

CARATTERIZZAZIONE ELETTRICA E PROVE IN CAMPO APERTO: IL MONITORAGGIO VIDEO E CON TERMOCAMERA IR

dott.sa Cinzia Di Bari¹ , ing. Manlio Pasquali¹, geom. Ilario Morriello²

¹ ENEA CR Casaccia, Laboratorio Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo, Dipartimento tecnologie Energetiche, Divisione Produzione, Conversione e Uso Efficiente dell'Energia , cinzia.dibari@enea.it

² ENEA CR Casaccia, Squadra di Pronto Intervento (ISER CAS SPI)

SOMMARIO:

Celle e batterie litio ione vengono immesse sul mercato, corredate di specifiche tecniche e di qualche informazione sulla specifica composizione chimica: hanno una tensione nominale dovuta alla prima carica effettuata sul luogo di produzione ai fini della formazione del SEI e una carica residua. Questo lavoro consente di illustrare le attrezzature presenti presso il Centro ricerche ENEA-Casaccia e quelle che, ai fini delle valutazioni di sicurezza, sarebbe necessario acquisire.

La caratterizzazione elettrica consente di verificare le specifiche tecniche dei prodotti e, quindi identificare con certezza la finestra operativa, al di fuori della quale si possono raggiungere condizioni di abuso. Inoltre l'effettuazione della cosiddetta “formazione”, effettuata con cicli standard di carica scarica, è preliminare a qualunque prova successiva, comprese le prove di abuso effettuate a vari livelli di carica (SOC). Il laboratorio ST.M.A a un'esperienza più che ventennale nella caratterizzazione elettrica dei dispositivi di accumulo: verranno presentate le attrezzature di cui è dotato.

Negli ultimi tre anni, è stato realizzato l'impianto FARO: una struttura all'aperto dove è stato possibile effettuare le prime prove di abuso elettrico e termico. Le prove all'aperto sono comunque preliminari a qualsiasi test che possa portare i sistemi in studio al di fuori delle condizioni di normale funzionamento garantite dal produttore e verificate. Tali prove, grazie al coinvolgimento della squadra di pronto intervento del Centro ricerche Casaccia, sono effettuate in condizioni di sicurezza.

Nella terza parte della presentazione verrà mostrato un video, affiancato dalle riprese con termo camera, relativo a una prova di corto circuito.



Ilario Morriello

Capo squadra al primo intervento antincendio presso la squadra di pronto intervento del Centro ricerche Casaccia, ha formazione nei settori specifici della radioprotezione, del rischio incendio alto, incendio boschivo e dei controlli non distruttivi su materiale componenti mediante tecnica termografica. Collabora da alcuni anni con il laboratorio STMA nel progetto "sicurezza dei sistemi di accumulo", quale interlocutore rappresentante della squadra di pronto intervento coinvolta. Insieme ai suoi colleghi si è occupato dell'esecuzione dei lavori di realizzazione dell'impianto FARO e della gestione dei contratti di servizio e di lavoro che si sono resi necessari.

**Manlio Pasquali**

Laureato in Ingegneria Elettrotecnica ha conseguito, nel 2002, il Dottorato in Ingegneria Elettrica. E' il responsabile tecnico sulla attività *second life* in ambito Ricerca di Sistema Elettrico. Dal 2017 ha assunto l'incarico di Segretario comitato CEI CT 69 – 2017 ed è revisore di articoli tecnici per congressi internazionali. I principali temi di ricerca sui quali lavora, sono i seguenti: simulazione di sistemi dinamici – veicoli elettrici/ibridi e loro componenti; ottimizzazione numerica applicata alla gestione energetica di veicoli ibridi stradali e nautici, criteri di dimensionamento del *drive train* dei veicoli; batterie – modellazione, *second life*, sviluppo di test di laboratorio per stima delle prestazioni e dell'invecchiamento, studio dello SOH (stato di salute), algoritmi di gestione per i BMS; accumulo elettrico per reti elettriche; supercondensatori, modellazione di sistemi SC, gestione. Svolge alcune attività nell'ambito dello sviluppo di fuel cell, supporto a test di laboratorio, modellazione.



Abuso elettrico: cortocircuito e overvoltage

ing. Ennio Rossi

ex ENEA CR Casaccia, Laboratorio DTE-PCU-STMA, rossiennio@tiscali.it

SOMMARIO:

Le batterie al litio sono la soluzione universalmente accettata in tutti i campi dell'accumulo, dai cellulari ai laptop ai veicoli. Le utilizzazioni prossime saranno quelle dell'accumulo elettrico domestico e accumulo concentrato a sostegno delle reti elettriche estese.

In questa presentazione vengono sottolineate alcune condizioni di criticità durante le quali possono insorgere riscaldamenti e principi di incendio. La principale e più frequente è la operazione di ricarica. Nelle batterie di maggiore grandezza la ricarica è assistita da apparati elettronici di controllo dotati di sensori e intelligenza che garantiscono sufficiente sicurezza. Non altrettanto nei piccoli apparati in cui l'economicità dell'oggetto lascia ampi margini all'approssimazione e ai difetti costruttivi.

Una conoscenza delle caratteristiche della batteria che si impiega è il migliore presupposto a garanzia della sicurezza. Si pone pertanto l'accento alle possibilità di sovraccarica, agli indizi di inizio di malfunzionamento, alle procedure di corretta ricarica, alla possibilità di insorgenza di un corto circuito.

Si dà notizia degli effetti che possono avere gli eccessivi riscaldamenti e elencano raccomandazioni per il migliore uso della batteria.

Ennio Rossi è un ingegnere meccanico, in organico presso ENEA dal 1984 al 2018. Ha curato attività di ricerca e sperimentazione su veicoli a basso impatto ambientale, trazione elettrica, batterie per automotive e stazionarie. Si è impegnato nelle tematiche di sicurezza intrinseca e funzionale delle batterie al litio.



ABUSO TERMICO CON ESPOSIZIONE A FIAMMA LIBERA

Armando De Rosa

*Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica, Nucleo Investigativo Antincendi,
CNVVF; armando.derosa@vigilfuoco.it*

SOMMARIO:

Nell'ambito dell'accordo quadro siglato tra il C.N.VV.F. ed ENEA per la prevenzione dei rischi di incendio e esplosione relativi alle tecnologie di accumulo elettrochimico litio-ione e sodio ad alte temperature, sono state svolte presso le strutture della Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica alcune attività di prova, volte ad esaminare il comportamento delle seguenti celle:

modello EiG C020 "Lithium Ion Polimer Battery (lunghezza 216, larghezza 130 mm, spessore 7,2 mm, tensione nominale 3,65 V e peso 425 g);

modello Compaq series PP2001 Lithium Ion Battery (tensione nominale 14,4 V);

esposte all'azione diretta di una fiamma libera prodotta da un bruciatore alimentato a gpl della potenza di 7,5 kW.

Nel presente lavoro, sono descritti i test svolti con l'illustrazione degli effetti osservati.

Al fine, inoltre, di verificare quali presidi antincendio risultassero più idonei per un pronto intervento di spegnimento su un principio d'incendio che riguardasse le batterie litio-ione sottoposte a stress termico, è stato testato l'impiego di estintori di differenti tipologie.

Il lavoro descrive inoltre, una prova d'incendio eseguita su una batteria composta da complessive n.48 celle EiG C020 collegate tra loro, esposta all'azione diretta della fiamma libera del bruciatore a gas.

Al fine poi di valutare il rischio incendio ed esplosione delle suddette tecnologie di accumulo, rispetto a sollecitazioni d'urto, flessione e taglio, sono stati effettuati alcuni test dei quali si riportano i risultati ottenuti.

Le prove hanno consentito di testare il comportamento al fuoco delle batterie litio-ione, riscontrando la formazione di incendi di significativa intensità e durata. Nel corso di ciascuno dei test eseguiti si è registrata la formazione di gas infiammabili in grado di dare luogo ad eventi assimilabili a jet-fire ovvero getti di fiamma anche di significativa durata ed estensione in rapporto alla grandezza del sistema di accumulo. In particolare, nell'ambito di uno dei test di prova, è stato possibile anche osservare un fenomeno di proiezione a distanza di frammenti provocato dalla rottura dell'involucro della batteria per effetto dell'aumento di pressione conseguente alla formazione di sacche di gas infiammabili all'interno del sistema.

Armando De Rosa ha conseguito la laurea in Ingegneria Civile presso l'Università di Napoli "Federico II". Dal 2008 lavora nel Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, dove si è occupato dell'attività di soccorso tecnico urgente e prevenzione incendi presso il Comando provinciale dei Vigili del Fuoco di Torino e dell'attività di normazione, notifica e controllo degli organismi notificati per l'ispezione, il controllo e le attività di laboratorio per la certificazione dei prodotti da costruzione, presso la Commissione Europea presso la Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica. Dal maggio del 2010 lavora presso il Nucleo Investigativo Antincendi del CNVVF dove svolge attività investigativa e di studio e ricerca sulle cause di incendio, coordinando in particolare le attività sperimentali.



CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-ANALITICA DEI RESIDUI SOLIDI E AERIFORMI DA PROVE DI ABUSO

Alessandro Bacaloni¹, M. Assunta Navarra, Susanna Insogna

¹Dipartimento di Chimica, Sapienza Università di Roma, alessandro.bacaloni@uniroma1.it

SOMMARIO

In bibliografia si reperiscono diverse indicazioni sulla composizione di partenza delle batterie Li-ione e sui prodotti generati da abuso, accidentale o provocato, sino all'incendio o esplosione; ma purtroppo le batterie prese in esame sono di tipologia e dimensione estremamente variabile (spesso non di applicazione "automotive") e non sono descritte procedure operative omogenee o comparabili, che vadano dall'apertura delle celle, alla raccolta di campioni (nello stato aerodisperso o di residuo solido) alle tecniche analitiche o comunque valutative.

Gran parte dei lavori consultati fanno soprattutto riferimento a composizioni semiquantitative degli aerodispersi prodotti da differenti prove di abuso, principalmente CO₂, con contributi significativi di CO, C₂H₄ e H₂. Una percentuale minore di autori riferisce (in funzione delle diverse tipologie di celle e di abuso/danneggiamento) presenza di idrocarburi C₂ – C₄, di HF, NO, SO₂ e HCl, definendoli perlopiù "fumi" in modo erroneo, trattandosi di specie allo stato gassoso (si rammenta che per "fumi" va inteso particolato aerodisperso – aerosol – allo stato liquido o solido generato da combustioni anche incomplete).

Non è presente di contro una altrettanto esauriente quantità di studi relativi alla generazione ed alla natura chimica dei residui solidi da prove di abuso o da incidenti; in realtà, l'interesse sarebbe duplice:

- dal punto di vista igienistico e ambientale (gli aerosol prodotti avrebbero potenziali effetti vuoi sugli esposti, più o meno accidentali, vuoi come ricaduta nell'ambiente, in modo più circoscritto dei prodotti gassosi ma eventualmente più concentrato);
- dal punto di vista delle metodiche di recupero/riciclaggio dei materiali (in questo caso, la bibliografia raccolta è abbondante, pur con tutte le differenziazioni sopra ricordate).

Il progetto al quale partecipiamo fa riferimento a tre tipi di prove per studiare la vulnerabilità e i punti deboli delle batterie litio ione e come esse reagiscono in tre diverse condizioni di abuso: termico, meccanico ed elettrico.

Nelle prove ad oggi effettuate, si è proceduto alla caratterizzazione, con i metodi presentati di seguito, di una cella vergine e dei residui di una batteria incendiata.

L'analisi di una cella vergine (EiG modello C020) ha comportato la messa a punto di una procedura specifica provvisoria per la sua apertura, che per motivi di sicurezza va effettuata a batteria scarica.

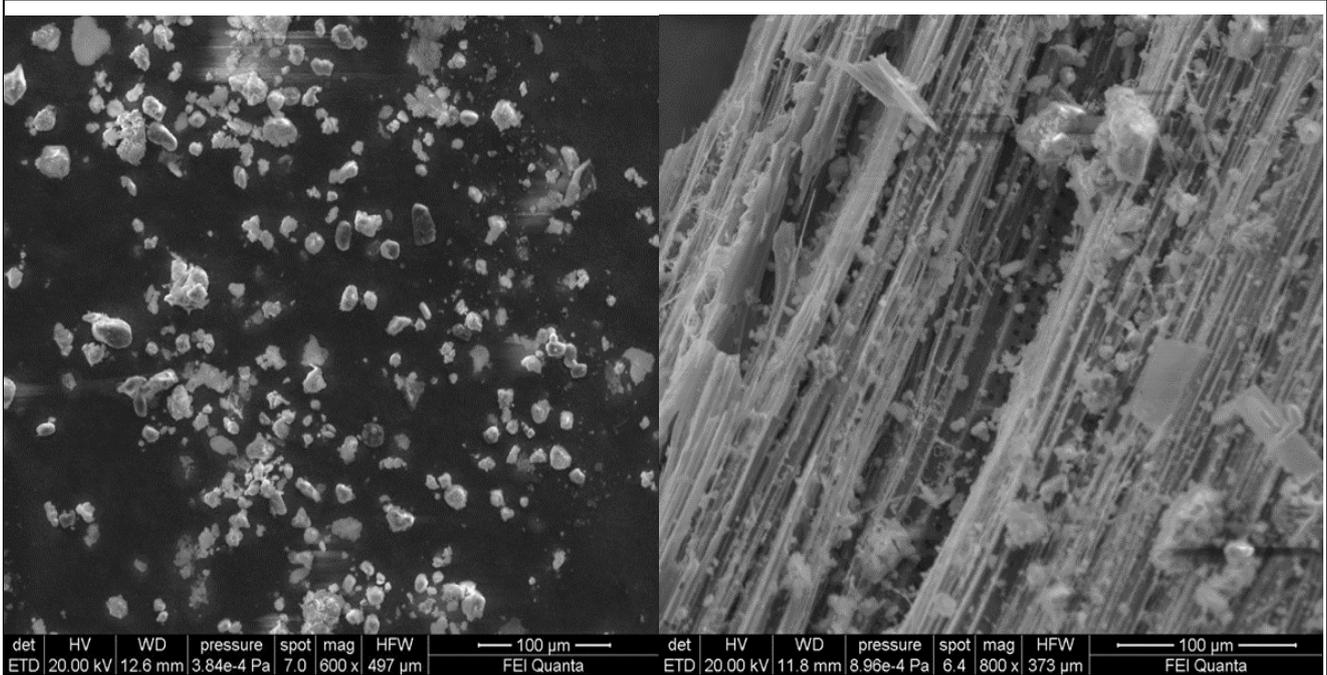
Per la caratterizzazione dei campioni ottenuti si è fatto ricorso alla tecnica SEM (Scansion Electron Microscope) che fornisce informazioni sulla morfologia, sulla natura chimica e sulle proprietà di superficie e degli strati sottostanti di campioni solitamente solido

I campioni relativi ai residui di una batteria incendiata sono stati analizzati con la stessa tecnica; è evidente che, mentre nel caso della cella vergine siamo ad una sorta di "punto zero", nella batteria incendiata siamo all'estremo di una serie di possibilità di "abuso", da studiare separatamente.

Dal punto di vista igienistico, le prove effettuate hanno evidenziato come, oltre agli effluenti gassosi, siano possibili immissioni in aria di particolato con caratteristiche tossicologiche rilevanti per la salute degli eventuali esposti, occasionali e non.

L'analisi morfologica dei residui della batteria incendiata evidenzia particelle di dimensioni di pochi micrometri (< 10) che, anche se non direttamente rapportabili al "diametro aerodinamico", possono dare origine in determinate condizioni ad aerosol cosiddetti "respirabili", in grado cioè di penetrare nel tratto respiratorio profondo (alveolare) più sensibile a danni, anche indipendentemente dalla natura chimica del particolato stesso.

Le immagini in SEM seguenti sono riferite a due campioni prelevati dal residuo solido della stessa batteria incendiata: già l'evidenza della differenza morfologica rende conto della complessità valutativa.



Attualmente l'attività in corso, come da programma, è rivolta principalmente a:

- applicazione delle procedure analitiche come descritte su batterie usate e/o dismesse per malfunzionamenti, guasti, o semplice raggiungimento dei limiti di utilizzo;
- messa a punto di opportune metodiche di campionamento e analisi di particolato aerodisperso e/o di effluenti gassosi in ambiente durante il normale funzionamento, in casi pre o post anomalie o guasti, ma soprattutto in corso di stress test;
- analisi del particolato, aerodisperso o residuo depositato, mediante anche ICP/MS per caratterizzazione qualitativa e quantitativa dello stesso;
- valutazione igienistica dei dati ottenuti, con stesura di procedure per utilizzo e manutenzione in sicurezza delle batterie, per eventuali situazioni anomale o di emergenza, tutela della salute e sicurezza di operatori professionalmente esposti (fabbricanti, manutentori, addetti allo smaltimento, ecc.).

Alessandro Bacaloni - Professore Associato CHIM 01 - Dipartimento di Chimica, Facoltà di Scienze MMFFNN della Sapienza - Università degli Studi di Roma
 Direttore del Museo di Chimica "Primo Levi" del Polo Museale della Sapienza
 Igienista Industriale Certificato dal 1993, dal 2010 Accredia n. IA0307010025
 Titolare degli insegnamenti di:

- Ambiente e Salute nel Corso di Laurea Magistrale in Chimica
- Metodi Analitici per la Valutazione del Rischio Chimico nel CdL Magistrale in Chimica Industriale
- Fondamenti Chimici delle Tecnologie nel CdL Magistrale di Scienze della Prevenzione



A. Bacaloni, C. Di Bari, M. A. Navarra, S. Insogna "Problematiche di sicurezza e rischio chimico nella manipolazione di batterie Li-ione per prove di abuso o incidenti – Risultati preliminari" in Atti 24° Convegno di Igiene Industriale AIDII Corvara (BZ) 4-6 aprile 2018