



**Alcune tendenze delle nanotecnologie,
per evidenziare particolari effetti elettrostatici.**

Sintesi.

Per analizzare le ragioni di recenti successi nell'incremento delle prestazioni di alcuni polimeri nano-compositi, possiamo ricorrere a due "case studies": quello del nailon nano-strutturato e quello del polipropilene nano-strutturato. Questo studio potrà offrire alcune linee di ragionamento da collocare in un quadro generale e da agganciare ad un recente (8 ottobre 2012) compendio Europeo sulle nanotecnologie. Questo esercizio offrirà uno sfondo sul quale porre in rilievo le aree in cui l'elettrostatica e i suoi effetti potrebbero assumere un'importanza notevole nel panorama delle nanotecnologie.

Parte Prima.

Come è possibile modificare un polimero termoplastico in modo che abbia prestazioni molto maggiori? Prima devo capire a quali prestazioni mi riferisco, per esempio posso pensare al carico di rottura (se usassi il polimero per una fune di ascensore, quanti quintali porterebbe prima di rompersi?) oppure posso pensare all'energia che assorbe una sezione nel rompersi (se lo usassi nel paraurti di un'auto, quanta energia assorbirebbe il polimero, in un urto?)

NB E' meglio che l'energia venga assorbita dal paraurti di un'auto piuttosto che dai passeggeri.....

Per rispondere a queste domande devo sapere come è fatto "dentro" un polimero termoplastico. Si tratta di una robusta catena di meri (anelli) composta da atomi collegati da legami forti e ripiegata più volte su se stessa e con catene vicine. Le catene sono disposte fianco a fianco e sono "incollate" fra loro per mezzo di legami deboli. Allora, il polimero "tiene" meccanicamente tramite la sua catena di legami forti? NO. Varie prove hanno dimostrato che esso tiene tramite i legami che stanno a fianco delle catene stesse. Sono legami deboli, ma numerosissimi e il loro effetto si somma.

Dunque, per influire sul carico di rottura (oppure sull'energia di rottura) posso "agire" sulla numerosità dei legami "deboli" oppure posso farli diventare più intensi. Poiché sono già "impacchettati" è difficile renderli più numerosi, nello stesso spazio. Invece, sfruttando la



differenza fra legami di superficie e legami di volume, posso rendere i legami “deboli” un po’ piu’ intensi. Infatti se ho due materiali con densita’ diversa, si forma sempre un “legame di superficie”: p.es. la tensione superficiale, su scale micrometriche aiuta gli insetti o le briciole a “stare a galla” in un bicchiere d’acqua. Invece, se pongo briciola o insetto dentro l’acqua, la densita’ di materia (acqua) tutto intorno e’ costante, quindi...essi cadono sul fondo del bicchiere. A scale nanometriche questo effetto e’ piuttosto forte: se si riesce ad introdurre un “mezzo sfogliabile” (si vedano Fig. 1 e Fig.2)

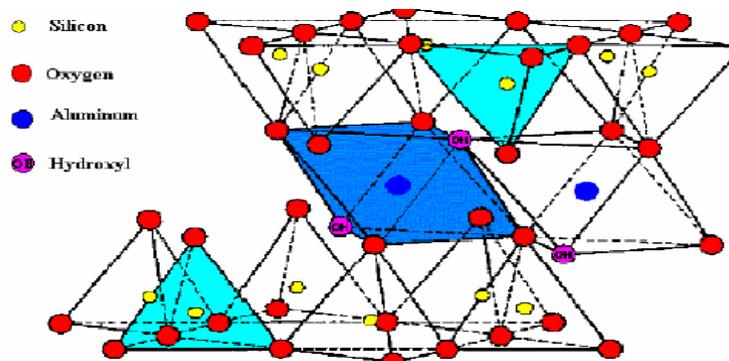


Fig.1 Cristallo di Montmorillonite

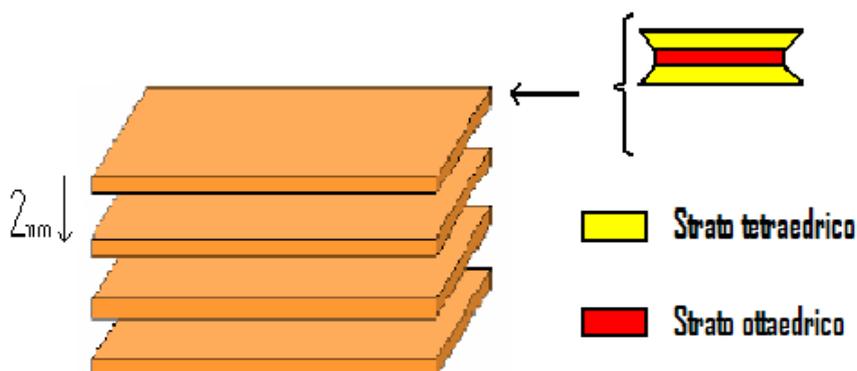


Fig 2 Esempio di fillosilicato (argilla)

(fatto di tante foglie spesse soltanto frazioni di nanometro) che colleghi strati (spessi 2-3 nanometri) di catene polimeriche con uguali strati di catene polimeriche (come in un sandwich, allora i legami posti in serie diventano tutti o legami forti o legami “di superficie”, cioe’ dotati di maggior forza di legame. Si noti che lo spazio fra due strati deve essere



reso compatibile (v. Fig.3) tramite una sostituzione di ioni inorganici con appositi ioni organici: questa e' un'operazione relativamente delicata. Semplice in teoria, ma meno semplice nella realta' industriale..

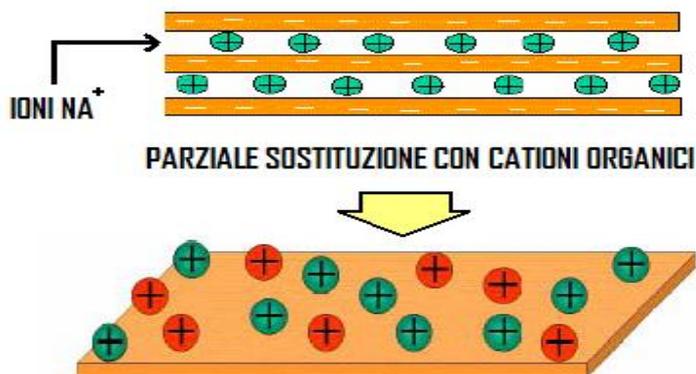


Fig. 3 Compatibilizzazione argilla/polimero

La teoria dice questo, la pratica a volte conferma e a volte non conferma. Allora l'effetto "di rinforzo meccanico" delle nano-tecnologie e' vero o non e' vero ? Possiamo dire che e' vero sotto certe condizioni: devono formarsi ed essere efficaci gli "effetti di superficie". Per esempio, molto dipende dalla possibilita' che le catene polimeriche (Fig.4) hanno di essere attratte dentro allo spazio fra due sfoglie (effetto di superficie): occorre trattare opportunamente quello spazio, altrimenti le catene polimeriche NON entreranno.

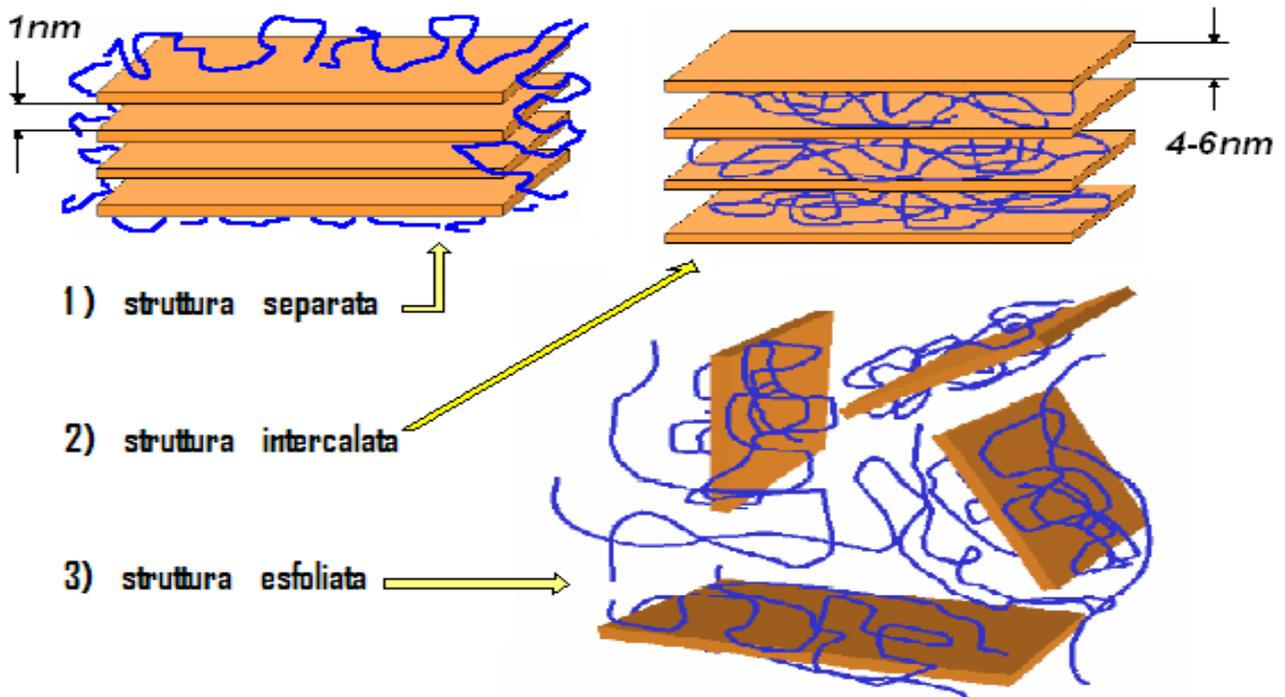


Fig. 4 Esempi di collocazione di strati e di catene polimeriche

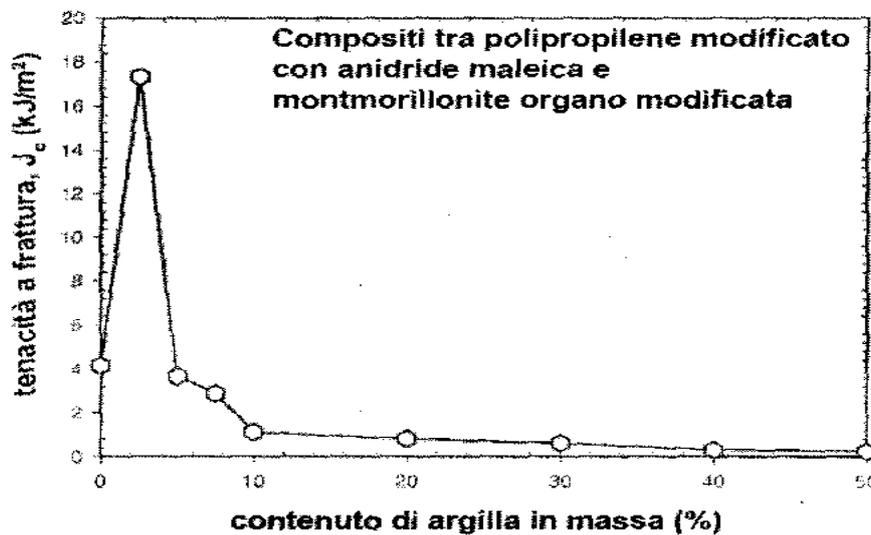


Fig.5 Esempi di correlazione tra energia di frattura e percentuale di argilla in polipropilene nano-strutturato

Poi occorre evitare che i “sandwich” si agglomerino: altrimenti la presenza di legami di superficie diventa NON-efficace: si formeranno agglomerati da 1 micron o piu’ di diametro, la cui dinamica e’ dominata da effetti di volume. Quindi NON avremo un aumento delle



forze “deboli”. Anche per questo compito, evitare l’agglomerazione, occorre introdurre opportune contromisure.

Se si riesce ad ottenere entrambi gli effetti, si e’ a buon punto.

E’ necessario poi ricordare che il polimero nano-strutturato deve essere “lavorato”: reso plastico (tramite azioni meccaniche e temperatura), per esempio tramite estrusione oppure tramite fusione in stampo (Fig. 6 e Fig. 7).



Fig. 6 Strato protezione motore della Maserati

Anche in questo caso occorre trovare delle soluzioni (forme, profilo di temperatura e velocita’ di avanzamento) empiriche.

Ovviamente occorre partire da un polimero “interessante”: a basso costo, con applicazioni potenziali o sicure (per gli investimenti economici). L’impiego di nailon e di argilla (p.es. sepiolite oppure montmorillonite) conduce a buoni risultati: vedasi caso sotto-cofano Maserati. Un altro caso, recentissimo, ha visto l’impiego di polipropilene e di montmorillonite: qui la non aggregazione veniva ottenuta senza aggiunte di additivi, si “lavorava” su polimero stesso. Produzione: paraurti di automobili e altri componenti per auto.



Fig. 7 Alloggio ruota di scorta realizzato in polipropilene nano strutturato (con fillosilicati e agente distaccante)

Seconda parte.

E' evidente che le nanotecnologie "at large" hanno occupato e occupano una posizione vasta ed importante in diversi settori tecnologici (sono un po' una nuova "chimica delle macromolecole": con queste regole ci

Possiamo costruire di tutto, dai nano materiali alle nano medicine..., ma e' anche evidente che ci vorranno delle nuove regole, che vanno dalla protezione dei cittadini (interazione con il mondo esterno al corpo umano) alle analisi per verificare la presenza o il rilascio di particelle, dalle normative giuridiche alle nuove normative tecniche, dall'analisi del rischio alle caratteristiche di efficacia di nuove tecniche, etc etc..

NB Un buon compendio, da molti punti di vista, e' offerto dal documento COM (2012) 572 final, (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0572:FIN:en:PDF>), rilasciato il 3 ottobre 2012, che, rappresenta una "regulatory review" della Commissione Europea. Si tratta del documento più completo in assoluto sullo scenario internazionale.

Terza parte.

Ci si aspetta che vengano ri-esplorati presto alcuni settori, come quello degli effetti elettrostatici presenti a scale/geometrie nanometriche. Qui si hanno:



- sia effetti locali (a livello singolo atomo o poco piu') operanti nel quadro di fenomeni rapidi su stringhe di atomi, come nel caso di scintille oppure di combustione all'interno della camera di scoppio di un motore,

- sia effetti localizzati (di superficie) nel quadro di fenomeni lenti, come nel caso di invecchiamento elettrico o meccanico osservato a geometrie nanometriche.

Evidentemente, vi sono fenomeni che avvengono in "ambienti" inclini a tali eventi (si ricordi la famosa triade: combustibile, comburente, scintilla), come gli incendi o gli scoppi, oppure come il rallentare dell'avanzamento di cricche su materiali super-sollecitati.

Si tratta di fenomeni "collettivi" ancora poco esplorati, in cui, tuttavia vale un monito: un fenomeno collettivo e' tale perche' riguarda una proprieta' legata all'insieme di molti atomi o segmenti nanometrici. Quindi si tratta di un tema pluri-localizzato che e' molto arduo affrontare a livello nano-metrico oppure interatomico. Se non si fa attenzione, si corre il rischio di porsi delle domande sbagliate: tipo "quale e' la conduttivita' di un'atomo di Rame" ?