

Documentazione di supporto per l'e-learning GS Yuasa

Funzionamento delle batterie al piombo acido

Panoramica:

Questa documentazione di supporto è a corredo del corso GS Yuasa e-learning "Funzionamento delle batterie al piombo acido" e tratta i seguenti argomenti:

- I principi dell'elettricità
- Che cos'è una batteria?
- Come si genera la tensione
- Reazione elettrochimica
- Processo di scarica della batteria
- Processo di ricarica della batteria
- Riepilogo

I principi dell'elettricità

Che cosa si intende per "elettricità"?

L'elettricità è una forma di energia che scorre lungo un conduttore, come un filo di rame, sotto forma di elettroni. La forza che spinge gli elettroni attraverso il conduttore è nota come "differenza di potenziale elettrico" e la sua unità di misura è il Volt. La velocità del flusso di elettroni attraverso il conduttore si definisce "corrente" ed è misurata in Ampere.

Che cos'è una batteria?

Cella voltaica

Una batteria è una sorgente di energia elettrica immagazzinata tramite processo chimico e che può essere rilasciata in maniera controllata al momento opportuno. È conosciuta anche come "cella voltaica". Una cella voltaica è formata da due metalli o composti metallici diversi, noti come elettrodi positivi e negativi, che sono separati gli uni dagli altri da un separatore e immersi in un elettrolita.

Un elettrolita è una sostanza liquida che agisce come conduttore di elettricità. Con l'aggiunta di acidi, soluzioni alcaline o di acqua salata si trasformano in un conduttore elettrico ovvero in un elettrolita.

Esistono due tipi di batterie: batterie primarie, usate fino alla scarica completa e poi smaltite, e batterie secondarie, che invece possono essere ricaricate e riutilizzate.

Batteria al piombo acido

Una batteria al piombo acido è una batteria secondaria che utilizza composti di piombo come elettrodi (che assumono la forma di piastre) e una soluzione diluita di acido solforico (H_2SO_4) come elettrolita.



Le piastre positive sono realizzate in diossido di piombo (PbO_2), mentre quelle negative sono di piombo poroso (Pb).

Le piastre positive e negative sono collegate, sistemate in alternanza in un blocco, separate con un separatore e immerse in una soluzione elettrolitica.

Come si genera la tensione

Differenza di potenziale e tensione

Quando viene collegata a un circuito elettrico e si attiva un dispositivo elettrico, sulla batteria si applica un carico. Ha inizio quindi una reazione chimica tra le piastre negative e l'elettrolita che genera una differenza di potenziale e un flusso di elettroni tra le piastre positive e negative. Questo rilascio di energia elettrica serve ad alimentare un sistema e di conseguenza la batteria andrà in scarica.

La ricarica della batteria inverte la reazione chimica tra le piastre e l'elettrolita, accumulando chimicamente l'energia elettrica da riutilizzare al momento opportuno.

Reazione elettrochimica

Atomi

Un atomo è l'unità più piccola di un elemento chimico ed è composto da protoni (a carica positiva), neutroni (a carica neutra) ed elettroni (a carica negativa). I protoni e i neutroni formano il nucleo dell'atomo attorno al quale orbitano gli elettroni a carica negativa. Se in un atomo il numero di protoni è uguale a quello degli elettroni, l'atomo ha una carica neutra.

Ioni

Uno ione è un atomo che possiede una carica elettrica. Ha una carica perché il numero di elettroni presenti nell'atomo non è uguale a quello dei protoni. Un atomo può acquisire una carica positiva o negativa a seconda che il numero di elettroni sia maggiore o minore del numero di protoni. Per avere una carica neutra gli atomi trasferiscono elettroni tra loro.

Ione negativo

Uno ione negativo ha più elettroni che protoni nell'atomo e quindi la sua carica sarà negativa.

Ione positivo

Uno ione positivo ha meno elettroni che protoni nell'atomo e quindi la sua carica sarà positiva.

Ionizzazione

Una batteria sfrutta la reazione chimica tra le piastre e l'elettrolita per produrre ioni e un flusso di elettroni. Questo processo di ionizzazione all'interno di una batteria trasforma gli atomi neutri in ioni positivi eliminando elettroni e in ioni negativi aggiungendo elettroni.

Al pari del polo nord e sud di un magnete, ioni con carica positiva e negativa si attraggono e si avvicinano tra loro per condividere gli elettroni e formare atomi neutri.



Processo di ionizzazione di una batteria al piombo acido

In una batteria al piombo acido, le piastre negative, le piastre positive e l'elettrolita sono costituiti da composti diversi. Hanno tutti una carica neutra in quanto presentano lo stesso numero di protoni ed elettroni.

Piastra positiva

Le piastre positive sono realizzate in diossido di piombo (PbO_2). Gli ioni di piombo hanno una carica positiva equivalente a $4+$ a indicare che ciascun atomo include quattro elettroni in meno rispetto al numero di protoni. Gli ioni di ossigeno, noti come ossidi, hanno una carica negativa di $2-$, vale a dire che sono presenti due elettroni in eccesso rispetto ai protoni. Per formare una molecola di diossido di piombo neutra, gli ioni di piombo e di ossido si uniscono e annullano il loro stato di carica. Tale condizione è il risultato del legame tra due ioni di ossigeno e un solo ione di piombo. Dal momento che sono necessari due ioni di ossigeno negativi per annullare la carica positiva dello ione di piombo, si fa ricorso al prefisso greco "di-" (due) per indicare il numero di ioni di ossigeno utilizzati. Questo processo dà luogo alla formazione del diossido di piombo.

Piastra negativa

Le piastre negative sono costituite da piombo poroso che ha lo stesso numero di protoni ed elettroni e quindi una carica neutra.

Soluzione elettrolitica

La soluzione elettrolitica contiene acido solforico ovvero un composto di idrogeno e ioni solfati. Gli ioni di idrogeno (H) hanno una carica positiva equivalente a $1+$, a indicare che un atomo include un elettrone in meno rispetto al numero di protoni. Gli ioni solfati (SO_4), invece, hanno una carica negativa corrispondente a $2-$, vale a dire due elettroni in più rispetto ai protoni. Per formare una molecola di acido solforico neutra gli ioni solfati e di idrogeno si uniscono e annullano il loro stato di carica. Per annullare la carica negativa dello ione solfato occorrono due ioni di idrogeno a carica positiva. Questo processo porta alla formazione di acido solforico (H_2SO_4).

Processo di scarica della batteria

Piastra negativa

Il processo di scarica ha inizio non appena si applica un carico elettrico sulla batteria. Avviene tramite reazione chimica tra la piastra negativa e l'acido solforico presente nella soluzione elettrolitica. L'acido solforico comincia a scomporsi in ioni di idrogeno a carica positiva ($H+$) che si spostano sulla piastra positiva e in ioni solfato con carica negativa ($2-$) che vanno a concentrarsi sull'atomo di piombo poroso neutro della piastra negativa. Tale atomo diventa ionizzato e caricato negativamente quando lo ione solfato tenta di combinarsi con esso. Per completare l'azione legante e raggiungere uno stato di carica neutro, l'atomo di piombo deve avere una carica positiva. Per riuscirci rilascia due elettroni negativi che possono attraversare il circuito elettrico tramite il consumo di energia e posizionarsi sulla piastra positiva.

Piastra positiva

I due elettroni a carica negativa della piastra negativa arrivano sulla piastra positiva e si combinano con lo ione di piombo positivo ($4+$) nella molecola di diossido di piombo neutra. Ne consegue che la carica dello ione di piombo passa da ($4+$) a ($2+$) dal momento che nello ione di piombo si hanno solo due protoni in più rispetto agli elettroni, alterando il cosiddetto stato di ossidazione dello ione di piombo. Gli ioni solfati a carica negativa ($2-$) risultanti dalla scomposizione dell'acido solforico si uniscono allo ione di piombo caricato positivamente ($2+$) sulla superficie della piastra, dando vita a una molecola neutra di solfato di piombo e rilasciando ioni di ossigeno negativi nell'elettrolita.



I due ioni di idrogeno (H^+) si avvicinano e si combinano allo ione di ossigeno a carica negativa (2^-), creando una molecola neutra di acqua (H_2O). A questo punto, la batteria risulta scarica.

Processo di ricarica della batteria

Piastra positiva

Quando si usa una sorgente di carica sulla batteria, il processo di ionizzazione tra la piastra positiva e l'elettrolita si ripete in senso inverso. La rimozione forzata di due elettroni dalla molecola di solfato di piombo ($PbSO_4$) cambia lo stato di carica e di ossidazione dello ione di piombo da (2^+) a (4^+). I due elettroni liberi, quindi, possono rifluire attraverso il dispositivo di carica, ritornando alla piastra negativa. A questo punto lo ione di piombo presenta quattro protoni in più rispetto al numero di elettroni. L'acqua (H_2O) presente nell'elettrolita inizia a scomporsi in ioni di idrogeno positivi (H^+) e ioni di ossigeno negativi (2^-). Questi ultimi si spostano sulla piastra positiva e mandano gli ioni solfato (SO_4) nella soluzione elettrolitica. Due ioni di ossigeno a carica negativa (2^-) si combinano allo ione di piombo positivo (4^+) creando una molecola neutra di diossido di piombo (PbO_2). Due ioni di idrogeno a carica positiva (H^+) si avvicinano e si legano allo ione solfato caricato negativamente nella soluzione elettrolitica (2^-) dando vita a una molecola neutra di acido solforico (H_2SO_4).

Piastra negativa

I due elettroni a carica negativa della piastra positiva arrivano sulla piastra negativa e si combinano con lo ione di piombo caricato positivamente (2^+). Lo ione solfato a carica negativa (2^-) va a finire quindi nell'elettrolita e crea un atomo di piombo poroso neutro sulla piastra negativa. Due ioni di idrogeno a carica positiva (H^+) si legano allo ione solfato caricato negativamente (2^-) nell'elettrolita, dando vita a una molecola neutra di acido solforico (H_2SO_4). A questo punto la ricarica della batteria è completa.

Riepilogo

Questo corso si è soffermato su elettroni, atomi, molecole e composti singoli, tuttavia le piastre e la soluzione elettrolitica ne contengono un numero infinito. Pertanto, il processo elettrochimico avviene su larga scala e in modo continuo durante le fasi di scarica e ricarica.

