

# Nanocoatings voor poeders en 3D materialen

## Atomaire laag depositie ALD als game changer

**i** UGent  
Geert Rampelberg

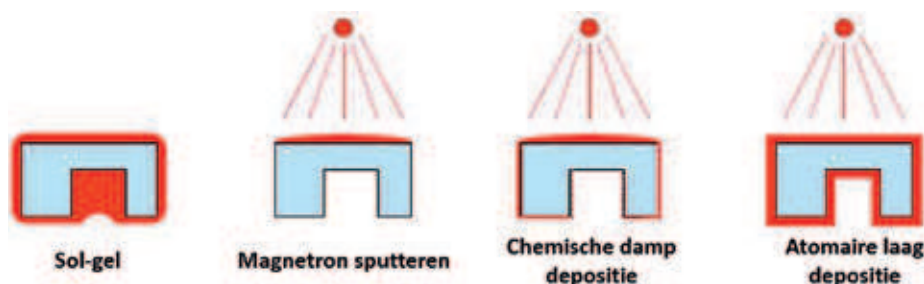
*Le dépôt des couches minces conformes et homogènes sur des poudres et des matériaux 3D, était un défi les 10 dernières années. La technique ALD a tous les atouts dans son jeu pour se positionner sur ce marché.*

Het aanbrengen van uniforme nanocoatings op poeders en 3D materialen blijkt al vele decennia een uitdaging. Atomaire laag depositie heeft alle troeven in huis om door te breken in deze markt.

Het aanbrengen van coatings of dunne filmen is een vaak gebruikte methode voor het functionaliseren van een oppervlak. Het doel bestaat er veelal in de bulkeigenschappen van het object te behouden, maar de interactie met de omgeving te wijzigen of verbeteren. Typische voorbeelden zijn het aanbrengen van corrosiebestendige of slijtvaste coatings, modificeren van de hydrofobiciteit, verbeteren van adhesie, enz. Anderzijds kunnen ook zekere functionaliteiten toegevoegd worden aan het oppervlak van het object, zoals elektrische geleiding of isolatie, zelfreinigende eigenschappen of katalytische eigenschappen. De dikte van de coating kan sterk variëren afhankelijk van de toepassing. In vele gevallen volstaat echter een coating van enkele nanometers of tientallen nanometers om het doel te bereiken. Een innovatieve technologie zoals atomaire laag depositie biedt hiervoor de perfecte oplossing.

### VAN ATOMAIRE LAAG TOT NANOCOATING

Atomaire laag depositie (ALD) is een methode om nanometer dunne coatings aan te brengen op een uitermate gecontroleerde manier, door middel van het sequentieel blootstellen van het oppervlak aan twee verschillende reactieve gasen. De naam dekt dan ook de lading: bij elke blootstelling wordt één laag atomen gedeponeerd. De belangrijkste voordelen zijn de sub-nanometer precisie en een uitstekende uniformiteit over het gehele oppervlak. Dit alles houdt in dat zowel vlakke materialen als 3D structuren moeiteloos



**▲**  
Figuur 1: Conformaliteit van verschillende coating technieken

gecoat kunnen worden, zelfs al hebben deze een poreuze structuur. In de ALD gemeenschap wordt ook vaak de term "conforme coating" gebruikt om aan te duiden dat een poreus materiaal tot binnenin volledig gecoat is. In vergelijking met andere technieken zoals sol-gel, magnetron sputteren en chemische damp depositie, is de conformaliteit van ALD coatings ongeëvenaard.

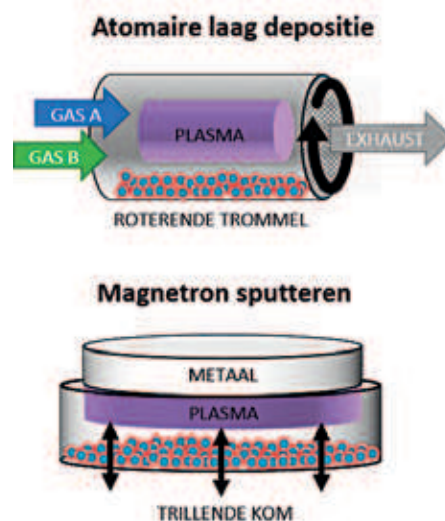
### TOEPASSINGEN VAN ALD

De ALD methode werd initieel ontwikkeld voor de productie van dunne film displays. Ook binnen de micro-elektronica werd ALD onontbeerlijk voor de verdere miniaturisatie. Tegenwoordig zijn ALD coatings dan ook terug te vinden in elke computer en smartphone. Daarnaast vond ALD ook zijn weg in de productie van hoogrendement zonnepanelen. Twee recente domeinen waarbinnen ALD zijn opwachting maakt zijn het coaten van folies via roll-to-roll ALD en het coaten van poeders.

### ALD COATINGS OP POEDERS

Voor het uniform coaten van poeders met behulp van ALD is een snelle toegang van het reactieve gas tot het poederoppervlak cruciaal. Met het oog hierop, werden de

afgelopen twee decennia twee reactorconcepten ontwikkeld: wervelbed- en roterende reactoren. In beide types reactoren mag de korrelgrootte van het poeder variëren tussen een tiental nanometer en de millimeter schaal. Roterende reactoren bieden bovendien de optie om plasma te introduceren tijdens het proces. Enkele voordelen van het gebruik van plasma zijn een gereduceerde proceskost, een bredere waaier aan beschikbare coatings en de mogelijkheid tot het coaten bij lage temperatuur van temperatuursgevoelige materialen zoals polymeerpoeders. De grootste beschikbare batch-reactoren hebben ondertussen volumes tot enkele



**▲**  
Figuur 2: roterende ALD coater en trillende magnetron sputter systeem voor poeders en partikels

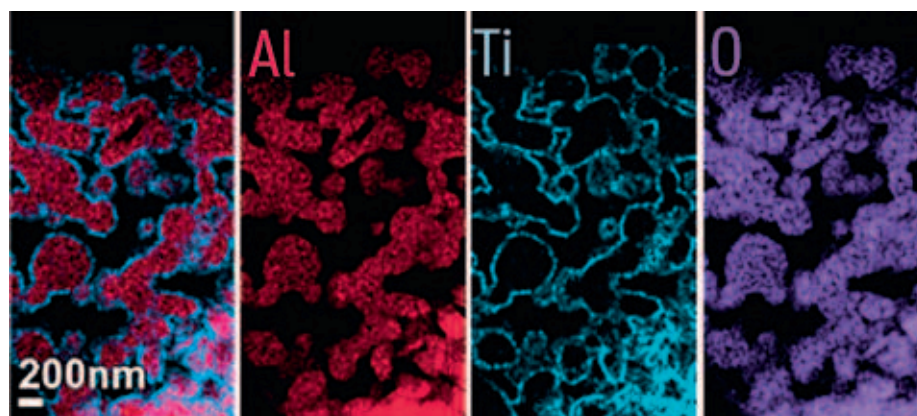
tientallen liters, en verdere schaalvergroting hoeft voor ALD in theorie weinig problemen op te leveren. Naast opschaling via batch-reactoren werken verschillende start-ups aan de ontwikkeling van continue reactoren, waarbij tegenwoordig al tot enkele tonnen poeder per dag kunnen gecoat worden per installatie.

De interesse naar uniforme ALD coatings op poeders neemt de laatste jaren sterk toe. Enkele voorbeelden betreffen beschermende coatings tegen corrosie, vocht of oxidatie, het hydrofiel of hydrofoob maken van het oppervlak, het aanbrengen van elektrisch geleidende of isolerende coatings, het verbeteren van het vloeidrag van poeders, en het aanbrengen van actief materiaal zoals voor katalysatoren en batterijpoeders. Een ALD coating met een dikte van slechts enkele tot een paar tiental nanometer volstaat in de meeste gevallen. Ook poreuze poeders werden reeds met succes conformeel gecoat.

Ter vergelijking, magnetron sputteren wordt reeds tientallen jaren toegepast op poeders. Initieel werden hiervoor ook roterende trommels gebruikt, terwijl tegenwoordig ook ingezet wordt op trillende reactoren. Magnetron sputteren heeft echter niet de mogelijkheid om poreuze poeders conformeel te coaten en is minder geschikt voor nanopoeders. Anderzijds biedt deze methode een beter alternatief



Figuur 3: Hydrofobiciteit van ongecoat en ALD gecoat Teflon



Figuur 4: Visualisatie van een ALD TiO<sub>2</sub> coating in poreus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m.b.v. electronenmicroscopie

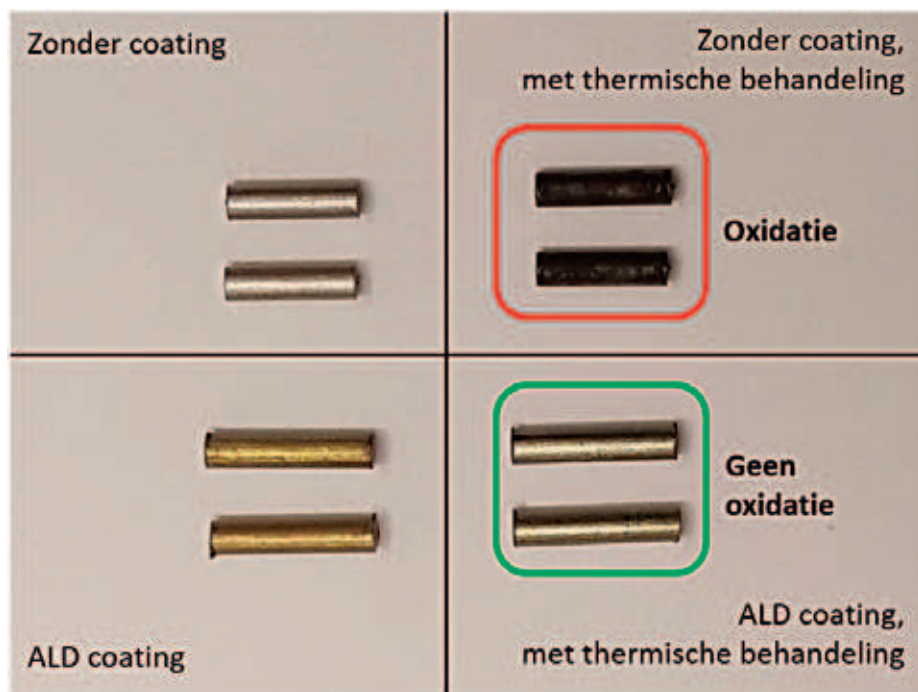
voor metallische coatings of micrometer dikke coatings, waarvoor ALD momenteel nog minder aangewezen is.

Naast het coaten van poeders leent ALD zich ook uitstekend tot het coaten van kleine componenten en 3D materialen. In

die laatste categorie vinden we o.a. filters en membranen, schuimen en 3D geprinte onderdelen. Ook in deze categorieën lijkt het aantal toepassingen eindeloos.

### TOEKOMSPERSPECTIEF

ALD blijkt een schaalbare techniek en de coatings kunnen een belangrijke toegevoegde waarde bieden voor tal van poeders. Momenteel is de concrete interesse dan ook groot, en de komende jaren worden de eerste grote toepassingen verwacht. Deze omvatten het gebruik van ALD voor o.a. productie van katalysatoren en batterijpoeders, barrières voor vochtgevoelige poeders zoals fosforen in LED verlichting, het verbeteren van poederflow, enz. Na de grote doorbraken in micro-elektronica en zonnecellen-industrie, wordt ALD op poeders wellicht de volgende grote stap.



Figuur 5: Oxidatietests op ongecoate en ALD gecoate metaal draadjes