

Progetto da sviluppare nell'ambito del Laboratorio "Nanotecnologie per l'Energia"

1. Introduzione

Il parametro fondamentale di cui occorre tener conto in tutti i progetti presenti e futuri riguardanti le questioni energetiche, è il coefficiente denominato "Energy Return On Energy Investment" (EROEI), e scegliere selettivamente solo quelli in cui il 'guadagno' energetico (rispetto all'energia investita), è più elevato. Molte delle attuali proposte di produzione energetica a livello internazionale (come per esempio la produzione di combustibili liquidi dalle scisti bituminose, di bioetanolo dal mais, o anche di energia elettrica dalla fissione nucleare), hanno un EROEI molto modesto (compreso fra 1.5 e 8). Fra i progetti con la resa energetica più elevata, quelli relativi al risparmio energetico (connesso in particolare con il miglioramento delle prestazioni termiche degli edifici), sono fra i più promettenti (EROEI > 25).

E' noto d'altro canto che l'edilizia civile assorbe oltre un terzo dei fabbisogni energetici dei paesi sviluppati e costituisce quindi un'area di intervento in cui i potenziali investimenti darebbero i risultati più rapidi ed incisivi.

2. Materiali per il risparmio energetico

Il problema della dinamica termica degli edifici ha un corrispettivo fisico nel familiare fenomeno della carica e scarica di un condensatore in un circuito RC. Per migliorare la risposta del sistema si può quindi agire sia sulla resistenza termica verso l'ambiente R, sia aumentando la capacità termica dell'edificio C. Da questo punto di vista, è ben noto che le costruzioni meno recenti, con pareti in pietra molto spesse, risultano fresche d'estate e relativamente calde d'inverno. Questo comportamento è dovuto in gran parte alla loro maggiore inerzia termica.

Le tecnologie moderne permettono di intervenire sull'inerzia termica degli edifici senza dover ricorrere ad involucri di spessore elevato, (che oggi non avrebbero un gran senso costruttivo). Il metodo consiste nel ricorrere ai cosiddetti Phase Change Materials (PCM), che usano come "ballast termico" il calore latente di fusione del materiale stesso. La Fig. 1 mostra la caratteristica termica di un materiale in prossimità del suo punto di fusione.

Fig.1 Andamento qualitativo della temperatura di un solido in funzione della quantità di calore erogata al materiale. In corrispondenza della temperatura di fusione, la temperatura non aumenta fino a quando il solido non è fuso completamente.

Poiché la capacità termica del materiale è data dall'inverso della derivata della curva mostrata, essa risulta "infinita" (cioè in pratica molto elevata) in corrispondenza del punto di fusione.

3. Phase Change Materials

Allo scopo di ottenere un miglior comportamento termico degli edifici, si è pensato recentemente di ricorrere a materiali a base di opportuni "Phase Change Materials" (PCM) [1]. La loro caratteristica consiste nel fatto che quando il materiale arriva al punto di fusione (opportunamente scelto), assorbe notevoli quantità di calore senza cambiare temperatura, (fino a che non è completamente fuso). E' quindi evidente che se nei materiali costruttivi viene incorporata una quantità sufficiente di un PCM con punto di fusione ad una temperatura appropriata, questo impedirà all'ambiente interno all'edificio di riscaldarsi eccessivamente (anche in presenza di temperature esterne elevate), mentre lo manterrà caldo a lungo anche quando la temperatura esterna si abbassa.

Attualmente la BASF commercializza i pannelli "SmartBoard", costituiti da materiali a base di gesso, mescolato con "Micronal®" (PCM a base di microparticelle di miscele di paraffina di diverso peso molecolare, incapsulate in plastica acrilica con punto di fusione a 25 °C).

La Fig. 2 mostra i risultati ottenuti per un edificio nel corso di una sperimentazione con PCM.

Fig. 2. Confronto fra temperatura esterna ed interna per un edificio rivestito internamente da pannelli contenenti PCM. Come si può osservare, il Micronal® mantiene la temperatura interna dell'edificio in un intervallo confortevole, anche in presenza di notevoli escursioni termiche esterne.

Utilizzando le tecniche della bioarchitettura, accompagnate da materiali ad alta tecnologia, è attualmente possibile costruire edifici con consumi energetici incredibilmente ridotti rispetto agli standard normali, o addirittura annullati (zero-net-energy-buildings). La Fig. 3 mostra l'immagine di una casa con consumi di energia nulli. -net-energy-buildings). La Fig. 3 mostra l'immagine di una casa con consumi di energia nulli.

Fig. 3. Edificio "Zero-Net-Energy" che usa concetti di architettura sostenibile e materiali high-tech, incluso il Micronal® [2].

Le caratteristiche importanti dei PCM per queste applicazioni sono le seguenti: a) Temperatura di fusione; b) Calore latente di fusione; c) Proprietà chimico fisiche; d) Costo.

Per riuscire ad entrare nella pratica costruttiva, le caratteristiche che si richiedono ai PCM sono le seguenti:

- 1) Temperatura di fusione “programmabile” in un largo intervallo per avere massima flessibilità nelle applicazioni;
- 2) Calore latente di fusione più elevato possibile, per minimizzare gli ingombri;
- 3) Proprietà chimico fisiche tali che il materiale sia ignifugo, non-tossico e igrometrico;
- 4) Costo contenuto.

4. Nanotecnologie per lo sviluppo di nuovi “Phase Change Materials”

Il processo di fusione/solidificazione ha origine a livello delle forze intermolecolari. Le nanotecnologie, che studiano le proprietà dei materiali a livello atomico/molecolare, possono rivelarsi decisive per ottenere nuovi PCM di caratteristiche ottimali per ciascuna applicazione. La Fig. 2 mostra un esempio di applicazione di tecniche computazionali di Dinamica Molecolare, alla simulazione a livello sub-nanometrico di una transizione di fase. a livello delle forze intermolecolari. Le nanotecnologie, che studiano le proprietà dei materiali a livello atomico/molecolare, possono rivelarsi decisive per ottenere nuovi PCM di caratteristiche ottimali per ciascuna applicazione.

Fig. 2. Snapshot di una simulazione di Dinamica Molecolare, di un materiale che attraversa una transizione di fase solido-liquido.

Da questo tipo di studio di Nanoscienza teorica è possibile comprendere in dettaglio i processi di fusione/solidificazione e stabilire la dipendenza delle caratteristiche termiche del materiale dalla sua composizione atomico/ molecolare.

Recentemente sono stati effettuati anche studi sperimentali di Spectromicroscopy con radiazione di Sincrotrone [3], che hanno fornito informazioni interessanti sui processi di incapsulamento in microsferule.

Il presente progetto di ricerca si propone di studiare e sviluppare nuovi materiali inorganici con caratteristiche superiori alle paraffine attualmente utilizzate, nonché nuovi metodi di micro e nano-incapsulamento, per conferire al materiale massima flessibilità d'impiego. Il progetto avrebbe un supporto di elevato spessore scientifico da docenti teorici del Dipartimento di Fisica e la possibilità di usufruire di una delle migliori facilities di

Spectromicroscopy a livello internazionale [4]. La Fig. 3 mostra il principio di funzionamento di una beamline di Spectromicroscopy. di funzionamento di una beamline di Spectromicroscopy.

Fig. 3. Disegno schematico di una beamline di spectromicroscopy.

La caratteristica scientifica più saliente della sperimentazione che utilizza la spectromicroscopy consiste nel riuscire ad ottenere informazioni con una risoluzione laterale intorno ai 30 nanometri ed avere nel contempo informazione “chimica” (natura degli elementi chimici presenti e loro stato di ossidazione).

Oltre alle indagini teoriche e sperimentali atte ad approfondire la comprensione dei fenomeni atomico/molecolari in gioco durante la transizione di fase (e a fornire la guida per la progettazione e lo sviluppo di nuovi materiali), sarebbe opportuno affiancare al progetto studi di simulazione del comportamento di edifici per effetto di varie configurazioni d'uso di materiali contenenti PCM. La contiguità di questi diversi tipi di ricerca potrebbe assicurare una rapida permeazione del mercato, una volta ottenuti i primi risultati significativi.

5. Riferimenti Bibliografici

- [1] D. P. Bentz and Randy Turpin, “Potential applications of phase change materials in concrete technology”, *Cement & Concrete Composites* 29, 527 (2007)
- [2] M. Cucinella, “Prototype home: Zero net-Energy House”, *Green Architecture*, February 2009
- [3] G. Tzvetkov, B. Graf, R. Wiegner, J. Raabe, C. Quitman and R. Fink, “Soft X-ray spectromicroscopy of phase-change microcapsules”, *Micron* 39, 275 (2008)
- [4] M. Kiskinova, "Spectromicroscopy studies with high spatial resolution", *Surf. Rev. Lett.* 7, 447 (2000)