

付属書 C27 フッ酸腐食

1. 概要

フッ酸による腐食で非常に腐食速度の速い全面腐食と局部腐食を呈する。さらに、水素割れ、ブリストー、HIC、SOHIC を伴う。影響を受ける材料は、

- (a) 炭素鋼、銅-ニッケル合金、400 合金
- (b) C276 などその他のニッケル基合金もいくつかの装置で利用される。
- (c) 低合金鋼、300 シリーズステンレス、400 シリーズステンレスは腐食、割れに感受的で HF 装置に利用すべきではない。

2. 主要因

- (a) フッ酸濃度、温度、合金組成、酸素・硫化物などの不純物の存在が制御因子である。
- (b) 炭素鋼は乾燥濃縮酸環境で保護性フッ化物スケールを形成する。高流速、乱流による保護性スケールの減少により腐食速度は増大する。
- (c) 水分の存在は、フッ化物スケールを非安定にして、膨張した非保護性スケールに変化させる。
- (d) 根本的な影響因子は「水中の HF」濃度である。プロセス流水は主に炭化水素を含んでいるが、酸は分離していると考えられる。濃度は酸中の水量によって決まる。
- (e) 主に HF アルカリ装置は 1%～3%の水が、酸中で運転されているので、等価水中 HF 濃度は 97%～99%となり、温度は通常 66°C以下である。この状況では、耐食性が必要な機器（例、ポンプ、バルブ、計器）を除いて、炭素鋼がすべての機器で広く使用されている。
- (f) 温度の上昇、HF 濃度の減少（水の増加）とともに腐食速度は上昇する。
- (g) 炭素鋼は、装置の部品においては他の組成（%Cu、%Ni、%Cr）により腐食が加速するが、産業界のガイドラインでは、そのことは体系的に整理されていない。あるユーザーにおいては、その他の組成の総量（RE）を制限し、最大でも 0.20%にしているところがある。RE = %Cu + %Ni + %Cr とする。
- (h) 酸素濃度は炭素鋼の腐食速度を増加させ、400 合金の選択腐食速度増加・SCC を促す。

3. 影響を受ける装置・備品

- (a) HF アルキレーション環境の配管・装置、酸のキャリーオーバーにさらされたフレア配管・下流装置でも影響される。
- (b) 部分的にもしくはすべて 400 合金が使用されているフッ酸回収再生塔や酸中和容器以外では炭素鋼が使用される。
- (c) 下記の部位で高腐食速度と確認されている。
 - i) 66°C以上で作動する配管や機器

- ii) 安全弁の注入口、小径のベントやドレンと同様なデッドレッグ
 - iii) 配管・精留塔上部抜き出しの熱交換器における凝縮オーバーヘッド蒸気、プロパン除去装置、HF 精留塔・プロパン精留塔
 - iv) フランジ面上
 - v) 酸蒸発器のような熱酸流体を含む熱交換器バンドル
- (d) 配管、熱交換器、アイソストリッパー上部、プロパン除去塔の上部でフッ化鉄腐食生成物によるひどい汚れが見られる。

4. 腐食速度の算定

表 1 及び 2 によって求める。

表 1 炭素鋼の腐食速度と温度、流速、濃度の関係

Temp (°C)	Velocity (m/s)	HF-in-Water Concentration (%)								
		1	2	5	6	63	64	80	81	
									Low Residual	High Residual
27	< 3.05	0.05	3.81	3.81	20.32	20.32	0.13	0.13	0.05	0.15
	≥ 3.05	0.51	25.37	25.37	25.37	25.37	1.27	1.27	0.51	1.52
41	< 3.05	0.25	12.7	12.7	25.37	25.37	0.76	0.76	0.13	0.38
	≥ 3.05	5.08	25.37	25.37	25.37	25.37	7.62	7.62	1.27	3.81
60	< 3.05	0.25	12.7	12.7	25.37	25.37	0.76	0.76	0.25	0.76
	≥ 3.05	2.54	25.37	25.37	25.37	25.37	7.62	7.62	2.54	7.62
66	< 3.05	2.54	25.37	25.37	25.37	25.37	12.7	12.7	0.51	1.52
	≥ 3.05	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	5.08	15.24
75	< 3.05	2.54	25.37	25.37	25.37	25.37	12.7	12.7	1.27	3.81
	≥ 3.05	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	12.7	25.37
86	< 3.05	2.54	25.37	25.37	25.37	25.37	12.7	12.7	1.78	5.33
	≥ 3.05	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	17.78	25.37
93	< 3.05	12.7	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	2.54	7.62
	≥ 3.05	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37	25.37

表 2 Alloy 400 の腐食速度と温度、流速、濃度の関係

Temp (°C)	Aerated?	HF-in-Water Concentration (%)							
		1	2	5	6	63	64	80	81
27	No	0.03	0.03	0.03	0.25	0.25	0.03	0.03	0.05
	Yes	0.25	0.25	0.25	0.64	0.64	0.25	0.25	0.38
52	No	0.03	0.03	0.03	0.38	0.38	0.13	0.13	0.08
	Yes	0.25	0.25	0.25	0.76	0.76	0.51	0.51	0.38
79	No	0.13	0.13	0.13	0.51	0.51	0.25	0.25	0.13
	Yes	0.51	0.51	0.51	2.54	2.54	1.27	1.27	0.51
93	No	0.25	0.25	0.25	0.51	0.51	0.51	0.51	0.25
	Yes	2.54	2.54	2.54	5.08	5.08	5.08	5.08	2.54