

Coatings openen de weg naar functionele toepasbaarheid van 3D-geprinte onderdelen

 Sirris Smart Coating Application Lab
Patrick Cosemans, Joey Bosmans

La demande croissante de petites séries de produits plastiques fonctionnels obtenus par impression 3D, utilisables dans des applications industrielles ou grand public, exige une qualité de surface plus élevée que ce qui était nécessaire jusqu'il y a peu dans le prototypage. La majorité de ces produits présente une structure typique en couches s'accompagnant d'une forte rugosité de surface. L'obtention d'un produit de belle finition requiert un post-traitement nécessitant beaucoup de main d'œuvre, ce qui nuit à une extension du processus à une échelle industrielle. Cet article vous donne un aperçu des techniques utilisées aujourd'hui et montre comment certains revêtements peuvent éliminer la forte rugosité et en même temps intégrer dans la surface des propriétés supplémentaires comme le blocage des UV et la résistance aux rayures.

De toenemende vraag naar kleine series van functionele 3D-geprinte kunststof producten, inzetbaar in industriële en consumententoepassingen, vereist een hogere oppervlaktekwaliteit dan tot voor kort in prototyping noodzakelijk was. Het merendeel van deze producten heeft een typische laagsgewijze opbouw met hoge oppervlakteruwheid. Om tot een mooi afgewerkt product te komen, vereist dit een arbeidsintensieve nabehandeling, waardoor industriële opschaling belemmerd wordt. Dit artikel geeft een overzicht van technieken die vandaag toegepast worden en hoe coatings de hoge ruwheid kunnen elimineren en tegelijkertijd bijkomende functionaliteiten zoals bijvoorbeeld uv-blokkering of krasvastheid kunnen integreren in het oppervlak.

PROBLEEMSTELLING

Vandaag kan geen enkele 3D-printer met welke afmetingen, stijl of resolutie ook, objecten produceren met eenzelfde oppervlaktekwaliteit als wat met traditionele productiemethoden mogelijk is. Wanneer geprint wordt met een poeder als polyamide via polymeer-SLS, is de ruwheid van de onbewerkte geprinte stukken vrij hoog: 30-40 μm Ra. Met procédés die starten van een uv-polymeriseerbaar hars, zoals het geval is met CONNEX- of VIPER-stukken, is de ruwheid van de onbewerkte stukken veel kleiner: 1-2 μm Ra, maar de gelaagde aard leidt tot enige macroscopische textuur aan het oppervlak. Wanneer een polymeer geprint wordt vertrekkende van een draad, zoals het geval is bij FDM-stukken, is de overgang van de ene geprinte lijn naar de andere ook zeer uitgespro-

ken, ca. 0,1 mm of meer. De ruwheid kan verminderd worden door de laagdikte te beperken tijdens het printen, maar dit zal het printproces aanzienlijk verlengen en zo de productiesnelheid beperken.

Om een kwalitatief goede oppervlakteafwerking te verkrijgen, is een nabehandeling nodig, vooral om de typische trappen die voorkomen in krommingen van het oppervlak te reduceren of elimineren. Deze trappen weghalen is belangrijk, niet alleen om het uiterlijk van een voorwerp te verbeteren, maar ook de functie en duurzaamheid ervan. Voor een prototypeproduct is een manuele afwerking aanvaardbaar, maar wanneer de industrie wil evolueren van prototyping naar kleine series van industriële of consumentenproducten zijn andere technieken nodig om kostprijs en doorlooptijd te beperken en consistentie in productkwaliteit te bereiken. De volgende paragrafen geven een overzicht van de huidige stand van zaken in nabehandelingen, hun voordelen en tekortkomingen.

MECHANISCHE TECHNIEKEN

De meest gebruikte afwerkingsstap is **manueel polijsten**. Afhankelijk van het basismateriaal van het AM-product moeten verschillende types van schuurmateriaal of -papier worden ingezet. Terwijl ABS makkelijk te schuren is, vereist PLA een veel grotere inspanning om tot eenzelfde niveau van ruwheid in de afwerking te komen. Manueel polijsten is tijdrovend en arbeidsintensief, waardoor duur, en het is

minder geschikt voor stukken met fijne details aan het oppervlak of oppervlakken op moeilijk bereikbare plaatsen. Het voordeel is dat de techniek wel de trappenvorming verwijdt en kan gebruikt worden op onderdelen die gemaakt zijn met gelijk welk additief manufacturing-procedé.

De techniek van **parelstralen** (bead blasting) staat voor het spuiten van kleine plastic deeltjes op het product in een gesloten kamer. Het is een flexibele techniek, waarbij de veelzijdigheid van de straalmedia komt: typisch kleine kunststofpartikels die samengesteld zijn uit fijn vermalen thermoplastische deeltjes. Deze kunststof korrels zijn duurzaam en bieden een abrasiviteit in een range van mild tot ruw. Parelstralen kan zo een gladde afwerking realiseren in 5-10 min. Een van de beperkingen van de techniek is de afmeting van de werkstukken, aangezien het procedé plaatsvindt in een gesloten kamer. De meeste stukken met enige complexiteit worden met de hand gestraald en massa-afwerking is moeilijk te bereiken.

Trillend slijpen is een andere benadering om ruwheid te reduceren. Het is een techniek die afkomstig is van de metaalafwerkingsindustrie (ontbramen). Het proces bestaat uit het rondbewegen van werkstukken in een trommelmachine, gevuld met media voor schuren/polijsten. Wanneer deze media in contact komen met het werkstuk, werken slagkracht en wrijving in en worden imperfecties aan het oppervlak weggeschuurd of -gepolijst. De media kunnen keramisch, synthetisch of kunststof zijn. Elk is geschikt voor een ander materiaal. Reinigingszeep wordt gebruikt om de poe-

ders te verwijderen die ontstaan tijdens de afwerking. Voordeel van dit procedé is dat, eens de procesparameters vastgelegd zijn, een stabiele productkwaliteit bereikt wordt voor een serie van producten in een kleine tijdspanne vergeleken met manueel polijsten. Bovendien kan het getuned worden voor automatisering en om de stukken juist genoeg te bewerken om de gewenste oppervlakte-eigenschappen te bereiken. Nadeel is dat de procesparameters zullen verschillen voor elk type geometrie en substraatmateriaal. Geschikte slijpmedia moeten bepaald worden en kritische onderdelen met gevoelige regio's zijn zeer moeilijk af te werken met dit proces, waardoor de techniek beperkt is tot grote of middelmatige, vrij robuuste delen. Daarnaast kunnen holle oppervlakken of roosterstructuren niet behandeld worden.

CHEMISCHE TECHNIEKEN

Een chemische methode voor werkstukken die vervaardigd zijn uit thermoplasten is het 'smelten' van het buitenste oppervlak, **'solvent smoothing'** genaamd. Met een borstel kan MEK of een commercieel oplosmiddel op het oppervlak van de stukken worden aangebracht, of ze kunnen in een bad worden ondergedompeld. Het oplosmiddel zorgt ervoor dat de kunststof aan het oppervlak oplost, waardoor de ruwheid aan het oppervlak uitgevlakt wordt. Het aanbrengen van solventen heeft als bijkomend voordeel dat een poreus oppervlak wordt afgedicht. Toch zijn er enkele nadelen aan deze techniek: kleine details aan het oppervlak kunnen verstoord worden, caviteiten worden mogelijk niet bereikt en eventuele druppels zullen zichtbare sporen nalaten. Het procedé is moeilijk controleerbaar en dient geoptimaliseerd voor elke geometrie en materiaal. De droogtijden kunnen lang uitvalen als het oplosmiddel moet verdampen van diep in het poreuze oppervlak. Er zijn bovendien heel wat milieu- en veiligheidsproblemen verbonden aan het gebruik van oplosmiddelen in een (open) dompelproces (toxiciteit, ontvlambaarheid).

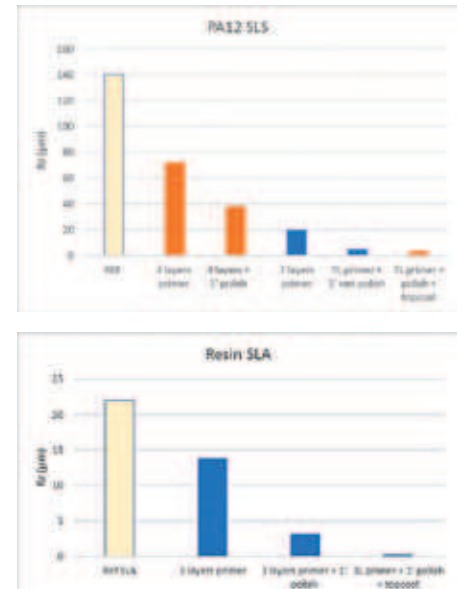
Een vergelijkbare, maar beter controleerbare techniek is **'solvent vapour smoothing'**. Deze techniek stelt een 3D-stuk enkele seconden bloot aan een damp van oplosmiddelen, om zo de buitenste

laag te smelten en een gladde, glanzende afwerking te bekomen. Vapour smoothing kan nooit volledig de getrapte structuur aan het oppervlak weghalen, zeker niet bij een oppervlak onder een hoek, maar voor verticale oppervlakken kan het de trappen nagenoeg volledig elimineren. Kunststoffen die goed reageren op vapour smoothing zijn ABS, polycarbonaat, acryl, PEI (polyetherimide) en polysulfon. Vapour smoothing werkt voor toepassingen met een hoog volume en voor oppervlakken die niet bereikbaar zijn met de hand. Toch is de techniek niet zo effectief met complexe interne structuren. Dunne, vlakke stukken hebben de neiging krom te trekken tijdens het proces. Aangezien het stuk slechts een korte tijd blootgesteld wordt aan de oplosmiddelen, worden fijnere oppervlakedetails behouden, maar de glanzende afwerking kan kleine imperfecties aan het oppervlak van het werkstuk zichtbaar maken. Het stuk wint ook enigszins aan sterkte wanneer afgewerkt met vapour smoothing, omdat de piekjes en dalen aan het oppervlak die spanning kunnen verhogen, afgevlakt worden. Er zijn industriële systemen beschikbaar, maar de nadelen van deze technieken met solventen op het vlak van milieu en veiligheid zijn duidelijk.

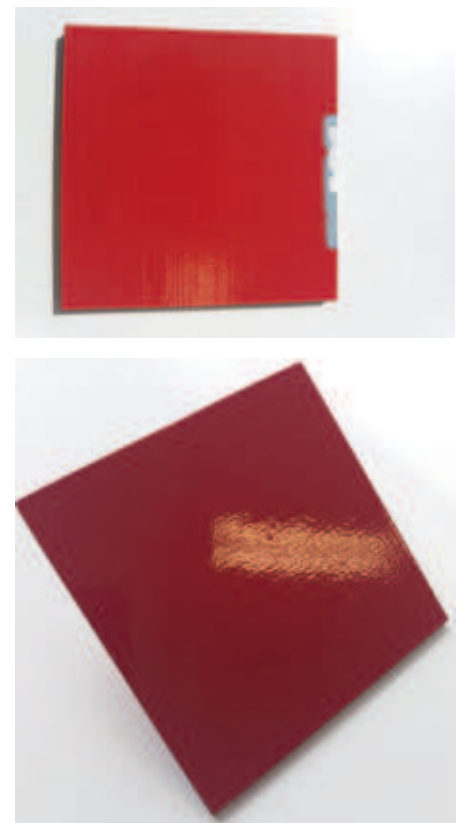
COATINGTECHNIEKEN

Coatings worden meestal gebruikt na polijsten, om het oppervlak een finale afwerking te geven, maar ze kunnen ook gebruikt worden om het oppervlak van een voorwerp gladder te maken, zonder dat er nood is aan vooraf schuren of polijsten. Door een geschikte primerlaag aan te brengen in verschillende lagen op het geprintte onderdeel, kan een aanzienlijke reductie in ruwheid bereikt worden. Figuur 1a toont een vergelijking in ruwheid Rz voor een PA12-monster geprint met een SLS-techniek. De eerste kolom toont de ruwheid van de SLS-machine voor monsters die loodrecht op de printrichting geprint werden, wat resulteerde in de hoogste ruwheid aan het oppervlak. De resultaten tonen dat na spuittoepassing van een specifieke primer in vier lagen de ruwheid gehalveerd wordt. De toepassing van de vier lagen is snel, aangezien geen lange droging vereist is tussen de toepassing van de verschillende lagen. Meer lagen toevoegen doet de ruwheid nog

verder dalen maar op een bepaald ogenblik neemt de ruwheid niet meer verder af en heeft het geen zin meer nog meer lagen toe te voegen. Voor SLA-monsters, die een lagere initiële ruwheid hebben, zijn slechts drie lagen nodig om een gelijkwaardig resultaat te bereiken (zie figuur 1b)



Onderschrift: Figuur 1: Ruwheidsdaling ten gevolge van de applicatie van een primer coating, het effect van een additionele schuurstap en een toplaag: a) PA12 materiaal geprint via SLS-techniek. b) resin geprint via SLA-technologie.



Onderschrift: Figuur 2: Oppervlaktekwaliteit van een substraat met primer en toplaag: a) PA12 materiaal geprint via SLS-techniek. b) resin geprint via SLA-technologie.

Hoewel de gemeten ruwheid zeer laag is, is onder bepaalde lichtinval de gelaagde structuur nog steeds zichtbaar. Om dit volledig te verwijderen is polijsten aangewezen. Interessant aan de toegepaste coating is dat deze veel makkelijker te polijsten is dan het basismateriaal zelf, wat resulteert in een aanzienlijk lagere ruwheid na een korte polijstbeurt dan bij het polijsten van het basismateriaal zelf.

Figuur 3 toont een testproduct met verschillende oppervlakfacetten waarop verschillende afwerkingen werden aangebracht. Op de linkerhelft van het object werd een top-coating voorzien zonder enige voorbehandeling na het printen (behalve reiniging). De rechterhelft kreeg een voorbehandeling met een primer, gevolgd door spraycoating van de topcoat. Het oppervlak van de zijkant is 5 min lang gepolijst nadat een primer was aangebracht en



▲
Figuur 3: a) Testproduct, deels voorzien van een primer coating en nabehandeling met resulterende ruwheidswaarden, b) close-up van het oppervlak van de zijkant (primer + polijsten + topcoat)

afgewerkt met een topcoat. Op dit oppervlak is geen lijnstructuur meer zichtbaar.

Voor producten die een complexe structuur hebben, kan een dompelcoating worden toegepast om de oppervlakteruwheid te elimineren. Figuur 4 toont een complex stuk zoals het geprint werd, na het aanbrengen van de primer coating en het finale onderdeel met een top-coating. Voor dompelcoatings is de dikte hoger dan voor spray-coating en wordt slechts één laag aangebracht.



FUNCTIONELE OPPERVLAKKEN

Om 3D-geprintte onderdelen als functioneel product te kunnen inzetten, moeten in vele gevallen de oppervlakte-eigenschappen aangepast worden. Net zoals met traditionele producten wordt hiervoor een specifieke coating toegepast. Voor 3D-geprintte stukken kan in sommige gevallen de primer reeds als finale coating dienen, afhankelijk van de toepassing van het product en de vereiste oppervlakte-eigen-



▲
Figuur 4: a) SLS-geprint stuk, b) primer coating elimineert de oppervlakteruwheid, c) finaal stuk met topcoat



▲ **Figuur 5: SLS-geprint brilmontuur afgewerkt via trillend slijpen en een primer om het oppervlak glad te maken. De eindlaag is een metallische PVD-coating.**

schappen. Een voorbeeld is de toepassing van een waterbestendige coating ter bescherming van het product tegen vocht. In dit geval kan een primer coating gekozen worden die de ruwheid elimineert, maar tegelijkertijd ook de poriën in het materiaal afsluit en waterafstotend is. Voor andere functionaliteiten kunnen coatings op eenzelfde manier aangebracht worden op de primer, zoals bij klassiek geproduceerde onderdelen vandaag het geval is. Figuur 5 toont een brilmontuur vervaardigd via SLS-printen. Het oppervlak werd glad gemaakt door een combinatie van trillend slijpen en met een dompelcoating als primer. Vervolgens werd de bril afgewerkt met een metallische Ti-coating, afgezet via PVD (physical vapour deposition). Alleen wanneer het oppervlak zeer glad is, zal de metallische PVD-coating de glans geven die men voor deze producten wil bereiken. Wie meer ideeën wil opdoen over de mogelijkheden van functionele oppervlakken, kan gratis een recent gepubliceerd e-book hierover opvragen.

CONCLUSIE

Zoals besproken bestaan er verschillende technieken om de ruwheid van 3D-geprinte werkstukken aan te pakken in de nabewerking. Wanneer gekeken wordt naar mechanische of chemische technieken, hangt de keuze af van stukcom-

plexiteit, materiaal, vereiste oppervlakte-eigenschappen en seriegrootte. Door gebruik te maken van primer coatings, zijn minder randvoorwaarden van toepassing. De coatings kunnen worden aangebracht op een breed gamma van materialen en producten, met een goede adhesie en in sommige gevallen zelfs de juiste oppervlakte-eigenschap tegelijkertijd met het wegwerken van de ruwheid.

<https://www.sirris.be/nl/het-potentieel-van-functionele-oppervlakken-nu-gebundeld-e-book>.

De beschreven resultaten werden behaald in het kader van een CORNET-project 'TCAM - Technical Coatings for Additive Manufacturing' (IWT.I50827) met financiële steun van VLAIO, DG06 en Aif.



Als collectief onderzoeks- en innovatiecentrum van de technologische industrie in België, helpen we, elk jaar, 1500 bedrijven om de juiste technologische keuzes te maken en bij het realiseren van hun innovatieprojecten. Onze 150 gepassioneerde experts werken concreet aan de business, de producten en de fabrieken van morgen, met als doel de succesvolle toekomst van de technologische industrie te verzekeren.

CONTACT

Sirris – Smart Coating Application Lab
Patrick Cosemans
Wetenschapspark 3
3590 Diepenbeek
M. +32 (0)498 91 94 63
E. patrick.cosemans@sirris.be
www.sirris.be