

La diffusione di idrogeno attraverso le membrane dei trasmettitori di pressione

L'idrogeno

L'idrogeno è il primo elemento chimico della tavola periodica degli elementi, ha come simbolo H e come numero atomico 1. È l'elemento chimico più semplice, più piccolo ed abbondante presente nell'universo.

Acqua, acidi, basi, e composti organici contengono idrogeno.

Allo stato elementare esiste sotto forma di molecola biatomica, H₂ (idrogeno biatomico gassoso), che a pressione atmosferica e a temperatura ambiente (298 K) è un gas incolore, inodore ed altamente infiammabile.

L'idrogeno biatomico gassoso H₂, chiamato anche diidrogeno si ottiene in laboratorio mediante reazione di acidi con limatura di ferro o altri metalli come lo zinco. Questa reazione veniva utilizzata già tra il 1700 e 1800 quando il chimico britannico Henry Cavendish lo identificò come "aria infiammabile" e scoprì che la sua combustione generava acqua. Nell'uso comune viene chiamato semplicemente idrogeno o idrogeno gassoso quando è necessario distinguerlo dall'elemento chimico omonimo.

Negli impianti industriali il diidrogeno viene prodotto mediante il reforming del gas naturale (o "steamreforming") oppure l'elettrolisi dell'acqua o ancora con la gassificazione di residui della raffinazione del petrolio. L'idrogeno è impiegato per la produzione dell'ammoniaca, per la desolforazione dei derivati del petrolio, come combustibile alternativo e, di recente, come riserva di energia nelle pile a combustibile.

La permeazione

Anche se l'idrogeno non è corrosivo, può comunque causare seri problemi ai trasmettitori di pressione mediante la permeazione attraverso la membrana metallica del sensore.

La permeazione dell'idrogeno è la penetrazione di ioni idrogeno (H⁺) attraverso le sottili membrane di isolamento in metallo (spessore da 15 µm a 50 µm) dei trasmettitori di pressione.

L'idrogeno che si trova normalmente in natura allo stato biatomico (una molecola H₂) non può permeare la struttura reticolare delle membrane metalliche per via delle sue maggiori dimensioni e minore energia. Ma se la molecola di idrogeno si divide in due ioni idrogeno H⁺ allora le dimensioni sono minori (circa 0,1 nanometri) e maggiore è l'energia tratta dal processo. Grazie a questo gli ioni H⁺ possono farsi strada gradualmente attraverso la struttura molecolare della membrana in metallo contenente Nichel, come ad esempio: AISI 316, Hastelloy, Monel, Tantalio.

Una volta sull'altro lato della membrana, gli ioni H^+ , si combinano con gli altri ioni H^+ riformando molecole H_2 . Le molecole H_2 rimangono intrappolate dalla membrana e gradualmente, si dissolvono nel fluido di riempimento sino alla sua saturazione, con conseguente sviluppo di idrogeno gassoso che provoca il rigonfiamento della membrana. Gli effetti sul trasmettitore sono subito evidenti. La misura risulta affetta da errori per deviazione dello zero e dello span.

Nei casi estremi la bolla di idrogeno gassoso può raggiungere un volume sufficiente a causare la rottura della membrana oppure del sensore, con guasto permanente del trasmettitore e possibile perdita del fluido di riempimento nel processo.

Dove

La permeazione non avviene solo in presenza di idrogeno puro, ma anche in applicazioni dove l'idrogeno non è il principale componente, e la dissociazione molecolare può avvenire in modo casuale. Tra i casi più frequenti abbiamo:

- Processi di vinificazione, produzione del mosto, produzione di melasse, distillazioni alcoliche, dove è possibile che si possa sviluppare IDROGENO SOLFORATO (H_2S).
- L'Idrogeno Solforato, o Acido Solfidrico, attraverso un probabile processo di deidrogenazione dovuto ad utilizzo di catalizzatori enzimatici nel processo produttivo porta alla formazione di ioni H^+ con conseguente attivazione del fenomeno di permeazione.
- Processi di raffinazione (reforming catalitico) oppure alchilazione con acido fluoridrico (HF) con rilascio di ioni H^+ .
- In presenza di vapore ed alte temperature possono avvenire effetti corrosivi delle membrane metalliche, con conseguente possibile formazione di ioni H^+ .
- Reazioni galvaniche in processi con acqua di mare, dove in presenza di Zinco e di un elettrolita debole può causare una corrosione e formazione di ioni H^+ .
- Alte temperature o alte pressioni in un ambiente con presenza di idrogeno provocano agitazione molecolare con possibilità di collisione molecolare e conseguente rottura del legame e formazione di ioni H^+ .

Materiale delle membrane

Il materiale metallico della membrana influenza il tasso di permeazione poiché la struttura reticolare molecolare risulta diversa in ciascun metallo. Il nichel (Ni), ad esempio, influisce anche il tasso di permeazione dell'idrogeno. La velocità di permeazione di idrogeno aumenta esponenzialmente con il contenuto di nichel.

L'acciaio inossidabile ha un basso contenuto di nichel ed è il materiale della membrana che viene scelto per la maggior parte delle applicazioni. Metalli a base di nichel, come Hastelloy C-276 e Monel, dovrebbero essere evitati come anche il Tantalio.

Tuttavia, in applicazioni con presenza di acido fluoridrico (HF), il Monel è il materiale della membrana suggerito; ma è comunque preferibile utilizzare soluzioni preventive alternative.

La soluzione

Per risolvere il problema della diffusione di idrogeno, si utilizzano membrane con protezioni gold-plating (rivestimento in oro) oppure “combinate” come gold-rhodium (rivestimento in oro-rodio) che risultano meno costose.

Endress+Hauser propone la Serie Cerabar M PMP55 con membrana in 316L con rivestimento gold-rhodium oppure la Serie Cerabar S PMP75 con tre diverse soluzioni:

- membrana in AISI 316L con rivestimento gold-rhodium
- membrana in AISI 316L con rivestimento gold
- membrana TempC[®] in AISI 316L con rivestimento gold

Anche per la Serie Deltabar S PMD75, FMD77 e FMD78 sono disponibili soluzioni con:

- membrana in AISI 316L con rivestimento gold-rhodium
- membrana TempC[®] in AISI 316L con rivestimento gold

É importante ricordare che il rivestimento in oro elimina la permeazione dell'idrogeno ma non ne migliora la resistenza alla corrosione, poiché la doratura risulta comunque troppo sottile e troppo porosa per fornire un'efficace barriera alla corrosione. Quindi soluzioni con rivestimenti in oro non sono da utilizzarsi in caso di fenomeni corrosivi.

Ecco allora che Endress+Hauser per far fronte sia ai fenomeni di permeazione di idrogeno che ai fenomeni corrosivi propone un'ulteriore soluzione ancora più efficace sia come protezione dall'effetto della permeazione dell'idrogeno che dagli effetti della corrosione. Questa soluzione è il Sensore Ceramico Ceraphire[®]

Ceraphire[®] è il sensore ceramico capacitivo di Endress+Hauser che con il suo 99,9% di Al₂O₃, offre le migliori garanzie di funzionamento ed affidabilità sul mercato.