

Wat is nano ?

Hoewel de nanotechnologie al meerdere jaren zijn intrede heeft gedaan in consumentenproducten, is niet elke consument zich bewust van wat deze technologie inhoudt. De 'nano' meter, afgeleid van het Grieks (νανος) voor dwerg, is een miljoenste van een millimeter, of een duizendste van een micrometer. Even in perspectief plaatsen: een menselijk haar heeft een dikte van 50000 tot 100000 nanometer, een virus van 20 tot enkele honderden nanometer en een eenvoudig suikermolecule om en bij de 1 nanometer. Materialen mogen de naam 'nanomateriaal' dragen, wanneer ze ten minste één dimensie hebben beneden de 100 nanometer. Dit kan gaan om de dikte van een deklaag, de diameter van een vezel of de afmeting van een nanodeeltje.

Nanomaterialen komen al eeuwenlang voor en werden al dan niet bewust gebruikt om bijvoorbeeld glasramen of kunstvoorwerpen te kleuren. Bijvoorbeeld het kleureffect van het oude Romaanse glas in de Lycurgus beker, 4e eeuw AD is – zo weet men nu – het resultaat van de aanwezigheid van metallische nanodeeltjes in het glas (zie figuur links, bron: wikipedia). Sinds de 19^{de} eeuw bestudeert men – zonder ze expliciet als dus danig te benoemen – gedispergeerde (micro- en) nanodeeltjes of 'solen' in de 'colloid-chemie'. Onze atmosfeer bevat stofdeeltjes met afmetingen beneden 100 nm, die daardoor de titel 'nanodeeltje'



mogen voeren en wellicht heeft elk van ons recent nog nanodeeltjes van koolstof geproduceerd, door simpelweg een kaars uit te blazen.

Nanotechnologie

Pas in de recentere wetenschappelijke geschiedenis is het mogelijk geworden om nanodeeltjes te observeren via ondermeer de ontwikkeling van de elektronenmicroscop (EM), de atomaire krachtmicroscop (AFM) en de scanning tunneling microscop (STM). Geïnspireerd door de legendarische lezing van Nobelprijswinnaar Richard Feynman (1959) 'There is plenty of room at the bottom' zag de Nanotechnologie het levenslicht¹.

Nanotechnologie beslaat het toepassen omwille van hun unieke eigenschappen van gecontroleerd vervaardigde nanomaterialen.

Nanodeeltjes zijn zo klein dat ze in tegenstelling tot 'bulk' materialen voornamelijk uit **oppervlak** bestaan. Terwijl een blokje van 1 cm³ een oppervlak blootstelt van 6 cm², heeft een zelfde hoeveelheid materiaal, opgedeeld in blokjes van 1 nm³ een oppervlak van 60 miljoen cm² (dit is de grootte van voetbalveld). Thermische, mechanische, katalytische en andere eigenschappen zoals smeltpunt, dat geacht werd een zuivere stof te typeren, veranderen hierdoor wanneer de stof vervaardigd is in nano dimensies. Koolstof geldt hier als schoolvoorbeeld: naast de fullerenen, kent men nanodiamant, koolstofnanobuizen en grafeenvellen met extraordinaire eigenschappen die in de bulk equivalenten ongekend zijn.

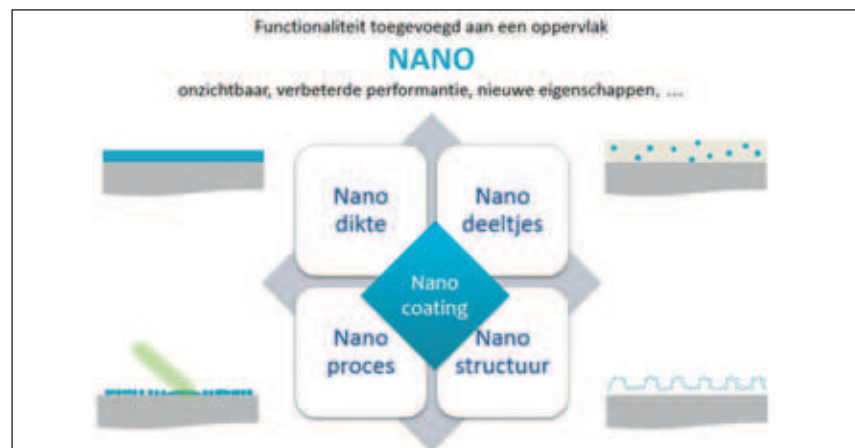
Eigenschappen van nanomaterialen kunnen meestal niet beschreven worden met moleculaire noch met vastestofmodellen, ze vallen er ergens tussenin. Doordat de ruimte waarin elektronen kunnen bewegen zodanig beperkt wordt, treden zogenaamde '**kwantumeffecten**' op waardoor bijvoorbeeld in halfgeleidende nanodeeltjes (quantumdots) de bandkloof vergroot kan worden door de diameter van de deeltjes te verkleinen; dit uit zich in luminescentie (uitstralen van licht) van verschillende kleuren. Nanodeeltjes van een metaal zoals goud hebben allesbehalve het glinsterend uitzicht van een klomp goud zoals we die al eeuwen kennen. Omwille van plasmonresonantie kleuren ze de dispersies van lila tot helderrood, naargelang hun diameter.

Tenslotte (en dit is in feite helemaal niet zo speciaal) zijn individuele nanodeeltjes **onzichtbaar**. Logisch, want ze zijn te klein om zichtbare golflengten (400-700 nm) te kunnen verstrooien. Dit maakt ze bijzonder interessant om functionaliteit aan te brengen in of op transparante lagen.

Coatings met nanotechnologie

Het toepassen van nanomaterialen of 'nanotechnologie' in coatings kan onder verschillende vormen (zie figuur hieronder).

Het meest voor de hand liggend, is een coating met een **dikte beneden 100 nm**. Deze kunnen afgezet via conventionele sputter of chemische dampdepositie (CVD), beide uitgevoerd in vacuüm, maar ook atmosferi-



sche methodes zoals deposities van uit oplossingen (chemische oplossing depositie of CSD) of dispersies zijn in staat nano-coatings te deponeren. Een methode speciaal ontwikkeld om ultradunne (zelfs sub-nano)lagen te deponeren die een gestructureerd oppervlak conform bedekken is de atomaire laag depositie (ALD). Atoomlaag per atoomlaag wordt de coating opgebouwd in vacuüm; traag, duur maar zeer gecontroleerd. Zilveren objecten kunnen zo een onzichtbaar barrièrelaagje krijgen om het dof worden te verhinderen (zie figuur).



Het verwerken van **nanodeeltjes in coatings** kan de eigenschappen van de coating verbeteren of extra (onzichtbare) functionaliteiten toevoegen. Op voorwaarde dat de nanodeeltjes goed gedispergeerd zijn (individueel aanwezig en niet in agglomeraten die het zichtbare licht wel kunnen verstrooien) kan dit onzichtbaar, wat een extra voordeel met zich meebrengt. De uitdaging bestaat er zodoende in om een optimale dispersie van de deeltjes in de coating te bewerkstelligen door de chemische oppervlaktegroepen van de deeltjes af te stemmen met de formulatie van de coating. Dankzij hun groot en reactief oppervlak is vaak slechts een kleine hoeveelheid nanodeeltjes nodig. Overtuigende voorbeelden hiervan worden gegeven in de tekst van SIRIS en van Schaepman.² Het alom bekende lotus-effect³ is een voorbeeld van het aanbrengen van **nano-structuur** in een oppervlak waardoor de contacthoek van water kan gecontroleerd worden. Hoe kleiner de contacthoek, hoe minder de druppel zich kan uitspreiden op een oppervlak, hoe meer waterafstotend het oppervlak wordt. Het extreem waterafstotend maken van leder, textiel of andere oppervlakken in bouwmaterialen of transportmiddelen kan hierdoor gerealiseerd worden. Tenslotte kan de nanotechnologie ook bijdragen tot **vernieuwing in depositieprocessen**. Een mooi voorbeeld hiervan is het printbaar worden van

metallische geleiders. Inderdaad, doordat het smeltpunt van bijvoorbeeld zilver nanodeeltjes lager is dan van het bulk materiaal kan men inkten op basis van nanodeeltjes printen in patronen van elektrische circuits en ze vervolgens bij milde temperaturen met elkaar versmelten zodat een geleidend pad kan ontstaan⁴.

En de keerzijde van de medaille ?

Wat nanodeeltjes zo interessant maakt, namelijk dat ze extreem klein zijn, een groot en reactief oppervlak en unieke en zelfs ongekennde eigenschappen vertonen, maakt hen tegelijk tot een potentieel risico voor onze gezondheid en milieu. De antibacteriële werking waarvoor zilver of titania nanodeeltjes zo beroemd zijn, beperkt zich niet tot ongewenste bacteriën. Eens deze deeltjes (via welke weg dan ook) in het milieu terechtkomen, kunnen ze net zo goed de 'goede' bacteriën schaden. Ook onderzoekers, werknemers of patiënten⁵ die met nanodeeltjes in contact komen, moeten zich bewust zijn van hun potentiële gevaar. Als virussen van enkele tientallen nanometers de weg naar onze hersenen vinden, waarom zouden nanodeeltjes dat dan niet kunnen? Inderdaad, zowel berekende modellen als experimentele studies tonen aan dat nanodeeltjes ongeveer overal in ons lichaam terecht kunnen komen.⁶ De efficiëntste toegangsweg blijkt het inademen te zijn, waardoor nanodeeltjes in de luchtwegen terecht komen. Ze kunnen zich daar accumuleren met alle gevolgen van dien of hun weg verder zetten naar andere lichaamsdelen, via het bloed. Andere toegangswegen zijn orale ingestie, opname via de bloedstroom of via de huid. Het grote probleem bij het inschatten van het gevaar van nanodeeltjes is dat de toxicologie ervan veel ingewikkelder is dan de klassieke manier waarop de schadelijkheid van materialen wordt ingeschat. Niet alleen de hoeveelheid, maar ook andere aspecten zoals grootte, oppervlak, vorm, manier van opname, ... zijn van belang. Een stof die in bulk onschadelijk is en als niet-giftig gekatalogeerd staat, kan daardoor in nanovorm wel ineens een boosdoener worden. Meer hierover alsook hoe onze

overheden het gebruik ervan in kaart brengen, is terug te vinden in het artikel van VITO.

Besluit

Intussen, anno 2016, is de nanowetenschap een matuur onderzoeksdomein. Het volledige potentieel van de nano-technologie is echter nog lang niet benut en dient verder geëxploreerd en ontwikkeld te worden. De (mogelijke) nadelen van nanomaterialen mogen hierbij zeker niet opwegen tegen het gigantische potentieel dat ze kunnen bieden in toepassingen. Een correcte en vlotte communicatie tussen onderzoekers, bedrijven, overheden en consument is hierbij van cruciaal belang.

Om het gedrag van nanomaterialen ten gronde te begrijpen en hun potentieel ten volle te benutten is er nood aan veel onderzoek door interdisciplinair samengestelde teams (chemici, geneeskundigen, materiaalkundige, fysici, biologen, ed.). Uitdagingen liggen ondermeer in het verder ontwikkelen van nieuwe onderzoeksdomeinen zoals nanotoxicologie alsook het recycleren van producten waarin nanomaterialen verwerkt zijn. Dit alles kan uiteraard enkel als er voldoende middelen en mankracht tegenoverstaan. Via lager en middelbaar onderwijs moeten jongeren bovendien kunnen kennis maken met de wondere wereld van de nanotechnologie, zodat ze gemotiveerd worden voor wetenschap en technologie en aangezet om hun studies of carrière in dit domein verder te zetten.

¹ Zie bijvoorbeeld de 'blog' van Eric Drexler (<http://metamodern.com/2009/12/29/theres-plenty-of-room-at-the-bottom%E2%80%9D-feynman-1959/>)

² Zie ook artikels Schaepman (Sol-Gel Coatings) en Siris

³ Zie ook artikel Siris

⁴ Dit is één van de onderzoekstopics van het Vlaamse SIM project Met@link (contact: Guido Desie, Agfa)

⁵ De scope van deze tekst richt zich niet op toepassingen van nanodeeltjes in de geneeskunde. Ze worden zeer intens onderzocht in de diagnostiek alsook als 'medicijntaxi's' om medicatie gericht te sturen naar waar ze nodig is.

⁶ Het is daarom aan te bevelen om het werken met droge nanopoeiders te beperken, en in de plaats de nanodeeltjes in 'natte' fases te hanteren en bewaren.

Voor meer informatie:

UHasselt

Prof. dr. Marlies K. VAN BAELE