

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Nuovi materiali e componenti innovativi per i mezzi di trasporto

Scenario di riferimento

Il settore dei trasporti assorbe una quota parte notevole dei consumi finali di energia che si assesta al 31% dell'energia primaria. Nel 2009, la domanda finale d'energia nel settore dei trasporti è stata di 42,5 Mtep, di questi, circa i 2/3 sono dovuti al trasporto passeggeri, la restante parte al trasporto merci, e sono entrambi dominati dalla modalità stradale (l'89% del trasporto passeggeri e il 93% di quello merci). La Direttiva 32/2006/CE sull'efficienza energetica negli usi finali richiede l'adozione di un obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico al 2016 pari al 9% del consumo di riferimento all'entrata in vigore della stessa.

Qualsiasi sia il tipo di propulsione e il tipo di vettore per il trasporto, l'incremento di efficienza nello sfruttamento dell'energia primaria, sintetizzato spesso con l'acronimo anglosassone WTW (Well To Wheel) ovvero efficienza dal pozzo alla ruota, passa dal miglioramento del rendimento di conversione, ottenibile anche attraverso un maggiore impiego di veicoli elettrici, e dall'alleggerimento dei vettori per il trasporto. Considerando che il minor impatto ambientale della trazione elettrica rispetto a quella termica, in termini di CO₂/kWh alla ruota, favorisce l'estensione dell'elettrificazione dei trasporti, acquistano rilevanza in questo settore i risparmi in termini di energia elettrica e di costi di investimento e gestione.

Nel campo dell'elettrificazione del trasporto uno dei problemi è la scarsa disponibilità commerciale di batterie Li-Io modulari standard. Infatti, pur in presenza di molti produttori di celle, pochi sono i produttori di moduli e sistemi. I grandi gruppi automobilistici sono in grado di superare tali difficoltà stipulando accordi specifici ma ciò non può essere fatto dalle PMI. La disponibilità di

elementi modulari consentirebbe ai vari operatori di soddisfare le esigenze applicative a prezzi più contenuti.

I sistemi di accumulo basati sui supercondensatori trovano sempre più applicazione nel settore energetico (eolico) ma soffrono la concorrenza delle batterie nel settore dei trasporti, pur essendo i due sistemi complementari.

Lo sviluppo dei sistemi di ricarica rapida è indispensabile per garantire la diffusione delle micro vetture, nuovo segmento "sub A" e quadricicli, che porterà a ridurre in modo considerevole la taglia delle batterie per l'uso urbano dell'auto, abbattendone i costi.

La riduzione del peso è il metodo più diretto per ridurre il consumo di carburante e le emissioni dei mezzi di trasporto. Si stima che una riduzione del 10% di peso porti a una riduzione di carburante di circa il 7% e questo comporta che per ogni kg di peso risparmiato si riduca di circa 20 kg l'emissione annua di CO₂.

L'alleggerimento del veicolo può essere perseguito tramite l'uso di nuovi materiali (polimerici e metallici cellulari) e con lo sviluppo di nuovi processi tecnologici di produzione e assemblaggio.

Riguardo i materiali polimerici, in Europa e negli Stati Uniti, due sono le aree di principale interesse: la sostituzione delle matrici termoindurenti con quelle termoplastiche e l'utilizzo di resine e fibre da fonti naturali.

Nel campo dei materiali metallici cellulari l'attività in Europa e nel mondo sulle schiume metalliche è volta da un lato allo sviluppo di tecnologie che consentano una riduzione dei costi delle schiume di alluminio e al miglioramento dell'omogeneità dei prodotti, dall'altro a innovazioni quali lo sviluppo di procedimenti per la produzione di schiume di acciaio per usi strutturali e l'ibridizzazione con materiali polimerici per componenti economici a elevato assorbimento di energia. Molto

interessanti sono le nuove applicazioni, oltre che nel settore della produzione di componenti per automobili di alta fascia, anche nel settore ferroviario (ITINO Bombardier).

Obiettivi

Il progetto mira a sviluppare nuove tecnologie e componenti per perseguire il risparmio energetico nel settore dei trasporti e l'estensione della elettrificazione dei trasporti su gomma e a sviluppare materiali, componenti e tecnologie per la riduzione del peso dei vettori per il trasporto.

Il progetto è suddiviso sostanzialmente in tre linee di ricerca: la prima è dedicata allo sviluppo di componenti a maggiore efficienza energetica per il veicolo elettrico; la seconda ai nuovi materiali e tecnologie per l'alleggerimento dei veicoli e la terza all'analisi del Life Cycle Assessment energetico ambientale e del Risk Assessment dei sistemi di accumulo.

Risultati

Sviluppo di moduli integrati, completi di BMS (Battery Management System)

A valle di studi svolti in collaborazione con l'Università di Pisa, che avevano identificato il litio-ferro-fosfato come la tipologia di chimica più adatta per realizzare con batterie al litio l'alternativa alle batterie al piombo per avviamento e trazione di veicoli elettrici off-road, sono state eseguite prove su campioni di dette batterie, ne è stato studiato il comportamento termico e progettato il sistema di raffreddamento ad aria e il sistema elettronico di controllo (Battery Management System BMS).



Moduli Li-Io 12V/100-60-30 Ah

Come risultato finale sono stati realizzati, completi di sistema di raffreddamento individuale e BMS con bilanciamento attivo delle batterie (cioè idealmente senza dissipazione energetica):

- due moduli di avviamento: da 30Ah e 60Ah;
- tre moduli di trazione: da 30Ah, 60Ah, e 100Ah, rispettivamente piccola, media e grande taglia;
- un dimostratore consistente in un sistema batterie 48V – 100Ah (per un piccolo mezzo da giardinaggio) costituito da 4 moduli da 100 Ah.



Sistema dimostratore 48V – 100Ah

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

L'attività, sviluppata negli anni precedenti in collaborazione con l'Università di Padova, è stata completata con "prove vita" di confronto tra due pacchi batterie piombo-acido, uno impiegato da solo, l'altro "assistito" da supercondensatori. Il pacco "non assistito" subisce un progressivo degrado delle prestazioni, l'altro, dopo una perdita iniziale minima, conserva inalterate le sue prestazioni "in potenza". L'incremento di durata della batteria (circa 3 volte) più che compensa il costo di supercondensatori e elettronica.

Tecnologia e applicazioni della ricarica rapida al trasporto pubblico locale

La ricarica rapida è il modo più efficiente per ridurre pesi, ingombri e costi del pacco batteria, contribuendo inoltre ad avvicinare le modalità d'uso del veicolo elettrico a quelle del veicolo tradizionale. Una soluzione molto interessante è utilizzare in modalità "reverse" l'elettronica di potenza del motore di trazione, intervenendo solo sul software di controllo.

L'alternativa "caricabatteria a terra" consente l'impiego di un accumulo stazionario, possibile elemento in comune tra due reti, quella della mobilità e quella dell'energia. Lo studio ha dimostrato come entrambe le soluzioni rendano possibile una sostanziale riduzione dei costi, con minor costo di investimento nel caso del caricabatteria a bordo, maggiore flessibilità d'esercizio e migliore adattabilità al parco veicoli attuale del sistema "tutto a terra".

Life-Cycle Assessment energetico ambientale

Sono stati condotti studi sia sulle batterie a litio che sui materiali strutturali Aluminium Foam Sandwich (AFS). Per quanto riguarda le batterie, è la fase di produzione ad avere il maggiore impatto. Riguardo l'Ecodesign del case e del BMS dei moduli da 30, 60 e 90 Ah, ipotizzando l'uso di differenti materiali per il case dei moduli (acciaio, alluminio e polipropilene) gli studi hanno mostrato che il polipropilene offre la soluzione a minor impatto, segue l'acciaio; l'impatto è maggiore in generale per le taglie inferiori. Uno studio analogo è stato effettuato sui materiali leggeri strutturali prendendo come caso di studio la produzione di un elemento di AFS. È stato verificato come sia l'alluminio delle pelli e delle polveri ad aver e il maggiore impatto ambientale in particolare se si considera l'impiego di alluminio primario. L'impiego di alluminio riciclato permette di ridurre notevolmente gli impatti senza riduzioni di caratteristiche rilevanti.

Upscaling dei processi di produzione: schiume di alluminio, estrusi rinforzati e pannelli sandwich con core in schiuma di alluminio

In collaborazione con l'Università Tor Vergata si è proceduto alla qualificazione chimico fisica dei prodotti commerciali, allo sviluppo di procedure di fabbricazione di nuove miscele con adeguati sistemi di predizione delle caratteristiche (reti neurali e Design of Experiment) e alla progettazione di un laboratorio per l'upscale del processo di produzione di precursori e componenti in schiuma metallica di alluminio. È stata allestita una pressa di compattazione ed estrusione di polveri di alluminio fino a 100 cm³ ed è stato sviluppato un forno di schiumatura che permette di manipolare, con cicli automatici, campioni con volume fino a 2500 cm³.

L'obiettivo finale è dimostrare la fattibilità industriale del processo per la realizzazione di estrusi di alluminio rinforzati.



Laboratorio compattazione precursori e schiumatura di componenti in schiuma metallica (cilindro di alluminio rinforzato con schiuma eutettica di alluminio)

Fabbricazione, progettazione e simulazione di componenti per l'alleggerimento strutturale di vettori per trasporto

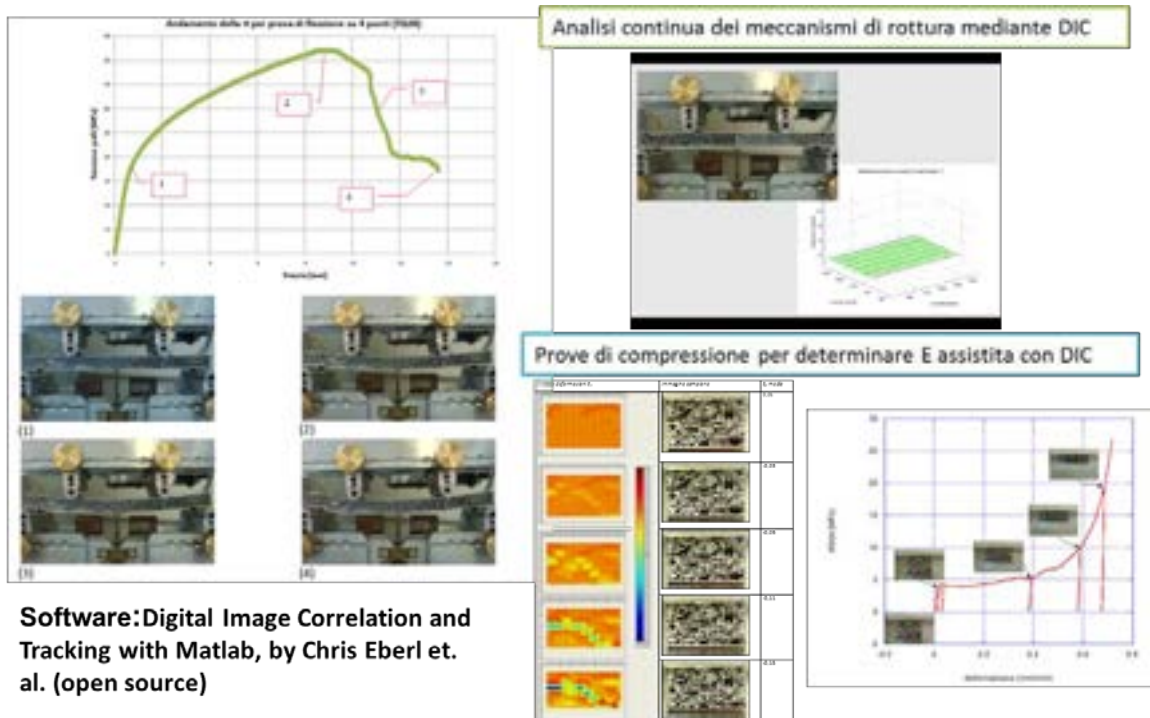
La caratterizzazione meccanica, a flessione e a compressione, è stata condotta da ENEA con l'implementazione di tecniche di analisi assistite DIC in collaborazione con l'università Roma Tre che ha sviluppato anche un sistema di analisi per la rilevazione degli stress residui nelle pareti dei pori delle schiume metalliche a livello sub micrometrico. Tali tecniche sono particolarmente adatte al tipo di materiale in quanto permettono di individuare precocemente le zone di innesco della rottura. Le prove di caratterizzazione, condotte sul materiale base e sui giunti saldati (Laser e Electron Beam),

hanno evidenziato una correlazione fra resistenza meccanica e densità media dei campioni misurata con analisi radiografiche. Uno studio per l'impiego di questi materiali nel settore ferroviario, con la riprogettazione del pavimento flottante delle carrozze passeggeri dei treni, ha dimostrato un possibile risparmio di peso del componente superiore al 60%. A questo va aggiunto il miglioramento del confort per il maggiore smorzamento acustico e vibrazionale caratteristico dei materiali cellulari.

Ibridizzazione di microsfere metalliche con polimeri termoplastici e impiego di fibre naturali in compositi termoplastici

Il DIMP dell'Università Napoli Federico II° ha sviluppato un processo di produzione (Rubber Forming) per la realizzazione di compositi in polietilene ad alta densità rinforzato con polpa

di legno (WPC) e fibre naturali di canapa lunghe e corte. È stata testata la resistenza a trazione del materiale e quella di uno specifico componente con esso realizzato (una mensola), e valutata anche la riciclabilità. L'incremento di resistenza varia da circa il 50% con il rinforzo in solo WPC a oltre il 125% con il rinforzo a fibra lunga di canapa. L'ENEA ha studiato come i parametri di processo di stampaggio (pressione, tempo e temperatura) influenzino le caratteristiche di compositi polimerici a base di PLA (Acido Polilattico) e bio tessuti a elevata riciclabilità (commingled). È stato infine migliorato, in termini di porosità e produzione giornaliera, il processo di realizzazione di granuli metallici di alluminio mediante l'impiego di resine epossidiche e pirolisi.



Caratterizzazione meccanica degli AFS e dei giunti saldati mediante prove di flessione e prove di compressione assistita da DIC

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

Progetto 3.5: Risparmio di energia elettrica nei mezzi di trasporto: nuovi materiali e componenti innovativi per i mezzi di trasporto

Referente: Giuseppe Barbieri, giuseppe.barbieri@enea.it

Novembre 2012

Documenti tecnici e aggiornamenti disponibili sul sito ENEA: www.enea.it