

Appendix C13 Corrosion in sulfuric acid

Table 1 Corrosion rate of carbon steel in sulfuric acid (mm/year)

Acid concentration (%)	Acid temperature (°C)	Acid flow rate (m/sec)								
		0	1	2	3	4~5	6~7	8~9	10~12	>12
99 ~ 100	<6	0.13	0.18	0.23	0.30	1.14	1.52	1.91	2.41	3.05
	6~25	0.30	0.36	0.43	0.51	1.65	2.16	2.79	3.56	4.32
	26~39	1.27	1.40	1.52	1.78	6.86	9.14	11.4	14.7	18.3
	40~60	2.54	3.81	5.08	7.62	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
98	<6	0.10	0.15	0.20	0.25	0.89	1.14	1.52	1.91	2.29
	6~25	0.13	0.25	0.38	0.51	2.03	2.79	3.56	4.57	5.59
	26~39	0.38	0.64	1.02	1.52	7.37	9.91	12.5	16.3	19.8
	40~60	1.02	2.03	3.05	6.35	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
95 ~ 97	<6	0.20	0.25	0.30	0.38	1.52	2.03	2.79	3.30	4.06
	6~25	0.38	0.51	0.64	1.02	4.32	5.59	6.86	8.89	10.9
	26~39	0.64	1.02	1.52	2.54	12.7	16.5	20.8	25.4	25.4
	40~60	1.27	2.54	5.08	12.7	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
93 ~ 94	<6	0.25	0.38	0.51	0.64	3.05	4.06	5.08	6.60	8.38
	6~25	0.51	0.64	1.02	1.78	8.64	11.4	14.5	18.8	23.1
	26~39	0.76	1.02	1.91	3.30	16.3	21.6	25.4	25.4	25.4
	40~60	1.52	3.05	6.35	15.2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
90 ~ 92	<6	0.38	0.64	1.14	1.78	8.13	10.9	13.7	18.0	22.1
	6~25	0.64	1.02	2.03	3.05	17.8	23.9	25.4	25.4	25.4
	26~39	0.89	1.52	2.54	5.08	23.9	25.4	25.4	25.4	25.4
	40~60	1.78	3.81	7.62	20.3	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
86 ~ 89	<6	0.51	0.76	1.27	2.03	9.65	12.7	16.0	20.6	25.4
	6~25	0.76	4.06	7.62	10.7	17.5	23.4	25.4	25.4	25.4
	26~39	1.14	11.4	21.6	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
	40~60	2.03	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4

Table 2 Corrosion rate of carbon steel in sulfuric acid (mm/year)

Acid concentration (%)	Acid temperature (°C)	Acid flow rate (m/sec)								
		0	1	2	3	4~5	6~7	8~9	10~12	>12
81 ~ 85	<6	0.51	0.64	0.89	1.14	5.33	7.11	8.89	11.7	14.5
	6~25	0.76	1.27	2.54	3.81	17.3	23.1	25.4	25.4	25.4
	26~39	1.02	2.54	5.08	10.2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
	40~60	2.03	5.08	10.2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
76 ~ 80	<6	0.38	0.51	0.51	0.64	2.79	3.81	4.83	6.35	7.62
	6~25	0.51	1.02	1.78	3.05	14.5	19.3	24.1	25.4	25.4
	26~39	0.76	1.52	3.05	6.35	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
	40~60	1.52	3.05	7.62	22.9	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
70 ~ 75	<6	0.25	0.38	0.51	0.64	3.30	4.32	5.59	7.11	8.89
	6~25	0.38	0.76	1.27	2.54	12.5	16.5	20.6	25.4	25.4
	26~39	0.64	1.27	2.54	5.08	24.9	25.4	25.4	25.4	25.4
	40~60	1.27	2.54	6.35	20.3	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
65 ~ 69	<6	0.51	0.76	1.02	1.52	7.11	9.40	11.7	17.5	18.8
	6~25	0.76	1.27	2.54	4.32	21.1	25.4	25.4	25.4	25.4
	26~39	1.27	2.54	4.57	7.62	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
	40~60	2.54	5.08	10.2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
60 ~ 64	<6	1.91	2.16	2.54	3.05	14.5	19.3	24.1	25.4	25.4
	6~25	3.05	4.32	6.35	10.2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
	26~39	5.08	7.62	15.2	22.9	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
	40~60	12.7	19.1	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4

Table 3 Corrosion rate of 304 stainless (mm/year)

Acid concentration (%)	≤30°C			31 ~ 50 °C			51 ~ 70 °C		
	0~4 m/s	5~7 m/s	>7 m/s	0~4 m/s	5~7 m/s	>7 m/s	0~4 m/s	5~7 m/s	>7 m/s
96~100	0.13	0.25	0.38	0.51	1.02	1.52	5.08	10.2	15.2
90~95	0.51	1.02	1.52	1.02	2.03	3.05	12.7	25.4	25.4
85~89	1.02	2.03	3.05	2.03	4.06	6.10	25.4	25.4	25.4
80~84	2.54	5.08	7.62	12.7	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
70~79	12.7	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
60~69	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
41~59	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
21~40	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
11~20	10.2	20.3	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
6~10	5.08	10.2	15.2	20.3	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4

2~5	1.27	2.54	3.81	5.08	10.2	15.2	12.7	25.4	25.4
<2	0.51	1.02	1.52	1.78	3.56	5.33	5.08	10.2	15.2

Table 4 Corrosion rate of 304 stainless (mm/year)

Acid concentration (%)	≤30°C			31 ~ 50 °C			51 ~ 70 °C		
	0~4 m/s	5~7 m/s	>7 m/s	0~4 m/s	5~7 m/s	>7 m/s	0~4 m/s	5~7 m/s	>7 m/s
96~100	0.13	0.25	0.38	0.38	0.76	1.14	2.54	5.08	7.62
90~95	0.25	0.51	0.76	0.76	1.52	2.29	10.2	20.3	25.4
85~89	0.51	1.02	1.52	1.27	2.54	1.27	20.3	25.4	25.4
80~84	1.27	2.54	3.81	10.2	20.3	25.4	25.4	25.4	25.4
70~79	7.62	15.2	22.9	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
60~69	15.2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
41~59	22.9	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
21~40	5.08	10.2	15.2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
11~20	0.76	1.52	2.29	1.52	3.05	4.57	5.08	10.2	15.2
6~10	0.25	0.51	0.76	0.76	1.52	2.29	2.03	4.06	6.10
2~5	0.13	0.25	0.38	0.51	1.02	1.52	1.02	2.03	3.05
<2	0.13	0.25	0.38	0.13	0.25	0.38	0.25	0.51	0.76

Table 5 Corrosion rate of Alloy 20 (mm/year)

Acid concentration (%)	≤38°C			39 ~ 65 °C			66 ~ 80 °C			81 ~ 101 °C		
	0~6	7~10	>10	0~6	7~10	>10	0~6	7~10	>10	0~6	7~10	>10
	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
96~100	0.05	0.10	0.15	0.13	0.25	0.38	0.38	0.76	1.14	1.02	2.03	3.05
90~95	0.08	0.15	0.23	0.25	0.51	0.76	0.64	1.27	1.91	1.27	2.54	3.81
80~89	0.08	0.15	0.23	0.25	0.51	0.76	0.76	1.52	2.29	1.52	3.05	4.57
61~79	0.08	0.15	0.23	0.38	0.76	1.14	1.27	2.54	3.81	2.54	5.08	7.62
51~60	0.08	0.15	0.23	0.25	0.51	0.76	0.76	1.52	2.29	1.52	3.05	4.57
41~50	0.08	0.15	0.23	0.25	0.51	0.76	0.76	1.52	2.29	1.27	2.54	3.81
31~40	0.08	0.15	0.23	0.25	0.51	0.76	0.64	1.27	1.91	1.02	2.03	3.05
21~30	0.05	0.10	0.15	0.13	0.25	0.38	0.51	1.02	1.52	1.02	2.03	3.05
11~20	0.05	0.10	0.15	0.13	0.25	0.38	0.51	1.02	1.52	0.89	1.78	2.67
6~10	0.05	0.10	0.15	0.08	0.15	0.23	0.13	0.25	0.38	0.64	1.27	1.91
≤5	0.05	0.10	0.15	0.08	0.15	0.23	0.08	0.15	0.23	0.51	1.02	1.52

Table 6 Corrosion rate of Aly C-276 (mm/year)

Acid concentration (%)	≤52°C			53 ~ 65 °C			66 ~ 79 °C			80 ~ 95 °C		
	0~6 m/s	7~10 m/s	>10 m/s	0~6 m/s	7~10 m/s	>10 m/s	0~6 m/s	7~10 m/s	>10 m/s	0~6 m/s	7~10 m/s	>10 m/s
96~100	0.08	0.15	0.23	0.10	0.20	0.30	0.13	0.25	0.38	0.51	1.02	1.52
90~95	0.10	0.20	0.30	0.13	0.25	0.38	0.51	1.02	1.52	1.27	2.54	3.81
81~89	0.13	0.25	0.38	0.25	0.51	0.76	0.51	1.02	1.52	1.52	3.05	4.57
71~80	0.13	0.25	0.38	0.25	0.51	0.76	0.51	1.02	1.52	1.27	2.54	3.81
41~70	0.13	0.25	0.38	0.25	0.51	0.76	0.38	0.76	1.14	1.02	2.03	3.05
11~40	0.10	0.20	0.30	0.13	0.25	0.38	0.38	0.76	1.14	1.02	2.03	3.05
6~10	0.10	0.20	0.30	0.13	0.25	0.38	0.25	0.51	0.76	0.76	1.52	2.29
≤5	0.08	0.15	0.23	0.10	0.20	0.30	0.13	0.25	0.38	0.38	0.76	1.14

Table 7 Corrosion rate of Alloy B (mm/year)

Acid concentration (%)	≤52°C			53 ~ 65 °C			66 ~ 79 °C			80 ~ 95 °C		
	0~6 m/s	7~10 m/s	>10 m/s	0~6 m/s	7~10 m/s	>10 m/s	0~6 m/s	7~10 m/s	>10 m/s	0~6 m/s	7~10 m/s	>10 m/s
50~100	0.05	0.10	0.15	0.08	0.15	0.23	0.10	0.20	0.30	0.13	0.25	0.38
40~49	0.08	0.15	0.23	0.10	0.20	0.30	0.10	0.20	0.30	0.13	0.25	0.38
26~39	0.10	0.20	0.30	0.13	0.25	0.38	0.13	0.25	0.38	0.13	0.25	0.38
≤25	0.13	0.25	0.38	0.25	0.51	0.76	0.25	0.51	0.76	0.25	0.51	0.76

注 a) 酸化剤が存在(例えば数 ppm でも)すると腐食速度と孔食を加速する。

AlloyB-2 は酸化性条件では使用しない方が良い。

[参考文献]

1. Materials of Construction for Handling Sulfuric Acid, NACE Publication 5A151 (1985 Revision)
2. Sheldon W. Dean and George D. Grab, "Corrosion of Carbon Steel by Concentrated Sulfuric Acid", NACE paper #147, CORROSION 84.
3. S. K. Brubaker, Materials of Construction for Sulfuric Acid, Process Industries Corrosion – The Theory and Practice, NACE, Houston TX, pp.243-258.
4. The Corrosion Resistance of Nickel-Containing Alloys in Sulfuric Acid and Related Compounds, Corrosion Engineering Bulletin CEB-1, The International Nickel Company, Inc. (INCO), 1983.
5. Corrosion Resistance of Hastelloy® Alloys, Haynes International, Inc., 1984.

