

Deel II van de serie over de evolutie van Rapid Prototyping naar Rapid Manufacturing

Ontwikkeling Rapid Manufa bestrijkt de hele productiek

In het eerste deel van deze serie over de evolutie van Rapid Prototyping naar Rapid Manufacturing maakten we kennis met een aantal gangbare Rapid Prototyping-technieken en bespraken we welke van deze technieken in aanmerking komen om doorontwikkeld te worden naar volwaardige Rapid Manufacturing-technieken. Het begrip Rapid Manufacturing zelf kwam natuurlijk ter sprake, waarbij we lieten zien dat de productiesnelheid niet in de technieken zelf besloten ligt, maar in de totale productieketen. Het is een totaal andere manier van produceren, die het mogelijk maakt producten te vervaardigen die met conventionele methoden niet gemaakt hadden kunnen worden en het stelt ons in staat unieke, persoonlijke producten te vervaardigen. Daar zijn nu al praktijkvoorbeelden van, maar desondanks gaapt er nog een behoorlijk gat tussen de huidige stand van de ontwikkeling en grootschalige Rapid Manufacturing.

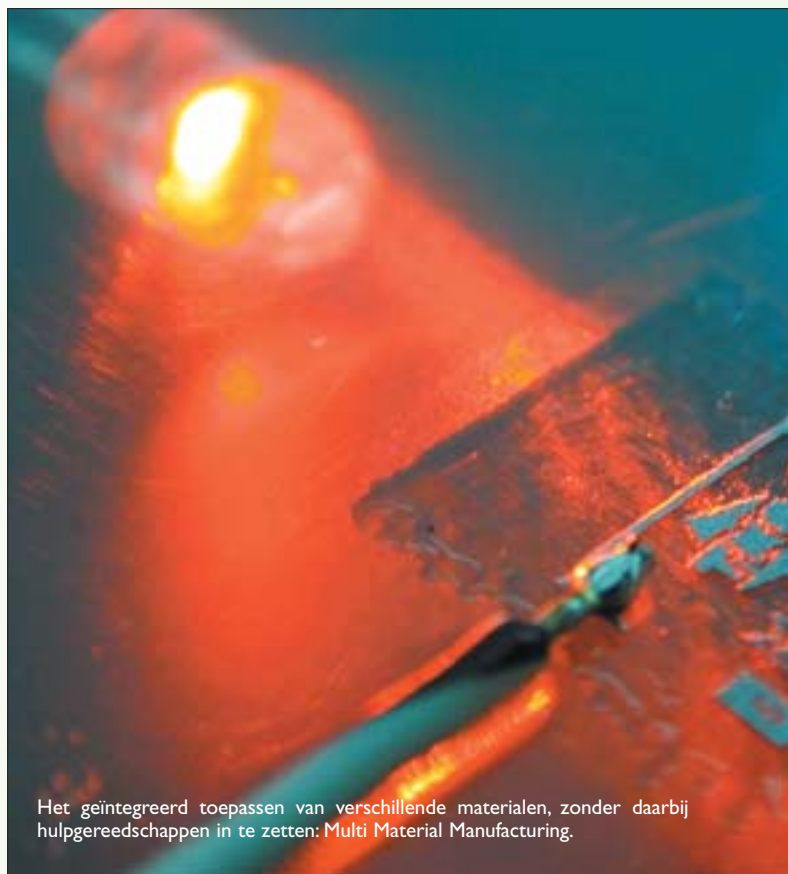
In dit deel kijken we naar het grijze gebied tussen Rapid Prototyping en Rapid Manufacturing en naar het maken van persoonlijke producten. Wat is er voor nodig om Rapid Manufacturing op grote schaal mogelijk te maken? En hoe wordt daar — ook in Europees verband — aan gewerkt?

Massa-individualisatie

Rapid Manufacturing is een-

voudig gesteld het omgekeerde van massaproductie. Bij massaproductie worden seriëmatig steeds dezelfde producten vervaardigd, voor een doelgroep die uit tal van individuen bestaat. Dit stelt ons in staat producten betaalbaar te houden, omdat het product slechts één keer ontworpen, getest en gevalideerd moet worden. Er is maar één type verpakking voor nodig en leveranciers hoeven eigenlijk alleen maar naar de aantallen in hun voorraden te kijken. Aanpassingen op het individu blijven meestal beperkt tot kleurstelling en grove maten als S, M, L, en XL. Door de variëteit te beperken, blijft het product betaalbaar.

De automobiellindustrie bijvoorbeeld gaat al een stapje verder. Naast tal van kleuropties en een redelijke variëteit aan modellen binnen dezelfde serie (Sedans, Hatchbacks, Stationwagens en Cabrioletten) zijn er nog veel meer mogelijkheden om de auto aan



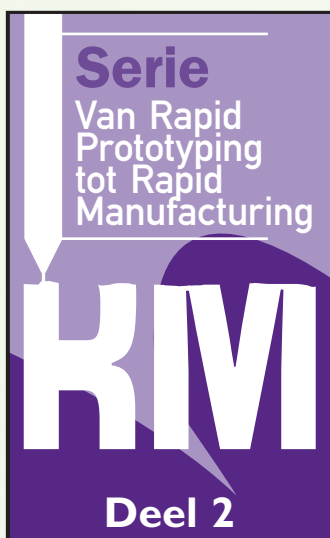
Het geïntegreerd toepassen van verschillende materialen, zonder daarbij hulpgereedschappen in te zetten: Multi Material Manufacturing.

de wensen van de eindgebruiker aan te passen. Denk maar eens aan de uitgebreide optiepakketten die voor bijna alle modellen leverbaar zijn. Is dat dan Rapid Manufacturing? Het antwoord moet nee zijn. Bij de enorme productie-aantallen die in de automobiellindustrie omgaan is er eigenlijk sprake van een parallelle serieproductie, waarin de wensen van individuele opdrachtgevers worden gecombineerd met de voordelen van serieproductie. Tot op zekere hoogte wel te verstaan, want niet veel fabrikanten zullen een bestuurdersstoel kunnen leveren die exact passend voor de rug van de eindge-

bruiker is gemaakt. Maar het geeft wel aan dat ook fabrikanten van massaproducten de wenselijkheid van op het individu toegesneden producten erkennen. We spreken hier in feite van massa-individualisatie. De consument individualiseert: hij wil verzekeringen, vakanties, arbeidsvoorwaarden en uiteindelijk ook gebruiksproducten op maat.

Customised Manufacturing

Een ander voorbeeld. Een motorhelm van een bepaald merk is bijvoorbeeld leverbaar in vier verschillende types, elk in zes verschillende confectiematen, met acht verschillende kleurstellingen.



cturing eten



Verder zijn vier verschillende kleuren vizieren beschikbaar. Keus genoeg op het eerste gezicht: in dit geval uit meer dan zevenhonderd varianten. Toch zal een professionele motorcoureur geen helm rechtstreeks uit het schap dragen. Zijn helm zal door de fabrikant exact aangepast worden aan de contouren van zijn hoofd. Bovendien zal de beschrijving meestal aangepast zijn aan de kleuren van het team en de sponsors. En daarmee introduceren we nog een term: Customised (ook wel: Personalized) Manufacturing.

Met Customised Manufacturing duiden we dus produc-

ten aan die volledig toegesneden zijn op één enkel individu. Met exacte specificaties voor bijna alle onderdelen van het product. Bijna alle, want het is niet zonder meer verstandig alle componenten persoonlijk te maken. Teruggrijpend naar het voorbeeld met de helm zou het onverstandig zijn de helmsluiting af te laten wijken van het normale sluitmechanisme. Het zou tot verwarring kunnen leiden wanneer hulpverleners de helm zouden moeten openen, het leidt tot onnodige (ontwikkelings)kosten en de sluiting zou een apart certificatieproces moeten doorlopen.

Bij het geschetste voorbeeld van de aangepaste helm is eigenlijk sprake van een prototype. Het gaat om slechts enkele stuks, die bovendien met de hand aangepast worden. Rapid Manufacturing gaat nóg een stap verder: producten die echt klantspecifiek gemaakt kunnen worden.

Door producten en diensten op maat aan te bieden aan consumenten die als individu willen worden gezien, kan een alternatief worden geboden voor goedkope massaproducten. De keten draait om: er is sprake van aansturing vanuit de vraag in plaats vanuit het aanbod. De consument is niet langer een anoniem onderdeel van een massamarkt, maar kan voor een persoonlijk product met bijna onbeperkte mogelijkheden kiezen.

Het grijze gebied

Het zou dus prachtig zijn wanneer we erin slagen Rapid Manufacturing-producten op grote schaal aan te bieden. Producten produceren — direct vanuit een 3D CAD bestand, zonder tooling — die meteen als eindproduct ingezet kunnen worden, maar wel zodanig dat dit ook economisch haalbaar is. We scannen uw hoofd in, u gaat een boodschapje doen en wanneer u terugkomt, is uw nieuwe persoonlijke helm klaar. Just-in-Time. Een exact passende gebitsprothese? Klaar terwijl u wacht.



Het concept van multi-material: laagsgewijze opbouw met meerdere materialen.

We zagen in het eerste deel van deze serie al dat de keten heel anders is en in zekere zin ook veel korter. Voor specialistische producten zoals prothesen is dat prima, maar voor veel andere toepassingen zijn de productieprocessen zelf toch nog te traag om echt economisch genoemd te kunnen worden. De huidige Rapid Prototyping-machines zijn eenvoudigweg niet snel genoeg. De materiaalkeuzen zijn beperkt, zeker ten opzichte van het aanbod aan materialen dat bijvoorbeeld voor spuitgieten beschikbaar is. Problemen ten aanzien van onder andere de sterkte en na-

bewerking kunnen hiervan het gevolg zijn. Ook zijn de uitvalpercentages nog te hoog: voor Selective Laser Sintering (SLS), Stereolithografie (SLA) en Fused Deposit Modeling (FDM) is dit ongeveer vijf tot tien procent.

Een gevolg van een heel andere orde is de omslag die engineers moeten maken. Zij krijgen oneindige ontwerpvrijheden aangezien ze geen rekening meer hoeven te houden met beperkingen van de productiemethode. Verder zijn er nog tal van issues op het gebied van certificatie en

het testen van dergelijke eenmalige producten. Ook op verpakkingsgebied en in logistieke zin moeten nog veel horden worden genomen.

Het Custom-Fit project

Gelukkig onderkent de Europese Unie het potentieel van Rapid Manufacturing en met hen een aantal innovatieve bedrijven en instellingen. Zij participeren in het Custom-Fit project, een Europees 'Sixth Framework'-programma waarin ook Nederlandse en Belgische bedrijven en instellingen een belangrijke bijdrage leveren. Doel van het onderzoeksprogramma is te

Ketenstappen uitgesloten

Een Duits bedrijf uit de medische sector maakt bloedanalysesystemen. Hiervoor wordt een container gebruikt waarin een centrifuge zit. In het oude ontwerp was die samengesteld uit dertig spuitgiete componenten. Dat betekent dus dertig spuitgietmatrijzen maken, dertig spuitingen maken en die allemaal weer assembleren. Dat centrale component is opnieuw ontworpen, maar nu gebruikmakend van Rapid Prototyping-technieken. Alle dertig componenten zijn nu geïntegreerd in één component. Niet alleen dertig spuitgietmatrijzen worden uitgespaard, ook de kostbare assemblage kan achterwege blijven. Een mooi voorbeeld van Rapid Manufacturing!

komen tot een volledig geïntegreerd systeem voor het ontwerp, de productie en de levering van geïndividualiseerde producten. Met 32 partners uit twaalf Europese landen en een budget van 16 miljoen euro is het één van de grootste Europese onderzoeksprojecten op dit gebied. De Nederlandse vertegenwoordiging bestaat uit TNO, ingenieursbureau BPO, DSM, Berenschot en AZM. De Belgische deelnemer is Materialise uit Leuven. In de adviesgroep zijn ook organisaties als ESA, TUE, CI3 en Onno Lint Holding vertegenwoordigd.

Het Custom-Fit project richt zich dus op de invulling van het eerder geschetste grijze gebied tussen Rapid Prototyping en Rapid Manufacturing. Daarin speelt de ontwikkeling van apparatuur die specifiek geschikt is voor Rapid Manufacturing een belangrijke rol. De huidige Rapid Prototyping-technieken zijn immers nooit ontworpen voor Rapid Manufacturing, maar veeleer voor het — zonder tooling — vervaardigen van prototypen. Anton Gerrits, senior projectmanager bij TNO Industrie & Techniek: 'Wie zegt dat Rapid Manufacturing nog niet bestaat, heeft in feite gelijk. Sommigen zullen dit bestrijden en zullen stellen dat ze nu al eindproducten maken middels de huidige layer manufacturing-technieken (zoals



Proefopstelling bij TNO voor het 'jetten' van polymeren.

SLS, FDM en SLA). Maar dit zijn prototypingprocessen. Ze worden soms gebruikt als Rapid Manufacturing, maar dan betreft het dikwijls producten waarbij minder hoge eisen aan het materiaal worden gesteld of waaraan nog nabewerkingen plaatsvinden. Men moet zich realiseren dat die gemaakt worden met Rapid Prototypingmachines. Die worden nu wel op allerlei aspecten, zoals materiaal, verbeterd. Maar door de basisprincipes van die prototyping-

machines komen ze niet uit de sfeer van de prototyping. Het wordt hoogstens "RP-plus". Maar aspecten zoals tijd en materiaalbeperkingen zitten nu eenmaal in die technieken vastgebakken. Dat moet je echt rigoreus anders gaan benaderen.'

Ontwikkeling van de hele RM-keten

Binnen de scope van het Custom-Fit project valt ook de ontwikkeling van de hele Rapid Manufacturing-keten.

Logisch, want het gaat immers om het realiseren van een compleet nieuwe productieketen. Met de eindgebruiker als uitgangspunt, zullen alle stappen in deze keten verder ontwikkeld moeten worden. Zo wordt gewerkt aan een systeem om de interactie met die eindgebruiker zo efficiënt mogelijk te vertalen naar een productspecificatie. Er zullen nieuwe ontwerpmethoden moeten worden ontwikkeld, met inbegrip van de toepassing van materialen waarvan sommige op dit moment nog niet eens bestaan. Producten zullen middels simulatietechnieken non-destructief getest moeten kunnen worden op ergonomie, functie, mechanische sterkte, veiligheid enzovoort.

Vanzelfsprekend zullen nieuwe fabricagesystemen ontwikkeld moeten worden en zullen parallel daaraan ook de materialen mee moeten evolueren. Dat is een proces dat geleidelijk verloopt. Immers, materiaalleveranciers zullen pas echt specifiek materiaal gaan ontwikkelen als de techniek zelf verder doorontwikkeld is, maar tegelijkertijd wordt de ontwikkeling afgeremd doordat nog onvoldoende specifiek geschikte materialen voorhanden zijn. De ontwerpparameters zullen fors veranderen, met gevolgen voor de ontwerpers en hun gereedschap: de software. Ook dat aspect wordt binnen het Custom-Fit project verder uitgewerkt.

De acceptatie van de technologie begint bij de ontwerper, maar die acceptatie kan versterkt en versneld worden als de vraag van buitenaf toeneemt. Studies bij vliegtuigfabrikant Boeing tonen aan dat er maar liefst 50.000 componenten in een vliegtuig zitten die — om economische redenen — eigenlijk beter via

Lego zoekt heil in massa-individualisatie

De Noord-Amerikaanse tak van speelgoedfabrikant Lego is onlangs begonnen met een nieuwe marketingaanpak, die de consument centraal stelt. In de Legofabriek in Connecticut liggen lego-onderdelen gesorteerd te wachten op een klant die een bouwplan voorlegt aan een medewerker van het bedrijf en precies die zakjes stenen meekrijgt die voor zijn project nodig zijn. Met behulp van gratis te downloaden software van Lego kan een eigen creatie worden gemaakt. Het programma houdt bij hoeveel en welke stenen nodig zijn en stuurt de order naar de fabriek. Medewerkers verpakken de benodigde standaardzakjes met onderdelen in dozen en versturen die — compleet met bouw-instructies — naar de klant. De software is heel populair gebleken. Er zijn ingewikkelde orders binnengekomen, zoals die voor de Deense parlamentsgebouwen en voor de onmogelijke constructies van M.C. Escher. Middels deze vorm van massa-individualisatie zijn al meer dan 77.000 verschillende modellen gemaakt. De nieuwe aanpak moet Lego flinke logistieke besparingen opleveren en 10 procent van de online verkoop gaan uitmaken. Het bedrijf leed in 2004 nog een verlies van 310 miljoen dollar op een omzet van 1,1 miljard.



Rapid Prototyping-technieken gemaakt kunnen worden.

Multi Material Manufacturing

Tot dusver hebben we ons beperkt tot de fabricage — zonder assemblage — van producten uit een enkele materiaalsoort, middels een laagjestechiek. Met die bestaande technieken zouden componenten die uit verschillende materiaalsoorten bestaan, alsnog achteraf geassembleerd moeten worden. TNO Industrie & Techniek heeft echter uitgebreid onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor Multi Material Manufacturing. Hieronder wordt verstaan het geïntegreerd toepassen van verschillende materialen, zonder daarbij hulpgereedschappen in te zetten. Denk bijvoorbeeld aan de combinatie van een geleidend en een niet-geleidend materiaal of aan een samengaan van een flexibel en een niet-flexibel materiaal.

Om dit te realiseren gingen de onderzoekers van TNO uit van de bestaande inkjet-technologie. De bij TNO ontwikkelde machine is in staat om in plaats van inkt polymeren te 'jetten'. Net als bij een kleureninkjet-printer die verschillende kleuren kan spuiten, is dit apparaat in staat verschillende soorten polymeer met een hoge nauwkeurigheid op een productieplatform te deponeren. Daarbij worden de druppels polymeer uit een straal getrokken. Dit is mogelijk doordat het polymeer zodanig is aangepast, dat er een elektrische lading aan kan worden meegegeven. Hierdoor wordt het mogelijk de druppels als het ware te besturen of liever nog, uit de straal af te buigen. De niet gebruikte druppels worden opgevangen en opnieuw in circulatie gebracht. De onderzoekers in Eindhoven zijn er zelfs al in geslaagd soldeer-jetting in dit



Met het 3D printstelsel van TNO worden materiaaldruppels met een afmeting van 80 micron gecreëerd.

nieuwe polymeer-printstelsel te integreren. Het onderzoek is in een dermate gevorderd stadium, dat TNO al actief op zoek is naar partijen die geïnteresseerd zijn om samen met hen op basis van dit stelsel nieuwe producten te ontwikkelen of om een dergelijk printstelsel op de markt te brengen.



Exact passende gebitsprothesen: een fraai voorbeeld van Customised Manufacturing. Voor het Belgische Materialise is dit nu al alledaagse kost. Het plaatje met de metalen inserts is de boormal voor de tandarts.

De paradox van keuzen

Bij dit alles moeten toch vraagtekens worden gezet bij de wenselijkheid van zo veel keuzemogelijkheden. Althans, voor de consument. In de topsport, waar extremen gelden, zijn andere regels van toepassing. Een toptennisser bijvoorbeeld kan specificeren hoe zijn racket gebouwd moet worden. Hoe groot en van welke vorm het frame moet zijn, uit welk materiaal, waar de balans moet liggen, welk soort spanning en met welke spankracht, de vorm van het handvat enzovoort.

Dat is knap, maar het is dan ook zijn of haar vak. Wanneer we de consument met dit soort keuzen gaan overladen, ontstaat een probleem.

Ter illustratie kijken we eens naar een consument die een tennisracket gaat kopen, maar nu in een tijdperk waarin volledige ontwerp-vrijheid — Rapid Manufacturing — mogelijk is. We stappen in het jaar 2015 een sportzaak binnen. Een schap met confectierackets, maar die zoeken we niet. Gelukkig kan deze zaak middels Rapid Manufacturing geproduceerde rackets leveren. Die zijn uiteraard niet op voorraad, dus de verkoper vraagt de klant aan te geven wat hij zoekt.

Een lastige vraag, want het houdt in dat de klant het racket helemaal moet gaan specificeren. Dat gaat niet of in onvoldoende mate lukken, want het is niet zijn vak en hij staat niet tien uur per dag met een racket in zijn handen. De kans dat hij een beter racket specificeert dan in het vaak brede standaardassortiment beschikbaar is, mag klein genoemd worden.

Het overladen met keuzen is trouwens nu al een probleem. Dertig verschillende soorten vla in de supermarkt, meer dan zevenhonderd uitvoeringen van helmen binnen nog maar één merk, een overdaad aan keuze van automerken en -modellen, in verschillende uitvoeringen. Wie neemt of heeft nog de tijd om al die keuzen af te wegen? Het resultaat is vaak onbevredigend. Omdat het niet lukt alles te bekijken en af te wegen, resteert na aankoop het onbehagelijke gevoel dat waarschijnlijk niet de meest optimale keus gemaakt is. Persoonlijke producten zijn dus lang niet altijd de beste keus en alleen al om die reden zal het massaproductie nooit verdringen. Maar voor voldoende andere producten — denk bijvoorbeeld maar aan prothesen — is het duidelijk wel de beste optie.

Volgende aflevering

In het derde en laatste deel van deze serie laten we Alfard Jansen, projectmanager bij het Delftse ingenieursbureau BPO aan het woord. Als partner in het Custom-Fit project heeft BPO de rol om unieke producten al in het ontwerpstadium geautomatiseerd te optimaliseren, te valideren en te testen en hiervoor methoden te beschrijven. Dat heeft nogal wat voeten in de aarde, voor aspecten als verpakkingen, garantie, certificatie en productaansprakelijkheid. Daarnaast moeten ontwerpers een radicale omslag in hun denken maken, om de specifieke voordelen van Rapid Manufacturing werkelijk te kunnen gaan benutten. ■

Deze serie kwam tot stand dankzij de enthousiaste medewerking van Bart van der Schueren en Griet van Wesemael van Rapid Prototyping-specialist Materialise (Leuven, België), Anton Gerrits en Johan de Kievit (beiden TNO Industrie & Techniek) en Alfard Jansen, projectmanager bij het Delftse ingenieursbureau BPO.