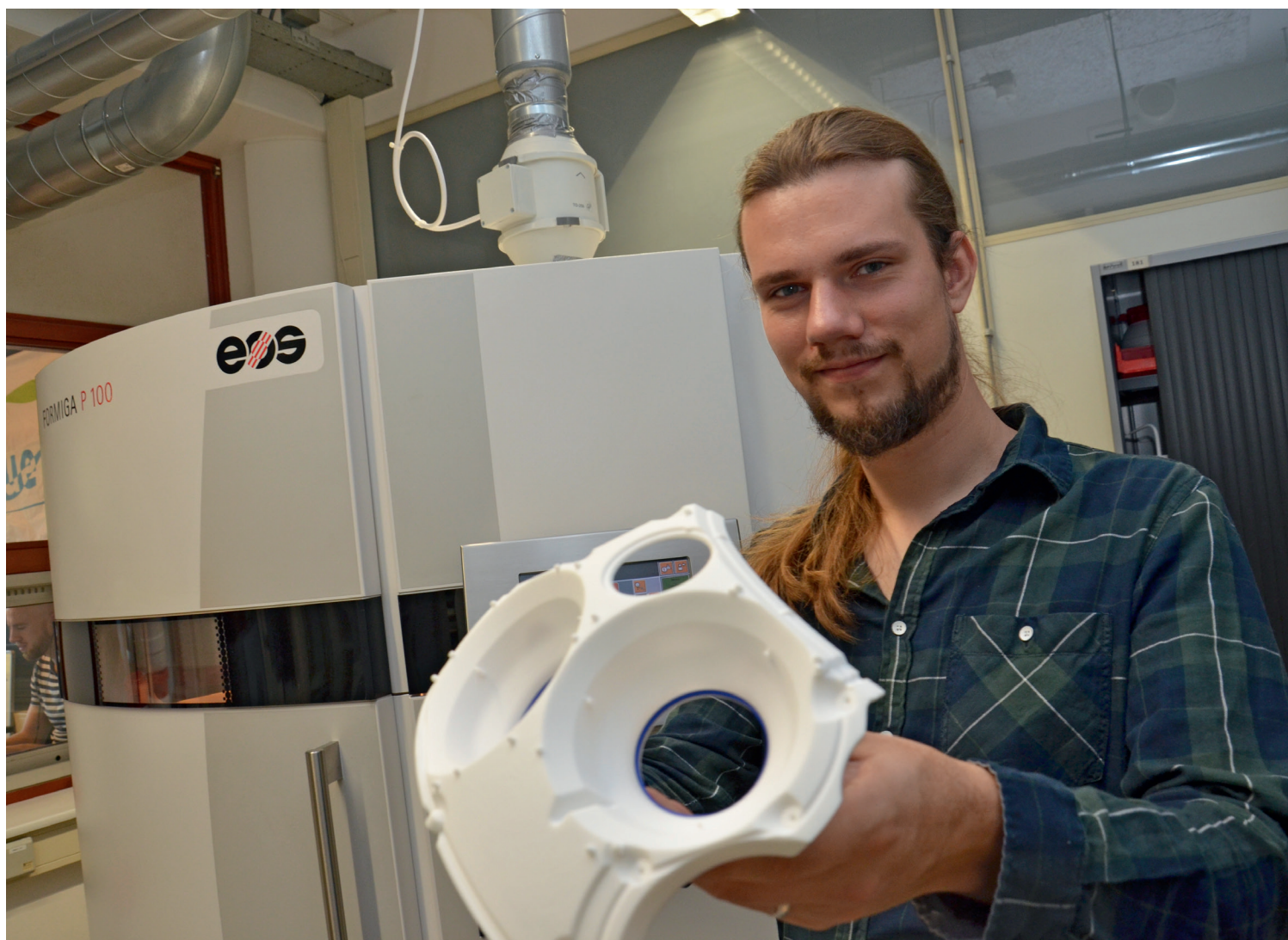


ONDERZOEK SLS-PRINTEN voor fabricage eindproducten

Bedrijven en Windesheim onderzochten eigenschappen van SLS-geprint PA12

Additive manufacturing of 3D-printen wordt bij steeds meer bedrijven toegepast en de meerwaarde voor met name (rapid) prototyping is bekend. Inmiddels is ook de fabricage van eindproducten via 3D-printing te overwegen en een techniek die hiervoor zeker in aanmerking komt, is het SLS-printen. Maar om deze techniek in de productie optimaal te kunnen inzetten, moest eerst een aantal vragen worden beantwoord, aldus onderzoeker Paul Dijkstra van Hogeschool Windesheim. Met bedrijven in de regio Zwolle deed hij onderzoek. "De conclusie is dat als je in het ontwerp met enkele materiaaleigenschappen rekening houdt, de voordelen van printen ook in de productie van hoogwaardige producten maximaal kunnen worden benut."



Paul Dijkstra : "Seriematige productie van hoogwaardige eindproducten is haalbaar." (foto: K&R)

De industriële SLS-printmethode biedt hoge nauwkeurigheid, hoogwaardige mechanische eigenschappen en een grote productiecapaciteit. Bij vervaardiging van kleine tot middelgrote productseries kan SLS-printen financieel interessant zijn want de aanloop naar productie is korter en goedkoper dan wanneer een matrijs nodig is. Ook kan worden bespaard op opslagkosten van matrijzen en op onderdelenvoorraden.

Materiaaleigenschappen

Onderzoeker Paul Dijkstra van Hogeschool Windesheim: "Om SLS-printen als productietechniek optimaal te kunnen inzetten, moesten we eerst een aantal vragen beantwoorden, namelijk welke complexiteit en oplage van het product lenen zich voor 3D-printen? Hoe verhouden de product- en materiaaleigenschappen zich ten opzichte van conventioneel vervaardigde kunststoffen? En wat zal het materiaalgedrag op lange termijn zijn?" Om deze kennis te ontwikkelen hebben enkele bedrijven in de regio Zwolle samen en het Lectoraat Kunststoftechnologie van Windesheim een onderzoek uitgevoerd naar de materiaaleigenschappen die worden behaald met SLS-geprint polyamide (PA12).

Poedervorm

Bij SLS-printen gebruikt men tot nu toe vooral de polyamide in poedervorm. In een verwarmde ruimte wordt een dunne laag (0,1 mm) poeder neergelegd, de ruimte wordt verwarmd tot vlak onder de smeltemperatuur van het polyamide waarna de laser het materiaal plaatselijk versmelt. Een nieuwe laag poeder wordt neergelegd en het proces herhaalt zich. Het niet-versmolten materiaal blijft in het poederbed en functio-

'PA12 in poedervorm liet zich niet voeden door de schroef van de spuitgietmachine. We hebben daarom honderdduizend granulaatkorrels gefabriceerd met de SLS-printer'

neert als supportmateriaal. Dijkstra: "Dit betekent ook dat je producten boven, onder, tussen en door elkaar heen kunt printen, zo lang je maar een kleine tussenruimte bewaart die het samensmelten voorkomt. Je kunt op deze manier bijvoorbeeld ook scharnieren als één product produceren."

Na het printen koelt het bouwvolume af en dat duurt ongeveer net zo lang als de procestijd. "Het grootste deel van de afkoeltijd kan buiten de machine plaatsvinden zodat de printer gewoon verder kan met produce-



ren van nieuwe onderdelen. Eenmaal afgekoeld, halen we de producten uit het poeder en zandstralen we ze. Het overgebleven poeder kunnen we gedeeltelijk of helemaal opnieuw inzetten in het printproces."

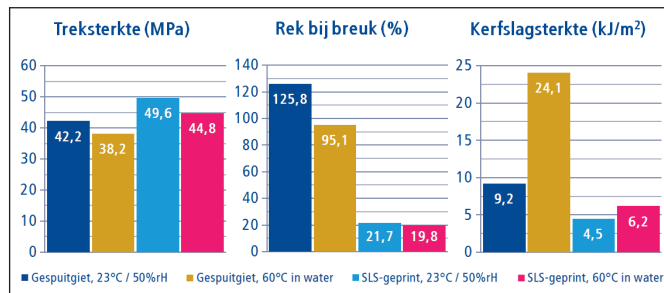
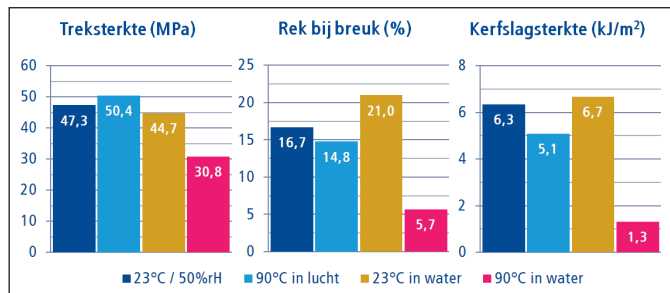
Overstap en herontwerpen

De aard van SLS-printen staat haaks op conventionele verwerking, aldus Dijkstra. "Voor het productontwerp gelden dus ook heel andere regels. Er is geen mal zoals bij spuitgieten en er is ook geen geprint ondersteuningsmateriaal zoals bij andere printtechnieken." Dus praktisch elke vorm van een product is denkbaar en deze vormvrijheid maakt het mogelijk alleen materiaal te plaatsen daar waar het ook strikt noodzakelijk is. De productie wordt goedkoper en het product wordt lichter. "Het formaat van het product heeft een sterk effect op de kosten dus het loont als je het ontwerp compact houdt."

De complexiteit van de vorm heeft daarentegen weer weinig effect op kosten dus door zoveel mogelijk functies in één onderdeel te verwerken zijn besparingen in de productie en de assemblage haalbaar. "Wanneer je voor bestaande producten of onderdelen de overstap naar 3D-printen overweegt, speelt het herontwerp een belangrijke rol."

Granulaat printen

Voor veel bedrijven die met kunststoffen werken, is spuitgieten een goed referentiepunt voor de mechanische eigenschappen die haalbaar zijn. Maar de productiemethode bij SLS-printen is heel anders. "We hebben daarom uitgezocht in welke opzichten de mechanische eigenschappen van PA12 verschillen ten opzichte van spuitgieten wanneer het materiaal wordt SLS-geprint. We hebben hiervoor polyamide 12 in poedervorm gebruikt maar dit materiaal liet zich door de poedervorm niet voeden door de schroef van een standaard spuitgietmachine. We hebben daarom honderdduizend granulaatkorrels uit dit poeder geprint omdat



exact we hetzelfde materiaal wilden hebben om eventuele verschillen van materiaalgrade of leverancier weg te nemen. Dit is misschien wel een beetje een ongewoon gebruik van de printer maar het bleek zeer effectief. Het geprinte granulaat was heel goed te verwerken.”

Mechanische eigenschappen

Volgens Dijkstra bleken de mechanische eigenschappen flink te verschillen. “PA12 bleek een hogere stijfheid en grotere treksterkte te hebben wanneer het wordt geprint, terwijl de rek bij breuk en kerfslagsterkte juist bij spuitgieten beduidend hoger zijn.” Overigens zijn de gemeten waarden van de eigenschappen voor het SLS-geprinte materiaal in goede overeenkomst met de datasheet van de fabrikant. Bij SLS-prints wordt de kamer niet gekoeld zoals bij een spuitgietmatrijs, de onderdelen worden juist langzaam afgekoeld. Dijkstra: “Omdat het materiaal bij SLS-prints veel langer warm blijft dan bij spuitgieten, kan het verder kristalliseren. Dat verklaart mogelijk de hogere waarden voor stijfheid en sterkte.” De lagere taaiheid van het SLS-geprinte materiaal kan veroorzaakt zijn door poriën in het materiaal en het ruwe oppervlak waardoor spanningsconcentraties in het materiaal ontstaan, redeneert Dijkstra. “Bovendien treedt er geen ketenoriëntatie op zoals bij spuitgieten gebeurt door de snelle injectie van het materiaal. Aan de hand van het onderzoek is duidelijk dat SLS-prints niet alleen vraagt om een ander ontwerp maar ook wezenlijk andere mechanische eigenschappen oplevert.”

Hoge temperaturen en vocht

In het dagelijks gebruik kunnen kunststoffen degraderen door omgevingsinvloeden en in sommige toepassingen kan dit bepalend zijn voor de levensduur. Dijkstra bestudeerde in het onderzoek verschillende invloeden op geprint PA12 zoals de blootstelling aan hoge temperaturen en het contact met vocht. “Voor 28 aaneengesloten dagen hebben we proefstukken uit dezelfde printjob blootgesteld aan verschillende omstandigheden van vochtigheid en temperatuur. Onderdompeling in water van kamertemperatuur en blootstelling aan droge, hete lucht bleek geringe invloed op de eigenschappen te hebben. Onderdompeling in heet water leverde wél grote verschillen op. De sterkte daalde en het materiaal werd bros, dit zijn allebei tekenen van degradatie.” De proeven zijn ook bij lagere watertemperatuur uitgevoerd waarbij een vergelijking is gemaakt met gespuitsgiet PA12 van hetzelfde type. Dijkstra: “De invloeden zijn minder sterk en wijzen niet eenduidig op degradatie. Ook is zichtbaar dat het materiaal bij beide productiemethoden een vergelijkbare respons geeft op de omstandigheden.” Dit resultaat duidt erop dat niet de verwerkingsmethode maar vooral de PA12-materiaaleigenschappen bepalend zijn bij het gebruik onder deze omstandigheden. “En onderzoek naar effect van ultraviolet licht en schoonmaakmiddelen ondersteunde de waarneming dat op SLS-geprint PA12 in principe een soortgelijke reactie op omgevingsinvloeden is te verwachten als op gespuitsgiet PA12.”

Voordelen maximaal

Voor prototyping is SLS-prints met PA12 een veel gebruikte productietechniek vanwege de hoge nauwkeurigheid, de grote vormvrijheid en de kostenbesparing bij kleine oplages ten opzichte van conventionele productiemethoden. Dijkstra: “Uit ons onderzoek bleek dat veel materiaaleigenschappen van SLS-geprint polyamide 12 vergelijkbaar zijn met die van gespuitsgiet polyamide 12. Enkele eigenschappen zijn wel anders maar als je hiermee rekening houdt in het ontwerp, kunnen de voordelen van SLS-prints ook voor productie van hoogwaardige eindproducten en machineonderdelen maximaal worden benut.”

<https://www.windesheim.nl/onderzoek/onderzoeksthemas/technologie/kunststoftechnologie/publicaties/>



Van SLS-geprint PA12-granulaat werden de teststaafjes gemaakt