

差圧/圧力伝送器選定時の注意事項

ES
ENGINEERING SHEET

1. 耐食材料選定について

差圧/圧力伝送器（以下伝送器と略記します）は直接流体に接して使用されるため、材料の選定は慎重に行う必要があります。選定を誤ると運転開始直後にダイアフラムが腐食し、測定不能になることもあります。また、伝送器のダイアフラムは配管やタンクに比べて非常に薄い（0.02～0.1mm程度）ため、一般に耐食材料といわれる材質を選択しても、腐食で特性不良となることも考えられますので一般品よりも1ランク上の耐食材料を選定する必要があります。

本資料は各種文献から調べた耐食材料、過去の腐食例とその対策についてまとめてあります。伝送器材料選定に当たっては本資料を参考にしてください。

(1) 伝送器の製作可能材料

伝送器のダイアフラムやフランジの材料として現在製作可能な材質は以下の3種類です。

ダイアフラム	ダイアフラム以外の接液部
SUS316L	SUS316
ハステロイC	SUS316L
タンタル	ハステロイC
	タンタル

(2) 材料の化学成分と性質

材料名	代表的規格 記号商品名	主要化学成分 %	適用、用途例など
ハステロイC	ASTM B336 B494 Hastelloy C, Chiorimet 3	Ni 51～54 Mo 15～18 Fe 4～7 Cr 14.5～17.5 Co 2.50 W 3.0～5.25 他にSi,Mg,V,P,Sなど C～0.10	酸化性溶媒および低濃度で常温の塩酸、硝酸に耐える。
SUS316L	JIS G 4303 ANSI 316L	C<0.03, Cr 16～18 Ni 10～16 Mo 2.0～3.0	非磁性、18-8Mo鋼の特殊タイプで、溶接による粒界の炭化物析出をさける必要がある場合に使用。
タンタル	ASTM B364 B365	ASTM材 Cr 0.1 C 0.03 他の不純物0.15	耐食性は表面にできる酸化連続層による。425℃までは酸化皮膜は安定である。370℃で水素を内部的に強く吸収して脆弱化する。

(3) 材料の特長、欠点

材料名	特長	欠点	事故例
ハステロイC	低温の塩酸、アルカリ（苛性ソーダ）などに耐える。 海水に耐える。	Niが多いので水素を通しやすい。	ヘキサンなどを測定中に水素がダイアフラムを通して封入液中に入り込み、ゼロシフト、ダイアフラム変形を発生させた。
SUS316L	空気、水、水蒸気、アンモニア、低濃度の酢酸、苛性ソーダ等に使用可能	応力腐食割れが多い。	材料選定誤りによる腐食事故が多い。
タンタル	大半の化学薬品に対して安定である。	ふっ化水素酸、アルカリ（苛性ソーダ、苛性カリ）に弱い。	タンタルと異種金属の組合せで電気化学的回路が作られ水溶液中で発生した水素を吸収して水素脆化をおこした。

(4) 耐食表（2-272頁～2-276頁参照願います）

耐食表の見方

1) 流体名はあいうえお順に並んでいます。

2) 耐食グレードは

E：腐食速度＜0.05mm/年

G：腐食速度＜0.5mm/年

S：腐食速度＜1.27mm/年

U：腐食速度＞1.27mm/年

となっています。グレードE以外は伝送器用としては使用できません。

3) E(93℃, 70%)のように表現されている部分は温度93℃以下、濃度70%の時の耐食性がグレードEという意味です。

4) 表中グレード表示がなく“—”の部分は耐食データがありません。

5) 出典 CORROSION RESISTANCE TABLES SECOND EDITION MARCEL DEKKER, INC.

注意事項

タンクレベル測定時は常用の液濃度は使用可能範囲であっても、レベル低下時に水分の蒸発等によって液が濃縮され、腐食に至る場合がありますのでご注意ください。

2. 水素透過について

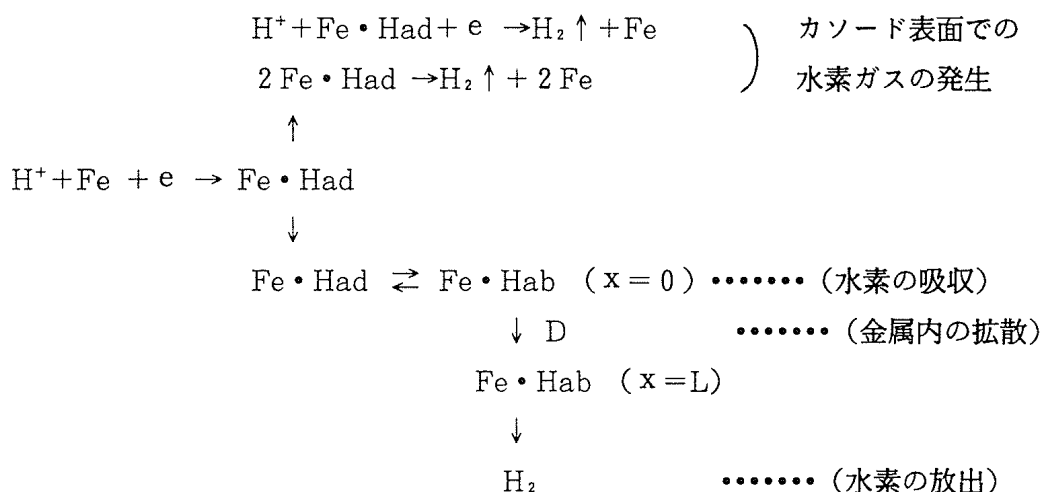
測定流体中に水素が存在する場合及び測定流体自体が水素の場合は、水素が伝送器の接液ダイアフラムを透過して封入液中に浸入し、ゼロ点変動、伝送器破損の原因になる場合があります。

伝送器の形式、ダイアフラム材質の選定に当っては、本資料を参照ください。

(1) 水素透過のメカニズム

水素透過のメカニズムを図1に示します。

測定流体中の水素分子または水素イオンはダイアフラムの外側（測定流体側）で吸着され解離し水素原子となって拡散によりダイアフラム中を移行し、ダイアフラムの内側（封入液側）で再結合し水素分子となって封入液中に脱離します。このとき、吸収拡散の過程は下記のようなといわれています。



ここに $\text{Fe} \cdot \text{Had}$: 金属表面に吸着した水素

$\text{Fe} \cdot \text{Hab}$: 金属表面直下に吸収された水素

L : ダイアフラム厚さ

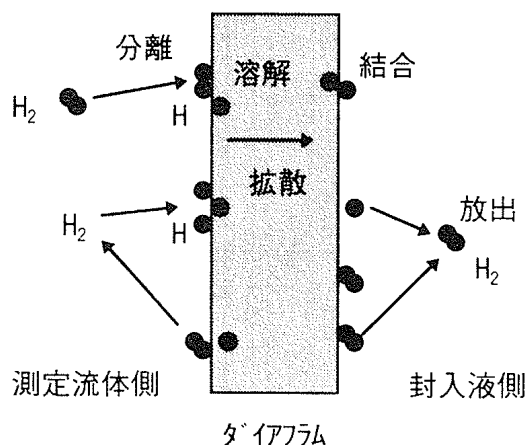


図1 水素透過のメカニズム

一般にこのような過程の透過速度は、ダイアフラム表面での水素の解離や再結合は十分に早いため、拡散過程が支配的であるといわれています。

(2) 水素透過の発生する要因

水素イオンの発生する要因としては下記の5項目が考えられます。

① 水素ガス測定

測定流体自身が水素ガスの場合です。

② 局部腐食

ダイアフラム自体が腐食し、局部的にアノードとカソードとが発生し、その電池作用によってカソード電極部に水素イオンが発生します。

③ 他の材質との電池作用

比較的離れた、例えばタンク材質、配管等がダイアフラムに比べ卑金属である場合（鉄配管に亜鉛メッキを施した場合等）、この卑金属で腐食が起きるとダイアフラムがカソード電極になり水素イオンが発生します。亜鉛メッキ鋼管で測定流体に腐食性が無い場合でも、水素透過が発生した事例がいくつかあります。

④ ダイアフラム表面の付着物の酸化

ダイアフラムに付着したもの、例えばタンク、配管等の鉄成分が水蒸気雰囲気で高温（200～300℃）になり、鉄が酸化される過程で水素イオンが発生します。

⑤ ダイアフラム表面の付着物の吸着水素

プロセスで使用している水素を吸着しやすい触媒（例えばPd）がダイアフラム表面に付着し、触媒中の水素が徐々に水素イオンとしてダイアフラム表面に出てくることにより発生します。

(3) 対策

水素透過を防止するためには、根本原因である水素イオンの発生を防ぐことが必要です。そのためには(2)に記載した水素イオンの発生する要因を取り除く対策を施すことが必要です。対策としては以下のことが考えられます。

① 水素ガス測定

測定流体自体が水素の場合には、ダイアフラム材質は耐食性が許容できる限り、ハステロイCではなくSUS316Lを選定ください。SUS316LはハステロイCに比べて水素透過率が小さく改善されます。

② 局部腐食

ダイアフラム自体の腐食に対しては、耐食性のある材質を採用することで対策可能です。本資料の1の「耐食材料選定について」を参照ください。

③ 他の材質との電池作用

ダイアフラム材質と同等以上に貴な材質でタンク、配管等を製作することにより防ぐことができます。

④ ダイアフラム表面の付着物の酸化

付着物の酸化は熱、水分、酸素により生じるためこれらのうちいずれかを断つことにより防ぐことができます。例えば、フランジを水平に取付け、常にダイアフラム面に水が溜まるようにし、温度上昇を押さえると同時に酸素の供給を断つようにすることにより対策したケースもあります。

⑤ ダイアフラム表面の付着物の吸着水素

この場合には、水素発生を防止することは困難です。

水素ガスの発生する可能性のある場合及び過去にSUS316Lを使用しても水素透過の発生した用途に対しては、より水素透過率の小さい金めっきダイアフラムを用いた伝送器を用意してありますのでご相談ください。

3. 耐食表

流体名	濃度 (%)	温度 (℃)	ハステロイ C	SUS 316	タンタル
アセトアルデヒド			E (50℃)	E (70℃)	G
アセトン			E (50℃)	E (204℃)	E (200℃)
アセトン	水 5 0		E (90℃)	G	E (90℃)
アニリン			G	E (260℃)	E (193℃)
亜硫酸ガス (ドライ)			G	G	G
亜硫酸ガス (ウェット)			E (82℃)	G	G
亜硫酸ソーダ			G	E (5%)	—
亜リン酸	1 0		E (49℃)	E (82℃)	E (182℃)
	25-50		E (40℃)	G	E (182℃)
	50-85		E (93℃)	G	E (182℃)
塩化第二鉄			G	U	E (93℃)
塩化第二鉄	水 5 0		S	U	E (93℃)
塩化銅			G	U	E (93℃)
塩化ビニール	1 0 0		E (26.7℃)	—	—
塩酸	5 0		G	U	E (93℃)
	3 8		E (26.7℃)	U	E (93℃)
	3 5		E (26.7℃)	U	E (93℃)
	2 0		E (26.7℃)	U	E (93℃)
	希		E (60℃)	U	E (93℃)
塩水			E (60℃)	—	—
塩素ガス (ドライ)			G	G	E (149℃)
塩素ガス (ウェット)			E (71℃)	U	E (104℃)
液体塩素			E (38℃)	G	G
塩素水 (S A T)			E (93℃)	U	G
塩素酸カルシウム			G	G	G
塩素酸ナトリウム			E (93℃, 70%)	G	E (26.7℃)
王水			U	U	E (71℃)
海水			E (149℃)	G	E (38℃)
過酸化水素	9 0		E (93℃)	E (38℃)	G
	5 0		G	G	G
	3 0		E (26.7℃)	G	G
	希		E (82℃)	G	G
過酸化ナトリウム			G	G	—
苛性カリ	9 0		G	G	U
	5 0		G	G	U
	2 7		G	G	U
	5		G	G	E (104℃)
苛性ソーダ	溶解液		G	G	U
	7 0		E (93℃)	G	U
	5 0		E (71℃)	E (71℃)	U
	3 0		G	E (71℃)	U
	1 5		G	E (71℃)	U
	1 0		G	E (71℃)	U
ガソリン (精製)			G	G	G
過リン酸	9 5	1 7 1	G	S	—
ギ酸 (無水)			E (93℃)	E (26.7℃)	E (93℃)
ギ酸 (無水)	10~85		E (93℃)	G	E (93℃)
キシレン			E (149℃)	G	E (82℃)
空気			E	E	E
クロム酸	5 0		G	G	E (93℃)

E:腐食速度<0.05mm/年, G:腐食速度<0.5mm/年, S:腐食速度<1.27mm/年, U:腐食速度>1.27mm/年

流体名	濃度 (%)	温度 (℃)	ハステロイ C	SUS 316	タンタル
クロム酸	40	38	G	G	G
	30		G	G	G
	10		E(93℃)	E(38℃)	G
クロルベンゼン	60		E	E	—
ケイ酸ナトリウム			G	G	G
黒液			S	G	—
酢酸(氷)			E(293℃)	E(193℃)	E(293℃)
	80		E(138℃)	E(38℃)	E(293℃)
	50		E(93℃)	E(193℃)	E(293℃)
	20		E(149℃)	E(193℃)	E(293℃)
	10		E(149℃)	E(204℃)	E(293℃)
酢酸エチル		沸点	G	G	G
酢酸ナトリウム			G	G	E(26.7℃)
酢酸ビニル			—	E(71℃)	—
酢酸ブチル			G	G	G
酢酸メチル	60		E	—	—
塩化塩素類			E(60℃)	U	E(71℃)
三酸化イオウ			G	G	U
次亜塩素酸カリウム			G	G	G
次亜塩素酸ナトリウム			E(26.7℃)	S	G
シアン化カリウム			G	G	E(26.7℃)
シアン化水素		沸点	—	E(26.7℃)	G
シアン化水素酸			G	G	G
シアン化第二銅	10		S	—	—
シアン化銅			E(71℃)	G	G
四塩化炭素			E(49%)	E(193℃)	E(82℃)
ジクロルエタン			G	G	E(93℃)
脂肪酸			E(293℃)	E(204℃)	E(204℃)
臭化アンモニウム	5		E(26.7℃)	G	G
臭化カリウム	30		E(21.1℃)	G	E(21.1℃)
臭化カルシウム	38		G	E(49℃)	G
臭化ナトリウム		液	G	G	G
臭素			—	U	E(293℃)
	SAT		—	U	E(26.7℃)
シュウ酸	SAT		G	U	E(82℃)
	50		G	G	E(93℃)
	10		G	G	E(93℃)
	5		G	G	G
シュウ酸アンモニウム	20~30		G	G	E(26.7℃)
	10		E(49℃)	G	E(26.7℃)
重クロム酸カリウム			G	E(171℃)	E(26.7℃)
硝酸	100		G	E(49℃)	E(93℃)
	70		E(49℃)	E(26.7℃)	E(182℃)
	50		E(49℃)	E(26.7℃)	E(182℃)
	40		E(38℃)	E(26.7℃)	E(182℃)
	30		E(38℃)	E(49℃)	E(182℃)
	20		E(60℃)	E(38℃)	E(182℃)
	10		E(93℃)	E(93℃)	E(182℃)
	5		E(82℃)	E(93℃)	E(182℃)
	蒸気		G	E(49℃)	G

E:腐食速度<0.05mm/年, G:腐食速度<0.5mm/年, S:腐食速度<1.27mm/年, U:腐食速度>1.27mm/年

流体名	濃度 (%)	温度 (°C)	ハステロイ C	SUS 316	タンタル
硝酸混酸	50/50		—	E(60°C)	G
硝酸アンモニウム			E(26.7°C)	E(138°C)	E(93°C)
硝酸カリウム	80		G	G	G
	1~5		G	G	G
硝酸ナトリウム			G	E(171°C, 60%)	G
硝酸第二鉄	10~50		E(26.7°C, 10%)	G	G
硝酸第二銅			G		G
硝酸ニッケル			G		G
水酸化カリウム	90		G	G	U
	50		G	G	U
	27		G	G	U
	5		G	G	E(93°C)
水酸化カルシウム			E(104°C, 50%)	G	E(93°C)
水酸化ナトリウム	SOLUTION		G	G	U
	70		E(93°C)	G	U
	50		E(71°C)	E(71°C)	U
	30		G	E(71°C)	U
	15		G	E(66°C)	U
	10		G	E(171°C)	U
水酸化マグネシウム			E(93°C)	E(110°C)	E(26.7°C)
青酸ガス			—	E	G
ソーダ灰			G	G	E(99°C, 25%)
炭酸			E(26.7°C)	G	G
炭酸アンモニウム	SAT		G	G	E(93°C)
炭酸カリウム	50		G	E	G
炭酸カルシウム			G	G	E(93°C)
炭酸水素カリウム			G	E(93°C)	G
炭酸水素ナトリウム	20		E(93°C)	E(171°C)	E(60°C, all)
炭酸ナトリウム			G	G	E(93°C, 20%)
炭酸マグネシウム			G	G	E(26.7°C)
トリクロルエチレン			E(93°C)	G	G
トリクロル酢酸			G	U	G
トルエン			E(93°C)	E(171°C)	E(138°C)
ナフサ			G	G	G
ナフタリン			G	E(193°C)	G
二塩化エチレン			G	G	E(93°C)
二塩化イオウ	ドライ		G	G	G
	ウェット		E(82°C)	G	G
二塩化塩素	15		E(60°C)	U	E(82°C)
ニトロベンゼン			G	G	G
尿素			G	G	—
パークロルエチレン			G	E(26.7°C)	G
発煙硫酸			E(54°C, 40%)	G	—
氷酢酸			E(293°C)	E(193°C)	E(293°C)
フェノール	10		G	G	G
ブタン			G	G	E(26.7°C)
フッ化アルミニウム	SAT		G	G	U
フッ化アンモニウム	25		E(93°C)	G	U
	10		E(93°C)	G	U
フッ化水素			G	E(37.8°C)	U

E:腐食速度<0.05mm/年, G:腐食速度<0.5mm/年, S:腐食速度<1.27mm/年, U:腐食速度>1.27mm/年

流 体 名	濃度 (%)	温度 (℃)	ハステロイ C	S U S 3 1 6	タンタル
フッ化水素	1 0 0		G	G	U
	7 0		G	U	U
	5 0		G	U	U
	4 0		G	U	U
	3 0		G	U	U
	希釈		E	U	U
フッ化ナトリウム			G	G	U
フッ素ガス	ウェット		E(293℃)	E(216℃)	U
ヘキサン			E(116℃)	E(116℃)	G
ベンゼン			G	G	E(93℃)
ベンゼンスルホン酸	1 0 0		G	G	—
	1 0		G	G	G
ホウ酸			E(293℃)	G	E(149℃)
飽和塩素水			E(93℃)	U	G
ホスゲン	ガス		G	—	—
	液		—	G	G
ホルムアルデヒド	5 0	溶解	G	E(49℃)	G
	3 7	溶解	G	E(171℃)	G
	3 5	溶解	G	E(93℃)	E(93℃)
マレイン酸			G	G	G
無水酢酸			E(138℃)	G	E(26.7℃)
無水フタル酸			E(260℃)	E(260℃)	G
無水硫酸			G	G	U
メチルアルコール			G	G	E(116℃)
メチルエチルケトン			G	G	U
メチレンオキシベンゼン			G	G	G
モノクロルベンゼン			G	G	G
ヨウ化カリウム			G	G	E(26.7℃)
硫化水素			G	E(71℃)	E(293℃)
硫化ナトリウム	5 0		G	G	G
	1 0		G	E(93℃)	G
硫酸	1 0 3		—	G	U
硫酸	1 0 0		E(38℃)	G	G
	9 8		E(38℃)	G	G
	9 5		E(60℃)	G	G
	9 0		E(60℃)	G	G
	8 0		E(60℃)	G	G
	7 0		G	U	G
	6 0		E(49℃)	U	G
	5 0		E(54℃)	U	G
	3 0		E(54℃)	U	G
	1 0		E(93℃)	U	G
硫酸亜鉛			G	E(93℃)	E(26.7℃)
硫酸アルミニウム	S A T		G	G	E(138℃)
硫酸アンモニウム			E(37.8℃)	G	E(93℃)
硫酸カリウム	1 0		E(93℃)	E(171℃)	E(26.7℃)
硫酸カルシウム			G	G	G
硫酸第一鉄			G	G	G
硫酸第二鉄			G	G	G
硫酸銅			E(93℃)	G	E(93℃)

E:腐食速度<0.05mm/年, G:腐食速度<0.5mm/年, S:腐食速度<1.27mm/年, U:腐食速度>1.27mm/年

流 体 名	濃度 (%)	温度 (℃)	ハステロイ C	SUS 3 1 6	タンタル
硫酸ナトリウム			G	E (204℃)	E (93℃, 10～20%)
硫酸ニッケル			G	G	E (93℃, 10%)
硫酸マグネシウム			G	G	G
リン酸	50～85		E (38℃)	G	E (182℃)
	25～50		E (66℃)	G	E (182℃)
	1 0		E (49℃)	E (93℃)	E (182℃)
リン酸アンモニウム			G	G	E (26.7℃, 10%)
リン酸ナトリウム			G	G	G

E:腐食速度<0.05mm/年, G:腐食速度<0.5mm/年, S:腐食速度<1.27mm/年, U:腐食速度>1.27mm/年

ES・3253 - 100