

Energiebesparing door middel van UV-curing technologie

In de zoektocht naar duurzame industriële processen, neemt de UV-curing technologie (uitharding onder invloed van ultra violette straling) zienderogen een belangrijker plaats in bij verschillende coating en printing toepassingen. Het achterliggend fotochemisch proces maakt immers dat het productieproces bij hogere snelheden en met een lagere energie consumptie kan worden uitgevoerd, zonder het vrijstellen van VOC's (Vluchtige Organische Componenten). Door in te spelen op de aard van de chemische componenten (monomeren en foto-initiatoren) die in de coating-formuleringen gebruikt worden, kan bovendien een ganse waaier van diverse functionaliteiten in de uitgeharde lagen gerealiseerd worden.

De chemie van het UV-curing proces

UV-coatings worden vernet door een fotochemisch proces waarbij UV-licht (golflengte tussen 200 – 400 nm) als energiebron gebruikt wordt. Dit proces is vrijwel ogenblikkelijk mits een optimale combinatie van de belangrijkste componenten in de formulering: monomeren en foto-initiatoren. De foto-initiatoren zijn in staat om op een efficiënte manier de stralingsenergie te capteren, waarbij zeer reactieve radicalen worden gevormd die de polymerisatiereactie initiëren door te reageren met de onverzadigde bindingen van de monomeren (dikwijls worden acrylaten en derivaten ervan gebruikt)

De aard van de fotochemische polymerisatie is bepalend voor de voordelen van deze technologie:

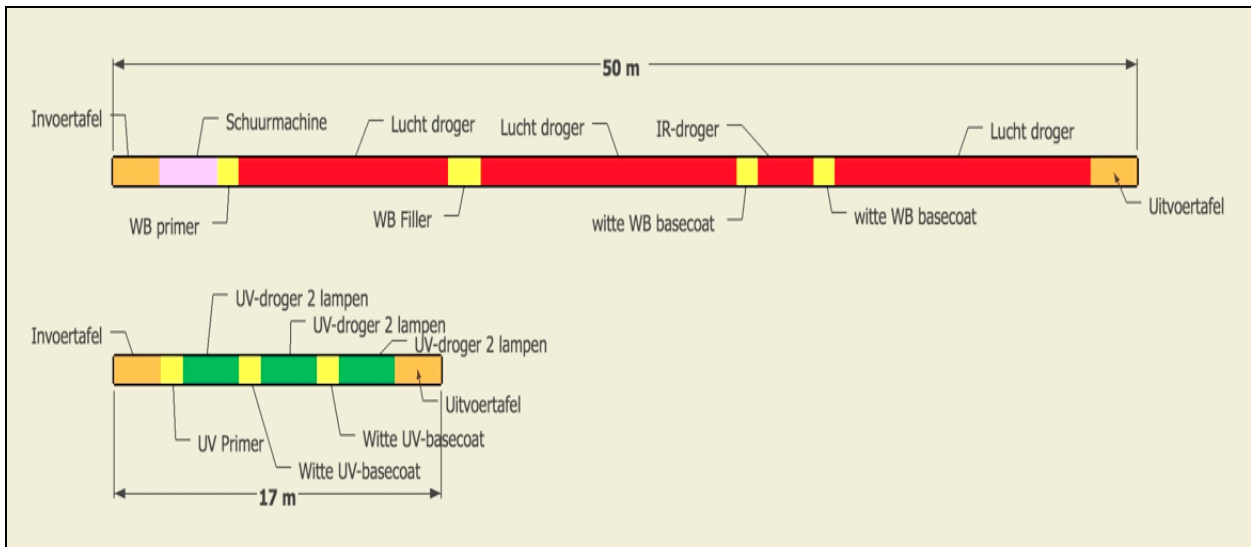
- Hoge reactiesnelheid waardoor hoge productiesnelheden mogelijk zijn
- Geen uitstoot van schadelijke solventen omdat het volledig pakket verhard wordt (100% vernette matrix)
- Lagere energieconsumptie bij de fotochemische reactie in vergelijking met het verdampen van water (en solventen).

Energie consumptie

Industriële coating processen (houtdecoratie, verven van textiel, lakken voor de auto-industrie...) zijn meestal gebaseerd op solvent of waterige systemen.

Dikwijls zijn coating ingrediënten niet water compatibel en wordt er noodzakelijkerwijze overgegaan op solvent coatings om de gewenste producten oplosbaar te maken. De oplosmiddelen die daarbij gebruikt worden hebben vaak een twijfelachtige ecologische reputatie. Het gebruik van UV-hardende coatings (polymeriseerbare acrylaat monomeren), reduceren de afvalstroom en stellen geen VOC's vrij.

Bij het formuleren van de waterige coatings worden, indien mogelijk, de water compatibele ingrediënten zodanig gekozen dat ze in geconcentreerde vorm kunnen worden aangebracht. Op zich lijkt dit ecologisch, maar toch moeten er enorme hoeveelheden water verdampt worden of worden er massale hoeveelheden afvalstromen gecreëerd die niet zonder meer mogen geloosd worden. Het vervangen van dergelijke waterige formuleringen door UV-hardende formuleringen (gebaseerd op acrylaat monomeren) creëert geen VOC-uitstoot en geen afvalstromen en vergt veel minder energie dan het verdampen van water. Dit wordt overtuigend geïllustreerd in onderstaand schema van een reële productielijn / coatinglijn voor houtdecoratie.

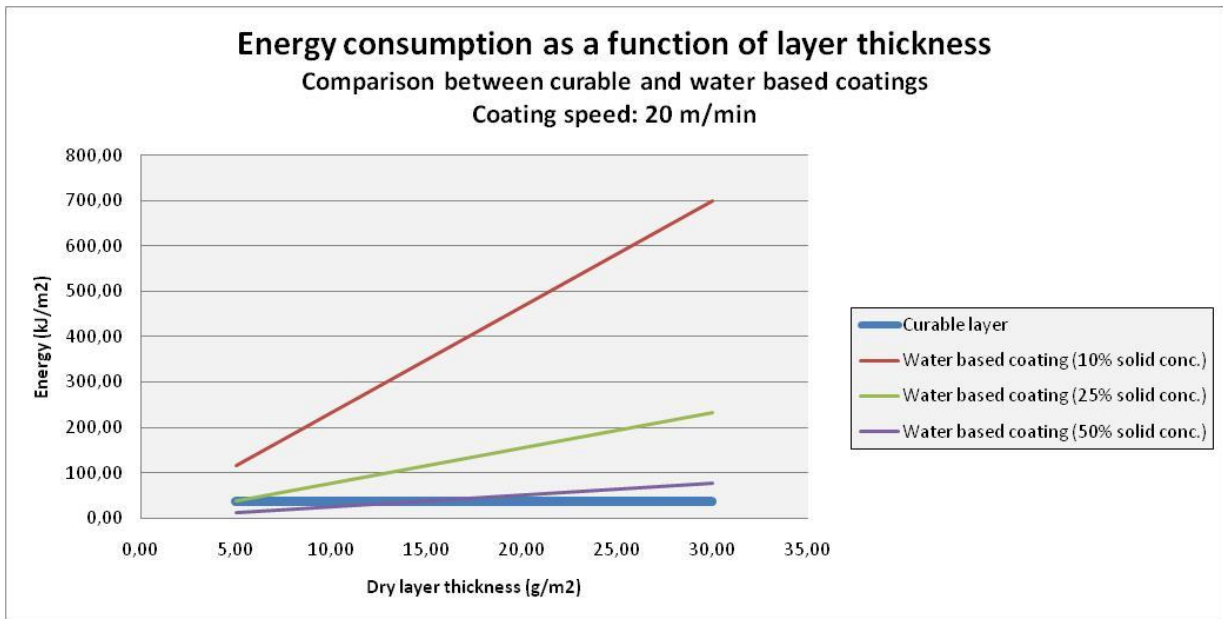


Vergelijking van een coatinglijn voor houtdecoratie gebaseerd op waterige formuleringen (boven) versus UV-hardende formuleringen (onder).

Niet alleen neemt de UV-coatinglijn maar één derde in beslag in vergelijking tot de water gebaseerde coatinglijn (winst in *floorspace*), maar vooral worden de energieverblindende thermische en infrarood drogers (aangegeven in rood) vervangen door UV-stations (aangegeven in groen). De technologische en chemische uitdaging bestaat er uiteraard in om de functionaliteit van de waterige formuleringen te behouden en componenten te vinden die compatibel (oplosbaar, dispergeerbaar) zijn met de UV-hardende matrix.

De gunstige energiebalans van UV-coatings t.o.v. die van water gebaseerde coatings kan eveneens geïllustreerd worden op thermodynamische basis.

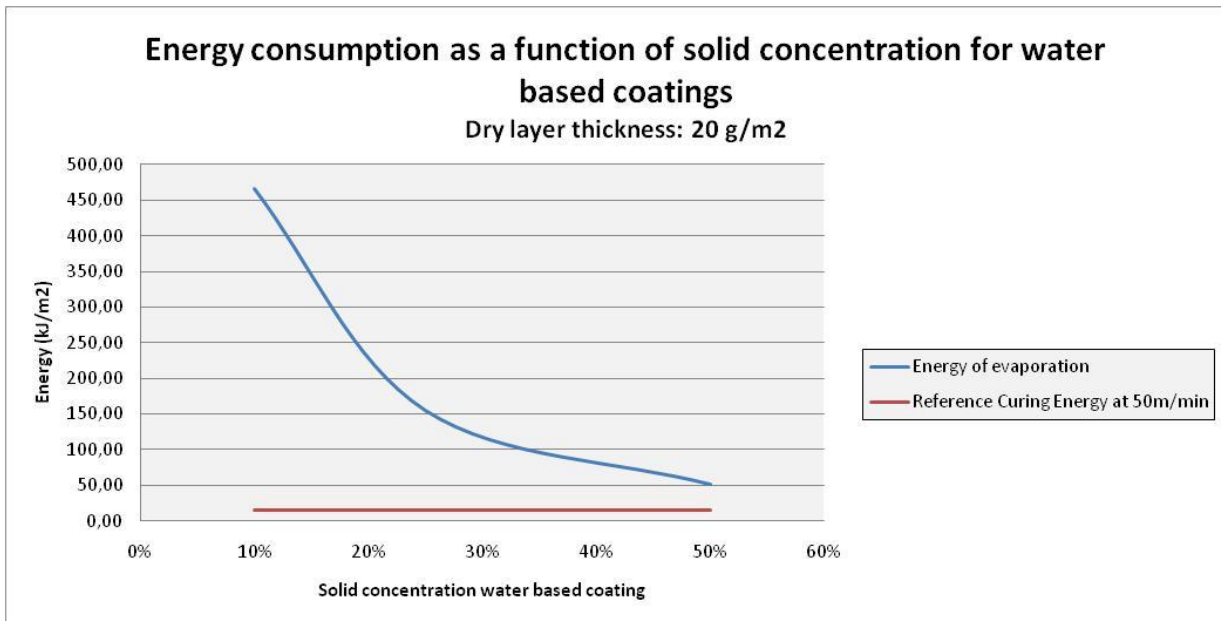
Figuur 1 geeft het energieverbruik weer als functie van de nuttige laagdikte die wordt opgedragen. Aangezien we een 100% solid UV-coating veronderstellen, wordt de volledige hoeveelheid opgedragen vaste stof benut voor het vormen van de vernette matrix. De energieconsumptie is daarom quasi onafhankelijk van de laagdikte. De simulatie van Figuur 1 werd uitgevoerd voor een 120 W/cm gallium gedopeerde kwikdamp-lamp, aan een doorvoersnelheid van 20 m/min. De curing-energie bedraagt 36 kJ/m² en is substantieel lager dan de verdampingsenergie voor water gebaseerde coatings. Bij gebruik van een coating solutie met een gemiddelde vaste stof concentratie van 25 % loopt het energie verschil al vlug op tot 200 kJ/m² voor een droge laagdikte van 30 g/m² ($\pm 30 \mu\text{m}$).



Figuur1: Energieverbruik als functie van de laagdikte – vergelijking tussen water gebaseerde coatings en UV-vernetbare coatings

Het feit dat de energieconsumptie met de UV-hardende technologie nagenoeg onafhankelijk is van de op te dragen vaste stof, mits een nauwgezette afstelling van het foto-initiatiesysteem en de monomeersamenstelling, laat toe om hogere productiesnelheden te realiseren bij een aanzienlijk lager energieverbruik in vergelijking met de courante water (en solvent) gebaseerde systemen.

Figuur 2 geeft de energieconsumptie weer voor het opdragen van 20 g vaste stof per m² als functie van de gebruikte concentratie aan vaste stof voor waterige coatings. Voor een gemiddelde concentratie van 25% is de energieconsumptie al gauw 150 kJ/m². Met een industriële IR-droger (infrarood droger) van 40 kW kan een maximale snelheid van 15 m/min gehaald worden om hoger beschreven pakket te drogen. Met UV-technologie volstaat een energieconsumptie van 14 kJ/m² aan een snelheid van 50 m/min (aangegeven in figuur 2). Dit komt overeen met een potentiële winst in energieverbruik met een factor 10 aan een productiesnelheid die een factor 3 hoger ligt.



Figuur2: Energieverbruik voor het aanbrengen van een nuttige laagdikte van 20 g/m² met een waterige coating in functie van de vaste stof concentratie. Het referentie energieverbruik voor een UV-vernetbare coating aan 50 m/min wordt eveneens aangegeven.

In de praktijk is het droogproces een complex gebeuren. De viscositeit in de laag zal o.a. de diffusie snelheid van het te verdampen water afremmen naarmate het droogproces vordert en zal daardoor het droogproces nog vertragen. Het fenomeen van stijgende viscositeit tijdens het UV-verhardingsproces is daarentegen gunstig voor de globale snelheid van uitharden, omdat de luchtzuurstof minder snel in de laag kan diffunderen en het proces minder kan inhiberen. Het is immers algemeen bekend dat er zuurstofinhibitie optreedt tijdens een radicaal polymerisatie. In vele industriële UV-coating apparatuur wordt er daarom gebruik gemaakt van een stikstofatmosfeer, waardoor de snelheid van uitharden met een factor 10 kan versnellen.

De recente ontwikkeling van UV-LED bronnen (met piekvermogens bij o.a. 365, 395 en 405 nm), zal de energiebalans nog verder in gunstige zin beïnvloeden. Met de huidige commerciële UV-Led's (8 W/cm² output vermogen) kunnen UV-coatings verhard worden aan gelijkaardige productiesnelheden. Het spreekt voor zich dat ook hier de uitdaging ligt bij het vinden en ontwikkelen van de geschikte foto-initiatoren, die speciaal ontworpen zijn om de energie bij bijvoorbeeld 395 nm, efficiënt te gebruiken.

Het feit dat de nodige energie onafhankelijk is van de laagdikte, is uiteraard geldig binnen bepaalde grenzen, die afhankelijk zijn van de samenstelling van de coating lagen (aanwezigheid van absorberende pigmenten e.d.). Het gebruik van homogene nanodispersies (laag strooiend vermogen) verhoogt de zogenaamde *through cure* en worden o.a. ingezet in de bereiding van druk- en inkjet-inkten.

Voor zeer dikke laagpakketten (waar de indringdiepte van de UV-straling te beperkt is), wordt overgestapt naar e-beam (electron beam) curing technologie. De investeringsstap is echter veel hoger in vergelijking met de commerciële UV-curing stations.

UV coatings (variabiliteit in functie van de producteigenschappen)

Dergelijke UV-coatings kunnen worden ontwikkeld door Chemstream, een innoverend bedrijf dat o.a. gespecialiseerd is in het formuleren van klantgerichte UV-coatings en in het herdenken van het productieproces naar een duurzame procestechnologie. Door de unieke optimalisatie van de chemische formulering, zal het invoeren van een duurzaam proces op basis van UV-hardende technologie, toelaten de TCO (*Total Cost of Ownership*) te verlagen met minstens het behoud van de vereiste producteigenschappen.

De UV-hardende coatings kunnen worden ingezet voor het realiseren van een waaier van uiteenlopende toepassingen en kunnen o.a. als grondlaag, basislaag en beschermlaag (toplaag) worden aangewend; telkens met hun specifieke eigenschappen:

- Grondlaag: adhesie (rigide panelen en flexibele onderlagen, plastics, metaal, glas...), anti corrosie, levelling, ...
- Basislaag: pigment houdend (kleurkracht), ...
- Toplaag: antikras, solvent resistentie, glans, UV-bescherming,...

De grote verscheidenheid in de aard van de substraten waarop de UV-coatings kunnen aangebracht worden en de verscheidenheid in fysische eigenschappen (van rigide tot flexibele lagen), weerspiegelt zich eveneens in de verscheidenheid van de chemische formuleringen. Door de juiste keuze te maken van de mono- en oligomeren, kunnen een aantal specifieke eigenschappen en functionaliteiten worden ingesteld. Dit onderwerp zal uitvoerig besproken worden in een volgend artikel.

Voor meer informatie:

ChemStream

Frank De Voeght