

L'idrogeno negli impianti di anodizzazione



SCHEDA TECNICA N. 42/13

A cura del Gruppo di Lavoro AITAL "Anodizzazione"

SOMMARIO

| | |
|---|---|
| Nozioni di base sull'Idrogeno | 3 |
| L'idrogeno negli impianti di anodizzazione | 3 |
| Idrogeno generato nella vasca di satinatura | 4 |
| L'idrogeno generato nelle vasche di ossidazione | 6 |
| Conclusioni | 7 |
| Bibliografia..... | 8 |

Nozioni di base sull'Idrogeno

L'**idrogeno** è il primo elemento chimico della tavola periodica degli elementi, ha come simbolo **H** e come numero atomico 1.

Allo stato elementare esiste sotto forma di molecola biatomica, H_2 (diidrogeno è il nome della molecola che, per semplicità, continueremo a chiamare idrogeno), che a pressione atmosferica e a temperatura ambiente (298 K) è un gas incolore, inodore, altamente infiammabile.

L'idrogeno è l'elemento più leggero e più abbondante di tutto l'universo osservabile. È presente nell'acqua (11,19%) e in tutti i composti organici e organismi viventi. L'idrogeno forma composti con la maggior parte degli elementi, spesso anche per sintesi diretta. È scarsamente presente allo stato libero e molecolare e deve quindi essere prodotto per i suoi vari usi. In particolare questo elemento è usato nella produzione di ammoniaca, nell'idrogenazione degli oli vegetali, in aeronautica (in passato nei dirigibili), come combustibile alternativo e, di recente, come riserva di energia nelle pile a combustibile.

L'idrogeno è altamente infiammabile e brucia in aria a concentrazioni dal 4 al 75% (parti di idrogeno su 100 parti d'aria) e in atmosfera di cloro dal 5 al 95%.

Le miscele di idrogeno detonano molto facilmente a seguito di semplici scintille o, se in alta concentrazione di reagenti, anche solo per mezzo della luce solare in quanto il gas reagisce violentemente e spontaneamente con qualsiasi sostanza ossidante. La temperatura di autoignizione dell'idrogeno in aria (21% di O_2) è di 500 °C circa.

L' H_2 reagisce direttamente con altri elementi ossidanti. Può produrre una reazione spontanea e violenta a temperatura ambiente in presenza di cloro o fluoro, con la formazione dei corrispondenti alogenuri di idrogeno: cloruro di idrogeno (acido cloridrico) e fluoruro di idrogeno (acido fluoridrico).

L'idrogeno negli impianti di anodizzazione

L'idrogeno, negli impianti di anodizzazione, si forma in due parti ben precise del processo:

- nella vasca di decapaggio/satinatura (per semplicità richiamate più avanti di "satinatura") e
- nella vasca di anodizzazione.

In generale, come sarà dimostrato dai calcoli più avanti riportati, lo sviluppo di idrogeno gas in un impianto di anodizzazione non ha mai rappresentato particolare fonte di pericolo durante la conduzione di queste fasi del processo di anodizzazione. Una adeguata aspirazione è infatti sufficiente a convogliare il gas, unitamente ai vapori alcalini (satinatura) e acidi (anodizzazione) all'esterno dell'edificio. Ovviamente, sia i fumi alcalini che quelli acidi, se superano i limiti di legge di uno o più elementi in essi presenti, devono essere convogliati ad una torre di abbattimento per il loro lavaggio. Fatte salve queste operazioni imposte dalla legge, tutto è svolto con estrema semplicità. Oltre al pericolo di esplosione, l'idrogeno gas non comporta altri pericoli; infatti esso non è tossico, per quanto possa diventare irritante soprattutto se durante il suo sviluppo trascina con sé tracce di sostanze irritanti quali soda o acido solforico.

Idrogeno generato nella vasca di satinatura

In una soluzione di soda caustica (NaOH) destinata al decapaggio dell'alluminio avviene la seguente reazione chimica:



In pratica l'alluminio si scioglie in soda, passando a *sodio alluminato* con conseguente sviluppo di idrogeno che provoca effervescenza nella soluzione e si libera nell'atmosfera circostante.

Risultati sperimentali di un lavoro di E. Strazzi e S. Bellei (1) hanno dimostrato che la velocità di dissoluzione dell'alluminio in soda dipende dalla temperatura della soluzione e dal rapporto soda libera/alluminio disciolto come riportato in fig. 1

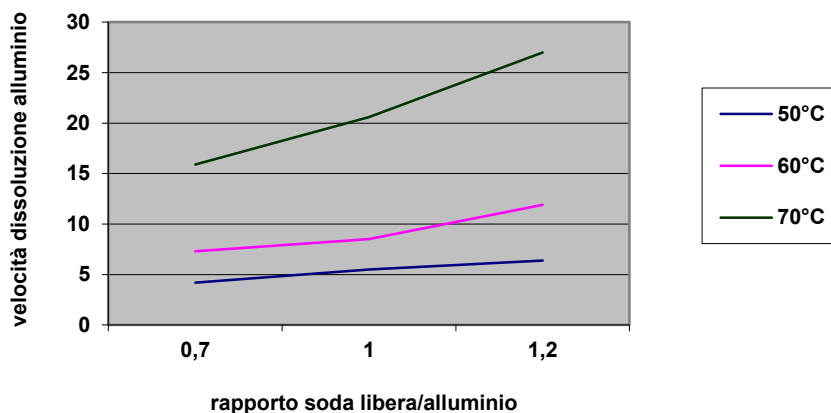


Fig. 1 - Velocità di dissoluzione dell'alluminio in soluzioni di soda ($\text{g/m}^2 \times \text{min}'$) alle temperature di 50, 60 e 70 °C al variare del rapporto soda libera/alluminio

Se ci poniamo nelle condizioni di massima temperatura e di massimo rapporto soda libera/alluminio che si raggiungono negli impianti industriali di anodizzazione, vale a dire:

- temperatura = 70 °C
- rapporto soda libera/alluminio disciolto = 1

si raggiungerà una velocità di dissoluzione dell'alluminio (a cui corrisponderà il massimo sviluppo di idrogeno), pari a $\approx 21 \text{ g/m}^2 \times \text{min}'$.

In queste condizioni, considerando una vasca di satinatura da 20.000 litri che può trattare cariche da 120 m^2 (superficie immersa esterna ed interna attaccata dalla soluzione decapante) con un tempo di esercizio effettivo di circa 50 minuti/ora, l'alluminio portato in soluzione sarà:

$$120 \times 21 \times 50 = 126.000 \text{ g/ora} = 126 \text{ kg/ora di alluminio disciolto}$$

Utilizziamo questo dato nell'equazione (a) per calcolare l'idrogeno sviluppato per i kg/ora di alluminio disciolto, tenendo conto dei pesi atomici dell'alluminio (27) e dell'idrogeno (1)

$$(126/27) \cdot (3 \cdot 1) = 14 \text{ Kg di idrogeno sviluppato per i Kg/ora di alluminio disciolto}^1$$

Sapendo che la densità dell'idrogeno è 82 g/m^3 , il volume/ora risultante sarà

$$14 \cdot 1.000 / 82 = 171 \text{ m}^3/\text{ora di idrogeno sviluppato per i Kg/ora di alluminio disciolto.}$$

Affinchè vengano rispettate idonee condizioni ambientali per i lavoratori e per conformarsi a quanto previsto dalle leggi sull'IPPC ("Integrated Pollution Prevention and Control) in termini di migliori tecnologie disponibili (BAT – Best Available Techniques), le vasche di satinatura devono essere dotate di appositi aspiratori d'aria, a bordo vasca.

Tipicamente, nella fase di satinatura, viene aspirato un volume d'aria, espresso in m^3/ora , pari a $2.000 \times \text{area superficie libera}$.

Se consideriamo che le vasche di soda, normalmente, hanno una superficie libera (larghezza per lunghezza) di dimensioni non superiori a:

¹ Spiegazione: $126/27$ (chilo) equivalenti di alluminio producono $126/27 \times 3$ (chilo) equivalenti di idrogeno, essendo il suo peso equivalente 1, la quantità (in chili) di idrogeno prodotta sarà $(126/27) \times 3 \times 1$
SCHEDA_42_13

$$8.0 \text{ m} \times 1.20 \text{ m} = 9.6 \text{ m}^2$$

il volume aspirato sarà:

$$2.000 \times 9.6 = 19.200 \text{ m}^3/\text{ora}$$

Risulta evidente che 171 m³/ora di idrogeno gas miscelati in 19.200 m³/ora di aria (= 0,89%), non costituiscono alcun problema, fermo restando che i “fumi” della soda così raccolti, prima di essere emessi all’esterno, devono essere eventualmente convogliati ad una torre di lavaggio se superano i limiti di legge previsti per ogni sostanza aspirata.

L'idrogeno generato nelle vasche di ossidazione

Quando un pezzo di alluminio è immerso in un bagno di anodizzazione le reazioni che avvengono sono le seguenti:

Al polo positivo



Al polo negativo



Il bilancio totale diventa: :



In pratica, l'alluminio metallo posto all'anodo si trasforma in ossido di alluminio mentre al catodo si sviluppa idrogeno gas che viene trascinato fuori dalla soluzione dall'aria insufflata per dissipare il calore che si produce sui pezzi di alluminio. Un sistema di aspirazione evita che i gas sviluppati durante il processo elettrolitico (idrogeno ed ossigeno dovuto all'elettrolisi dell'acqua più particelle di acido solforico trascinato) entrino nell'ambiente. I “fumi” così raccolti, prima di essere emessi all'esterno, devono essere eventualmente convogliati ad una torre di lavaggio se superano i limiti quantitativi di legge previsti per ogni sostanza aspirata.

L'equazione c) consente di calcolare la quantità di idrogeno che si sviluppa durante il processo anodico, in considerazione del fatto che il peso equivalente dell'idrogeno è = 1, quindi

- 1 Faraday produce 1 grammo di idrogeno gas , o anche,

- *1 grammo di idrogeno gas è prodotto da 26.81 Ampere • ora*

Una vasca di anodizzazione tipicamente utilizzata per l'anodizzazione dell'alluminio, con installati 20.000 Ampere, può erogare un massimo di 20.000 Ampere • ora ed è in grado di sviluppare un massimo di:

$$20.000/26.81 = 745.99 \text{ grammi/ora di idrogeno,}$$

corrispondenti a $745.99/82 = 9.1 \text{ m}^3/\text{ora}$ di idrogeno gas sviluppato.

Se supponiamo che la nostra vasca di ossidazione abbia, come nel caso della soda, una superficie libera di:

$$8.0 \times 1.20 \text{ m}^2 = 9.6 \text{ m}^2$$

Il volume aspirato sarà:

$$2.000 \times 9.6 = 19.200 \text{ m}^3 / \text{ora}$$

Risulta evidente che $9.1 \text{ m}^3/\text{ora}$ di idrogeno gas miscelati in $19.200 \text{ m}^3/\text{ora}$ di aria (= 0.047%), non possono costituire un problema, fermo restando che i "fumi" della vasca di anodizzazione così raccolti devono essere convogliati ad una torre di lavaggio nel caso in cui una o più sostanze presenti superi/no i limiti di legge.

Conclusioni

Lo sviluppo di idrogeno nei processi di anodizzazione avviene nelle vasche di satinatura che fanno uso di soda caustica e nelle vasche contenenti le soluzioni elettrolitiche a base di acido solforico.

In entrambi i casi le vasche sono dotate di appositi aspiratori finalizzati ad eliminare qualsiasi forma di aerosol contenente particelle di soda caustica e idrogeno (satinatura) e di acido solforico e idrogeno (anodizzazione).

I sistemi di aspirazione utilizzati dagli anodizzatori sono dimensionati per garantire il mantenimento delle più idonee condizioni igienico/ambientali per i lavoratori (e dell'ambiente esterno, mediante apposite torri di lavaggio/abbattimento, nei casi in cui le sostanze contenute nei fumi superino i limiti di legge).

In particolare è sempre garantita l'estrazione totale dell'idrogeno che rappresenta una percentuale non superiore all'1% della quantità totale di aerosol aspirato.



Per quanto sopra, lo sviluppo di idrogeno negli impianti di anodizzazione, dotati di idonei sistemi di aspirazione a bordo vasca, non può essere considerato un problema.

Bibliografia

- (1) Strazzi E., Bellei S.; Aluminium 2000, 4th World Cong. Proc. Montichiari (BS)
12-15 Aprile 2000