

Ooit aan keramische aandrijvingen gedacht?

[tekst] Ad Spijkers [foto's] Formatec

Technisch keramiek heeft nog altijd de naam dat het duur, bros en lastig te verwerken is en niet geschikt voor het overbrengen van krachten. Uiteraard heeft het materiaal zijn beperkingen, maar mits goed ontworpen en geproduceerd zijn overbrengingen uit deze materiaal soort duurzaam, wrijvingsarm en sterk. Formatec in Goirle schuwt complexe technische producten uit technisch keramiek niet. De kracht van het bedrijf zit in zijn vermogen om een idee of tekening van een klant te vertalen naar een kant-en-klaar technisch product, oplossing of toepassing.



Formatec is gespecialiseerd in het spuitgieten van keramiek, het zogeheten Ceramic Injection Moulding (CIM). Deze techniek is verwant aan Metal Injection Moulding (MIM), dat qua marktvolume echter veel groter is. Het komt er bij beide technieken op neer dat een mengsel van metaal dan wel keramiekpoeder met een polymeer bindmiddel onder hoge druk en tempera-

Iets duurder maar veel duurzamer

tuur in een matrijs wordt gespoten en daar zijn vorm krijgt. Na afkoelen wordt het kunststof uitgespoeld of uitgestookt en het resterende product gesinterd tot zijn definitieve vorm. Deze stap wordt 'debinden' genoemd. Formatec maakt hoofdzakelijk gebruik van een polymeer (Catamold) van

BASF, dat gezien zijn samenstelling na het spuitgieten met behulp van salpeterzuur uit het product wordt verwijderd.

Geschiedenis en ontwikkeling

De Goirlese onderneming is voortgekomen uit een bedrijf op hetzelfde industrieterrein dat kunststof spuitgietproducten maakt, een verwante techniek dus. De eigenaar voorzag een moeilijke markt en ging op zoek naar aanvullende markten. Op een symposium van de TU Delft kwam hij in contact met technisch keramiek. Hij verdiepte zich daar verder in en besloot activiteiten op dit gebied in een aparte onderneming onder te brengen, Formatec geheten.

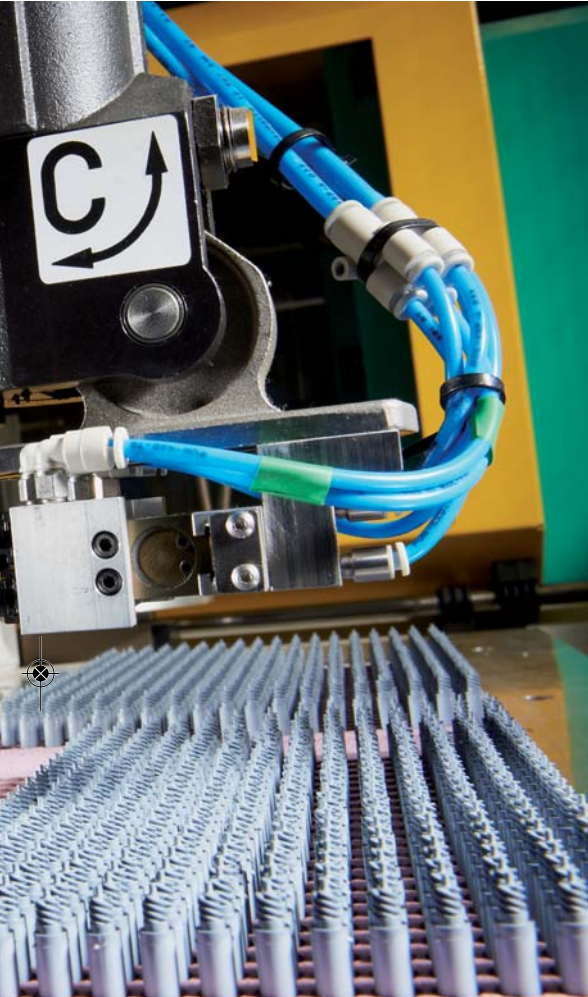
De eerste vier jaar hield het bedrijf zich alleen bezig met onderzoek naar materialen, technieken en markten. Het ging daarbij om het maken van prototypes en

haalbaarheidsstudies, maar ook processtudies voor een aantal bedrijven, waaronder Philips. In 2001 werd begonnen met de feitelijke productie van producten voor technische toepassingen. Tot die eerste producten behoorden nozzles voor Senseo-apparaten, tandwielpompen voor de verfindustrie en plunjerpompen (dispensers) voor verfmengers in bouwmarkten. De oprichter en oorspronkelijke eigenaar heeft het bedrijf in 2002 verkocht, maar is als adviseur nog wel aan het bedrijf verbonden.

In datzelfde jaar kwam een kentering in het productenpallet toen Nokia aanklopte voor een niet-technische toepassing. Onder de naam van dochter Vertu brengt dit merk een lijn mobiele telefoons voor het topsegment op de markt. De € 8.000 kostende speeltjes zijn gemaakt met de meest duurzame materialen, zoals tech-



TECHNIEK Mechanisch



Een voorbeeld van esthetische toepassingen van keramiek. Een aantal modellen uit het aanbod peperdure mobiele telefoons van Nokia-dochter Vertu (foto: Vertu)



producten te leggen, zonder de esthetische markt uit het oog te verliezen.

Technisch keramiek

Het spuitgieten van technisch keramiek (en metalen) lijkt sterk op het spuitgieten van kunststoffen. Formatec gebruikt zelfs spuitgietmachines (Arburg Allrounders) die oorspronkelijk voor kunststofverwerking zijn gebouwd. De materiaaleigenschappen en verwerkingsparameters zijn echter heel anders, reden waarom Formatec de machines heeft aangepast aan het materiaal.

Via spuitgieten vervaardigde wormwielen ('groene' producten) worden door een robot vanuit de matrix op een tray geplaatst voor verdere bewerking

Het bedrijf verwerkt (nu nog) twee soorten technisch keramiek, te weten zirkoonoxide (ZrO_2) en aluminiumoxide (Al_2O_3), waarbij de eerste goed is voor 90 procent van de omzet. Belangrijk voor het proces is het bindmiddel, waaronder het polymeer. Formatec kan zelf mengsels aanmaken, maar het meeste materiaal wordt als zogeheten feedstock aangeleverd. Momenteel onderzoekt het bedrijf ook de inzetbaarheid van siliciumnitride (Si_3N_4). Dit materiaal is lichter en nog harder dan zirkoonoxide en aluminiumoxide en beter bestand tegen grote temperatuurverschillen (thermoshock).

Zirkoonoxide en siliciumnitride zijn voor technische toepassingen het meest geschikt omdat deze materialen beter te polijsten zijn, wat voor bijvoorbeeld de aandrijftechniek een belangrijke eigenschap is (lagere wrijving). Aluminiumoxide is een goedkoper materiaal, maar het heeft meer nabewerking nodig en heeft minder goede loopeigenschappen. De ontwikkelingen bij feedstock producenten gaan uiteraard ook verder. Er zijn ontwikkelingen bij de bindmiddelen. Met name de nanotechnologie zal in de toe-

komst nieuwe technieken en toepassingen binnen bereik brengen. Overigens krijgt het metaalspuitgieten daarbij bijna altijd voorrang boven het spuitgieten van keramiek, om de eenvoudige reden dat deze markt veel groter is en de terugverdiertijd korter.

Productieproces

Het produceren van onderdelen uit technisch keramiek omvat een aantal stappen:

- compouneren (mengen)
- granuleren
- spuitgieten
- onttrekken van polymeer aan het product
- sinteren.

Elk van deze processen vereist zijn eigen kennis en heeft zijn eigen parameters en is daardoor van invloed op het eindproduct. De expertise van Formatec zit vooral in de verwerking vanaf het spuitgieten (het materiaal wordt immers gegraneleerd en al aangeleverd). Met name de vormvastheid en maatvoering van het spuitgiete product tot het gesinterde eindproduct moeten goed worden beheerst. Als vuistregel mag een constructeur rekenen op een krimp van ongeveer 20-30 procent, afhankelijk van de materiaalkeuze. Formatec slaagt er in de spreiding in deze

Esthetische markt is erg grillig

krimp binnen 0,3 procent te houden. Nog nauwkeurigere beheersing van de afmetingen is mogelijk door nabewerken (slijpen) van het product.

Het product ondergaat namelijk tweemaal krimp tijdens het proces. De eerste treedt op in de spuitgietmatrix. Het materiaal wordt onder hoge temperatuur in de matrix ingespoten en koelt daarna in de matrix weer af. Dit leidt tot thermische krimp. Door het onttrekken van het poly-

nisch keramiek voor de behuizing. De uitdagingen in deze producten lagen in de zeer goede oppervlaktekwaliteit (voor acht mille wil je geen krasje, golving of doffe plek zien), de afmetingen (zo'n 100 mm lang en 60 mm breed), nauwe maattoleranties en geringe wanddikte. Dit was het eerste product in een reeks onderdelen die vooral een esthetische functie hebben, zoals sieraden en behuizingen van horloges en pennen. In de periode 2002-2008 nam het aandeel esthetische producten sterk toe en inmiddels nemen ze zo'n 75 procent van de omzet voor hun rekening.

De esthetische markt is echter een erg grillige markt. Niet alleen is het een modegevoelige markt, maar het gaat vaak om complexe producten met lange ontwikkeltijden. Dat is voor Formatec reden om de focus weer wat meer richting technische





meer ontstaat een product dat feitelijk is opgebouwd uit keramiekdeeltjes die niet bijzonder sterk aan elkaar vastzitten, met veel lucht ertussen. Tijdens het sinteren diffunderen de deeltjes en worden naar elkaar toegetrokken, waardoor de lucht wordt verdreven en een vast en sterk product overblijft. Dit veroorzaakt de tweede krimp.

Hierboven viel al het woord 'nabewerken'. Het gesinterde product is namelijk goed mechanisch na te bewerken via technieken als leppen, slijpen, polijsten, trommelen, gritstralen en laserbewerking. Dit gebeurt met machines die ook in de metaalindustrie gangbaar zijn, zij het dat voor de

Het ziet er uit als kunststof en wordt ook op vergelijkbare wijze geproduceerd, maar dit tandwiel is toch echt van technisch keramiek



Het kroonwiel voor de Sofie operatierobot als onbewerkt groen product



Het uiteindelijke kroonwiel voor de Sofie operatierobot als eindproduct. Het wieltje van slechts 6.6 mm is vervaardigd in nauwe samenwerking tussen TU Eindhoven en Formatec

bewerking van technisch keramiek speciale gereedschappen worden gebruikt.

Het voordeel van machinale bewerkingen is, dat de matrijs minder complex dus goedkoper kan zijn. Met name bij kleine series is nabewerking interessant. Bij grote series is een duurdere matrijs vaak weer economischer, omdat dan het nabewerken (een kostenpost) vervalt. Een kwestie van rekenen dus. Nabewerking van technisch keramiek is overigens een vak apart, en Formatec noemt het een van haar specialiteiten. De bouw van matrijsen is ook een vak apart, vandaar dat het bedrijf dat meestal uitbestedt aan hierin gespecialiseerde ondernemingen.

Voor toepassingen in de aandrijftechniek zijn trommelen, slijpen, honen en polijsten de meest toegepaste nabewerkingstechnieken, met name om een glad en wrijvingsarm oppervlak te verkrijgen. Slijpen gebeurt bijvoorbeeld voor de juiste passing van asgaten. Complete tandwielgeometrieën kunnen vaak direct worden gespoten. Met behulp van een trommelproces kan een wrijvingsarm oppervlak verkregen worden.

Uw hoofdredacteur was natuurlijk vooral benieuwd naar aandrijfcomponenten die via gespuitsgiet technisch keramiek zijn vervaardigd. In de loop van de ruim tien jaar dat het bedrijf technische artikelen maakt, zijn diverse aandrijftechnische componenten gerealiseerd en in productie genomen, of wel ontwikkeld en geschikt voor toepassing maar nooit in productie genomen omdat de klant uiteindelijk een andere oplossing koos. Formatec noemt met name twee kroonwieloverbrengingen.

Kroonwiel voor operatierobot

Het eerste voorbeeld betreft een kroonwiel dat wordt toegepast in de Sofie robot voor minimaal invasieve buik- en borstchirurgie, die aan de Technische Universiteit Eindhoven is ontwikkeld. Momenteel wordt in een spin-off (Medical Robotic Technologies) de mogelijkheid onderzocht om deze technologie naar de opera-

tiekamer te brengen. De robot bedient lange dunne instrumenten (diameter 8 mm) met aan de tip van het instrument bijvoorbeeld een grijpertje. De keramische tandwielen zijn gebruikt als overbrenging voor het grijpertje. Voor deze materiaal-soort is gekozen gezien de beperkte ruimte waarin de overbrenging moet worden gemaakt, resulterend in hoge tandkrachten (!). Doorslaggevend bij de keuze waren de hoge sterkte én de biocompatibiliteit van dit materiaal.

Bijzonder aan deze applicatie zijn eigenlijk twee dingen: de afmetingen van de tandwielen (het kroonwiel heeft een buitendiameter van 6,6 mm) en de nabewerking van het groene tandwiel. Dit laatste gebeurde niet bij Formatec maar aan de TU Eindhoven, aan het 'groene' product ter-

Hoge sterkte én biocompatibel

wijl dat nog aan het uiteinde van de aansluiting zat. "Echt knap werk", aldus het vakkundige oordeel van de

technici bij Formatec. Na de bewerking is het product in Goirle 'gedebind' en gesinterd en teruggestuurd naar Eindhoven.

De expertise van het bedrijf zat bij deze applicatie vooral in het spuitgieten en de kennis van proces en materialen. De ontwikkelingskosten zijn volledig betaald door de universiteit. Of het tandwiel echt in productie wordt genomen zal afhangen van het succes van de operatierobot op de medische markt. Naar verwachting zullen het echter kleine series blijven; het zijn geen stofzuigrobots die in grote aantallen zullen worden verkocht.

Toch hecht Formatec groot belang aan dit concrete project. Het gaat immers toch om een 'klant voor de toekomst' en het heeft de kennis van het bedrijf weer vergroot. Kennis is een belangrijk goed voor het bedrijf, reden dat er veel contacten zijn met de drie technische universiteiten in Nederland, met TNO en ECN dat zelfs een klein filiaal in het pand van Formatec heeft.

Wormwieloverbrenging voor reel feeder

Een tweede bijzondere aandrijving heeft het bedrijf ontwikkeld voor een producent

Materiaaleigenschappen

Karakteristiek	Eenheid	Al ₂ O ₃	Si ₃ N ₄	ZrO ₂
Dichtheid	g/cm ³	3,98	3,26	5,95
Elasticiteitsmodulus	GPa	410	320	200
Hardheid	Vickers	2.000	1.600	1.350
Thermische geleidbaarheid	W/m °K	36	30	2

Enkele karakteristieken van de technische keramieken die Formatec toepast of onderzoekt



van feeder systemen voor zogeheten bestückungsmachines, namelijk een overbrenging met wormwiel en kroonwiel. In tegenstelling tot de normale wormwiel-overbrenging staat het tandwiel hier niet loodrecht op de as van het tandwiel en grijpt aan de buitenzijde in, maar ligt het kroonwiel parallel aan het wormwiel en grijpt aan de zijkant in. Beide aandrijfcomponenten zijn als gereed product aan de maat gespoten en behoeven geen slijpbe- werkingen.

De overbrenging maakte bij de opdracht- gever een einde aan heel wat kopzorgen. Ze wordt gebruikt voor de aandrijving van de zogeheten reels, de tapes waarop mi- niatuur elektronica-componenten worden aangevoerd voor het 'bestücken' van printplaten. De klant heeft nagenoeg alle materiaalcombinaties geprobeerd voor deze feeders, maar kampte bij elke combi- natie op te veel uitval. Na gemiddeld zo'n 2,5 miljoen toevoerslagen falen de tot nu toe gebruikte overbrengingen en moeten ze worden vervangen. Vaak worden bij een dergelijke operatie preventief alle overbrengingen vervangen. Aangezien er soms tientallen feeders op een bestü- ckungsmachine zitten kosten de onderde- len, de manuren maar vooral de produc- tiestilstand de printplaatproducenten han- denvol geld.

De feederfabrikant stelde als eis een le- vensduur van zes miljoen slagen. Toen na twaalf miljoen slagen de overbrengingen niet alleen normaal functioneerden maar zelfs geen Watt meer energie verbruikten dan aan het begin, werden de testen ge- staakt. De feederfabrikant van Formatec bouwt de wormwieloverbrenging uit tech- nisch keramiek nu standaard in. Dat maakt een machine wel iets duurder, maar de eindklant verdient dat dubbel en dwars terug met lagere onderhoudskosten en hogere beschikbaarheid.

Hier gaat het wel degelijk om grotere aan- tallen (10.000 tot 15.000 per jaar). De over- brengingen worden via het spuitgietpro-

Twee feeders voor bestückungsmachi- nes. Het vervangen van een wormwiel-overbrenging in één aandrijving is nog te overzien, maar als het om grotere aantallen reels en een te korte levens- duur gaat, is de printplaatproducent niet blij

Geen
Watt
meer
energie

De geheel uit tech- nisch keramiek ver- vaardigde bijzon- dere wormwiel- /kroonwieloverbren- ging voor feeders heeft een aanmer- kelijk langere le- vensduur dan com- binaties uit andere materialen

ces vervaardigd en zijn zonder nabewer- king te gebruiken. Bij kleine aantallen zou mechanisch bewerken (wikkelfrezen bij- voorbeeld) een alternatief kunnen zijn. De matrijs is een investering, de uiteindelijke wormwieloverbrenging is iets duurder (zeker in vergelijking met andere materi- aalcombinaties), maar het eindproduct heeft verreweg de langste standtijd, en dat is waar het de eindgebruiker (print- plaatproducent) om gaat.

Andere projecten

Het bedrijf heeft nog meer aandrijfcom- ponenten ontwikkeld, al zijn ze niet allemaal in productie gegaan omdat de klant an- dere oplossingen koos. Reeds genoemd zijn de tandwielpompe en de doseerplunjer voor de verfindustrie. Verder heeft het be- drijf voor een Belgische fabrikant van tex- tielmachines een tuimelaar uit technisch keramiek ontwikkeld. Gezien de hoge snelheden waren hoge sterkte en lage massa hier belangrijke eisen.

Verder heeft het bedrijf een aantal glijaf- dichten ontwikkeld en in productie ge- nomen, die vooral goede diensten ver- lenen in laboratoria en galvanische omge- vingen (zuurbaden). Ook zijn keramische

TECHNIEK Mechanisch

lagers en tandwielen gemaakt, onder- meer voor robots en high-end toepassin- gen.

Sinds de aanscherping van de rende- mentseisen voor elektromotoren komen er vragen uit de markt naar de mogelijk- heden van technisch keramiek voor de la- gering van motoren. Gezien de lage wrij- ving die deze materiaal soort eigen is, kan toepassing hiervan het energetisch rende- ment van deze belangrijke aandrijfcompo- nenten verder verbeteren.

Tot slot

Buiten het feit dat Formatec een echte producent is, heeft de onderneming ook een missie: het onder de aandacht bren- gen van technisch keramiek en de toepas- singsmogelijkheden van dit materiaal. Het grootste probleem is, dat potentiële afne- mers niet op de hoogte zijn van de moge- lijkheden die technisch keramiek biedt. En dat is veel, zoals lage wrijving, chemische resistentie, hittebestendigheid, lichte con- structie, lange levensduur, hoge maat- nauwkeurigheid en mechanische belast- baarheid.

Natuurlijk, er zijn ook beperkingen. Zo moeten bijvoorbeeld, net als bij kunststof- fen trouwens, scherpe randen en hoeken worden vermeden en zijn er nog wat ont- werpregels. Verder vormt het spuitgiet- proces een beperking. De maximale vloei- lengte is zo'n 150 mm, waar tegenover staat dat er eigenlijk geen minimale vloei- lengte is.

Qua inkoop is technisch keramiek niet de goedkoopste oplossing, maar de duur- zaamheid en lage wrijving geven het ma- teriaal wel vaak de laagste 'total cost of ownership'. En daar kijken steeds meer eindgebruikers naar. **AT**

Inl.: Formatec BV, tel.: (013) 530 80 93, www.formatec.nl

