

Nieuwe inzichten

1 Precisieverspanen van kunststof

Bij het verspanen van glasachtige polymeren tot contactlenzen en brillenglazen slijten de relatief dure diamantbeitels snel. Over de achterliggende slijtage-mechanismen en het gedrag van polymeren tijdens het verspanen is weinig bekend. Het IOP-project 'Precisieverspanen van kunststof' bracht hierin meer duidelijkheid. Tevens is een lange slag gereedschap-actuator ontwikkeld om niet-rotatiesymmetrische werkstukken, zoals multifocale lenzen, te kunnen draaien.

Dat het onderwerp de industrie interesseert, blijkt uit de brede samenstelling van de begeleidingscommissie. Het grote aantal deelnemers is te verdelen in drie categorieën: leveranciers van diamantbeitels, bedrijven die draibanken ontwikkelen voor de optische industrie en leveranciers van contactlenzen en brillenglazen. Een voorbeeld van die laatste categorie is Procornea, dat in Eerbeek sinds 1980 contactlenzen en implantlenzen produceert. Ben Wanders, oprichter en directeur, vertelt: "Vormstabiele contactlenzen worden gedraaid met een diamantbeitel. Onder de microscoop

FOTO: CONTAMAC BV

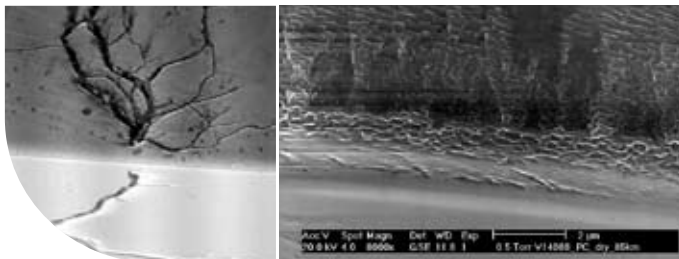


Beitelhouder van Contamac Precision Machinery voor het draaien van multifocale lenzen

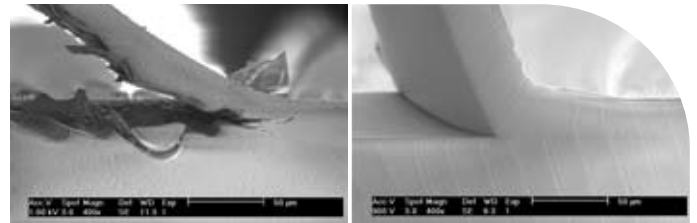
wordt iedere lens gecontroleerd. Bij een nieuwe beitel zijn de lenzen glanzend, maar na verloop van tijd beginnen ze steeds dof te worden. Om aan de hoge oppervlakte-eisen te voldoen, moet de beitel soms meerdere malen per dag vervangen worden. Niet alleen de beitel zelf is duur, ook de tijd dat de machine stil staat kost geld. Wij zijn dus continu op zoek naar mogelijkheden om de standtijd te verbeteren en de snijcondities te optimaliseren."

Tussen 2002 en 2006 onderzocht Guido Gubbels - nu werkzaam bij TMC en gedetacheerd bij TNO Industrie en Techniek - als promovendus aan de TU/e de slijtagemechanismen aan de beitel en het gedrag van polymeren tijdens het verspanen. "Polymeren vloeien bij een veel lagere temperatuur dan metaal. Het vermoeden bestond dat zij boven hun glastransitietemperatuur kunnen komen en dan makkelijker te bewerken zijn", legt hij uit. "Volgens de literatuur wordt een betere oppervlaktekwaliteit bereikt als de temperatuur in de afschuifzone voor de beitel de glastransitietemperatuur bereikt. Door een thermokoppel in de beitel in te bouwen, hebben we dat voor diverse polymeren onderzocht. Maar in geen enkel geval blijkt de glastransitietemperatuur gehaald te worden." Een andere theorie was dat de taaiheid van kunststof, en daarmee de verspaanbaarheid, beïnvloedt wordt door veroudering. Oudere polymeren zouden brosser en lastiger te verspanen zijn, zoals oude brokkelkaas moeilijker te schaven is dan jonge graskaas. Samen met de sectie Polymeer Technologie voerde Guido Gubbels vele verjongings- en verouderingsexperimenten uit, maar ook hier bleek het effect niet aantoonbaar.

Slijtage aan de beitel wordt vooral veroorzaakt door ladingsopbouw en vervolgens elektrische ontlading tijdens het draaien, werd algemeen verondersteld. Lokaal optredende bliksemschichten beschadigen inderdaad de snijkant van de beitel. "Uit mijn onder-



Diamantbeitel met tribo-elektrische (links) en tribo-chemische slijtage (rechts)



Brosse spaanvorming bij CR39 (links) en ductiele spaanvorming bij polycarbonaat (beide optische materialen voor brillenglazen)

"Dit was één van de weinige programma's waarin gestructureerd de verschijnselen tijdens het draaien van polymeren is onderzocht"

zoek blijkt echter," zegt Guido Gubbels, "dat de ladingsopbouw lang niet altijd genoeg optreedt om ontlading plaats te laten vinden en dat deze sterk afhankelijk is van het te verspanen materiaal. Bij PMMA en polycarbonaat bijvoorbeeld hoef je niet bang te zijn voor deze zogenoemde tribo-elektrische slijtage, bij polysulfon weer wel. Verder speelt een rol of de beitel als kathode of als anode fungeert. In het laatste geval treedt tribo-elektrische slijtage vaker op. Luchtvochtigheid van de omgeving blijkt hierbij kritisch: hoe droger de lucht, hoe meer slijtage." Een ander slijtagemechanisme waar Guido Gubbels onderzoek naar heeft verricht, is tribo-chemisch van aard. Deze processen blijken van veel grotere invloed op beitel-slijtage. "De in diamant normaal stevig aan elkaar verbonden koolstofatomen gaan aan de rand van de beitel verbindingen aan met andere elementen. Vervolgens laten deze koolstofatomen van het diamant los. Dit kun je optimaliseren door de samenstelling van de kunststof te veranderen. Werken in een omgeving met een lage luchtvochtigheid blijkt ook te helpen. Maar dat is in tegenspraak

met de gewenste hoge luchtvochtigheid om tribo-elektrische slijtage bij bepaalde materiaalsoorten te voorkomen. Ik zou graag nog eens willen experimenteren om daar een optimum in te vinden.”

Ben Wanders van Procornea heeft Guido's onderzoek met grote interesse gevolgd. “Wat er tijdens het verspanen gebeurt, begrijpen we nu veel beter. We weten nu dat de materiaalsamenstelling een belangrijke factor is bij beitelslijtage. Helaas is dat lastig te beïnvloeden, want het risico is groot dat je daarmee ook de zuurstofdoorlaatbaarheid en andere draageigenschappen van een contactlens verandert. Jammer dus dat het ons geen grote sprong voorwaarts oplevert, maar vanuit wetenschappelijk oogpunt waren de resultaten zeker interessant”, concludeert hij.

Hoewel dit deel van het IOP-project dus niet tot concrete oplossingen heeft geleid, is ook bij andere deelnemers van de begeleidingscommissie het inzicht toegenomen. Henk Kiela is directeur van

Het draaien van een contactlens

Contamac BV in Beers, fabrikant van precisiemachines (het voormalige Opteq). Hij vertelt: “Het onderzoek van Guido was een van de weinige programma's dat gestructureerd de verschijnselen tijdens het draaien van polymeren heeft onderzocht. Hij heeft ons vermoeden bevestigd dat het vooral iets chemisch is waardoor de beitel bij het draaien van polymeren veel sneller slijt dan bij metalen.”

Parallel aan het promotieonderzoek van Guido Gubbels ontwikkelde universitair docent Erik Homburg een lange slag gereedschap-actuator voor het draaien van niet-rotatiesymmetrische werkstukken. Wanneer een brillenglas een leesbrilgedeelte bevat, is die niet langer rotatiesymmetrisch en moet de beitel bij iedere rondgang van het werkstuk op de juiste plaats een afwijkende beweging maken. “De beitelhouder moet daarom met een grote versnelling loodrecht op het lensoppervlak kunnen bewegen, en om vormfouten in de lens te voorkomen moet de stijfheid van de beitelhouder zo groot mogelijk zijn”, legt hij uit. “Dat levert tegenstrijdige eisen op



FOTO: PROCORNEA



De gereedschapactuator: as en bus van het hydrostatische lager, met daarvoor de carbon fiber gereedschapsarm

aan de massa van de beitelhouder. Ik heb geprobeerd daarin een balans te vinden.” Aan het ontwerp ligt een elektromotor ten grondslag waarin de magneet beweegt en de spoelen stilstaan, het omgekeerde van wat gebruikelijk is. Doordat stilstaande spoelen beter gekoeld kunnen worden, kan de stroom hoger worden opgevoerd en is de koppel van de motor groter. Om te laagfrequente resonanties van de constructie te voorkomen, is de constructie zo klein mogelijk gemaakt, ter grootte van een sinaasappel. Het ontwerp is klaar, een demonstrator is in de maak. Daarmee zullen nog de nodige experimenten worden uitgevoerd. Erik Homburg ontwikkelde ook een speciale berekeningsmethode om het resulterende elektromagnetische veld te kunnen bepalen en snel alternatieven door te rekenen. Deze is ook elders in gebruik, bijvoorbeeld in het MicroNed-project ‘Sensing and diagnostics on a chip’ waarin magnetische krachten worden gebruikt om indicatoren

voor tuberculose te kunnen concentreren en transporteren. Henk Kiela van Contamac blijft, ook nu het IOP-project formeel is afgesloten, betrokken bij de ontwikkeling van de gereedschapactuator. “In onze eigen gereedschapactuator hebben we indertijd andere ontwerpkeuzes gemaakt. Het lijkt ons erg leerzaam om te zien wat de sterke punten zijn van Eriks oplossing. Het andere bewegingsconcept, de rekenmethode en de mooi compacte lagering zijn nieuw voor ons. We vonden trouwens alle onderwerpen van dit IOP-project belangrijk en we zijn blij met de resultaten. Het verspanen van polymeren blijft een buitengewoon interessant vakgebied. Hier kunnen wat ons betreft nog wel drie mensen op promoveren!”

PROJECTINFORMATIE

Project: *Precisieverspanen van glasachtige polymeren*

Doelstelling: *Kennis opdoen over het verspaningsproces van polymeren en het mechanisme achter het slijtageproces van diamantbeitels. Ontwikkelen van een lange slag gereedschapactuator voor het draaien van niet-rotatiesymmetrische werkstukken*

Resultaten: *Inzicht in de invloed van factoren als glastransitietemperatuur en veroudering van polymeren. Kennis over het belang en de werking van twee slijtagemechanismen waarvan de beitel tijdens het diamantdraaien van kunststoffen te lijden heeft: tribo-elektrische en tribo-chemische slijtage. Ontwerp van een lange slag roterende gereedschapactuator (demonstrator volgt). Breed toepasbare berekeningsmethode voor elektromagnetische velden. Proefschrift, 2 wetenschappelijke publicaties, lezingen tijdens internationale conferenties*

Publicaties en meer informatie: *www.precisieportaal.nl, disciplines Bewerken, Materialen, Precisietechnologie*

Contactpersoon: *Erik Homburg, f.g.a.homburg@tue.nl, telefoon (040) 247 28 87*