

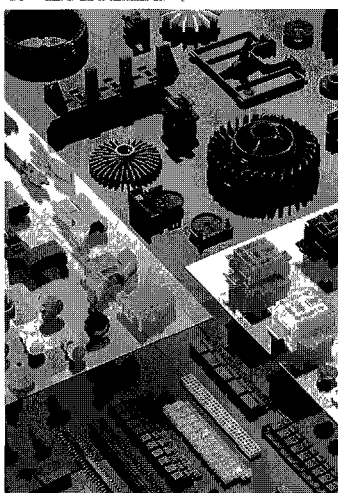
Frans Zuurveen

De flexibiliteit in ons denken wordt voortdurend op de proef gesteld. Immers, zonder bijstelling van ons gedachtegoed missen we de boot in de hectische technische wereld van vandaag. Dachten we niet altijd dat kunststof synoniem was met goedkope producten met matige mechanische eigenschappen, met geringe stabiliteit, maar met grote vormvrijheid dank zij dure matrijzen. En associeerden we metaal niet met sterke, stijve producten, eventueel met grote precisie, maar met moeilijke vormgeving door verspanen, of in het uiterste geval door exotische technieken als wasmodel-gieten. Heden ten dage zijn die waarheden voor een deel achterhaald door ontwikkelingen in materiaaltechnologie. Want metaal kan heden gevormd worden in matrijzen die schijnbaar zijn bedoeld voor kunststof. En kunststoffen hebben tegenwoordig eigenschappen die die van metaal in veel opzichten evenaren. In een schijnbaar omgekeerde wereld van nauwkeurige producten van metaal en kunststof in middelgrote series speelt ITB Precisietechniek in Boxtel een vooraanstaande rol.

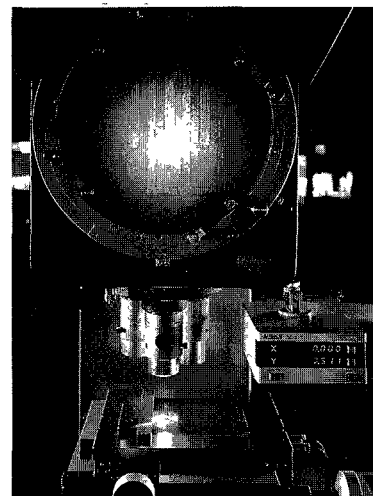
In 1966 startte Kees van Dooremalen een gereedschapmakerij met de ambitieuze naam International Tools Boxtel. Zo'n tien jaar later worden er door ITB niet alleen matrijzen voor kunststofproducten en volgsnij- en buigstempels voor metaalproducten gemaakt, maar begint ITB ook die producten eigenhandig te fabriceren in kleine en middelgrote series, zie figuur 1. In 1986 is expanderend ITB uit zijn vel gegroeid en wordt er een nieuw gebouwencomplex geopend op het Boxtelse industrieterrein Ladonk. Daarin vindt ook het samenstellen plaats van onderdelen uit metaal met componenten uit kunststof. Voorbeelden daarvan zijn complete koolborstelhouders voor toonaangevende fabrikanten van handboormachines.

Vandaag de dag heeft Hans van Dooremalen - de zoon van Kees - de leiding van het bedrijf in handen. Niet voor niets is de naam van ITB uitgebreid met de toevoeging "Precisietechniek", want er wordt steeds meer nauwkeurigheid in de gereedschappen en bijbehorende producten van metaal en kunststof gestopt, zie figuur 2. Bovendien hebben enkele acquisities bijgedragen aan de flexibiliteit: het bedrijf Transito in Tsjechie voor de uitvoering van nauwkeurig en goedkoop montagewerk, gereedschapmakerij Schriks in Nuenen ter uitbreiding van de capaciteit voor het maken van nauwkeurige stempels en matrijzen, en de know-how en apparatuur rondom de MIM-technologie van De Kruithoorn in 's-Hertogenbosch. Ter verduidelijking: MIM betekent

Figuur 1 Een aantal kunststofproducten van ITB Precisietechniek



Figuur 2 Kwaliteitsbewaking bij ITB met behulp van een profielprojector



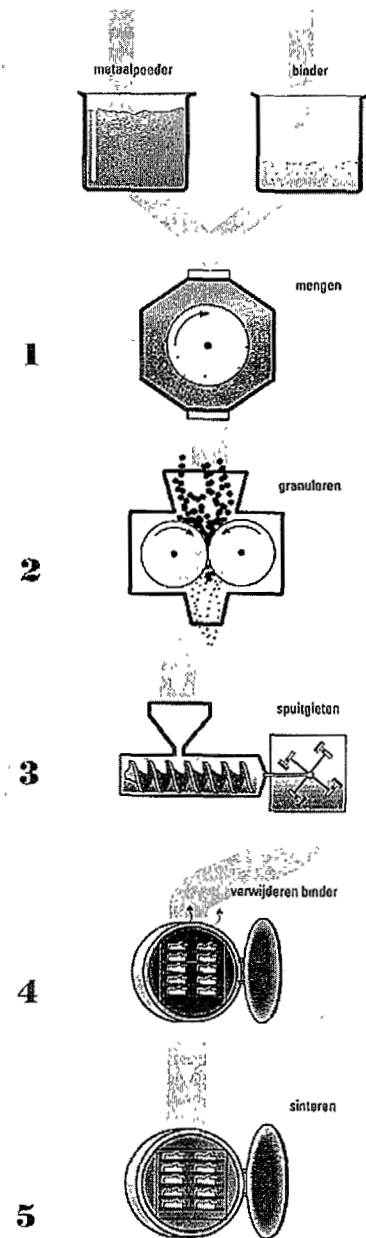
Metaal en kunststof wedijveren in precisie

“Metal Injection Moulding” en is de naam voor een techniek die in de jaren zeventig is geïntroduceerd vanuit de Verenigde Staten.

In het vervolg van dit verhaal zal niet alleen MIM aan de orde komen als technologie voor het vormgeven van gecompliceerde metalen producten op de manier van kunststof, maar ook de toepassing van moderne kunststoffen, die met hun eigenschappen metalen naar de kroon steken. Zo wordt de ontwerper van nauwkeurige producten met een ingewikkelde vorm steeds vaker voor een moeilijk dilemma geplaatst als hij moet kiezen tussen metaal en kunststof.

Voor de oplossing van zulke dilemma's heeft ITB Precisietechniek behulpzame specialisten in huis, die niet alleen veel weten van Metal Injection Moulding, en van kunststoffen en hun verwerking, maar ook van stempels en matrizen en hoe je die maakt met moderne technieken als draad- en zinkvonken.

Figuur 3 Een aantal producten vervaardigd met het MIM-proces



Figuur 4 Schema van het complete MIM-proces

MIM: metaal en kunststof samen spuitgieten

“Wij zijn het enige bedrijf in Europa dat met het MIM-proces producten van titaan in series kan produceren.” Dat zegt Jos Studen, die verantwoordelijk is voor de MIM-activiteiten bij ITB. Met die stelling roert hij een van de belangrijke voordelen aan van het MIM-procédé: de toepassing van “moeilijke” metalen als roestvast staal en titaan, zie figuur 3. Vooral in de medische sector is er steeds meer vraag naar titaan, omdat het grote sterkte en corrosiebestendigheid combineert met een kleine

soortelijke massa, zonder het bezwaar van een lage elasticiteitsmodulus, zoals het geval is bij aluminium. Maar eerst wat meer over het proces zelf.

Het geheim van MIM is het mengen van kunststof- met metaalpoeder, zie figuur 4. Die kunststof wordt "binder" genoemd en bestaat doorgaans uit POM ofwel polyacetaal. Van dat mengsel kan binder-metaal-granulaat worden gemaakt. Dat is op zijn beurt verwerkbaar in een gewone kunststof-spuitspuitmachine met een matrijs die op dezelfde manier is geconstrueerd als zijn equivalent voor pure kunststof. De spuitgietmachine kan eventueel worden voorzien van een speciale transportschroef in verband met het wat bijzondere viskeuze en abrasieve gedrag van het plastische metaal-binder-mengsel. Per se nodig is dat echter niet. Het MIM-granulaat wordt door ITB betrokken van BASF en is tamelijk kostbaar. Maar gelukkig kan "afval" als aanspuitingen en dergelijke na vermaling nagenoeg eindeloos worden hergebruikt.

Het spuitgieten levert een zogenaamd groen product, ogenschijnlijk van kunststof maar met 50 à 70 volumeprocenten metaalpoeder. Het "geheim van de smid" is nu het verwijderen van de kunststof tot er een skelet overblijft van metaaldeeltjes verbonden door een restant binder, het bruine product. Er mag dus niet teveel maar ook niet te weinig kunststof overblijven. ITB verwijdert de binder - dat onderdeel van het proces wordt "debinden" genoemd - met behulp van een katalytisch procédé. Daarin zet salpeterzuur het polyacetaal om in formaldehydegas, zonder zelf

aan de reactie deel te nemen, zie figuur 5. Het formaldehyde wordt verbrand en levert niet meer dan alleen waterdamp en koolzuurgas op. Het debinden duurt circa drie uur en vindt plaats in een oven bij 140 °C. De zo ontstane bruine producten zijn weliswaar kwetsbaar maar toch nog voldoende hanteerbaar.

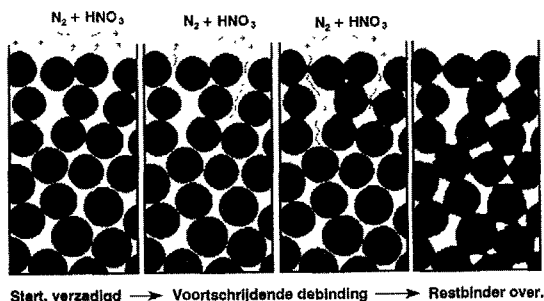
De laatste stap in het MIM-proces is het sinteren, gedurende elf uur bij een temperatuur van 1200 à 1350 °C, in figuur 6. (De producten moeten daarbij rusten op een deugdelijk oplegvlak, waarmee bij de vormgeving rekening dient te worden gehouden.) Daarbij verdampen en verbranden de restanten van de binder en "smelten" de metaaldeeltjes aan elkaar, zodanig dat er een nagenoeg homogene metaalmasa ontstaat, zie figuur 7. Die homogeniteit is voor een groot deel te danken aan de ronde vorm van de metaaldeeltjes in het BASF-granulaat, en die vorm is weer het gevolg van het atomiseren van vloeibaar metaal in een gasatmosfeer. Dat in tegenstelling tot de deeltjes die bij het traditionele metaalsinteren worden gebruikt en die veel hoekiger van vorm zijn. De dichtheid van het gesinterde MIM-metaalproduct bedraagt zodoende maximaal 99,9 %.

Een bezwaar van het sinterproces is natuurlijk de krimp, die zo'n 15 à 20 % bedraagt. Maar als het proces goed in de hand wordt gehouden - dat is bij ITB beslist het geval - dan is de krimp zeer nauwkeurig reproduceerbaar. De krimp kan dientengevolge volledig via de maatvoering van de matrijs worden gecompenseerd. Daarom zijn de haalbare toleranties op lengtematen 0,1 % relatief en 25 µm absoluut. De best haalbare ruwheidswaarden zijn $1 \mu\text{m } R_t$ en $0,2 \mu\text{m } R_a$. Daarvoor is dan wel een trommelbewerking nodig, waarbij en passant ook eventuele bramen worden verwijderd. Ook trommelpolijsten, nitreren en cementeren behoren tot de vele mogelijkheden. Naast uitangranulaat levert BASF MIM-granulaten met laaggelegde staalsoorten, met inzetstaal 21NiCrMo2, met veredelbaar staal 42CrMo4, met doorhardbaar kogellagerstaal 100Cr6, met roestvaststaal X2CrNiMo17 13 2 en met hardbaar roestvaststaal X5CrNiCuNb17 4.

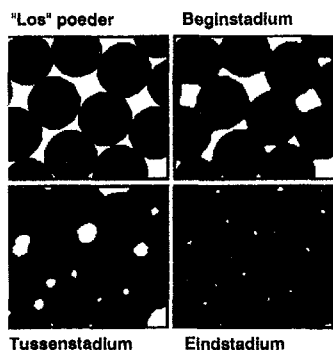
Kunststof vormt eigen wapening

ITB maakt producten in middelgrote series van 5000 tot 100 000. Dat zijn gestampte producten van metaal en gespoten producten van kunststof. Vaak zijn dat gangbare materialen, maar ITB schuwt exotische kunststoffen, die bijzondere eisen stellen aan de spuitgiettechnologie, beslist niet. Die stelling willen we hier graag illustreren aan een product voor een bekende onderneming in het zuiden des lands. Dat product dient voor het opnemen

Figuur 5
Het "debinden".

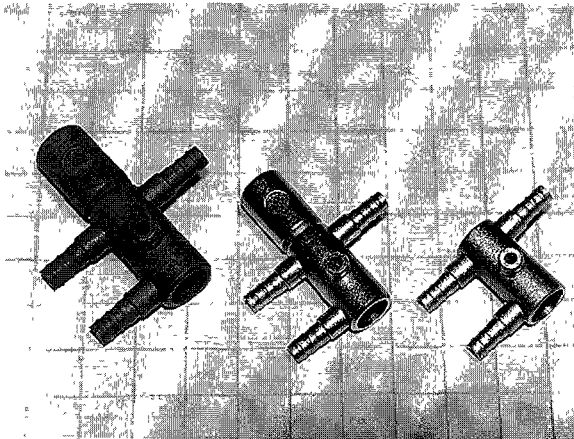


Figuur 6
Het sinteren.



Metaal en kunststof wedijveren in precisie

Foto 7 Links het "groe-ne" product, in het midden het product na het sinteren met een verlenging die nodig is voor het inspannen bij de verspanende nabewerking van de boring, rechts het kant- en klare eindproduct



van de halfgeleiderlaser in een zogenaamde lichtpen voor een CD-ROM-speler. Als we bedenken dat de informatie op de informatiedrager is geschreven in een spoor van niet meer dan $0,5 \mu\text{m}$ breed, dan zal het duidelijk zijn dat de onderdelen van het uitleessysteem aan zware eisen qua stabiliteit, vormnauwkeurigheid en maatvoering moeten voldoen.

Het exotische materiaal dat is gekozen voor de laserdrager is LCP (Liquid Crystal Polymer). Het kenmerk van vloeibare kristallen is dat ze ook in de vloeibare fase ordening vertonen. Daarom oriënteren de moleculen van een LCP zich tijdens het spuitgieten in de vloeirichting, waardoor een soort vezelstructuur ontstaat. Bij het afkoelen wordt die structuur als het ware ingevroren, zodat zogenaamde fibrillen worden gevormd. Door die fibrillen krijgt een LCP-product een structuur die enigszins op die van hout lijkt. De kunststof-matrix wordt zodanig versterkt dat men spreekt over een "zichzelf versterkende kunststof". Dat effect is dan nog te beïnvloeden door het toevoegen van glasvezels.

Het gevolg van de in het materiaal aanwezige anisotropie is dat een LCP in de vezelrichting heel andere eigenschappen heeft dan in een richting loodrecht erop. Het eventuele vulmiddel vermindert die anisotropie enigszins. Maar hoe dan ook, LCP's vertonen een voortreffelijk mechanisch gedrag, dank zij hun hoge stijfheid en vormvastheid. Daarnaast zijn ze temperatuurbestend, hebben een hoge slagvastheid en zijn zeer krupbestand.

Het materiaal Vectra van Hoechst, bijvoorbeeld, is bij een vulling met 50 % glasvezel bestand tegen een temperatuur van ruim 200°C . Maar echt bijzonder is dat de thermische uitzettingscoëfficiënt in de vloeirichting $10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bedraagt. Dat is vergelijkbaar met die van staal! De elasticiteitsmodulus is ongeveer 0,1 x die van

staal en ongeveer 0,25 x die van aluminium. De vochtopname bedraagt na een opslag van 24 uur niet meer dan 0,01 %. Gelijksoortige materialen zijn Xydar van Amoco en Zenite van Dupont.

Om de eigenschappen van een LCP maximaal te benutten is voordrogen van het granulaat gewenst - een standaardprocedure bij ITB - en dient na het spuitgieten het product te worden "ontlaten" op een temperatuur van 140°C . Om het proces nog beter te beheersen meet ITB de druk van de vloeibare kunststof in de matrix en corrigeert deze indien nodig. Op deze manier zijn producttoleranties van $20 \mu\text{m}$ heel goed mogelijk.

In samenwerking met de opdrachtgever is de vorm en maatvoering van de matrix voor de laserdrager zodanig aangepast dat het product aan de zware specificaties voldoet. Paulus Rabou, leider van de kunststof-spuitspuitafdeling, noemt dat een vorm van "concurrent engineering": meedoen in het ontwerpproces van de opdrachtgever. Bij het ontwerpen van de matrix is met die aanpassingen al rekening gehouden door afstandsstukken te introduceren. Door de maat van die afstandsstukken te wijzigen wordt de matrix "getrimd". Het product dat op deze manier aan de zware eisen op de tekening voldoet, is vervolgens functioneel getest in zijn optische samenstelling. Daaruit volgden nog geringe aanpassingen, die zich niet direct laten vertalen in geometrische eisen op tekening.

Het resultaat van de gezamenlijke inspanning van opdrachtgever en uitvoerder - een vrij unieke combinatie van co-designer- en co-makership - heeft geleid tot een product dat voldoet aan eisen die men nog niet zo lang geleden voor kunststof voor onmogelijk zou hebben gehouden.

Bronnen

C Kooij, N Noort, H L Schram en A S Verdier, Powder Injection Moulding, Mikromek 35(1995)2, p 37-42

C Taal, Metalen met een gewone spuitgietmachine vormgegeven, Poly Technisch T Materialen (1993)10, p 30-33

J Oonk, LCP's versterken zichzelf, Kunststof Magazine (1996) 10

A K van der Vegt, Hoe stijf zijn polymeren?, Kunststof Magazine (1996) 10