

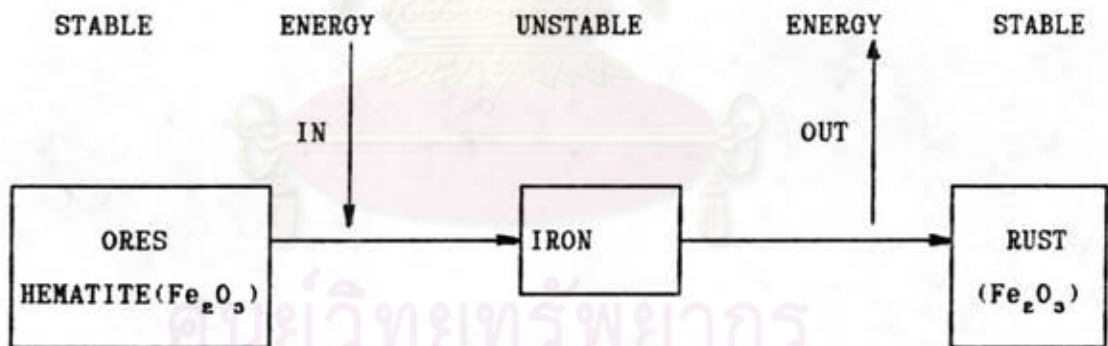


บทที่ 3

การผูกมัดของโลหะและการป้องกัน

โลหะและธรรมชาติของโลหะ

วัตถุต่าง ๆ ในโลกจะมีคุณสมบัติอย่างหนึ่งคือ การดำรงอยู่ในสภาพเสถียรภาพที่สุดในสภาพแวดล้อมนั้น สินแร่ (ORES) ถือได้ว่าเป็นวัตถุที่มีสภาพที่เสถียรภาพที่สุดในสภาพแวดล้อมนั้น ปัจจุบันการเปลี่ยนจากสินแร่ (ORES) มาเป็นรูปโลหะที่สามารถใช้งานได้ เรากระทำโดยการถลุงแร่โดยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งการกระทำต่าง ๆ ก็คือ การนำพลังงานส่วนหนึ่งไปกระตุ้นแร่ (ORES) ให้กลายเป็นโลหะ พลังงานที่สะสมอยู่ในโลหะบริสุทธิ์นี้จะทำให้วัตถุเสถียรภาพไปและจะพยายามกลับคืนสู่สภาพเดิมอีก ถ้าเราตรวจสอบองค์ประกอบของสินแร่ของโลหะ จะได้องค์ประกอบลักษณะเดียวกับสินแร่ (ORES) นั้น เช่น สนิมเหล็ก Fe_2O_3 จะมีองค์ประกอบเหมือนกับสินแร่เหล็ก (HEMATITE) ดังนั้นสนิมเหล็กจะเป็นสภาพการพยายามกลับคืนสู่สภาพเดิมของเหล็ก (IRON)



ปริมาณพลังงานที่จะเปลี่ยนสภาพจากสินแร่มาเป็นโลหะ จะขึ้นกับระดับความต่างของพลังงานของระหว่างสินแร่กับโลหะ และสามารถแสดงในรูปปริมาณในเชิงไฟฟ้าซึ่งสัมพันธ์กับพลังงานความร้อนที่เปลี่ยนรูปสินแร่กับโลหะ

ELECTRO-MOTIVE FORCE SERIES

โลหะแต่ละชนิดจะมีระดับพลังงานที่ต่างกัน ถ้าเรานำ Hydrogen มาเป็นจุดอ้างอิง เราจะได้ ELECTRO-MOTIVE FORCE SERIES ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

ค่าหนึ่งของโลหะใน STANDARD ELECTRO-MOTIVE SERIES

METAL		STANDARD POTENTIAL (VOLT)*
POTASSIUM	ACTIVE END	- 2.922
MAGNESIUM		- 2.34
ALUMINUM		- 1.67
ZINC		- 0.762
CHROMIUM		- 0.710
IRON		- 0.440
NICKEL		- 0.250
HYDROGEN		- 0.000
COPPER		+ 0.345
SILVER		+ 0.800
PLATINUM	NOBLE OR	+ 1.20
GOLD	PASSIVE END -----	+ 1.68
SILVER SILVER CHLORIDE		+ 0.222
SATURATED CALOMEL		+ 0.2415
NORMAL CALOMEL	HALF CELL	+ 0.2800
COPPER COPPER SULFATE	ELECTRODE	+ 0.1360
	(SATURATED) -----	

* HALF-CELL POTENTIAL IN SOLUTION, OF OWN SALTS, MEASURED WITH RESPECT TO HYDROGEN REFERENCE ELECTRODE

ในเชิงปฏิบัติ สำหรับงาน CORROSION ได้ลดความยุ่งยากในการใช้ HYDROGEN REFERENCE ELECTRODE มาเป็น HALF CELL ELECTRODE ตัวอื่นเช่น SILVER CHLORIDE COPPER COPPER SULFATE ซึ่งได้รวบรวมมาเป็น GALVALNIC SERIES ดังแสดงใน ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

GALVANIC SERIES

METAL	VOLT*
COMERCIAALLY PURE MAGNESIUM	- 1.75
MAGNESIUM ALLOY (6% Al, 3% Zn, 0.15% Mn)	- 1.6
ZINC	- 1.1
ALUMINIUM ALLOY (5% ZINC)	- 1.05
COMMERCIAALLY PURE ALUMINIUM	- 0.8
MILD STEEL (CLEAN & SHINY)	- 0.5 TO - 0.8
MILD STEEL RUSTED	- 0.2 TO - 0.5
CAST IRON NOT GRAPHITIZED	- 0.5
LEAD	- 0.5
MILD STEEL IN CONCRETE	- 0.2
COPPER, BRASS, BRONZE	- 0.2
HIGH SILICON CAST IRON	- 0.2
MILL SCALE ON STEEL	- 0.2
CARBON, GRAPHITE, COKE	+ 0.3

* TYPICAL POTENTIAL NORMALLY OBSERVED IN NEUTRAL SOILS AND WATER,
WITH RESPECT TO COPPER SULFATED REFERENCE ELECTRODE

การผุกร่อนและปฏิกิริยาการผุกร่อน

จากคำจำกัดความของคำว่า CORROSION หรือ การผุกร่อนจาก NACE BASIC CORROSION COURSE (P 1-1) ได้ให้ไว้ว่า

"การผุกร่อนคือ การเสื่อมสภาพหรือคุณสมบัติของวัตถุ (ซึ่งมักจะเป็นโลหะ) เนื่องจากปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อม"

จากคำจำกัดความดังกล่าว ปัจจุบันการผุกร่อนไม่ได้จำกัดความอยู่เฉพาะโลหะอย่าง เดียวแต่ยังหมายรวมถึงวัตถุอื่นๆ อีกเช่น คอนกรีต ไม้ ในบางรูปของการผุกร่อนจะไม่สามารถสังเกตเห็นการเสื่อมสภาพแต่โดยแท้จริงแล้ว คุณสมบัติประจำตัวมันเกิดการเปลี่ยนแปลงไปแล้ว

สำหรับสภาพของสิ่งแวดล้อม ที่อาจจะเกิดการผุกร่อนนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุที่เราใช้งานกล่าวคือในสภาพสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่ง อาจทำให้วัตถุอย่างหนึ่งเกิดการผุกร่อนอย่างรุนแรง ขณะที่วัตถุอีกอย่างหนึ่งไม่เกิดการผุกร่อนขึ้นเลย สภาพของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการผุกร่อนพอจะแยกสรุปได้ง่าๆดังนี้

1. TEMPERATURE EFFECT อุณหภูมิสูงจะมีผลต่อการผุกร่อนสูงกว่าอุณหภูมิต่ำ
2. POTENTIAL (EMF) DIFFERENCE โลหะที่มีศักดาไฟฟ้าเป็นลบมากกว่าจะเกิดการผุกร่อนสูงกว่า โลหะที่มีศักดาเป็นลบน้อยกว่า
3. HEAT TREATMENT เช่น บริเวณใกล้รอยเชื่อมจะมีโอกาสการผุกร่อนสูงกว่า เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างสูง จากการเชื่อม
4. SURFACE CONDITION สภาพผิวของวัตถุมีการเคลือบผิววัสดุ การมีวัสดุแปลกปลอมบนผิวจะมีผลต่อการเกิดและอัตราการทำผุกร่อน
5. EFFECT OF EROSION การสึกกร่อนของวัตถุเนื่องจากการเสียดสีจะทำให้ผิวเคลือบของวัสดุจึงเป็นการเร่งการผุกร่อน
6. IMPURITY เนื่องจากวัสดุมีความไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด
7. REFLECT OF STRESS วัสดุที่อยู่ในลักษณะ TENSION จะมีการผุกร่อนสูงกว่าอยู่ในลักษณะ COMPRESSIVE STRESS และวัสดุที่ถูกใช้งานที่ใกล้หรือเกิน ELASTIC LIMIT จะมีการผุกร่อนสูงกว่า UNSTRESS MATERIAL

8. DIFFERENTIAL AERATION ส่วนของโลหะที่อยู่ในสารละลายที่มี การถ่ายเท กับอากาศจะมีการผุกร่อนของโลหะส่วนนั้นสูงกว่าโลหะ ส่วนที่อยู่ในสารละลาย ที่ไม่มีการถ่ายเท กับอากาศ

9. CONCENTRATION DIFFERENCE วัสดุที่อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน จะเกิดการผุกร่อนสูงบริเวณ จุดต่อของความเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น

10. BIOLOGICAL EFFECT แบคทีเรียบางชนิดรวมตัวกันเป็นผนังทำให้เกิดลักษณะ DIFFERENTIAL AERATION หรือ แบคทีเรียที่สลายฟิล์มของ HYDROGEN ที่บนเนื้อโลหะหรือ แบคทีเรียที่ทำให้เกิด SULFUROUS ACID จะเป็นตัวเร่งให้เกิดการผุกร่อนสูงขึ้น

11. ในสภาพสุญญากาศจะไม่เกิดการผุกร่อน แม้อุณหภูมิโดยรอบจะสูงมากก็ตาม คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการผุกร่อนที่สังเกตง่าย คือ

11.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุ มีการวัดเป็นการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ต่อพื้นที่ต่อวันหรือ mdd (Miligrams per square decimeter per day)

11.2 การเปลี่ยนแปลงความหนาของวัสดุ มีการวัดเป็นการเปลี่ยนแปลงความหนา ต่อหน่วยเวลาหรือ mpy (Mils per year)

ปฏิกิริยาเบื้องต้นของการผุกร่อนของโลหะ

ในการเรียนรู้การผุกร่อนของโลหะ ควรจะมีความเข้าใจในปฏิกิริยาเบื้องต้นของ การผุกร่อนองค์ประกอบพื้นฐานที่จะทำให้เกิดการผุกร่อนของโลหะ เช่น เหล็กมีอยู่ 4 ประการคือ

1. มี ANODE และ CATHODE เกิดขึ้น
2. เกิดความแตกต่างของศักดาไฟฟ้าระหว่าง ANODE และ CATHODE คู่กัน
3. มีการเชื่อมต่อโลหะซึ่งเป็นสื่อทางไฟฟ้าระหว่าง ANODE กับ CATHODE
4. ทั้ง ANODE และ CATHODE อยู่ในสารละลายเดียวกันที่สามารถนำไฟฟ้าได้กล่าวคือ สารละลายสามารถแตกตัวเป็นประจุบวก (POSITIVE ION, เช่น H^+) และประจุลบ (NEGATIVE ION, เช่น OH^-) ได้

ANODE คือ ส่วนของโลหะที่สูญเสีย ELECTRON ทำให้ขาดแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง โมกุลหลุดจากเนื้อเดิมได้ง่าย มีสภาพเป็นอนุภาค (+) และจะจับกับประจุลบของสารละลายซึ่ง กลายเป็นสภาพผุกร่อนของโลหะ

CATHODE คือ ส่วนของโลหะที่ได้รับ ELECTRON เพิ่มขึ้นจากเดิม (อาจจะรับจาก ANODE) ทำให้มีพลังงานบริเวณนั้นสูงขึ้น และจะสมดุลพลังงาน โดยการรวมตัวกับประจุบวก (POSITIVE ION)

ลักษณะของปฏิกิริยา

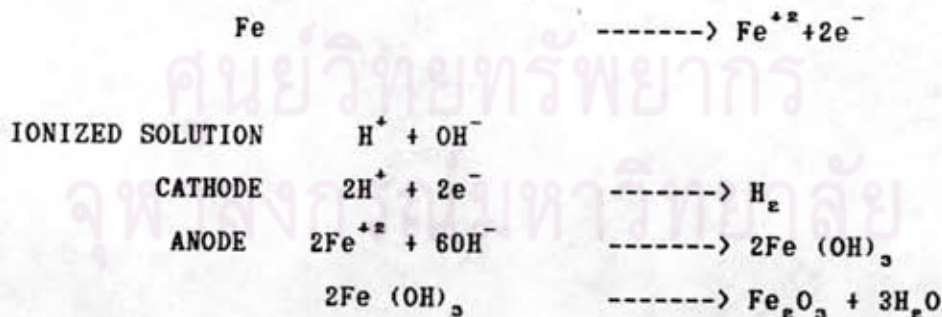
ลักษณะของปฏิกิริยาจะเป็นดังนี้ (ดูภาพที่ 3.1 ประกอบ)

1. เมื่อเกิดความแตกต่างของศักดาไฟฟ้าระหว่าง ANODE กับ CATHODE จะเกิดการไหลของ e^- (ELECTRON) จาก ANODE ไปยัง CATHODE ผ่านตัวกลางทางโลหะ (กลับทิศทางของกระแสขั้ว)

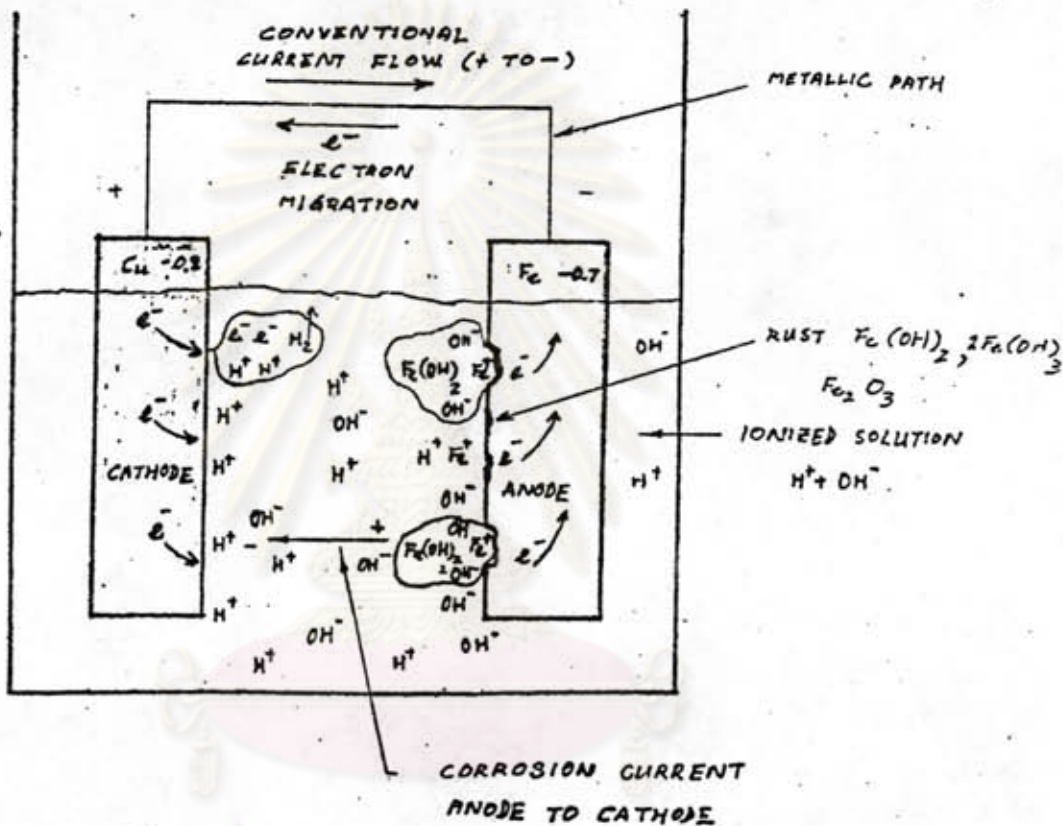
2. สารละลาย ซึ่งแตกตัวเป็นประจุบวกและประจุลบ ประจุบวก (H^+) จะวิ่งเข้าหา CATHODE และประจุลบ (OH^-) จะวิ่งหา ANODE เป็นลักษณะกระแสขั้วไหลจาก ANODE เข้าสู่ IONIZED ELECTROLYTE หรืออาจจะเรียกว่า กระแสการพุกร่อนก็ได้ (CORROSION CURRENT)

2.1 ที่ขั้ว CATHODE เมื่อได้รับ e^- จากขั้ว ANODE มากขึ้นจะมีสภาพเป็นลบมากขึ้นจะดึงประจุบวก (H^+) ของสารละลายมาเคลือบผิวเป็นฟิล์ม HYDROGEN ซึ่งเรียกปรากฏการณ์ว่า POLARIZATION FILM

2.2 ที่ขั้ว ANODE เมื่อโลหะสูญเสีย e^- ไปจะกลายเป็น M^+ (METAL + ION) และดึงคู่ประจุลบ (OH^-) ของสารละลาย การรวมตัวของ M^+ และ OH^- จะกลายเป็นรูปลิ่ม เช่น ถ้า ANODE เป็นเหล็ก Fe



รูปของ $2Fe(OH)_2$, Fe_2O_3 คือ สนิมของเหล็ก ปริมาณของการเกิดสนิมขึ้นอยู่กับปริมาณการไหลกระแสขั้วที่ไหลจากขั้ว ANODE เข้าสู่สารละลาย (IONIZED ELECTROLYTE) ปริมาณของกระแส 1 แอมป์ไหลจากขั้ว ANODE เข้าสู่ดิน อาจจะทำให้เหล็กเป็นสนิมได้ประมาณ 20 ปอนด์ต่อปี (จากการทดสอบในห้องทดลอง) ซึ่งเป็นเนื้อเหล็กที่สูญเสียไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ภาพที่ 3.1 ปฏิกิริยาการพุกร่อน

แหล่งที่มา : เอกสารเรื่อง การควบคุมการพุกร่อนของกองปฏิบัติการระบบท่อส่งก๊าซ
เขต 1 การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

จำนวนมาก แต่ในภาคสนามเราจะไม่ค่อยพบปริมาณกระแสขนาดนี้ในระบบท่อ ปริมาณกระแสที่พบอยู่ในอัตราเป็นไมโครแอมป์ หรือ มิลลิแอม เนื่องจากมีองค์ประกอบหลายอย่างที่ก่อให้เกิดปริมาณกระแสการผุกร่อนน้อย เช่น ความต้านทานทางไฟฟ้าของ METALLIC PATH ระหว่าง ANODE กับ CATHODE ของ ELECTROLYTE กับ CATHODE การเคลือบผิวของโลหะ สนิมของโลหะที่เกาะติดกับ ANODE ก็เป็นฉนวนอย่างหนึ่ง และที่สำคัญที่สุด คือ POLARIZATION FILMS ที่เกาะที่ขั้ว CATHODE แต่กระนั้นก็ตาม ปริมาณกระแสจำนวนเป็นไมโครแอมป์นี้ ถ้าเกิดในบริเวณเล็กๆ ก็ก่อให้เกิดปัญหาของการผุกร่อนแบบ PITTING ได้

POLARIZATION FILM

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าที่ขั้ว CATHODE จะดึงดูดให้ H^+ มาเกาะผิว CATHODE อยู่เป็นฟิล์มบาง ๆ ฟิล์มดังกล่าวจะทำหน้าที่คล้ายกับฉนวนที่ลดการไหลของ กระแสจากสารละลายเข้าสู่ CATHODE โดยเป็นศักดาไฟฟ้าซึ่งมีทิศทางต้านกับทิศทางของกระแสการผุกร่อน ทำให้การผุกร่อนของ ANODE ลดลงไปด้วย แต่ถ้าหากศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจนทำให้ H^+ เกิดการรวมตัวกันเป็น HYDROGEN และหรือ ANODE เกิดการสิ้นสະเทือนจนก๊าซ HYDROGEN หลุดจากไป อัตราการผุกร่อนก็จะเพิ่มขึ้น

รูปแบบของการผุกร่อนของท่อเหล็กที่ฝังดิน

1. การผุกร่อนเนื่องจากโลหะไม่เหมือนกัน

โลหะที่ไม่เหมือนกันถ้านำมาใช้งานร่วมกันจะเกิดปัญหาการผุกร่อนสูง เนื่องจากเกิด GALVANIC CORROSION ขึ้น โดยโลหะที่ศักดาไฟฟ้าต่ำกว่าจะเป็น ANODE และถ้าคู่โลหะดังกล่าวมีค่าศักดาต่างกันมาก ผลการผุกร่อนจะสูงมาก

2. การผุกร่อนเนื่องจากความแตกต่างสภาพของดินในระบบท่อ

ความเป็นกรดค้างของดิน จะทำให้เกิดศักดาของท่อกับดินแตกต่างกันตามสภาพของดินทำให้เกิด CORROSION CELL เกิดขึ้น แม้แต่ท่อที่มีคอนกรีตหุ้มกับส่วนของท่อที่ไม่หุ้ม ท่อส่วนที่หุ้มคอนกรีตจะแสดงตัวเป็น CATHODE ขณะที่ท่อส่วนที่ไม่หุ้มจะแสดงตัวเป็น ANODE

3. การผุกร่อนเนื่องจากสภาพของท่อมีการถ่ายเทอากาศต่างกัน

ท่อที่ฝังอยู่ใต้ดิน มีโอกาสเกิดการผุกร่อนได้สูงกว่าบริเวณที่ถัดออกไปเนื่องจาก

ดินมีปริมาณออกซิเจนต่างกัน หรือท่อที่ฝังในบริเวณที่มีแบคทีเรียชนิดที่กินเวลาออกซิเจนหรือสร้าง
ฟิล์มป้องกันออกซิเจน ทำให้เกิดความแตกต่างกันของปริมาณออกซิเจน ส่วนของท่อที่การถ่าย
เทอากาศไม่ดี มีปริมาณออกซิเจนน้อยจะแสดงตัวเป็น ANODIC AREA

4. การผุกร่อนของท่อส่วนใหม่ที่ต่อเชื่อมกับท่อเก่า

ท่อส่วนใหม่ที่ต่อเชื่อมกับท่อส่วนเก่า จะมีศักดาเป็นลบมากกว่าท่อส่วนเก่าตาม
GALVANIC SERIES โดยท่อใหม่มีศักดาเป็นลบสูงกว่าจะแสดงตัวเป็น ANODE เนื่องจากท่อส่วน
เก่ามีชั้นของสนิมเคลือบผิวอยู่ จะมีศักดาเป็นลบน้อยกว่า ลักษณะการเกิดการผุกร่อนเช่นนี้ จะเกิด
ขึ้นกับการที่ขั้วสนิมของผิวท่อบางส่วนด้วย

5. การผุกร่อนเนื่องจาก MILL SCALE

MILL SCALE ที่ติดกับท่อจะมีลักษณะ เป็นโลหะต่างชนิดกับเนื้อเหล็ก โดยแสดงตัว
CATHODE ทำให้เกิดการผุกร่อนของเนื้อเหล็กบริเวณนั้น

การป้องกันการผุกร่อน

การป้องกันการผุกร่อน คือ การป้องกันองค์ประกอบอันจะเป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยา
การผุกร่อนขึ้น ซึ่งมีหลักการใหญ่ๆ ในภาคสนาม พอสรุปได้คือ

1. การหุ้มเคลือบผิวท่อ (COATING) ด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน เช่น COAL TAR ASPHALT
ยาง ฯลฯ การหุ้มเคลือบผิวท่อมีผลการป้องกันดังนี้

1.1 เป็นการแยกท่อออกจากสภาพแวดล้อมที่เป็นสาเหตุแห่งการผุกร่อน

1.2 เป็นฉนวนที่ต้านทานการไหลของกระแสการผุกร่อนจาก ANODIC AREA มาสู่

CATHODIC AREA

2. การติดตั้ง INSULATED JOINT ในส่วนของท่อที่อยู่ในสภาพแวดล้อม ที่อาจทำให้ท่อ
เป็น ANODIC AREA ออกจาก CATHODIC AREA มีผลการป้องกันคือ เป็นการแยก METALLIC
PATH ไม่ให้เกิด ELECTRON ไหลจาก ANODE มา CATHODE ผ่านส่วนของท่อได้

3. การป้องกันการผุกร่อน ใช้หลักการ CATHODIC PROTECTION โดยอาศัยฤทธิ์
ของการผุกร่อนทำให้เกิดการผุกร่อนที่จุดเดียว เพื่อป้องกันการผุกร่อนจุดอื่นๆ

การป้องกันการผุกร่อน โดยมากจะกระทำพร้อมกันทั้ง 3 วิธี อย่างเช่นท่อก๊าซได้รับการหุ้ม COAL TAR เป็นการป้องกันตามวิธีที่หนึ่ง มีการติดตั้ง INSULATING JOINT เป็นการป้องกัน ANODIC AREA ออกจาก CATHODIC AREA ตามวิธีที่สอง และใช้หลักการ CATHODIC PROTECTION เป็นการเสริมจุดบกพร่องของการป้องกันตามวิธีที่หนึ่งและสอง

การหุ้มเคลือบผิวท่อ

ในการพยายามต่อต้านการผุกร่อนของท่อสิ่งแรกที่ปฏิบัติคือ การหุ้มเคลือบท่อด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน เพื่อเป็นการแยกตัวท่อออกจากสิ่งแวดล้อม และ ด้านทานการไหลของ กระแสการผุกร่อนสำหรับงานท่อซึ่งต้องการความปลอดภัยจากการผุกร่อนสูง จะต้องทำการหุ้มเคลือบผิวท่อให้ได้สูงถึง 99% ซึ่งการเลือกสารหุ้มเคลือบที่จะใช้งานควรมีองค์ประกอบในการพิจารณาดังนี้

1. ความสะดวกในการใช้งาน อายุการใช้งาน และปัญหาต่อสุขภาพของผู้ที่เกี่ยวข้อง
2. แรงยึดเกาะของสารหุ้มเคลือบกับตัวท่อ
3. ทนทานต่อแรงกระทบภายนอก
4. มีความยืดหยุ่นตัว
5. มีความต้านทานต่อการบดอัดของดิน เนื่องจากการเคลื่อนตัวของดิน
6. สามารถทนอุณหภูมิของความชื้นของไหลในท่อ
7. ทนทานต่อสภาพความชื้น น้ำ รวมทั้งไม่ดูดซับน้ำ
8. เป็นฉนวนทางไฟฟ้า
9. ทนทานต่อความเป็นกรดด่างของสภาพแวดล้อม
10. ทนทานต่อการทำลายของแบคทีเรียในดิน และหรือ จุลชีพอื่นๆ
11. ทนทานต่อการหลุดเนื่องจากการทำ CATHODIC PROTECTION

สารหุ้มเคลือบผิวท่อที่ใช้ในวงการต่อต้านการผุกร่อน มีคุณสมบัติแตกต่างกันตามสภาพการใช้งาน การเลือกใช้งานจะต้องพิจารณาเป็นกรณีไป

คุณลักษณะต่างๆของสารเคลือบผิว

1. ENAMELS BITUMINOUS ENAMELS เป็นสารที่สกัดได้จากถ่านหิน หรือสกัดจากน้ำมันดินซึ่งได้ใช้เป็นสารเคลือบผิวในการต่อต้านการผุกร่อนมานานกว่า 65 ปีแล้ว สามารถทน

อุณหภูมิการใช้งานระหว่าง 40 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 180 องศาฟาเรนไฮต์ สำหรับอุณหภูมิ
ต่ำกว่า 40 องศาฟาเรนไฮต์ จะมีปัญหาเรื่องการแตกหลุดไม่เกาะกับผิวท่อ การเตรียมผิวของ
ชิ้นงานจะต้องสะอาดปราศจากไขมัน และสกปรก ความหนาของสารเคลือบผิวประมาณ 3/32
INCH (.24 cm) โดยจะมี ASBESTOS FELT หรือ GLASS FELT ช่วยเสริมความแข็งแรง
ข้อระวังในการใช้งานคือ COAL TAR เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในการเคลือบผิว

2. ASPHALTIC MASTIC เป็นส่วนผสมของ ทราย แอสฟัลท์ กับหินปูน ทราย ฯลฯ มี
คุณสมบัติขึ้นกับลักษณะการใช้งาน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความหนา การใช้งานอยู่ระหว่าง
1/2 in ถึง 5/8 in อุณหภูมิการใช้งานระหว่าง 40 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 190 องศาฟาเรน
ไฮต์เหมาะสำหรับงานซ่อมแซมผิว COATING ของ ENAMEL ที่ชำรุดจุดอ่อนของ ASPHALTIC
MASTIC คือไม่ทนแสงอุลตราไวโอเลตและดินที่มีสาร HYDROCARBON สูง

3. EXTRUDED PLASTIC เป็นสารเคลือบผิว ซึ่งได้จาก HIGH MOLECULAR WEIGHT
POLYETHYLENE RESIN มีอุณหภูมิการใช้งานระหว่าง -10 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 180 องศา
ฟาเรนไฮต์ มีคุณสมบัติทางฉนวนไฟฟ้าดี คุณสมบัติทางกลดี แต่มีปัญหาเมื่อใช้ในพื้นที่ มี
HYDROCARBON สูง และ CATHODIC DISBONDMENT

4. POWDER RESINS เป็นสารเคลือบผิว ได้จาก EPOXY RESIN โดยการทำให้
FUSION BOND ความหนาการใช้งานประมาณ 15-25 mil ทำให้สามารถตรวจสอบจุดบกพร่อง
การเคลือบผิวได้ง่าย มีคุณสมบัติทางกลดี และต้านทานทาง CATHODIC DISBONDMENT มีปัญ
หายุ่งยากในการซ่อมแซมจุดเคลือบผิวชำรุดและแสงอุลตราไวโอเลต ซึ่งทำให้ EPOXY
กลายเป็นสภาพ

5. LIQUID EPOXY AND PHENOLICS เป็นสารเคลือบผิวที่ใช้กับท่อ ที่มีขนาดใหญ่และ
ในอุณหภูมิสูง มีคุณสมบัติในทางด้านสภาพแวดล้อมที่เป็นด่าง ฉนวนไฟฟ้าที่ดีแต่มีปัญหาเมื่อใช้ในที่
แสงอุลตราไวโอเลต ซึ่งทำให้ EPOXY กลายเป็นสภาพ

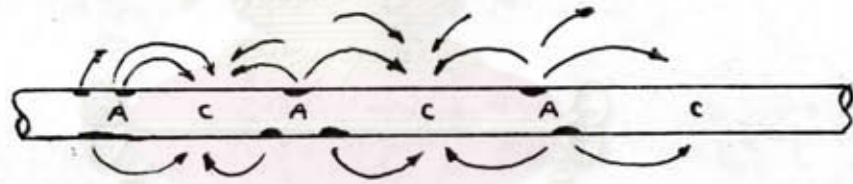
6. TAPE เทปซึ่งทำจาก POLYVINYL, POLYETHYLENE หรือ COAL TAR ส่วนมากจะ
ใช้งานซ่อมแซม FIELD JOINT ปัจจุบัน TAPE ซึ่งทำจาก BUTYLMASTIC เป็นที่แพร่หลาย
มากมีคุณสมบัติทางกลดี ความหนาของ TAPE มีหลายขนาด

7. CONCRETE คอนกรีต ใช้เป็นสารหุ้มเคลือบผิวท่อ เพื่อต่อต้านการพุทร้อนของท่อ

เหล็กได้อย่างดี กล่าวคือ เมื่อคอนกรีตหุ้มเหล็กจะเกิดฟิล์มของ IRON OXIDE ซึ่งจะป้องกันการ
 ฝุ่นของเหล็กต่อไปได้ ปัญหาการใช้ CONCRETE ก็คือ น้ำหนักมาก และถ้า WIRE MESH
 ของ CONCRETE REINFORCEMENT และกับท่อเหล็ก จะเกิดปัญหาทางด้าน CATHODIC
 PROTECTION เกิดขึ้นด้วย และ CONCRETE ซึ่งจะต้องไม่มีส่วนผสมที่ทำให้เกิด CHLORIDES
 และ OXYGEN ที่จะทำลาย POLARIZATION FILM ที่เกิดขึ้น

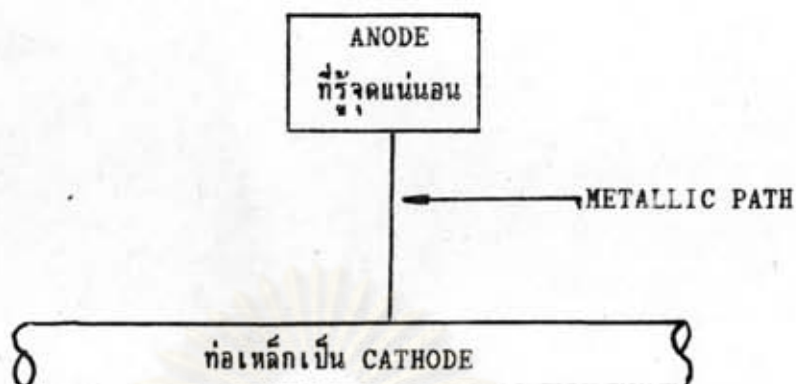
การป้องกันการฝุ่นโดยวิธีหลักการ CATHODIC PROTECTION

จากที่ได้กล่าวถึงในเบื้องต้นแล้วว่า การฝุ่นของเหล็กในสารละลาย เนื่องจาก
 การถ่ายเท e^- จาก ANODE มาสู่ขั้ว CATHODE โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่อเหล็กขาวในดินซึ่งมีสภาพ
 แวลด้อมต่างๆ ขั้ว ANODE และ CATHODE เกิดขึ้นมากมายไม่สามารถคาดการณ์ได้ ท่อเหล็กก็จะ
 เป็นอันตรายจากการฝุ่นสูงขึ้น ถ้าเราสามารถควบคุมให้เกิดขั้ว ANODE และ CATHODE ที่
 แน่ชัดแล้ว การฝุ่นก็จะเกิดขึ้นที่ขั้ว ANODE เพียงขั้วเดียว การตรวจสอบและซ่อมบำรุงการ
 เกิดสนิมก็จะง่ายขึ้น และถ้าเราทำให้ท่อเหล็กซึ่งเราใช้งานเป็น CATHODE เพียงขั้วเดียวโอกาส
 ที่ท่อเหล็กจะฝุ่นก็น้อยลงไปด้วย



การเกิดขั้ว ANODE และ CATHODE ของท่อเหล็กในดินที่ควบคุมไม่ได้ ทำให้การ
 บำรุงรักษาท่อเหล็กลำบากเนื่องจากไม่ทราบจุด ANODE ซึ่งฝุ่นได้แน่นอน

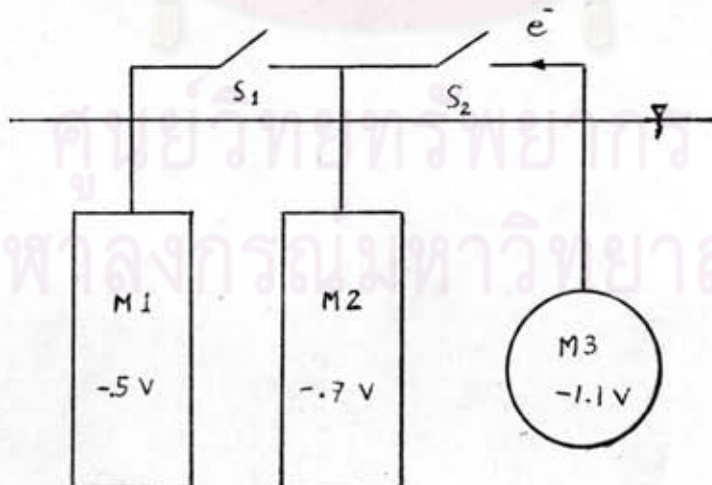
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



การควบคุมให้เกิดขั้ว ANODE และ CATHODE ที่แน่นอน การผูกมัดจะเกิดขึ้นที่เฉพาะ ANODE ซึ่งท่อเหล็กที่เป็น CATHODE จะมีอัตราการผูกมัดต่ำลงไปด้วย

1. การควบคุมให้เกิด CATHODE และ ANODE ที่จุดแน่นอน

จากรายการของ GALVANIC SERIES การถ่ายเท e^- จะเป็นในทาง โลหะที่มีศักดาเป็นลบ (ANODE) ไปหาโลหะที่มีศักดาเป็นลบ น้อยกว่า (CATHODE) ถ้าเราจำลองเอาท่อเหล็กมาเป็นขั้วให้เห็นชัดเจน จะได้รายละเอียดดังนี้



สารละลายตัวกลาง
ที่นำกระแสได้

1.1 ถ้าเราต่อขั้ว S_1 โลหะ M_2 ที่มีศักดาเป็นลบสูงกว่า จะถ่าย e^- ผ่านตัวกลางโลหะ (S_1) ไปยังโลหะ M_1 ที่มีศักดาเป็นลบต่ำกว่า โดย M_2 จะเป็น ANODE และเกิดการพุกร่อน

1.2 ถ้าเราวัดศักดาของโลหะ M_1 จะมีค่าเป็นลบมากขึ้น เช่น -0.62 Volt ศักดาของโลหะ M_2 มีค่าเป็นลบน้อยลง เช่น -0.63 Volt

การพุกร่อนของ M_2 ยังคงดำเนินต่อไปจนกว่า POLARIZATION FILM ที่เกิดขึ้นบน M_1 จะมีศักดาไฟฟ้า สามารถต้านการไหลของกระแสการพุกร่อนได้

1.3 ถ้าเราต่อขั้ว S_2 พ่วงโลหะ M_3 เข้าไปในวงจรด้วย มีค่าศักดาเป็นลบมากที่สุด เช่น $-1.1V$ จะเริ่มจ่าย e^- ให้กับโลหะ M_1 ใกล้เคียงกับ M_2 และขณะเดียวกันก็จ่าย e^- ให้กับ M_2 ต่อ

1.4 ระดับ POTENTIAL ของ M_1 และ M_3 จะหยุดอยู่ที่ค่า ๆ หนึ่ง เช่น $0.85V$ (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของพื้นที่ที่แสดงตัวเป็น ANODE และ CATHODE) ที่โลหะ M_1 และ M_2 จะเกิด POLARIZATION FILM ขึ้นต้านทานการไหลของกระแสการพุกร่อน

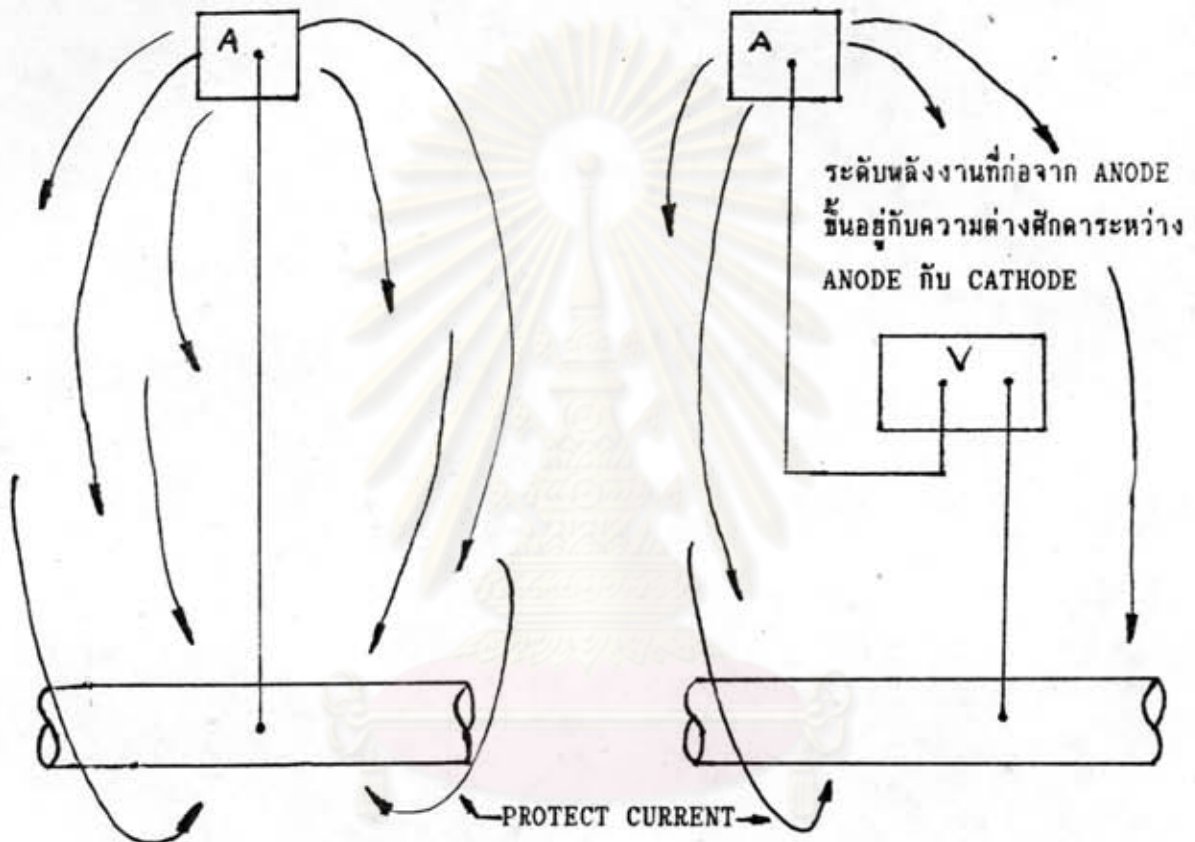
จากการเปรียบเทียบกับท่อเหล็กที่มีขั้ว CATHODE และ ANODE ถ้าเรานำโลหะ M_3 ซึ่งมีระบบศักดาเป็นลบสูงกว่า ANODE ของ CORROSION CELL ของท่อเหล็กมาต่อเข้ากัน ระบบก็สามารถจะเปลี่ยน ANODE ของ CORROSION CELL ต่างๆ บนท่อเหล็กให้กลายเป็น CATHODE และรับ e^- จากโลหะ M_3 ซึ่งทำหน้าที่เป็น SACRIFICIAL ANODE แทน นั่นคือหลักการป้องกันการพุกร่อนของท่อเหล็กด้วย CATHODIC PROTECTION

รูปแบบของการนำ CATHODIC PROTECTION มาใช้ในงานจริง

จากหลักการป้องกันการพุกร่อนด้วย CATHODIC PROTECTION ดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วนั้น เราสามารถมาประยุกต์กับงานในสนามได้ โดยการหาโลหะ M_3 มาเป็น ANODE พิเศษได้ซึ่งมีอยู่ 2 วิธีการคือ

1. CATHODIC PROTECTION WITH GALVANIC ANODE

โลหะที่มีศักดาเป็นลบมากกว่า เช่น Zn, Mg จะทำหน้าที่ ANODE และจ่ายพลังงานในการต้าน CORROSION CURRENT



SACRIFICIAL ANODE ซึ่งเรานำมาในงานได้แก่ โลหะที่มีศักดาเป็นลบมากกว่า เหล็กใน GALVANIC SERIES เช่น สังกะสี (Zn) แมกนีเซียม (Mg) อลูมิเนียม (Al) ระดับพลังงานที่จ่าย e^- ขึ้นอยู่กับความต่างศักดาของ SACRIFICIAL ANODE กับท่อซึ่งเราจะทำ CP (CATHODIC PROTECTION) แต่เนื่องจากค่าศักดาของ SACRIFICIAL ANODE มีค่าจำกัดเช่น Zn $= -1.1$ V, Al $= -1.2$ V, Mg $= -1.7$ V ระดับพลังงานที่จะต้านกระแสการผุกร่อนจึงถูกจำกัดด้วย ดังนั้นการทำ CP ด้วย SACRIFICIAL ANODE จึงทำในบริเวณที่ต้องการพลังงานในการต้านกระแสการผุกร่อนต่ำด้วย

2. CATHODIC PROTECTION WITH IMPRESSED CURRENT

จากข้อจำกัด เนื่องจากศักดาของ SACRIFICIAL ANODE ถ้าเรามีพลังงานจากภายนอกอีกชุดหนึ่งมาทำให้ ANODE มีความต่างศักดากับ CATHODE (ท่อเหล็ก) มากยิ่งขึ้นก็จะมีระดับพลังงานสูงมากยิ่งขึ้นที่จะต่อต้านกระแสการผุกร่อน

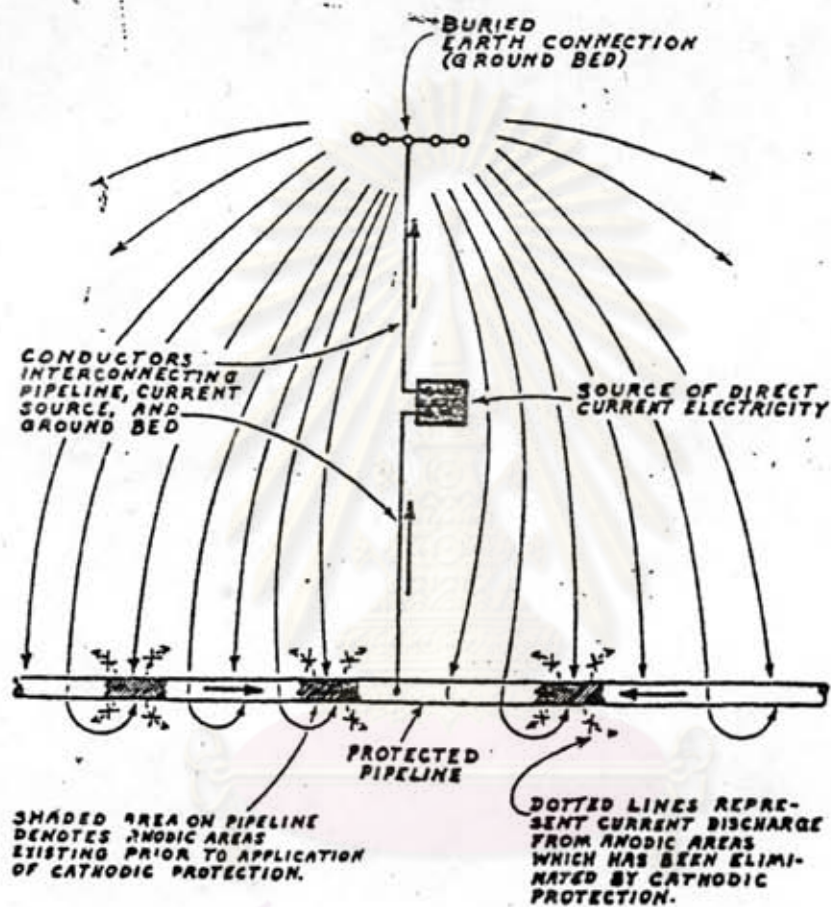
จากภาพที่ 3-2 เราติดตั้ง DC SOURCE อีกชุดหนึ่ง เป็นชุดพลังงานในการทำให้ความต่างศักดาระหว่าง ANODE และ CATHODE สูงขึ้นโดย DC SOURCE ดังกล่าวจะสามารถสร้างความต่างศักดาได้มากน้อยตามต้องการและ ANODE ซึ่งใช้งานอาจจะเป็นโลหะชนิดใดก็ได้

ลักษณะที่ทำให้เกิดระบบ CATHODIC PROTECTION

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า CATHODE จะเกิด FILM ของ H_2 ซึ่งเรียกว่า POLARIZATION FILM ทำให้ระดับ POTENTIAL ของท่อมีการเปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 3.3

ถ้าเราทำการวัดศักดาของท่อเหล็กที่ฝังดินด้วย HIGH INPUT RESISTANCE METER เทียบกับสภาพแวดล้อม โดยใช้ Cu_2SO_4 ELECTRODE แล้ว จะพบว่าท่อเหล็กมีค่าเป็นลบมากขึ้นและถ้าค่าลบมีมากถึงจุดหนึ่งแล้ว POLARIZATION FILM ก็จะสามารถหยุดการไหลของกระแสการผุกร่อน ซึ่งจะทำให้พื้นที่ที่เป็น ANODE มีศักดาเท่ากับพื้นที่ที่เป็น CATHODE จากการศึกษาค่าของเหล็กที่กลายสภาพเป็น ANODE มากที่สุดวัด OPEN CIRCUIT POTENTIAL ได้ -0.8 V ดังนั้น ถ้าเราทำให้เหล็กกลายสภาพเป็น CATHODE โดยที่มีศักดาสูงเท่ากับศักดา ANODE ของเหล็กที่สูงสุดแล้ว POLARIZATION FILM ที่เกิดขึ้นก็สามารถจะหยุดการไหลของกระแสการผุกร่อน เราจึงถือว่าการทำ CATHODIC PROTECTION ของเหล็กได้สมบูรณ์คือ ทำให้ท่อเหล็กมีค่าศักดาเป็นลบมีค่าเท่ากับ -0.80 V เทียบกับสภาพแวดล้อม โดยใช้ Cu_2SO_4 เป็น ELECTRODE

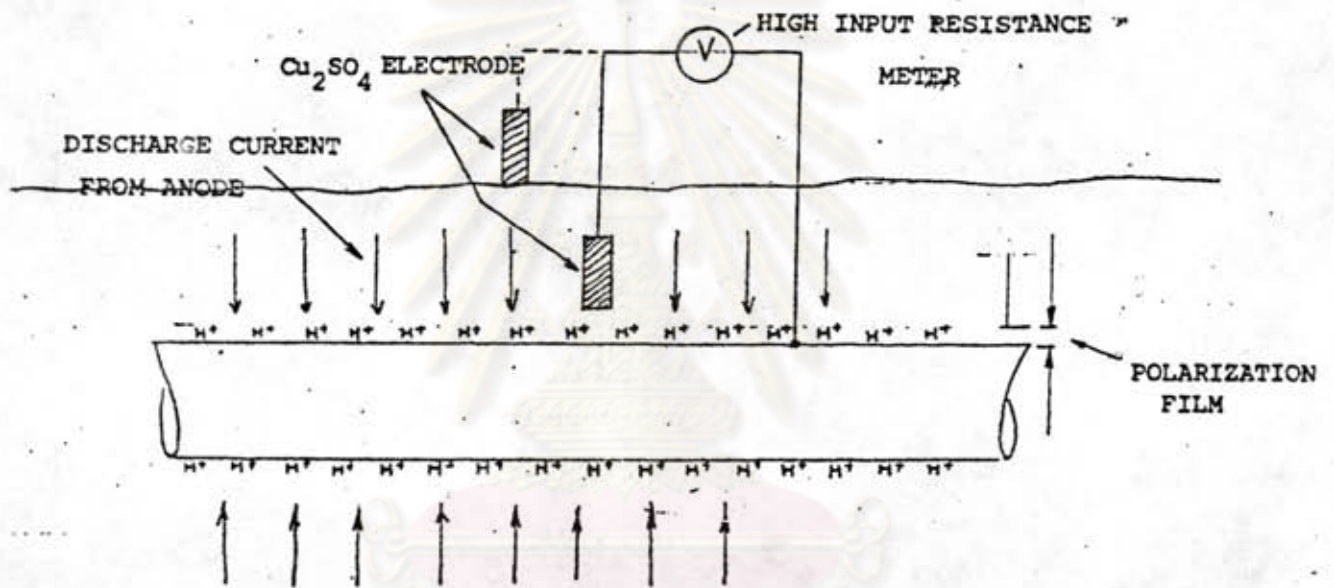
ในการตรวจสอบ CP. ของท่อเหล็ก โดยการวัดศักดาของท่อเหล็กเทียบกับสิ่งแวดล้อมต้องวาง ELECTRODE ให้ใกล้กับท่อเหล็กที่สุด แต่เป็นการไม่สะดวกในการขุดดินเพื่อทดลองด้วยวิธีดังกล่าวในสนาม จุดที่ ELECTRODE จะวางควรจะให้ใกล้กับท่อเหล็กที่สุด นั่นคือที่ผิวดินเหนือท่อ โดยให้ศักดาของท่อเหล็กที่วัดจากจุดนี้มีค่าเป็น -0.85 V เป็นค่ามาตรฐาน



ศูนย์วิทยทรัพยากร

ภาพที่ 3.2 Basic Cathodic Protection Installation

แหล่งที่มา : เอกสารเรื่อง การควบคุมการผุกร่อน ของกองปฏิบัติการระบบท่อ
เขต 1 การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย



ภาพที่ 3.3 Polarization Film

แหล่งที่มา : เอกสารเรื่อง การควบคุมการผุกร่อน ของกองปฏิบัติการระบบท่อ เขต 1 การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

ของการทำ CP. ของเหล็ก ค่าศักดา 50 mV. ที่เพิ่มขึ้น เพื่อชดเชยกับศักดาที่ตกคร่อมระหว่างจุดวาง ELECTRODE ถึงดินที่ใกล้ที่สุด

การป้องกันที่มากเกินไปของท่อหุ้มเคลือบผิว (OVER PROTECTION OF COATED PIPE)

จากการที่ระบบ CP. สามารถป้องกันการผุกร่อนได้ โดยการสร้าง POLARIZATION FILM ซึ่งเป็นฟิล์มของ H^+ ขึ้น แต่ถ้าพลังงานในการสร้างฟิล์มดังกล่าวมีค่าสูงเกินไป H^+ ที่เกาะกันเป็นฟิล์มจะเกิดการรวมตัวกันเป็นฟองก๊าซ HYDROGEN ซึ่งฟองก๊าซนี้อาจมีกำลังพอที่จะดันสารหุ้มเคลือบผิวเสียหายได้ ค่าพลังงานที่จะให้เกิดก๊าซ HYDROGEN นี้วัดได้เท่ากับศักดาของท่อเหล็ก -1.2 V.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย