

Rapid Fabrication van tandtechnische elementen

Binnen een half uur behandeltijd een tandtechnisch element aanmeten en aanbrengen, dat is de droom van elke tandarts (en patiënt). Anno 2004 heeft TNO Industrie en Techniek deze droom al voor een groot deel werkelijkheid laten worden: op efficiënte wijze worden tandtechnische half-fabrikaten van hoge kwaliteit geproduceerd. Er ligt nog meer technologische innovatie in het verschiet, waarmee de dentale branche haar voordeel kan doen.

De razendsnelle technologische ontwikkelingen bieden ondernemers vele mogelijkheden, maar het ontbreekt hen vaak aan kennis, ervaring en/of middelen om hun droom te verwezenlijken. TNO daarentegen is gespecialiseerd in praktijkgericht onderzoek. In specifieke gevallen kan TNO dankzij de cofinancieringsregeling van het ministerie van Economische Zaken samen met ondernemers tegen sterk gereduceerde tarieven innovatieve oplossingsrichtingen onderzoeken, uitwerken en implementeren. Sinds 1999, toen een ondernemer met zijn toekomstvisie bij TNO aanklopte, is er dan ook breed onderzoek verricht naar innovatieve technieken en materialen voor de rapid fabrication van tandtechnische elementen van industriële kwaliteit tegen een commercieel interessant tarief. Het ultieme doel werd geformuleerd als het 3D printen van tandtechnische elementen, omdat deze printtechniek maximaal flexibel is. Bij 3D printing worden producten laagsgewijs opgebouwd doordat minuscule materiaaldruppels op de juiste plaats worden gedeponeerd. Door in de aansturende datafile te definiëren welk type materiaal op welke plaats moet komen, kan een product plaatselijk specifieke eigenschappen worden



meegegeven. We hebben het dan over Multi Material Manufacturing (MMM).

Het hele traject wordt onder de loep genomen: van patiënt met de door de tandarts afgeslepen tandstomp(en) tot en met het aanleveren van het dentale element (kroon, brug of inlay). De onderzoeksactiviteiten richtten zich op drie deelgebieden:

- 1 materiaal
- 2 data verzamelen, overdragen en bewerken
- 3 productieproces

Materiaal

Aan tandtechnische elementen worden hoge eisen gesteld: mechanisch, chemisch, esthetisch en medisch. Van buiten moeten elementen duurzaam, translucient en goed van kleur zijn. Van binnen moeten ze ductiel zijn om de grote kauwkrachten te kunnen opvangen en materiaalmoetheid te voorkomen. Ook moeten ze zonder proble-

men in de menselijke mond kunnen worden toegepast. Daarnaast moet het materiaal zo te verwerken zijn, dat het een nauwkeurig eindproduct oplevert dat weinig tot geen nabewerking behoeft. Samen met ACTA is er een pakket met mechanische en chemische materiaaleisen opgesteld en zijn de beproevingsmethodieken (ook op levensduur) ontwikkeld.

Er is een analyse gemaakt van voor 3D printing geschikte materialen die voldoen aan het eisenpakket. Hierbij gaat het zowel om bestaande materialen als om materialen die TNO zelf heeft ontwikkeld. Om deze materialen op geschiktheid te kunnen beoordelen is een proefopstelling gebouwd waarmee de verwerkbaarheid en resultaten van de verschillende materialen geanalyseerd kunnen worden. In eerste instantie richtte het onderzoek zich op de toepassingsmogelijkheden van hooggepulve polymeer composietmaterialen. De huidige polymeer materialen zijn echter nog niet geschikt voor dentale toepassing zoals kronen, omdat met name hun slijtvastheid, hardheid en chemische bestendigheid nog niet helemaal aan de strenge eisen voldoen. Daarom is er parallel een onderzoek gestart naar de verwerkingsmogelijkheden van ZrO₂, zirconiumdioxide, een zeer sterke en harde keramieksoort die wel geschikt is voor dentale toepassing.

Data

Het Rapid Fabrication proces begint bij het scannen van de tandstomp, daarna is het een kwestie van de scaninformatie omzetten in een digitale productgeometrie waarmee de productiemachine aangestuurd kan worden. Tot slot moet het product een kwaliteitscontrole ondergaan.

Er zijn verschillende scanmethoden onderzocht, waarbij er zowel binnen als buiten de mond werd gescand. De methoden zijn onder meer beoordeeld op nauwkeurigheid en mensvriendelijkheid. Omdat het scannen in de mond nog niet aan de nauwkeurigheidscriteria voldoet, wordt voorlopig nog de 'ouderwetse' gipsafdruk gescand. Onder andere voor het 3D printproces is een softwarepakket ontwikkeld:

Innerspace®. Hiermee kunnen op relatief eenvoudige wijze de materiaaleigenschappen en -verdelingen worden gedefinieerd in een CAD-model. Dit geavanceerde softwarepakket is zijn tijd echter ver vooruit,

want er bestaan nog geen 3D printers die MMM beheersen.

Rapid Fabrication is alleen mogelijk wanneer CAD/CAM-kennissystemen het proces ondersteunen. Daarom heeft TNO een dentaal kennissysteem ontwikkeld waarin veel informatie is opgeslagen die bij de traditionele modellering van de steunstructuur door de tandtechnicus wordt ingebracht.

Productieproces

Het onderzoek naar en de ontwikkeling van productieprocessen vinden altijd in samenhang met het materiaalonderzoek plaats. Er is zowel gekeken naar het 3D printen van verschillende polymeren als van keramiekpoeder. De polymeren worden druppelsgewijs op het productieplatform aangebracht conform de digitale productgeometrie. Van het keramiekpoeder wordt steeds een complete laag gelegd, waarna er lijm volgens de digitale productgeometrie wordt aangebracht. Na afloop wordt het niet-verlijmd poeder verwijderd.

Bij de polymeren was het belangrijkste aandachtspunt de vulgraad in combinatie met de verwerkbaarheid. De vulgraad bepaalt namelijk in hoge mate de slijtvastheid en de mechanische sterkte. Het poederprinten bleek qua productieproces wel te voldoen, maar de chemische stabiliteit van het eindproduct was niet goed genoeg.

Bij het frezen van keramiek lag het accent op het versnellen van het proces met minimaal behoud van de nauwkeurigheid en kwaliteit. Oplossingen zijn gezocht en gevonden in de optimalisatie van de data-verwerking in samenhang met een slimme CAD/CAM-koppeling.

Een eerste tussenstap

Gaandeweg dergelijk diepgravend onderzoek wordt steeds gekeken welke ontwikkelingen zich lenen om op korte termijn vertaald te worden naar een werkbaar productieproces. Hoewel er al forse vooruitgang is geboekt, blijft het 3D printen van polymeren nog even toekomstmuziek. Wel is er na vijf jaar al zo'n vooruitgang geboekt op het terrein van keramiek frezen, dat er op basis van een gescande tandstomp automatisch een op de individuele patiënt afgestemd halffabriekaat van industriële kwaliteit kan worden gefreesd.

Het gaat hierbij om halffabrikaten, waarop later een afwerkingslaag moet worden aangebracht. Gesinterd keramiek is echter moeilijk te bewerken. Daarom is uiteindelijk gekozen voor het frezen van halfgesinterd keramiek, dat minder slijtage van freesgereedschap veroorzaakt en sneller te bewerken valt. Belangrijk aandachtspunt was het ondervangen van de veranderingen in de oppervlaktestructuur die de freesbewerking teweeg brengt. Het ontwikkelde kennisstelsel zorgt ervoor dat semi-automatisch een halffabrikaat van bijvoorbeeld een kroon of brug kan worden gemodelleerd. Hierbij wordt met zeer veel tandtechnische parameters rekening gehouden. De meest 'zichtbare' zijn echter de porseleinlaag die er nog op wordt aangebracht en de cementlaag waarmee het tandtechnische element op de tandstomp wordt bevestigd.

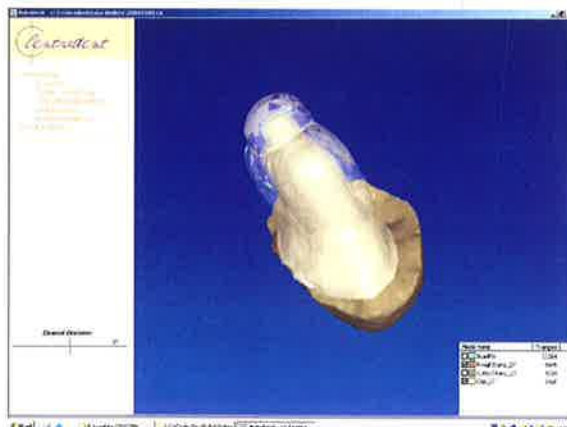
Bij traditionele productie moet er voor een complexe kroon zo'n twee weken worden uitgetrokken. Het nieuwe proces heeft een doorlooptijd van maximaal 4 werkdagen bestaat uit de volgende stappen:



Stap 1: Tandtechnische laboratoria scannen de tandstomp.



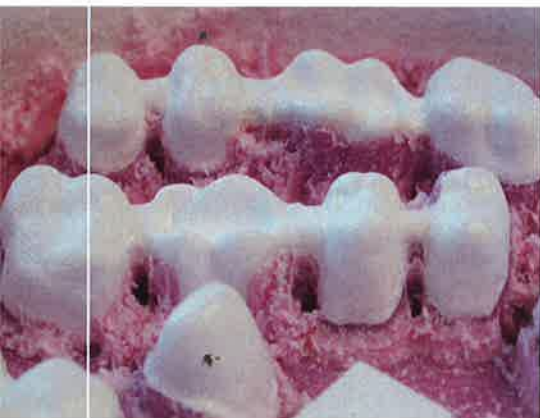
Stap 2: De scaninformatie – een puntenwolk – wordt via internet doorgestuurd naar Centradent.



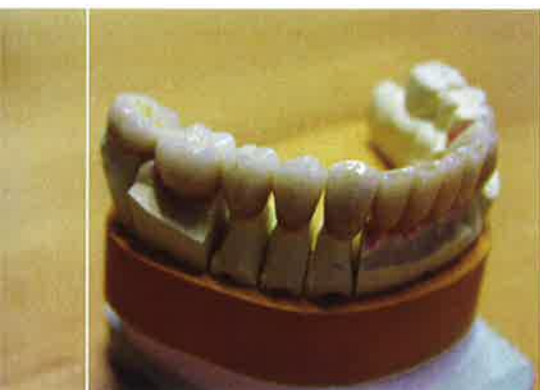
Stap 3: Het kennisstelsel vertaalt de puntenwolk naar een productgeometrie op basis waarvan uiteindelijk freesbanen gegenereerd kunnen worden.



Stap 4: De freesmachine freest gelijktijdig een aantal producten uit een plak keramiek met een nauwkeurigheid van 0,015mm.



Stap 5: Na het frezen worden de producten schoongemaakt en gesinterd.



Deze inmiddels commerciële activiteiten zijn in het bedrijf CentraDent® ondergebracht, dat gevestigd is in het gebouw van TNO Industrie en Techniek te Eindhoven. Om de kosten te drukken is gekozen voor een seriematige aanpak voor klantspecifieke producten. De onderzoeksresultaten en lopende onderzoeken bieden evenwel volop basis voor nog meer innovatie op weg naar het ultieme doel, die TNO graag samen met andere ondernemers ontwikkelt.

Stap 6: Het halffabrikaat wordt verzonden naar het tandtechnisch laboratorium dat het voorziet van een porseleinaag op kleur. Daarna wordt het afgeleverd bij de tandarts, die het tandtechnische element in de mond van de patiënt plaatst.

Informatie:

TNO Industrie & Techniek
Business Unit Design & Manufacturing

Contactpersoon
Johan de Kievit
T 040 265 04 13
E johan.dekievit@tno.nl

Bezoekadres
De Rondom 1
5612 AP Eindhoven

Postadres
Postbus 6235
5600 HE Eindhoven

www.tno.nl