

伝熱面腐食試験

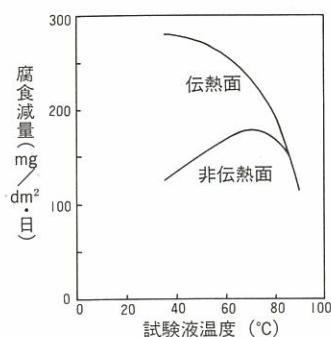
プラント機器の材料選定や腐食抑制剤などの防食性能評価、あるいは機器材料の腐食事故原因調査などに関連して、実験室あるいはモデルプラントでの腐食試験が行われるが、単純な液浸漬や暴露による腐食試験では、熱交換器のような伝熱をともなう機器における腐食挙動とは一致しない場合が多い。このような場合の測定精度を高めるために、いろいろの伝熱面腐食評価試験装置が提案され、伝熱面温度測定や伝熱面のみの腐食量を求める工夫がされている。

ここでは、伝熱面腐食の特殊性および腐食金属表面での腐食反応を推定するための重要な評価法の1つである電気化学的手法との組合せによって行う伝熱面腐食試験について紹介する。

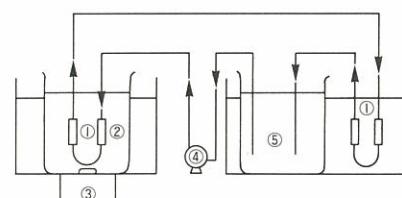
伝熱面腐食の特殊性

電力、製鉄、石油精製、石油化学などの産業分野のプラントにおいては、プロセス流体を加熱あるいは冷却する機器が多い。その代表的な機器として熱交換器があり、広く利用されている。熱交換器の腐食事例のうち、その70%以上が伝熱面となる伝熱管で発生している^{1),2)}。伝熱管は、内外で性状の異なる2つの流体を異なる温度で取扱い、内外の伝熱表面では、沸騰、蒸発、凝縮などの状態変化が起り、さらに、腐食生成物や流体からの析出物の堆積が生じることから、腐食条件としてはもっとも厳しい環境の1つである。

熱流束をともなう伝熱面では、腐食が助長される場合と抑制される場合があり、非伝熱面の腐食挙動と異なって、複雑な挙動となることが知られている。一般的には熱が流れ出す低温側金属表面の腐食は冲合いの条件より推定される値に比べて増大し、いっぽう、熱が流れ込む高温側金属表面の腐食は減少する。腐食増大の理由として沸騰による蒸気泡の発生とともに表面温度の上昇、局部加熱による温度差電池の形成、局部温度上昇による溶液中成分の濃縮などの影響が考えられる。第1図は、水道水中で行った軟鋼の腐食試験結果³⁾である。熱流束を付与した伝熱面の腐食減量は、非伝熱面に比べて最大2倍の値を示した例³⁾)。



第1図 大気開放水溶液中における
純鉄の腐食減量と試験液温度との関係
(伝熱: 90°Cの加熱水溶液)



① 試験チューブ ② 温水 ③ マグネットスター
④ ポンプ ⑤ 試験液

第2図 伝熱面腐食試験装置の概略図

である。

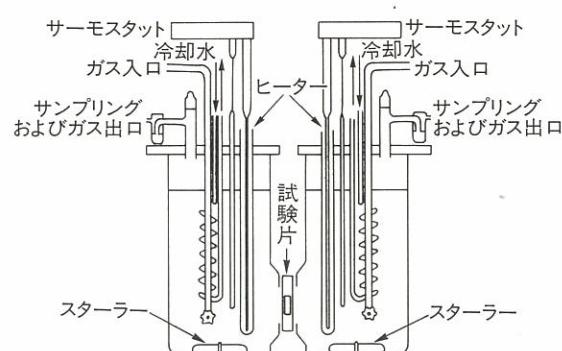
第2図はこのときに用いられた伝熱面腐食試験装置の概略図である。試験片は、内径12.6mm、長さ50mmのJIS G3461 STB35のボイラ熱交換器用炭素钢管で、管内に40°Cの水道水を循環させ、管外面側は90°Cの温水に暴露して、20時間運転後の試験片の重量変化より腐食減量を求める方式の装置である。重量変化では両伝熱面の腐食の合計がえられるため、対象としている伝熱面の腐食減量のみを求めるには、非対象伝熱面の減量を除く必要がある。本手法では、非対象伝熱面側の水溶液に腐食抑制剤を添加して腐食を抑える配慮がされている。

第3図は、左右対称のトルビーカー型ガラス製容器中央開口部に試験片を固定して、左右の溶

1) 佐藤健二ほか：化学工学協会第14回秋季大会講演要旨集, SA109 (1980), p.21

2) 川本輝明：配管技術, Vol.20(1978), No.4, p.86

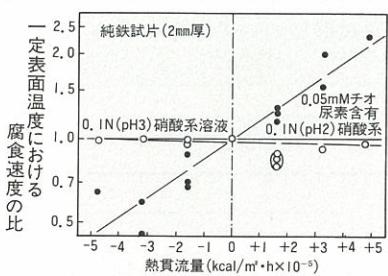
3) 山本大輔ほか：防食技術, Vol.24(1975), p.283



第3図 伝熱面腐食試験装置の概略図

- 4) 石川達雄ほか：防食技術, Vol.23(1974), p.183
- 5) 岸 富也ほか：電気化学, Vol.50(1928), p.184
- 6) 高村 昭：日本材料学会腐食防食部門委員会資料(1971), No.48, p.42
- 7) K.Yamamoto et al : Trans of the ANS, 1980 International Conference(1980), p.231
- 8) A.Takamura et al : Technology and Application of Titanium, edited by R.Jaffee and N.Promisel, Pergamon Press(1970), p.209

液をそれぞれ異なる温度に制御することにより、熱流束をともなった腐食条件がえられる伝熱面腐食試験装置である。第4図は、同装置で求めた純鉄の試験例⁴⁾で、0.05mM(ミリモル)のチオ尿素を含む0.1N(規定)の硝酸塩溶液中において30~80°Cの温度範囲で、最大50°Cの温度差までの腐食率(腐食速度比)におよぼす熱流束の影響を調べたものである。図中の腐食率は、非対象伝熱面の腐食減量を除くために、対象伝熱面側の試験溶液について



第4図 0.1N-硝酸+0.05mMチオ尿素水溶液中に
おける純鉄の腐食速度と熱流束との関係

て、オルソフェナソロリン法による比色分析で溶出鉄イオンを分析して求められたものであるが、熱流束の効果を明確に示している。本報告では、溶液中の腐食反応におけるアニオンの影響について考察がされており、熱流束により腐食活性点の増減に寄与するアニオンの脱吸着平衡の変化に熱拡散が関与していると推定されている。

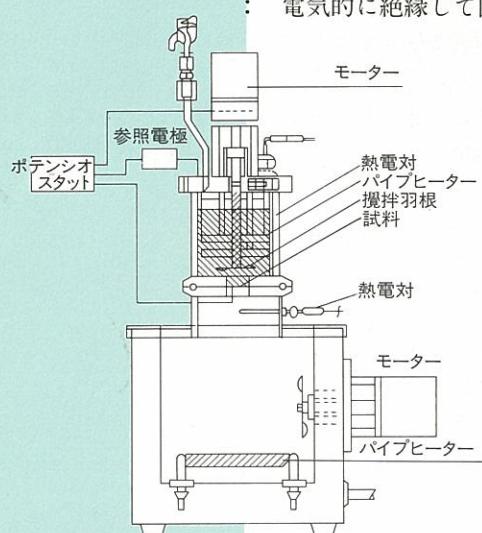
同じ伝熱面腐食においても、沸騰伝熱面では蒸気泡が腐食に影響をおよぼすといわれている⁵⁾が、この伝熱面腐食試験装置は、熱源の種類により2つに大別され、電気ごて⁶⁾およびスチーム⁷⁾を用いたものがある。腐食率は重量変化から求められている。また、沸騰とは逆の現象である蒸気の凝縮で腐食が加速される場合があり、管状チタン試験片を沸騰槽と水冷コンデンサーの間に設置した凝縮伝熱面腐食試験結果によると、硝酸蒸気の凝縮部では沸騰硝酸水溶液の5倍以上の腐食率を示す例がある⁸⁾。

D-2

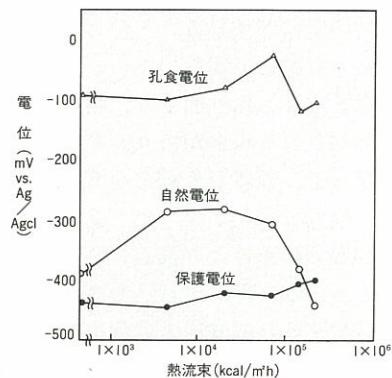
電気化学的伝熱面腐食試験

上述のように熱流束をともなう伝熱面腐食挙動を評価するいろいろの腐食試験装置が提案され、伝熱状態や伝熱量の再現、腐食量の測定方法や腐食反応の推定などいろいろな工夫がされている。しかしながら、伝熱面といえども、腐食反応は電気化学的反応であるので、電気化学的測定でえられる情報は、極めて重要であり、ここではその測定装置の例を紹介する。

第5図に当社が保有する電気化学的伝熱面腐食試験装置の概略図を示す。腐食液槽の底板に50×50×3t mmの試験片をOリングを介して容器材料と電気的に絶縁して固定し、パイプヒーターを熱源として加熱(最高温度500°C)する。腐食液は別のパイプヒーターで加熱し、伝熱条件を制御する。熱流束は試験片の両伝熱面側から2.5 mmの深さに穴を開けて、2カ所の穴先端に熱電対を放電溶接し、温度勾配を測定して算出する(最大温度勾配: 70°C、最高伝熱面温度: 270°C)。この装置の特徴は、ガス吹込みができるため脱気処理などが可能であり、容器にはテフロンコーティングを施しているので、妨害イオンの混入を防



第5図 伝熱面電気化学試験装置の概略図



第6図 ステンレス鋼の孔食電位測定における特性値と熱流束との関係

止できる。第6図は同装置で求めたLiBr溶液中におけるステンレス鋼の孔食電位などの特性値と熱流束との関係を示したものである。電位は参照電極としてAg/AgCl電極を用いた場合の値で示してある。自然電位、保護電位、孔食電位は熱流束により変化し、孔食発生の可能性を調べることができる。

伝熱面腐食試験の特殊性について簡単に紹介した。この試験はパラメーターの多い腐食試験のうちでも特に難しい試験であるが、伝熱をともなう実機の寿命評価試験や事故原因調査での再現試験を行う場合に適用が奨められるものである。ご参考になれば幸いである。

[神戸事業所 腐食試験室 杉江 清]