

Il triangolo dell'Incendio

Possibili cause d'incendio: I carrelli elevatori

Particolare attenzione nella individuazione delle cause di un incendio va posta ai carrelli elevatori, normalmente presenti nelle aziende.

In particolare l'attenzione andrà rivolta alla fase di ricarica degli accumulatori e sulle reazioni chimiche che accompagnano tale operazione.

Allo scopo di meglio illustrare la complessità della reazione chimica, si ritiene opportuno premettere una breve descrizione del funzionamento degli accumulatori al piombo/acido.

Va innanzi tutto rilevato che essi appartengono alla famiglia delle pile ricaricabili.

Una pila è un dispositivo in cui l'energia libera di una reazione di ossidazione spontanea viene liberata dal sistema nella forma di energia elettrica e produce una corrente elettrica a basso potenziale.

Nella pila la reazione chimica è suddivisa in due parti: quella pertinente all'anodo, polo positivo, e quella pertinente al catodo, polo negativo.

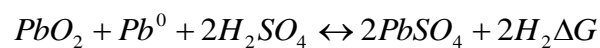
La reazione ha luogo trasferendo gli elettroni implicati attraverso un circuito elettrico che collega i due poli; il circuito è chiuso dal lato opposto mediante una soluzione elettrolitica che



collega i due elettrodi e su questi ultimi avvengono le trasformazioni chimiche delle sostanze.

La soluzione elettrolitica ha la funzione di assicurare la neutralità del sistema in ogni momento del suo funzionamento con lo spostamento di anioni e cationi che equilibrano lo spostamento degli elettroni nel circuito elettrico. Nella fase di scarica della pila, ovvero nell'uso del dispositivo come sorgente di corrente elettrica, gli elettroni necessari affinché avvenga la reazione si spostano spontaneamente nel circuito esterno. La trasformazione delle sostanze avviene sulle superfici degli elettrodi (anodo e catodo) nella parte elettrolitica del circuito.

Nel caso di accumulatori al piombo/acido la reazione che dà luogo alla produzione di corrente elettrica continua è la seguente:



Questa notazione spiega che il piombo tetravalente si riduce a Pb^{++} bivalente acquistando due elettroni ceduti nel circuito elettrico dal Pb^0 metallico che diventa Pb^{++} ed è questa la fase più direttamente responsabile della produzione di corrente elettrica.

In termini pratici un accumulatore al piombo/acido consiste in una serie di piastre di piombo spugnoso collegate tra loro (anodo) ed una serie di piastre di piombo ricoperte da biossido di piombo a loro volta collegate (catodo); il tutto immerso in una soluzione di acido solforico.

Contemporaneamente nella interfaccia soluzione elettrolitica /elettrodi succede che il Pb^{+2} , ridotto all'anodo, reagisce con l'acido solforico, trasformandosi in solfato di piombo, mentre quello ossidato all'anodo, segue la medesima trasformazione, con acido solforico, trasformandosi in solfato di piombo.

Il potenziale elettrico dello spostamento degli elettroni, ovvero il lavoro elettrico fornito dalla pila, dipende dalla differenza di

potenziale tra l'elettrodo positivo $\text{PbO}_2/\text{Pb}^{++}$ e l'elettrodo negativo $\text{Pb}^{++}/\text{Pb}^\circ$ che nelle condizioni ottimali ammonta a circa 2,0 V.

Quando i due elettrodi si sono completamente coperti di solfato di piombo la reazione si ferma e non vi sarà più passaggio di corrente e la pila sarà esaurita perché non vi è più differenza di potenziale chimico e la reazione non può procedere spontaneamente.

La pila esaurita si ricarica invertendo il senso della reazione fino a ripristinare lo stato iniziale.

Questo è possibile se vengono forzati gli elettroni in senso contrario al flusso spontaneo applicando agli elettrodi un potenziale elettrico continuo e opposto a quello di scarica; ovvero, creando una debole corrente elettrica in direzione opposta a quella di scarica in modo che la reazione avvenga esattamente in senso contrario a quello prima descritto.

La fase di carica è particolarmente delicata in quanto può accadere che, per effetto di sovratensioni rispetto a quella di 2,0 V, si innesca anche la reazione di scissione elettrolitica dell'acqua in H_2 e O_2 in soluzione acida che comincia ad avvenire ad una tensione esterna applicata al sistema in teoria vicina a quella di carica dell'accumulatore del piombo/acido.

Si ha in questo caso la produzione di una miscela gassosa nota come gas tonante per l'alta probabilità che questa formi acqua con andamento esplosivo.

Dopo la rideposizione del PbO_2 e Pb , rispettivamente al catodo e all'anodo, se persiste il passaggio di corrente elettrica, si scaricano rispettivamente H_2 e O_2 allo stato gassoso che determinano sovratensioni agli elettrodi e si diffondono nell'ambiente, cosa che può essere causa di accidente di varia natura.

Relazione tra carica di un accumulatore al Pb e quantità di gas tonante sviluppato

La quantità massima di gas tonante che si può sviluppare durante una carica “anomala” di un accumulatore, corrisponde stechiometricamente alla quantità di acqua che compone l'elettrolita acido della soluzione.

L'elettrolita è una soluzione di acido solforico a 28Bè che corrisponde ad una densità di 1,24.

Nel caso in questione viene presa come base di calcolo questa condizione che è la media di situazioni in un intorno molto ristretto di questo valore, in quanto ad esso corrisponde la massima conducibilità della soluzione; condizione necessaria per un buon funzionamento dell'accumulatore.

Alla densità di 28Bè corrisponde una soluzione composta da 780 gr di acqua e 220 gr di H₂SO₄.

Le moli di acqua presenti in 1 dm³ di elettrolita sono quindi:
 $780/18 = 43,3$ moli di H₂O.

Da 43,3 moli di H₂O si possono ottenere al massimo 43,3 moli di H₂ e 21,6 moli di O₂.

Per ogni litro di elettrolita a 1,28Bè l'accumulatore può erogare una capacità elettrica variabile con lo stato dell'accumulatore e le condizioni di esercizio.

Considerando che l'accumulatore esaminato nel caso specifico aveva un potenziale di 36 V, corrispondente a 18 elementi, ed una capacità di 600 Ah, la quantità di elettrolita presente nel dispositivo elettrico probabilmente era di 30 dm³.

Il che significa un potenziale di emissioni di moli di gas nell'ambiente pari a: $5 \times 43,3 = 215$ moli di H₂ e $5 \times 21,6 = 107,5$ moli di O₂.

La effettiva produzione di gas tonante, e della sua immissione nell'ambiente, è legata alle condizioni di esercizio della carica, allo stato di conservazione dell'accumulatore e può essere suddivisa in due

momenti:

- la quantità di gas che si sviluppa “normalmente” durante la carica;
- la quantità di gas che si sviluppa per “anomalia” alla fine della carica dell'accumulatore, se non viene interrotta l'erogazione della corrente continua di carica.

Per quanto riguarda il primo punto, un elemento di calcolo utile è il rendimento in quantità di elettricità erogata dell'accumulatore.

Un accumulatore al Pb ha un rendimento del 90% il che significa che per ogni 100Ah fornite per la carica se ne possono utilizzare nella fase di scarica 90Ah.

Le 10Ah perdute possono essere attribuite alla produzione di gas tonante ed allo sviluppo di calore per la resistenza interna del circuito elettrolitico ed elettrico.

La quantità di elettricità si misura in Faraday (F).

$1 F = 96.487 \text{ Coulomb}$ ($1 \text{ Coulomb} = 1A \times 1 \text{ sec}$)

1 F contiene un numero di Avogadro di elettroni per cui sviluppa, al passaggio di tale quantità di corrente, 0,5 moli di H₂ e 0,25 moli di O₂.

Nel caso che ci occupa le 10Ah corrispondono a $10 \times 3.600 = 36.000 \text{ Coulomb}$ ovvero 0,373 F.

Per ogni 10Ah di carica si possono sviluppare:

$0,5 \times 0,373 = 0,186 \text{ moli di H}_2$

$0,25 \times 0,373 = 0,093 \text{ moli di O}_2$.

Poiché l'accumulatore ha una capacità elettrica di 600 Ah, alla fine della carica “normale” si possono produrre:

$6 \times 0,186 = 1,12 \text{ moli totali di H}_2$ e $6 \times 0,093 = 0,56 \text{ moli totali di O}_2$.

Completata la carica dell'accumulatore, se la corrente continua a fluire nel circuito, essa produrrà esclusivamente H₂ e O₂ gassosi riconoscibili dal gorgoglio tumultuoso dei gas prodotti rispettivamente al catodo (+) e all'anodo (-).

Supponendo che l'anomalia persista per un'ora con una corrente di intensità di 30A, che corrisponde ad 1/20 della capacità dell'accumulatore, si avrà che la quantità di corrente elettrica fluita nel circuito è pari a:

$30 \times 3.600 = 108.000$ Coulomb, ovvero 1,12 F da cui: $1,12 \times 0,5 = 0,56$ moli di H_2 e $1,12 \times 0,25 = 0,28$ moli di O_2 .

Le moli totali che si sviluppano in una ipotesi di funzionamento di 12 ore di una carica "irregolare" sono quindi:

$1,12 + 0,52 = 1,74$ moli di H_2 e $0,56 + 0,26 = 0,82$ moli di O_2 .

Considerando che la quantità di calore che si sviluppa nel corso della reazione di formazione dell'acqua è di 68,53 Kcal per mole, è facile calcolare che nella eventuale combustione esplosiva si ha lo sviluppo di:

$$(1,12 + 0,56) \times 68,53 = 115,86 \text{ Kcal.}$$

Per un periodo superiore ad un'ora bisogna moltiplicare per il corrispondente valore 0,56 delle moli di idrogeno prodotte.

Reattività dell' H_2 con l' O_2 nella miscela di gas tonante

Premesso che l'H ha una naturale tendenza a reagire completamente con l'O per dare origine all'acqua, va detto che, a condizioni normali, la reazione ha una velocità molto bassa con una trascurabile creazione di acqua.

La reazione, per poter avvenire con una velocità apprezzabile, ha necessità di una energia di attivazione dopo di che prosegue spontaneamente con andamento esplosivo liberando tutta la sua energia di formazione dell'acqua.

Affinché ciò accada è necessario che almeno un punto della miscela raggiunga una temperatura di 700° C.

A temperatura ambiente la reazione praticamente non avviene.

Questa situazione cambia totalmente se nella miscela scocca una scintilla elettrica o se un suo punto raggiunge la temperatura di

700°C.

In questo caso l'elevata temperatura della scintilla provoca l'immediato avvio e la propagazione della reazione di formazione dell'acqua.

Nell'esame delle cause di accensione va anche presa in esame la diffusione dell'O₂ che, oltre a poter reagire con l'H₂, per il suo aumento in micro ambienti o sacche può favorire, come con ogni probabilità è avvenuto nel caso in esame, la combustione di altri materiali di natura organica presenti nei locali.

Da quanto premesso se ne deduce che non è da escludere che un incendio possa essere innescato dal gas tonante che si sviluppa nella reazione indotta dalla ricarica degli accumulatori dei carrelli elevatori.

In proposito va evidenziato, come prima si è detto, che l'ignizione di tale gas non può avvenire a temperatura ambiente essendo necessaria una scintilla di circa 700°C.

Occorre quindi individuare l'elemento che può avere innescato il fenomeno.

Compito del perito è pertanto stabilire la presenza nell'ambiente di fonti di calore quali resistenze elettriche in tensione o utenze in tensione.

Da ciò potrebbe infatti derivare l'innescò del gas tonante sviluppato dagli accumulatori al piombo in fase di ricarica. Detto gas, dopo aver saturato l'ambiente, può, infatti – verosimilmente –, venire in contatto con le apparecchiature elettriche in tensione e dare origine ad un incendio. più vasto incendio oltre tutto in punti diversi e ciò potrebbe portare ad affermare una origine dolosa, anziché ad un evento accidentale derivante dal fenomeno prima illustrato.