในท่อ Cup จะถูกเจาะรูเพื่อให้ก๊าซผ่านไปดัน Drive Cup ให้ขับเคลื่อนไป

2. การทำงานของ Magnetizer Section ในการ Detect ข้อมูลแกนกลางของส่วนนี้จะมี Coil พันไว้ ซึ่งจำนวน Coil ที่พันจะมีจำนวนมากพอที่จะเหนี่ยวนำให้เกิด Magnetic Flux มีขนาดพอดีกับความหนาของผนังท่อ เมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้าจาก Battery ในส่วนหน้า

ดังนั้น บริเวณผนังท่อใดที่มี Anomaly เช่นมี Corrosion, Mill Defects หรือ Mechanical damage ฯลฯ ก็จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเบี่ยงเบนเปลี่ยนแปลง Magnetic Flux Leakage ไปจากผนังท่อปกติต่าง ๆ กันตามลักษณะของ Anomaly นั้น ๆ ตัว Survey Shoe ซึ่งทำด้วย Coil เมื่อวิ่งผ่าน leakage Flux ก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดศักดาไฟฟ้าขึ้นตามปริมาณของ leakage Flux

3. การบันทึกข้อมูลของ Survey Shoes

Sur Shoe แต่ละตัวจะประกอบด้วย 2 Coil ซึ่งแต่ละ Coil จะบันทึกข้อมูลลงในแต่ละ Cha 1 สำหรับ Tool ขนาด 34" จะมี Survey Shoes ทั้งหมด 14 ตัว Overlap กัน เพื่อให้บันทึกข้อมูลได้ตลอดรอบท่อ (ครบ 360°)

4. การบันทึกข้อมูลของ Marker

ชุด Marker จะประกอบด้วย Rubber 2 แผ่นประกบกัน โดยมีตัว Sensor ฝังอยู่ตรงกลาง มีลักษณะการทำงานเหมือน Survey Shoes โดยจะ Sense สัญญาณที่เกิดจาก leakage Flux ที่เป็นผลมาจากการ Magnetize ของส่วนกลาง เนื่องจากจะใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งข้อมูล (Marker) เท่านั้น ข้อมูลที่ Detect ได้โดย Marker แต่ละตัวจะบันทึกลง 1 Channel ดังนั้นจุดที่มี Magnet, Girth weld, หรือ Valve ฯลฯ ติดตั้งอยู่ก็จะมีสัญญาณแสดงให้เห็นเด่นชัด

5. การหมุนตัวของ Pig

Linalog Instrument ได้ถูกออกแบบให้มีการหมุนตัวขณะวิ่งตรวจสอบ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ของ Pig เช่น Cup, ยดลวด และล้อหมุน ฯลฯ มีการสึกตัวเท่า ๆ กัน Pig หมุนตัวได้เนื่องจากการปรับมุมเอียงของล้อหมุนที่ติดตั้งด้านท้ายสุดของ Tool ทุกตัวให้มีมุมเอียงประมาณ 1 ซึ่งจะทำงานคล้ายหางเสือของเรือ

6. การบันทึกระยะทางตรวจสอบ

ล้อของ Pig ทั้ง 4 ตัว จะทำหน้าที่ต่างกันโดย 2 ล้อตรงข้ามกันจะเป็นล้อคอยพยุง ส่วนอีก 2 ล้อที่เหลือจะเป็นตัวบันทึกระยะทาง โดยแต่ละล้อจะติดแม่เหล็กที่ตัวล้อ เมื่อล้อหมุนแม่เหล็กจะผ่านตัว Sensor ซึ่งติดอยู่กับแกนล้อ และ Sensor ของทั้ง 2 ล้อ จะส่งสัญ

ญาณไปยังอุปกรณ์ซึ่งจะเลือกนับสัญญาณที่มาถึงก่อนและบันทึกค่าทุกระยะ 1 เมตร โดยทุกระยะ 1 เมตร 10 เมตร 100 เมตร และ 1000 เมตร เครื่องจะบันทึกค่าความเข้มสูงเป็นระดับไป ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน

7. ส่วนบันทึกข้อมูล

สัญญาณจาก Sensor ของ Survey Shoes 14 ตัว ,Marker 2 ตัว, Orientation Signal 1 ตัว และ ล้อหมุน 1 ตัว จะมาต่อเข้าอุปกรณ์ Automatic Gain Control ทำการปรับแต่งค่าเนื่องจากความเร็วของ Pig ไม่คงที่ ก่อนที่จะทำการบันทึกลงใน Magnetic tape แยกแต่ละ Sensor

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย