

Tổng luận:

**VẬT LIỆU NANO
TIỀM NĂNG VÀ HIỂM HỌA**

LỜI NÓI ĐẦU

Những năm cuối thế kỷ 20 đã chứng kiến những bước tiến dài và nhanh chóng trong việc thiết kế những vật liệu nano, tức là những vật liệu, cấu phần và sản phẩm có cấu trúc với kích thước chỉ nhỏ vài chục nguyên tử. Khả năng thao tác theo kiểu “may đo” các tính chất của vật liệu dựa trên từng nguyên tử đã tạo ra tiềm năng cải tiến tính năng sản phẩm cho một phạm vi rộng hoạt động của con người: từ y tế tới mỹ phẩm và dược phẩm, từ thông tin và truyền thông tới giải trí, từ giao thông vận tải trên mặt đất tới hàng không vũ trụ, từ các vấn đề năng lượng tương lai tới môi trường và biến đổi khí hậu, từ an ninh tới di sản văn hóa.

Tuy nhiên, bên cạnh những lợi ích to lớn, không thể không tính đến những rủi ro mà những vật liệu nano có thể đem lại cho môi trường sống và sức khỏe con người. Các kỹ thuật chế tạo vật liệu nano có thể gây nguy hại cho sức khỏe và những khảo sát ở động vật đã cho thấy điều này. Vì vậy, trước khi đưa các vật liệu nano vào sử dụng trong đời sống, chúng ta cần phải hiểu được những tác động đối với sức khỏe và môi trường của vật liệu nano và tìm ra những biện pháp phòng ngừa. Nhiều quốc gia đã và đang đưa ra những chương trình và chiến lược để giảm thiểu những rủi ro mà vật liệu nano có thể đưa đến.

Để cung cấp cho bạn đọc cách nhìn tổng quát về vật liệu nano, Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia biên soạn tổng luận “**VẬT LIỆU NANO: TIỀM NĂNG VÀ HIỂM HỌA**”, hy vọng giúp cho người đọc thấy được không chỉ tiềm năng đóng góp của chúng trong tương lai mà cả những thách thức.

CỤC THÔNG TIN KH&CN QUỐC GIA

I. VẬT LIỆU NANO VÀ TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG

1.1. Giới thiệu

Hội Thử nghiệm và Vật liệu Hoa Kỳ (ASTM) đã định nghĩa hạt nano là các hạt có kích thước trong khoảng 1 đến 100 nm, có thể hoặc không biểu hiện các tính chất gia tăng liên quan đến kích thước. Các vật liệu nano thường có kích thước hai hoặc ba chiều trong khoảng từ 1-100 nanomet ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) và có thể được tạo thành từ nhiều vật liệu cơ bản khác nhau (cacbon, silic và các kim loại như vàng, cadimi (Cd) và selen). Các vật liệu nano cũng có các hình dạng khác nhau thể hiện theo tên gọi như các ống nano, dây nano, các cấu trúc tinh thể như các chấm lượng tử và fullerene. Các vật liệu nano thường thể hiện các tính chất rất khác biệt so với các vật liệu rời riêng biệt: độ cứng cao hơn, tính dẫn điện, phát sáng và các tính chất khác. Đối với nhiều loại hạt nano, 50 đến 100% nguyên tử có thể nằm ở trên bề mặt của chúng khiến cho chúng có tính chất phản ứng mạnh hơn các vật liệu rời.

Các vật liệu nano chế tạo (Engineered nanomaterials) là loại vật liệu nano được tạo ra một cách có chủ ý (trái ngược với loại được hình thành tự nhiên hay ngẫu nhiên). Các vật liệu nano chế tạo có các kích thước dưới 100 nm. Các hạt có kích thước nanomet xuất hiện cả trong tự nhiên cũng như là phụ phẩm vô tình của các quy trình sản xuất hiện tại. Các hạt cỡ nano có trong thành phần của các hạt khí quyển được sinh ra từ các sự kiện tự nhiên như núi lửa phun và cháy rừng. Chúng cũng có trong phần của khói bụi được sinh ra trong quá trình hàn, đánh gi kim loại, khí xả ô-tô và các quá trình công nghiệp khác. Một vấn đề lo ngại đối với chúng ta là những hạt nhỏ có kích thước dưới 10 micromet ($1 \text{ micromet} = 10^{-6} \text{ m}$) có thể chui vào phổi qua đường hô hấp.

Cuộc cách mạng công nghệ nano hiện nay khác với các quá trình công nghiệp trong quá khứ do các vật liệu nano được chế tạo và gia công từ dưới lên, chứ không phải xuất hiện như là phụ phẩm của các hoạt động khác. Các vật liệu nano chế tạo có các tính chất khác lạ ngoài mong đợi so với các tính chất của các hỗn hợp vật liệu sinh ra chúng. Do các tính chất của chúng khác đi khi chúng rất nhỏ, nên người ta cho rằng chúng sẽ có tác động khác đối với cơ thể và chúng cần được đánh giá độc lập với các hỗn hợp tạo ra chúng về tính độc hại.

Các vật liệu nano hiện nay có thị trường thương mại còn hạn chế. Một số vật liệu nano được sử dụng làm chất xúc tác hỗ trợ các thiết bị chuyển hóa xúc tác; các hạt dioxit titan có kích thước cỡ nano được sử dụng trong thành phần của kem chống nắng; các ống nano cacbon đã được sử dụng để gia cường vợt tennis; các thành phần trong các chip silic đang đạt được ngưỡng kích thước 45-65 nm. Các phòng thí nghiệm

công nghiệp và nghiên cứu hiện đang tiến hành theo hướng liên kết chéo giữa kỹ thuật và sinh học để mở rộng những ứng dụng sang y tế cũng như tất cả các lĩnh vực kỹ thuật.

Các vật liệu nano có thể được phân theo 7 nhóm vật liệu chính để xem xét các vật liệu nano khác nhau trong quá trình phát triển của chúng gồm: vật liệu nano cacbon, nanocomposit, vật liệu nano gốc kim loại và hợp kim, vật liệu nano sinh học, nano polyme, thủy tinh nano và gốm nano.

1.2. Vật liệu nano cacbon

Các vật liệu nano dựa trên cacbon được xác định là những vật liệu trong đó “thành phần nano” là cacbon tinh khiết.

Bảng 1. Những vật liệu nano cacbon được nghiên cứu nhiều nhất

Các cấu trúc nano đơn		Màng mỏng, lớp phủ, các bề mặt cấu trúc nano	Vật liệu rời có cấu trúc nano
Hạt	Ống nano		
Cacbon đen	Ống nano cacbon đơn vách	Các màng mỏng cacbon	Cacbon cấu trúc nano
Fullerene	Ống nano cacbon đa vách	DLC - cacbon cấu trúc kim cương	Cacbon nano xếp
Than chì	Nanohorns	Cacbua đồng hóa trị giống SiC	Bột cacbon
Chuỗi nano	Dây nano	Cacbua kim loại giống TiC	Sol khí cacbon
	Thanh nano	Nano Cacbon Nitrides	Tinh thể nano cacbon

Nguồn: Overview on Promising Nanomaterials for Industrial Applications, 6th Framework Programme.

Ống nano cacbon (CNT) là các lớp than chì (graphit) được cuộn lại thành ống. Kích thước của chúng rất khác nhau (đường kính có thể nhỏ tới 0,4 nm) và có thể tồn tại các ống nano bên trong các ống nano khác, điều này dẫn tới sự phân biệt giữa các ống nano cacbon đơn vách và đa vách. Ngoài độ bền kéo nổi bật, các ống nano còn có nhiều tính chất điện khác nhau (phụ thuộc vào cách cấu trúc than chì cuộn quanh ống và các yếu tố khác) và vì vậy chúng có thể cách điện, siêu dẫn hay dẫn điện.

Do diện tích bề mặt lớn của chúng, các ống nano cacbon là phương tiện hấp dẫn để tích trữ điện năng và chúng vẫn đang được nghiên cứu để làm phương tiện lưu trữ hydro.

Ống nano cacbon cho thấy các tính chất phát xạ điện tử tốt có thể có các ứng dụng trong màn hình khổ lớn. Việc sử dụng chúng để làm các nguồn phát trong kính hiển vi điện tử, các dụng cụ hay các đầu dò trong kính hiển vi quét đầu dò đường như đã bắt đầu được khai thác.

Tính chất dao động hồng ngoại của các ống nano đang được nghiên cứu cho khả năng sử dụng bức xạ hồng ngoại để điều khiển các ống nano cacbon.

Các tính chất cơ và điện tuyệt vời của ống nano cacbon như tính dẫn điện, năng lực truyền nhiệt, tính ổn định nhiệt, độ cứng cao hay mật độ thấp khiến cho chúng trở thành ứng viên làm các chất độn và nhiều ứng dụng khác. Những tính chất này ngày càng có nhiều tiềm năng khai thác trong các vật liệu composit.

Trong lĩnh vực sức khỏe và y tế, ống nano cacbon cũng có vai trò tích cực. Mới đây, các ống nano cacbon đã được sử dụng như những chiếc kim để đưa các tác nhân hoạt hóa vào các tế bào sống. Tiến bộ này có thể được sử dụng làm một phương pháp mới điều trị bệnh ung thư.

Các ống nano cacbon/composit polyme có thể được xử lý bằng các composit ống nano cacbon và các polyme có tính dẫn điện cao, với những ứng dụng trong các bóng hình thông thường hay các LED polyme. Chúng cũng có thể đưa tính dẫn điện vào các vật liệu có tính năng cơ học cao.

Được đưa vào các cấu trúc sắp xếp polyme, ống nano cacbon có thể tạo ra các composit có độ cứng và độ dẻo cao, có thể dẫn tới phát triển các vật liệu cường độ cao dùng làm các sợi gia cường.

Các ống nano và composit polyme có thể tạo thành bột. Các vật liệu này mới trong giai đoạn nghiên cứu ban đầu và vật liệu bột có trọng lượng nhẹ này sẽ được cải thiện các tính chất cơ, nhiệt và điện.

Các polyme dẫn điện có thể tối ưu được các ứng dụng tích trữ điện năng và có thể có điện dung cao hơn các màng mỏng chỉ làm bằng ống nano cacbon hay các polyme dẫn điện thuần túy.

Cacbon đen hiện đang là vật liệu nano cacbon được sử dụng rộng rãi nhất, chúng được sử dụng trong các lốp xe ô-tô, vải chống tĩnh điện và tạo các hiệu ứng màu sắc.

Fullerene là các hợp chất cacbon dạng lồng gồm các vòng cacbon liên kết theo hình lục giác/ngũ giác, giống như quả bóng đá. Fullerene giống như tất cả các cấu trúc thuần cacbon khác là không hòa tan trong nước. Mặc dù được nghiên cứu khá nhiều, nhưng fullerene dường như có ít ứng dụng. Kỳ vọng ban đầu về nó là các tính chất ma sát của fullerene sẽ có những ứng dụng làm chất bôi trơn, tuy nhiên các phân tử fullerene lại quá nhỏ. Fullerene cũng có tiềm năng làm các chất độn.

Về lâu dài, fullerene có thể có những ứng dụng làm chất dẫn thuốc. Nghiên cứu trong lĩnh vực này mới trong giai đoạn khởi đầu và dự đoán là sẽ chưa thể có những ứng dụng trong vòng 10 năm tới.

Sợi nano cacbon xương cá có thể được chế tạo khối lượng lớn với giá thành thấp. Độ cứng và cấu trúc than chì của chúng khiến cho chúng thích hợp để làm các vật liệu hỗ trợ xúc tác. Giá thành rẻ khiến cho chúng là chất thay thế hấp dẫn cho các sợi nano cacbon làm từ ống nano cacbon

Cacbon xốp có thể được sử dụng làm phương tiện tích trữ điện năng do diện tích bề mặt lớn của nó. Diện tích bề mặt lớn cũng khiến cho chúng thích hợp để làm cực anot trong các pin ion liti.

Các màng mỏng nano dựa trên cacbon là các vật liệu rất hứa hẹn. Một số tính chất có thể được điều chỉnh riêng biệt nên các lớp phủ có thể được tối ưu cho những ứng dụng đặc thù. Chúng có thể được sử dụng để chống mài mòn và giảm ma sát. Một số nguyên tố có thể được sử dụng để chế tạo các màng nano cacbua và màng cacbon tinh thể nano là: C, Si, N, B, Ti. Sự kết hợp của các nguyên tố này như C_3N_4 và Si_3N_4 tạo ra một số vật liệu với các tính chất khác nhau. 2 nhóm vật liệu hỗn hợp đôi được quan tâm đặc biệt là các cacbua cộng hóa trị như SiC và B_4C và các cacbua kim loại là TiC hay LaC_2 .

Kim cương tinh thể nano trong sắp xếp cacbon vô định hình ở trong màng composit nano như các màng nano cacbua kết hợp được các tính chất của kim cương như độ cứng rất cao, ma sát thấp với tính tương thích sinh học. Các ứng dụng tiềm năng trong lĩnh vực y tế/sức khỏe là dùng thay thế các khớp xương. Một ưu điểm khác của các vật liệu này là việc điều chỉnh các tính chất của màng mỏng có thể được thực hiện mà không cần phải sửa đổi quy trình sản xuất. Quy trình gia công dựa trên dây chuyền công nghệ lắng đọng hóa học từ hơi (CVD-Chemical Vapor Deposition), lắng đọng hóa học từ hơi tăng cường bằng plasma (PECVD-Plasma Enhanced CVD), lắng đọng vật lý từ hơi (PVD-Physical Vapor Deposition). Do đó có nhiều triển vọng phát triển được các vật liệu mới. Tuy nhiên, phần lớn kỹ thuật hiện mới ở mức thí nghiệm và đột phá lớn trong vài ba năm tới là chưa có khả năng xảy ra. Nhu cầu hiện nay là cần nghiên cứu sự kết hợp và cấu trúc của các màng mỏng được chế tạo cũng như các tính chất của màng. Những ứng dụng cũng được hy vọng tạo ra các bề mặt chống trầy xước với hệ số ma sát thấp, tức là các lớp mỏng có sự cân bằng tốt giữa độ cứng bám (grip hardness) và ma sát.

Những xu thế và các vật liệu nano liên quan cho những ứng dụng công nghiệp tương lai

Hoạt động nghiên cứu các vật liệu nano dựa trên cacbon trong những năm gần đây tập trung vào quá trình chế tạo và xác định tính chất của chúng. Mặc dù các nhà nghiên cứu đã hiểu khá rõ về cấu trúc và nhiều tính chất cơ bản của ống nano đơn vách và mối tương quan của chúng, nhiều tính chất của ống nano đơn vách không thấy ở than chì. Tuy nhiên, chúng ta vẫn chưa có hiểu biết cơ bản về cơ chế nuôi cấy ống nano. Đây là những kiến thức quan trọng do nó liên quan chặt chẽ đến các tính chất của ống nano và cấu trúc hình học của chúng.

Các đột phá lớn trong sản xuất ống nano đang xuất hiện. Thí dụ, Công ty Thomas Swann (Hoa Kỳ) mới đây đã bắt đầu sản xuất thương mại các ống nano đơn vách và đa vách độ tinh khiết cao. Đột phá này đạt được thông qua sự hợp tác với ĐH Cambridge (Anh) đã giải quyết được các vấn đề kỹ thuật trong việc nâng quy mô các quy trình thí nghiệm để sản xuất các ống nano. Ống nano chế tạo ra có đường kính trung bình là 2 nm và dài vài micron, độ tinh khiết 70-90% và giá thành là 200 Bảng Anh/gram.

Phát xạ trường được xem là một trong những ứng dụng hứa hẹn nhất của các màng mỏng dựa trên cacbon. Các dạng cacbon hấp dẫn nhất cho ứng dụng này là các ống nano cacbon có khả năng phát ra các dòng điện cao. Việc phủ ống nano lên chất nền mới đây đã có thể kiểm soát được. Tuy nhiên, vấn đề hiện nay là sự ổn định lâu dài của các màng mỏng đó. Các nghiên cứu cho thấy màng mỏng này có thể bị phân hủy khi phải chịu tác động nhiệt cao, bị phân hủy bởi các phân tử khí do các điện tử phát ra hay do tia lửa điện. Sự chênh lệch tĩnh điện hay nén cơ học có thể làm thay đổi hình dạng và giảm hiệu quả của chúng.

Những ứng dụng của ống nano trong các màn hình tấm phẳng đã được dự đoán và Công ty điện tử Samsung của Hàn Quốc đã chế tạo được mô hình giới thiệu. Các màn hình điốt phát xạ trường (Field emitting diode (FED) displays) sẽ khắc phục được các nhược điểm của các màn hình phẳng tinh thể lỏng, như chất lượng hình ảnh thấp và góc nhìn bị hạn chế.

Ống nano cacbon cũng có những ứng dụng trong các thành phần chiếu sáng cũng như khuếch đại vi sóng. Các vật liệu để tích trữ năng lượng là lĩnh vực nghiên cứu chính của các vật liệu nano cacbon. Cacbon nano xốp và các ống nano cacbon là những vật liệu quan trọng trong lĩnh vực này. Các công trình nghiên cứu được công bố

cho thấy trong vài năm qua, hoạt động nghiên cứu chủ yếu nhằm vào ống nano cacbon, trong khi sự quan tâm đến các hạt nano và fullerene đang giảm đi.

1.3. Nanocomposit

Các vật liệu nanocomposit có thể được phân loại theo các cách khác nhau. Một số vật liệu nanocomposit được tạo thành từ sắp xếp phi tinh thể nano được bổ sung các hạt nano hoặc sợi nano của một vật liệu khác. Cũng tồn tại các vật liệu nanocomposit, trong đó kích thước của tất cả các thành phần cấu tạo của nó đều trong ngưỡng nanomet.

Các xu thế và những ứng dụng tương lai

Sau đây là những chủ đề chính về xu thế và những ứng dụng tương lai của nanocomposit:

- Các xu thế ảnh hưởng đến việc sử dụng vật liệu nano trong các sản phẩm:

- Rủi ro của các hạt và vật liệu nano đối với sức khỏe và môi trường và các định mức hay quy định mới đã được chấp thuận;
- Nhu cầu giám sát các rủi ro môi trường và an ninh;
- Giám sát môi trường xung quanh;
- Đạo đức khoa học và công nghệ;
- Đầu tư phát triển công nghệ.

- Các xu thế ứng dụng trong lĩnh vực năng lượng:

- Nhu cầu sản xuất và tiêu thụ năng lượng bền vững;
- Nhu cầu về an ninh năng lượng;
- Sản xuất và vận chuyển năng lượng;
- Lưu trữ năng lượng: Các composit cấu trúc polyme có thể được sử dụng để lưu trữ năng lượng cho các thiết bị di động cũng như các công nghệ tải điện;
- Tiết kiệm năng lượng: Các nanocomposit có thể được sử dụng để nâng cao các đặc tính của các đường cáp điện;
- Các ứng dụng trong năng lượng bao gồm các composit dẫn điện; pin nhiên liệu; các hệ thống nhiên liệu kép. Trong phạm vi này có 2 loại đang được nghiên cứu, bản thân polyme có thể dẫn điện hay các ion dẫn điện có thể đưa vào polyme. Đây là lĩnh vực mới nổi lên;

- *Các xu thế trong những ứng dụng y học và chăm sóc sức khỏe:*

- Lão hóa;
- Nhu cầu chăm sóc sức khỏe tốt hơn với chi phí hiệu quả hơn;
- Pháp chế;
- Đầu tư;
- Các vật liệu cơ bản cho chăm sóc sức khỏe;
- Dẫn thuốc: các composit dựa trên khoáng sét nano có thể được dùng trong những ứng dụng y tế như dẫn protein, nhưng các vật liệu khác có thể cũng hữu ích, như các vật liệu vỏ nhân;
- Chụp ảnh;
- Kỹ thuật mô, các cơ quan ghép tạng chủ động và bị động: hydroxyapatite, cacbonat canxi, gốm;
- Chẩn đoán;
- Các vật liệu sinh học và phỏng sinh học;
- Các vật liệu nha khoa;
- Các cảm biến nano dưới da;

- *Các xu thế ứng dụng vật liệu trong công nghiệp ô tô và hàng không:*

- Các vật liệu nhẹ và bền;
- Kính chắn gió trong suốt;
- Sơn;
- An toàn;
- Các composit cấu trúc polyme.

- *Những xu thế chung trong vật liệu*

- Công nghệ gia công;
- Các vật liệu mới;
- Chi phí sản xuất.

1.4. Vật liệu nano gốc kim loại và hợp kim

Kim loại được chia thành các nhóm theo tiêu chuẩn của luyện kim là: sắt và kim loại màu. Các kim loại màu được phân nhóm như sau (xem bảng 2):

Bảng 2. Những kim loại màu được nghiên cứu nhiều nhất

STT	Kim loại màu và hợp kim
1	Đồng và hợp kim đồng
2	Niken và hợp kim niken
3	Kẽm và hợp kim kẽm
4	Côban và hợp kim côban
5	Zirconi và hợp kim Zirconi
6	Các kim loại quý
7	Các kim loại nhẹ
8	Các kim loại màu khác

Xu thế

Phân tích thống kê các số liệu cho thấy các xu thế chính trong nghiên cứu và ứng dụng tương lai của kim loại và hợp kim cấu trúc nano như sau:

- Ứng dụng các hạt nano kim loại, cụ thể là bạc (để chống khuẩn) và các kim loại quý khác đặc biệt trong bảo vệ sức khỏe và một số ứng dụng đặc thù khác (như nhôm).
- Các hợp kim dựa trên sắt từ - giảm thất thoát trong truyền tải điện do kích thước hạt nhỏ so với kích thước miền từ và các hiệu ứng tương tác đối với các tính chất từ tính.
- Các ứng dụng cấu trúc: các kim loại nhẹ với các tính chất cơ học siêu việt: nhôm và các hợp kim magiê, titan và các hợp kim titan - những cải thiện khác nhau về tính chất cơ học tạo ra sự thay đổi của cơ chế biến dạng so với các vật liệu thông thường.
- Các lớp phủ - những tính chất ma sát được cải thiện rõ rệt; chống mòn tốt hơn, ít ma sát hơn, chống gỉ tốt hơn; quy trình sản xuất bền vững, v.v..
- Magiê và các hợp kim của chúng là vật liệu lưu trữ hydro. Các tính chất hứa hẹn gắn với các tỷ lệ khuếch tán cao đối với hydro và các giới hạn hòa tan tăng lên ở vật liệu cấp nano.

Các vật liệu kim loại cấu trúc nano và tinh thể nano mang lại những cải thiện rõ rệt về các tính chất hay các chức năng mới, có thể đóng vai trò sống còn trong nghiên cứu tìm ra những giải pháp mới và khả năng cạnh tranh cao của các doanh nghiệp vừa và nhỏ cho các sản phẩm được họ giới thiệu. Đây là một khía cạnh phản ánh số sáng chế tăng lên trong những năm gần đây. *Tốc độ tăng nhanh nhất là về các bột nano*, chủ yếu là các kim loại quý và nhôm. Các bột này lơ lửng trong chất lỏng hay các kim loại khác. Trong trường hợp này, tính chất quan trọng nhất là tạo ra diện tích bề mặt tiếp xúc cao của hạt bổ sung cho các tính chất hay chức năng của vật liệu mà chúng được đưa vào. Điều này dẫn đến sự hoạt hóa vật liệu cao có thể sử dụng làm chất xúc tác hay là nguồn ion cho các tính chất chống khuẩn, v.v...

Lĩnh vực phát triển nhanh thứ hai liên quan đến các kim loại nhẹ với các tính chất cơ học được cải thiện. Ở đây, các tính chất cơ học đặc thù của các vật liệu cấu trúc nano liên quan tới: độ cứng cao, trong một số phương pháp sản xuất đặc biệt có thể được kết hợp với độ dẻo cao, các giới hạn mỏi cao, độ cứng chịu nhiệt tăng, chống ăn mòn hay han gỉ, v.v...

Đa số nghiên cứu tập trung vào các vật liệu từ tính. Khi các hạt rất nhỏ, vật liệu này có thể trở nên mềm từ tính, do đó giảm thất thoát năng lượng khi chúng được dùng làm lõi biến thế hay trong các ứng dụng khác khi có từ trường dao động. Điều này sẽ tiết kiệm được năng lượng trong truyền tải điện.

Số lượng sáng chế và bài báo liên quan đến vật liệu rời và các bột nano là gần tương đương nhau, nhưng đối với kim loại vụn rời, nghiên cứu hướng vào các vật liệu từ tính và các vật liệu cấu trúc, trong khi ứng dụng của các bột nano tập trung nhiều hơn vào hoạt tính chống khuẩn và xúc tác.

Hiện tại, các tính chất của bột nano được khai thác nhiều nhất dựa trên 3 hiện tượng:

- diện tích bề mặt đặc biệt cao;
- các tính chất từ tính mềm;
- các cơ chế biến dạng mới.

Ngoài ra, một số hiện tượng đặc thù khác của vật liệu nano tuy chưa được khai thác nhưng đang ngày càng trở nên quan trọng, trong số đó gồm có:

- Xử lý bề mặt kim loại: tạo cấu trúc nano trên bề mặt của chúng, tăng các tính chất đặc thù, các tính chất hóa học, giảm ma sát, tăng tính tương thích sinh học v.v...;

- Các tính chất cơ học và đa năng được khai thác giá trị cao trong các hệ vi-cơ điện tử: các cấu trúc với kích thước vài micron, kim loại ở dạng các tinh thể đơn, các vật liệu vô định hình hay các vật liệu nano sẽ được sử dụng;
- Ứng dụng trên diện rộng của các hạt nano: lưu trữ hydro, xúc tác, sản xuất các ống nano cacbon, cảm biến, các thiết bị khử khí, các thiết bị điện tử và quang học, chụp ảnh sinh học, ngoài những ứng dụng chống khuẩn đã được triển khai trong công nghiệp.

Những xu thế sau tuy chưa được phản ánh qua các sáng chế hay bài báo nhưng những phân tích các tính chất cơ bản của các nano kim loại và hợp kim đã mở ra triển vọng cho những ứng dụng mới.

Những dự báo cho thấy ứng dụng rộng rãi của các vật liệu nano trong các vi hệ thống, gồm có các hệ thống vi-cơ điện tử (MEMS - microelectromechanical system), hệ thống vi cơ điện tử sinh học (bioMEMS), các hệ cơ-điện tử nano (NEMS), các vi hệ điện hóa, điện tử, quang học, cho những thiết bị đa năng và các hệ thống phát hiện/phân tích hóa học và sinh học, khám phá/dẫn thuốc, kỹ thuật mô, tổng hợp vật liệu và hóa chất, chuyển hóa và lưu trữ năng lượng. Ở đây, việc chế tạo các chi tiết cấp micro (bánh răng micro, lò xo micro, các hình dạng phức tạp) từ các nano kim loại sẽ là yếu tố quyết định cho thành công.

Cũng giống như xử lý bề mặt, các lớp phủ chống mòn và chống gỉ đã được áp dụng để sửa chữa các bộ phận trao đổi nhiệt, giảm mòn và ma sát. Ngoài phủ, xử lý bề mặt cho các bộ phận kim loại để tạo ra lớp cấu trúc nano trên bề mặt của chúng sẽ đóng vai trò quan trọng.

Tóm lại, các nano kim loại có tiềm năng ứng dụng to lớn trong điện tử, xây dựng, truyền tải điện, tích trữ năng lượng, viễn thông, công nghệ thông tin, y học, xúc tác và bảo vệ môi trường với khả năng tác động lớn trong các lĩnh vực công nghệ liên quan tới năng lượng, sức khỏe và vật liệu.

1.5. Vật liệu nano sinh học

Nhóm vật liệu nano sinh học được xác định là các vật liệu có nguồn gốc sinh học được sử dụng cho các ứng dụng của công nghệ nano. Do thuật ngữ vật liệu sinh học đã được sử dụng rộng rãi nên vật liệu sinh học cũng thường được dùng để mô tả cả các vật liệu không có nguồn gốc sinh học được sử dụng trong các ứng dụng y tế đặc thù như các vật liệu tương thích sinh học, nên các thuật ngữ cần phải được định nghĩa một cách cẩn thận. Trong sinh học, thông thường tất cả vật liệu có thể được xem là vật liệu

nano theo cách này hay cách khác. Thí dụ, các enzym có các cấu trúc được xác định rõ ở cấp nano và hoạt động như một cỗ máy nano. Tuy nhiên, ở đây chỉ ám chỉ các vật liệu có thành phần thiết kế, nghĩa là các vật liệu chủ yếu cấu tạo từ các phân tử sinh học và được chọn hay thiết kế cho một ứng dụng công nghệ nhất định dựa trên đặc điểm cấp nano. Các vật liệu nano vô cơ, như nhôm, có thể được sử dụng cho các ứng dụng sinh học, thí dụ như bộ phận cấy ghép. Chúng có thể được gọi là vật liệu sinh học, nhưng ở đây không được coi là vật liệu nano sinh học. Chúng được xem như các vật liệu nano gồm hay vô cơ với những ứng dụng trong khoa học sinh học.

Trong sinh học phân tử, người ta có thể chia các hợp chất thành bốn nhóm lớn:

- Protein;
- Axit nucleic;
- Cacbonhydrat, và
- “Các phân tử nhỏ”.

Nếu như hai nhóm đầu được xác định tương đối rõ cho công nghệ nano, thì nhóm thứ ba chưa xác định được rõ ràng và chỉ có vài thí dụ. Xếp trong nhóm thứ tư có thể gồm lipid, hormone, vitamin, v.v... Một số thí dụ của các vật liệu nano sinh học tồn tại trong các nhóm protein và axit nucleic nhưng cũng có lúc các lipid là các thành phần tạo nên các vật liệu nano. Trong một số trường hợp, để thuận tiện có thể bổ sung các nhóm như “virus” có thể bao hàm các thành phần của cả ba nhóm trên. Vi khuẩn và các tế bào động vật thường có kích thước micromet nhưng ở đây chúng không được tính là các vật liệu nano.

Trong các vật liệu nano sinh học, hai đặc trưng được khai thác nhiều nhất là:

- 1) Các tính chất tự lắp ráp, và
- 2) Sự nhận biết phân tử đặc biệt.

Các xu thế và ứng dụng tương lai

Một trong những xu thế chính của các phân tử sinh học là việc sử dụng chính phân tử làm các phương tiện tạo ra các cấu trúc nano cho các loại thiết bị nano khác nhau. Nhiều vật liệu và phương pháp khác nhau đang được nghiên cứu. Tuy nhiên, dường như chủ yếu chỉ có các ứng dụng phân tích sinh học là phát triển nhất. Điều này có lẽ là do những nỗ lực to lớn nghiên cứu các cảm biến sinh học đã diễn ra nhiều thập kỷ và đang nhận được sự thúc đẩy mới từ công nghệ nano.

Việc sử dụng các phân tử sinh học trong lĩnh vực năng lượng cho đến nay vẫn còn hạn chế. Mặc dù về nguyên tắc có những khả năng ứng dụng như sử dụng các tập hợp

sinh học lấy ánh sáng để thu nhận năng lượng Mặt trời, tuy nhiên các định dạng đến nay vẫn chưa được phù hợp. Nếu những ứng dụng đó trở thành hiện thực thì dường như chúng ta sẽ dựa rất nhiều vào các vật liệu nano sinh học. Sau đó, các nghiên cứu lại hướng sự quan tâm vào các pin nhiên liệu sử dụng các phản ứng hóa học để sản xuất điện.

Hầu hết những ứng dụng ở đây liên quan đến các lĩnh vực sức khỏe và y tế. Các thí dụ điển hình gồm các mạng (các chip) soi chụp protein và ADN quy mô lớn. Việc dẫn thuốc là một thí dụ khác được nghiên cứu nhiều. Các cấu trúc peptit tự lắp ráp khác nhau có thể được thiết kế để giải phóng các hợp chất dưới những điều kiện nhất định.

Trong lĩnh vực vật liệu, các tính chất tự lắp ráp của các phân tử sinh học được sử dụng là chủ yếu. Các thí dụ bao gồm các mạng sinh học để hình thành tổ chức các hạt nano bán dẫn 2 chiều. Tự lắp ráp được xem là con đường để thiết kế các vật liệu với các tính chất theo yêu cầu, như các vật liệu phản ứng. Nhận biết sinh học của các phân tử khác nhau (như tương tác kháng nguyên - kháng thể) có thể được sử dụng để tạo ra các vật liệu với khả năng thẩm thấu đặc biệt theo lựa chọn. Một số vật liệu sinh học có các tính chất hấp dẫn là các vật liệu composit cấu trúc nano được khoáng hóa sinh học. Thí dụ về các vật liệu này đang được các nhà khoa học cố gắng bắt chước, bao gồm xương, răng hay các vỏ động vật thân mềm.

Đối với các vật liệu cần cho hoạt động cơ học, nhiều nhà khoa học đang nghiên cứu các cỗ máy phân tử sinh học. Các mô-đun phân tử sinh học được hình dung có thể là một phần của các vật liệu trong các vai trò như: dây chuyền lắp ráp phân tử, xây dựng các mạng lưới nano, hay một phần của các vật liệu thích ứng. Một số khả năng đang được nêu ra dựa trên các protein như:

- các mạng actin;
- động cơ kinesin;
- động cơ myosin;
- động cơ tổng hợp ATP.

1.6. Nano Polyme

Nanopolyme là các polyme có cấu trúc nano. Cấu trúc nano xác định những biến đổi quan trọng trong những tính chất nội tại. Việc tạo cấu trúc nano ở các mức khác nhau và các tính chất vật liệu thu được qua các cấp kích thước từ cấp nguyên tử đến cấp trung mô (mesoscopic), rồi đến cấp vĩ mô là bắt buộc cần thiết cho chúng ta trong thập kỷ tới để biết được tiềm năng to lớn của khoa học và công nghệ cấu trúc nano.

Thuật ngữ polyme phản ánh một nhóm lớn và đa dạng các phân tử, bao gồm các chất từ protein đến các sợi kevlar cường độ cao. Đặc điểm then chốt để phân biệt các polyme với các phân tử lớn khác là sự lặp lại các đơn thể (monomers) trong chuỗi của chúng. Điều này diễn ra trong quá trình polyme hóa, trong đó nhiều đơn thể phân tử liên kết với nhau.

Do các polyme được phân biệt theo các monomer cấu thành của chúng, các chuỗi polyme trong một chất thường không có độ dài như nhau. Điều này không giống với các phân tử khác trong đó từng nguyên tử đều có vai trò, mỗi phân tử có trọng lượng phân tử nhất định. Độ dài của các chuỗi khác nhau là do các chuỗi polyme dừng lại ngẫu nhiên trong quá trình polyme hóa sau những đoạn nối dài.

Các lực hút giữa các chuỗi polyme đóng vai trò lớn trong xác định các tính chất của polyme. Do các chuỗi polyme dài, nên những lực giữa các chuỗi này được khuếch đại lớn hơn rất nhiều những lực hút giữa các phân tử bình thường. Những lực lớn hơn này sẽ làm cho polyme có độ bền kéo và điểm nóng chảy cao.

Polyme nanocomposite (PNC) là polyme hay đồng polyme phân tán trong các hạt nano của chúng. Chúng có thể tồn tại dưới các hình dạng khác nhau (như hình đĩa, sợi, hình cầu), nhưng ít nhất một chiều kích thước của chúng phải nằm trong khoảng 1-50nm. Polyme nanocomposite với cả ba loại hạt nano đã được chế tạo (như polycarbonate với các ống nano cacbon, polyamide với các viên bi oxit sắt), nhưng chỉ có Polyme nanocomposite với dạng đĩa được đưa ra thị trường cho các ứng dụng cấu trúc (khối lượng lớn).

Hiện nay, chúng ta phải điều khiển vật chất ở các quy mô kích thước nhỏ hơn, và chúng ta phải dần sử dụng các cách tiếp cận tính toán theo hướng này nếu muốn khai thác hết ưu điểm của các cơ hội có được.

Ngoài ra, chúng ta cần hiểu được các vai trò thiết yếu của các bề mặt và các giao diện trong các vật liệu cấu trúc nano. Chúng ta cần biết một cách chi tiết không chỉ cấu trúc của các bề mặt này, mà cả các tính chất hóa học cục bộ và các hiệu ứng riêng rẽ và tương tác giữa các khối kiến tạo ở cấp nano và xung quanh chúng. Chúng ta cần tìm cách kiểm soát kích thước cấu trúc nano và sự phân bố, sự hợp thành và lắp ráp.

Các xu thế và ứng dụng tương lai

Hạt nano trở thành chủ đề hấp dẫn trong việc tăng cường tính chất cơ học của polyme là do sự kết hợp một cách tự nhiên thành bột xốp. Các hạt nano có thể là tác nhân hạt nhân. Polyme nano xốp có thể là một sản phẩm lý tưởng với tỷ lệ chức năng/trọng lượng ấn tượng, các tính chất vật lý, nhiệt và cơ học xuất sắc. Nanopolyme

là một trong những vật liệu quan trọng nhất trong tương lai. Chúng có những ứng dụng tiềm năng trong y học, năng lượng và khoa học vật liệu.

1.7. Thủy tinh nano

Nghiên cứu trong lĩnh vực vật liệu nano cũng xem xét hàng loạt vật liệu vô định hình. Trong số đó, SiO₂ là chất liên quan nhiều nhất đến các ứng dụng quang học có màu đục mờ, để sản xuất bộ phận khuếch tán ánh sáng trong các diot phát sáng, các vật liệu photonic, sơn, v.v... Một số vật liệu vô định hình khác cũng quan trọng trong những ứng dụng quang học như oxit thiếc indium (ITO - indium tin oxide) và các vật liệu cấu trúc nano, như sợi nano và ống nano.

Ngoài các vật liệu nano còn có các quy trình và những ứng dụng ở cấp nanomet, như in khắc nano, thiết kế các thiết bị nano quang học (thấu kính, những lưới nhiễu xạ, v.v...) có liên quan nhiều trong quang học nano.

Xu thế và những ứng dụng tương lai

Các công nghệ nano và photonic có tiềm năng cho các hệ thống thông tin và liên lạc hiệu suất cao trong tương lai, cả trong ứng dụng quân sự và thương mại. Quang học nano, sự kết hợp mới xuất hiện của các công nghệ này, mở ra chân trời mới trong quang tử học, với vô số hiện tượng mới, vật liệu mới, thiết kế mới và những ứng dụng hấp dẫn mới. Nhiều vấn đề liên quan đến vật liệu và hoạt tính trong kỹ thuật quang tử học hiện nay chưa thể giải quyết, bởi những hạn chế về tính chất của các vật liệu tự nhiên được khai thác, có triển vọng thành công trong tương lai nhờ những tiến bộ đạt được gần đây trong nghiên cứu các công nghệ nano, vật liệu nano và khoa học nano.

Công nghệ quang học là công nghệ then chốt của Công ty Olympus đã được ứng dụng thành công trong các camera kỹ thuật số, ống nhòm, đèn nội soi, đĩa quang và hàng loạt sản phẩm khác. Đồng thời, Olympus đã tạo nên nhiều kiến thức và kinh nghiệm trong công nghệ đo lường và gia công độ chính xác cấp nano để sản xuất các thấu kính hoạt tính cao. Các đổi mới khác dựa trên các hệ thống vi cơ điện tử (MEMS) gồm có các thiết bị đo lường cấp phân tử và các gương quét với khả năng định vị cấp nano. Công nghệ này đã chứng tỏ thành công trong sử dụng các mẫu mô, ADN và vật liệu gen trong sinh học nano. Các nhà khoa học đang tìm cách kết hợp những nghiên cứu mũi nhọn trong lĩnh vực này như quang học nano, vật liệu nano và thiết bị nano để tạo ra các cấu trúc nano với các chức năng mới sau đó tìm cách áp dụng chúng trong các thiết bị cảm biến sinh học.

Kính hiển vi quang học quét cận trường (Near-field scanning optical microscopy-NSOM) cho thấy triển vọng to lớn đạt tới được độ phân giải quang học dưới bước sóng âm thanh. Các mô hình lý thuyết của các hình ảnh NSOM có ý nghĩa căn bản để sử dụng NSOM trong đo lường cấp nano.

Các ứng dụng đặc thù sẽ gồm thiết kế và tối ưu hóa đầu dò, quét các trường tắt dần bằng các đầu dò kim loại nhỏ, chụp ảnh chẩn đoán cho ống dẫn sóng quang, kỹ thuật dẫn sóng quang ở cấp nano. Việc lập mô hình quang học nano cho các cấu trúc nano sẽ tiếp tục xác định và tạo ra các cấu trúc tối ưu cho sử dụng trong tính toán lượng tử và liên lạc quang học giữa các thiết bị cục bộ.

1.8. Gốm nano

Các vật liệu được đề cập ở đây là các vật liệu gốm oxit và phi oxit, silicat và các kim loại cứng như các composit của các nhóm vật liệu này.

Các vật liệu tinh thể nano có độ cứng/chắc cao, tính chất khuếch tán tăng, tính bền/dẻo được cải thiện, mật độ giảm, môđun dẻo giảm, điện trở cao hơn, hệ số nở nhiệt cao hơn, dẫn nhiệt thấp và các tính chất từ tính mềm vượt trội so với các vật liệu hạt thô bình thường.

Do các vật liệu tinh thể nano có phần rất lớn các nguyên tử nằm ở các biên của hạt (grain boundaries), nhiều giao diện tạo nên một mật độ cao các đường khuếch tán ngắn mạch. Tính khuếch tán gia tăng có thể tác động đáng kể đến các tính chất cơ học như tính dẻo và siêu dẻo và khả năng kích thích hiệu quả các vật liệu tinh thể nano không tinh khiết ở nhiệt độ tương đối thấp. Sự khuếch tán gia tăng này dẫn đến các giới hạn hòa tan rắn tăng lên và khả năng thiêu kết của các bột tinh thể nano cũng tăng lên.

Các phương pháp vẫn thường được sử dụng để tổng hợp các vật liệu này bao gồm cả tiếp cận từ trên xuống (phá vỡ các hạt micro lớn bằng các ngoại lực) và cách tiếp cận từ dưới lên. Cách tiếp cận thứ hai tỏ ra hiệu quả hơn do nó đưa ra nhiều khả năng chắc chắn hơn. Ngoài ra, phương pháp hóa học từ dưới lên cho phép đạt được các sản phẩm tinh khiết cao.

Các quá trình tổng hợp hóa học có thể được chia tiếp thành chuyển hóa lỏng-rắn (như xử lý sol-gen, đồng kết tủa, các quá trình vi nhũ tương hóa, phủ điện hóa hay phân hủy các tiền chất lỏng) và các chuyển hóa khí-rắn (như ngưng tụ khí trơ, gia công plasma, cắt bằng laser hay nhiệt phân bằng lửa). Thông thường, quá trình sau thu được ít hạt nano tích tụ hơn. Các chuyên gia Đức xác định năm hướng phát triển như sau: 1) sản xuất và ứng dụng các lớp cực mỏng, 2) chế tạo và sử dụng các cấu trúc nano ngang

(lateral nanostructures), 3) chế tạo và ứng dụng các vật liệu nano và các cấu trúc phân tử, 4) gia công các bề mặt siêu chính xác và 5) đo lường và phân tích các cấu trúc nano.

Nhiệm vụ chính hiện nay phải giải quyết là nâng quy mô cho các phương pháp tổng hợp thành công nhất từ cấp phòng thí nghiệm lên thành các quy trình sản xuất tiêu chuẩn có thể cung cấp các loại bột đơn phân tán với chất lượng tin cậy trong quy mô sản xuất. Câu hỏi hiện nay là, liệu có thể tăng sản lượng vật liệu nano theo cách mở rộng và cải thiện các quy trình sản xuất vật liệu nano.

Sự ứng dụng rộng rãi các vật liệu tinh thể nano đòi hỏi việc sản xuất bột nano với số lượng lớn và các phương pháp hiệu quả để tập hợp bột thành những hình dạng lớn.

Sau khi giải quyết được nhiệm vụ này, toàn bộ tiềm năng của các loại bột này phải được sử dụng bởi các kỹ thuật phủ và tạo chức năng. Bước tiếp theo phải làm trong tương lai sẽ là tập trung sắp xếp từng hạt nano một. Điều này là cần thiết để chế tạo các tụ điện nano hay các transistor nano.

Xu thế và những ứng dụng tương lai

Mặc dù các sản phẩm liên quan đến các ống nano đã có mặt trên thị trường (gồm làm từ các vật liệu nano oxit, các chất lọc nhẹ, các chất màu hiệu ứng, các chất phủ, các lớp lưu trữ dữ liệu, v.v.) nhưng phần lớn các lĩnh vực của ống nano vẫn trong giai đoạn nghiên cứu cơ bản. Các ứng dụng liên quan đến thị trường được dự đoán thuộc các lĩnh vực quang học, cơ khí chính xác, phân tích, hóa học, kỹ thuật cơ khí và ô-tô, kỹ thuật vật liệu và y tế, dược phẩm và sinh học.

Phân tích mới nhất về gồm, xác định các ưu điểm và so sánh các phương pháp sản xuất khác nhau của bột nano cho phép kết luận rằng đối với các bột nano, các cơ hội thị trường thực tế chủ yếu tồn tại trong các lĩnh vực mà những vật liệu với các sự kết hợp tính chất mới hay tối thiểu có sự cải thiện đáng kể về các tính chất ma sát, cơ học hay ăn mòn được tạo ra. Việc hiện thực hóa tiềm năng thị trường sẽ chỉ có thể diễn ra nếu đáp ứng được các điều kiện tiên quyết cơ bản sau:

- Các loại bột có thể tái sinh có các tính chất ổn định và giá cả chấp nhận được phải được sản xuất ở cả quy mô nhỏ và quy mô thương mại;

- Phải kiểm soát được quá trình gia công bột, công thức cấu trúc và sản xuất vật liệu.

Những tiến bộ rõ rệt ở hầu hết từng lĩnh vực công nghệ chỉ có thể có nếu tạo được các cấu trúc nhỏ hơn và các hệ thống phức tạp hơn với nhiều loại vật liệu. Các chuyên gia và các nhà phân tích nhìn thấy tiềm năng to lớn ở các loại gồm chức năng và hoạt

tính cao, một phần do tốc độ tăng trưởng cao hàng năm của các vật liệu này. Để mở rộng và tạo ra các lĩnh vực ứng dụng mới trong tương lai, các loại gốm này phải có được các tính chất mới. Thông qua sử dụng bột nano, các nhược điểm hiện tại của gốm - đặc biệt là tính giòn cao (độ cứng chống vỡ thấp) - có thể được giảm thiểu. Sự quan tâm được hướng vào các vật liệu gốm nano phi oxit và các bột nano phi oxit, trái với các bột nano oxit, hiện chưa có mặt trên thị trường. Lý do nằm ở chỗ là cần thiết phải có:

- Phương pháp sản xuất giá thành thấp để gia công bột không kết tụ với chất lượng ổn định và sự phân bố kích thước hạt;
- Sự thích ứng, thiết kế lại và phát triển các công nghệ sản xuất mới; và
- Sự hợp tác liên tục giữa tất cả các liên kết trong chuỗi tạo giá trị, nghĩa là từ những người cung cấp nguyên liệu qua các nhà sản xuất bột, gốm và các bộ phận đến người sử dụng, cũng như những nhà cung cấp công nghệ và các viện nghiên cứu.

Các bộ phận chi tiết mẫu chủ chốt trong tương lai đối với các gốm phi oxit là các vòng bi làm từ silic nitride và khuôn kéo làm từ titan carbonitride. Các nghiên cứu, phân tích thị trường và các chuyên gia cho rằng có các xu hướng sau, đặc biệt là cho các vật liệu cứng và gốm:

1. Do giá thành bột tương đối cao và gia công khó nên những ứng dụng đối với các loại bột nano chủ yếu tập trung vào các loại màng mỏng hay các thành phần của các vật liệu composit, trong đó các bột nano tạo ra các hiệu ứng đặc thù. Tuy nhiên, ngoài những ứng dụng hiện nay của bột như làm chất độn, các tác nhân làm đặc, vật liệu cách ly và các vật liệu hỗ trợ trong dược phẩm và y tế, các hạt siêu nhỏ đang ngày càng được sử dụng nhiều dưới dạng các vật liệu gốm compact. Những ứng dụng không chỉ hướng vào các màng mỏng và siêu mỏng - chúng còn được nhằm vào các vật liệu cảm biến, các màng và các xúc tác, gốm oxit nhôm trong suốt và các gốm siêu dẻo là một số ứng dụng trong đó. Ngoài ra, các bột nano có thể có vai trò trong các polyme trong suốt như các chất hấp thụ tia cực tím hay ngăn chặn khuếch tán, hoặc chúng có thể được sử dụng để đạt được các tính chất từ hoặc điện môi cụ thể trong các polyme.

2. Đặc biệt nổi bật là việc sử dụng bột nano để giảm nhiệt độ nung kết và tạo ra các vật liệu có các cấu trúc cỡ dưới cấp micro mét. Sử dụng các cấu trúc này cho phép cải thiện các tính chất như độ cứng và mài mòn, quá trình nung kết và cấu trúc tổng hợp được khử ghép lần lượt và tổng hợp được các vật liệu composit không cân bằng.

3. Thị trường có tiềm năng nhất trong tương lai xa (hiện có quy mô thị trường nhỏ nhất) là các vật liệu nano thực sự, tức là các vật liệu có các cấu trúc nano sau khi được nung kết. Những vật liệu đó có nhu cầu đặc biệt cao về công nghệ nung kết, gia công và bột. Nói ngắn gọn, sự tăng trưởng đáng kể hy vọng diễn ra trong lĩnh vực các vật liệu composit trong đó có một thành phần là tinh thể nano.

4. Các thị trường đề cập ở đây chỉ có thể phát triển nếu có được phương pháp tái sinh để sản xuất các bột nano khử kết tụ có sự phân bố kích thước hạt hẹp. Những phương pháp như vậy phần nào đã trở thành hiện thực ở quy mô thương mại với một số bột oxit nhất định (thí dụ như, oxit silic (SiO_2), oxit titan (TiO_2); các bột phi oxit vẫn chưa được sản xuất ở quy mô phù hợp.

5. Để các gốm nano được sản xuất thành công từ bột, cần phải kiểm soát được công đoạn gia công bột (khử kết tụ, ít khiếm khuyết). Những năm vừa qua, các nhà khoa học đã thu được những kiến thức cơ bản đặt nền móng cho những công nghệ mới (thí dụ như các phương pháp chất keo để sản xuất gốm).

6. Điều kiện tiên quyết để giảm tăng trưởng kích thước hạt là sự phân bố kích thước hạt vô cùng hẹp - hiện vẫn còn rất xa vời. Nội dung cải thiện trong công nghệ nung kết (nung kết vi ba, thiêu kết xung điện plasma (SPS - spark plasma sintering, v.v...)) có thể tác động đến giảm tăng trưởng kích thước hạt và cho phép các quy trình này được triển khai thương mại hiện vẫn chưa xác định được.

Các xu hướng riêng lẻ được liệt kê ở đây thể hiện tầm quan trọng đang gia tăng của công nghệ nano và đặc biệt là việc sản xuất tái sinh bột nano có chất lượng đủ là chìa khóa cho những ứng dụng sâu rộng hơn của các công nghệ đó. Các bột nano oxit hiện đã được sản xuất ở quy mô thương mại cho các ứng dụng khác nhau (chất màu, vật liệu cách ly, v.v...) và nhu cầu cũng đang tăng lên đối với các sản phẩm bột nano phi oxit để thực hiện những cải thiện về tính chất. [2]

II. NHỮNG HIỂM HỌA CỦA VẬT LIỆU NANO

2.1. Hiểm họa của vật liệu nano đối với môi trường

Những vấn đề phơi nhiễm trong nghề nghiệp và môi trường đối với một số ít vật liệu nano chế tạo đã được nghiên cứu. Do những bất định về tác động đối với sức khỏe và môi trường khi phơi nhiễm với những vật liệu nano chế tạo làm nảy sinh câu hỏi về những rủi ro tiềm ẩn của tình trạng phơi nhiễm như vậy.

Cục Bảo vệ môi trường (EPA) của Hoa Kỳ đã tiến hành đánh giá về những ảnh hưởng tới sức khỏe và môi trường của vật liệu nano được sản xuất. Thách thức đặt ra

cho việc đánh giá rủi ro liên quan đến việc sản xuất và sử dụng vật liệu nano là tính đa dạng và phức hợp của những loại vật liệu hiện có và đang được phát triển, cũng như những ứng dụng tiềm năng dường như là vô hạn của chúng. Đánh giá rủi ro là đánh giá thông tin khoa học về những tính chất nguy hại của những tác nhân môi trường, mối quan hệ ứng với liều lượng và mức độ phơi nhiễm của con người hoặc những đối tượng thu nhận khác có mặt trong môi trường đối với những tác nhân đó.

Nói chung, EPA tuân thủ khung đánh giá rủi ro đã được Viện Hàn lâm Khoa học Hoa Kỳ mô tả, mà vào thời điểm này EPA dự đoán rằng nó thích hợp với việc đánh giá vật liệu nano. Ngoài ra, vật liệu nano cần phải được đánh giá từ khía cạnh vòng đời của chúng.

Cách tiếp cận đánh giá rủi ro tổng thể mà EPA đã sử dụng đối với những hóa chất thông thường nhìn chung có thể áp dụng được cho các vật liệu nano. Điều quan trọng cần lưu ý là vật liệu nano có diện tích bề mặt trên một đơn vị thể tích là rất lớn, cũng như có các tính chất điện tử mới so với những hóa chất thông thường. Một số những tính chất đặc biệt đó khiến cho vật liệu nano trở nên hữu ích, nhưng chính chúng, khi ở những điều kiện đặc thù, lại có thể khiến cho vật liệu nano có tính nguy hại đối với con người và môi trường. Ngoài ra, có một số chất phủ làm từ vật liệu nano đang được phát triển để nâng cao tính năng cho những ứng dụng nhất định. Chúng có thể có tác động tới hành vi và công dụng của các vật liệu, và có thể được lưu giữ lại hoặc không được lưu giữ lại trong môi trường. Những tính chất và vấn đề đặc biệt này cần được cân nhắc cùng với những tác động tiềm tàng của chúng tới kết cục, sự phơi nhiễm và tính độc hại của chúng khi tiến hành công trình đánh giá rủi ro của vật liệu nano.

Một số tác giả đã xem xét đặc trưng, kết cục và thông tin về tính độc hại của vật liệu nano và đề ra những chiến lược nghiên cứu để đánh giá sự an toàn của vật liệu nano. Trong đó đã nhận dạng những đặc trưng, như kích thước, cấu trúc/tính chất hạt, chất phủ, và hành vi hạt là những yếu tố có thể có tầm quan trọng trong việc tiến hành các đánh giá rủi ro của vật liệu nano.

Nhận dạng và mô tả đặc trưng hóa học của vật liệu nano

Tính đa dạng và phức hợp của vật liệu nano khiến cho việc nhận dạng và mô tả đặc tính hóa học của chúng càng trở nên quan trọng hơn, nhưng cũng khó khăn hơn. Để xác định tính chất đặc trưng đầy đủ một vật liệu nano nhất định cho việc đánh giá tính nguy hại và rủi ro của nó, cần phải xem xét các tính chất ở phạm vi rộng hơn. Những tính chất hóa học, như đã nêu ở trên, có thể đóng vai trò quan trọng đối với một số vật liệu nano, nhưng các tính chất khác, chẳng hạn như kích thước hạt và sự phân bố kích thước, tỷ số giữa bề mặt và thể tích, hình dạng, các tính chất điện tử, các đặc trưng bề

mặt, tình trạng khuếch tán/kết tụ và độ dẫn điện cũng có thể quan trọng đối với phần lớn các hạt nano.

Trong nhiều trường hợp, một vật liệu nano nhất định có thể được sản xuất theo một số quy trình khác nhau, tạo ra một số chất dẫn xuất từ cùng một vật liệu. Thí dụ, các ống nano cacbon đơn vách có thể được sản xuất bởi một số quy trình khác nhau, có thể tạo ra những sản phẩm với những tính chất hóa-lý khác nhau (chẳng hạn như kích thước, hình dạng, thành phần cấu tạo) và những tính chất sinh thái và độc hại tiềm tàng khác nhau. Hiện vẫn còn chưa rõ, liệu những phương pháp thử nghiệm tính chất hóa-lý hiện nay có đủ thích hợp để mô tả đặc trưng những vật liệu nano khác nhau phục vụ việc đánh giá độ nguy hại và phơi nhiễm của chúng và đánh giá rủi ro của chúng. Rõ ràng là những tính chất như điểm sôi và áp suất bay hơi thì vẫn chưa đủ. Những phương pháp khác để đo các tính chất của vật liệu nano có thể cần phải được phát triển thật nhanh đồng thời đạt cả hiệu quả chi phí.

Do hiện trạng phát triển của việc nhận dạng và đặc trưng hóa học nên cách biểu diễn hóa học và gọi tên hiện nay có thể là chưa đủ đối với một số vật liệu nano.

Kết cục của vật liệu nano trong môi trường

Khi những sản phẩm chứa vật liệu nano được phát triển nhiều hơn, thì tiềm năng phơi nhiễm trong môi trường cũng lớn hơn. Những nguồn phóng thích vật liệu nano tiềm năng gồm sự phóng thích trực tiếp và/hoặc gián tiếp vào môi trường từ các công đoạn chế tạo và xử lý vật liệu nano, sự giải phóng các vật liệu nano từ các quy trình chung cất dầu mỏ, các quy trình chế tạo hóa học và vật liệu, các hoạt động tẩy sạch hóa chất, kể cả việc khắc phục những địa điểm ô nhiễm, sự giải phóng của vật liệu nano kết hợp trong các vật liệu dùng để điều chế những sản phẩm tiêu dùng, kể cả được phẩm và sự giải phóng do sử dụng và thải bỏ những sản phẩm tiêu dùng có chứa vật liệu cấp nano (chẳng hạn như màn hình, bảng mạch máy tính, lớp ô tô, đồ may mặc và mỹ phẩm). Những tính chất cơ bản liên quan đến kết cục trong môi trường của vật liệu nano vẫn chưa được hiểu biết rõ do mới có ít công trình khảo sát về tác động đối với môi trường của vật liệu nano. Các mục dưới đây tóm lược những điều đã được biết hoặc có thể suy luận ra về kết cục của các vật liệu nano trong không khí, đất và nước.

Kết cục của vật liệu nano trong không khí

Ngoài những đặc trưng kích thước và hóa học ban đầu, một số quá trình và yếu tố ảnh hưởng đến kết cục của những hạt bay lơ lửng trong không khí, đó là độ dài thời gian mà các hạt ở trạng thái lơ lửng, bản chất môi tương tác của chúng với các hạt hoặc phân tử lơ lửng khác và khoảng cách chúng có thể di chuyển trước khi lắng đọng. Những quá trình quan trọng để hiểu được khả năng di chuyển trong không khí của các

hạt gồm: sự khuếch tán, sự kết tụ, sự lắng đọng và kết tủa bởi trọng trường. Những quá trình này đã được nghiên cứu khá kỹ đối với những hạt siêu mịn và cũng có thể áp dụng được cho vật liệu nano. Tuy nhiên, ở một số trường hợp, những vật liệu nano được sản xuất có thể có hành vi hoàn toàn khác với những siêu hạt tự nhiên, thí dụ những hạt nano được phủ bề mặt để ngăn kết tụ. Ngoài ra, có thể có sự khác biệt giữa vật liệu nano mới tạo ra với vật liệu nano đã tồn tại từ lâu.

Xét về độ dài thời gian các hạt vẫn còn ở trạng thái lơ lửng trong không khí thì những hạt có đường kính nằm trong phạm vi cấp nano (<100 nm) có thể tuân theo định luật khuếch tán các thể khí khi thoát ra ngoài khí quyển. Tốc độ khuếch tán tỷ lệ nghịch với đường kính hạt, còn sức hút trọng trường tỷ lệ thuận với đường kính hạt. Có thể phân loại về kích thước và hành vi của những hạt lơ lửng trong không khí thành ba nhóm chung: Những hạt nhỏ (đường kính <80 nm) là những hạt đang ở trong chế độ kết tụ, chỉ tồn tại trong thời gian ngắn vì nhanh chóng kết tụ với nhau thành những hạt lớn hơn. Những hạt lớn (>2000 nm) nằm ở chế độ chuẩn bị lắng đọng bởi trọng trường. Những hạt kích thước trung gian (>80 nm và <2000 nm, kể cả những kích thước ngoài phạm vi cấp nano được đề cập là <100 nm) là ở chế độ tích lũy và có thể lơ lửng lâu ở trong không khí (từ nhiều ngày tới nhiều tuần) và có thể tách ra khỏi không khí nhờ kết tủa. Lưu ý rằng sự khái quát hóa này chỉ áp dụng cho các điều kiện môi trường và không loại trừ khả năng con người và những sinh vật khác có thể hít phải những hạt lớn hơn hoặc nhỏ hơn.

Những hạt nano đã lắng đọng thường không dễ dàng trở lại trạng thái lơ lửng trong không khí. Do kích thước hạt là một tính chất quan trọng của vật liệu nano, nên việc duy trì nó trong quá trình xử lý và sử dụng là một ưu tiên. Nghiên cứu hiện đang tìm cách sản xuất những ống nano cacbon rời bằng cách, hoặc là tạo chức năng cho bản thân các ống, hoặc phủ tác nhân làm phân tán chúng, vì vậy những vật liệu tương lai sẽ dễ dàng phân tán hơn.

Nhiều hạt nano được cho biết là có tính quang hoạt, nhưng khả năng phân hủy bằng ánh sáng của chúng trong khí quyển vẫn chưa được nghiên cứu. Các vật liệu nano cũng được biết là dễ dàng hấp thu nhiều vật liệu khác, và nhiều vật liệu nano có tác dụng như những chất xúc tác. Tuy nhiên, hiện nay chưa có công trình nào nghiên cứu về mối tương tác của những chất hấp thu có kích thước nano và những hóa chất hấp thu vào chúng, cũng như cách thức mà mối tương tác này có thể ảnh hưởng tới tính chất hóa học của vùng khí quyển liên quan.

Kết cục của vật liệu nano trong đất

Số phận của vật liệu nano thoát vào trong lòng đất có thể sẽ khác nhau tùy theo các tính chất hóa-lý của chúng. Vật liệu nano khi thoát vào đất có thể sẽ bị hấp thu mạnh

do diện tích bề mặt lớn của chúng và do đó sẽ trở nên bất động. Mặt khác, vật liệu nano lại có kích thước đủ nhỏ để vừa khít khoảng trống giữa những hạt đất và do đó có thể di chuyển xa hơn những hạt lớn trước khi rơi xuống đất. Sức hút rơi xuống đất của bất kỳ hạt nano kỹ thuật nào sẽ phụ thuộc vào kích thước, tính chất hóa học, phương pháp xử lý bề mặt hạt và những điều kiện mà nó được ứng dụng. Những nghiên cứu đã cho thấy sự khác biệt về khả năng di chuyển của những vật liệu nano không hòa tan khác nhau trong môi trường xốp.

Ngoài ra, thể loại và tính chất của đất và môi trường (chẳng hạn như đất sét hay cát) cũng có thể ảnh hưởng đến khả năng di chuyển của vật liệu nano. Thí dụ, khả năng di chuyển của những hạt keo khoáng ở trong đất và trầm tích chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi điện tích. Những phản ứng quang học bề mặt là một hình thức làm biến đổi vật liệu nano trên mặt đất. Những chất humic - thường là thành phần của những hạt tự nhiên, tạo ra độ nhạy quang học cho vô số những phản ứng quang học hữu cơ ở trên mặt đất và những bề mặt tự nhiên khác khi phơi dưới ánh sáng Mặt trời. Những nghiên cứu về sự biến đổi của vật liệu nano trong những mô phỏng thực địa đã gặp khó khăn bởi sự có mặt của những vật liệu nano phát sinh tự nhiên có cấu trúc phân tử và phạm vi kích thước tương tự, thí dụ như oxit sắt.

Kết cục của vật liệu nano trong nước

Kết cục của vật liệu nano trong các môi trường nước được kiểm soát bởi độ hòa tan hoặc khả năng phân tán ở trong nước, những tương tác giữa vật liệu nano với các hóa chất tự nhiên và do con người tạo ra trong hệ thống đó và các quá trình sinh học và vô sinh. Những hạt nano lẫn trong nước nhìn chung lắng đọng chậm hơn so với những hạt có kích thước lớn hơn của cùng một vật liệu. Tuy nhiên do tỷ số giữa bề mặt và khối lượng cao, nên những hạt nano có thể bị hút vào đất và trầm tích mạnh hơn

Ở những nơi mà những hạt đất và trầm tích dễ bị lắng đọng thì những hạt nano đã được hấp thu dễ tách ra khỏi cột nước hơn. Một số hạt nano dễ bị phân giải sinh học và phi sinh học, kết quả là bị tách khỏi cột nước. Các quá trình phi sinh học có thể diễn ra gồm phản ứng thủy phân và xúc tác quang học ở trên tầng nước mặt. Những hạt ở những tầng bên trên của môi trường nước, trên bề mặt đất và trong những giọt nước lơ lửng trong khí quyển bị phơi dưới ánh sáng Mặt trời. Những phản ứng quang học do ánh sáng gây ra thường có tầm quan trọng trong việc xác định số phận môi trường của các hóa chất. Những phản ứng này có thể làm thay đổi tính chất lý-hóa của vật liệu nano và do đó làm thay đổi hành vi của chúng trong môi trường nước.

Có một số vật liệu nano hữu cơ và kim loại có khả năng biến đổi trong những điều kiện yếm khí, chẳng hạn như trong trầm tích nước. Những nghiên cứu trước đây cho

thấy có một số loại hợp chất hữu cơ nhìn chung dễ bị phân hủy trong những điều kiện như vậy.

Ngược lại với những quá trình có tác dụng tách các hạt nano ra khỏi nước, một số những hạt nano không tan bị phân tán có thể ổn định trong môi trường nước. Thí dụ, các nhà nghiên cứu ở trường ĐH Rice đã thông báo rằng mặc dù fullerene C60 thoát tiên không tan trong nước nhưng chúng tự phát hình thành những hạt keo nước chứa các tổ hợp tinh thể nano. Nồng độ những hạt nano lơ lửng có thể đạt tới 100 ppm (phần triệu), nhưng thường trong khoảng 10-50 ppm. Độ ổn định của những hạt lơ lửng rất nhạy cảm với độ pH và ion. Những vi tầng của bề mặt biển (sea surface microlayers) chứa những thành phần lipit, hydratcacbon và những hợp chất protein cùng với những hạt keo phát sinh tự nhiên từ axit humic, có tiềm năng hấp thu hạt nano và di chuyển chúng đi xa trong môi trường nước. Những mối tương tác đó có thể làm chậm quá trình tách những hạt nano ra khỏi nước.

Những phản ứng quang học di hợp (heterogeneous photoreactions) ở trên bề mặt oxit kim loại đang được ứng dụng ngày càng nhiều để làm phương pháp xử lý nước uống, nước thải và nước ngầm. Những vật liệu bán dẫn, chẳng hạn như dioxit titan và oxit kẽm là những vật liệu nano đã chứng tỏ khả năng xúc tác hiệu quả để vừa giảm được những hóa chất halogen hóa vừa oxy hóa được nhiều chất ô nhiễm khác nhau và những xúc tác quang học di hợp đã được ứng dụng để tinh chế nước trong các hệ thống xử lý.

Hóa quang học của hạt nano đang được nghiên cứu để ứng dụng trong xử lý nước. Những quá trình có tác dụng vận chuyển và khử những hạt nano trong nước và nước thải đang được nghiên cứu để hiểu được số phận của các hạt nano. Số phận của những hạt nano trong các nhà máy xử lý nước thải vẫn chưa được mô tả đặc trưng đầy đủ. Nước thải có thể phải được xử lý bởi nhiều kiểu khác nhau, bao gồm những quá trình vật lý, hóa học và sinh học, tùy thuộc vào những đặc tính của nước thải. Nói một cách tổng quát, có khả năng xảy ra nhiều nhất là các hạt nano chịu ảnh hưởng bởi các quá trình hấp thu và phản ứng hóa học. Khả năng để cho những quy trình này hoặc là làm bất động, hoặc là tiêu hủy hạt sẽ phụ thuộc vào bản chất vật lý và hóa học của hạt. Như đã nêu ở phần trên, mức độ hấp thu, kết tụ và di chuyển của những keo khoáng chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi độ pH; do vậy pH là một biến số nữa có thể ảnh hưởng tới độ hấp thu và kết tủa của vật liệu nano. Những nghiên cứu hiện nay trong lĩnh vực này bao gồm cả sản xuất những hạt vi khuẩn (microbial granules), được cho biết là để khử những hạt nano khỏi nước thải. Những vật liệu nano nào thoát khỏi sự hấp thu trong lần xử lý đầu sẽ bị khử khỏi nước thải sau khi xử lý sinh học thông qua sự lắng tụ

trong lần lọc thứ hai. Thường thì tốc độ lắng bằng trọng trường của những hạt ở trong nước, chẳng hạn như hạt nano, phụ thuộc vào đường kính hạt và những hạt nhỏ hơn thì lắng đọng chậm hơn.

Sự phân hủy sinh học của vật liệu nano

Quá trình phân giải sinh học của các hạt nano có thể làm cho chúng bị tiêu hủy, giống như thường thấy đối với các phân tử hữu cơ, hoặc có thể đem lại những thay đổi trong đặc trưng cấu trúc vật lý hoặc bề mặt của vật liệu. Tiềm năng của những cơ chế phân hủy sinh học những hạt nano mới chỉ bắt đầu được nghiên cứu. Tương tự như trường hợp của các quá trình tiêu hủy khác, tiềm năng phân hủy sinh học sẽ phụ thuộc rất nhiều vào bản chất hóa học và vật lý của hạt. Nhiều vật liệu nano trong những ứng dụng hiện nay vốn dĩ đều chứa những hóa chất vô cơ không thể phân hủy bằng sinh học, chẳng hạn như gốm, kim loại và oxit kim loại, và không có triển vọng bị phân hủy sinh học. Tuy nhiên, một khảo sát sơ bộ gần đây phát hiện ra rằng những fullerene C60 và C70 bị xâm chiếm bởi nấm hại gỗ sau 12 tuần, chứng tỏ fullerene cacbon đã bị chuyển hóa. Đối với những vật liệu nano khác, khả năng phân hủy sinh học có thể được kết hợp trong thiết kế và chức năng của vật liệu, thí dụ một số polyme có thể phân hủy sinh học đã được nghiên cứu để dùng vận chuyển thuốc trong cơ thể, trong đó khả năng phân hủy sinh học phần lớn là do cấu trúc hóa học chứ không phải là kích thước hạt.

Khả năng phân hủy sinh học trong xử lý chất thải và môi trường có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố. Những nghiên cứu gần đây trong phòng thí nghiệm về fullerene C60 cho thấy sự phát triển của những cấu trúc keo ổn định ở trong nước biểu hiện tính độc hại đối với vi khuẩn ở những điều kiện háo khí và kỵ khí. Tác hại của fullerene đối với những vi sinh vật ở điều kiện môi trường bình thường cần được nghiên cứu. Cũng cần cân nhắc về tiềm năng của những phản ứng quang học và các quá trình vô sinh (abiotic processes) trong việc làm thay đổi khả năng hiện hữu sinh học và do vậy ảnh hưởng đến quá trình phân hủy sinh học của vật liệu nano. Tóm lại, hiện vẫn chưa đủ kiến thức để đưa ra những dự báo tin cậy về sự phân hủy sinh học của vật liệu nano trong môi trường và cần tiếp tục tiến hành những thử nghiệm và khảo sát.

Sự hiện hữu sinh học và tích lũy sinh học của vật liệu nano

Vi khuẩn và những tế bào sống có thể hấp thu những hạt nano, tạo cơ sở cho sự tích lũy tiềm năng trong chuỗi thực phẩm. Những loài lọc ở nước biển và môi trường nước gần phần nền của chuỗi thức ăn sử dụng cả những hạt kích thước nhỏ, thậm chí những hạt chỉ nhỏ vài phần nanomet. Sự hiện hữu sinh học của những vật liệu nano đặc thù

trong môi trường sẽ phụ thuộc phần nào vào hạt này. Những quá trình hủy hoại do môi trường có thể diễn ra quá chậm để khử một cách hiệu quả những vật liệu nano bền vững trước khi chúng có thể bị sinh vật hấp thu. So với những vi hạt, một số quá trình khử vật lý, chẳng hạn như lắng đọng trọng trường, diễn ra chậm hơn đối với những hạt nano. Điều này có thể làm tăng tiềm năng các sinh vật trên cạn hít phải khi bị phơi nhiễm và làm những sinh vật dưới nước phơi nhiễm nhiều hơn với các hạt keo nước. Vẫn chưa có đủ thông tin về tốc độ lắng của vật liệu nano từ khí quyển và nước mặt, hoặc về tốc độ hấp thu của chúng vào đất và trầm tích lơ lửng trong cột nước để xác định xem, liệu những quá trình này có tách biệt hiệu quả những vật liệu nano đặc thù trước khi chúng bị hấp thu vào những sinh vật hay không.

Độ phức hợp của những vật liệu nano kim loại có thể gây ra những ảnh hưởng tương tác quan trọng đến sự hiện hữu sinh học và phản ứng hóa-quang học. Thí dụ, sự hiện hữu sinh học của sắt phụ thuộc vào nồng độ ion tự do của nó ở trong nước và nồng độ này chịu ảnh hưởng bởi độ phức hợp. Bức xạ tia cực tím của Mặt trời có thể tương tác với những quá trình này thông qua những phản ứng quang học của các phức chất. Ngoài ra, sắt và oxit sắt có thể tham gia vào các phản ứng oxy hóa khử enzym, làm thay đổi trạng thái oxy hóa, tính chất lý-hóa và sự hiện hữu sinh học của kim loại.

Tiềm năng tạo thành những sản phẩm biến đổi độc hại từ vật liệu nano

Có những vật liệu nano được thiết kế để giải phóng ra môi trường những chất phản ứng và do đó có khả năng sẽ trải qua những biến đổi hóa học. Thí dụ, những hạt nano sắt (FeO) được ứng dụng để làm chất phản ứng khử clo trong những chất thải hữu cơ.

Khi phản ứng diễn ra, sắt bị oxy hóa thành oxit sắt. Những hạt kim loại khác cũng biến thành oxit với sự có mặt của nước và không khí. Những oxit sắt ít nhiều có độc hại hay không là tùy thuộc vào kim loại. Với những điều kiện thích hợp, những hợp chất kim loại nào đó có thể biến thành những hợp chất có hoạt tính hơn. Trong những trường hợp này, kích thước nhỏ có khả năng tăng cường độ phản ứng vốn có của chúng. Một số loại chấm lượng tử đã chứng tỏ là bị phân giải ở những điều kiện ánh sáng và oxy hóa, và hơn nữa, khi lớp phủ của chấm lượng tử bị bong ra, để lộ lõi kim loại thì có thể gây độc hại.

Sự tương tác giữa vật liệu nano và các chất ô nhiễm hữu cơ và vô cơ

Những thí dụ dưới đây minh họa cách thức những vật liệu nano đã thể hiện trong việc thay đổi hành vi của những hóa chất giữa những môi trường và giữa môi trường với các sinh vật sống. Hơn nữa, một số vật liệu nano có tính phản ứng với các hóa chất trong môi trường, sản sinh ra những chủng phản ứng (reactive species), hoặc xúc tác những phản ứng của những hóa chất khác. Những tính chất này hiện đang được nghiên

cứu để ứng dụng xử lý chất thải. Cần lưu ý rằng vật liệu nano cũng có tiềm năng gây ra những thay đổi không lường trước được khi phóng thích vào môi trường với khối lượng lớn.

Hai dạng tác động đang được nghiên cứu để khai thác ứng dụng là sự hấp thu và phản ứng của vật liệu nano. Diện tích bề mặt lớn của những hạt nano làm tăng khả năng hấp thu những chất vô cơ lẫn hữu cơ trong môi trường so với những dạng thông thường của cùng vật liệu. Tính chất này có thể ứng dụng để gắn kết với các chất ô nhiễm, tăng hiệu quả phục hồi môi trường.

Chưa có một tác động chung nào cho thấy sự hấp thu của các hóa chất vào vật liệu nano dựa trên kích thước hoặc cấu tạo hóa học của chúng. Trong không khí, những hạt nano đã sol khí hóa có thể hấp thu những chất ô nhiễm thể khí hoặc hạt. Trong đất hoặc trầm tích, vật liệu nano có thể làm tăng sự hiện hữu sinh học của các chất ô nhiễm, bởi thế làm tăng khả năng hiện diện của chúng đối với quá trình phân hủy sinh học. Tùy thuộc vào các điều kiện, những vật liệu nano cacbon như C60 hoặc ống có thể tăng cường hoặc kìm hãm khả năng di chuyển của các chất ô nhiễm hữu cơ. Những loại keo vật liệu nano kỵ nước ổn định ở trong môi trường nước có thể cung cấp một vi môi trường kỵ nước, duy trì trạng thái lơ lửng của những chất ô nhiễm kỵ nước và làm chậm tốc độ kết tủa của chúng. Những tác dụng tương tự đã xảy ra với những hạt keo từ axit humic và làm lơ lửng những hạt trầm tích. Có thể thay đổi những hạt nano để tối ưu hóa ái lực của chúng với những chất ô nhiễm đặc thù nhờ cải biến sự đồng nhất hóa học của polyme.

Gần đây, một số công trình nghiên cứu sự hấp thu vào vật liệu nano của các chất ô nhiễm hữu cơ và kim loại trong không khí, đất và nước đã được công bố, so sánh sự hấp thu naphthalene từ dung dịch nước vào C60 và vào cacbon hoạt tính. Các nhà nghiên cứu đã quan sát thấy mối tương quan giữa diện tích bề mặt của hạt với lượng naphthalene hút thu vào. Trong công trình khác, những hạt nano tạo ra từ polyme ưa nước đã chứng tỏ khả năng di chuyển phenanthrolene ra khỏi đất cát bị ô nhiễm và tăng sự hiện hữu sinh học của chúng. Nghiên cứu cũng cho biết những tinh thể từ tính hấp thu arsen và crom (CrVI) từ nước, do vậy có thể giúp đem lại kỹ thuật thanh lọc nước uống nhiễm kim loại. Khả năng của fullerene trong việc hấp thu những hợp chất hữu cơ bay hơi trong không khí cũng được nghiên cứu. Một nghiên cứu khác được tiến hành trên chuột về những phơi nhiễm đường hô hấp của chúng với benzo(a)pyrene được hấp thu vào sol khí oxit gali (Ga_2O_3) siêu mịn và khí thải diesel (140 nm). Những công trình đó cho biết nếu so với khi chỉ hít phải sol khí benzo(a)pyrene, oxit gali (Ga_2O_3) đã tăng sự duy trì của chúng trong đường hô hấp và tăng độ phơi nhiễm với dạ dày, gan và thận.

Vật liệu nano thường phản ứng mạnh hơn so với những hạt lớn hơn của cùng vật liệu. Điều này đặc biệt đúng với các kim loại và một số oxit kim loại nhất định. Trong môi trường, vật liệu nano có tiềm năng phản ứng với vô số hóa chất; khả năng phản ứng gia tăng hay mới của chúng, cùng với tính chất hấp thu cho phép khử nhanh hóa chất trong môi trường. Nhiều nhóm nghiên cứu hiện đang tìm cách sử dụng vật liệu nano để tiêu hủy những chất ô nhiễm bền vững.

Những hạt nano sắt đã chứng tỏ hiệu quả khắc phục tại chỗ đất nhiễm tetrachloroethylene. Nhiều thí nghiệm được thực hiện cũng cho thấy vô số chất ô nhiễm khác cũng bị chuyển hóa bởi hạt nano sắt, gồm metan halogen (Cl, Br), benzene chlorinat, thuốc trừ sâu, ethane chlorinat, hydrocarbon polychlorina, TNT, thuốc nhuộm, và những anion vô cơ như nitrat, perchlorat, dichromat, và arsenat. Các công trình nghiên cứu đang tiếp tục thực hiện với các hạt nano lưỡng kim (hạt sắt với Pt, Pd, Ag, Ni, Co, hoặc Cu) và những kim loại kết tủa vật liệu hỗ trợ cấp nano chẳng hạn như những phiến cacbon cấp nano và axit polyacrylic nano. Những cụm nano C_{60} đã chứng tỏ là sản sinh ra những chủng oxy gây phản ứng (ROS - reactive oxygen species) dưới tác dụng của ánh sáng cực tím và đa sắc. Những hạt keo tương tự cũng đã được biết là có tác dụng phân hủy những chất ô nhiễm hữu cơ và diệt khuẩn. Fullerol ($C_{60}(OH)_{24}$) cũng sinh ra những chủng oxy gây phản ứng trong những điều kiện tương tự.

2.2. Hiểm họa của vật liệu nano đối với sức khỏe con người

Do việc sử dụng vật liệu nano trong xã hội ngày càng tăng nên cũng hợp lý khi giả định rằng sự có mặt của chúng trong môi trường sẽ gia tăng tỷ lệ thuận với những hậu quả gây ra cho môi trường và con người khi phơi nhiễm với chúng. Khả năng con người có thể bị phơi nhiễm với vật liệu nano hoặc hỗn hợp vật liệu nano bao gồm người công nhân bị phơi nhiễm trong quá trình sản xuất, sử dụng, tái chế và thải bỏ vật liệu nano, sự phơi nhiễm của dân cư nói chung do sự phóng thích vật liệu nano vào môi trường từ các quá trình sản xuất, sử dụng, tái chế và thải bỏ vật liệu ở nơi làm việc và sự phơi nhiễm trực tiếp của mọi người khi sử dụng những sản phẩm tiêu dùng có chứa vật liệu nano.

Mô hình phơi nhiễm xét đến một loạt những sự việc, bắt đầu từ thời điểm mà những cơ chế bên ngoài (chẳng hạn như sự phóng thích hoặc xử lý các hóa chất) làm cho hóa chất đó tồn tại để bị hấp thu hoặc những phương thức xâm nhập khác vào cơ thể. Giai đoạn giữa lúc tiếp xúc bên ngoài cơ thể và khi xâm nhập vào cơ thể, hóa chất được hấp

thu và khuếch tán. Tùy thuộc vào bản chất hóa học và con đường phơi nhiễm, hóa chất đó có thể được chuyển hóa.

Khả năng vật liệu nano được sản xuất hữu ý phóng thích vào môi trường hoặc được sử dụng với những khối lượng lớn làm nảy sinh những mối lo ngại về sự phơi nhiễm của con người là rất cao, do những ứng dụng được dự báo là sẽ phổ biến rộng khắp trong các sản phẩm. Dưới đây đề cập đến một số nguồn và con đường khả dĩ mà con người có thể bị phơi nhiễm với vật liệu nano.

Người lao động có thể bị phơi nhiễm với vật liệu nano trong quá trình chế tạo/tổng hợp những vật liệu ở cấp nano, trong quá trình tạo lập và sử dụng những sản phẩm chứa vật liệu nano, hoặc trong quá trình thải bỏ và tái chế những sản phẩm đó. Vì tại nơi làm việc, nồng độ và số lượng những vật liệu nano cao hơn và tần suất phơi nhiễm cũng cao hơn, nên sự phơi nhiễm do nghề nghiệp thu hút được sự quan tâm đặc biệt.

Sự phơi nhiễm của cư dân nói chung có thể xảy ra bởi sự phóng thích vào môi trường của quá trình sản xuất và sử dụng vật liệu nano cũng như từ việc sử dụng trực tiếp những sản phẩm chứa vật liệu nano. Trong quá trình sản xuất vật liệu nano, những nguồn có khả năng phóng thích ra môi trường bao gồm việc vận chuyển các vật liệu nano, những dư lượng của khâu lọc, những thất thoát khi phun khô, những phát thải từ thiết bị lọc và cọ rửa và những phế thải của khâu làm sạch thiết bị và xử lý sản phẩm. Chưa có số liệu cụ thể cho biết lượng phóng thích của vật liệu nano từ các quy trình công nghiệp và kết cục của chúng sau khi thoát ra môi trường. Tuy nhiên, do kích thước nhỏ, nên vật liệu nano có nhiều khả năng là tồn tại ở trong không khí lâu hơn nhiều so với những loại hạt khác. Khả năng phơi nhiễm lớn nhất của con người nói chung đối với vật liệu nano thoát ra từ các quy trình công nghiệp là hít thở không khí chứa vật liệu đó trong khi chế tạo. Vật liệu nano thoát ra từ những vụ tai nạn trong công nghiệp và vận tải, từ những thảm họa thiên nhiên, hay những hoạt động khủng bố cũng có thể dẫn đến tình trạng phơi nhiễm cho công nhân hoặc cư dân nói chung.

Vật liệu nano có những tiềm năng ứng dụng trong nhiều sản phẩm tiêu dùng, gây nguy cơ phơi nhiễm đối với quảng đại công chúng.

Những đường phơi nhiễm

Những vật liệu nano được chế tạo hữu ý có chung một số đặc tính với các chất khác (chẳng hạn như kích thước và các chiều), mà chúng ta đã biết cách thức chúng có thể tiếp cận và gây hại cho cơ thể con người. Những hiểu biết chủ yếu tập trung vào con

đường hít thở khi phơi nhiễm. Tuy nhiên, vì hàng loạt ứng dụng của vật liệu nano đang được mở ra, nên những đường phơi nhiễm khác, chẳng hạn như da, mắt và miệng cũng có thể có tầm quan trọng đối với sức khỏe con người.

Phơi nhiễm bởi hít thở. Một tài liệu tham khảo của Cơ quan An toàn và Sức khỏe của Anh đề xuất rằng có thể sử dụng khoa học về sol khí để thấy được hành vi của những hạt nano lơ lửng trong không khí. Hành vi của sol khí chủ yếu chịu ảnh hưởng của kích thước hạt và lực quán tính, trọng trường và độ khuếch tán. Những yếu tố khác ảnh hưởng đến nồng độ hạt nano trong không khí gồm độ kết tụ, độ kết lắng và độ tái hồi. Tất cả những vấn đề này đều liên quan đến việc hiểu biết, dự đoán, và kiểm soát nồng độ vật liệu nano trong không khí.

Một công trình khác đã nghiên cứu những vấn đề liên quan đến sự giải thoát sol khí của ống nano cacbon đơn vách. Công trình nhận xét là mặc dù những nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cho thấy khi khuấy trộn đủ mức thì có thể phóng thích ra những hạt siêu nhỏ vào không khí, nhưng nồng độ sol khí của ống nano cacbon đơn vách sản sinh ra trong quá trình xử lý vật liệu thô trong lĩnh vực này ở những phụ tải và tốc độ quan sát được đều rất thấp nếu xét trên cơ sở khối lượng.

Qua đường tiêu hóa. Không có thông tin về sự phơi nhiễm với vật liệu nano trong môi trường thông qua đường miệng. Ngoài sự tiêu hóa truyền thống đối với thực phẩm, các phụ gia thực phẩm, thuốc, bụi và đất (đặc biệt là với trẻ em), thì cũng có thể xảy ra sự tiêu hóa những hạt mà con người hít phải. Xét về khối lượng, thì sự tiêu hóa những hạt này dự đoán là tương đối nhỏ.

Qua đường da. Sự phơi nhiễm của da với vật liệu nano đã được quan tâm nhiều, có lẽ là do sự lo ngại với sự phơi nhiễm bởi nghề nghiệp và sự áp dụng những vật liệu nano chẳng hạn như hạt nano dioxit titan trong các mỹ phẩm và dược phẩm. Một công trình đã nghiên cứu những vấn đề liên quan đến khả năng phơi nhiễm da với ống nano cacbon đơn vách. Công trình phát hiện ra rằng những ống nano cacbon đơn vách lẫn trong không khí góp phần vào nguy cơ phơi nhiễm da tiềm tàng, cùng với những hạt kết tủa bề mặt phát sinh trong quá trình xử lý vật liệu. Ước tính, những hạt kết đọng trên găng tay là 0,2 - 0,6 mg.

Qua đường mắt. Sự phơi nhiễm với vật liệu nano đối với mắt đã ít được chú ý tới. Tuy nhiên, cũng cần phải xem xét đến nguy cơ tiềm tàng phơi nhiễm của mắt với vật liệu nano từ quá trình kết bám của bột hoặc bụi trong không khí hoặc bị chất lỏng bắn vào.

Ảnh hưởng của vật liệu nano tới sức khỏe

Phần này tổng hợp những thông tin hiện có về tính độc hại của những hạt nano, phần lớn trong đó là những *vật liệu nano tự phát sinh hoặc ngẫu nhiên tạo thành*, giúp bổ sung thêm hiểu biết về những vật liệu nano được sản xuất.

Nhận dạng tính độc hại và nguy hiểm của những vật liệu nano được chế tạo

Những nghiên cứu đánh giá vai trò của kích thước hạt đối với độ độc hại nhìn chung đã phát hiện được rằng những hạt siêu nhỏ hoặc ở phạm vi nano (<100 nm) đều độc hại hơn về mức độ phơi nhiễm theo khối lượng, so với những hạt có kích thước lớn hơn có cùng thành phần hóa học. Nghiên cứu cũng cho thấy rằng diện tích bề mặt của hạt cho dự báo tốt hơn về những phản ứng độc hại và mầm bệnh khi hít vào so với liều lượng khối lượng của hạt. Những công trình xem xét độ độc hại đối với phổi của những ống nano cacbon đã cung cấp bằng chứng cho thấy những vật liệu nano được sản xuất có thể biểu lộ tính độc hại không thể giải thích được nếu chỉ dựa vào những khác biệt về kích thước hạt. Một nghiên cứu cho biết những ống nano cacbon đơn vách có độ độc hại cao hơn với phổi so với những hạt nano cacbon đen. Một nghiên cứu khác cho biết những ống nano cacbon đa vách có xu hướng làm tăng mức độ viêm nhiễm và xơ vữa cao hơn so với những hạt cacbon đen siêu nhỏ với khối lượng tương đương. Những phản ứng viêm nhiễm và xơ vữa bất thường của phổi đối với những vật liệu nano đặc thù, chứng tỏ chúng có thể gây tổn hại cho phổi theo những cơ chế mới. Sự phơi nhiễm của các tế bào keratinocyte trong biểu bì của người với môi trường có chứa những ống nano cacbon đơn vách cũng gây hại cho da, bao gồm stress oxy hóa (oxidative stress) và tổn hại sức sống tế bào. Các nhà nghiên cứu cho rằng chính sự kết hợp của kích thước nhỏ, diện tích bề mặt lớn và khả năng tạo ra những chủng oxy gây phản ứng là những yếu tố then chốt gây ra tổn hại phổi sau khi bị phơi nhiễm với một số vật liệu nano được sinh ra ngẫu nhiên.

Tuy nhiên, một số nghiên cứu lại cho biết không phát hiện thấy tính độc hại của dioxit titanium cấp nano phụ thuộc vào kích thước và diện tích bề mặt hạt. Những công trình này cho rằng cấu trúc tinh thể đặc thù và khả năng sinh ra những chủng oxy gây phản ứng mạnh là những yếu tố cần cân nhắc trong việc đánh giá tính độc hại của vật liệu nano. Một nghiên cứu cho rằng chất phủ vật liệu nano có tác động đến độ độc hại.

Những nghiên cứu đã chỉ ra rằng tính độc hại của hạt nano là cực kỳ phức hợp và đa yếu tố, có khả năng được điều chỉnh bởi nhiều tính chất hóa-lý khác nhau, chẳng hạn như kích thước và hình dạng, cũng như những tính chất bề mặt như diện tích, diện tích và độ phản ứng.

Việc xác định mối quan hệ ứng với liều lượng liên quan đến những tính chất lý hóa học của những vật liệu nano được sản xuất hữu ý với độ độc hại sẽ giúp nhận dạng những số đo độ phơi nhiễm thích hợp để không gây hại nhiều cho sức khỏe.

Một trong những phát hiện gây ấn tượng nhất liên quan đến những ảnh hưởng tới sức khỏe của hạt nano là khả năng chúng tạo ra những ảnh hưởng độc hại cục bộ ở tại điểm lắng đọng ban đầu cũng như những phản ứng độc hại hệ thống rất quan trọng. Những hạt nano polystyrene đọng lại trong phổi được biết không chỉ gây ra những viêm nhiễm rõ ràng mà còn gây ra nghẽn mạch máu. Những công trình nghiên cứu lâm sàng và tính độc hại gần đây cũng đã phát hiện thấy sự suy giảm khả năng thay đổi nhịp tim ở chuột khi phổi của chúng có lắng đọng những hạt nano than đen, và sự tái phân cực kéo dài của tim ở những con chuột non khỏe mạnh. Một nghiên cứu cho thấy hiện tượng những hạt nano than đen sau khi kết tủa trong phổi đã di chuyển ra ngoài phổi. Ngoài ra, cũng có những công trình chứng minh sự thâm nhập của những hạt dưới mức micron qua da người trong quá trình tiếp xúc, chứng tỏ hệ miễn dịch có thể chịu ảnh hưởng khi da bị phơi nhiễm với những hạt nano. Trong một nghiên cứu năm 2005, các nhà khoa học thông báo rằng trong những mô hình mô phỏng trên máy tính, họ quan sát thấy fullerene C60 liên kết với ADN dài kép và dài đơn và nhận định rằng C60 có thể có tác động tiêu cực đến cấu trúc, độ ổn định và các chức năng sinh học của ADN. Rõ ràng, việc đánh giá tính độc hại của những vật liệu nano được sản xuất hữu ý cần phải cân nhắc đến những phản ứng độc hại mang tính cục bộ lẫn tính hệ thống (chẳng hạn như độc hại đối với hệ miễn dịch, đối với hệ mạch tim, đối với hệ thần kinh) để đảm bảo nhận dạng những ảnh hưởng sức khỏe đáng quan tâm đối với những vật liệu đó.

Những nhóm cư dân dễ bị nhiễm

Các công trình nghiên cứu độc hại của hạt nano đã cho thấy rằng không phải tất cả mọi người đều phản ứng khi phơi nhiễm với các hạt nano theo cùng một cách thức và mức độ như nhau. Nhiều yếu tố có khả năng ảnh hưởng đến độ độc hại, độ kết tủa, độ phân hủy và thời gian tồn tại của những vật liệu nano được sản xuất hữu ý, phần lớn trong số đó là chưa được biết..

Các nhà khoa học cho biết cần nghiên cứu thêm về các mối quan hệ giữa sự phơi nhiễm, liều lượng và phản ứng với những vật liệu nano được sản xuất hữu ý để khuyến nghị những mức phơi nhiễm an toàn, bảo đảm sức khỏe cho những nhóm dân cư dễ bị nhiễm nhất.

Những ảnh hưởng sức khỏe của những công nghệ môi trường có sử dụng vật liệu nano

Sự phơi nhiễm trực tiếp với những vật liệu nano được sản xuất hữu ý và/hoặc những phụ phẩm liên quan đến việc ứng dụng chúng có khả năng ảnh hưởng không tốt tới sức khỏe. công nghệ nano đang được áp dụng để phát triển những ứng dụng kiểm soát và khắc phục ô nhiễm. Những hạt nano sắt hóa trị không (nano-Fe (0)) có tính phản ứng cao đang được sử dụng để xử lý đất và các tầng chứa nước bị nhiễm hydrocarbons halogenat, như TCE (trichloroethylene) hoặc DCE (dichloroethylene) và những kim loại nặng.

Những hạt nano xúc tác quang học oxit titan (nano-TiO₂) đang được trộn vào các vật liệu xây dựng như xi măng và các chất phủ bề mặt để giảm mức oxit nitơ (NOx) trong không khí. Nghiên cứu đánh giá những ứng dụng lớp phủ quang học mới để khử ô nhiễm (Photocatalytic Innovative Coverings Applications for Depollution Assessment) của EU đã đánh giá hiệu quả của nano-TiO₂ xúc tác quang học trong việc giảm mức NOx của khí quyển và kết luận rằng đây là một cách tiếp cận có nhiều khả năng để châu Âu đạt được mức 21 phần tỷ (ppb) NOx vào năm 2010. Tuy nhiên, vẫn còn chưa biết mức độ mà nano-TiO₂ phản ứng với những chất đồng ô nhiễm khác trong bầu không khí và làm thay đổi những ảnh hưởng tới sức khỏe tương ứng của chúng.

Những hạt nano oxit ceri (CeO₂) đã và đang được sử dụng ở Anh để làm phụ gia nhiên liệu diesel nhằm giảm các phát thải đem lại lợi ích về kinh tế. Tuy nhiên, một công trình nghiên cứu đã cho biết ceri làm thay đổi rất nhiều thành phần hóa lý của các chất phát thải từ động cơ diesel do vậy gia tăng các mức hóa chất độc hại trong không khí như benzene, 1,3-butadiene và acetaldehyde.

Những ước tính dựa vào việc lập mô hình dự báo cho thấy sử dụng phụ gia cerium trong nhiên liệu diesel có thể làm gia tăng rất nhiều mức ceri trong không khí nhưng những tác động tới sức khỏe của những thay đổi trên trong khí thải diesel vẫn còn chưa được xem xét và hiện tại vẫn chưa xác định được.

Những ảnh hưởng sinh thái của vật liệu nano

Vật liệu nano có thể ảnh hưởng tới những sinh vật sống trong nước và trên đất liền theo những cách thức khác với những hạt có kích thước lớn hơn của cùng một vật liệu. Việc đánh giá mức độ độc hại của vật liệu nano là cực kỳ phức tạp và phụ thuộc vào

nhiều yếu tố và có khả năng chịu ảnh hưởng của nhiều tính chất hóa-lý khác nhau, chẳng hạn như kích thước, hình dạng và tính chất bề mặt như điện tích, diện tích và độ phản ứng. Ngoài ra, sử dụng những vật liệu nano trong môi trường có thể đem lại những phụ phẩm hoặc những quá trình phân hủy mới, cũng có thể tạo ra rủi ro. Mục dưới đây tóm lược những thông tin và những cân nhắc hiện có liên quan đến những ảnh hưởng sinh thái của vật liệu nano.

Sự xâm nhập và tích tụ của vật liệu nano

Dựa vào sự tương tự về tính chất hóa-lý của những phân tử lớn hơn của cùng loại vật liệu, có thể biết được xu hướng mà các vật liệu nano xuyên qua màng tế bào và tích tụ ở trong sinh vật (tích tụ sinh học). Tuy nhiên, những công trình nghiên cứu hiện nay mới chỉ giới hạn ở một số lượng rất nhỏ những vật liệu nano và những sinh vật chịu ảnh hưởng và những tri thức hiện nay có thể dẫn dắt chúng ta trong việc dự đoán tác dụng giảm nhẹ của những vật liệu tự nhiên trong môi trường (chẳng hạn như cacbon hữu cơ); tuy nhiên, điều này có thể cần phải được thử nghiệm đối với một loạt vật liệu nano được sản xuất hữu ý.

Phân tử lượng (MW) và đường kính mặt cắt hữu hiệu (effective cross-sectional diameter) là những yếu tố quan trọng tác động đến việc xâm nhập của những vật liệu qua màng mang của những sinh vật sống dưới nước hoặc một tuyến khác của cả những sinh vật sống dưới nước lẫn trên cạn. Sự thâm nhập thông qua quá trình phân tán thụ động của những hạt trung hòa ở mức độ thấp, nhưng vẫn có khả năng đo được trong phạm vi phân tử lượng nhỏ (600-900). Phân tử lượng của một số vật liệu nano nằm trong phạm vi này. Thí dụ, phân tử lượng của fullerene n-C₆₀ là gần 720, mặc dù phân tử lượng của C₈₄ lớn hơn 1000. Sự phân tán thụ động qua màng mang cũng như qua tuyến khác phụ thuộc vào đường kính của hạt. Bằng chứng hiện có cho thấy giới hạn tuyệt đối của quá trình phân tán thụ động qua mang nằm trong phạm vi nanomet (0,95-1,5 nm), chứng tỏ quá trình đó là khả dĩ đối với những vật liệu nano nằm ở trong phạm vi này, nhưng không xảy ra đối với những vật liệu nano có đường kính hiệu dụng lớn hơn.

Diện tích cũng là một đặc trưng quan trọng để cân nhắc mức độ xâm nhập và phân tán của vật liệu nano. Thí dụ, những nghiên cứu về dẫn thuốc, trên cơ sở sử dụng mô hình những hạt nano sấp đã cung cấp bằng chứng rằng diện tích bề mặt hạt nano làm thay đổi tình trạng toàn vẹn và khả năng thấm qua hàng rào mạch máu - não ở những động vật có vú.

Cũng có thể cần phải cân nhắc đến những đặc tính hóa-sinh khác khi dự đoán độ tích tụ và độc hại của những hạt nano trong các môi trường nước. Thí dụ, văn phòng quản lý nguồn nước đã sử dụng một số đặc tính đặc thù, bao gồm những đặc trưng hóa học của nước (chẳng hạn như cacbon hữu cơ hòa tan) và sinh học (hàm lượng lipit và mức trophic), khi tính toán những yếu tố tích tụ sinh học ở quy mô quốc gia của những hợp chất hữu cơ trung tính có tính kỵ nước cao.

Vì tính chất của một số vật liệu nano có thể làm cho những hiện tượng thâm nhập và phân tán khác với nhiều hóa chất thông thường nên điều hết sức quan trọng là phải tiến hành những nghiên cứu để hiểu biết tốt về những hiện tượng đó ở một loạt những vật liệu nano và chủng loại khác nhau. Những khảo sát liên quan đến việc đánh giá ảnh hưởng tới sức khỏe con người sẽ tạo nên tảng quan trọng để hiểu được sự phơi nhiễm của loài động vật có vú và một số loài khác (chẳng hạn như khả năng thấm qua màng và di chuyển khỏi ruột và thâm nhập vào cơ thể). Tuy nhiên, trong số những nhóm động vật, có sự khác nhau về sinh lý học, nhất là về hô hấp (chẳng hạn như mang của những loài dưới nước, túi khí và những dòng khí di chuyển ở các loài chim), thậm chí những thực vật và những động vật không xương sống (trên cạn và dưới nước) còn khác biệt về sinh lý học nhiều hơn nữa. Do kích thước nhỏ của mình, quá trình thâm nhập và phân tán của vật liệu nano có thể theo những con đường chưa được xem xét đến, khác với những vật liệu thông thường.

Những ảnh hưởng đối với hệ sinh thái nước

Cho tới nay, có rất ít công trình nghiên cứu tính độc hại của vật liệu nano đối với hệ sinh thái nước được tiến hành. Những công trình đã tiến hành thì chỉ đề cập đến một số ít vật liệu ở cấp nano với những loài sống dưới nước. Thí dụ, một nghiên cứu đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của fullerene trong não cá vược và kết luận rằng fullerene C_{60} gây ra stress oxy hóa, trên cơ sở quan sát thấy một số hiện tượng xảy ra trong cơ thể chúng. Tuy nhiên, không có bằng chứng nói lên mối quan hệ ứng với liều lượng của vật liệu nano.

Những nghiên cứu về tính độc hại và những dự đoán về mối quan hệ giữa cấu trúc và hoạt động của những hạt bụi than đen và khoáng sét cho thấy một số hạt kích thước nano phát sinh tự nhiên ở trạng thái lơ lửng trong môi trường nước sẽ có độ độc hại thấp đối với các sinh vật sống trong đó, với ngưỡng tác dụng nằm trong phạm vi tới vài chục ngàn phần triệu.

Thí dụ, một nghiên cứu cho biết những tổ hợp ống nano cacbon đơn vách đưa vào phôi cá ngựa đã làm giảm tốc độ nở trứng 72 giờ, nhưng 77 giờ sau khi thụ tinh, tất cả những phôi trong nhóm trứng thí nghiệm đều nở. Tuy nhiên, khi đánh giá một bộ dữ liệu hạn chế về vật liệu ở cấp nano (nghĩa là chỉ về các hạt than đen và đất sét), thì nên xét đến thông tin hiện có về những khác biệt về tính độc hại đã quan sát thấy giữa những vật liệu nano phát sinh tự nhiên với vật liệu nano được chế tạo. Thí dụ, như ở phần trên đã nêu, ống nano cacbon đơn vách thể hiện độ độc hại cao hơn so với những hạt nano từ than đen. Một nghiên cứu đã cho thấy những phản ứng viêm nhiễm bất thường đối với những vật liệu nano đặc thù ở những động vật có vú, chứng tỏ một số vật liệu nano có thể gây thương tổn cho cơ thể theo những cơ chế mới.

Những báo cáo gần đây cho rằng vật liệu nano có thể là những tác nhân diệt khuẩn hữu hiệu đối với cả vi khuẩn gam dương lẫn gam âm ở trong môi trường nuôi cấy. Khả năng mà những tổ hợp “nano-C₆₀” này kìm hãm sự tăng trưởng và hô hấp của các vi khuẩn cần phải được thể hiện ở những điều kiện thực tiễn hơn. Thí dụ, cần phải xem xét tác dụng đối với vi khuẩn ở trong chất thải cống rãnh và những cộng đồng vi khuẩn tự nhiên sống ở trong nước tự nhiên.

Những ảnh hưởng đối với hệ sinh thái trên cạn

Cho đến nay, có rất ít các công trình nghiên cứu thành công được tiến hành để đánh giá tính độc hại tiềm ẩn của vật liệu nano đối với những loài sống trên cạn (gồm thực vật, sinh vật hoang dã, động vật không xương sống, hoặc các vi sinh vật trong đất).

Đối với những động vật có vú sống trên cạn, những dữ liệu thử nghiệm tính độc hại đã nhận được đối với loài chuột nên được cân nhắc để đánh giá rủi ro đối với sức khỏe con người. Thí dụ, những công trình được mô tả ở trên cho thấy rằng những hạt siêu nhỏ hoặc nằm trong phạm vi kích thước nano có tính độc hại cao hơn về số đo phơi nhiễm dựa trên khối lượng, so với những hạt lớn hơn có cùng một thành phần hóa học. Trong những công trình nghiên cứu về độc hại đối với phôi, và một số vật liệu nano có thể thể hiện tính độc hại đặc biệt mà không thể giải thích được nếu chỉ dựa duy nhất vào những khác biệt về kích thước hạt. Cũng đã có báo cáo về tính độc hại đối với tế bào biểu bì của động vật có vú trong môi trường nuôi cấy.

Những tính chất của vật liệu nano có tác dụng điều chỉnh sự xâm nhập vào những sinh vật sống dưới nước lại có thể hạn chế sự xâm nhập của các hạt nano qua rễ thực vật hoặc chuyển vận qua lá và khí khổng (nghĩa là giảm chuyển vận thụ động với phân tử lượng hoặc kích thước nhỏ). Ngoài ra, do nhiều vật liệu nano được thiết kế để có

những bề mặt phản ứng mạnh, nên hoàn toàn có thể tồn tại những con đường gây độc hại quan trọng mà không cần đến sự xâm nhập (chẳng hạn như phá vỡ cơ cấu/chức năng biểu mô hô hấp hoặc của tế bào bề mặt khác). Một công trình gần đây về ảnh hưởng của vật liệu nano tới thực vật đã báo cáo rằng những hạt nano oxit nhôm (13 nm) làm chậm tăng trưởng rễ trong môi trường phơi nhiễm không có đất. Những loài thực vật được thử nghiệm gồm những cây trồng quan trọng đã được dùng để đánh giá rủi ro sinh thái của thuốc trừ sâu, gồm: ngô, dưa chuột, đỗ tương, bắp cải, và carot. Những tác giả đó thông báo rằng phủ những hạt nano oxit nhôm bằng một chất hữu cơ (phenanthrene) đã giảm ảnh hưởng của vật liệu nano trong việc kìm hãm sự mọc dài của rễ cây. Những hạt oxit nhôm lớn hơn (200-300nm) không làm chậm tăng trưởng của rễ, chứng tỏ bản thân oxit nhôm không có tính độc hại. Các tác giả cho rằng diện tích bề mặt của những hạt nano oxit nhôm có thể đóng vai trò trong việc làm giảm tăng trưởng rễ cây. Những công trình trên được tiến hành ở những đĩa Petri không chứa đất, do vậy mối liên quan của môi trường vẫn chưa được xác định..

Về cơ bản, khả năng ngoại suy về tính độc hại của những chất thông thường ở vật liệu nano đòi hỏi sự hiểu biết về tốc độ xâm nhập, phân tán và bài tiết cũng như những phương thức tác động độc hại và việc có được thông tin nhờ những mối quan hệ giữa cấu trúc và hoạt động hiện có, chẳng hạn như đối với những polyme polycationic. Tổng hợp những vật liệu nano đánh dấu bằng đồng vị phóng xạ (chẳng hạn như các ống nano đánh dấu carbon-14) có thể là một công cụ hữu ích, cùng với công nghệ kính hiển vi tiên tiến (giống với những kỹ thuật được dùng để lượng hóa hạt amiăng) được dùng để thu thập thông tin về những địa điểm tác động độc hại và phân bố những chất chuyển hóa.[4]

2.3. Các biện pháp đảm bảo an toàn sử dụng vật liệu nano ở một số nước

Nhận thức được những xu thế phát triển ứng dụng và những nguy cơ trong sử dụng vật liệu nano, Chính phủ các nước bắt đầu tài trợ nghiên cứu sự độc hại để hiểu rõ những hiểm họa độc hại của những vật liệu này trước khi chúng được cung cấp rộng rãi. Sau đây là những hoạt động của một số nước trong quản lý đảm bảo an toàn sử dụng vật liệu nano.

Ôxtrâyli

Cơ quan tiêu chuẩn thực phẩm Ôxtrâyli - Niu-Dilan (FSANZ) đã hoàn thành một tổng quan liên quan đến sự hiện hữu sinh học qua đường miệng, như một yếu tố mới

xác định tính độc hại tiềm tàng của vật liệu nano. Tổng quan này tổng hợp những thông tin khoa học và kỹ thuật hiện có về đánh giá công nghệ nano trong lĩnh vực này vì nó liên quan đến an toàn thực phẩm. FSANZ cũng đã đóng góp cán bộ, nguồn lực và chủ trì Hội nghị Tư vấn về công nghệ nano do FAO và WHO đồng tổ chức. Hội nghị quốc tế này xem xét các hệ quả an toàn thực phẩm của việc ứng dụng công nghệ nano trong thực phẩm.

Cơ quan Đăng ký và Thẩm định hóa chất công nghiệp Quốc gia (NICNAS) đã phát triển một chiến lược kỹ thuật toàn diện về phát triển quy chế bổ sung và liên với sự phát triển quốc gia và quốc tế về lĩnh vực này, bao gồm:

- Phát triển năng lực đánh giá rủi ro và lập mô hình;
- Tạo dựng năng lực khoa học liên quan đến 6 loại vật liệu nano cụ thể thích hợp với ngành công nghiệp Ôxtrâyliya là dioxit titan, oxit kẽm, oxit ceri, fullerene, ống nano cacbon và bạc nano;
- Xem xét những nhu cầu về dữ liệu phục vụ cho đánh giá của NICNAS và lập chuẩn mực phương pháp luận đánh giá rủi ro đối với vật liệu nano để đáp ứng thực tiễn tốt nhất của quốc tế;
- Thúc đẩy các liên kết giữa những cơ quan trong nước và quốc tế đang hoạt động trong cùng một lĩnh vực để tối đa hóa hiệu quả nghiên cứu;
- Tiếp tục lãnh đạo Dự án OECD WPMN về cơ sở dữ liệu phục vụ nghiên cứu những vấn đề môi trường, sức khỏe và an toàn (EHS) của những vật liệu nano đã được chế tạo;
- Tiếp tục tham gia vào tiêu bản ISO TC229, thông qua Ủy ban tiêu chuẩn công nghệ nano Ôxtrâyliya để tạo điều kiện thuận lợi cho việc mô tả đặc trưng và thử nghiệm vật liệu nano một cách tin cậy;
- Phát triển những sản phẩm thông tin về vật liệu nano phục vụ ngành công nghiệp và cộng đồng.

NICNAS cũng đang tạo điều kiện thuận lợi cho Conxoociom Ôxtrâyliya tham gia vào Chương trình WPMN do OECD tài trợ để thử nghiệm độ an toàn của oxit xeri, oxit kẽm và bạc nano. Tổ chức Nghiên cứu Khoa học và Công nghiệp liên bang (CSIRO) cùng Viện Đo lường Quốc gia và Viện Công nghệ Royal Melbourne lãnh đạo Conxoociom này. CSIRO cũng đang trong quá trình xây dựng một Chương trình nghiên cứu mới về những ảnh hưởng tới sức khỏe, an toàn và môi trường của công nghệ nano.

NICNAS tích cực hợp tác với ngành công nghiệp bằng đưa ra yêu cầu đối với các nhà ứng dụng vật liệu nano công nghiệp cần đảm bảo với NICNAS rằng mọi vật liệu nano mà họ muốn ứng dụng đều hoặc nằm trong Danh mục Hóa chất cho phép, hoặc nếu là chất mới thì sẽ không gây ra những rủi ro cho sức khỏe, an toàn và môi trường.

Cục Tài trợ nghiên cứu y học Quốc gia Ôxtrâyliya, Hội đồng Nghiên cứu y học và sức khỏe Quốc gia (NHMRC) đã lồng ghép Dự án “Công nghệ Nano và Sức khỏe” - một công trình nghiên cứu liên quan đến an toàn sức khỏe, những chẩn đoán mới và những phương pháp xử lý công nghệ nano mới vào “Sáng kiến Kế hoạch Chiến lược 2009”. Các nghiên cứu trên được NHMRC hỗ trợ nhằm mục đích tăng cường tri thức về những nguy hại đối với sức khỏe và đánh giá rủi ro cũng như sự phơi nhiễm và những công cụ theo dõi để bổ sung cho các cơ chế điều chỉnh.

Bộ Môi trường, Tài nguyên nước, Di sản và Nghệ thuật (DEHWA) đã hoàn thành một tổng quan kỹ thuật về kết cục trong môi trường của những vật liệu nano được chế tạo để thông báo những phương pháp luận đánh giá rủi ro của mình và cung cấp tư vấn khoa học cho các cơ quan quản lý. Để đáp ứng một số nhu cầu nghiên cứu đã được nhận dạng trong Tổng quan, một công trình nghiên cứu trong phòng thí nghiệm về sự phân tích và phân chia của các hạt nano trong đất và các dòng chất thải đã được DEHWA ủy nhiệm và đã hoàn thành mới đây.

Chương trình An toàn và sức khỏe nghề nghiệp trong công nghệ nano (Nanotechnology Occupational Health and Safety Program - OSH) đang được thực hiện. Mặc dù trọng tâm của Chương trình là ở Ôxtrâyliya nhưng chương trình cũng góp phần vào những nỗ lực toàn cầu về an toàn, sức khỏe trong vận hành công nghệ nano. Chương trình được thiết kế nhằm vào một số lĩnh vực chủ chốt như sau:

- *Khung điều chỉnh về an toàn và sức khỏe nghề nghiệp*: Lĩnh vực này bao gồm việc nhận dạng những đòi hỏi về thông tin và tri thức đặc thù để đảm bảo khung điều chỉnh vận hành hiệu quả;

- *Phân loại*: Nhận dạng những tính chất nguy hiểm liên quan đến các loại vật liệu nano khác nhau;

- *Năng lực đo lường*: Phát triển năng lực đo lường độ phơi nhiễm của vật liệu nano;

- *Kiểm soát nơi làm việc*: Đánh giá hiệu quả việc kiểm soát nơi làm việc về ngăn ngừa sự phơi nhiễm của vật liệu nano;

- *Hỗ trợ doanh nghiệp* - hỗ trợ các doanh nghiệp và tổ chức nghiên cứu công nghệ nano của Australia trong an toàn và sức khỏe nghề nghiệp.

Mười một dự án đã được Cơ quan Luật pháp về an toàn và sức khỏe nghề nghiệp (Safe Work Ôxtrâyliya uỷ nhiệm để thúc đẩy công việc trong những lĩnh vực then chốt này và được hỗ trợ bởi 2 Nhóm trợ giúp:

- *Nhóm trợ giúp an toàn, sức khoẻ trong vận hành công nghệ nano.* Vai trò của Nhóm là cung cấp sự trợ giúp cho cách tiếp cận được phối hợp ở cấp quốc gia để quản lý an toàn, sức khoẻ trong vận hành công nghệ nano. Thành viên của Nhóm là đại diện giới công nhân, giới chủ, những nhà lập pháp về an toàn, sức khoẻ trong vận hành và đại diện các cơ quan Chính phủ khác.

- *Nhóm trợ giúp về đo lường độ an toàn của sức khoẻ trong vận hành công nghệ nano.* Vai trò của nhóm là giúp đảm bảo phát triển và sử dụng an toàn công nghệ nano ở nơi làm việc của Ôxtrâyliya, bằng cách tạo điều kiện thuận lợi cho việc phát triển những phương pháp thích hợp để đánh giá phát thải hạt nano và những mức phơi nhiễm ở nơi làm việc. Thành viên của Nhóm là những chuyên gia đo lường hạt nano, những chuyên gia về vệ sinh nghề nghiệp, những nhà quản lý rủi ro của công nghệ nano và những nhà lập pháp về an toàn và sức khoẻ nghề nghiệp.

Canada

Nghiên cứu khoa học

Bắt đầu từ năm 2007, Bộ Môi trường Canada đã hỗ trợ 2 dự án nằm trong Chương trình Tài trợ chiến lược của Hội đồng Nghiên cứu KH&CN tự nhiên (NSERC). Các loại vật liệu nano được ưu tiên như oxit titan (TiO_2) đã được xem xét về kết cục của chúng trong môi trường nước, kể cả việc thiết lập những phương pháp luận để mô tả đặc trưng lý hóa và trạng thái lơ lửng của vật liệu nano trước mọi xét nghiệm phơi nhiễm.

Một dự án lớn thứ ba, được đồng tài trợ bởi Hội đồng Nghiên cứu quốc gia, NSERC, Ngân hàng Phát triển Doanh nghiệp Canada (BDC) và Bộ Môi trường Canada đã được tiến hành. Đây là dự án cộng tác đa ngành, thực hiện trong 3 năm, thu hút các nhà nghiên cứu đến từ các viện/trường và giới lập pháp.

Những cơ hội tài trợ và lập đối tác hiện đang được Ban Chỉ đạo về thực phẩm của Bộ Y tế Canada cân nhắc nhằm: a) Phát triển cơ sở hạ tầng hóa phân tích tại chỗ để đo lường các hạt nano trong thực phẩm; b) Đánh giá những tác động tới sức khỏe của vật liệu nano được đưa vào cơ thể qua đường miệng nhằm vào vấn đề phơi nhiễm từ những bao gói hoặc thông qua những cấu trúc nano trong các phụ gia thực phẩm; c)

Đánh giá những tác động của vật liệu nano trong thực phẩm đối với sự hiện hữu sinh học dinh dưỡng, chức năng và hiệu quả phục vụ cho điều chỉnh những sản phẩm công nghệ nano được thiết kế; và d) Phát triển những công cụ chẩn đoán, như các cảm biến sinh học phát hiện mầm bệnh thực phẩm để tăng độ an toàn trong cung cấp thực phẩm.

Bộ Y tế và Bộ Môi trường Canada cũng tham gia vào những dự án nghiên cứu liên quan đến một loạt các loại vật liệu nano khác (như các hạt nano sắt, vàng, bạc, TiO_2 hóa trị không cũng như cacbon đen, ống nano cacbon đơn vách và fullerene C_{60}). Những xét nghiệm được thực hiện tại Bộ Y tế Canada gồm tổn thương phổi và tìm mạch, các tác động đối với sinh sản, phơi nhiễm và thâm thấu qua mô, các tác động tương tác với vi sinh vật, phòng vệ miễn dịch và độc hại gen. Những xét nghiệm thay thế, như kỹ thuật phân tử (hệ gen/hệ protein) và tế bào in vitro đóng vai trò quan trọng trong những nghiên cứu như vậy.

Bộ Y tế Canada đang cộng tác với Bộ Môi trường Canada để nâng cao năng lực nghiên cứu nhằm hỗ trợ việc điều chỉnh đối với những vật liệu nano được chế tạo, gồm chuẩn mực năng lực phân tích nano đặc thù hiện nay, đánh giá sự phù hợp của những công cụ phân tích khác nhau, những tác động nguy hại và những phương pháp mô tả đặc trưng.

Bộ Môi trường Canada cũng tăng cường các chương trình nghiên cứu của mình để hiểu biết tốt hơn kết cục và các tác động tiềm năng của vật liệu nano trong môi trường. Công việc này bao gồm phát triển những xét nghiệm sinh học và chất đánh dấu sinh học cho vật liệu nano, cân đối và tiêu chuẩn hóa những xét nghiệm hóa chất và độc hại, hệ gen độc hại và đánh giá kết cục trong các môi trường nước. Những dự án mới được đưa ra nhằm mục đích tăng cường hiểu biết về mối tương tác giữa hạt nano với tế bào vi khuẩn, nghiên cứu và mô tả đặc trưng những tác động đối với đất đai và sự tích tụ sinh học và độc hại của hạt nano.

Viện nghiên cứu Y tế Canada (CIHR) đã tài trợ cho các dự án nghiên cứu về y học nano thông qua sáng kiến Y học tái sinh và y học nano (RMNI). Tháng 12/2008, RMNI cam kết tài trợ 65 triệu USD cho những nghiên cứu thuộc các lĩnh vực này. Thông qua chương trình, CIHR đã phân bổ thêm 6,5 triệu USD trong vòng 5 năm. RFA đặc biệt hỗ trợ cho những nhóm nghiên cứu đa ngành liên quan đến tất cả các lĩnh vực của y học nano, kể cả những tác động tới sức khỏe của công nghệ nano (chẳng hạn như tương tác của vật liệu nano với các hệ sinh học, thiết kế hợp lý các cấu trúc nano, đánh giá tính độc hại của vật liệu nano...) và các phương pháp dẫn nạp thuốc mới sử dụng công nghệ nano.

Nghiên cứu chính sách

Canada, với đại diện là Bộ Công nghiệp Canada, là một thành viên tích cực của Nhóm công tác về công nghệ nano của OECD (WPN). Trong các năm 2007-2009, Bộ Công nghiệp Canada và Thụy Sĩ đã đồng điều hành hoạt động của WPN về “môi trường kinh doanh” để xem xét những thách thức đối với đầu tư của doanh nghiệp trong đổi mới, thương mại hóa công nghệ nano và hoạch định chính sách. Bộ Thống kê Canada đã cộng tác với Ban thư ký OECD lãnh đạo WPN phát triển các chỉ số và thống kê đối với công nghệ nano. Bộ Công nghiệp, Bộ Y tế Canada và những Bộ khác cũng góp phần vào việc phát triển Danh mục chính sách quốc gia về khoa học, công nghệ và đổi mới đối với công nghệ nano, hoàn thành danh sách các điều kiện thuận lợi của quốc gia cho NCPT quốc tế.

Hội đồng Viện hàn lâm Canada là một tổ chức phi lợi nhuận có vai trò là một nguồn đánh giá chuyên gia độc lập về tính khoa học của những vấn đề thúc ép và những vấn đề thu hút sự quan tâm của công chúng. Hội đồng đã hoàn thành việc đánh giá về hiện trạng tri thức liên quan đến những rủi ro về sức khỏe và môi trường của công nghệ nano.

Hoa Kỳ

Để xem xét hiện trạng việc thực hiện Chiến lược nghiên cứu về môi trường, sức khỏe và an toàn của công nghệ nano, Sáng kiến công nghệ nano quốc gia đã tổ chức hai hội nghị về những tác động tới sinh thái và sức khỏe của vật liệu nano.

Yêu cầu ngân sách của Tổng thống năm tài khóa 2010 là 12 triệu USD để tài trợ cho Chương trình nghiên cứu công nghệ nano chiến lược trong Sáng kiến công nghệ nano quốc gia về an toàn và sức khỏe.

Quỹ Khoa học quốc gia (NSF) và Cơ quan bảo vệ môi trường liên kết tài trợ cho 2 Trung tâm về những tác động môi trường của công nghệ nano. Những trung tâm này có nhiệm vụ làm rõ mối quan hệ giữa một loạt những vật liệu nano, từ những vật liệu nano tự nhiên đến vật liệu nano được chế tạo hữu ý, thậm chí cả những vật liệu nano ngẫu nhiên phát sinh từ các hoạt động của con người và những hậu quả đem lại cho môi trường, sinh thái và sinh vật.

Nhiều trường Đại học và Phòng thí nghiệm quốc gia khác của Hoa Kỳ cũng đã thành lập những Trung tâm chuyên nghiên cứu những khía cạnh môi trường và sức

khỏe của các vật liệu nano khác nhau, như ĐH Duke, Carnegie Mellon, Howard, Virginia Tech v.v...

Nhật Bản

Năm 2006, Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp Nhật Bản (METI) đã đưa ra Chương trình 5 năm “Đánh giá những rủi ro tiềm tàng của vật liệu nano chế tạo dựa trên những xét nghiệm độ độc hại với sự mô tả đặc trưng chính xác” chú trọng vào những quy trình xét nghiệm độc tố và phương pháp luận đánh giá rủi ro của vật liệu nano chế tạo. Chương trình nhằm: 1) Thiết lập những phương pháp chuẩn bị mẫu xét nghiệm; 2) Phát triển những phương pháp đo hình dạng và kích thước của vật liệu nano được xét nghiệm để xét nghiệm độc tố và để phân tích sự phơi nhiễm; 3) Công bố những kết quả như vậy dưới hình thức sách hướng dẫn; 4) Thực hiện đánh giá rủi ro của những vật liệu nano điển hình; và 5) Đề xuất chính sách quản lý rủi ro bằng các tài liệu đánh giá rủi ro. Fullerene, ống nano cacbon và các oxit titan được chọn là những ưu tiên xem xét. Chương trình được điều phối bởi Viện KH&CN Công nghiệp Tiên tiến Quốc gia (AIST). AIST cũng tiến hành nhiều phần trong nghiên cứu này với sự hợp tác với ĐH Sức khỏe môi trường và dạy nghề và các trường đại học khác. Tổ chức Phát triển công nghệ công nghiệp và năng lượng mới (NEDO) có chức năng quản lý NCPT đã tiến hành đánh giá tiến độ chương trình và khảo sát khả năng cho giai đoạn 2. Tháng 10/2009, AIST xuất bản Báo cáo tạm thời về đánh giá rủi ro đối với 3 loại vật liệu nano đã nêu bổ sung cho tài liệu "Những nguyên tắc và cách tiếp cận cơ bản để đánh giá rủi ro của vật liệu nano được chế tạo." Những Báo cáo chính thức sẽ được công bố vào giữa năm 2011.

Từ tháng 4/2007, Viện Y tế và An toàn Lao động Quốc gia (JNIOSH) đã tiến hành Dự án 3 năm về những vấn đề có thể xảy ra với sức khỏe do phơi nhiễm với vật liệu nano tại nơi làm việc. Dự án này gồm: 1) Khảo sát bằng phiếu điều tra về thực tiễn sức khỏe nghề nghiệp trong xử lý và sử dụng vật liệu nano tại nơi làm việc, 2) Nghiên cứu các phương pháp lập mẫu và phân tích, và 3) Nghiên cứu in vitro độ độc hại với những dòng tế bào cấy vào cơ thể người. Từ năm 2003, Bộ Y tế, lao động và phúc lợi (MHLW) cũng tiến hành nghiên cứu khía cạnh tác động đến sức khỏe con người của một số vật liệu nano. Năm 2009, sáu dự án nghiên cứu liên quan đến vấn đề sức khỏe con người được tiến hành.

Năm 2006, Viện Nghiên cứu Môi trường Quốc gia (NIES) đã đưa ra Chương trình về độc học cấp nano, trong đó nghiên cứu độ độc hại cả in vitro và in vivo của hạt

nano. Chương trình gồm: 1) Sự tương tác của sợi nano, kể cả ống nano cacbon với màng tế bào, 2) Sự di chuyển của các hạt nano ra ngoài phổi và biểu mô, 3) Xét nghiệm độc hại in vitro và in vivo của vật liệu nano trên cơ sở sử dụng amiăng xử lý nhiệt làm mẫu đối chứng. Một số xét nghiệm in vitro và in vivo về độc hại của nano-cacbon và ống nano đã hoàn thành.

Hàn Quốc

Chính phủ Hàn Quốc đã nhận thức rõ tầm quan trọng của những rủi ro tiềm tàng của vật liệu nano và một số dự án đang trong tiến trình thực hiện, liên quan tới những vấn đề an toàn môi trường và sức khỏe con người của vật liệu nano.

Bộ Môi trường (MOE)

Từ năm 2001, MOE đã tiến hành Dự án Eco-technopia 21 để thúc đẩy phát triển những công nghệ môi trường. Trong khuôn khổ này, MOE đã thực hiện một dự án về an toàn môi trường và sức khỏe của những vật liệu nano như fullerene (C60), ống nano cacbon đa vách, hạt nano bạc, TiO₂ và SiO₂ từ tháng 4/2007, kết thúc vào năm 2010. Mục tiêu cuối cùng là hỗ trợ thiết lập cơ sở hạ tầng để giảm thiểu những rủi ro có thể xảy ra từ việc chế tạo, phân phối và thải bỏ vật liệu nano và những sản phẩm có chứa vật liệu nano. MOE đã thực hiện những dự án, như “Nghiên cứu về số đo liều lượng liên quan nhất đối với hệ thống quản lý độc hại của vật liệu nano được chế tạo (2009 - 2012)” để tìm ra mối liên quan giữa số đo liều lượng và quản lý rủi ro, và “Nghiên cứu hệ gen của các hạt nano cho vi khuẩn, men và cá” để phát triển những phương pháp thay thế cho những xét nghiệm độ độc hại nano. Ngoài ra Bộ cũng đang xem xét dự án “Hướng dẫn đánh giá vòng đời của vật liệu nano” và “Hướng dẫn công tác quản lý an toàn đối với vật liệu nano”.

MOE và Viện Nghiên cứu Môi trường trực thuộc MOE (NIER) đã phát triển Kế hoạch dài hạn để quản lý rủi ro của vật liệu nano, kể cả việc phát triển danh mục các vật liệu nano, cơ sở hạ tầng nghiên cứu rủi ro của vật liệu nano, xây dựng dữ liệu về những rủi ro, độc hại, phơi nhiễm, hủy hoại môi trường, tính chất lý-hóa của vật liệu nano.

NIER đã tiến hành bốn dự án phát triển những phương pháp xét nghiệm và cơ sở dữ liệu đánh giá rủi ro của vật liệu nano (2007 - 2010). Cơ sở dữ liệu và những xét nghiệm tính độc hại của hạt nano bạc, ống nano cacbon đa vách và oxit titan đối với môi trường và động vật có vú đang được xây dựng. NIER đã tổ chức Ủy ban cố vấn về

rủi ro của vật liệu nano và triệu tập cuộc họp đầu tiên vào tháng 9/2009. Ủy ban này có nhiệm vụ xử lý những vấn đề về an toàn của vật liệu nano, bao gồm phát triển những phương pháp xét nghiệm, đánh giá giá trị của dữ liệu và lập kế hoạch ở tầm quốc gia về đánh giá rủi ro của vật liệu nano.

Bộ Tri thức và Kinh tế (MKE)

MKE đã cộng tác với Bộ Giáo dục, KH&CN (MEST) khởi xướng Chương trình "Chiến lược về Phát triển Công nghiệp Tổng hợp Nano" để tăng cường nghiên cứu về an toàn và tác động xã hội của vật liệu nano. Cục Công nghệ và Tiêu chuẩn Hàn Quốc (KATS) trực thuộc MKE đã thực hiện Dự án "Công nghệ nền (Platform Technology) về quản lý rủi ro để phát triển những sản phẩm nano xanh" (2009- 2013)" nhằm cung cấp cơ sở hạ tầng để cấp chứng chỉ cho các sản phẩm nano, dựa trên hệ thống quản lý rủi ro, bao gồm mô tả đặc trưng, đánh giá hiệu quả, chất lượng và độ an toàn cùng với việc phát triển các tiêu chuẩn.

KATS đã và đang phát triển những tiêu chuẩn quốc gia để đảm bảo an toàn và hỗ trợ tiếp thị những sản phẩm tiêu dùng chứa vật liệu nano bạc và ống nano cacbon.

Cục Quản lý Thực phẩm và Dược phẩm Hàn Quốc (KFDA)

KFDA đang vận hành Dự án Nanotoxicology từ năm 2007. Dự án chủ yếu tập trung vào việc soạn thảo những hướng dẫn đánh giá độ an toàn và hiệu quả của những thực phẩm, dược phẩm, thiết bị y tế và mỹ phẩm mới có sử dụng vật liệu nano. Những lĩnh vực nghiên cứu của Dự án gồm một loạt những vấn đề an toàn liên quan đến vật liệu nano được chế tạo, bao gồm đánh giá độ độc hại, đánh giá rủi ro, giảm thiểu rủi ro đối với sức khỏe, mô tả đặc trưng lý-hóa và động học độc tố/dược tố.

Silic, bạc, vàng, oxit sắt, oxit kẽm, dioxit titan, chấm lượng tử, ống nano cacbon và các hạt nano chitosan đã được sử dụng làm vật liệu xét nghiệm để soạn thảo các hướng dẫn đánh giá an toàn và hiệu quả của vật liệu nano. Những tác động của kích thước, hình dạng và bề mặt của vật liệu nano tới tính độc hại nói chung, độc hại gen, phản ứng miễn dịch, độc hại cho phát triển và sinh sản, cơ chế xâm nhập, tương tác với vật liệu sinh học là các lĩnh vực được nghiên cứu chủ yếu.

Viện nghiên cứu Khoa học Tiêu chuẩn Hàn Quốc (KRISS)

KRISS đã phát triển các tiêu chuẩn đo lường vật liệu nano quốc gia. Viện tiến hành những dự án nghiên cứu tính chất lý-hóa đồng thời với việc thử nghiệm độc tính in vivo và phát triển tài liệu tham khảo cho các vật liệu nano như bạc, vàng, dioxit titan, polystyrene, dioxit silic, ống nano cacbon và chấm lượng tử. Cấu trúc bề mặt và thành

phần của chúng đã được nghiên cứu trên cơ sở sử dụng dụng cụ chụp ảnh và phân tích tiên tiến. Việc đo lường kích thước hạt cũng được thực hiện nhờ kính hiển vi lực nguyên tử... Công nghệ dò hạt nano bằng máy quang phổ ToF-SIMS và Raman đang trong quá trình phát triển. Các nghiên cứu về sự vận chuyển và biến đổi tiềm năng của vật liệu nano đang được tiến hành.

Áo

Dự án NanoTrust, được Bộ Giao thông Đổi mới và Công nghệ (BMVIT) tài trợ, là dự án nghiên cứu nhằm tiếp tục khảo sát, phân tích và tóm lược hiện trạng tri thức liên quan tới những rủi ro tiềm tàng đối với sức khỏe và môi trường của công nghệ nano. Dự án nhận dạng những bất cập trong các hoạt động nghiên cứu và làm rõ những khác biệt về đánh giá.

EURO-NanoTOX là một trung tâm ảo mở và một cơ cấu nghiên cứu quốc gia, được BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH điều phối. Cơ quan này xây dựng chiến lược tiến hành những phương pháp in-vitro và in-vivo tiêu chuẩn về các vật liệu có cấu trúc nano. Tiêu điểm là nghiên cứu về tính độc hại của vật liệu và đánh giá rủi ro của chúng đối với con người.

Trung tâm nghiên cứu y học của Đại học y khoa Graz đã thực hiện những nghiên cứu về độc hại của vật liệu cấu trúc nano liên quan đến SiO₂ và polystyrene như: Dự án “Đánh giá tính bền vững của các sản phẩm nano”; Dự án NanoRate phân tích vòng đời của các sản phẩm nano, kể cả đánh giá những rủi ro và lợi ích.

Một chip tế bào đa tham số để xét nghiệm độc hại nano độ nhạy cao đang được Austrian Research Centres GmbH ARC, Nano-Systems-Technologies phát triển.

Dự án “Nghiên cứu tính độc hại của các hạt nano - Những ảnh hưởng tới tế bào người” do Austrian Research Centres GmbH - ARC Life Sciences tiến hành với mục đích thiết lập hệ thống thử nghiệm in-vitro để phát hiện rủi ro tiềm tàng của hạt nano đối với sức khỏe con người tại nơi làm việc.

Cùng với Khoa Sinh thái nước ngọt, Khoa Các khoa học địa chất môi trường của ĐH Viên đã tiến hành dự án nghiên cứu liên quan đến hành vi, kết cục và các tác động của những hạt nano TiO₂ khác nhau trong môi trường nước.

Các dự án của EU có sự tham gia của Áo trong chương trình khung FP6:

DIPNA: Phát triển cơ cấu tổng hợp để phân tích hạt nano nhằm kiểm định khả năng độc hại và nguy cơ độc hại đối với hệ sinh thái.

NANOCAP: Xây dựng tiềm năng công nghệ nano của các tổ chức phi chính phủ,

Dược sinh học nano: Nghiên cứu những chức năng cấp nano để dẫn nạp đúng đích các dược phẩm sinh học.

POLYSOA: Polyme trong sol khí hữu cơ thứ cấp

Sáng kiến NANO của Áo là một Chương trình tài trợ trong nhiều năm cho khoa học và công nghệ nano (gọi tắt là NANO) được hỗ trợ bởi một số bộ, chính quyền tỉnh, các tổ chức tài trợ. Đây cũng là Chương trình mở đối với những dự án nghiên cứu các rủi ro môi trường và sức khỏe.

Thụy Điển

Cục Hóa chất Thụy Điển (KemI) được Chính phủ ủy nhiệm thực hiện phân tích nhu cầu đối với những quy định và những biện pháp khác ở EU và Thụy Điển để đánh giá đúng những rủi ro mà vật liệu nano gây ra cho sức khỏe con người và môi trường.

Cục Hệ thống Đổi mới Sáng tạo (Vinnova) được Chính phủ ủy nhiệm, trên cơ sở tư vấn với Hội đồng nghiên cứu (Vetenskapsrådet), Hội đồng nghiên cứu về các khoa học Môi trường và Nông nghiệp và Quy hoạch Không gian (Formas) và KemI phát triển chiến lược để đáp ứng những cơ hội và rủi ro liên quan đến sử dụng công nghệ nano.

Formas sẽ tài trợ cho một số sáng kiến lớn liên quan đến môi trường nghiên cứu mạnh. Trong lĩnh vực "công nghệ nano - những nguy hiểm liên quan đến những vật liệu mới" chỉ riêng Dự án "Nano: Trung tâm của những nghiên cứu tương tác và rủi ro trong các giao diện Nano-Sinh học-Địa chất-Công nghệ xã hội" sẽ được Formas tài trợ khoảng 25 triệu SEK (gần 2,5 triệu euro) trong 5 năm. Tài trợ của Formas trong lĩnh vực công nghệ nano tập trung vào cả phát triển những vật liệu nano trong các lĩnh vực liên quan đến Formas lẫn nghiên cứu những rủi ro tiềm tàng cho sức khỏe con người và môi trường do sử dụng vật liệu nano.

Trong Chương trình ERA-Net, Dự án "vật liệu nano - đánh giá khả năng áp dụng những quy trình hiện có đối với an toàn hóa chất" sẽ được Chương trình tri thức khoa học bảo vệ môi trường (Skep) tài trợ với các đối tác Thụy Điển, Phần Lan, Anh và Ireland. Skep nhằm cải thiện sự phối hợp nghiên cứu môi trường ở châu Âu.

Vinnova và Hội đồng nghiên cứu (Vetenskapsrådet) tham gia vào Chương trình ERA-Net về y học nano, EuroNano-Med.

Anh

Những Dự án hoàn thành gần đây:

Viện Y học nghề nghiệp đã hoàn thành Tổng quan nghiên cứu về môi trường, sức khỏe và an toàn (MSA) của vật liệu nano và công nghệ nano - EMERGNANO với mục đích cung cấp:

- Tổng quan và phân tích chi tiết về những nghiên cứu trên toàn thế giới về môi trường, sức khỏe và an toàn của những vật liệu nano được tạo ra, bao gồm những vấn đề liên quan đến những nguy hiểm, sự phơi nhiễm, đánh giá rủi ro và điều chỉnh;

- Đánh giá mức độ đáp ứng những mục tiêu được đề ra trong Báo cáo Nghiên cứu của Chính phủ 2005 (UK Government Research Report) và nhận dạng những bất cập cần khắc phục;

- Đánh giá kết quả nghiên cứu với quan điểm nêu bật mọi thông tin mới về những nguy hiểm và rủi ro đối với sức khỏe con người và môi trường của vật liệu nano cần phải cân nhắc để điều chỉnh;

- Một đánh giá rủi ro tạm thời về nhận dạng nhu cầu kiểm soát hay quản lý rủi ro, kể cả ý kiến về vấn đề liệu đã có đủ thông tin để đưa ra nguyên tắc phòng ngừa cho một hoặc nhiều vật liệu nano;

- Những khuyến nghị cụ thể về nghiên cứu mới để khắc phục bất cập trong hiểu biết về rủi ro tiềm tàng của vật liệu nano chế tạo đang được xem xét;

Trung tâm Doanh nghiệp, mối quan hệ, ý thức trách nhiệm, bền vững và xã hội (BRASS) và ĐH Cardiff thực hiện nghiên cứu xem xét bản chất và ứng dụng trong các ngành công nghiệp công nghệ nano trong bối cảnh bảo vệ sức khỏe và môi trường. Nghiên cứu cung cấp nhiều hiểu biết hơn về vai trò mà ý thức trách nhiệm trước xã hội của doanh nghiệp hiện nay ảnh hưởng tới những hoạt động của doanh nghiệp tham gia vào các ngành công nghiệp công nghệ nano của Anh và cách thức mà ý thức trách nhiệm trước xã hội của doanh nghiệp có thể góp phần bảo vệ xã hội khỏi mọi rủi ro về sức khỏe và môi trường do những ứng dụng của công nghệ nano trong tương lai.

Những Dự án mới được phân bố gần đây gồm:

- Ống nano cacbon và mối quan hệ hoạt động của cấu trúc amiăng/sợi, được giao cho trường Đại học Edinburgh vào tháng 1/2009 để thực hiện trong 3 năm.

- Đo số lượng và động lực học di chuyển của ống nano cacbon qua biểu bì phổi, được giao cho trường Đại học Cardiff thực hiện trong 2 năm.

- Những yếu tố có thể ảnh hưởng tới độ độc hại nano của các vật liệu cứng dùng trong giải phẫu, được giao vào tháng 1/2009 cho trường Đại học Bristol thực hiện trong 1 năm.

- Hạt nano và huyết khối xơ vữa (*atherothrombosis*): Giải quyết những nghịch lý, được giao cho trường Đại học Edinburgh thực hiện trong 3 năm.

Giai đoạn II của Sáng kiến khoa học nano môi trường, do Anh-Hoa Kỳ hợp tác tài trợ. Hội đồng nghiên cứu môi trường tự nhiên hợp tác với Hội đồng nghiên cứu các khoa học kỹ thuật và vật lý, Bộ Môi trường, Thực phẩm và Nông thôn, Cơ quan Môi trường và Cơ quan Bảo vệ môi trường của Hoa Kỳ đang trong quá trình cân nhắc những đề xuất nghiên cứu dựa trên nỗ lực liên kết nghiên cứu lớn để phát triển và đánh giá những công cụ dự báo và những mô hình khái niệm tương tự để dự báo phơi nhiễm, sự hiện hữu sinh học và những ảnh hưởng của vật liệu nano chế tạo đối với môi trường. Ngoài ra, các nhà nghiên cứu còn được yêu cầu phát triển những kỹ thuật mới để phát hiện và mô tả đặc trưng vật liệu nano trong những hệ thống sinh học và môi trường phức hợp. Tổng kinh phí dự kiến là 8 triệu USD.

Một conxoociom nghiên cứu ở trường ĐH Swansea và Leeds vừa được Hội đồng nghiên cứu các khoa học kỹ thuật và vật lý tài trợ nghiên cứu trong bốn năm để phát triển kỹ thuật đo lường chính xác liều lượng hạt nano được dẫn truyền vào các tế bào sinh học và theo dõi độ loãng của liều lượng đó khi các tế bào sinh sản, nhờ đó cung cấp thông tin quan trọng cho các nhà nghiên cứu về phản ứng độc hại của hạt nano. Tổng kinh phí Dự án là 1,2 triệu euro.

Ủy ban châu Âu

Nhóm chuyên gia cao cấp của các nước thành viên EU và các nước tham gia Chương trình Khung nghiên cứu lần thứ 7 (FP7) đã tổ chức cuộc họp lần thứ 2 vào tháng 6/2009. Những nghiên cứu trong lĩnh vực quản lý rủi ro, đặc biệt là tác động của hạt nano tới sức khỏe và môi trường được nhất trí ưu tiên.

Ủy ban châu Âu đang tìm cách tập hợp những dự án liên quan đến an toàn để tăng cường hiệu quả nghiên cứu. bảy cuộc họp đã được triệu tập và tập hợp được gần 30 Dự án quốc gia và của Ủy ban châu Âu. Các dự án này hoan nghênh mọi sự hợp tác quốc tế.

Việc xét đơn đăng ký lần 2 của FP7 đã hoàn thành và năm dự án về tác động của hạt nano tới sức khỏe và môi trường được chọn tiến hành gồm:

- ENNSATOX: Tác động của hạt nano tới các môi trường nước: Cấu trúc, hoạt động và độ độc hại;

- ENPRA: Đánh giá rủi ro của những hạt nano được tạo ra;
- HINAMOX: Tác động tới sức khỏe của những hạt nano kim loại và oxit kim loại: Phản ứng, chụp ảnh sinh học và phân tác ở cấp tế bào và cơ thể;
- INLIVETOX: Sự phát triển độ độc của hạt nano ở ruột, gan và màng trong và đánh giá công cụ mới cho thể hệ dữ liệu thông lượng cao;
- NEPHH: Những vật liệu nano liên quan đến những nguy hiểm cho sức khỏe và môi trường xuyên suốt vòng đời.

Lần xét hồ sơ thứ ba nhằm vào:

- Nghiên cứu việc sử dụng, tái chế và xử lý đầu cuối đối với công nghệ nano dựa trên các sản phẩm cũng như phối hợp các kịch bản phơi nhiễm với các hạt nano;
- Những hoạt động hướng tới phát triển những giải pháp thích hợp để sử dụng, tái chế và xử lý đầu cuối đối với các sản phẩm dựa trên công nghệ nano;
- Kịch bản phơi nhiễm với các hạt nano;
- Các công cụ phân tích phục vụ mô tả đặc trưng các hạt nano trong ma trận thực phẩm.

Lần xem xét thứ tư hiện đang kêu gọi đăng ký cho những đề tài theo chủ đề:

- Những phương pháp quản lý rủi ro của hạt nano được chế tạo;
- Lập mô hình hành vi độc hại của hạt nano được chế tạo;
- Phối hợp các Chương trình quốc gia về công nghệ nano, kể cả độc lý học nano;
- Hỗ trợ đối thoại để có sự chấp nhận của xã hội một cách có trách nhiệm với công nghệ nano.

Nghiên cứu khoa học vật liệu

Năm dự án được lựa chọn trong lần xem xét đầu tiên của FP7 hiện đang hoặc sắp đi vào vận hành. Những Dự án đó liên quan đến nanocomposit polyme, ống nano và những composite chất nền polyme được cấu trúc ở cấp nano.

Một số hồ sơ nghiên cứu đệ trình cho lần xem xét gần đây hiện đang trong quá trình đàm phán gồm:

- Những vật liệu được cấu trúc ở cấp nano dựa vào grapheme
- Những oxit kim loại cho các ứng dụng điện tử;
- Những vật liệu composit dựa vào sinh khối và phương pháp chế biến chúng.[1]□

KẾT LUẬN

Khoa học và công nghệ vật liệu nano sẽ tạo ra các bước đột phá cho nhiều công nghệ trong tương lai và giải quyết nhiều vấn đề cấp thiết trong xã hội. Trong khi việc sử dụng vật liệu nano hứa hẹn đem lại những hàng hóa hữu ích với các thuộc tính mới, thì các nghiên cứu về tác động của nó đối với sức khỏe và môi trường cũng đang được tiến hành để xác định các rủi ro tiềm tàng do những vật liệu này có thể gây ra cho con người.

Do khan hiếm hoặc chưa có thông tin chi tiết về đánh giá an toàn của vật liệu nano trong nghiên cứu, sản xuất, vận chuyển và sử dụng các sản phẩm tiêu dùng nên việc đánh giá đầy đủ về sự phơi nhiễm của vật liệu nano vẫn chưa được thực hiện.

Một trong những thách thức lớn nhất trong những năm tới sẽ là làm thế nào để đánh giá chính xác khả năng gây độc hại của vật liệu nano trước khi có thêm rất nhiều sản phẩm chứa các loại vật liệu như vậy xuất hiện trên thị trường.

Việt Nam tuy chỉ mới tiếp cận với công nghệ nano trong những năm gần đây nhưng cũng có những bước chuyển tạo ra sức hút mới đối với lĩnh vực đầy cam go, thử thách này. Nhà nước cũng đã dành một khoản ngân sách khá lớn cho chương trình nghiên cứu công nghệ nano cấp quốc gia với sự tham gia của nhiều trường Đại học và Viện nghiên cứu.

Việc nghiên cứu, tham khảo và học tập kinh nghiệm của các nước đi trước có thể giúp cho Việt Nam tiếp cận, áp dụng và phát triển nhanh hơn công nghệ nano, đồng thời có những biện pháp phù hợp để giảm thiểu những tác động tiêu cực của nó đối với sức khỏe và môi trường.

Biên soạn: Nguyễn Lê Hằng

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Current developments/activities on the safety of manufactured nanomaterials, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 2010.
2. Overview on Promising Nanomaterials for Industrial Applications, 6th framework programme.
3. Responsible Production and Use of Nanomaterials, German Chemical Industry Association, 11 March 2008.
4. The Nanotechnology White Paper, Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency by members of the Nanotechnology Workgroup, a group of EPA's Science Policy Council Science Policy Council U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC.
5. Economical potential and safety of nanomaterials, Dr. Gian Carlo Delgado¹, Interdisciplinary Research Centre on Sciences and Humanities, National Autonomous University of Mexico. C/Manuel López Cotilla 1544 Int. 301.
6. EEB position paper on nanotechnologies and nanomaterials Small scale, big promises, divisive messages, February 2009
7. Approach to Nanomaterial ES&H, Revision 3a, May 12, 2008, Department of Energy Nanoscale Science Research Centers.
8. Regulation and Risk Assessment of Nanomaterials - Too Little, Too Late?, Steffen Foss Hansen, PhD Thesis, February 2009.