ステンレス鋼配管のすき間腐食に及ぼす

鋼種およびガスケット材質の影響*

鈴木 紹夫** 斎藤 洪** 吉岡 和夫** 北村 義治**

Influence of Steel Composition and Gasket Materials on the Crevice Corrosion of Stainless Steel Piping

Tsuguo Suzuki, Hiroshi Saito, Kazuo Yoshioka and Yoshiharu Kitamura

The Influence of steel composition and insulating gasket materials on the crevice corrosion of stainless steel piping has been investigated through the loop test and the polarization measurements in 5 % NaCl (pH=3.0) at 50°C.

The result of the loop test showed that the crevice corrosion tendency was markedly varied with the composition of stainless steels and of gasket materials attaching to the steel. For the stainless steel composition, the tendency decreased in the order : SUS 24, SUS 28, SUS 33 and 18Cr-16Ni-5 Mo. For the gasket material, it decreased in the order: chrysotile asbestos, blue asbestos, SBR and Teflon.

The polarization measurements were also made on

the stainless steel specimen (crevice-free) and that coupled with gasket materials (crevice-containing). The current density ratio-potential curves showed the same tendency obtained from the loop test. The larger the ratio in the potential range from passivation to pitting potential, the larger the crevice corrosion tendency of the couple of a stainless steel and a gasket material.

The variation of the crevice corrosion tendency contributed by the gasket materials can be explained mainly on the swelling nature when immersed in the environmental solution, and on the adhesional wetting nature of the surface.

1. 緒 言

中性付近の塩化物を含む溶液を扱うステンレス鋼配管においてはほとんど例外なく孔食よりも配管接続部のフランジ面にすき間腐食が優先して起こり、さらにこのすき間腐食の程度が使用するガスケットの材質により著しく異なることがしばしば経験される。そこで本報においてこのような配管接続フランジ面のすき間腐食に及ぼす鋼種およびガスケット材質双方の影響をモデルの実験により確かめ、さらにこの傾向を電気化学的試験により確認し、これを鋼種とガスケット材質の組合せに対するすき間腐食性検出の迅速試験法として応用することを試みた。なお、ガスケットのすき間腐食性におよぼす影響の度合いを説明するために二、三の実験も併せて行なった。

2. 実験装置および方法

2.1 流動循環式試験装置によるすき間腐食試験

本実験で使用した試験装置を図1に示す。これは溶液

図1 流動試験装置

循環式の流動腐食試験装置で硬質ゴムライニングのタンク、磁器製ポンプ、塩ビ配管よりなっている。流速は差圧式流量計を用いて測定し、ポンプ吐出側に取付けたストップバルブにより制御し、試験溶液の温度はタンク内に設置した抵抗式温度計により加熱蒸気を ON-OFF 制御し設定値を保持するようにした。試料の形状は図2に

* 昭和44年4月3日 化学工学協会第34年会(東京)において発表

** 味の素(株)中央研究所(川崎市鈴木町2964)

図2 試験用短管

示すごとく、管内径 57 mm、長さ 250 mm のステンレス鋼製フランジ付短管で、流動試験装置の試験片取付部にステンレス鋼種とガスケット材質が各々異なる組合せになるよう接続した。ガスケット材質はクリンタイル石綿、青石綿、SBR、テフロン の 4 種であり、いずれも内径 59 mm、外径 88 mm、厚さ 2.5 mm のものを用いた。供試ステンレス鋼材質と化学成分は表 1 に示す。試料のフランジシート面は #400 の研磨紙にて湿式研磨し、ト

表 1 供試ステンレス鋼の化学組成 (%)

成分 材質	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SUS 24	0.05	0.55	0.50	0.021	0.008	—	16.50	—
SUS 28	0.022	0.43	1.58	0.023	0.008	10.39	18.89	—
SUS 33	0.019	0.66	1.43	0.024	0.012	13.29	17.02	2.42
18Cr-16Ni-5Mo 鋼	0.03	0.77	1.48	0.022	0.007	16.25	17.67	5.05

リクロルエチレンで脱脂して供試した。なお、試験はすべて 5% NaCl (HCl で pH : 3.0 に調整) を使用した。温度は 50°C、管内流速は 0.9 m/sec、試験時間は 360 時間連続である。

2.2 分極特性の測定

アノード分極測定に使用した試験片のうち、すき間を有するガスケット材締付け試料を図 3 に示す。これは前

図3 すき間を有する分極測定試料

項の実験で使用したガスケット材から 5×13mm の矩形に切り出したガスケットを供試ステンレス鋼の 10×20 mm の矩形試験片の両側にステンレス鋼製締付け金具で締め付け固定したものである。なお、比較のために分極測定を行なった通常試験片はこれよりガスケット材を取り除いたものである。試験片は #400 研磨紙で湿式研磨し、トリクロルエチレンで脱脂した。5% NaCl (pH:3.0) の試験溶液を電解槽に入れ 50°C に設定し、N₂ を吹込

図4 すき間腐食発生状況

み、溶存酸素を除去した後、試験片を浸漬し自然電位が一定になった状態からポテンショスタットによりアノード方向に電位を 100 mV/4min の速度で動電位的に変化させた。ステンレス鋼およびガスケットは前項の実験で用いたものと同じである。

2.3 ガスケットの浸漬試験およびガスケット面に対する濡れ接触角の測定

すき間腐食性に及ぼす影響のガスケット材質による差異を説明するために各ガスケットの本試験環境での劣化状況および濡れ性を調べた。劣化状況は 5 % NaCl (pH: 3.0) 50°C 中に 120 時間浸漬後の重量変化、体積変化、硬度変化の測定により、また、ガスケット面の濡れ性は接触角の測定によった。なお、接触角の測定は液滴投影法¹⁾により行なった。

3. 実験結果および考察

3.1 鋼種とガスケット各組合せの浸漬試験による比較

図 1 に示した装置で 360 時間溶液を循環した後の試料短管フランジのガスケット接触部におけるすき間腐食の発生状況を図 4 に示す。これより、すき間腐食が発生する程度はいずれの鋼種においても共通して、クリソタイル石棉の場合が一番激しく、次いで青石棉、SBR の順でテフロンの場合はすき間腐食に対する影響が小さいことがわかる。また、ステンレス鋼種のうちでは SUS 24 が一番すき間腐食が激しく、SUS 28、SUS 33、18 Cr-16 Ni-5 Mo 鋼の順にその程度が軽くなることわかる。この傾向は従来数多く報告されている塩化物中でのステンレス鋼の耐孔食性と同じ傾向であり、フェライト鋼よりオーステナイト鋼、またその中でも Mo 含有鋼ほど耐すき間腐食性が大きいといえる。これらの結果からステンレス鋼のすき間腐食は鋼種およびガスケット材質によって大きく影響を受けることが確認された。

3.2 すき間腐食性の分極測定による比較

5 % NaCl (pH: 3.0)、50°C においてガスケットを締め付けない通常のステンレス鋼試料の分極特性を図 5 に示す。これより SUS 24 は -0.4 V (SCE) 付近から不

動態化、-0.3 V (SCE) 付近に孔食発生電位 (V_c') がある。また、SUS 28 の不動態化電位は -0.3 V (SCE) 付近、 V_c' は -0.16 V (SCE) 付近にある。SUS 33、18 Cr-16 Ni-5 Mo 鋼に関しては本環境では自然浸漬状態で不動態化しており、孔食発生電位はいずれもおおよそ 0 V (SCE) である。

次に、各種ガスケット材を締め付けてすき間を形成した状態で測定した分極特性における電流密度 (i) と、図 5 で示した各鋼種の通常試料の電流密度 (i_0) との比²⁾を各電位に対してプロットした結果 (i/i_0 -E 曲線) を鋼種別にそれぞれ図 6~9 に示す。なお、ガスケット材締め付け試料の電極表面積はガスケット部を除いた露出面だけ

図 6 SUS 24 の分極特性に及ぼすガスケットの影響

図 7 SUS 28 の分極特性に及ぼすガスケットの影響

図 8 SUS 33 の分極特性に及ぼすガスケットの影響

5 % NaCl (pH: 3.0), 50°C, N₂ 飽和, 攪拌, 100 mV/4min

図 5 NaCl 水溶液中のステンレス鋼の分極特性

図 9 18Cr-16Ni-5Mo ステンレス鋼の分極特性に及ぼすガスケットの影響

とし、これをもとに電流密度を計算した。これらの結果によると、いずれの鋼種においても孔食発生電位 (V_c') 付近で電流密度比 (i/i_0) が大きくなっていることがわかる。また、このピーク付近の i/i_0 の大きさはガスケット材質のすき間腐食性の順序と一致する。これはすき間部におけるすき間腐食による溶解電流の急増が V_c' よりも卑側の電位から起こること、および、自然浸漬状態で活性腐食を生ずる SUS 24, SUS 28 については不動態領域に入っても、すき間部での溶解が継続して起こることなどにより、すき間腐食試料と通常試料との電流比が不動態化電位から孔食発生電位付近にかけて著しく大きくなるためである。

この結果、ガスケット材質のすき間腐食性は同一鋼種では、クリソタイル石棉が最も大きく、次いで青石棉、SBR の順でテフロンの影響が一番小さいことがわかる。また、鋼種では 18Cr-16Ni-5Mo 鋼が耐すき間腐食性が最も大きく、次いで SUS 33, SUS 28, SUS 24 の順に小さくなることなどが判明した。この結果は図 4 に示した短管試料のフランジ面のすき間腐食状況の傾向とも一致する。この結果、すき間を有する試料と通常試料の分極曲線の比からすき間腐食性を検出する方法は実際に起こるすき間腐食を予知する方法として有効であるといえる。

3.3 すき間腐食性に及ぼすガスケット材質の劣化性および濡れ性の影響

5% NaCl (pH: 3.0), 50°C において各ガスケット材を 120 時間浸漬した後の重量変化、体積変化、硬度変化を表 2 に示す。これより、青石棉、クリソタイル石棉の重量変化は同等で他に比べはるかに大きい。この両者を比較すると体積膨張はクリソタイル石棉のほうが大きく、また軟化の程度も大きい。SBR はやや軟化するがいずれの変化も小さい。テフロンはまったく変化が認められない。

次に、接触角測定結果を表 3 に示す。これよりテフロン < SBR < 青石棉 < クリソタイル石棉の順でぬれやすい

表 2 ガスケットの浸漬試験結果

ガスケット材質	重量変化 mg/cm ²	体積変化%	硬度変化
クリソタイル石棉	+8.99 +7.58	+4.06 +4.11	-9 -8
青 石 綿	+8.99 +7.63	+2.13 +2.16	-7 -7
S B R	+0.48 +0.69	+0.48 +0.23	-2 -2
テ フ ロ ン	0 0	0 0	0 0

試験条件: 5% NaCl (pH: 3.0) 50°C, 120 hr 浸漬

硬度計: UF. SHORE. S DUROMETER (UESHIMA SEISAKUSHO 製)

表 3 ガスケット面に対する濡れ接触角

ガスケット材質	接 触 角	ガスケット材質	接 触 角
クリソタイル石棉	90°	S B R	94°
青 石 綿	91°	テ フ ロ ン	100°

接触角測定方法: 液滴投影法 (前進接触角)
溶液: 5% NaCl (pH: 3.0)

ことが判明した。これらの結果は、ガスケットのすき間腐食性がすき間部への液の浸入の難易およびガスケット自体が含むことのできる液量と密接な関係を有することを示す。すなわち、濡れやすく、膨潤しやすいガスケットほど腐食を助長する局所的な腐食液の侵入および滞留を許しやすく、この結果すき間腐食を発生させやすくなると言える。

4. 結 言

以上の実験の結果、次のことが結論される。

- 1) ステンレス鋼のすき間腐食の発生のしやすさはガスケット材質により大きく影響される。
- 2) ガスケット自体の液の浸透性、膨潤性および表面の濡れやすさなどの性質がすき間腐食の発生のしやすさに密接な関係があり、これらの大きなものほどすき間腐食性が大きい。すなわちテフロン < SBR < 青石棉 < クリソタイル石棉の順ですき間腐食を起こしやすい。
- 3) ステンレス鋼の耐すき間腐食性は SUS 24 < SUS 28 < SUS 33 < 18Cr-16Ni-5Mo 鋼の順に増大する。
- 4) すき間を有する試料の分極曲線とすき間のない通常の試料の分極曲線を比較して得た比分極曲線 (i/i_0 - E 曲線) は鋼種およびガスケット材質相互のすき間腐食性を比較する方法としてすぐれている。すなわち不動態電位から孔食発生電位付近までの電位域における i/i_0 のピークが大きい組合せほどすき間腐食性が大きい。

(昭和44年12月17日受理)

引 用 文 献

- 1) E. Keen & W. W. Benton: *J. Phys. Chem.*, **41**, 1195. (1937)
- 2) N. D. Greene & G. Judd: *Corrosion*, **21**, No. 1, 15~18 (1965) Jan.