Deputy Manager International
Sales & Procurement

การผุกร่อนภายใต้ฉนวน

(CUI - Corrosion Under Insulation)

ฉนวนกันความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ป้องกันการถ่ายโอนความร้อนระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อมเพื่อการประหยัดพลังงาน แต่คนจำนวนไม่น้อยที่ไม่รู้ว่าการเลือกใช้ฉนวนที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ท่อหรือระบบที่มันหุ้มอยู่เสียหายได้ด้วย

การผุกร่อนภายใต้ฉนวน (CUI - Corrosion Under Insulation) เป็นปัญหาใหญ่ที่หากคิดตามความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมด ไม่ว่ากับระบบที่ต้องใช้ฉนวนในอาคารบ้านเรือน, เครื่องจักร, เรือ, เรือดำน้ำ, แท้งค์ปฏิกริยาเคมี และอื่นๆ สามารถสร้างความเสียหายมูลค่าหลายพันล้านดอลล่าห์สหรัฐ เนื่องจากความสูญเสียจากการต้องหยุดงาน การที่ต้องซ่อมแซมหรือซื้อระบบหรือเครื่องจักรใหม่ทดแทนที่เสียหาย นอกจากนี้ การรื้อฝ้าเพดาน ระบบท่อที่ขึ้นสนิม และฉนวนที่หุ้มอยู่นั้นยังต้องใช้เงินเป็นจำนวนมาก ซึ่งหากพบแต่เนิ่นๆก็จะยังไม่ก่อความเสียหายมากนัก แต่ในความเป็นจริงคือเรามักจะพบเมื่อปัญหาหนักแล้ว เพราะฉนวนที่หุ้มอยู่ทำให้ไม่สามารถมองเห็นท่อที่อยู่ด้านในได้ว่ากำลังเริ่มมีปัญหา

การผุกร่อน หรือการขึ้นสนิม โดยทั่วไปหมายถึงการเสื่อมสภาพของโลหะที่เกิดจากปฏิกริยาเคมีกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งโดยทั่วไปโลหะจะเกิดสนิมและผุกร่อนเมื่อสัมผัสกับน้ำ* หรือความชื้นสูง, กรด, อัลคาไล, สารออกซิไดซ์ และวัสดุที่สามารถปล่อยสารเคมีบางประเภทออกมา เช่น ก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ ก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซที่มีซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งสามารถทำปฏิกริยากลายเป็นกรดซัลฟูริกได้ รวมไปถึงวัสดุที่มีสารประกอบฮาโลเจนประกอบอยู่เป็นปริมาณมาก ฮาโลเจนที่พบบ่อยๆได้แก่ Fluorine(F), Bromine(Br) และ Chlorine(Cl))

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนภายใต้ฉนวน

- การผุกร่อนภายใต้ฉนวนมักเกิดขึ้นเมื่อท่อโลหะมีการสัมผัสน้ำตลอดเวลาจากการแทรกซึมของน้ำในเนื้อฉนวน หรือการมีช่องว่างระหว่างท่อน้ำเย็นกับฉนวนทำให้น้ำที่เกิดจากการควบแน่น หรือรั่วออกมาจากตามด สังเกตได้จากเมื่อกดเนื้อฉนวน จะมีความชื้นติดปลายนิ้ว หรือมีน้ำไหลซึมออกมาให้เห็น ซึ่งหากรู้สึกได้ถึงความเปียกชื้นแล้ว ควรแก้ไขโดยเร็ว

- การผุกร่อนอาจเกิดจากการสัมผัสกับสารกัดกร่อนโดยตรงไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของไอระเหยหรือของเหลว หรือการที่ท่อต้องสัมผัสกับวัสดุหรือฉนวนที่มีสารประกอบของสารกัดกร่อนอยู่เป็นปริมาณมาก เพราะสารประกอบเหล่านั้นสามารถสลายตัวออกมาเกิดเป็นสารกัดกร่อนได้โดยเฉพาะเมื่ออยู่ภายใต้ความร้อน เช่นสารประกอบที่มีคลอรีน จะกลายเป็นกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อน เป็นต้น

- ข้อสุดท้าย อาจจะเป็นข้อที่คนทั่วไปไม่ได้คำนึงถึงเพราะมักเกิดร่วมกับการเกิดสนิมจากการสัมผัสกับน้ำเป็นเวลานาน นั่นคือเชื้อจุลินทรีย์ (ในที่นี้มักเป็นเชื้อรา) บางชนิดจะก่อให้เกิด microbial corrosion เชื้อราบางประเภทจะทำปฏิกิริยา oxidation กับโลหะกลายเป็น iron oxides หรือ iron hydroxides แล้วเกิดเป็นสนิม เชื้อราบางชนิดจะที่ขึ้นบนฉนวนที่อับชื้น หรืออมน้ำ เมื่อเชื้อรายย่อยสลายอาหาร จะปล่อยกรดออกมาทำลายพื้นผิวโลหะและเนื้อฉนวนเองด้วย สิ่งที่เป็นอาหารของเชื้อรามักเป็นกลุ่ม Plasticizer ในฉนวนพอลิเมอร์ โดยเฉพาะหากใช้ PVC จำนวนมาก ก็จะต้องใช้ Plasticizer มากขึ้นเพื่อผสมให้เข้ากันกับเนื้อฉนวน และ กาวที่ใช้ยึดฉนวนใยแก้วเข้าด้วยกัน เป็นต้น กรณีนี้มักเกิดกับระบบท่อเย็นที่เชื้อราชอบขึ้น

อัตราการผุกร่อนโดยทั่วไปจะขึ้นกับความว่องไวในการทำปฏิกิริยาระหว่างฉนวน, ของเหลวหรือก๊าซในระบบ และท่อโลหะ ซึ่งความว่องไวในการทำปฏิกิริยาจะขึ้นกับอุณหภูมิในระบบและความเค้นของท่อโลหะ กล่าวคืออุณหภูมิสูงจะยิ่งเป็นการเร่งปฏิกิริยาระหว่างท่อโลหะกับเคมีที่สัมผัส ส่วนจุดที่ท่อมีความเค้นสูงจะเป็นจุดอ่อนแอ เมื่อสัมผัสเคมีจะถูกทำลายได้ง่ายกว่าปกติ

การลดปัญหาการผุกร่อนของท่อทำได้โดย..

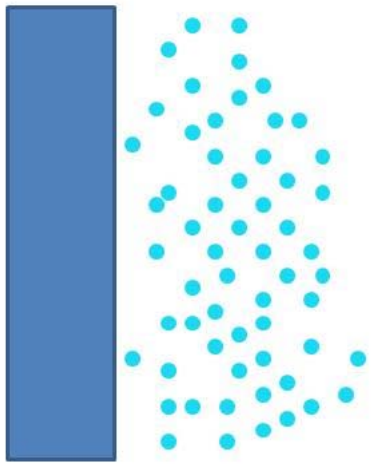
- ✓ ใช้ฉนวนที่ไม่มีสารกัดกร่อนผสมอยู่ หรือหากมีก็ควรมีในปริมาณที่น้อยที่สุด สารกัดกร่อนที่พบได้มากคือกรดไฮโรคลอริกที่สามารถเกิดจากวัสดุประเภท PVC และสารประกอบ Bromine ซึ่งมักใช้เป็นสารกันไฟ

- ✓ เวลาติดตั้งฉนวน ควรเลือกใช้ขนาดให้เหมาะสม และฉนวนควรมีความยืดหยุ่นได้บ้าง เพื่อไม่ให้มีช่องว่างระหว่างท่อกับฉนวน เป็นการลดโอกาสการควบแน่นเป็นหยดน้ำขังอยู่ภายใน

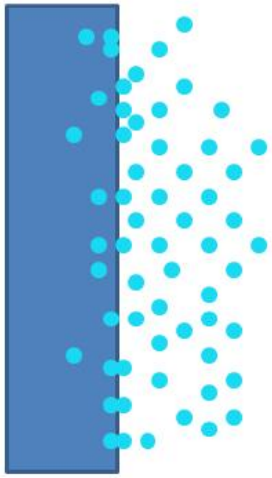
- ✓ ควรเลือกฉนวนให้เหมาะสมกับการใช้งาน จากกฎ Like Dissolves Like ** หากเป็นท่อส่งเคมีหรือต้องสัมผัสกับเคมีที่เป็น non-polar ควรใช้ฉนวนที่มีความเป็น polar *** เนื่องจากจะไม่ละลายกันและกัน แต่หากเป็นท่อที่ใช้กับเคมีที่เป็น polar เช่นน้ำ ควรใช้กับฉนวนที่เป็น non-polar

ยกตัวอย่างเช่น การหุ้มท่อน้ำเย็นควรใช้ฉนวนเซลปิดเพื่อป้องกันความชื้นแทรกซึมเข้าไปสัมผัสกับท่อ และควรเลือกใช้ฉนวนที่มีคุณสมบัติเป็น non-polar เพราะจะไม่เสื่อมสภาพได้ง่ายเมื่อสัมผัสน้ำซึ่งมี

สมบัติเป็น polar ส่วนการหุ้มท่อน้ำที่ร้อนจัดสามารถใช้ฉนวนใยแก้วได้ เพราะทนความร้อนได้ดี และน้ำจากภายนอกจะไม่เข้าไปสัมผัสท่อ เพราะระเหยออกไปหมด แต่ หากเกิดกรณีที่ใยแก้วเปียกชุ่มจากน้ำรั่วหรือฟอยล์หุ้มฉีกขาดแล้วมีน้ำไหลเข้าไปแล้วระบายออกไม่ได้ ควรเปลี่ยนฉนวนใหม่ทั้งหมด เพราะนอกจากจะไม่สามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนแล้ว ยังอาจเกิดเชื้อราและทำให้ท่อเป็นสนิมอีกด้วย



[ภาพที่ 1]
<u>พื้นผิวที่เป็นนอนโพลาร์จะไม่ดึงดูดอนุภาคน้ำเข้าหาตัวเอง (เป็นกลุ่ม</u>
<u>Hydrophobic</u>)



[ภาพที่ 2]
<u>พื้นผิวที่เป็นโพลาร์จะดึงดูดอนุภาคน้ำเข้าหาตัวเอง (เป็นกลุ่ม</u>
<u>Hydrophilic</u>)

อย่างไรก็ตาม นอกเหนือจากเรื่องการผุกร่อนแล้ว การเลือกใช้ฉนวน ยังควรคำนึงถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

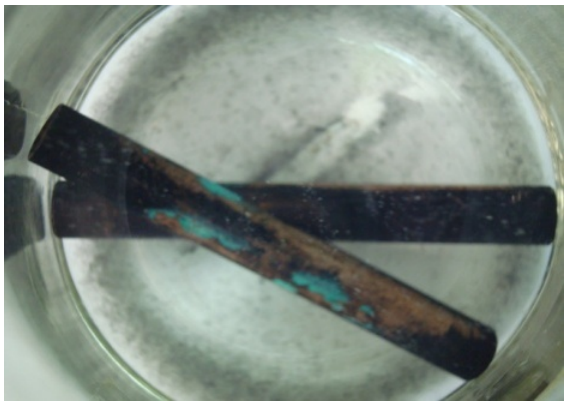
- ✓ ฉนวนควรมีความปลอดภัยไม่ว่าจะระหว่างการติดตั้ง การใช้งานปกติ หรือเมื่อเกิดเหตุผิดปกติเช่นไฟไหม้ เช่นไม่เกิดฝุ่นผงอันเป็นสาเหตุของภูมิแพ้หรือสารก่อมะเร็งทั้งในขณะติดตั้งและการใช้งาน ไม่เกิดก๊าซพิษรุนแรงและไม่ลามไฟเมื่อเกิดเพลิงไหม้ เป็นต้น

- ✓ มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่สำคัญในการเลือกใช้ฉนวน โดยทั่วไปหลังจากติดตั้งแล้ว ฉนวนมักจะต้องอยู่ภายใต้ความร้อน ความชื้น โอโซน หรืออาจต้องเจอ UV ในกรณีที่ใช้งานภายนอกตัวอาคาร หากฉนวนไม่ทนทานต่อสภาวะเหล่านี้ ก็จะเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วและไม่สามารถทำหน้าที่ฉนวนได้ดี

<u>ตัวอย่างการทดสอบการผุกร่อนของท่อโลหะกับฉนวนที่มี และไม่มี PVC (ตัวแทนของวัสดุที่สามารถสลายตัวให้เป็นสารกัดกร่อน) ผสมอยู่</u>

เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานใดอ้างอิงถึงการทดสอบเรื่องความสามารถในการกัดกร่อนของฉนวนกันความร้อนกับโลหะ ดังนั้นการทดสอบนี้จึงเป็นการทดสอบภายในที่ผู้เขียนได้เคยลองทำดูโดยไม่ได้มีมาตรฐานรับรอง แต่ก็ทำให้พอจะทราบความแตกต่างของการใช้ฉนวนที่มีและไม่มีส่วนประกอบของสารกัดกร่อน เพื่อทดลองเรื่องการกัดกร่อนของท่อทองแดงของฉนวน 2 ประเภท โดยตัวอย่างแรกเป็นฉนวนที่มี PVC เป็นส่วนประกอบเป็นจำนวนมาก *[ภาพที่ 3]* และตัวอย่างที่สองเป็นตัวอย่างที่ไม่มี PVC เป็นองค์ประกอบเลย *[ภาพที่ 4]* วิธีการทดลองคือนำฉนวนทั้งสองชนิดมาสกัดเอาสารเคมีที่อยู่ภายในเนื้อฉนวนออกมาโดยใช้ความร้อนที่ 80 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำน้ำที่สกัดออกมาได้นั้นมาแช่กับท่อทองแดง ปิดฝาให้สนิท แล้วตรวจดูความเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน 3 เดือน 6 เดือน 1 ปี และแช่น้ำสกัดจากฉนวนดูการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ เป็นเวลา 5 ปี

จากการทดลองพบว่าท่อทองแดงในภาพชุดแรก *[ภาพที่ 3]* สีเปลี่ยนไป และเริ่มมีร่องรอยการถูกกัดกร่อน ในขณะที่ภาพชุดที่สอง *[ภาพที่ 4]* สีของท่อทองแดงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นจึงเป็นที่พิสูจน์ได้ว่าฉนวนที่มีส่วนผสมของวัสดุที่อาจก่อให้เกิดกรดนั้น ไม่ควรใช้กับท่อทองแดง และท่อโลหะอื่นๆ เพราะจะทำให้เกิดการผุกร่อน



[ภาพที่ 3] การทดสอบเรื่องการกัดกร่อนของฉนวนที่มี PVC ผสมอยู่เป็นจำนวนมาก กับท่อทองแดง พบว่าท่อเปลี่ยนสี และ เริ่มเกิดสนิม

[ภาพที่ 4] การทดสอบเรื่องการกัดกร่อนของฉนวนที่ไม่มี PVC กับท่อทองแดง

คาที่แพงกว่า เนื่องจากฉนวนที่ดีนั้นมักจะใช้วัสดุที่ดีที่ไม่เสื่อมสภาพง่าย และไม่ทำให้ท่อหรือระบบเสียหายจากการผุกร่อน ซึ่งผู้ผลิตจำนวนมากเลือกที่จะลดต้นทุนโดยการใส่สารเคมีหรือพอลิเมอร์ราคาถูกบางตัวที่เมื่อสัมผัสความร้อน หรือเมื่อเสื่อมสภาพจะสลายตัวแล้วได้สารที่มีฤทธิ์กัดกร่อนขึ้นมา แต่เนื่องจากผู้รับเหมาบางกลุ่มต้องการใช้ของราคาถูกเพื่อลดต้นทุน เพราะเมื่อส่งมอบงานก็ถือว่างานจบ ไม่ต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ระยะยาว จึงเป็นเหตุให้อาคารจำนวนมากต้องพบปัญหา และต้องเสียเงินซ่อมแซมอีกภายหลัง เพราะฉนวนเสื่อมสภาพ อมน้ำ ท่อเป็นสนิมและยังอาจเกิดเชื้อราตามมา ที่สำคัญอีกเรื่องคือหากเชื้อราเกิดขึ้นมาครั้งหนึ่งในระบบแล้ว จะเป็นการยากที่จะกำจัดให้หมดไปโดยสิ้นเชิง เพราะสปอร์ของมันซึ่งมีขนาดเล็กและเบาจะปลิวไปทุกส่วนและฝังตัวตามซอกตามมุมของอาคารรอเวลาที่สภาวะเหมาะสมกับการเจริญเติบโต ตัวสปอร์ที่ยังไม่เจริญเติบโตเป็นเชื้อรายังเป็นสาเหตุของโรคภูมิแพ้, โรคหอบหืด, ระคายเคืองตาจมูก หลอดลม

เมื่อทราบอย่างนี้แล้ว เมื่อเลือกวัสดุที่จะใช้ในอาคารบ้านเรือนอย่าลืมพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อสุขภาพที่ดีและความประหยัดในระยะยาวต่อไป

---

* *"**น้ำ**", ในบทความนี้ถือเป็น "สารละลายที่เป็นโพลาร์" ***

***Like Dissolves Like คือกฎที่กล่าวว่า "สารละลายที่เป็นโพลาร์จะละลายวัสดุที่เป็นโพลาร์" และ "สารละลายที่เป็นนอนโพลาร์ จะละลายกับวัสดุที่เป็นนอนโพลาร์" เช่นเกลือ(เป็นโพลาร์) จะละลายได้ดีในน้ำซึ่งเป็นโพลาร์เหมือนกัน แต่จะไม่ละลายหรือละลายได้น้อยในน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งเป็นนอนโพลาร์*

*** ***สารหรือวัสดุที่เป็น polar*** *คือวัสดุที่มีการกระจายตัวของประจุในโมเลกุลไม่สมดุลกัน เช่น น้ำ, PVC, NBR, H_2SO_4, HCl, NH_3.*