

บทที่ 3

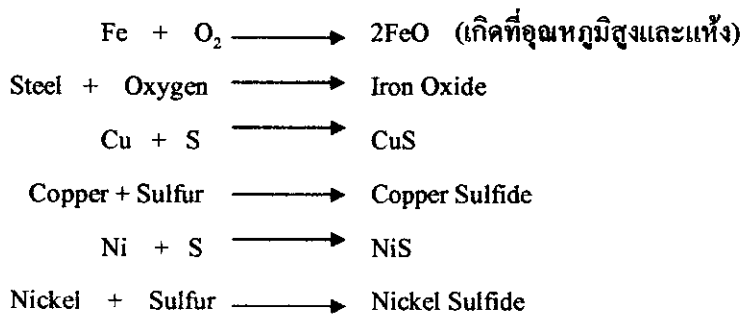
ความเสียหายจากการผุกร่อน (Corrosion Failure)

ความเสียหายจากการผุกร่อน (Corrosion Failure) มีสาเหตุมาจากการเกิด Corrosion อย่างรุนแรงกับวัสดุ หรือชิ้นส่วนอุปกรณ์จนกระทั่งไม่สามารถจะรับ Load หรือทำหน้าที่อย่างปกติได้ ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง และยังเพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาให้สูงขึ้น นอกจากนี้ระบบการผลิตยังมีอัตราเสี่ยงสูงต่อการหยุดลงอย่างกะทันหัน (Force Shutdown) ของเครื่องจักร ซึ่งผลเสียเหล่านี้จะทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นเราจึงควรหาวิธีป้องกัน และแก้ไขการเกิด Corrosion Failure ด้วยการศึกษาลักษณะของ Corrosion ให้เข้าใจเป็นพื้นฐานเสียก่อน ดังต่อไปนี้

1. ความหมายของการผุกร่อน (Corrosion)

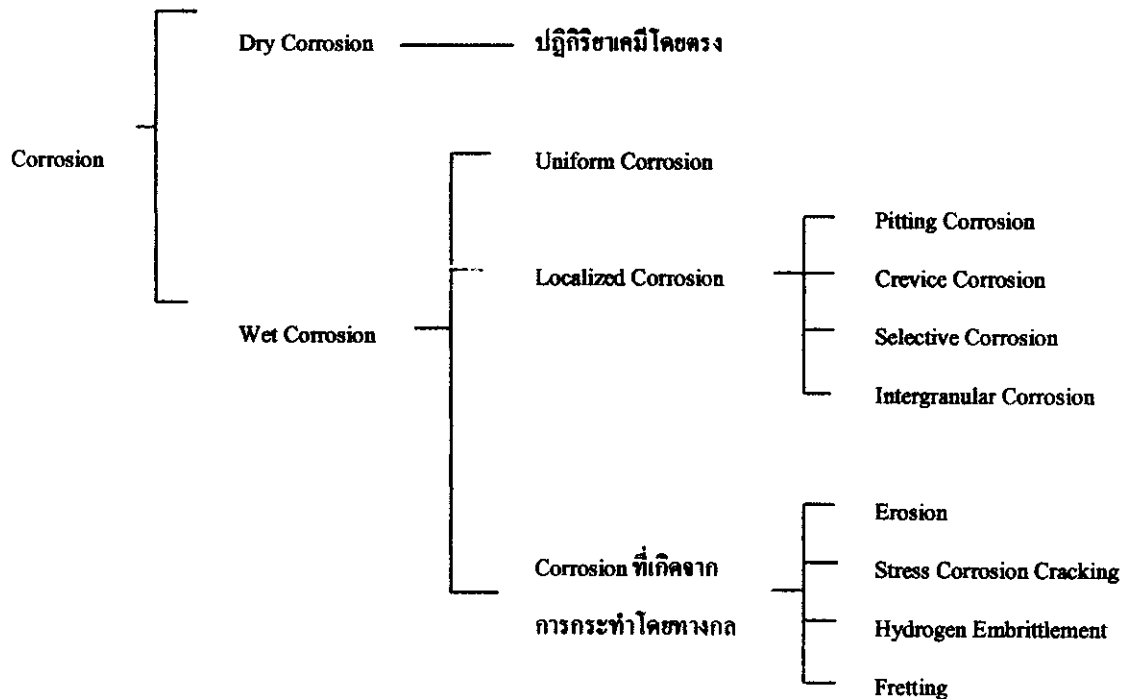
การผุกร่อน (Corrosion) คือการที่วัสดุ (โดยปกติก็คือโลหะ) ถูกทำลายสภาพให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้วัสดุผุกร่อน และสูญเสียความแข็งแรงไปก่อนถึงเวลาอันสมควร Corrosion สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ การแบ่งตามสภาพแวดล้อมที่เกิด ซึ่งแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ คือ (ดูตารางที่ 1)

1.1 Dry Corrosion เป็น Corrosion ที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Reaction) โดยตรงระหว่างวัสดุกับสภาพแวดล้อม ที่ไม่มีน้ำ (H_2O) เข้ามาเกี่ยวข้องเช่น



1.2 Wet Corrosion เป็น Corrosion ที่สภาพแวดล้อมมีส่วนช่วยให้เกิด Corrosion ขึ้น โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นสภาพแวดล้อมที่มีน้ำปนอยู่ด้วย ตัวอย่างของ Wet Corrosion ได้แก่ โลหะที่อยู่ใน Electrolyte (คือของเหลวที่เต็มไปด้วย Ion เช่น น้ำ น้ำเกลือ กรด และด่าง เป็นต้น) ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมี (Electro-Chemical Reaction) ทำให้โลหะผุกร่อนได้ หรือ สภาพแวดล้อมที่

เมื่ออำนาจต่อการกระทำทางกลต่อวัสดุ เช่น Last Stage Blade ของ LP-Turbine จะเกิดความเสียหายในรูปของ Erosion จากไอน้ำเปียก (Wet Steam)



ภาพที่ 20 แสดงการจำแนกประเภทการเกิด Corrosion
(ที่มา : Failure Analysis, 2528)

โดยทั่วไปแล้ว Corrosion ที่พบเห็นบ่อย ๆ จะเป็น Wet Corrosion ในรูปของการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ดังนั้นการเข้าใจในกลไกของปฏิกิริยานี้จะช่วยให้สามารถอธิบายการเกิด Corrosion ที่เห็นในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี

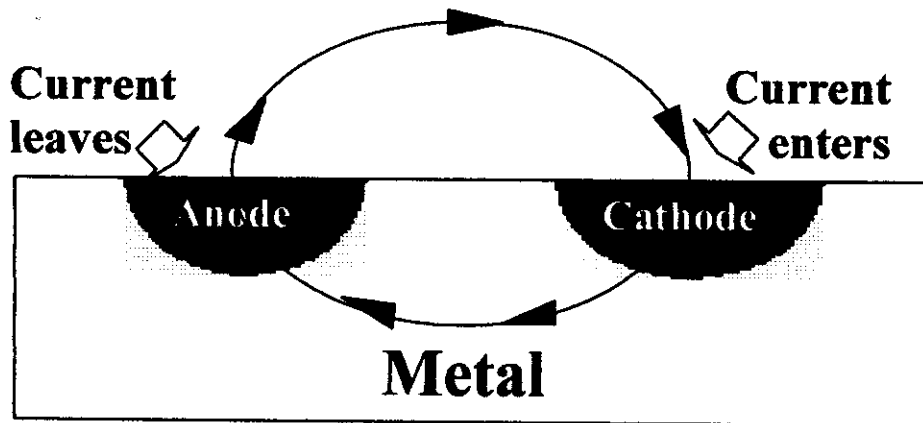
Corrosion ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี

ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี หมายถึง ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้น โดยมีการไหลของกระแสไฟฟ้าแบบครบวงจรเกิดขึ้นควบคู่กันไปด้วย ปฏิกิริยานี้เกิดจากการที่โลหะแตกตัวเป็น Ion ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างทางศักย์ไฟฟ้า จึงเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างโลหะ โดยผ่าน Electrolyte ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีจะเกิดขึ้นได้ ต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1. ต้องมีขั้ว Anode และ Cathode เกิดขึ้น เพื่อประกอบเป็นเซลล์ (Cell) ไฟฟ้า Anode คือขั้วที่ Anion (คือ Negative Ion) วิ่งไปหา ส่วน Cathode คือ ขั้วที่ Cation (คือ Positive Ion) วิ่งไปหา โดยปกติสำหรับเซลล์ไฟฟ้า Cathode หมายถึง ขั้วบวก

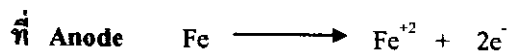
2. ต้องมีทางให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร คือ จาก Cathode ไปสู่ Anode ในเนื้อโลหะและผ่านลงใน Liquid ที่เป็น Electrolyte กลับมาสู่ Cathode ดังรูปที่ 1 นี้หมายถึงกระแสสมมติ ส่วนกระแสที่เกิดขึ้นจริง คือ กระแส Electron นั้น ไหลสวนทางกับกระแสสมมติ บริเวณ Anode จะเป็นบริเวณที่ผุกร่อน เพราะโลหะที่เป็น Anode จะละลายเป็น Positive Ion ใน Electrolyte และเคลื่อนที่ไปหา Cathode

Environment

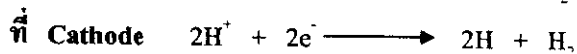


ภาพที่ 21 Basic Diagram Showing Electrochemical Reaction
(ที่มา : Failure Analysis, 2528)

เราสามารถอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในรูปที่ 1 โดยสมมติว่าโลหะนั้นเป็นเหล็กที่อยู่ใน Electrolyte ที่เป็นกรด ดังนี้

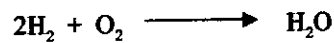


เหล็กละลายลงเป็น Fe^{+2} (Ferrous Ion) ใน Electrolyte ส่วน อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ในโลหะ จาก Anode ไปสู่ Cathode และ Fe^{+2} จะทำปฏิกิริยากับ OH^- (ซึ่งได้จาก $\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$) ได้ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ต่อไปเป็น FeOH หรือ Fe_2O_3 (สีสนิม) ต่อไป

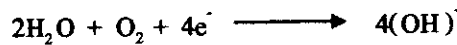


Hydrogen Ion ที่มีอยู่ใน Electrolyte จะทำปฏิกิริยารวมกันเป็นโมเลกุล ซึ่งก็คือก๊าซ Hydrogen นั่นเอง ก๊าซที่เกิดขึ้นจะเกาะตัวอยู่บริเวณ Cathode ทำให้ Ferrous Ion ไม่สามารถเคลื่อนที่เข้าไปได้ ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีก็จะหยุดชะงักลง (ทำให้ Corrosion หยุดลงด้วย) ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Polarization แต่อย่างไรก็ตามปกติแล้วในน้ำหรือกรดที่สัมผัสกับอากาศจะมี Oxygen ละลายอยู่ด้วยเสมอ

ฉะนั้น Oxygen จะทำปฏิกิริยากับ Hydrogen เกิดเป็นน้ำ ดังปฏิกิริยา



ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Cathodic Depolarization ซึ่งทำให้ก๊าซ Hydrogen ที่เกาะปกคลุมบริเวณ Cathode หายไปดังนั้น Ferrous Ion จึงสามารถวิ่งเข้าหา Cathode ได้ ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีจึงเกิดต่อไป (นั่นคือเกิด Corrosion ขึ้นอีก) นอกจากนี้ Oxygen ยังก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ Cathode ดังนี้



นั่นคือการเพิ่มของ OH^- บริเวณ Cathode ทำให้ช่วยเร่งปฏิกิริยาของ Ferrous Ion กับ (OH^-) ทำให้การกัดกร่อนเป็นไปด้วยอัตราที่สูงขึ้นด้วยเหตุนี้ถ้าต้องการจะควบคุมการเกิด Corrosion อาจทำได้ด้วยการลดปริมาณของ Oxygen ใน Electrolyte ลง เช่น น้ำที่ใช้ใน Boiler ต้องไล่อากาศออก โดยการใช้ Deaerator หรือเติมสาร Hydrazine เพื่อกำจัด Oxygen ให้หมดไป

3. ต้องมีแรงดันไฟฟ้า (Driving Force หรือ Electric Potential) เพื่อให้กระแสไหล Driving Force เกิดขึ้นเนื่องจากโลหะแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายเป็น Ion ลงใน Electrolyte มากน้อยต่างกัน เมื่อโลหะสัมผัสกับน้ำ หรือ สารละลายอื่น ๆ บางส่วนของโลหะจะละลายลงไปใน Electrolyte ในรูปของ Ion ที่มีประจุบวก (Cation) ส่วนโลหะที่เหลือจะมีประจุลบ ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะกับ Electrolyte ที่เรียกว่า Solution Potential ซึ่งจะมีค่าต่าง ๆ กันไปตามชนิดของโลหะ และความเข้มข้นของสารละลาย ปกติเราวัดค่า Solution Potential ที่ความเข้มข้น 1 mol. ต่อ น้ำ 1000 gm. เป็นค่ามาตรฐานซึ่งเรียกว่า Electromotive Series หรือ Electrode Potential Series ค่าเหล่านี้จะวัดเทียบกับ Hydrogen โดยกำหนดให้ Solution Potential ของ Hydrogen เป็นศูนย์ (ดังตารางที่ 2) ในตารางนี้แสดงถึง Electrode Potential (E.P.) ของธาตุต่าง ๆ ถ้าจับธาตุสองธาตุคู่กัน ธาตุที่มี E.P. ต่ำ (อยู่ข้างบนตามตาราง) จะเป็น Anode และจะสึกกร่อนส่วนธาตุที่มี E.P. สูง หรือเรียกว่า Noble กว่า จะเป็น Cathode และจะไม่เกิดการสึกกร่อน ยิ่งธาตุคู่กันห่างกันมาก ความรุนแรงในการเกิด Corrosion ก็จะมากขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตามค่า E.P. ในตารางที่ 2 นั้น เป็นค่ามาตรฐานสำหรับธาตุบริสุทธิ์ ในทางปฏิบัติ การที่วัสดุจะสึกกร่อนหรือไม่นั้นยังขึ้นอยู่กับสภาพของผิววัสดุที่ติดกับ Electrolyte อีกด้วย ตัวอย่างเช่น Aluminum ซึ่งมีค่า E.P. ต่ำมาก แต่กลับเป็นโลหะที่ใช้งานอยู่ทั่วไปและทนทานได้ดี และมีลักษณะคล้ายกับว่าเป็นธาตุ Noble เรียกว่า Passivation หรือเรียกโลหะนั้นอยู่ใน Passive State สำหรับ Aluminum เมื่อถูกใช้งานในอากาศ ผิวของมันจะถูก Oxidized เป็น Al_2O_3 ซึ่งติดแน่นกับเนื้อโลหะเลย ช่วยป้องกันเนื้อโลหะข้างใต้ไม่ให้สึกกร่อนต่อไป แต่ถ้าเราใช้ Aluminum ในที่ ๆ ไม่มีอากาศหรือในที่ ๆ ผิว Al_2O_3 จะถูกทำลายได้โดยง่าย เช่นในท่อ Condenser หรือในสภาวะที่เป็นค่า

ELECTRODE POTENTIALS OF METALS
(25°C; molar solutions of metal ions)

| Metal ion | | Potential |
|------------------|---------|-------------------|
| Li ⁺ | (base) | +2.96 (anodic) |
| K ⁺ | | +2.92 |
| Ca ²⁺ | | +2.90 |
| Na ⁺ | | +2.71 |
| Mg ²⁺ | | +2.40 |
| Al ³⁺ | | +1.70 |
| Zn ²⁺ | | +0.76 |
| Cr ²⁺ | | +0.56 |
| Fe ²⁺ | | +0.44 |
| Ni ²⁺ | | +0.23 |
| Sn ²⁺ | | +0.14 |
| Pb ²⁺ | | +0.12 |
| Fe ³⁺ | | +0.045 |
| H ⁺ | | 0.000 (reference) |
| Cu ²⁺ | | -0.34 |
| Cu ⁺ | | -0.47 |
| Ag ⁺ | | -0.80 |
| Pt ⁴⁺ | | -0.86 |
| Au ⁺ | (noble) | -1.50 (cathodic) |

ตารางที่ 1 แสดง Electrode Potential

(ที่มา : Failure Analysis, 2528)

2. รูปแบบของการผุกร่อน

ลักษณะของ Corrosion แบ่งตามสาเหตุที่เกิดและแบบหรือรูปที่มองเห็นได้ดังนี้

2.1 Uniform Corrosion เป็นแบบธรรมดาที่สุดของ Corrosion การผุกร่อนเกิดขึ้นโดยทั่วไปตลอดพื้นผิวของโลหะซึ่งจะทำให้โลหะบางลงอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งใช้งานไม่ได้แต่ในแง่วิศวกรรมไม่สู้จะเป็นปัญหา เพราะการผุกร่อนเป็นไปด้วยอัตราคงที่ เราจึงสามารถคาดคะเนอายุการใช้งานได้ง่าย ตัวอย่างของ Uniform Corrosion เช่น แผ่นเหล็กกล้าสัมผัสกับกรดเกลือ วิธีป้องกันก็โดยการหาโลหะที่เหมาะสมมาใช้กับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ในกรณีของกรดเกลือ ก็ใช้ Hastelloy C เป็นต้น

2.2 Pitting Corrosion คือ การผุกร่อนที่เกิดขึ้นเป็นจุดเล็ก ๆ ในแฉกเล็ก โดยครั้งแรกการผุกร่อนจะเกิดขึ้นที่ผิวของโลหะเฉพาะตำแหน่ง แล้วความลึกหน้าของปฏิกิริยาจะมุ่งสู่ภายในเนื้อโลหะด้วยอัตราความเร็วที่สูง จึงเกิดการผุกร่อนมีลักษณะเป็นรู ๆ ขึ้น และจะลึกลงไปทุกที่จนอาจทะลุได้ทั้ง ๆ ที่โลหะส่วนอื่น ๆ ยังคงอยู่ในสภาพที่ดี Pitting เป็นแบบของการผุกร่อนที่อันตรายมาก เพราะในบางครั้งตรวจดูด้วยตาเปล่าไม่เห็น เนื่องจากรูเล็ก ๆ เหล่านี้ถูกขบถมด้วยสนิม หรือในบางครั้งถึงแม้จะใช้อุปกรณ์ตรวจช่วย ก็ไม่ค่อยได้ผล โดยเฉพาะที่เป็นรูเล็ก ๆ และอยู่ห่างจากกัน โลหะที่มีแนวโน้มสูงในการเกิด

Pitting ได้แก่ Austenitic Stainless Steel และ Aluminum ฉะนั้นถ้าสารเคมีมี Cl⁻ Ion สูง เช่น ในน้ำทะเล จึงไม่ควรใช้โลหะดังกล่าว

2.3 Galvanic Corrosion การผุกร่อนในรูปแบบนี้เป็นแบบ Two – Metal Cell จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบอยู่พร้อมกัน 3 ข้อ คือ

2.3.1 โลหะ 2 ชนิดที่มี Electrode Potential ต่างกัน

2.3.2 Electrolyte

2.3.3 ตัวนำกระแสไฟฟ้า หรือ เกิดจากโลหะทั้ง 2 ชนิดในข้อ 1 มาสัมผัสหรือเชื่อมต่อกันโดยตรงก็ได้

ตัวอย่างเช่น ถ้าเรานำเอาแผ่นเหล็กและแผ่นทองแดงมาเชื่อมติดกันแล้วจุ่มลงในน้ำทะเล แผ่นเหล็กจะเป็นตัวผุกร่อนไป อธิบายได้ว่าค่า Electrode Potential ของทองแดงสูงกว่าของเหล็ก ทองแดงจึงทำตัวเป็น Cathode และเหล็กจะเป็น Anode เมื่อมีน้ำทะเลเป็น Electrolyte และเนื้อโลหะทั้งเชื่อมติดกันเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าให้ครบวงจร ความรุนแรงของ Galvanic Corrosion จะเพิ่มมากขึ้นถ้าโลหะทั้งสองชนิดนั้นอยู่ห่างกันมากใน Galvanic Series และขึ้นอยู่กับชนิดของ Electrolyte ด้วย นอกจากนี้อัตราส่วนพื้นที่ของ Cathode และของ Anode ก็ยังมีผลต่อความรุนแรงในการผุกร่อนคือ ถ้าพื้นที่ Cathode ใหญ่กว่าพื้นที่ Anode จะเกิดการผุกร่อนด้วยอัตราที่รุนแรงกว่าในกรณีตรงกันข้าม

2.4 Stress Corrosion Cracking

Stress หรือ Corrosion เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งอาจไม่ถึงกับทำให้โลหะแตกหักก็ตามแต่ ถ้าทั้งคู่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันแล้ว ก็อาจเกิดรอยแตกร้าว (Cracking) ได้ การแตกร้าวในลักษณะอย่างนี้เรียกว่า Stress Corrosion Cracking รอยแตกซึ่งอาจฉีกข้ามผลึกหรือเป็นแบบฉีกตามขอบผลึกนั้นจะมีลักษณะเปราะทั้งสิ้น การผุกร่อนแบบนี้เกิดจากโลหะที่อยู่ภายใต้ Stress (ซึ่งส่วนมากเป็น Tension) หรืออาจเกิดจาก Stress ที่หลงเหลืออยู่ในโลหะจากการ Cold Working , การเชื่อม ฯลฯ ทำให้โลหะมีจุด Stress Raiser เพิ่มมากขึ้น ซึ่งบริเวณนี้จะทำตัวเป็น Anode ของ Corrosion Cell ดังนั้นการผุกร่อนจึงเริ่มต้นจากจุดนี้ก่อนจนกระทั่งเกิดเป็นรอย Crack เล็ก ๆ และเนื่องจากอยู่ภายใต้ Stress โลหะก็จะฉีกขาดต่อไปอีกโดยเร็ว ตัวอย่างเช่น ปลอดภัยของทองเหลืองซึ่งถูก Cold Working มาก ๆ อาจเกิด Stress Corrosion Cracking ขึ้นได้ โดยเฉพาะเมื่อถูกกับแอมโมเนีย หรือเกิดขึ้นบริเวณปากท่อ Condenser ในโรงจักรไฟฟ้า ซึ่งจะมี Residual Stress จาก Cold Working เนื่องจากการขยายปากท่อให้ยึดแน่นกับ Tube Plate

การป้องกันการเกิด Stress Corrosion cracking อาจทำได้โดยการติดตั้งระบบ Cathodic Protection

2.5 High – Temperature Corrosion

เป็นการผุกร่อนแบบ Dry Corrosion โดยทั่วไปจะเกิดกับโลหะที่อยู่ในบรรยากาศของก๊าซที่มีอุณหภูมิสูง หรือเมื่อผิวโลหะสัมผัสกับก๊าซที่มีอุณหภูมิสูง โมเลกุลของก๊าซจะเข้าไปติดตามผิวของโลหะ

แล้วแพร่กระจายเข้าไปภายในเนื้อโลหะ ในกรณีที่ก๊าซและโลหะมีคุณสมบัติทางเคมีที่รวมตัวกันได้ ก็จะก่อให้เกิดสารประกอบระหว่างก๊าซและโลหะนั้นขึ้น แต่ถ้าทั้งก๊าซและโลหะไม่สามารถที่จะรวมตัวกันทางเคมีเป็นสารประกอบได้ อะตอมของก๊าซก็จะแพร่เข้าไปและถูกกักไว้ในเนื้อโลหะบริเวณนั้นซึ่งจะทำให้ผิวของโลหะมีคุณสมบัติทางกลที่ต่ำลง อันเป็นสาเหตุของการ Failure ในชิ้นงานได้

ตัวอย่างของ High – Temperature Corrosion ได้แก่การเกิด Suffixation อันมีสาเหตุมาจากสารซัลไฟด์รวมตัวกับโลหะที่อุณหภูมิสูงก่อให้เกิดผลึกของสารประกอบที่มีจุดหลอมเหลวต่ำเป็น Scale คลุมบริเวณโลหะ ซึ่งจะถูกทำลายจากการหลอมละลายได้ง่ายทำให้เกิดการผุกร่อนของผิวโลหะขึ้น นอกจากนี้การหลอมละลายของ Scale ยังมีผลทำให้ผิวโลหะขาด Film คุ้มกัน ดังนั้นจึงเกิดปฏิกิริยา Oxidation (ซึ่งก็คือการผุกร่อน) ได้อย่างรวดเร็วอีกด้วย

ตัวอย่างลักษณะอื่น ๆ ของ High – Temperature Corrosion ได้แก่ การเกิด Carburization , Decarburization เป็นต้น

2.6 Hydrogen Embrittlement

Hydrogen Embrittlement ใช้เรียกปรากฏการณ์ซึ่งโลหะดูดซับไฮโดรเจนในรูปของอะตอม แล้วทำให้โลหะนั้นสูญเสียความยืดหยุ่นไป เกิดความเปราะและบวมหรือมีรอยแตกร้าวขึ้น

สาเหตุของการเกิดเนื่องจากไฮโดรเจนในรูปของอะตอม ซึ่งเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาการผุกร่อน การชุบ การล้างด้วยกรด หรือการได้รับ Cathodic Current จากภายนอกสามารถที่จะเคลื่อนที่เข้าไปในเนื้อโลหะได้ ขณะที่ไฮโดรเจนในรูปของโมเลกุลทำไม่ได้ ขณะที่อะตอมของไฮโดรเจนซึมผ่านเข้าไปในเนื้อของโลหะ ถ้าไปพบช่องว่างซึ่งเป็น Imperfection ของโลหะโดยทั่วไป ก็จะทำให้เกิดการสะสมของไฮโดรเจนในอะตอมขึ้นและจะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจน ทำให้เกิดความดันสูงอยู่ในช่วงประมาณ 10^5 บรรยากาศ ดันผิวของโลหะให้พองออกจึงมีลักษณะคล้ายแผลเป็นหรืออาจทำให้โลหะนั้นเกิดการแตกหักได้ง่าย

สำหรับในกรณีของเหล็กกล้าซึ่งรับแรงดันได้สูงนั้น หากไฮโดรเจนอะตอมแทรกเข้าไประหว่างอะตอมของเหล็กแล้ว จะทำให้แรงยึดระหว่างอะตอมของเหล็กนั้นอ่อนตัวลงจึงเป็นสาเหตุให้เกิดความยืดหยุ่นของเหล็กกล้านั้นน้อยลง เมื่อมี Stress จากแรงดึงเกิดขึ้นก็จะแตกตัวได้ง่ายเนื่องจากความเปราะ

Hydrogen Embrittlement ในเหล็กกล้านี้อาจป้องกันได้โดยใช้เหล็กที่เรียกว่า “Killed Steel” ซึ่งเป็นเหล็กที่ถูกกำจัดช่องว่างภายในตัวแล้วหรือใช้เหล็กที่มี Ni ผสมอยู่ เพราะ โลหะเหล่านี้มีอัตราการแพร่ของไฮโดรเจนต่ำมาก

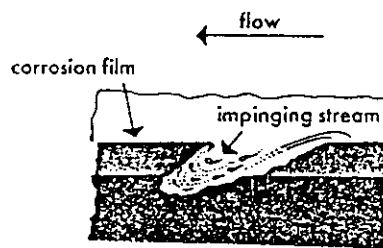
2.7 Erosion และ Erosion Corrosion

Erosion เป็นปรากฏการณ์ซึ่งเกิดความเสียหายจากการหลุดล่อนไปของผิวหน้าของวัสดุ อันเนื่องมาจากแรงทางฟิสิกส์ ฉะนั้น Erosion จึงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นไม่เฉพาะวัสดุที่เป็น โลหะเท่านั้น

วัสดุที่เป็นโลหะทั้งจำพวกอินทรีย์ หรือ อนินทรีย์ก็เกิดขึ้นได้เช่นกัน Erosion มีสาเหตุมาจากอนุภาคของของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็กจำนวนมากกระทบกับผิวงานด้วยความเร็วสูง มีหลายชนิดคือ

2.7.1 Abrasive Erosion เกิดจากอนุภาคของของแข็งที่มีความเร็วสูงมากระทบกับชิ้นงาน เช่น Fly Ash กระทบกับ Super Heater Tube ใน Boiler

2.7.2 Liquid – Impingement Erosion เกิดจากอนุภาคของของเหลวมากระทบกับชิ้นงาน เช่น การหมุนรอบบริเวณ Last Stage Blade ของ Low Pressure Turbine จากไอเปียก หรือ เมื่อของไหลภายในท่อ เช่น Condenser Tube ไหลด้วยความเร็วมากกว่า 7 ฟุต / วินาที มักจะเกิด Liquid Impingement เสมอ



ภาพที่ 22 แสดงการเกิด Impingement Attack

(ที่มา : Failure Analysis, 2528)

2.7.3 Cavitations Erosion เกิดในบริเวณระบบที่เกิดและสลายตัวของฟองอากาศ (ซึ่งมีไอของของเหลวอยู่ด้วย) จำนวนมากในของเหลว ฟองอากาศเหล่านี้เกิดจากความดัน (Static Pressure) ของของเหลวต่ำกว่า Vapor Pressure ณ อุณหภูมินั้น จึงเกิด Flash กลายเป็นไอในลักษณะของฟองอากาศขึ้นและเมื่อผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีความดันสูง ไอเหล่านี้จะควบแน่นกลายเป็นของเหลวอย่างทันทีทันใด เกิดการกระแทกอย่างรุนแรงของของเหลว ซึ่งถ้าฟองอากาศเหล่านี้อยู่ชิดติดกับผนังก็จะทำให้ผนังนั้นเกิดความเสียหายในลักษณะเป็นพรุนได้ เช่น การเกิด Cavitations ที่ Impeller และ Casing ของ Pump เป็นต้น แต่โดยทั่วไปแล้ว การหมุนรอบจะเป็นไปด้วยสาเหตุ 2 อย่างร่วมกัน คือ จาก Electrochemical Corrosion และจาก Erosion โลหะบางชนิดอาจจะทนกับน้ำนิ่งได้ดีเพราะมี Oxide Film เกิดขึ้น แต่เมื่ออยู่ในสภาพน้ำไหลแรงหรือมีแรงกระแทกต่าง ๆ Oxide Film เหล่านี้จะถูกทำลายไป ทำให้ Corrosion Rate ถูกเร่งให้เร็วขึ้น ฉะนั้นปรากฏการณ์ Erosion ส่วนใหญ่จึงถูกเรียกว่า Erosion Corrosion