VOLUME 02 I MAY 22

NOT FOR SALE

JOURNAL

PAKORN TECHNICAL SERVICE

ENGINEERING MAGAZINE

PTS

INSPECTION AND ANALYSIS

FAILURE ANALYSIS

ENGINEERING REPARATION AND DEVELOPMENT

MATERIAL ENGINEERING

GENERAL ENGINEERING TALK

SAFETY ENGINEERING

CONTENS

page 1	Editor's talk
page 2-3	Inspection and Analysis
page 4-9	Failure Analysis
page 10-13	Engineering Reparation and Development
page 14-18	Material Engineering
page 19-20	General Engineering talk
page 21-22	Safety Engineering

EDITOR'S TALK

ในการทำงานทางด้านวิศวกรรมให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด การประยุกต์ใช้ข้อมูลและความรู้ทางด้านวิศวกรรมนั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก โดยวารสารนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อให้เห็นถึงภาพรวมของการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องทางด้านวัสดุศาสตร์ (Material) การตรวจสอบ (Inspection) การวิเคราะห์ (Analyze) และแนวความคิดในการทำงานทางด้านวิศวกรรมเช่น การวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหาย (Failure Analysis) การทำวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) รวมไปถึงการซ่อมบำรุง (Maintenance) ที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดต้นทุน และลดโอกาสที่จะเกิดความเสียหายของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระหว่างใช้งาน ซึ่งในแต่ละบทความจะสอดแทรกเนื้อหาทั้งทางด้านทฤษฎีและทางด้านปฏิบัติไว้ โดยประกอบไปด้วยหัวข้อ Inspection and Analysis, Failure Analysis, Engineering reparation and Development, Material Engineering, General Engineering Talk และ Safety Engineering

ทางผู้จัดทำหวังว่าข้อมูลความรู้ในแต่ละบทความจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากก็น้อย

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา	สมศักดิ์ นิมิตยนต์
เรียบเรียงโดย	สมศักดิ์ นิมิตยนต์
	ภากร นิมิตยนต์
	วรดา ยวงเงิน
บรรณาธิการ	ภากร นิมิตยนต์
ผู้จัดการศิลป์	สรชา นิมิตยนต์
	วรดา ยวงเงิน

Pakorn Nimityont

ภากร นิมิตยนต์
Managing Director

01 Inspection and Analysis

Pakorn Nimityont
PT level 2, MT level 2, UT level 2

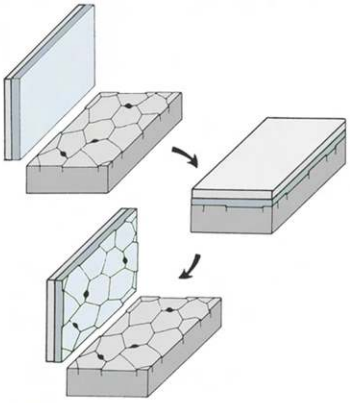
“การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing) นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในอุตสาหกรรมการผลิตทุกชนิด โดย NDT ถูกใช้เพื่อประเมินสภาพของเครื่องจักร เพื่อใช้วางแผนในการซ่อมบำรุง หรือสั่งซื้อ Spare part เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรเสียหายในระหว่างใช้งาน รวมทั้งในหลายครั้ง NDT ยังถูกนำมาใช้ในการหาสาเหตุของ ความเสียหายอีกด้วย โดยหัวข้อที่จะเล่าถึงในวันนี้ เป็นเรื่องเกี่ยวกับการตรวจสอบที่เรียกว่า “Replica” ซึ่งถือเป็นการตรวจสอบแบบไม่ทำลายรูปแบบหนึ่งที่ใช้ในการดูโครงสร้างทางจุลภาค (Microstructure) ของวัสดุ โดยส่วน มากนั้น Replica จะใช้ในการวิเคราะห์และประเมินความเสียหายที่เกิดจาก Creep ซึ่งเป็นสาเหตุความเสียหายหลัก ในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า แต่ในหลายๆครั้ง Replica สามารถที่จะใช้ดูลักษณะ รอยร้าว (crack) หรือ Defect ใน ระดับ Macro และ Micro เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์สาเหตุ ของความเสียหายได้อีกด้วย โดยเนื้อหาในหัวข้อนี้จะอธิบายให้เห็นลักษณะขั้นตอนและรายละเอียดของการตรวจสอบด้วย Replica และการนำ Replica ไปใช้ในงานจริงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด”

Replica Technique (Metallographic replication onsite)

“ What is Replica? ”

• Replica เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Nondestructive Testing) เพื่อตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค (Microstructure) ของวัสดุ ด้วยการลอกลายโครงสร้างของเนื้อโลหะบนผิวหน้า โดยไม่จำเป็นต้องตัดชิ้นงาน

• โดยทั่วไป Replica จะใช้ตรวจสอบสภาพของท่อ ในอุปกรณ์หม้อน้ำ (Boiler) เพื่อตรวจสอบสภาพความเสียหาย เนื่องจาก Creep ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของปัญหาในอุปกรณ์หม้อน้ำ (Boiler)



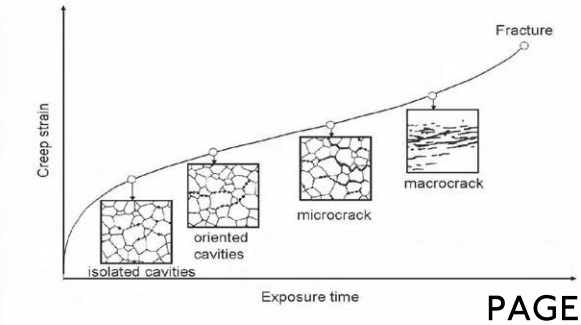
ขั้นตอนการทำ Replica

1. ทำการเปิดผิวของวัสดุ เพื่อเข้าถึงเนื้อวัสดุที่แท้จริง
2. ขัดลบรอยเส้น เพื่อเปิดเผยเนื้อจริงของวัสดุ
3. ใช้สารละลาย Etch วัสดุ หรือกัดกรด เพื่อแสดงโครงสร้างทางจุลภาค (Microstructure) ของวัสดุ
4. ใช้ Replica film เพื่อลอกลายโครงสร้างทางจุลภาค (Microstructure) ของวัสดุ
5. ใช้กล้อง Microscope เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค (Microstructure) บน Replica film
6. ประเมินสภาพโครงสร้างจุลภาค เพื่อบ่งบอกอายุของวัสดุ หรืออุปกรณ์

ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วย Replica

ในการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค (Microstructure) จะใช้ Description of damage classes ตาม Standard ของ VGB-TW-507 ซึ่งแบ่งความเสียหายเป็นไปตาม Classes ดังแสดงในตารางด้านล่าง นอกจากนั้น Creep Damage Classification ยังสามารถแสดงในรูป แบบของ Creep Curve ตามกราฟด้านล่าง ในแต่ละ Class จะมีการแนะนำการดูแล เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นในระหว่างใช้งานอุปกรณ์

Assessment Class	Structural and damage conditions	Action
0	as received, without thermal service load	Nothing
1	creep exposed, without cavities	Nothing
2a	advanced creep exposure, isolated cavities	None until next major scheduled maintenance outage
2b	more advanced creep exposure, numerous cavities without preferred orientation	None until next major scheduled maintenance outage
3a	creep damage, numerous orientated cavities	Replica test a specified intervals
3b	advanced creep damage, chains of cavities and/or grain boundary separation	Replica test a specified intervals
4	advanced creep damage, microcracks	Limited service until repair
5	large creep damage, macrocracks	Immediate repair



01 Inspection and Analysis

การประยุกต์ใช้ Replica

• ใช้ตรวจสอบสภาพของท่อ ในอุปกรณ์หม้อน้ำ (Boiler) เพื่อสังเกตุสภาพ ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับตัวท่อในระหว่างการเดินอุปกรณ์หม้อน้ำ ที่จะนำไปสู่ความสูญเสียต่อ สายการผลิต หรือรายได้

• ใช้ตรวจลักษณะของรอยแตก (Crack) ว่าเป็นแบบ Intergranular หรือ Transgranular Cracking เพื่อวิเคราะห์ หาสาเหตุของความเสียหาย

• สามารถนำไปสู่ผลการตรวจสอบที่ใช้ในการวางแผนการซ่อมบำรุง หรือการเปลี่ยนชิ้นส่วน เพื่อป้องกันปัญหา Emergency Shutdown

• การเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจสอบ

- Replica ให้ความแม่นยำประมาณ 60% เนื่องจากเป็นการตรวจสอบที่บริเวณผิวของวัสดุ ดังนั้นควรมีการทำ Sampling Tube ที่เป็นการวิเคราะห์สภาพวัสดุตลอดความหนา ไม่ใช่แค่เพียงบริเวณผิวของวัสดุ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำของการตรวจสอบ

- Sampling tube เป็นการทดสอบแบบทำลาย (Destructive Testing) โดยการตัดท่อมาทำการทดสอบจริง เพื่อประเมินสภาพของท่อตามโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ตลอดความหนา รวมทั้งยังมีการตรวจสอบสมบัติทางกลของท่อ เพื่อเป็น Reference ให้กับการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT)

(สามารถอ่านเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ ที่ 7 เรื่อง Sampling Tube)

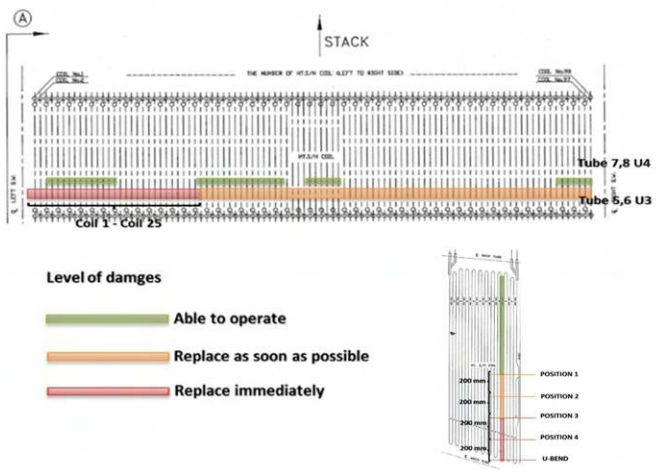
สรุปได้ว่า การทำ Replica ควรทำควบคู่กับการทำ Sampling Tube เพื่อให้ได้ผลลัพท์ที่ดีที่สุด

Case Study: Boiler

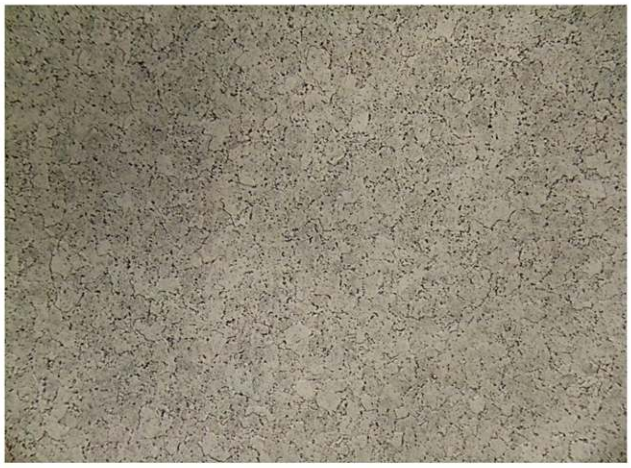
ในกรณีตัวอย่างนี้ Boiler มีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี ทำให้วัสดุท่อบริเวณ Superheater Tube เกิดความเสียหาย เนื่องจากอายุ (Creep Failure จากการทำ Failure Analysis) โดยอุปกรณ์ Boiler นี้ต้องใช้งานอีก 2 ปี จึงจะทำการปลดการใช้งาน

ดังนั้น การตรวจสอบ Replica จึงถูกนำมาใช้ในการกำหนดช่วงหรือพื้นที่ที่เกิดความเสียหายมาก ต้องทำการเปลี่ยนท่อ เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในระหว่างใช้งาน ในกรณีนี้การตรวจสอบด้วย Replica จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง หรือเปลี่ยนท่อวัสดุ โดยจะเป็นเปลี่ยนแค่บางส่วนที่เกิดความเสียหายหนัก แทนการเปลี่ยนท่อวัสดุทั้งหมด

ตัวอย่าง Layout ความเสียหาย



ภาพ Micrograph ของท่อ บริเวณที่เกิดความเสียหาย จาก Creep แนะนำให้ทำการเปลี่ยนท่อ (Red Zone)



ภาพ Micrograph ของท่อที่บริเวณที่ไม่เกิดความเสียหายจาก Creep อยู่ใน (Green zone)

TO BE CONTINUED

02 Failure Analysis

Pakorn Nimityont
Managing Director, Pakorn Technical Service

“ลักษณะของความเสียหาย หรือ Failure mode นั้นเป็นสิ่งสำคัญมากในการวิเคราะห์ความเสียหาย โดยในแต่ละ Failure mode จะแสดงลักษณะ หรือรูปแบบความเสียหายที่แตกต่างกัน ดังนั้นถ้าเราทราบลักษณะอาการของความเสียหาย เราก็จะสามารถทราบถึงสาเหตุของความเสียหายได้ หรือสามารถที่จะออกแบบวิธีการตรวจสอบเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการสรุป สาเหตุของความเสียหาย โดยหัวข้อที่จะพูดถึงในบทความนี้จะแสดงให้เห็นรูปแบบของความเสียหายแต่ละชนิด ว่ามีลักษณะเป็นแบบไหน และมี Failure mode รูปแบบไหนบ้างที่มักจะเกิดขึ้นในขอบข่ายของงานวิศวกรรม รวมทั้งในท้ายบทความจะพูดถึง Case study เพื่อแสดงให้เห็นวิธีวิเคราะห์ความเสียหาย ท่อ Pressure Vessel ของอุปกรณ์ Boiler เพื่อเป็นแนวทางในการทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหาย”

รูปแบบการเสียหาย (Failure Mode)

เมื่อเรามีอาการป่วยหรืออาการผิดปกติต่างๆ เรามักไปพบแพทย์เพื่อรักษา แพทย์จะวินิจฉัยตามอาการที่เป็น และตรวจเพิ่มเติมเพื่อรักษาอย่างตรงจุด บางครั้งอาการเริ่มต้นอาจมีเพียงเล็กน้อย แต่หากไม่ตรวจให้ละเอียด และรักษาอย่างทันท่วงที อาจจะพบกับโรคเรื้อรังโรคร้ายแรง หรือปัญหาใหญ่ได้

วัสดุในงานวิศวกรรมก็เช่นเดียวกัน ชิ้นงานหรือเครื่องจักรที่ใช้งานเป็นเวลานาน ย่อมเสื่อมสภาพลง เกิดความเสียหายได้ตามระยะเวลา หรือหากมีการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง เกินขีดจำกัดของวัสดุ ก็จะทำให้เสียหายเร็วขึ้น วัสดุจะแสดงอาการต่าง ๆ ออกมา ตั้งแต่การมีอาการเล็กน้อย ไปจนถึงมีอาการหนัก หากไม่ทันได้สังเกตถึงอาการ หรือตรวจสอบสภาพของชิ้นงาน อาจนำไปสู่ความสูญเสียได้ในภายหลัง

ดังนั้น การมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ รูปแบบความเสียหายของวัสดุจึงเป็นสิ่งสำคัญ ที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้น และป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายซ้ำเดิมอีก

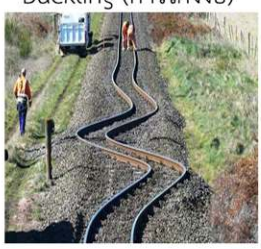
วัสดุสามารถเกิดการเสียหายได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบที่อาจเกิดขึ้นมีดังต่อไปนี้

1. Yielding (การคราก)
2. Buckling (การโก่งงอ)
3. Elastic Distortion (การบิดเบี้ยวแบบยืดหยุ่น)
4. Corrosion (การกัดกร่อน)
5. Creep (การคืบ)
6. Thermal Relaxation (การคลายตัวจากความร้อน)
7. Fatigue (ความล้า)
8. Impact (การกระแทก)
9. Spalling (การหลุดร่อน)
10. Wear (การสึกหรอ)
11. Brinelling (การถูกกด)
12. Thermal Shock (การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน)
13. Radiation Damage (การเสียหายจากการแผ่รังสี)

รายละเอียดความเสียหายในแต่ละรูปแบบจะกล่าวถึงในเนื้อหาต่อไป โดยความเสียหายแรกที่เราจะพูดถึงในบทความนี้คือ Creep Failure

Yielding (การคราก)

Buckling (การโก่งงอ)

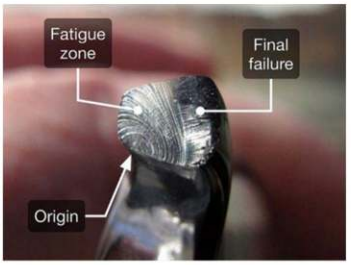


Corrosion (การกัดกร่อน)

Creep (การคืบ)

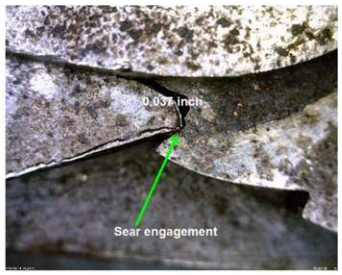
Brinelling (การถูกกด)

Fatigue (ความล้า)



Spalling (การหลุดร่อน)

Wear (การสึกหรอ)



Thermal Shock (การเปลี่ยนอุณหภูมิอย่างฉับพลัน)

02 Failure Analysis

Creep

" What is Creep ? "

• Creep (การคืบ) เกิดจาก วัสดุอยู่ภายใต้การรับแรงเค้นเป็นเวลานาน ภายใต้อุณหภูมิสูงระดับหนึ่ง จนทำให้เกิด Plastic Deformation (การเปลี่ยนแปลงรูปร่างถาวร)

ลักษณะของ Creep

• วัสดุจะเกิดการบวม เสียรูป ยืดตัว เปลี่ยนแปลงขนาดหรือรูปร่าง

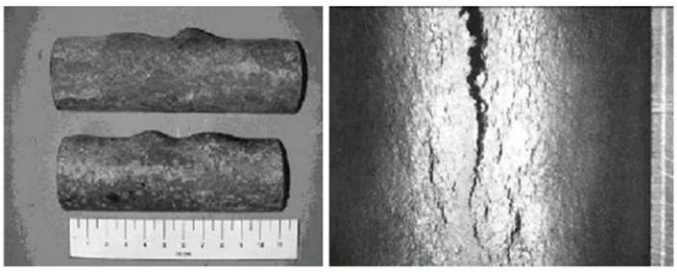
• เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างมากเกินไป จนไม่สามารถใช้งานได้ตามหน้าที่ ที่ออกแบบไว้ สามารถทำให้เกิดการแตกหัก หรือขาดออกจากกันได้

• เกิดรอยแตกที่เกิดจากความเค้น (stress cracks) ตามแนวยาวของชิ้นงาน ที่ ID และ OD อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่าง

• เกิดช่องว่าง (voids) และรอยแตกตามขอบเกรน (intergranular cracks) ในโครงสร้างจุลภาค

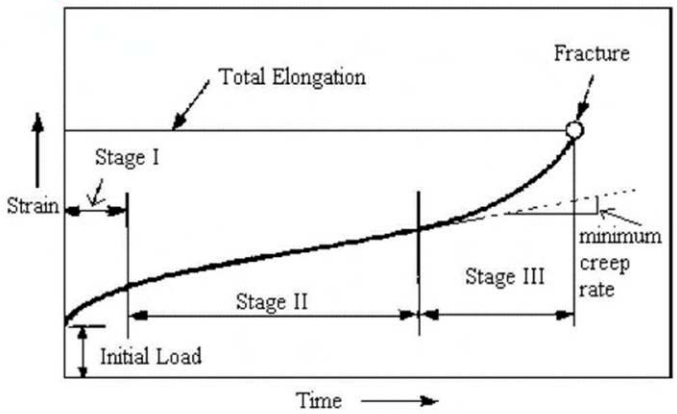
• ปริมาณของ Creep ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัสดุ ปริมาณของความเค้น อุณหภูมิ และเวลา

ตัวอย่างลักษณะของ Creep



ตัวอย่างการเกิด Creep ที่ทำให้วัสดุขาดออกจากกัน

Creep Curve



Creep Curve

• Stage 1: Primary Creep

เป็นช่วงเริ่มต้นของกระบวนการ เปลี่ยนแปลงรูปร่าง เกิดขึ้นจากการได้รับแรงเค้นที่มากระทำ ในช่วงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบ elastic การเสียรูปจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แล้วค่อย ๆ ช้าลงตามระยะเวลา จุดสิ้นสุดของช่วงนี้ ขึ้นอยู่กับโมดูลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ (Modulus of elasticity) หลังจากช่วงนี้จะเริ่มเกิดการเสียรูปแบบ plastic

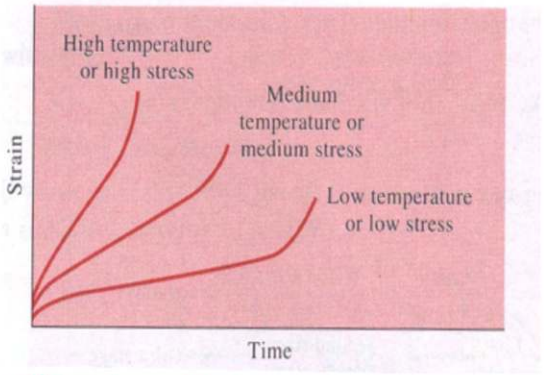
• Stage 2: Secondary Creep

Creep จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่ออัตราความเครียดคงที่ ในช่วงนี้ อัตราความเครียดเพิ่มขึ้นค่อนข้างช้าเมื่อเทียบกับช่วงแรกและช่วงที่สาม Creep rate ยังคงที่ เนื่องจากยังไม่มีความเสียหายของโครงสร้างจุลภาค

• Stage 3: Tertiary Creep

Creep ช่วงสุดท้ายเส้นกราฟเริ่มโค้งขึ้น มักเกิดขึ้นเมื่ออายุการคืบใกล้หมดลง มี voids เกิดขึ้นในวัสดุ ในช่วงนี้อัตราความเครียดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เริ่มเกิดความเสียหายของโครงสร้างจุลภาค และเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลังจากเกิดช่องว่าง (voids) ที่มากเพียงพอ จะทำให้วัสดุเกิดการแตกหักเสียหายในที่สุด

Effect of Temperature & Stress



อุณหภูมิที่ส่งผลต่อการเกิด Creep

• วัสดุที่ใช้งานในสภาวะที่มีความร้อนมาเกี่ยวข้อง สามารถทำให้เกิด Creep ได้ในช่วงอุณหภูมิต่างๆ ยกตัวอย่าง เช่น

- วัสดุบางชนิด ได้แก่ Nickel-based Super alloy จะมีความไวที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 1000 - 1200 °C)
- ในขณะที่วัสดุจำพวกพอลิเมอร์ หรือ ตะกั่วบัดกรี มีความไวที่ช่วงอุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 25 °C)

• โดยทั่วไป Creep จะเกิดเมื่อวัสดุใช้งานในช่วงอุณหภูมิมากกว่า 0.3 เท่าของจุดหลอมของวัสดุ (0.3Tm) และที่ 0.5 Tm เป็นช่วงที่มีผลมาก

• สำหรับวัสดุที่เป็นเซรามิกส์สามารถเกิด Creep ได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 0.4 - 0.5 Tm แม้ว่าจะมากกว่าที่เกิดขึ้นกับโลหะและพอลิเมอร์ทั่วไป เซรามิกส์มีค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยการคืบค่อนข้างสูง ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากลักษณะจำเพาะที่มีอุณหภูมิของจุดหลอมเหลวสูง อย่างไรก็ตาม เซรามิกส์ที่สามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิสูงๆได้ ก็มีโอกาสที่จะเกิดการเสียหายโดยการคืบได้เช่นกัน

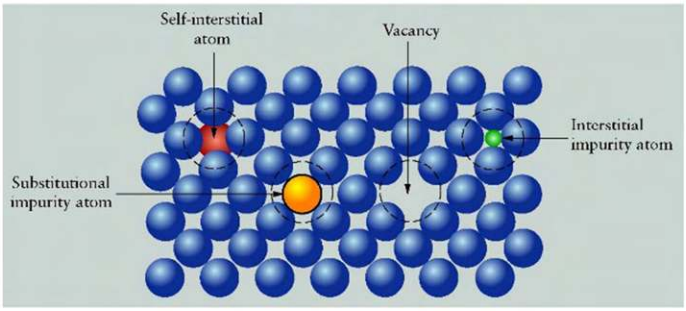
• ดังนั้น วัสดุที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ จะเกิด Creep ง่ายกว่า วัสดุที่มีจุดหลอมเหลวสูง

02 Failure Analysis

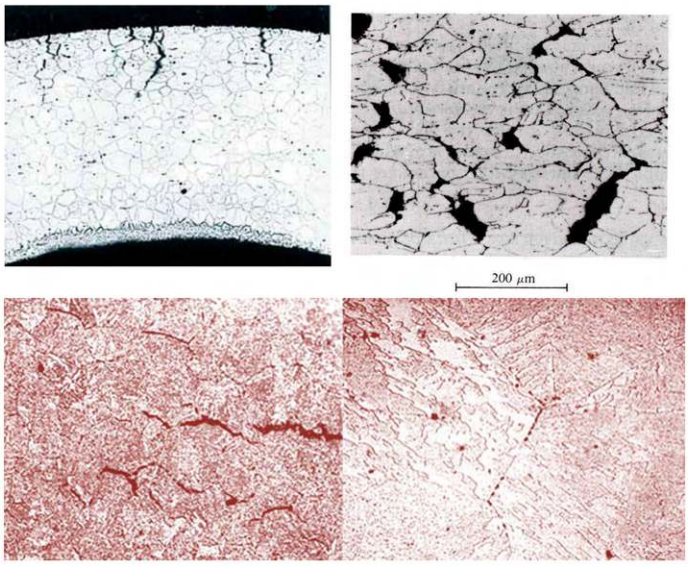
การแตกหักจาก Creep (Creep Fracture)

- เมื่อเกิด Creep อะตอมในวัสดุเกิดการแพร่ในทิศทางตรงกันข้ามเพื่อเติมเต็มในช่องว่าง (Void) ที่เกิดขึ้น เป็นผลให้เกิดการยืดตัวของเกรนในทิศทางขนานกับทิศทางแรงเค้นที่กระทำ
- จึงเกิด Voids ตามขอบเกรน (ตามภาพด้านล่าง) และขยายเพิ่มขึ้นในช่วงต้นของ Creep curve state 3 ซึ่ง voids จะขยายเชื่อมกันเมื่อรับแรง และอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการแตกหักแบบเปราะในที่สุด
- รอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นจากการแตกหัก สามารถเป็นไปได้ทั้งแบบผ่าเกรนและตามขอบเกรน ถ้าตรวจสอบบริเวณที่เกิดรอยแตกร้าวจะพบ Plastic Deformation ทั่วทั้งบริเวณ ซึ่งต่างจาก Stress Corrosion Cracking ที่เกิด การเสียรูปอย่างถาวรเฉพาะบริเวณรอบๆ รอยแตก

การเกิดช่องว่างและการแพร่ของอะตอม



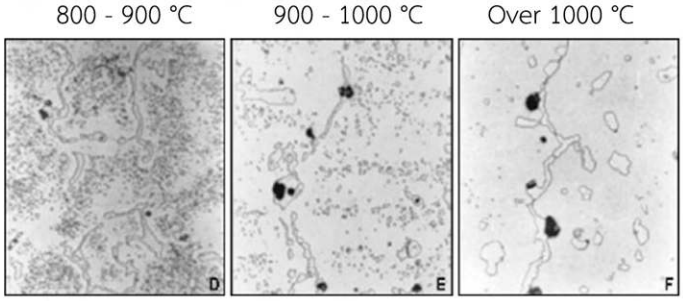
Creep voids



Microstructure

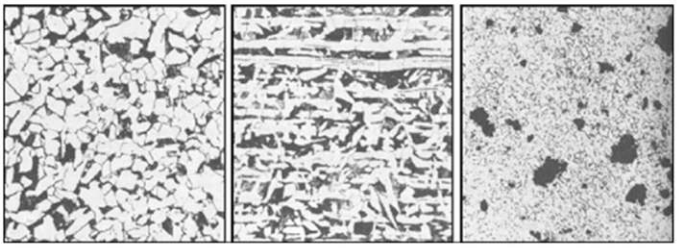
Creep aging Microstructure

ความเสียหายจาก Creep ทำให้โครงสร้างจุลภาคเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่ขอบเกรน ดังภาพแสดงลำดับการเสื่อมสภาพของเหล็กกล้าผสมโครเมียม-นิกเกิล ที่อุณหภูมิสูง



เมื่ออุณหภูมิสูง ทำให้อะตอมของคาร์บอนสลายตัวละลายออกจากเนื้อโลหะหลัก เกิดการรวมตัวของคาร์บอนและเนื้อเหล็ก ฟอร์มตัวเป็นคาร์ไบด์

การสลายตัวของคาร์บอน สามารถเกิดขึ้นได้ในระหว่างการอบชุบหรือการใช้งานที่อุณหภูมิสูง ดังภาพด้านล่าง เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา



เพื่อป้องกันการเสียหายที่เกิดจาก Creep จึงจำเป็นที่จะต้องทราบสภาวะการใช้งานของระบบ เมื่อจะทำการเลือกวัสดุเพื่อใช้งาน Creep มักเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาที่เกิดขึ้นกับ ใบพัดกังหันไอน้ำ ที่มีการใช้งานในสภาวะมีแรงเค้นกระทำ และอุณหภูมิค่อนข้างสูง จากผลที่เกิดขึ้นจึงต้องเลือกใช้วัสดุที่มีจุดหลอมตัวสูง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องตรวจสอบคุณภาพของวัสดุหลังการประกอบและผลิต เพื่อลดปัญหาจุดบกพร่องของวัสดุ (Material Defects) และช่องว่าง (Voids)

Example of Creep Failure

High temperature creep crack at weld (Brittle)

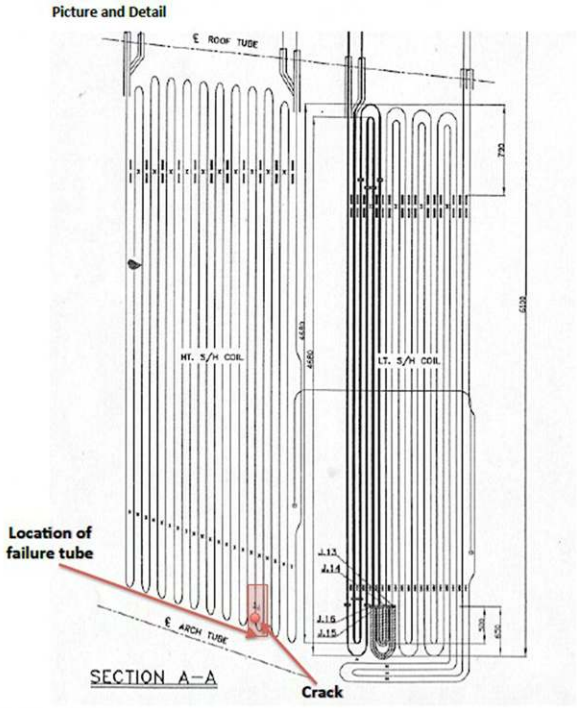
02 Failure Analysis

Case study : Coil5

ระบบ Superheat เป็นกระบวนการสร้างไอน้ำเพื่อขับกังหันผลิตไฟฟ้า โดยปกติ superheater tubes หรือท่อซุปเปอร์ฮีท จะทำงานที่อุณหภูมิสูง (สูงกว่า 450 °C) ดังนั้นการเสียหายส่วนมากจึงเกิดจาก Creep โดยเฉพาะ การระเบิดของท่อซุปเปอร์ฮีทเตอร์ ระหว่างการทำงาน

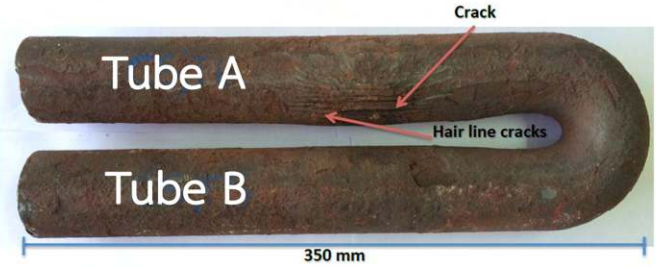
กรณีตัวอย่างนี้เกิดความเสียหายใน boiler โรงไฟฟ้าจึงได้ติดต่อกับ PTS เพื่อทำการวิเคราะห์ความเสียหาย นี้ ทางบริษัททำการค้นหาสาเหตุโดยละเอียด และให้คำแนะนำเพื่อไม่ให้ เกิดความเสียหายนี้อีก

Location of failure tube



Failure Part

ความเสียหายของท่อ มีรอยร้าว (Crack) ยาวประมาณ 60 มม. และรอยร้าวเปิดออก กว้าง 4 มม. ดังแสดงในภาพ นอกจากนี้ยังมีรอยแตกเป็นเส้นจำนวนมาก ในทิศทางตามแนวยาวใกล้กับบริเวณรอยแตก



Assumption (สมมติฐาน)

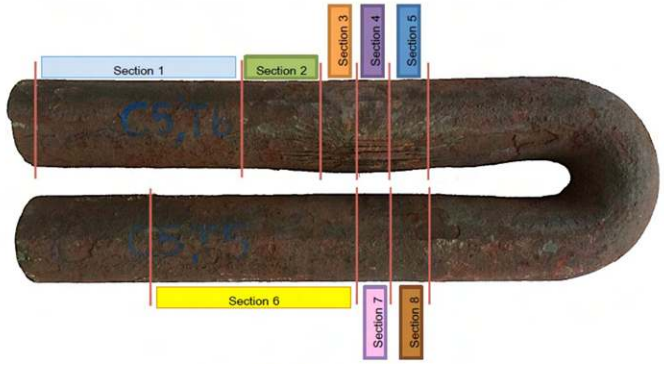
จากการตรวจสอบวิเคราะห์เบื้องต้นแล้ว ที่ชิ้นงาน เกิดการ Crack ในแนวยาว เป็นรอยแตกทั่วไปของความเค้น ตามแนวเส้นรอบวง สาเหตุหลักที่เป็นไปได้ มีดังนี้

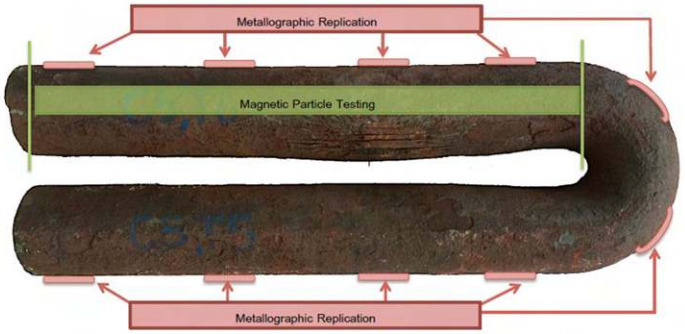
- ท่ออาจถูกใช้งานที่อุณหภูมิสูง (อาจอยู่ เกินช่วงของ Creep) เป็นเวลานาน จนท่อก็ไม่สามารถทนต่อแรงดันภายในได้ จนเกิดการระเบิด
- การสึกกร่อน (corrosion) ที่เกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกทำให้ความหนาของผนังลดลง และทำให้ความเค้นตามแนวเส้นรอบวงเพิ่มขึ้น ดังนั้นความเป็นไปได้ คือ ความเสียหายจาก Creep ที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลา

Investigation การตรวจสอบ

วิธีการตรวจสอบเพื่อค้นหาสาเหตุการชำรุดของชิ้นส่วน มีดังต่อไปนี้ (นำชิ้นส่วนที่ชำรุดแบ่งออกเป็น 8 ส่วน เพื่อทดสอบและตรวจสอบด้วยวิธีการที่เหมาะสม)

1. Microstructure Analysis: Section No.4 and No.7
2. Scanning Electron Microscope (SEM) + Energy Dispersive Spectroscopy (EDS): Section No. 3
3. Microhardness Testing: Section No. 5 and No. 8
4. Spectrochemical Analysis: Section No.2
5. Tensile Test: Section No.1 and No.6
6. Magnetic Particle Testing: Inspection 100% Tube Area
7. Metallographic Replication: Inspection 10 positions

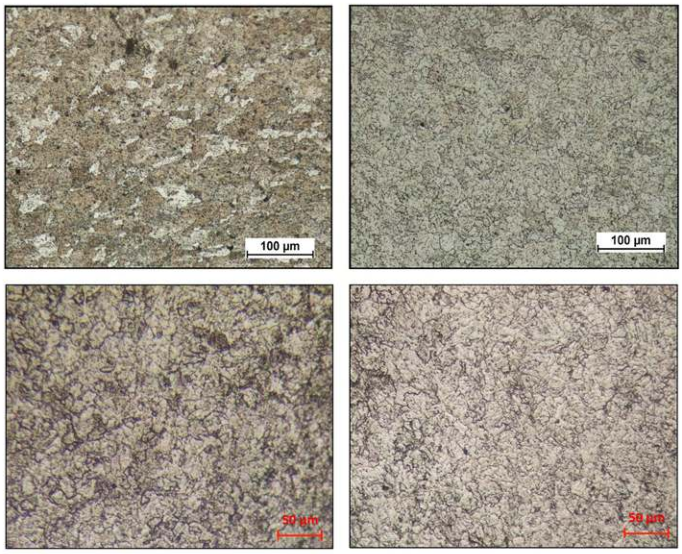




02 Failure Analysis

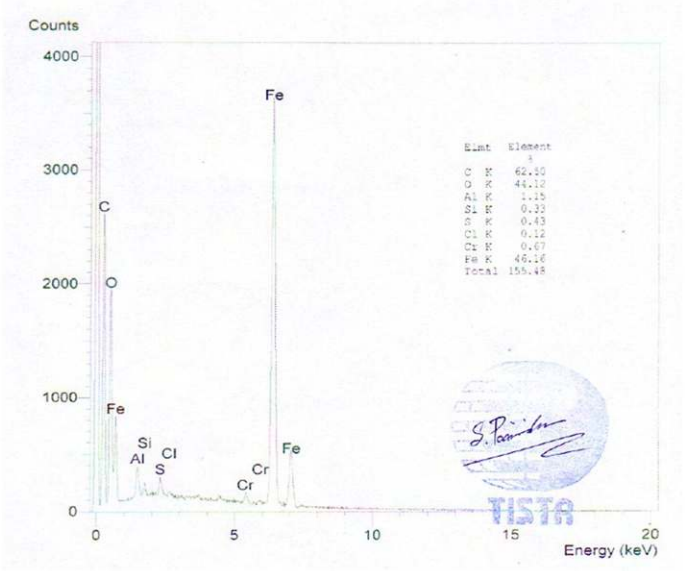
1. Microstructure Analysis

จากการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคโดยรวมของ section No. 4 และ No. 7 ท่อที่แตกและไม่แตก จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า สาเหตุของความเสียหายนี้คือ การได้รับความร้อนสูงเกินไป ทำให้เกิดการคืบในระยะยาว (long term creep failure) ท่อถูกใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่าที่ถูกออกแบบไว้ ซึ่งเห็นได้จากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างจุลภาค



2. Scanning Electron Microscope (SEM) + Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

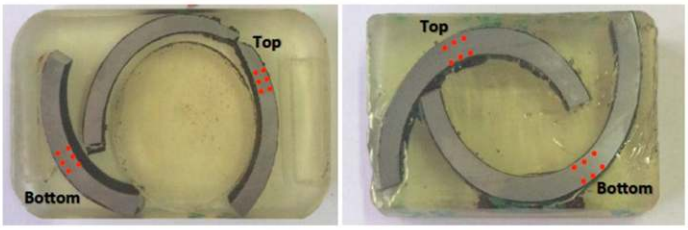
การตรวจสอบนี้ เพื่อดูว่ามี corrosive product บนผิวท่อหรือไม่ หากมี อาจเป็นไปได้ว่าสาเหตุความเสียหายมาจากการถูกกัดกร่อน



ซึ่งผลที่ได้ จากการวิเคราะห์ผิวภายนอกของท่อด้วย SEM และ EDS ไม่พบ corrosive product พบเพียง เหล็ก oxide ที่เกิดจากกระบวนการ oxidation ซึ่ง oxide จะเป็นตัวป้องกันไม่ให้ท่อถ่ายความร้อนได้ดี ส่งผลให้มีโอกาสเกิด overheat หรือ creep ได้

3. Microhardness Testing

ทำการทดสอบความแข็งด้านบนและด้านล่างของ section No. 5 และ No. 8



ผลที่ได้ สำหรับด้านบนของส่วนที่ 5 ความแข็งสอดคล้องกับโครงสร้างจุลภาคที่สังเกตพบความเสียหายจาก Creep ทำให้ท่อมีความแข็งลดลงจากความแข็งเริ่มต้น ด้านล่างของส่วนที่ 5 มีความแข็งมากกว่าด้านบน หมายความว่าความเสียหายจาก Creep เกิดที่ด้านล่างน้อยกว่าด้านบน

4. Spectrochemical Analysis

ทำการตรวจสอบ section no. 2 โดยวิธี Spectrochemical เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ว่าสอดคล้องตามข้อกำหนดของวัสดุหรือไม่ นอกจากนี้ผลการตรวจสอบยังเป็นข้อมูลในการค้นหาองค์ประกอบที่มีฤทธิ์กัดกร่อนอีกด้วย

Measurement report: 2/28/2014 11:26:53 AM Method : Fe-10 Model: Low alloy steel

Sample: Section 8

Average of 3 measurements

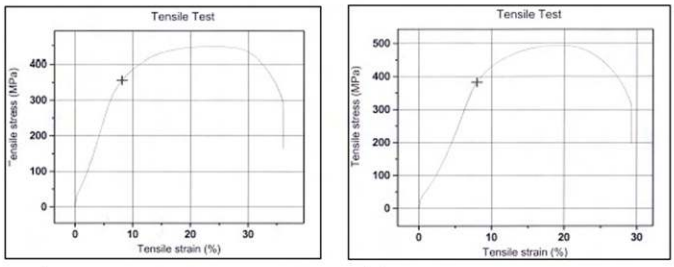
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti
0.156	0.604	0.400	0.0156	0.0067	1.19	0.513	0.0277	0.0055	0.0073	0.0159	0.0020	0.0023

V	W	Pb	Sn	B	N	Fe
0.0058	0.0025	0.0015	0.00079	0.00024	0.0096	97.0

จากตาราง องค์ประกอบทางเคมีของท่อนี้เป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งเป็นโลหะผสมต่ำ (SA213 T11) ดังนั้น ความเสียหายนี้จึงไม่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติที่ต่ำกว่าข้อกำหนดของวัสดุ หรือการกัดกร่อน

5. Tensile Test

Section No.1 Section No.6



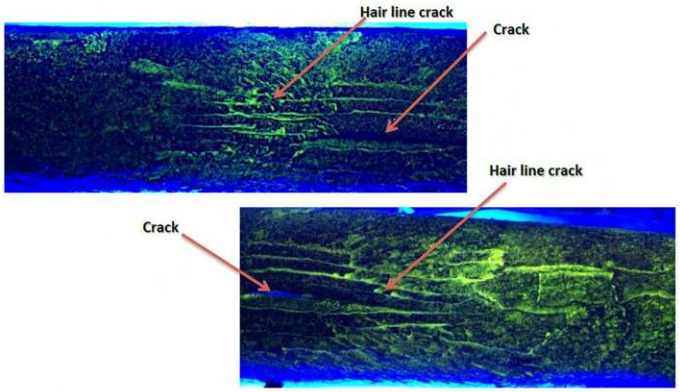
เมื่อผ่านการทดสอบแรงดึงแล้วจะเห็นได้ชัดเจนว่า section No.1 (Tube A) มีความต้านทานแรงดึงต่ำกว่า section No. 6 (Tube B) สอดคล้องกับการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค ซึ่งแสดงให้เห็นคาร์ไบด์ทรงกลมบน ส่วนที่ 1 สูงกว่า ส่วนที่ 6

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการก่อตัวของคาร์ไบด์ทำให้ลดความแข็งแรง ของท่อและอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ช่วยเร่งการรวมตัวของคาร์ไบด์ทรงกลม

02 Failure Analysis

6. Magnetic Particle Testing

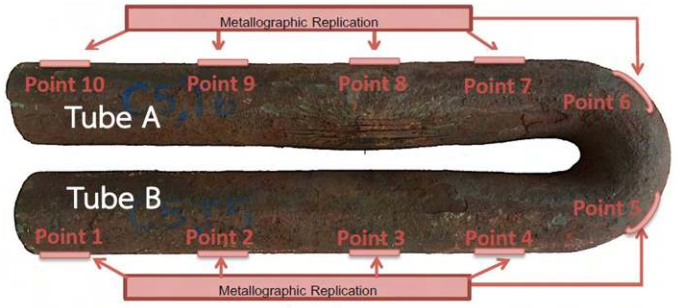
ทำการตรวจสอบท่อด้วยวิธี NDT เพื่อตรวจสอบรอยแตกใกล้บริเวณตำแหน่งที่ท่อแตก เป็นหลักฐานบ่งชี้ความเสียหายที่เกิดจาก creep



จากการตรวจสอบ MT พบรอยแตก hair line cracks ตามแนวยาวของท่อ สิ่งนี้บ่งชี้ว่าผลกระทบของอุณหภูมิ ไม่ได้ทำให้ท่อแตกเท่านั้น แต่ยังรวมถึงเกิดเส้นรอยแตกบริเวณใกล้เคียงด้วย นอกจากนี้ สามารถตรวจสอบ hair line cracks เพื่อป้องกันการแตกได้ เนื่องจากท่อมีแนวโน้มจะเสียรูปก่อนจะแตก เช่น โป่ง งอ เป็นตะกรัน เป็นต้น แนะนำให้สังเกตเป็นระยะ เพื่อหยุด shutdown ทำความสะอาดทั้งภายนอกและภายใน

7. Metallographic Replication

ตรวจสอบโดย metallographic replication เพื่อตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคที่ผิวด้านนอกและเปรียบเทียบกับ จุลภาค (micrograph) ของพื้นที่หน้าตัด ตำแหน่งตรวจสอบ แบ่งออกเป็น 10 จุด ดังภาพ

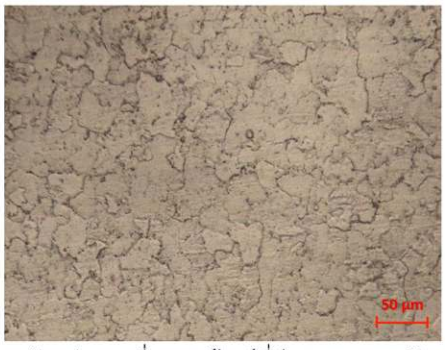


Metallographic Replication result

Position	Result
Position 1	Class B
Position 2	Class B
Position 3	Class B
Position 4	Class B
Position 5	Class B
Position 6	Class B-C
Position 7	Class B-C
Position 8	Class B
Position 9	Class B
Position 10	Class B

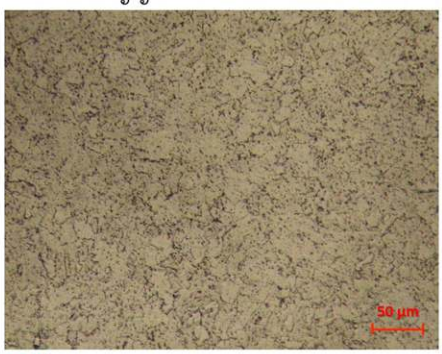
Microstructure of Replication point 1 and point 7

ตัวอย่างจุดที่ 1 คาร์ไบด์กระจายตัวเล็กน้อยภายใน matrix และบางส่วนตกตะกอนตามขอบเกรน



Temperature
517 C
Pressure (kg/cm2)
92 bar
Period time (years)
25 years
Material
SA213 T11
Tube size (mm.)
OD:2.125 in, t:0.200 in
RESULT DATA.
Class B

ตัวอย่างจุดที่ 7 คาร์ไบด์ที่มีการกระจายตัวสูงภายใน matrix และบางส่วนตกตะกอนตามแนวขอบของเกรนเกิดเป็นโพรง และแสดงสัญญาณของ microcrack



Temperature
517 C
Pressure (kg/cm2)
92 bar
Period time (years)
25 years
Material
SA213 T11
Tube size (mm.)
OD:2.125 in, t:0.200 in
RESULT DATA.
Class B-C

สรุป

เมื่อทำการวิเคราะห์จากทุกวิธีเบื้องต้น สามารถสรุปได้ว่า สาเหตุของความเสียหาย คือ "long term creep failure" (ความคืบในระยะยาว) ท่อทำงานที่อุณหภูมิเกินช่วงของการคืบ สภาพการทำงานเร่งให้ท่อแตกก่อนอายุที่ออกแบบไว้ ความเสียหายนี้สาเหตุเกิดจากอุณหภูมิ เนื่องจากไม่มีองค์ประกอบที่มีฤทธิ์กัดกร่อน (S, Cl ฯลฯ) ใกล้กับบริเวณที่แตก ยกเว้นออกซิเจน

- สำหรับโครงสร้างจุลภาค คาร์ไบด์ทรงกลมรวมตัวกันเป็นจำนวนมากตามขอบเกรนและภายในเกรน รอยแตกขนาดเล็กพบในโครงสร้างจุลภาคเป็นการแตกร้าวจาก creep ผลที่ได้ได้รับการยืนยันจากการทดสอบ microhardness และ Tensile Test ที่ Tube A มีความแข็งแรงต่ำกว่า Tube B
- นอกจากนี้ยังมีรอยแตกเป็นเส้นเล็กๆ (hair line cracks) บริเวณใกล้ตำแหน่งที่ท่อแตก hair line cracks แสดงถึงความร้อนที่สูงเกินไปและมักเกิดขึ้นก่อนการแตกร้าว สามารถตรวจสอบรอยแตกเหล่านี้ได้เพื่อป้องกันท่อชำรุด โดยใช้ Magnetic Particle Testing ตรวจสอบ
- องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุท่อ เป็นไปตามข้อกำหนดของวัสดุที่ใช้ ดังนั้นท่อไม่ได้แตกเนื่องจากคุณสมบัติที่ต่ำกว่าของวัสดุ หรือองค์ประกอบที่มีฤทธิ์กัดกร่อน
- Metallographic Replication สามารถแสดงถึงโครงสร้างจุลภาคภายในท่อได้ ดังนั้นวิธีนี้สามารถใช้ตรวจสอบ ดูสภาพโครงสร้างจุลภาคเพื่อป้องกันความเสียหายฉับพลันได้(การเสียหายจาก long term creep)

TO BE CONTINUED

03 Engineering Reparation and Development

"ในงานบำรุงรักษาปัจจุบัน เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีการเสื่อมสภาพ จำเป็นต้องทำการซ่อมแซมอย่างถูกวิธี โดยอาศัยข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ และความเสียหายที่เกิดขึ้น นำมาวิเคราะห์หาแนวทางการซ่อมแซมอย่างถูกวิธี และกำหนดวิธีการซ่อม การตรวจสอบ และการติดตามผล เพื่อเป็นข้อมูลการพัฒนาในอนาคต งานซ่อมสร้างชิ้นส่วนไม่ใช่เพียงแต่ให้รูปร่างเหมือนเพียงอย่างเดียว แต่สิ่งสำคัญ คือ คุณภาพงานต้องสร้างผลผลิตได้เหมือนเดิม และยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบ ทดสอบ และวิเคราะห์เข้าไปเกี่ยวข้องด้วย"

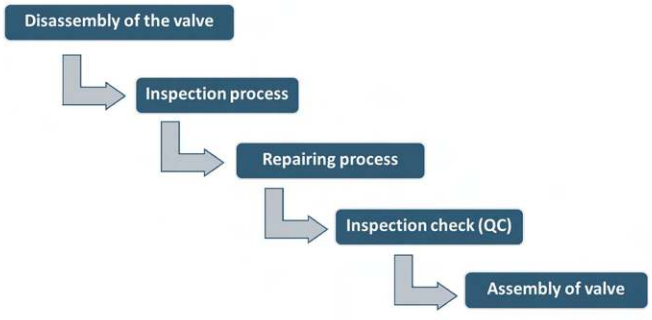
Somsak Nimityont
Consultant, Pakorn Technical Service

Case Study:
High pressure and high temperature valve part repairing

การซ่อมแซม High pressure and high temperature valve parts นั้น โดยส่วนมากจะใช้วัสดุเชื่อมเป็นโลหะ Cobalt base ซึ่งเป็นวัสดุที่มี ความแข็งสูง (hardness) ที่อุณหภูมิสูง การซ่อมหรือเชื่อมวัสดุประเภทนี้สามารถทำได้ยาก และมีโอกาสเกิดความเสียหายได้ง่ายหากไม่มีวิธีการเชื่อมที่เหมาะสม ทางบริษัทฯ ได้พัฒนาการเชื่อมซ่อมวัสดุนี้มาโดยตลอด ทำให้สามารถเข้าใจถึงลักษณะของวัสดุประเภทนี้ และมีประสบการณ์ซ่อมงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในทุกการซ่อมจะมีการเก็บ ข้อมูล Inspection ก่อนและหลังการซ่อมเสมอ เพื่อเป็นสิ่งยืนยันถึง คุณภาพการซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้นกับ parts ต่างๆ เหล่านี้ ส่วนมากจะทำให้เกิดการรั่วของ valve ซึ่งส่งผลให้ valve ไม่สามารถ ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ การซ่อมแซมโดยการแก้ที่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแต่จุดที่เป็นปัญหาจึงเป็นทางออกสำหรับลดค่าใช้จ่าย ทดแทนการซื้อ valve ใหม่

ลักษณะงานซ่อม High pressure and high temperature valve part (Stellite)



Case Study 1: Parallel slide gate valve

1. ทำการรื้อถอดอุปกรณ์ Parallel slide gate valve

2. ตรวจสอบ ประเมินความเสียหายของชิ้นส่วน valve และทำการเก็บค่า Specification ก่อนการซ่อมแซม

สภาพความเสียหาย รอยแตกร้าวที่ Disc

สภาพความเสียหาย รอยแตกร้าวที่ Seat

ตรวจสอบความแข็ง Headness Test

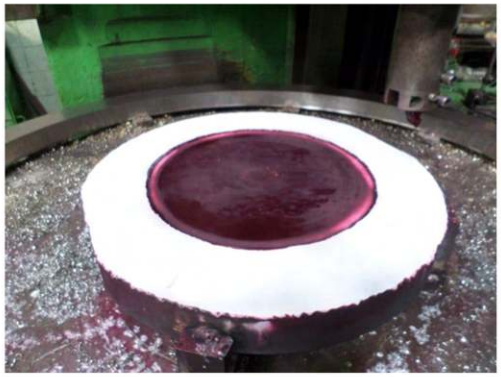
03 Engineering Reparation and Development

3. ทำการ Machine ส่วนที่เกิดความเสียหาย เพื่อเริ่มกระบวนการสร้างเนื้อทดแทน

4. ขั้นตอนการเชื่อมวัสดุ Stellite ที่มีความแข็งที่อุณหภูมิสูง โดย welding procedure จะมีการคุมทั้ง Pre heat, Inter-pass heat และ Post heat

5. การ Machine ขนาดให้เป็นไปตามค่า Specification มาตรฐาน

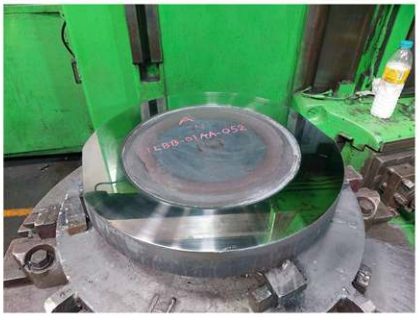
6. ทำการ Lapping ชิ้นส่วน Disc และ Seat และตรวจสอบ defect ทั้งหมด



7. ประกอบอุปกรณ์ Parallel slide gate valve

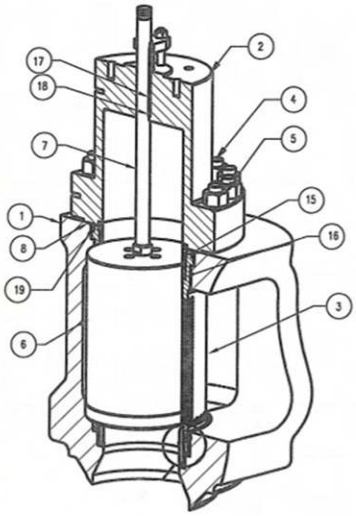
8. ทดสอบ Hydro Test เพื่อยืนยันผลของงานซ่อม

ตัวอย่าง Parallel slide gate valve Disc ชิ้นอื่นๆ ที่ทำการซ่อมแซม



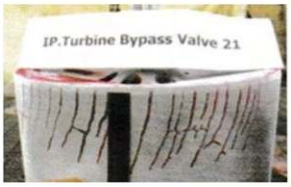
03 Engineering Reparation and Development

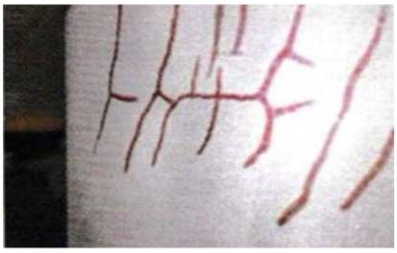
Case Study 2: IP Turbine bypass plug valve

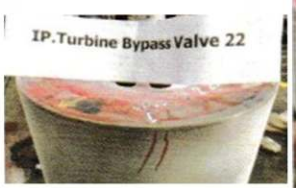


1. ตรวจสอบ ประเมินความเสียหายของชิ้นส่วน valve และทำการเก็บค่า Specification ก่อนการซ่อมแซม

ตรวจสอบด้วย Penetrant testing ทำให้เห็นรอยแตกร้าวบริเวณผิว



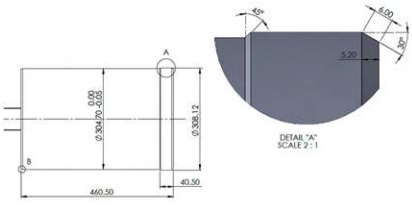




2. ทำการ Machine ส่วนที่เกิดความเสียหาย เพื่อเริ่มกระบวนการสร้างเนื้อทดแทน

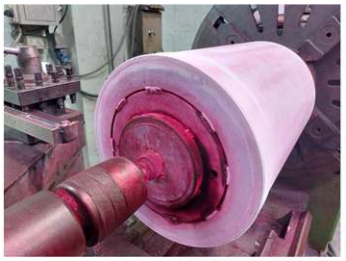
3. ขั้นตอนการเชื่อมวัสดุ Stellite ที่มีความแข็งที่อุณหภูมิสูง โดย welding procedure จะมีการคุมทั้ง Pre heat, Inter-pass heat และ Post heat

4. ทำการ Machine ขนาดให้เป็นไปตาม ค่า Specification มาตรฐาน



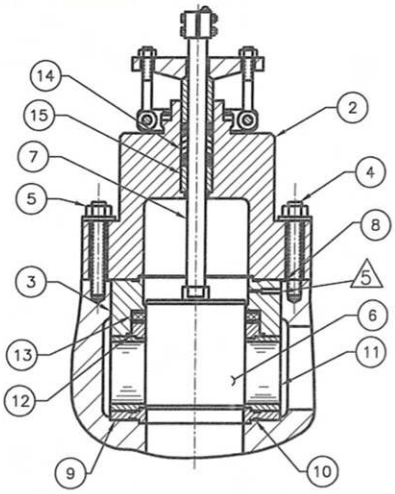
5. ทำการ Lapping

6. ตรวจสอบ defect ทั้งหมด (Inspection check) เพื่อยืนยันผลของงานซ่อม



03 Engineering Reparation and Development

Case Study 3: HP Turbine bypass plug valve

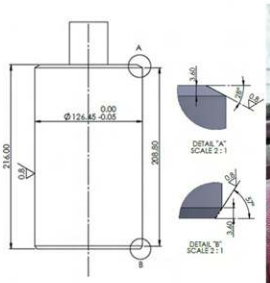


1. ตรวจสอบ ประเมินความเสียหายของชิ้นส่วน valve และทำการเก็บค่า Specification ก่อนการซ่อมแซม

2. ทำการ Machine ส่วนที่เกิดความเสียหาย เพื่อเริ่มกระบวนการสร้างเนื้อทดแทน

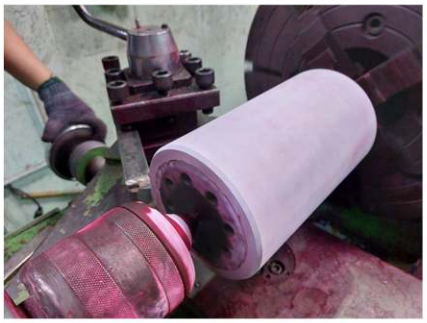
3. ขั้นตอนการเชื่อมวัสดุ Stellite ที่มีความแข็งที่อุณหภูมิสูง โดย welding procedure จะมีการคุมทั้ง Pre heat, Inter-pass heat และ Post heat

4. ทำการ Machine ขนาดให้เป็นไปตาม ค่า Specification มาตรฐาน



5. ทำการ Lapping

6. ตรวจสอบ defect ทั้งหมด (Inspection check) เพื่อยืนยันผลของงานซ่อม



TO BE CONTINUED
PAGE I 13

04 Material Engineering

"การมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของวัสดุเป็นสิ่งสำคัญ จะทำให้สามารถเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาผลิตได้อย่างเหมาะสมกับชิ้นส่วนหรือชิ้นงานแต่ละประเภท เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิด มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกัน อีกทั้งยังทำให้ชิ้นงานนั้นมีประสิทธิภาพ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นอีกด้วย"

Worada Yuangngen
Engineering Section, Pakorn Technical Service

เหล็กกล้าผสม (Alloy steel)

เหล็กกล้าผสม คือ เหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของธาตุอื่นๆ ซึ่งนอกเหนือจาก ธาตุคาร์บอน เช่น นิกเกิล(Ni), โครเมียม(Cr), โมลิบดีนัม(Mo), แมงกานีส(Mn), ซิลิคอน(Si) และวาเนเดียม(V) เป็นต้น ผสมลงไปในเนื้อเหล็ก เพื่อเพิ่มคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. เพิ่มความแข็งแรง
2. ปรับปรุงคุณสมบัติทางกล ทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำ
3. ปรับปรุงความเหนียว ขณะวัสดุมีความแข็งสูงสุด
4. เพิ่มความต้านทานการสึกหรอ
5. เพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน
6. เพิ่มคุณสมบัติทางแม่เหล็ก
7. อื่นๆ

เหล็กกล้าผสม สามารถแบ่งได้เป็น

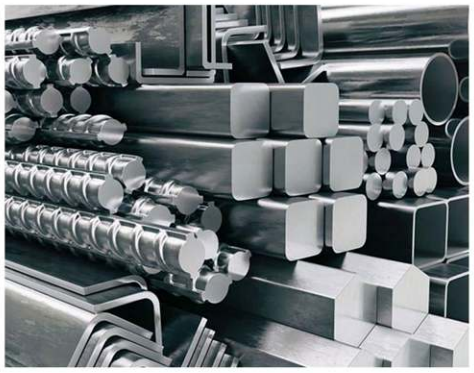
1. เหล็กกล้าผสมต่ำ (Low alloy steel) คือ เหล็กกล้าที่มีปริมาณของธาตุอื่นๆ นอกจากคาร์บอน ผสม ไม่เกิน 10% โดยน้ำหนัก

2. เหล็กกล้าผสมสูง (High alloy steel) คือ เหล็กกล้าที่มีปริมาณธาตุอื่นๆ นอกจากคาร์บอน ผสม มากกว่า 10% โดยน้ำหนัก

High alloy steel สามารถแบ่งได้เป็น

2.1 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)
2.2 เหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool Steel)

ซึ่งในฉบับนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดของ เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

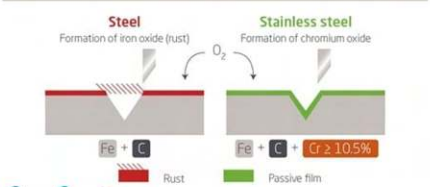


สแตนเลส เป็นเหล็กกล้าชนิดหนึ่ง ที่มักจะพบในรูปแบบของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ต่างๆ นิยมใช้เพื่อเป็นวัสดุสร้างเครื่องจักร และอุปกรณ์แปรรูปอาหาร เป็นวัสดุที่มีการนำมาผลิตใช้งานอย่างหลากหลาย เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน ทนการกัดกร่อน ไม่เกิดสนิม เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดอันตราย ที่สำคัญคือน้ำหนักเบา ทำให้เคลื่อนย้ายได้ง่าย ในปัจจุบันจึงเห็นได้ว่า สแตนเลสเป็นที่นิยมและถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย

เพราะเหตุใดสแตนเลสที่เป็นเหล็กเหมือนกัน จึงไม่เกิดสนิม และสแตนเลสตามท้องตลาดที่มีให้เลือกใช้หลากหลายประเภท แตกต่างกันอย่างไร มีรายละเอียดในบทความนี้

สแตนเลส หรือเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) คืออะไร ?

คือ โลหะผสม (Alloy Steel) ที่มีส่วนประกอบหลักคือ เหล็ก และโครเมียม อย่างน้อย 10.5% ของน้ำหนัก และต้องมีคาร์บอนน้อยกว่า 1.2% อาจมีการเติมสารชนิดอื่นๆ เช่น นิกเกิล แมงกานีส ทองแดง โมลิบดีนัม อลูมิเนียม ฯลฯ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของสแตนเลสให้เหมาะกับการใช้งานแบบต่างๆ โดยคุณสมบัติหลักของสแตนเลสสตีล คือ ไม่เกิดสนิม ทนความชื้น ทนต่อการกัดกร่อนนั่นเอง



ทำไมจึงไม่เกิดสนิม ?

เนื่องจากมี Passive film อยู่ที่ผิวของโลหะ เกิดขึ้นโดยการผสมโครเมียมเข้าไปในตัวเหล็ก ทำให้โครงสร้างของเหล็กมีการสร้างโครเมียมออกไซด์ขึ้น และสารชนิดนี้มีส่วนช่วยป้องกัน ไม่ให้เกิดการกัดกร่อนเนื้อสแตนเลส หรือเกิดสนิมนั่นเอง

04 Material Engineering

ประเภทของ Stainless Steel

สแตนเลสที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้น มีหลากหลายประเภท ซึ่งจะแตกต่างกันตามอัตราส่วนผสม หรือมีการใส่ธาตุอื่นๆ เข้าไป ทำให้สามารถใช้งานได้หลากหลายและตรงจุดมากขึ้น

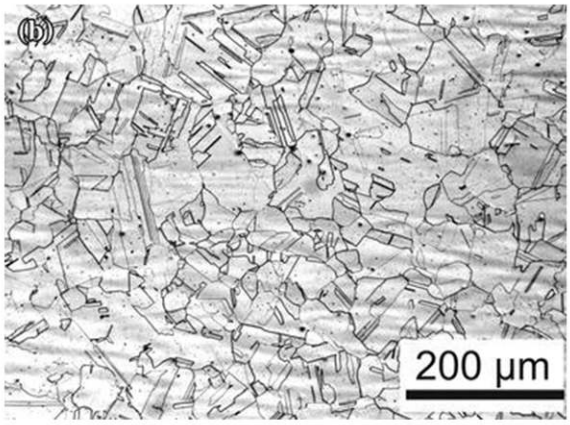
สามารถแบ่งตามคุณสมบัติของสแตนเลส แบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

1. Austenitic
2. Ferritic
3. Martensitic
4. Duplex
5. Precipitation hardening

1. Austenitic Stainless Steel

- เป็นสแตนเลสกลุ่มที่มีใช้งานอย่างแพร่หลายมากที่สุด มากถึง 70% จากปริมาณการใช้ทุกกลุ่ม
- มีส่วนผสมของโครเมียมประมาณ 16-22% คาร์บอนไม่เกิน 0.15% และมีการผสมนิกเกิลเข้าไปอีกด้วย ประมาณ 8-14% เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ และเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน
- โครงสร้างทางจุลภาค เป็นแบบออสเทนไนต์ (Austenite)

โครงสร้างจุลภาคของ Austenitic Stainless Steel (Austenite)



- สำหรับเกรดที่นิยมใช้มากที่สุดในกลุ่ม ออสเทนนิติค (มีการใช้ 50% จากปริมาณการใช้ทั่วโลก) คือ เกรด 304 รู้จักกันในนาม "18/8" มาจากส่วนผสม โครเมียม 18% และ นิกเกิล 8%

- **เกรดที่พบได้ทั่วไปในกลุ่มออสเทนนิติค**: 304, 304L, 316, 316L
  - o **เกรด 304 :** เป็นสแตนเลสพื้นฐานที่ใช้ในการตกแต่งเพื่อความสวยงาม ชนิดนี้ง่ายต่อการขึ้นรูป และป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี
  - o **เกรด 304L :** เป็นสแตนเลสส เกรด 304 ที่ใช้คาร์บอนเป็นส่วนประกอบน้อยลงมา ใช้ในงานเชื่อมอย่างกว้างขวาง
  - o **เกรด 316 :** ถูกออกแบบให้มาป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี มีราคาแพงกว่า 304 สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ ทนอุณหภูมิต่ำได้มากกว่า และทนการกัดกร่อนของคลอรีนที่ความเข้มข้นสูงกว่า 304 ประมาณเท่าตัว ถูกใช้ในงานอุตสาหกรรมหนัก และสถานที่ใกล้ทะเล
  - o **เกรด 316L :** เป็นสแตนเลส เกรด 316 ที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนน้อยลงมา (มีโครเมียม 18% นิกเกิล 14% และโมลิบดินัม 3% จึงแข็งแรงและทนการกัดกร่อนได้ดีกว่า 316)

(L = เน้นงานเชื่อม)

- **คุณสมบัติสำคัญของ Austenitic Stainless Steel :**
  - ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม (Excellent Corrosion Resistance)
  - เชื่อมได้ดีเยี่ยม
  - สามารถดัด ขึ้นรูป และประกอบได้ดีมาก
  - ไม่สามารถทำ Heat Treatment เพิ่มได้
  - การขึ้นรูปเย็น (Cold Work) จะทำให้เหล็กแข็งขึ้น
  - ทนอุณหภูมิได้ตั้งแต่เย็นจัดจนถึงประมาณ 600°C
  - มีสมรรถนะ "ดีเยี่ยม" ที่อุณหภูมิต่ำ
  - มีสมรรถนะ "ดี" ที่อุณหภูมิสูง
  - แม่เหล็กดูดไม่ติด (Non-Magnetic)
  - สามารถทำความสะอาดได้ดี (Excellent Cleanability) ถูกตามสุขลักษณะ (Hygienic)
  - ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดและอนามัยได้ดี

- **Applications :**

ใช้ในส่วนประกอบของเตาหลอม, ท่อนำความร้อน, แผ่นกันความร้อนในเครื่องยนต์, Boiler, เกี่ยวกับชิ้นส่วนเครื่องบิน, อุปกรณ์ของรถไฟ, ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, การใช้งานทางทะเล, ภาชนะรับแรงดัน, ท่อในอุตสาหกรรมอาหาร, งานตกแต่ง, ถังใส่สารเคมี หรือใส่อาหาร, ภาชนะต่างๆ เช่น หม้อ กระทะ ช้อน ถาด เป็นต้น

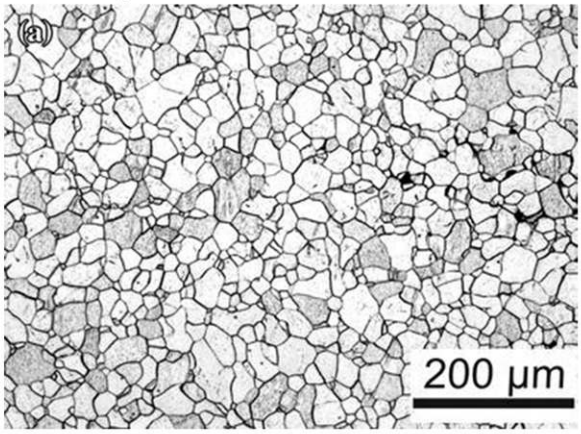
04 Material Engineering

2. Ferritic Stainless Steel

• เป็นสแตนเลสกลุ่มที่ใช้งานมากเป็นลำดับถัดมา มีส่วนผสมของคาร์บอนต่ำ โดยจะใช้โครเมียมเป็นส่วนผสมหลักอยู่ระหว่าง 10.5–27% และมีนิกเกิลผสมอยู่เล็กน้อย หรือไม่มีเลย

• โครงสร้างทางจุลภาค เป็นแบบเฟอร์ไรต์ (Ferrite)

โครงสร้างจุลภาคของ Ferritic Stainless Steel (Ferrite)



• รู้จักกันในนาม Plain Chromium Steel

• *เกรดที่พบได้ทั่วไปในกลุ่มเฟอร์ริติค :* 430, 430Ti, 439, 409

o *เกรด 430 :* ราคาถูกที่สุด นิยมใช้ตกแต่งภายใน

o *เกรด 409 :* ใช้ทำท่อไอเสียรถยนต์ เนื่องจาก ราคาถูก ทนต่อการกัดกร่อน และขึ้นรูปได้ง่าย (Excellent Formability)

• *คุณสมบัติสำคัญของ Ferritic Stainless Steel*

- ทนต่อการกัดกร่อนปานกลาง (Moderate Corrosion Resistance)
- ไม่ทนต่อการกัดกร่อนและการขูดขีด
- มี Elongation สูง
- ต้านทานการกัดกร่อนใต้แรงเค้นได้ดีกว่า ออสเทนนิติก
- พับม้วนได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดในการขึ้นรูป ไม่สามารถชุบแข็งได้
- ไม่สามารถทำ Heat Treatment เพิ่มได้
- ทำได้เพียงการอบอ่อน (Annealing)
- ทนอุณหภูมิได้สูง ถึง 850°C
- แม่เหล็กดูดติด (Magnetic)
- เชื่อมได้ไม่ดี (Poor Weldability)
- มีราคาถูก

• *Applications :*

มักจะนำไปใช้ในการผลิต ถังน้ำ, ชิ้นส่วนเครื่องซักผ้า, อ่างล้างจาน, เครื่องครัว, จานชาม, ของใช้ในบ้าน, เฟอร์นิเจอร์, ท่อไอเสียรถยนต์, ภาชนะปรุงอาหาร, conveyor chains, boilers, heating, hot water tanks, tubes เป็นต้น

3. Martensitic Stainless Steel

• เป็นแสตนเลสที่ผลิตจากโครเมียมประมาณ 12 -18% มีปริมาณคาร์บอนสูง (High Carbon) ประมาณ 0.1–1% นิกเกิล 0–2% และโมลิบดินัม 0.2–1%

• โครงสร้างทางจุลภาค เป็นแบบมาร์เทนไซต์ (Martensite)

โครงสร้างจุลภาคของ Martensitic Stainless Steel (Martensite)

• สแตนเลสชนิดนี้ จะมีความทนทานที่มากขึ้น เพื่อให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น เป็นสแตนเลสสตีลชนิดแรก ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ใช้ในงานทั่วไป เช่น อุปกรณ์ตัด

04 Material Engineering

• *เกรดที่พบได้ทั่วไปในกลุ่มมาร์เทนซิติค :* 410, 420, 440C
  o *เกรด 420 :* นิยมใช้ในงานวิศวกรรมต่างๆ
  o *เกรด 440C :* มีความแข็งที่สุด ทนทานต่อการเสียดสีได้ดี

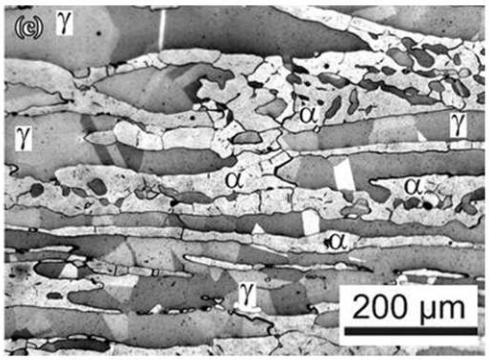
• *คุณสมบัติสำคัญของ Martensitic Stainless Steel*
- ทนต่อการกัดกร่อนปานกลาง (Moderate Corrosion Resistance)
- สามารถปรับความแข็งแรงได้
- ใช้ในงานอุณหภูมิสูงได้ถึง 593°C
- สามารถทำ Heat Treatment เพิ่มได้
- มีข้อจำกัดในการเชื่อม เนื่องจากมีคาร์บอนสูง
- เชื่อมได้ไม่ดี (Poor Weldability)
- แม่เหล็กดูดติด (Magnetic)
- ไม่สามารถขึ้นรูปเย็น (Cold Work)

• *Applications:*
มักนำไปใช้ทำช้อนส้อม, มีด, เครื่องมือตัด, เครื่องมือแพทย์, เครื่องมือช่าง, สปริง, เพลา, เฟือง, ลูกปืน, Inner ring, outer ring, balls และเครื่องมือวิศวกรอื่นๆ ที่ต้องการคุณสมบัติเด่นในด้านการต้านทานการสึกกร่อน และความแข็งแรงทนทาน

4. Duplex Stainless Steel

• โครงสร้างทางจุลภาค ผสมระหว่างเฟอร์ไรต์และออสเทนไนต์ (Ferrite+Austenite) คือคล้ายทั้ง Ferritic และ Austenitic Stainless Steel ที่มีปริมาณโครเมียมสูง (High Chromium) ระหว่าง 21-26% คาร์บอน 0.02% นิกเกิล (Nickel) มีปริมาณปานกลางที่ 1-7% ซึ่งปริมาณนิกเกิล (Nickel) ที่ต่ำนี้ ไม่สามารถเปลี่ยนโครงสร้างเป็น Austenitic อย่างเต็มรูปแบบ แต่พิเศษกว่าตรงที่มีการใส่โมลิบดีนัม (Molybdenum) ประมาณ 0-4%

โครงสร้างจุลภาคของ Duplex Stainless Steel (Ferrite+Austenite)



• ซึ่งสแตนเลสชนิดนี้มีความต้านทานต่อการแตกร้าว และการกัดกร่อนได้ดีมาก สามารถใช้งานได้ทั้งในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดหรือด่าง

• *เกรดที่พบได้ทั่วไปในกลุ่มดูเพล็กซ์* คือ เกรด 2205 มีความทนทานต่อการกัดกร่อนดีเยี่ยม

• *คุณสมบัติสำคัญของ Duplex Stainless Steel*
- ทนต่อคลอไรด์ ทำให้ใช้ได้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดหรือด่าง
- เชื่อมได้ดี
- สามารถขึ้นรูปได้ดี
- ทนทานต่อกรด Chloride เป็นพิเศษ
- ทนทานได้ดีต่อความเครียดจากการถูกกัดกร่อน
- มีความแข็งกว่าทั้ง Ferritic และ Austenitic Stainless Steel
- ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม (Excellent Corrosion Resistance)
- ทนต่อ Errosion ได้ดี
- ราคาแพง

• *Applications :*
- เหมาะสำหรับใช้ทำ ตัวคลายอุณหภูมิ (Heat Exchangers), ถังบรรจุสารเคมี (Chemical Tanks), โรงกลั่นต่างๆ (Refinery), แท่นขุดเจาะน้ำมัน, Pipeline in corrosion environment, Bridge, Oil, gas, pulp and paper, desalination sectors, chemical industry, etc.
- เหมาะกับการใช้งานที่ต้องทนทั้ง Corrosion และ Errosion

04 Material Engineering

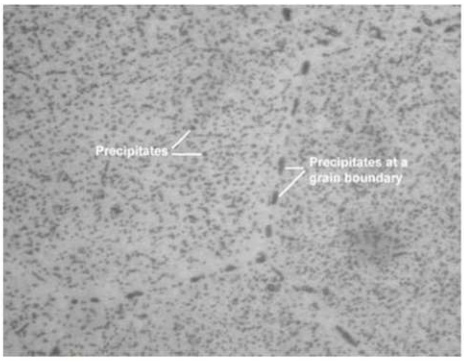
5. Precipitation Hardening Stainless Steel

• มีค่าความแข็งแปรผัน (Precipitation Hardening) คล้ายกับ Martensitic, Semi-Austenitic หรือ Austenitic Stainless Steels ที่นำจุดเด่นของทั้ง Austenitic ที่ทนทานต่อการกัดกร่อน และ Martensitic ที่สามารถในการทำ Heat Treatment เพิ่มได้ มารวมไว้ด้วยกัน

• ส่วนผสมของสแตนเลสชนิดนี้จะประกอบด้วย โครเมียมประมาณ 17% นิกเกิล 4% และไนโอเบียมกับทองแดงเล็กน้อย

• ภายในเนื้อวัสดุ มีโครงสร้างมาร์เทนไซต์ (เกรด AISI 17-4 PH), โครงสร้างกึ่งออสเทนไนต์ (เกรด AISI 17-7 PH) หรือโครงสร้างออสเทนไนต์ (เกรด AISI 600)

โครงสร้างจุลภาคของ Precipitation Hardening Stainless Steel



• ***เกรดที่นิยมใช้ทั่วไป :*** คือ 17-4 PH (รู้จักกันในนาม 630) ผ่านการอบอ่อน (Annealing/Solution Treated) มาแล้ว สามารถขึ้นรูป ก่อนนำไปชุบแข็ง (Hardening) ได้เพียงครั้งเดียว ที่อุณหภูมิต่ำอย่างช้าๆ (Low Temperature Aging) ตัวอย่างเกรดอื่นๆ เช่น 17-7 PH, PH13-9Mo, AM-350, 600, 630 เป็นต้น

• ***คุณสมบัติสำคัญของ Precipitation Hardening Stainless Steel***

- แม่เหล็กดูดติดได้ (Magnetic)
- เชื่อมได้ดี (Good Weldability)
- มีความแข็งสูงมาก (Very High Strength)
- ทนต่อการกัดกร่อนปานกลาง (Moderate Corrosion Resistance)

• ***Applications:***

เหมาะสำหรับทำ แกนปั๊ม, หัววาล์ว, ส่วนประกอบของอากาศยาน, ส่วนประกอบของยานอวกาศ, โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นต้น

ประโยชน์ของการใช้งานสแตนเลส

• ใช้ในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive Environment)

• งานอุณหภูมิเย็นจัด ป้องกันการแตกเปราะ

• ใช้งานอุณหภูมิสูง (High temperature) ป้องกันการเกิดคราบออกไซด์ (scale) และยังคงความแข็งแรง

• มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับมวล (High strength vs. mass)

• งานที่ต้องการสุขอนามัย (Hygienic condition) ต้องการความสะอาดสูง

• งานด้านสถาปัตยกรรม (Aesthetic appearance) ไม่เป็นสนิม ไม่ต้องทาสี

• ไม่ปนเปื้อน (No contamination) ป้องกันการทำ ปฏิกิริยากับสารเร่งปฏิกิริยา

• ต้านทานการขัดถูแบบเปียก (Wet abrasion resistance)

การเลือกใช้หรือซื้อสแตนเลส

ผู้ซื้อหรือผู้ใช้ควรมีความรู้พื้นฐานในเรื่อง ดังต่อไปนี้

• ความรู้เกี่ยวกับวัสดุ : ความรู้จะช่วยการตัดสินใจไม่เกิดปัญหาผิดพลาด และประหยัดราคา

• ความรู้เรื่องเกรดของวัสดุ : เลือกใช้เกรดวัสดุถูกต้อง ลดความเสี่ยง ช่วยลดหรือประหยัดจากการใช้วัสดุราคาแพงได้

• ความรู้ในการออกแบบ : การออกแบบที่ดีจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการประกอบ

• ความรู้ในการตกแต่งผิว : การตกแต่งผิวทำให้ดู สวยงาม และมีราคาเพิ่มขึ้น

• การประยุกต์ใช้ในงานตกแต่งหรืองานเครื่องใช้ภายในบ้าน : ใช้เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้านจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงหรือแก้ไข

• การใช้การวางแผนการผลิต : การวางแผนการผลิตจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์

TO BE CONTINUED
PAGE I 18

05 General Engineering talk

Somsak Nimityont
Consultant, Pakorn Technical Service

“ในปัจจุบัน เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานของอุตสาหกรรมต่างๆ มีการใช้งานนานมาก มีสภาพชำรุดเสียหาย หรือหมดสภาพการใช้งาน และอะไหล่ต่างๆ บางส่วนเลิกผลิตไปแล้ว หรือการสั่งซื้อใช้เวลานานมาก แต่เครื่องจักรจำเป็นต้องใช้งานต่อ ด้วยสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบัน จึงทำให้ต้องมีการ ซ่อม สร้าง ชิ้นส่วนต่างๆ ขึ้นมาทดแทน แต่ข้อมูล ทางด้านการผลิตมีไม่เพียงพอ ทำให้การผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ไม่สามารถทำงานได้ดีพอ จึงจำเป็นต้องหาข้อมูล และศึกษาความรู้ทางด้านวิศวกรรม โดยใช้กระบวนการวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการสร้าง การซ่อมเครื่องจักร ให้ดียิ่งขึ้น

บทความนี้เป็นการนำเสนอแนวทาง วิธีการทำ โดยอาศัยประสบการณ์จริงที่ได้ทำมาตลอด 30 ปี ในอุตสาหกรรมต่างๆ หวังว่าจะเป็นประโยชน์กับงานบำรุงรักษาในอนาคต”

Reverse Engineering ภาพรวมของวิศวกรรมย้อนรอย

วิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) เป็นกระบวนการผลิตชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ ขึ้นเอง โดยอาศัยการตรวจสอบข้อมูลทั่วไปและข้อมูลทางเทคนิค ที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต้นแบบ ดังนั้น การทำวิศวกรรมย้อนรอยอย่างเต็มรูปแบบ จึงเกี่ยวข้องกับการสืบค้นข้อมูลทางเทคนิค เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงาน แนวคิด ขั้นตอนการทำงาน และกรรมวิธีการผลิตชิ้นส่วนแต่ละชิ้น การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เป็นอุปกรณ์หรือระบบ รวมทั้งการตรวจสอบคุณสมบัติ และสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ ทั้งในระหว่างการผลิต และระหว่างการใช้งาน

วัตถุประสงค์ของวิศวกรรมย้อนรอย

- ต้องการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของตนเองที่มีอยู่ เนื่องจากไม่มีแบบวาดและมีรายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิคไม่ครบ
- ต้องการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ใช้แทนชิ้นส่วนเดิมที่เกิดความเสียหาย เนื่องจากผู้ผลิตไม่ได้ทำการผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวอีกต่อไป
- ต้องการปรับปรุงการใช้งานให้เหมาะสมกับการใช้งานและพัฒนาให้ดีขึ้น

จุดมุ่งหมายคือการผลิตอะไหล่ทดแทนเนื่องจาก ความจำเป็นบังคับโดยมีผลพลอยได้คือ ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถในการผลิตและตรวจสอบสอบชิ้นส่วนหรืออุปรณ์ที่สร้างขึ้นเอง รวมทั้งข้อมูลทางวิชาการต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการซ่อมบำรุง เครื่องจักร และปรับปรุงชิ้นส่วน และอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

แต่ไม่ว่าจะทำวิศวกรรมย้อนรอยด้วยเหตุผลใดก็ตาม เราจะต้องมีการตรวจสอบอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพื่อให้มั่นใจว่าชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้น มีสมรรถนะเหมาะสมตรงกับวัตถุประสงค์การใช้งาน อีกทั้งยังสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยและเชื่อถือได้ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

การดำเนินการเพื่องานวิศวกรรมย้อนรอย

ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรด้วยกระบวนการวิศวกรรมย้อนรอย ในปัจจุบันนั้น บ่อยครั้งชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นทดแทน ใช้งานไม่ได้เต็มประสิทธิภาพตามผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เนื่องมาจากสาเหตุหลักๆ ได้แก่ การที่ผู้ประกอบการยังไม่มีระบบการศึกษาย้อนกลับถึงข้อมูลที่สำคัญของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์นั้นๆ ได้แก่ การออกแบบทางวิศวกรรม คุณสมบัติของวัสดุ กรรมวิธีการผลิต และสภาพเงื่อนไขการใช้งาน เป็นต้น ดังนั้นกระบวนการการผลิต ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรให้มีคุณภาพตามที่ต้องการด้วยการทำวิศวกรรมย้อนรอยอย่างถูกต้อง จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่สำคัญดังนี้

- ข้อมูลชิ้นงานเดิม เช่น ราคา และคุณสมบัติต่างๆ จากผู้ผลิต
- ข้อมูลวัสดุที่ใช้ เช่น ชนิดของวัสดุ คุณสมบัติการใช้งาน มาตรฐานคุณภาพ
- ขั้นตอน กรรมวิธีการผลิต และความเป็นไปได้ในการขึ้นรูป
- การปรับปรุงคุณภาพภายหลังขั้นตอนการขึ้นรูป เช่น การปรับปรุงผิว การอบชุบ และการเคลือบผิว เป็นต้น
- การตรวจสอบคุณภาพภายหลังการผลิตแต่ละขั้นตอน โดยการตรวจสอบมีทั้งแบบทำลาย และไม่ทำลายชิ้นงาน
- การติดตามผลการใช้งาน เพื่อปรับเปลี่ยนการผลิตสำหรับการผลิตชิ้นส่วนอื่นๆ ต่อไป
- การวิจัยและพัฒนา และสร้างสิ่งใหม่ๆ ขึ้นมา

การดำเนินงานทางวิศวกรรมย้อนรอย เป็นการผสมผสานความรู้จากงานวิศวกรรม (การออกแบบและผลิต) กับความรู้จากงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเครื่องจักรในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทประกอบไปด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมและวิศวกรรมที่หลายหลาย จะสามารถช่วยให้ผู้ดำเนินการ มีความเข้าใจปัญหาของการสร้างอะไหล่ หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรได้กว้างขึ้น ข้อมูลเหล่านี้จะนำมาแลกเปลี่ยน รวบรวม และบูรณาการทางความคิด เพื่อให้การผลิตชิ้นส่วนและอะไหล่ชิ้นใหม่ มีโอกาสประสบความสำเร็จมากขึ้น

05 General Engineering talk

การเลือกวัสดุเพื่องานวิศวกรรมย้อนรอย

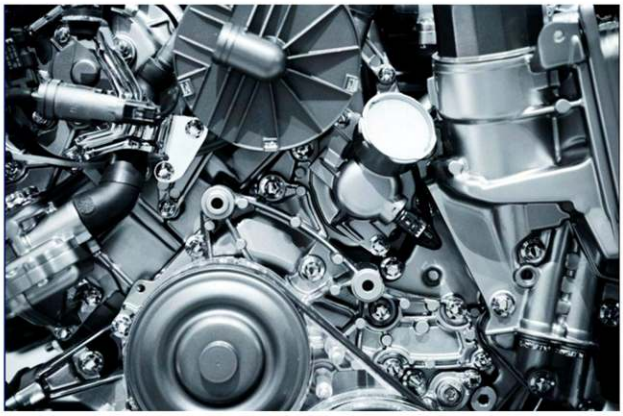
การเลือกใช้วัสดุมีความสำคัญต่อการทำงานวิศวกรรมย้อนรอยเป็นอย่างมาก เนื่องจากคุณสมบัติของชิ้นส่วนจำเป็นต้องมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในการใช้งานและกระบวนการผลิต ดังนั้นวัสดุที่ได้รับเลือกให้ใช้งานด้วยวิธีวิศวกรรมย้อนรอย ต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถตรวจสอบเบื้องต้นได้จากข้อมูลของผู้ผลิตต้นแบบ หรือการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ

เกณฑ์การเลือกวัสดุเพื่อทำวิศวกรรมย้อนรอย สามารถแบ่งได้อย่างน้อย 2 ลักษณะ ได้แก่ การเลือกวัสดุตามมาตรฐาน และการเลือกวัสดุตามสภาวะการใช้งาน

1.การเลือกวัสดุตามมาตรฐาน

ในบางกรณี เราสามารถเลือกใช้วัสดุและกรรมวิธีการผลิตชิ้นส่วนที่ต้องการทำวิศวกรรมย้อนรอยตามข้อมูลที่ระบุไว้ในแบบ หรือข้อมูลที่ปรากฏในเอกสารมาตรฐานสากลต่างๆ ทั้งนี้ ผู้ตัดสินใจเลือกใช้วัสดุจึงต้องมีความคุ้นเคย ความรู้ความเข้าใจของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และมีความเข้าใจในข้อมูลที่ระบุไว้ในแบบหรือมาตรฐานว่าสามารถใช้งานได้ภายใต้เงื่อนไขและสภาวการณ์อย่างไรบ้าง

นอกจากนี้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการผลิต กรรมวิธีโลหะวิทยา และการตรวจสอบก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน เนื่องจากแบบและมาตรฐาน มักจะระบุคุณสมบัติและสมรรถนะของชิ้นส่วนอุปกรณ์ โดยไม่ได้ให้รายละเอียดของกระบวนการผลิต และการตรวจสอบที่เกี่ยวข้องมากนัก



2.การเลือกวัสดุตามสภาวะการใช้งาน

บางครั้งไม่สามารถพิจารณาข้อมูลการออกแบบการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ได้ครบขั้นตอน ทำให้ชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมีอายุการใช้งานสั้นกว่าที่ควรจะเป็น หรือบางครั้งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมการใช้งานเครื่องจักร ทำให้ชิ้นส่วนที่ผลิตด้วยข้อกำหนดเดิมไม่สามารถรองรับระบบการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปได้ จำเป็นต้องตรวจสอบสภาวะแวดล้อมทั้งหมด เพื่อปรับปรุงการผลิตครั้งใหม่ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น สภาวะแวดล้อมและการใช้งานที่เป็นปัจจัยกำหนดการเลือกใช้วัสดุ เช่น

- o การใช้งานในสภาวะที่รับแรง (ทั้งหยุดนิ่งและเคลื่อนที่)
- o การใช้งานที่อุณหภูมิสูง
- o การใช้งานในสภาวะที่เกิดการสึกกร่อน
- o การใช้งานในสภาวะที่เกิดการกัดกร่อน
- o การใช้งานในสภาวะที่เกิดการกัดกร่อน หรือสึกหรอร่วมกับอุณหภูมิสูง
- o การใช้งานในสภาวะที่รับแรงกระแทกและการสึกกร่อน

ตัวอย่างการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรเพื่อการใช้งานเป็นหลัก เช่น

- เพลา (Shaft) : ออกแบบเพื่อถ่ายทอดกำลังจากการหมุนและทนต่อแรงบิด (Torque)
- ท่อไอน้ำ (Boiler tube) : ออกแบบเพื่อรับอุณหภูมิ และแรงดันไอน้ำ
- ลูกกลิ้งบด (Roller mill) : ออกแบบเพื่อทนการสึกหรอ
- ส่วนประกอบที่ต้องสัมผัสกับสารเคมี : ออกแบบเพื่อทนต่อการกัดกร่อน
- ฟันโม่และเล็บขุด : ออกแบบเพื่อทนต่อการกระแทกและการสึกหรอ
- ใบพัดกังหัน (Turbine Blade) : ออกแบบเพื่อให้ทนกับอุณหภูมิและการกัดกร่อน

อาจกล่าวได้ว่า การทำวิศวกรรมย้อนรอยชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์เป็นงานที่ตอบสนองความต้องการ ของผู้ประกอบการในกลุ่มอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ทันเวลา แต่ทั้งนี้คุณภาพของงานต้องใกล้เคียงหรือดีกว่าเดิม โดยรวมแล้วหากผู้ผลิตสามารถเสริมสร้างศักยภาพการผลิตชิ้นส่วน และอะไหล่ทดแทนได้จนเป็นที่ยอมรับ ก็จะทำให้เกิดความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมไทยที่สมบูรณ์ขึ้น ลดการพึ่งพาต่างชาติ และอาจนำไปสู่การเป็นผู้นำของงานวิศวกรรมย้อนรอยและการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่เองในที่สุด

TO BE CONTINUED

06 Safety Engineering

"ความปลอดภัยในการทำงาน กับงานด้านวิศวกรรมนั้น เป็นสิ่งที่มาควบคู่กัน ไม่ว่าจะเป็นวิศวกรรมในด้านใด การมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ Safety Engineering จึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ความพึงพอใจของลูกค้า และเกิดความสูญเสียทางร่างกายและทรัพย์สินน้อยที่สุด"

Worada Yuangngen
Engineering Section, Pakorn Technical Service

ในฉบับนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของความปลอดภัยในการทำงาน

ความปลอดภัยในการทำงาน

ในสังคมปัจจุบันมีการแข่งขันกันในด้านต่างๆ ทำให้ผู้คนต้องทำงานในสภาพแวดล้อมที่เร่งรีบ ทำงานแข่งกับเวลา ไม่ว่าจะเป็นอาชีพในด้านใดก็ตาม ทุกคนต่างต้องพยายามปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีใหม่ๆ เจ้าของกิจการหลายแห่งมุ่งผลผลิตจนขาดความสนใจในเรื่องความปลอดภัย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอันตรายจากการประสบอุบัติเหตุของคนงาน เกิดการบาดเจ็บหรือเสี่ยงต่อโรคภัยต่างๆ ทำให้เกิดการเจ็บป่วยทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจจนกระทั่งเสียชีวิตได้ ส่งผลกระทบในระยะยาวถึงครอบครัว สังคมและประเทศชาติต่อไปด้วย นอกจากนั้น การเจ็บป่วยของผู้ปฏิบัติงาน ยังก่อให้เกิดผลกระทบกับสถานประกอบการ เนื่องจากคนที่ประสบอันตราย ไม่สามารถมาทำงานได้ ขาดคนทำงาน ทำให้เกิดการติดขัดในสายการผลิต การผลิตที่ล่าช้ากว่าปกติ หรือทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และอาจทำให้คนงานเสียขวัญและกำลังใจในการทำงาน

ในปัจจุบันสถานประกอบการให้ความสนใจในการดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยในการทำงานกันมากขึ้น และในขณะเดียวกันเจ้าของกิจการก็จะคำนึงถึงผลประโยชน์ในด้านการเพิ่มผลผลิต และการป้องกันหรือลดการสูญเสียของกำลังงานกับวัตถุดิบไปพร้อมกันด้วย ดังนั้นสถานประกอบการก็จะพยายามพัฒนาแรงงาน ให้เท่าทันเทคโนโลยีและผลักดันให้คนงานเพิ่มขีดความสามารถ ด้วยวิธีการจัดการฝึกอบรม ให้การศึกษาอย่างต่อเนื่อง และจัดสวัสดิการที่เหมาะสมให้กับคนงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นการลดสถิติการเกิดอุบัติเหตุ และความไม่ปลอดภัยในการทำงานลง

ความปลอดภัย (Safety) หมายถึง สภาวะการปราศจากภัยหรือการพ้นภัย และรวมถึงปราศจากอันตราย (Danger) การบาดเจ็บ (Injury) การเสี่ยงภัย (risk) และการสูญเสีย (Loss)

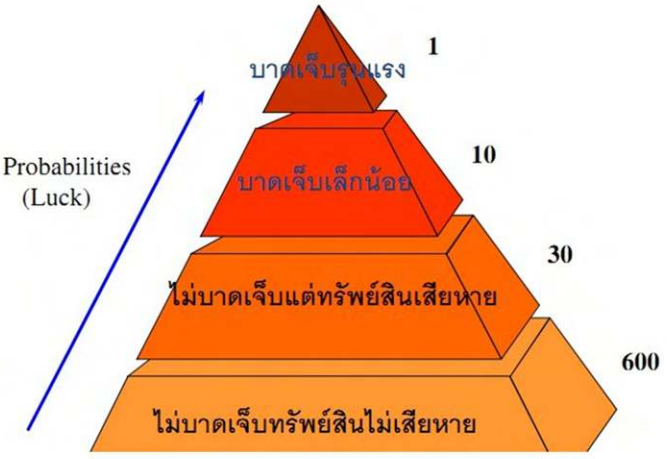
อันตราย (Danger) หมายถึง สภาวะที่เป็นอันตรายไม่ว่าจะอยู่ในระดับของความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของการทำงานและการป้องกัน เช่น การทำงานบนที่สูง ซึ่งถือว่าเป็นสภาพการณ์ที่มีความเสี่ยงที่จะมีโอกาสเกิดอันตรายขึ้นได้ ถ้าหากเกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นและอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บหรือถึงกับชีวิตได้

อุบัติการณ์ (Incident) หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดเป็นเหตุนำไปสู่การเกิดเหตุการณ์เกือบเกิดอุบัติเหตุ (Near Miss) หรืออุบัติเหตุ (Accident)

อุบัติเหตุ (Accident) หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครคาดคิด ไม่ได้ตั้งใจให้เกิดขึ้น ไม่สามารถควบคุมได้ และหลีกเลี่ยงไม่ได้ขณะนั้น ทำให้เกิดความเสียหาย ส่งผลกระทบต่อทั้งตัวเอง ครอบครัว เศรษฐกิจ สังคม และประเทศชาติ

ความปลอดภัยในการทำงาน คือ การปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายโดยปราศจากเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความเสียหาย การสูญเสียทั้งบุคคลและทรัพย์สิน การบาดเจ็บ ป่วยเป็นโรค จนถึงขั้นเสียชีวิต

สถิติของคนทำงานที่ต้องประสบอุบัติการณ์เกิดการบาดเจ็บ สูญเสียทรัพย์สินเงินทอง อวัยวะ จนกระทั่งถึงชีวิตจากการประกอบอาชีพนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี สาเหตุเนื่องมาจาก ลักษณะของงานที่ทำ อัตราเสี่ยง สภาพการทำงานที่เร่งรีบ การทำงานบนที่สูง อัตราส่วนของอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้น มีดังนี้



ในระบบการผลิตใดๆ จะต้องมีองค์ประกอบพื้นฐาน 3 ประการ ได้แก่ สิ่งที่ป้อนเข้า (Input) กระบวนการ (Process) สิ่งที่ได้ (Output) ซึ่งสิ่งที่ป้อนเข้าทั้ง 4 คือ Man Material Machine Management (คน วัสดุ เครื่องจักร การจัดการ) ซึ่งองค์ประกอบข้างต้น "คน" เป็นทรัพยากรที่มีค่ามากที่สุด และการเกิดอุบัติเหตุย่อมไม่มีใครอยากให้เกิดขึ้น ดังนั้นวิศวกรผู้ที่หน้าที่ออกแบบการทำงานต้องศึกษาการทำงานของคนกับเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงาน ภายใต้สภาวะแวดล้อมใดๆ **เพื่อจะออกแบบเครื่องจักร หรือจัดการกับสภาวะ**แวดล้อมนั้น ให้มีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการทำงานของคนมากที่สุด

06 Safety Engineering

และหากพิจารณาถึงมาตรการลดความสูญเสียต่างๆ เช่น การควบคุมความปลอดภัย จะแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การควบคุมที่แหล่งกำเนิด การควบคุมที่ตัวกลาง และการควบคุมที่คน ตามหลักการแล้วสิ่งที่ควรทำขั้นตอนแรก คือการปรับปรุงหรือแก้ไขสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทำงานของคน หรือควบคุมแหล่งกำเนิดซึ่งอาจหมายความถึงเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ ยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดที่มีปัญหา เช่น เสียงรบกวนเกินมาตรฐาน ก่อให้เกิดความสูญเสียการได้ยินและมีผลกระทบต่อร่างกาย อาทิ ความดันโลหิตสูง โรคกระเพาะ เป็นต้นเหตุของความเครียด และทำให้เกิดความอ่อนล้า อันเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุได้

การควบคุมที่ตัวกลาง เช่น การควบคุมทางผ่านของเสียง โดยการตั้งวัสดุดูดกลืนเสียง หรือการกำหนดพื้นที่เสียงดังเกินมาตรฐานแยกออกมาจากพื้นที่อื่นเป็นพื้นที่ควบคุมเฉพาะ ซึ่งจะต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นพื้นฐานในการพิจารณา เช่น ความรู้ในด้านการออกแบบเครื่องจักรกล (Machine Design) ความรู้ในด้านการออกแบบวางผังโรงงาน (Plant Lay-Out Design) หากทำ 2 วิธีข้างต้นยังไม่ได้ผล จึงมาใช้วิธีสุดท้าย คือ การป้องกันที่ตัวบุคคลและการบังคับใช้ เช่น การบังคับให้ใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment) เป็นต้น

สาเหตุของอุบัติเหตุ

จากงานวิจัยของ H.W. Heinrich ได้พบว่าสาเหตุที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุสรุปได้ดังนี้

1) สาเหตุที่เกิดจากคน (Human Causes)

มีจำนวนสูงที่สุด คือ 88% ของการเกิดอุบัติเหตุทุกครั้ง เช่น การทำงานที่ไม่ถูกต้อง ความเผลอเรอ ความประมาท ชอบเสี่ยงในการทำงาน สภาพร่างกายไม่พร้อม

2) สาเหตุที่เกิดจากความผิดพลาดของเครื่องจักร (Mechanic Failure)

มีจำนวน 10% ของการเกิดอุบัติเหตุทุกครั้ง เช่น เครื่องจักรไม่มีอุปกรณ์กำบังครอบป้องกัน ขาดการซ่อมบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม การออกแบบวางผังโรงงานไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมอุตสาหการ สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

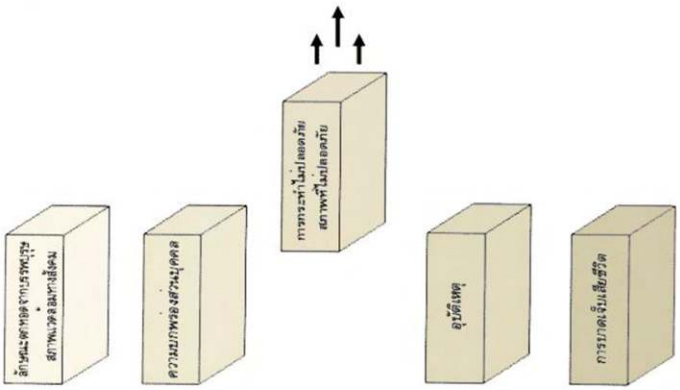
3) สาเหตุจากโชคชะตา (Acts of God)

มีจำนวนเพียง 2% เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นจากธรรมชาตินอกเหนือการควบคุมได้ เช่น ฟ้าผ่า ลมพายุ น้ำท่วม เป็นต้น

ทฤษฎีโดมิโนของอุบัติเหตุ

H.W. Heinrich ได้ศึกษาและให้กำเนิดทฤษฎีโดมิโน (Domino Theory) ของการเกิดอุบัติเหตุว่า สามารถเชื่อมโยงได้กับปรัชญาความปลอดภัย โดยใช้แผ่นโดมิโน 5 แผ่น วางอยู่ใกล้กันเมื่อตัวใดตัวหนึ่งล้มลงย่อมส่งผลทำให้โดมิโนตัวถัดไปล้มตามกันไปด้วย ซึ่งอธิบายความหมายของตัวแผ่นโดมิโนทั้ง 5 ตัว ได้แก่

1) ภูมิหลังหรือสภาพแวดล้อมของบุคคล
2) ความบกพร่องหรือความผิดปกติของบุคคล
3) การกระทำและสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย
4) อุบัติภัย/อุบัติเหตุ
5) การบาดเจ็บ สูญเสีย เสียหาย



การป้องกันอุบัติเหตุตามทฤษฎีโดมิโน

ตามทฤษฎีโดมิโนหรือลูกโซ่ของอุบัติเหตุ เมื่อโดมิโนตัวที่ 1 ล้ม ตัวถัดไปก็ล้มตาม ดังนั้นหากต้องการไม่ให้เกิดอุบัติหตุ (ไม่ต้องการให้โดมิโนตัวที่ 4 ล้ม) เราต้องนำโดมิโนตัวที่ 3 ออกจากแถว ซึ่งเปรียบเสมือนการกำจัดการกระทำ และสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย ออกไป ดังนั้นอุบัติเหตุก็จะไม่เกิด เมื่ออุบัติเหตุไม่เกิด การบาดเจ็บหรือ ความสูญเสียก็จะไม่เกิดขึ้นเช่นกัน เนื่องจากการแก้ไขในเรื่องของ ภูมิหลังของบุคคล (โดมิโนตัวแรก) หรือความบกพร่องของบุคคล (โดมิโนตัวที่ 2) เป็นเรื่องที่แก้ไขได้ยากกว่าเพราะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้น และถูกปลูกฝังเป็นคุณสมบัติถาวรของบุคคลนั้นๆ

TO BE CONTINUED

07 ATTACHED DOCUMENTS

Sampling Tube Standard

Sampling Tube standard

Sampling Tube standard เป็นชิ้นงานท่อจริงที่ผ่านกระบวนการทดสอบแบบไม่ทำลาย โดยท่อตัวอย่าง จะถูกแบ่งเป็นหลายส่วนเพื่อการทดสอบที่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบไปด้วย Microstructure analysis, Tensile Test, Micro Hardness, Chemical composition, Metallographic replication และ Dimension Measurement โดยผลลัพธ์จากการทดสอบสามารถนำไปสู่การวิเคราะห์หาสภาพที่แท้จริงของท่อ นอกจากนั้นผลลัพธ์เหล่านี้ยังมีประโยชน์ในการใช้เป็น Standard Reference เพื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Non Destructive Testing)

ประโยชน์ของ Sampling Tube standard

- สามารถประเมินสภาพของท่อได้อย่างแท้จริง
- โครงสร้างทางจุลภาคของท่อ สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับ ผลของ Metallographic replication onsite เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใน การประเมินสภาพโดย Replica
- ความแข็งของวัสดุใน ระดับ Micro สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับการวัดความแข็ง Onsite (NDT) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินสภาพ เนื่องจากความแข็ง
- Dimension ที่แท้จริงของวัสดุ สามารถนำไปใช้เป็น Reference ในการเปรียบเทียบการวัด onsite เพื่อสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของ ขนาดของท่อ ได้อย่างแม่นยำ
- ค่าส่วนผสมทางเคมีของท่อ สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับ Tube Specification เพื่อเพิ่มความมั่นใจในวัสดุ และสามารถนำไปใช้ในการ วิเคราะห์หาความเสียหาย ถ้าหากท่อเกิดความเสียหายใน อนาคต
- ความแข็งแรงของวัสดุ Tensile Strength สามารถนำไปเปรียบเทียบกับ Specification เพื่อประเมินว่าท่อเหล่านี้เหมาะกับ Operating condition หรือมีสภาพแท้จริงอย่างไร

Sampling Tube Standard box จะประกอบไปด้วย

- ชิ้นงานที่มีการทำ Microstructure Analysis และภาพถ่าย Microstructure บริเวณ นอก กลาง และใน ตามความหนาท่อ
- ชิ้นงานที่ผ่านการทำ Micro hardness
- ชิ้นงานที่ทำ Chemical Composition Analysis
- ชิ้นงานที่ทำ Tensile test เพื่อให้เห็นลักษณะการแตกหักของ วัสดุ
- ฟิล์ม Replica ด้านนอกและด้านในของท่อ

Sampling Tube Standard box จะมีเอกสารจะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

- Microstructure Analysis and micrographs
- Tensile Test results
- Micro Hardness test results
- Chemical composition analysis results
- Replica results (ภายใน และภายนอกท่อ)
- Dimension of Tube

สนใจสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม ติดต่อ

บริษัท ภากร เทคนิคอล เซอร์วิส จำกัด

ที่อยู่ : 333/32 หมู่ 3 ถ.บางกรวย-ไทรน้อย
ต.บางรักพัฒนา อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110

โทรศัพท์ : 02-920-7581

info@pakorntech.co.th , www.pakorntech.co.th

Trainning Course

1. Course: Failure Analysis

Introduction:

คอร์สวิเคราะห์ความเสียหายนี้ เป็นคอร์สที่ออกแบบมาเพื่อให้ความรู้พื้นฐานและหลักการในการวิเคราะห์ความเสียหาย (Failure Analysis) โดยจะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการ เก็บข้อมูล วิเคราะห์ ทดสอบ เพื่อหา สาเหตุความเสียหายที่แท้จริง ของวัสดุ อุปกรณ์ อะไหล่ทดแทนและ เครื่องจักรภายในโรงงาน เพื่อที่จะสามารถเตรียมแนวทางการแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถลดปัญหา Emergency Shutdown โดยใช้เนื้อหาที่เข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน

Course content:

คอร์สนี้ประกอบด้วยเนื้อหาขั้นพื้นฐานที่ต้องใช้ในการหาสาเหตุของ ความเสียหายที่แท้จริง และกระบวนการในการใช้งานระบบวิเคราะห์ ความเสียหาย โดยเนื้อหาพื้นฐานข้างต้นประกอบไปด้วยหัวข้อ basic material, overview of NDT methods, destructive testing methods และ failure mode โดยคอร์สนี้จะชี้แนวทางให้ผู้เข้าอบรม เข้าใจถึงวิธีนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในระบบวิเคราะห์ความเสียหาย วิธีการเก็บข้อมูล วิธีการตั้งสมมุติฐาน และวิธีการพิจารณาความเสียหายเบื้องต้น

Suitable for:

คอร์สนี้เหมาะสำหรับ ช่างเทคนิค ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง และ วิศวกรซ่อมบำรุงที่ต้องการเข้าใจถึงกระบวนการวิเคราะห์ความเสียหาย

Course objectives:

- ให้ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการใช้ระบบวิเคราะห์ความเสียหาย
- สร้างความเข้าใจในแนวทางและหลักการวิเคราะห์ความเสียหาย
- ให้ความรู้พื้นฐานในการใช้เครื่องมือตรวจสอบ และทดสอบเพื่อหาสาเหตุของความเสียหาย
- เพิ่มความเข้าใจในวิธีและกระบวนการวิเคราะห์ความเสียหายอย่างมีประสิทธิภาพ

Topic:

- Introduction of failure analysis
- Basic of material science
- Introduction of failure mode
- Overviews of Non-destructive Testing methods
- Overviews of Destructive Testing methods
- Inspection mapping
- Failure analysis procedure
- Case studies

Trainning Course

2. Course: Reverse Engineering

Introduction:

วิศวกรรมย้อนรอยคือกระบวนการผลิตอะไหล่ทดแทน อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร โดยการนำเอาความรู้ทางด้านวัสดุ การออกแบบ เทคโนโลยีประยุกต์สมัยใหม่ รวมถึงผลของการวิเคราะห์ความเสียหาย และการมาพัฒนาให้อุปกรณ์ อะไหล่ทดแทน หรือเครื่องจักร ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่สูงขึ้น โดยคอร์สนี้ได้มุ่งเน้นไปที่หลักการ และระบบในการทำวิศวกรรมย้อนรอย ในรูปแบบที่เรียบง่าย

ผู้เข้าร่วมอบรมจะได้เรียนรู้วิธีพัฒนาและผลิตอะไหล่ทดแทนที่สามารถป้องกันการเสียหายแบบเดิมได้ และมีคุณภาพที่สูงขึ้น

Course content:

คอร์สนี้ประกอบด้วยเนื้อหาขั้นพื้นฐานที่ต้องใช้ในการทำวิศวกรรม ย้อนรอยโดยเนื้อหาจะประกอบไปด้วย basic knowledge of material engineering, inspection process, design process, primary failure analysis และ manufacturing processes นอกจากนี้ผู้เข้า อบรมจะได้เรียนรู้แนวทาง หรือจุดที่มักจะเกิดความเสียหายใน อุปกรณ์ อะไหล่ทดแทน และเครื่องจักร เพื่อที่จะได้มาซึ่งคุณภาพ และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

Suitable for:

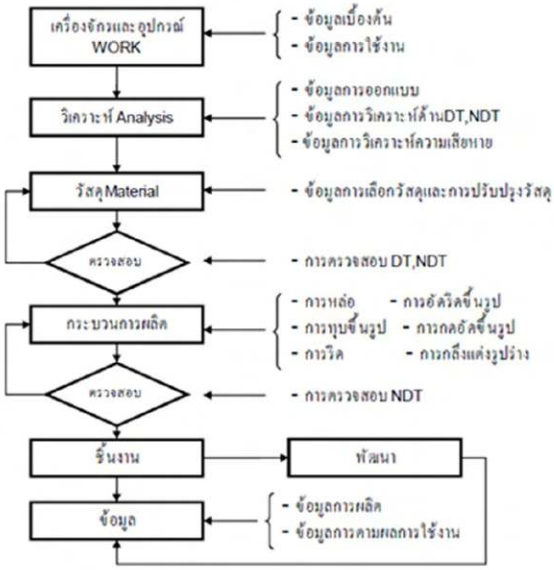
คอร์สนี้เหมาะสำหรับ ช่างเทคนิค ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง และ วิศวกรซ่อมบำรุงที่ต้องการเข้าใจในกระบวนทำวิศวกรรม-ย้อนรอย (Reverse Engineering)

Course objectives:

- ให้ความรู้พื้นฐานกับผู้เข้าอบรมเพื่อใช้ในการผลิต อุปกรณ์ อะไหล่ ทดแทนและเครื่องจักร
- เพิ่มประสบการณ์ และความเข้าใจในระบบวิศวกรรมย้อนรอยให้กับ ผู้เข้าร่วมอบรม
- เพิ่มความเข้าใจในกระบวนการ หรือวิธีการทำวิศวกรรมย้อนรอย อย่างมีประสิทธิภาพ
- เพิ่มความคุ้นเคยกับเครื่องจักร และอุปกรณ์ทดสอบเพื่อให้ได้มาซึ่ง ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการผลิต อุปกรณ์ อะไหล่ทดแทน และเครื่องจักร

Topic:

- Introduction of reverse engineering
- Fundamental of material engineering
- Introduction of inspection process
- Primary failure analysis
- Introduction of design process
- Introduction of manufacturing process
- Reverse Engineering process
- Case studies



Trainning Course

3. Course: Inspection process and Application

Introduction:

คอร์สนี้ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานและการประยุกต์กระบวนการตรวจสอบ ทั้งแบบไม่ทำลาย (NDT) และแบบทำลาย (DT) รวมไปถึงวิธีการนำการตรวจสอบไปใช้ในการประเมินสภาพที่แท้จริงของอุปกรณ์ อะไหล่ทดแทนและเครื่องจักร ในระหว่างใช้งานหรือตั้งแต่กระบวนการผลิต โดยจะแนะนำกระบวนการออกแบบวิธีการตรวจสอบให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมการใช้งาน หรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ อะไหล่ทดแทน และเครื่องจักรเพื่อให้ผลของการตรวจสอบนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ต่อยอดได้

Course content:

คอร์สนี้ประกอบด้วยเนื้อหาพื้นฐานของการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย การตรวจสอบแบบทำลาย และการประยุกต์ใช้การตรวจสอบในอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีการบ่งบอกคุณลักษณะทั้งข้อดีและข้อเสียของการตรวจสอบแต่ละชนิด ทั้งนี้เนื้อหาการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย จะแบ่งออกเป็น Penetrant Testing, Magnetic Particle Testing, Ultrasonic Testing, Radiographic testing และ metallographic replication on-site ส่วนสำหรับการตรวจสอบแบบทำลาย จะแบ่งออก เป็น material preparation process, chemical composition analysis และ mechanical testing processes

โดยผู้เข้าร่วมอบรมจะได้เรียนรู้พื้นฐานของการตรวจสอบแต่ละวิธีเพื่อช่วยในการออกแบบวิธีการตรวจสอบ อุปกรณ์ อะไหล่ทดแทน และเครื่องจักร แต่ละชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และตรงกับเป้าหมายมากที่สุด ทั้งนี้ทางผู้เข้าอบรมจะเรียนรู้ได้วิธีการเก็บข้อมูลที่ได้มาจากการตรวจสอบเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง ในการทำวิศวกรรมย้อนรอยหรือการวิเคราะห์ความเสียหายในภายภาคหน้าอีกด้วย

Suitable for:

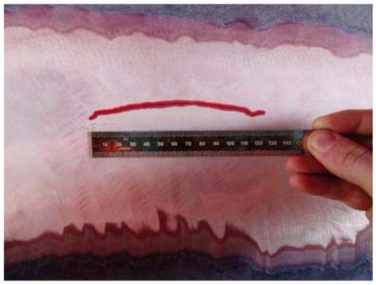
คอร์สนี้เหมาะสำหรับ ช่างเทคนิค ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง และวิศวกรซ่อมบำรุงในอุตสาหกรรม ที่ต้องการเข้าใจในกระบวนการการตรวจสอบแบบทำลายและไม่ทำลาย

Course objectives:

- ให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการ การตรวจสอบแบบทำลาย และการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย
- เพิ่มประสบการณ์ในการตรวจสอบแบบทำลายและแบบไม่ทำลาย รวมถึงวิธีการประยุกต์ให้แก่ผู้เข้าร่วมอบรม
- สร้างความเข้าใจในแนวทางการนำการตรวจสอบไปใช้กับอุปกรณ์ อะไหล่ทดแทน และเครื่องจักรในอุตสาหกรรม เพื่อประเมินถึงสภาพที่แท้จริง
- เพื่อให้ผู้เข้าอบรมคุ้นเคยกับวิธีการตรวจสอบทั้งแบบทำลาย และแบบไม่ทำลาย

Topic:

- Introduction of non-destructive test
  - Penetrant testing
  - Magnetic Testing
  - Ultrasonic Testing
  - Radiographic Testing
  - Metallographic replication on-site
  - Phase Array Ultrasonic Testing
  - Eddy Current Testing
  - Acoustic Emission Testing
- Application of non-destructive testing
- Introduction of destructive test
- Fundamental of material preparation process
- Fundamental of mechanical testing and chemical analysis
- Inspection mapping process
- Case studies of equipment inspection



สนใจสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม ติดต่อ
บริษัท ภากร เทคนิคอล เซอร์วิส จำกัด
ที่อยู่ : 333/32 หมู่ 3 ถ.บางกรวย-ไทรน้อย ต.บางรักพัฒนา อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
โทรศัพท์ : 02-920-7581 , info@pakorntech.co.th , www.pakorntech.co.th

PAKORN TECHNICAL SERVICE CO.,LTD

Engineering Service

1. Metallurgy
การวิเคราะห์วัสดุการทดสอบด้านต่างๆ

- Chemical Composition: หาส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ
- Microstructure Macrostructure: ดูโครงสร้างของวัสดุ
- Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectrometer (SEM-EDS)
- Tensile Test: การทดสอบแรงดึงของวัสดุ
- Impact Test: การทดสอบแรงกระแทกของวัสดุ
- Hardness Test: การทดสอบความแข็งของวัสดุ

2. Failure Analysis
การวิเคราะห์ความเสียหายของวัสดุ

- วิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหาย ของอุปกรณ์หรือชิ้นงานอะไหล่ และนำเสนอแนวทางป้องกันแก้ไข

3. Reverse Engineering
วิศวกรรมย้อนรอย

- วิเคราะห์และนำเสนอวิธีการสร้างชิ้นงานอะไหล่ทดแทน (Spare parts) เพื่อสร้างอะไหล่ทดแทนให้มีคุณลักษณะการทำงาน และคุณภาพเหมือนเดิม หรือดีกว่าเดิม เพื่อนำไปใช้ในการผลิตจริง
- รับวิเคราะห์ และแนะนำให้ว่าควรผลิตชิ้นส่วนอย่างไรก่อนที่จะนำไปผลิตจริง

4. Standard sample
การทำตัวอย่างมาตรฐานของชิ้นงาน และวัสดุชนิดต่างๆ

- เตรียมชิ้นงานตัวอย่าง ที่ทำให้เห็นข้อมูลที่แท้จริงของวัสดุ ของชิ้นงานทางด้านโครงสร้างทางจุลภาค และ Mechanical properties
- สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจและความรู้ทางด้านวัสดุวิทยา
- **Sample ตัวอย่างวัสดุชนิดต่างๆ**
  - Material Sample โครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุชนิดต่างๆ
  - Failure Sample ที่เป็นความเสียหายประเภทต่างๆ
  - Welding Sample ตัวอย่างงานเชื่อม
- **Sampling Tube Standard**

การทำตัวอย่างมาตรฐานท่อ ที่ประกอบไปด้วย ข้อมูล specification ของท่อ ทั้งหมด (เช่น Microstructure, Tensile strength, Hardness etc.

5. Training Service
จัดอบรมให้ความรู้ ในหัวข้อต่างๆ

- เป็นการจัดอบรมให้ความรู้เฉพาะทาง อาทิเช่น
  - Failure Analysis
  - Reverse Engineering
  - Inspection process and applications
  - etc.
- พร้อมเอกสารรับรอง หรือประกาศนียบัตร (Certification)

6. NDT (Non-Destructive Testing)
การทดสอบแบบไม่ทำลาย

การตรวจสอบอุปกรณ์ เพื่อประเมินสภาพของอุปกรณ์ ด้วยกระบวนการ NDT หรือ DT ในการตรวจสอบ จะมีการออกแบบเทคนิคการตรวจสอบ จุดตรวจสอบ และวิธีการเพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ และสามารถประเมินสภาพได้อย่างแท้จริง

- Penetrant Testing (PT)
- Magnetic Particle Testing (MT)
- Ultrasonic Tasting (UT)
- Metallographic replication on-site (Replica)

สนใจสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม ติดต่อ
บริษัท ภากร เทคนิคอล เซอร์วิส จำกัด

ที่อยู่ : 333/32 หมู่ 3 ถ.บางกรวย-ไทรน้อย
ต.บางรักพัฒนา อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
โทรศัพท์ : 02-920-7581
info@pakorntech.co.th
www.pakorntech.co.th

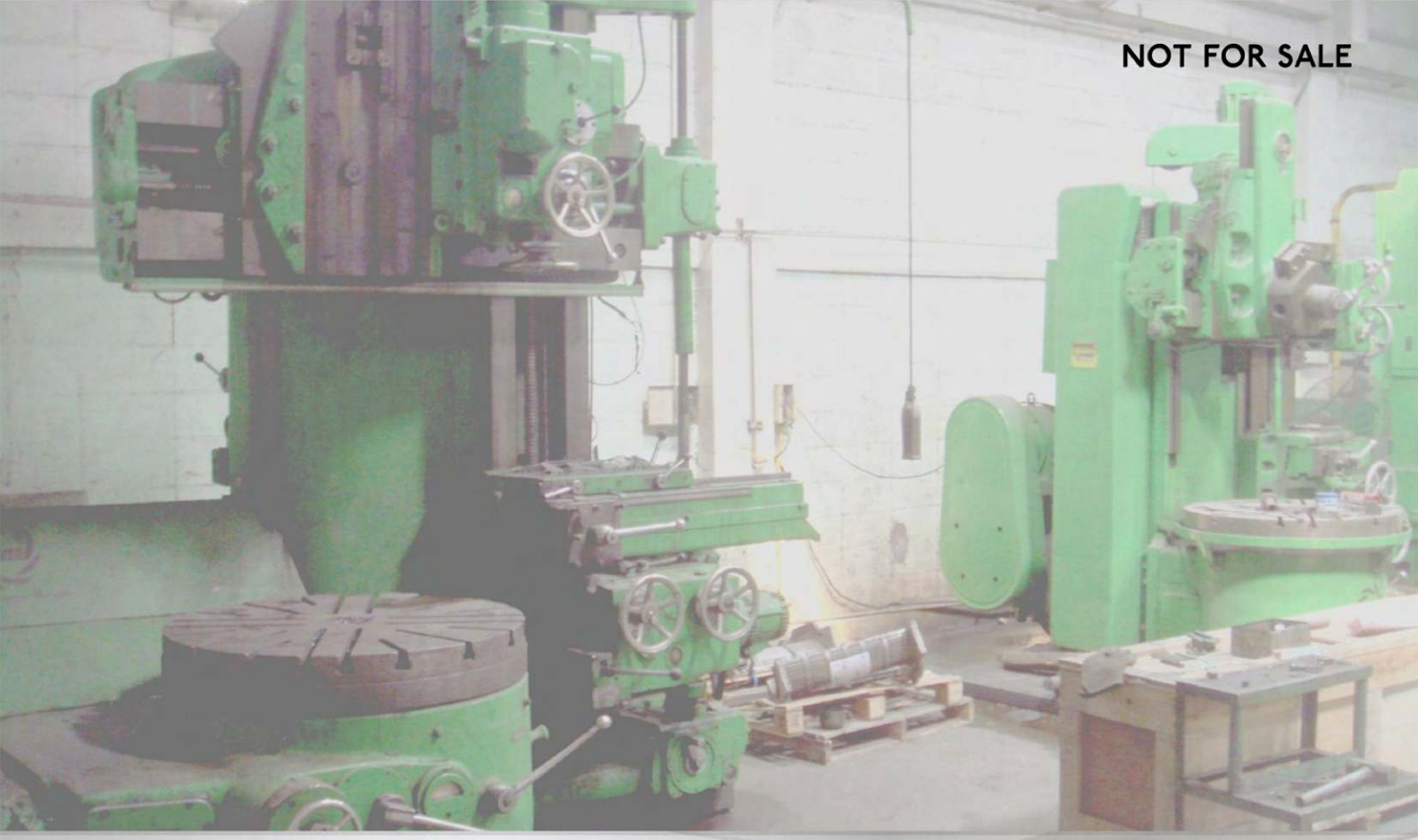
Reference

แหล่งอ้างอิงข้อมูล

Creep
https://www.iit.edu/sites/default/files/2021-02/materialscreep.pdf
https://www.metalsupermarkets.com/what-is-creep/
https://www.materialwelding.com/what-is-creep-failure-and-stages-of-creep/
http://ie.pit.ac.th/sunetr/images/data_teching/met/failure_analysis_2557.pdf
http://siamkaewkumsai.blogspot.com/2010/10/graphitic-corrosion-graphitization.html
https://www.metalsupermarkets.com/what-is-creep/
http://ie.eng.cmu.ac.th
https://www.researchgate.net

Material Engineering
http://www.foodnetworksolution.com
https://www.kachathailand.com
https://www.aperam.com/stainless/what-is-stainless-steel/
https://www.tpe-trading.com/what-is-stainless-steel/
https://www.bscg-th.com
https://www.chi.co.th/article/article-853/
https://thermal-mech.com
https://www.linkweldthailand.com
https://www.buildernews.in.th
https://www.stainlessthai.com/
https://www.goodhousekeeping.com
https://www.thaiokable.co.th/product/6180-4835/vacuum-storage-tank
https://www.archiexpo.com/prod/berto-s-spa/product-68812-1589882.html
https://www.indiamart.com/proddetail/stainless-steel-used-for-making-utensils-5021381562.html
https://khaorot.com
http://www.foodnetworksolution.com
https://nocnoc.com
https://www.satsdigital.com
https://mitrdeindustry.yellowpages.co.th
https://www.fact-link.com
https://www.bjc1994.com
www.chevronthailand.com
http://www.triplepfittings.com
https://www.factorymartonline.com
https://th.wikipedia.org/wiki/
https://www.nst.or.th/article/notes01/article010.htm

Safety Engineering
https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/Yotha/safety_engineer_all.pdf
https://drauditor.com/default.asp?content=spagedetail&cid=9482
https://www.shawpat.or.th/



NOT FOR SALE

VOLUME 02 I MAY 22

PAKORN TECHNICAL SERVICE CO., LTD.

ENGINEERING MAGAZINE

TEL : 02 920 7581-2 / FAX : 02 920 7023
EMAIL : info@pakorntech.co.th
pakornthailand@hotmail.com
WEBSITE : www.pakorntech.co.th

333/32 MOO3, BANGKRUAE-SAINOI RD.,
BANGRUKPATTANA, BANGBUATHONG,