

Su nanotecnologie e sicurezza occupazionale raccomandazioni per il controllo dell'esposizione

di **Giovanna Tranfo**

ricercatore Dipartimento Igiene del Lavoro, Laboratorio Biochimica Applicata al Lavoro - ISPESL

ISPESL

La parola nanotecnologie contiene il prefisso "nano", utilizzato nel sistema mks delle unità di misura per indicare l'ordine di grandezza 10^{-9} , nanogrammo, nanometro, nanosecondo. I nanomateriali sono, perciò, caratterizzati da una dimensione che va da 10^{-7} a 10^{-9} metri che in natura corrisponde alle dimensioni del DNA, degli enzimi proteici e delle particelle virali. Si parla, in senso più generale, anche di nanoscienze, mentre più in particolare si fa spesso riferimento ai nanomateriali. Molte industrie sono coinvolte nell'utilizzo di nanotecnologie, per la produzione, in primo luogo, di nanomateriali molti dei quali non ancora commercializzati perché ancora in uno stadio sperimentale. Le nanoparticelle prodotte con questa tecnologia vengono impiegate come ingredienti o additivi di sostanze già esistenti, fissate, libere o sospese in matrici fluide, e hanno un notevole impatto sull'ambiente e sulla salute e sicurezza delle persone.

Osservatorio a cura dell'Ufficio Relazioni con il Pubblico

Cosa sono le nanotecnologie

Le nanotecnologie sono definite come la progettazione, caratterizzazione, produzione e applicazione di strutture, strumenti e sistemi la cui forma e dimensioni sono determinate al livello dei nanometri.

Due sono i principali fattori che fanno sì che i nanomateriali abbiano proprietà significativamente differenti dagli altri materiali:

- la maggiore estensione superficiale, per cui una data massa di materiale in forma di nanoparticelle sarà molto più reattiva della stessa massa di materiale fatta di particelle più grandi;
- gli effetti quantici, che influenzano il comportamento ottico, elettrico e magnetico dei materiali.

Molte sono le industrie coinvolte in attività correlate alle nanotecnologie, prima la produzione di nanomateriali, dei quali solo una piccola parte è già commercializzata, mentre moltissimi sono ancora a uno stadio sperimentale, di seguito si propongono alcuni esempi:

- **nanotubi di carbonio** - sono meccanicamente molto resistenti e conducono estremamente bene la corrente elettrica. Possono essere utilizzati per rinforzare materiali compositi, costruire sensori, componenti di nanoelettronica e display di strumenti;
- **nanocavi** - sono fili ultrafini che hanno potenziali applicazioni nella costruzione di memorie ad alta densità;

- **nanoparticelle** - mostrano una reattività chimica e un comportamento ottico nuovo rispetto a particelle più grandi del medesimo materiale. Sono largamente rappresentate in natura, per esempio dai prodotti di attività vulcanica e fotochimica, e come conseguenza di attività antropiche dai prodotti di combustione e cottura di cibi e dall'inquinamento veicolare.

Le nanoparticelle appositamente prodotte trovano applicazioni come ingredienti o additivi di prodotti esistenti. Che siano fissate, libere o sospese in matrici fluide, le loro proprietà influenzano in modo significativo il loro impatto ambientale e sulla salute e la sicurezza. Applicazioni correnti sono la produzione di cosmetici e schermi solari, l'uso in materiali compositi e di rivestimenti con proprietà innovative, come, per esempio, le finestre autopulenti, rivestite di un film di biossido di titanio che in nanoparticelle risulta trasparente, idrorepellente e antibatterico.

Usate nei tessuti permettono di produrre tessuti traspiranti, idrorepellenti, antimacchia e con elevate prestazioni elastiche e termiche. Incorporando delle nanoparticelle nelle vernici le si possono rendere più leggere e resistenti all'usura. Sono usate come additivi nei carburanti, nella fabbricazione di schermi e di batterie ultraleggere.

La ricerca sta sperimentando nanoparticelle che possano reagire con gli inquinanti pre-

senti nel suolo o nelle acque, trasformandoli in sostanze innocue, e membrane ad alta efficienza per la dissalazione delle acque mediante osmosi inversa.

In campo medico, lo zirconio nanocristallino è un materiale solido, resistente e biocompatibile e rappresenta un'attraente alternativa al titanio e all'acciaio per protesi ortopediche e valvole cardiache. Altre applicazioni sono la veicolazione di farmaci all'interno del corpo umano, lo studio dell'interazione fra farmaci e recettori, la diagnostica non invasiva, con particolare riferimento alla diagnosi precoce dei tumori (entro un anno dalla formazione), che è la strada più promettente per la cura del cancro.

Le implicazioni per la sicurezza, la salute e l'ambiente

Le nanoscienze sono altamente interdisciplinari perché hanno implicazioni in tutti i campi della scienza e della tecnologia e il loro impiego rappresenterà la rivoluzione industriale del 21° secolo. Attualmente, c'è una grave carenza di informazioni sull'impatto che i nanomateriali prodotti industrialmente possono avere sull'ambiente e sulla salute umana, ma allo stesso tempo le quantità prodotte aumentano vertiginosamente di anno in anno.

Esiste la preoccupazione che le stesse proprietà che vengono sfruttate dalla ricerca e

dall'industria, cioè l'elevata area superficiale, la reattività e la capacità di attraversare le membrane cellulari, possano far sì che le particelle siano facilmente trasportate nell'ambiente con effetti negativi e interagire con il materiale cellulare, esacerbando le eventuali proprietà tossiche delle sostanze di cui sono costituite, cioè variando la relazione dose/effetto o utilizzando meccanismi di azione completamente diversi da quelli noti. Il fatto che le nanoparticelle siano di dimensioni confrontabili con quelle dei componenti cellulari e delle proteine suggerisce, infatti, che esse possano eludere le naturali difese delle cellule viventi.

È, quindi, necessario reperire informazioni sul destino ambientale e biologico dei nanomateriali, studiando i modelli di dispersione nell'ambiente e le trasformazioni che essi possono subire.

Inoltre, è opportuno studiare l'esposizione umana e soprattutto occupazionale a questi materiali, le vie di introduzione, il metabolismo, gli effetti sulla salute e le eventuali suscettibilità.

Le nanoparticelle prodotte industrialmente possono essere usate in forma libera o in materiali compositi da cui possono essere, poi, rilasciate o liberate in caso di danneggiamento o rottura. Le particelle rilasciate nell'aria possono essere inalate direttamente o assorbite per contatto cutaneo (come nel caso dei cosmetici) o per ingestione (se aggiunte a cibi o bevande o contenute in cibi contaminati).

Le informazioni principali di cui si dispone sull'inalazione di particelle derivano dallo studio degli effetti dell'esposizione al quarzo, all'asbesto e alle particelle associate con l'inquinamento ambientale. L'inalazione di particelle, anche se con bassa tossicità intrinseca, può causare patologie dei polmoni; la superficie del quarzo cristallino porta alla formazione di radicali liberi e danni ossidativi alle cellule, mentre le fibre di asbesto si accumulano

portando allo sviluppo del mesotelioma, un tumore fatale. Le particelle di *smog*, invece, sono associate a effetti negativi su individui suscettibili, esacerbando problemi cardiaci, polmonari e di asma.

I risultati più significativi della ricerca indicano che le cellule e gli organi mostrano una risposta tossica in seguito all'esposizione a sostanze apparentemente non tossiche, se queste hanno dimensioni nel *range* dei nanometri.

Per quanto riguarda i cosmetici si deve ricordare che essi si intendono per uso su pelle sana, ma se vengono applicati su una pelle danneggiata, come in seguito a scottature da sole, possono penetrare nella pelle provocando, per esempio, un eczema.

La conoscenza del destino metabolico delle nanoparticelle deriva dagli studi di *drug delivery* eseguiti dalla ricerca in campo farmaceutico; è dimostrato che esse vengono inglobate dai macrofagi nel fegato e nella milza e, in funzione della loro solubilità, possono essere escrete dai reni.

Inoltre, è necessario ricordare che nuvole di polveri combustibili comportano un rischio di esplosione che aumenta col diminuire delle dimensioni delle particelle, è necessario, quindi, prendere in considerazione anche questo aspetto.

In ultimo, ai fini di una valutazione del rischio, i metodi di prelievo e di quantificazione delle nanoparticelle pongono seri problemi tecnici. I produttori e i ricercatori, quindi, devono tenere conto delle differenze nel potenziale tossico fra nanoparticelle e particelle di maggiori dimensioni fino a che la loro tossicologia non sia meglio conosciuta ed evitare il più possibile la dispersione di nanomateriali nell'ambiente.

Raccomandazioni per il controllo dell'esposizione occupazionale

L'HSE e il NIOSH hanno organizzato nell'ottobre 2004 il primo Simposio Internazionale

sull'Impatto dei Nanomateriali sulla Salute Occupazionale nelle cui conclusioni sono riportate delle raccomandazioni per l'emanazione di norme che regolino il controllo dell'esposizione ai nanomateriali, che dovranno essere armonizzate a livello internazionale in quanto il sistema di norme esistente è stato considerato inadeguato.

È necessario, quindi:

- determinare il numero delle persone esposte e il livello di esposizione;
- valutare se i limiti di esposizione basati sulla massa sono adeguati;
- valutare quali metodi di misura sono disponibili e studiarne di nuovi;
- riesaminare l'adeguatezza dei dispositivi di protezione personale per le nanoparticelle;
- determinare l'eventuale presenza di gruppi suscettibili fra i lavoratori;
- valutare l'eventuale necessità di associare la notazione "pelle" ai valori limite;
- riconsiderare l'adeguatezza dell'etichettatura e delle schede di sicurezza dei materiali;
- valutare se la nanoforma di un materiale debba essere considerata una nuova sostanza;
- sviluppare una tabella per riunire in categorie o gruppi i nanomateriali ai fini della classificazione e dell'indicazione di limiti di esposizione occupazionali. Per quanto riguarda i valori limite, non vi sono ancora dati sufficienti per stabilirne; inoltre, devono essere messi a disposizione risorse e fondi per lo studio della tossicità e dell'esposizione a nanomateriali, che dovranno essere condotti da *team* multidisciplinari e includere studi multigenerazionali;
- la nomenclatura esistente è stata considerata inadeguata per la descrizione dei nanomateriali;
- raccomandare misure provvisorie e approcci generici fino a che non siano disponibili informazioni più specifiche sui rischi da nanomateriali.

Bibliografia

- Environmental Protection Agency: Impacts of Manufactured Nanomaterials on Human Health and the Environment - FY 2003 Science to Achieve Results (STAR) Program (<http://es.epa.gov>)
- The Royal Society the Royal Academy of Engineering - Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties July 2004 (<http://www.nanotec.org.uk/>)
- Final Report of the First International Symposium on Occupational Health Implications of Nanomaterials - Buxton, England, Oct. 12-14, 2004. (http://www.hsl.gov.uk/capabilities/nanosymrep_final.pdf)