



Nuovi materiali e componenti innovativi per i mezzi di trasporto

Scenario di riferimento

Gli obiettivi del Piano d'Azione Nazionale per l'Efficienza Energetica e del Piano d'Azione per le Energie Rinnovabili comportano interventi per l'efficienza e la diversificazione delle fonti energetiche in tutti i settori, compreso quello dei trasporti che assorbe circa il 23% dei consumi totali del paese (43 Mtep su 185 Mtep totali, da Bilancio Energetico Nazionale 2009). L'alleggerimento dei veicoli nei casi in cui l'inerzia e l'attrito hanno rilevante influenza sui consumi, e l'elettrificazione dei sistemi di trasporto, in particolare ricorrendo a sistemi di accumulo, costituiscono le principali risposte alle esigenze di diversificazione delle fonti e di riduzione dei consumi "dal pozzo alla ruota".

Il ricorso a nuovi materiali, polimerici o metallici a struttura cellulare, richiede anche lo sviluppo dei relativi processi di produzione. Crescente è inoltre l'interesse dell'industria e della ricerca verso la sostituzione delle matrici termoindurenti con quelle termoplastiche e l'utilizzo di resine e fibre da fonti naturali.

Nel campo dei materiali metallici cellulari le innovazioni vanno dallo sviluppo di procedimenti per la schiumatura delle leghe di acciaio per usi strutturali all'ibridizzazione con materiali polimerici per migliorarne le proprietà, con la realizzazione anche di sandwich multilayer per applicazioni speciali e scudi balistici.

Le tecnologie di produzione di Aluminum Foam Sandwich (AFS) per impiego strutturale sono basate principalmente sulla Metallurgia delle Polveri (MP). Questi materiali hanno ancora un costo elevato e sono utilizzabili per automobili di alta fascia; le ricerche in corso (body in white di autoveicoli dedicati principalmente a

concept di auto sportive con dimostratori prototipali) evidenziano come ulteriore ricaduta un miglioramento notevole delle proprietà di crashworthiness.

Il mercato è attualmente dominato dal gruppo Alulight (in applicazioni crashworthiness per la Audi Q7 e in componenti di rinforzo del frame della Ferrari spider 430 sviluppati in collaborazione con ALCOA).

Nel campo dell'elettrificazione del trasporto stradale (e del mercato "off-road": veicoli per cantieri cittadini, pulizia delle strade, giardinaggio, orticoltura e serre, tempo libero) i progressi tecnologici sono stati

notevoli e, a parità di contenuto energetico, una batteria Li-Ion pesa 1/3 di una tradizionale batteria piombo-acido, seppure con un costo maggiore.

Un problema rilevante per le batterie Li-Ion è la disponibilità commerciale. Infatti, pur in presenza di molti produttori di celle, pochi sono i produttori di moduli e sistemi.

I grandi gruppi automobilistici (giapponesi, e tedeschi) sono in grado di superare la difficoltà stipulando accordi diretti, non lo è però la piccola e media industria tipica del sistema produttivo italiano. La disponibilità di elementi modulari consentirebbe ai vari operatori di soddisfare le esigenze applicative a prezzi più contenuti. Quanto a sistemi di accumulo basati sui supercondensatori, questi trovano sempre più applicazione nel settore energetico (eolico) ma soffrono la concorrenza delle batterie nel settore dei trasporti, pur essendo invece i due sistemi complementari o addirittura integrabili in condizioni particolari.

La ricarica rapida e la diffusione delle micro vetture,



nuovo segmento “sub A” e quadricicli, infine, consentiranno di ridurre in modo considerevole la taglia delle batterie per l’uso urbano dell’auto, abbattendone i costi. Secondo la "Strategic Analysis of the European Microcars Market" (Frost & Sullivan, 2011) questo settore diventerà una delle principali fonti di reddito per oltre 30 competitor del mercato, incluse 7 tra le 10 maggiori case automobilistiche a livello globale. Lo studio prevede che oltre il 75% delle miniauto annunciate consisterà di veicoli elettrici a batteria.

Obiettivi

L’obiettivo generale è l’estensione dell’elettrificazione dei trasporti su gomma essendo l’impatto ambientale della trazione termica, in termini di CO₂/kWh alla ruota, ben maggiore di quella elettrica. Ad esempio, da un recentissimo studio commissionato da Trenitalia ad ENEA risulta che l’emissione di CO₂, per passeggero, su tratte servite dall’Alta Velocità è il 50% di quella dovuta al trasporto su gomma. Per i veicoli a batteria il vantaggio si riduce, ma, a parità di servizio (uso urbano) l’emissione resta inferiore del 35-40% rispetto a quella del corrispondente veicolo convenzionale.

Le linee di ricerca, tre, sono rivolte allo sviluppo di metodologie di progettazione, realizzazione ed assemblaggio di materiali e strutture leggere e riciclabili, ai sistemi di trazione elettrica, allo studio di LCA su queste tecnologie.

Risultati

Sviluppo di moduli integrati, completi di BMS (battery management system)

È stato condotto uno studio, in collaborazione con l’Università di Pisa, per l’identificazione della tipologia più adatta (Litio-ione ferro-fosfato), per range di tensioni di funzionamento e caratteristiche di sicurezza, come alternativa alle batterie al piombo per l’avviamento del motore, l’accensione e l’alimentazione degli ausiliari. Sono stati individuati, per le stesse batterie, due settori d’impiego “non automobilistici” in cui è lecito attendersi importanti ricadute, quello dei veicoli “off-roads” e quello della nautica (ausiliari, special-



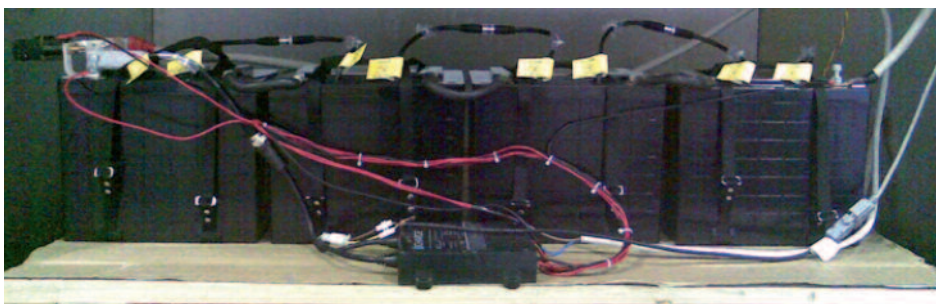
Componenti realizzati con sandwich di schiume metalliche

mente alla fonda, e/o propulsione in aree protette, manovre in porto).

L’analisi del mercato “off roads” ha stimato un “volume” di vendita al 2020 per oltre 500.000 kWh, equivalenti a circa 20.000 auto elettriche di taglia media. Ai fini della standardizzazione, si è definita una taglia piccola (30 Ah) per la batteria d’avviamento, una taglia “media”, 60 Ah, e una grande, 90 Ah, accoppiabili in parallelo per realizzare moduli da 120 Ah e 180 Ah.

Sono state provate in laboratorio celle di quattro diversi fornitori, effettuata la progettazione preliminare per le tre taglie, definite in via preliminare le specifiche progettuali dei relativi battery management systems; è stato realizzato e testato un sistema d’accumulo, 200 Ah/48 V adatto ad un’ampia serie di usi, dal trattoretto da giardinaggio, alla piattaforma aerea, alla motofalciatrice; la sperimentazione fornirà utili elementi per la realizzazione del sistema con i moduli standardizzati da 12V/90Ah.

In collaborazione con l’Università di Pisa è stata condotta un’analisi delle problematiche di monitoraggio ed equalizzazione comuni a tutte le applicazioni veicolari ed un’analisi bibliografica sullo stato dell’arte dei BMS, completata con l’acquisizione e la valutazione comparata in laboratorio di 2 sistemi commerciali, uno dei quali riferito al sistema d’accumulo per il trattoretto.



Sistema d’accumulo Li-Io 200Ah/48 V realizzato e testato in ENEA



Accumulo misto batterie + supercondensatori sviluppato in ENEA



Microvettura Urb-e sviluppata in ENEA

Studio di altri sistemi avanzati di accumulo di energia, quali supercondensatori e sistemi di accumulo misti (batterie + supercondensatori)

Lo studio di sistemi misti batterie+supercondensatori ha evidenziato le condizioni in cui questi possono costituire una valida alternativa alle batterie al litio (Politecnico di Milano). Le valutazioni sperimentali sono state condotte su un sistema a 48 V realizzato nell'ambito del programma, costituito da batterie da trazione (6V/200 Ah) e supercondensatori e da una interfaccia per la gestione dei flussi di potenza sviluppata in collaborazione con l'Università di Padova; l'interfaccia consente la soppressione dei picchi di corrente per le batterie. Le prove hanno permesso di misurare anche un incremento di "capacità estraibile in cicli dinamici", quindi di autonomia del veicolo, pari al 15% in condizioni di massimo sfruttamento dei supercondensatori.

Adattamento di convertitori di piccola potenza ad alto rendimento a veicoli elettrici leggeri, e sperimentazione di sistemi di ricarica rapida

Uno studio in collaborazione con l'Università dell'Aquila ha confermato la possibilità di adattamento per un convertitore di piccola potenza sviluppato per l'uso delle rinnovabili (fotovoltaico e micro-eolico) al quadriciclo ibrido Urb-e dell'ENEA realizzato nel corso di

precedenti attività e riconvertito in versione "pure electric" nell'ambito del programma. Sono state effettuate prove di ricarica rapida ed extrarapida su moduli Li-Ion per la parametrizzazione dei modelli termici delle stesse.

Life-Cycle Assessment energetico ambientale

È stata effettuata la raccolta dati, modellazione e quantificazione del Life Cycle Assessment per batterie Li-Ion di ultima generazione; in particolare, con il supporto del Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali dell'Università di Palermo sono state effettuate le seguenti attività:

- Analisi dello stato dell'arte internazionale sulla LCA applicata alle batterie al Li-Ione. Il contenuto di Li in una batteria è pari a circa lo 0,7% (1,4% in peso) e, sebbene presente nella crosta terrestre in concentrazione inferiore a 0,01% e considerato a scarsa disponibilità, questo utilizzo ha un piccolo impatto in termini di Abiotic Resource Depletion; piccolo è anche l'impatto secondo categorie correlate al consumo energetico. Gli altri metalli presenti nella batteria e nel BMS e i processi di realizzazione danno invece un contributo significativo.
- Valutazione energetico-ambientale delle batterie, comprensive del sistema BMS (Battery Management System), tramite l'applicazione della metodologia LCA (ISO 14040). Per la fase di uso i dati primari derivano dalle prove presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi (DESE) Università di Pisa. Oggetto dell'analisi le batterie litio ferro-fosforo, di taglia 30, 60, 90 Ah e con tensione nominale di 14 V.
- Definizione del data set conforme all'International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook per la gestione e documentazione dei dati raccolti ed elaborati.

Analisi dello stato dell'arte e qualificazione chimico/fisica di AFS standard e sviluppo di processi di schiumatura innovativi

Sono stati acquisiti e qualificati sia precursori sia pannelli Aluminum Foam Sandwich. In collaborazione con l'Università di Roma Tre, Dipartimento di Ingegneria meccanica ed industriale, sono stati analizzati i materiali base mediante test di microscopia ottica ed elettronica con analisi semi quantitativa dei componenti.

L'analisi SEM EDS dei precursori ha permesso di valutare la composizione chimica e la distribuzione delle particelle costituenti (alluminio SiC e TiH₂) e di mettere in luce la presenza di elementi apparentemente estranei quali Ag e Pb, che molto probabilmente giocano un ruolo determinante nella creazione del legame core-pelle. L'Università Tor Vergata ha condotto studi

per la produzione di schiume di alluminio su scala di laboratorio, ottimizzando i parametri in termini di tempi, temperature, contenuto e dimensioni di SiC e TiH₂. Questi studi, condotti in laboratorio e su pellet piccola dimensione, andranno replicati per verificare se per componenti di maggiori dimensioni i parametri debbano subire modifiche sia per la dimensione dei componenti che per quelle delle apparecchiature da utilizzare.

Lo studio dei parametri preliminari di schiumatura sui precursori commerciali è stato effettuato in ENEA su micro pellet mediante un DSC (Differential Scanning Calorimeter).

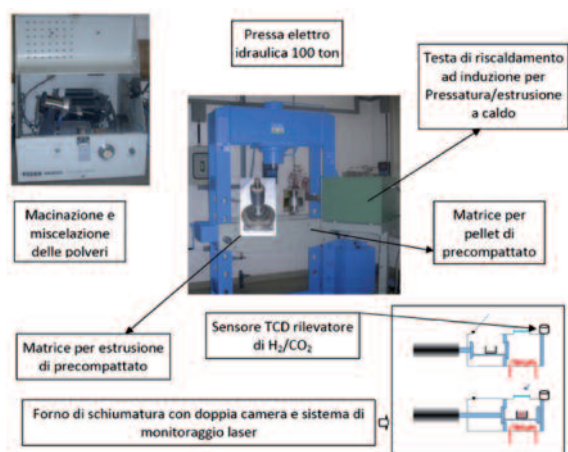
È stata progettata e collaudata un'attrezzatura specifica per la realizzazione di test di flessione su 4 punti in conformità allo standard ASTM C393 "Flexural Properties of Sandwich Constructions" da applicare sulla macchina di prove universali MAYES da 100 kN.

L'analisi dello stato dell'arte sui processi di produzione di schiume e pannelli AFS ed i test sperimentali condotti hanno permesso di individuare il processo di Metallurgia delle Polveri (MP) come tecnologia più adatta allo sviluppo di processi di produzione di componenti in schiuma metallica di alluminio.

È stato progettato un impianto pilota per la produzione dei precursori (pressa/estrusore) che grazie ad un apposito forno con doppia camera, calda e fredda, permette di studiare il processo di schiumatura di nuove miscele su componenti di dimensione rappresentativa.

Sviluppo delle tecnologie di giunzione

Sono stati realizzati i piani sperimentali a due differenti velocità definendo le finestre in termini di focalizzazione, deflessione e corrente di saldatura mediante EBW e testati tre differenti tipi di inserto per l'accop-

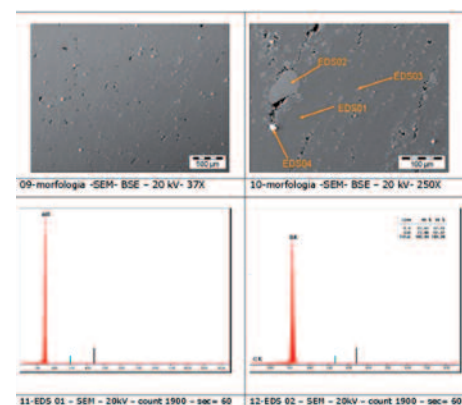
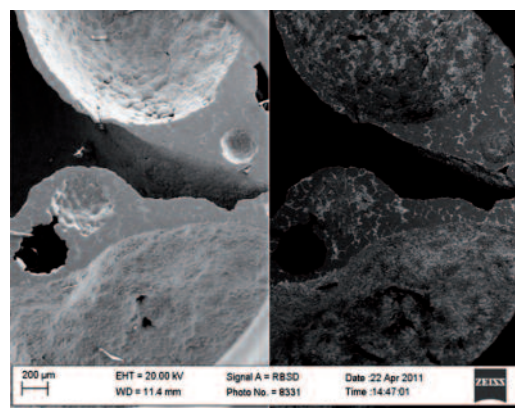


Schema dell'impianto pilota per la produzione di schiume metalliche ENEA

Area di ricerca: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto 3.5: Nuovi materiali e componenti innovativi per i mezzi di trasporto

Referente: G. Pede, giovanni.pede@enea.it



Analisi SEM EDS delle schiume (microstruttura dei pori e delle pareti) e dei precursori

piamento AFS-AFS e AFS con strutture primarie in estrusi di alluminio. È stato sviluppato un processo di saldatura laser TIG ad alta produttività con velocità di saldatura fino a 3 metri al minuto.

Sviluppo di processi di ibridizzazione di microsferiche metalliche con polimeri termoplastici e per l'impiego di fibre naturali in compositi termoplastici

Oltre alla realizzazione di WPC (Wood Polymer Composite), è in corso di sperimentazione la preparazione di compositi polimerici a base di resine riciclabili e biodegradabili rinforzati con fibre naturali.

Il programma prevede la preparazione di compositi mediante melt compounding utilizzando le matrici termoplastiche acquisite e le fibre corte naturali, e mediante il processo di laminazione utilizzando matrici e fibre naturali, insieme alla caratterizzazione meccanica mediante prove statiche di trazione (e flessione). Sono in corso prove preliminari finalizzate alla produzione di materiali cellulari ibridi a base di resine termoplastiche e sfere cave ed alla loro caratterizzazione micro strutturale.