

Precisieverspanen

Precisieverspanen van glasachtige polymeren

Onderwerp:

Precisiedraaien van polymeren met hoge oppervlaktekwaliteit en minimale beitelslijtage

Doelstelling:

Kennis opdoen over het verspaningsproces van polymeren en de effecten van materiaaleigenschappen op de oppervlaktekwaliteit. Beschrijven van het mechanisme achter de slijtage van diamantbeitels tijdens het draaien van polymeren. Ontwikkelen van een lange slag gereedschapactuator voor het draaien van niet-rotatiesymmetrische werkstukken

Markten:

Productie van lenzen (voor brillen, contactlenzen, implantaten)
Draaien en aanbrengen van groeven in 'drums' van kopieerapparaten
Fabricage van prototypes van lenzen voor cd-spelers en backlight displays van mobiele telefoons

Mogelijk gebruik:

Betere oppervlakenauwkeurigheid dan slijpen en polijsten
Minder belastend voor het milieu (polijsten niet meer nodig)

Onderzoekperiode: april 2002 - augustus 2006

Budget: EUR 344.000, waarvan EUR 275.000 subsidie door IOP

Onderzoeksinstituten: Technische Universiteit Eindhoven

Projectleider: Piet Schellekens

Er is weinig informatie beschikbaar over diamantdraaien van polymeren, vergeleken met het aantal publicaties over draaien van metalen. Daarom werken twee secties van de Technische Universiteit Eindhoven samen aan een onderzoek naar het gedrag van glasachtige (amorphe) polymeren tijdens verspanen. De optische industrie heeft grote belangstelling omdat ook de slijtage aan de relatief dure diamantbeitel wordt meegenomen. Daarnaast is de ontwikkeling van een speciale lange slag roterende gereedschapactuator voorzien, waarmee niet-rotatiesymmetrische werkstukken kunnen worden gedraaid, zoals multifocale lenzen.

'Zelfs nu we al twee jaar met dit project bezig zijn, melden zich nog steeds bedrijven aan die willen deelnemen aan de begeleidingscommissie.'

'Brillenglazen worden meestal gemaakt door bijvoorbeeld polycarbonaat te slijpen en te polijsten, wat een zware belasting is voor het milieu. De fabricage van wegwerp-contactlenzen gebeurt met spuitgieten. Speciale producten als intraoculaire lenzen worden diamantgedraaid', vertelt Piet Schellekens, hoogleraar in de sectie Precision Engineering. 'In alle gevallen bestaat er behoefte aan grotere vormnauwkeurigheid en betere oppervlakenauwkeurigheid. Dat kan worden bereikt door te verspanen met een diamantbeitel in een enkele processtap.' Op dit moment is dat nog niet altijd mogelijk. De eisen die worden gesteld aan de optische kwaliteit van het eindproduct zijn hoog, in de orde van grootte van 5 nm R_a . Bovendien is de monokristallijne

Projectteam TU/e. V.l.n.r.: Erik Homburg, Frank Delbressine, Guido Gubbels, Han Meijer, Piet Schellekens en Leon Govaert ontbreken



diamantbeitel erg duur door de hoge slijtage. 'Om een brillenglas met goede optische kwaliteit te verspanen, moet de beitel per omwenteling 5 μm verplaatsen', legt Guido Gubbels, de promovendus die het onderzoek verricht, uit. 'Dat betekent dat de diamant op een lens met een doorsnede van 70 mm enkele honderden meters aflegt. Door de hoge kosten van de beitel is precisiedraaien nog te duur om de vereiste afwerking te bereiken.' Om ook niet-rotatiesymmetrische werkstukken zoals multifocale lenzen te kunnen draaien, wordt er een speciale lange slag, roterende 'fast tool servo' ontwikkeld. Het verspanen van een werkstuk met een draaisnelheid van 7000 toeren stelt hoge eisen aan de aansturing van de draaiende beweging van de beitel in relatie tot het roterende werkstuk.

Het verspaningsproces

Het IOP-project is een goed voorbeeld van onderzoek dat wordt verricht omdat er vraag naar is vanuit het bedrijfsleven, vindt Piet Schellekens. 'We hebben al jaren contacten met de optische industrie over dit onderwerp. Er zijn enkele afstudeerders mee bezig geweest, maar de vraag naar een steeds beter fabricageproces blijft toenemen.' Samen met zijn collega professor Meijer van de sectie Polymeer Technologie schreef hij een onderzoeksvoorstel. 'Omdat we hier glasachtige polymeren verspanen, zoals polycarbonaat en CR39, gebeuren er heel andere dingen dan wanneer je metaal verspaant', legt Guido Gubbels uit. 'We hebben grote behoefte aan en waardering voor de materiaalkennis van onze collega's.'

Het gedrag van polymeren tijdens het draaien hangt in de eerste plaats af van de materiaalsoort. Net als bij het bewerken van metalen zijn sommige materialen bros, andere taai. 'Bij het verspanen van bros materiaal breken de spanen eerder af, wat resulteert in een ruwer oppervlak.' Bij polymeren beïnvloedt het proces van veroudering de taaiheid: 'Het lijkt erop dat je met verouderd materiaal betere resultaten krijgt in termen van gladheid.'

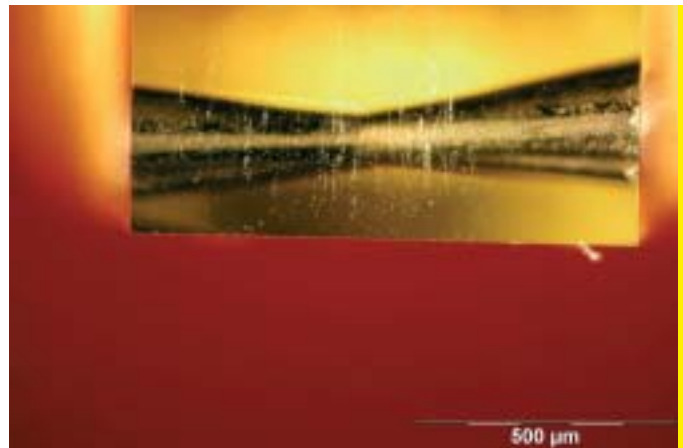
Een andere factor is de snijsnelheid, omdat daardoor de temperatuur van het werkstuk toeneemt. Omdat polymeren op een veel lagere temperatuur vloeien dan metalen, zal het taai worden, wat de oppervlakterutheid verlaagt. Om temperatuurmetingen te kunnen doen is een minuscuul

Detailopname verspaning



thermokoppel in de diamant aangebracht vlakbij de snijkant. Niet alleen temperatuur veroorzaakt het optreden van vloeiverschijnselen, ook de mechanische spanning die de beitel uitoefent op het materiaal. 'Thermoplasten bestaan uit lange ketens, net als spaghetti. Als een polymeer onder spanning wordt gebracht, is dat te vergelijken met een bord spaghetti, gemengd met olijfolie: je kunt de slierten gemakkelijk uit elkaar trekken.' Een laatste aspect is dat kunststoffen tijdens het draaien de neiging hebben lading op te bouwen. Of dit wordt veroorzaakt door wrijving tussen twee isolatoren (het werkstuk en de beitel) of door het doorsnijden van de polymeerketens is nog niet duidelijk maar het is waarschijnlijk een combinatie van de twee. Op een bepaald

Thermokoppel aangebracht in de diamantbeitel



Zijzicht van het draaien van polycarbonaat, met in het midden de ontlading. Links het werkstuk

moment treedt er ontlading op, of zoals Guido Gubbels het verwoordt: 'We hebben luminescentie waargenomen die, denken we, wordt veroorzaakt door lokale "bliksem".' Zo'n ontlading kan de snijkant van de beitel beschadigen, wat de haalbare oppervlaktekwaliteit nadelig beïnvloedt. Op dit moment wordt de ladingsopbouw tegengegaan door te werken in hoge luchtvochtigheid.

Guido Gubbels: 'We willen graag meer te weten komen over hoe al deze factoren op elkaar inwerken. Ik denk dat niet temperatuur maar materiaalgedrag de grootste rol speelt bij het behalen van een goede kwaliteit, in termen van zowel slijtage als snijgedrag. Vergelijkbaar onderzoek wordt ook door grote bedrijven elders in de wereld uitgevoerd, maar hun resultaten worden uit concurrentieoverwegingen niet openbaar gemaakt.'

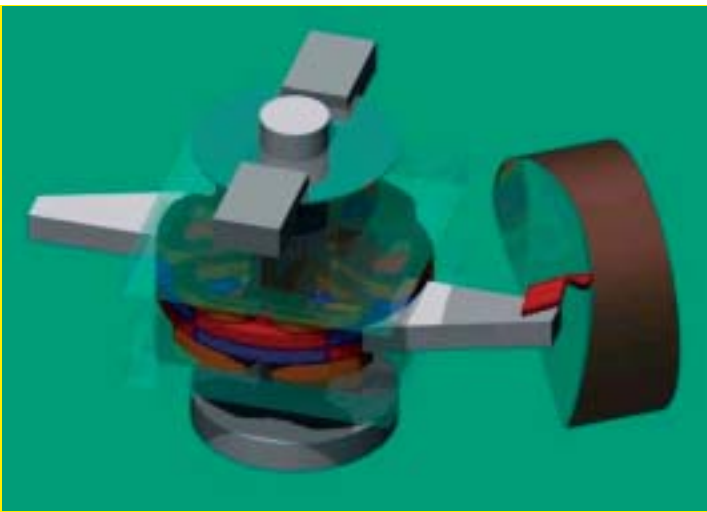
Fast tool servo

Parallel aan het werk aan het verspaningsproces ontwikkelt Erik Homburg een roterende gereedschapactuator. 'Normaal gesproken

kun je met een draaibank alleen rotatiesymmetrische producten draaien. Maar brillenglazen en contactlenzen zijn steeds vaker multifocaal, ze bevatten bijvoorbeeld een deel dat dienst doet als leesbril', legt hij uit. 'Om niet-rotatiesymmetrische lenzen te kunnen draaien moet de beitel een beweging kunnen uitvoeren loodrecht op de draairichting van het werkstuk. Dat ziet eruit als de specht Woody Woodpecker die in een boom hakt.'

De combinatie van de extreme versnelling van de beitel en de nauwkeurigheid van de beweging maakt het ontwikkelen van de gereedschapactuator tot een grote uitdaging. 'Bij het draaien van kleine lenzen zoals contactlenzen is het nog te overzien, maar bij grotere werkstukken zoals brillenglazen is dat behoorlijk lastig.'

Artistieke weergave van de gereedschapactuator



Op dit moment, ongeveer halverwege het IOP-project, is het ontwerp van de gereedschapactuator klaar. De komende maanden worden besteed aan het bouwen van een prototype. Daarna kan het draaien van niet-rotatiesymmetrische werkstukken worden getest.

Samenwerking met het bedrijfsleven

De Nederlandse optische industrie is erg geïnteresseerd volgens Piet Schellekens. Niet alleen leveranciers van apparatuur maar ook bedrijven die contactlenzen produceren nemen deel aan de begeleidingscommissie. 'Zelfs nu we al twee jaar bezig zijn met dit project, melden zich nog bedrijven aan.'

Om kennisoverdracht tussen onderzoeksinstituten en het bedrijfsleven te stimuleren, wordt er een begeleidingscommissie samengesteld. Dit is de meest directe vorm van betrokkenheid met een gesubsidieerd project. Twee keer per jaar is er een bijeenkomst waarin de voortgang in alle openheid wordt besproken.

OPTEQ ontwikkelt en produceert draaibanken voor optisch gladde lenzen, waarbij de noodzaak om te polijsten vervalst. Polijsten betekent niet alleen een extra stap in het productieproces, het kan ook vormafwijkingen veroorzaken. 'We zijn voornamelijk geïnteresseerd in de oorzaken van beitelslijtage', zegt Henk Kiela, algemeen directeur van OPTEQ. 'Want dat geeft ons aanwijzingen hoe we de levensduur kunnen verlengen. De kosten van slijtage bedragen twintig tot dertig procent van de kostprijs van een lens.' Aanbevelingen voor materiaalleveranciers en hints en tips voor aanpassingen aan de draaibank zijn in zijn ogen andere nuttige

uitkomsten van het onderzoek. 'We willen graag dat het project zinvol is voor onze industrietak; daarom ben ik lid van de begeleidingscommissie', legt hij uit. 'De testomstandigheden moeten dus wat mij betreft de praktijk zoveel mogelijk benaderen.' Een andere deelnemer aan de begeleidingscommissie is Ben Wanders, oprichter en algemeen directeur van Procornea. 'We zijn in 1980 begonnen met de productie van contactlenzen en intraoculaire lenzen. In die tijd betekende dat het doorlopen van 16 stappen van draaien tot polijsten van de lens. In de jaren negentig konden we dat aantal door het gebruik van veel geavanceerdere draaibanken terugbrengen tot drie, zonder de noodzaak na te polijsten. Voor ons is de levensduur van de diamantbeitel cruciaal, omdat dat bepaalt hoe vaak we die moeten vervangen.' Hij vertelt dat er nog weinig bekend is over het slijtageproces: 'Hoe is het mogelijk dat een diamant zo snel slijt terwijl polymeren zoveel zachter zijn dan bijvoorbeeld koper? Hoe komt het dat sommige beitels zulke slechte resultaten geven terwijl er op het oog niets aan mankeert?' Door mee te doen aan de begeleidingscommissie hoopt hij meer inzicht te krijgen in het snijproces om zo de productie te kunnen verbeteren. Hij vindt de interactie tussen bedrijven en onderzoekers erg leuk en brengt er graag zijn praktijkervaring in: 'Ik vind het stimulerend dat je zoveel kennis kunt bundelen in zo'n groep.'

Begeleidingscommissie

BE Semiconductor Industries
CCM Centre for Concepts in Mechatronics
Contour Fine Tooling
Diamond Tools Group
Océ Technologies
OPTEQ
Optiwa
PEVEB Management Consultants
Philips Research
Procornea
Sub Micron Tooling
Sumipro
Technische Universiteit Delft
Technodiamant
TNO TPD

Voor meer informatie over Precisieverspanen

Ir. Erik Homburg, sectie Precision Engineering, Technische Universiteit Eindhoven, faculteit Werktuigbouwkunde
Telefoon (040) 247 28 87
E-mail f.g.a.homburg@tue.nl
Website <http://pe.wtb.tue.nl>

Projectgroep Precisieverspanen

Frank Delbressine
Leon Govaert
Guido Gubbels
Erik Homburg
Han Meijer
Piet Schellekens

IOP Precisietechnologie

Precisietechnologie is nodig om producten te realiseren met hoge vorm- of maatnauwkeurigheid, maar ook om producten of onderdelen snel en zeer precies te positioneren. Deze technologie is van toenemend belang voor uiteenlopende producten en sectoren als laptopcomputers (met name bij dataopslag), cd-spelers en dvd-recorders, optische en medische instrumenten, gsm-telefoons en de ruimtevaart. Door vérgaande miniaturisatie is het niet mogelijk deze functies met zuiver mechanische middelen te realiseren; een multidisciplinaire systeembenadering is noodzakelijk.

Het IOP Precisietechnologie bestaat sinds 1999. Sindsdien hebben 16 projecten subsidie gekregen voor onderzoek op drie gebieden.

- Bij systeemgericht ontwerpen gaat het om functies die met relatief grote snelheid en/of met zeer grote precisie verplaatsingen kunnen realiseren. Onderwerpen als piezo-actuatoren, precisieverplaatsing in vacuüm en mechanica met snelle algoritmeïk vallen hieronder.
- Binnen het thema 'grenzen aan de maakbaarheid' gaat het om het verhogen van de nauwkeurigheid van bestaande maaktechnologieën door verbeterde procesbeheersing en/of het ontwikkelen van nieuwe productietechnieken. Niet alleen klassieke technieken als fijndraaien of spuitgieten zijn onderwerp van onderzoek, ook nieuwe technologieën zoals lithografisch etsen, bewerking met laser- of röntgenbundels en *chemical vapour deposition*.
- Precisie in de microstroomtechnologie is het derde gebied van dit IOP-programma. Het betreft systemen die bestaan uit sensor(en) en actuator(en), gekoppeld door een regelsysteem en gemaakt met technologieën afkomstig van de chipindustrie. Hieronder vallen fabricagetechnologieën als nat chemisch etsen en de verpakking van MST-devices, zoals de koppeling van optische chips aan glasfiber.

Voor vragen over IOP Precisietechnologie

Dr. Casper Langerak, secretaris programmacommissie

Telefoon (070) 373 53 12

Fax (070) 373 56 30

E-mail c.j.g.m.langerak@senter.nl

Website www.senter.nl/iop-pt

IOP

Een innovatiegericht onderzoeksprogramma (IOP) geeft subsidie aan innovatieve technologische onderzoeksprojecten bij universiteiten en andere non-profit onderzoeksinstituten. De overheid wil op deze manier de onderzoekswereld toegankelijker maken voor het bedrijfsleven en contacten tussen beide verbeteren en intensiveren. Voorwaarde is dat de projecten aansluiten bij de (lange termijn) onderzoeksbehoeften van het bedrijfsleven. Het programma stimuleert de interactie met bedrijven door hen te betrekken bij de projecten, door kennisoverdracht en door netwerkactiviteiten. Er wordt alles aan gedaan om te zorgen dat ieder programma leidt tot blijvende samenwerking tussen de Nederlandse onderzoeksinstituten en het bedrijfsleven.

Rol van het bedrijfsleven

Om de band tussen onderzoekers en bedrijfsleven te verstevigen, biedt een IOP aan bedrijven de mogelijkheid aan het onderzoek deel te nemen. Dat kan bijvoorbeeld op de volgende manieren:

- Zitting nemen in een begeleidingscommissie. Dit is de meest directe manier van kennisoverdracht omdat het lidmaatschap van een begeleidingscommissie nauw contact met een of meerdere projecten garandeert. Het bedrijf blijft op de hoogte van de laatste ontwikkelingen van het onderzoek en kan door de inbreng van praktijkervaring soms mede de richting van het onderzoek bepalen.
- Overnemen of gebruiken van patenten en/of licenties die het rechtstreekse gevolg zijn van het onderzoek aan universiteiten of non-profit onderzoeksinstituten.
- Het creëren van werkervaringsplaatsen voor onderzoekers, zodat de nieuw opgedane kennis snel aan een bedrijf wordt overgedragen en getoetst kan worden in de praktijk.

Colofon

Dit is een uitgave van SenterNovem
Mei 2004

SenterNovem Den Haag
Juliana van Stolberglaan 3
Postbus 93144
2509 AC Den Haag

Telefoon (070) 373 50 00
Fax (070) 373 51 00

Algemene informatie en advies:
Telefoon (070) 373 52 77
E-mail info@senter.nl
Internet www.senter.nl

SenterNovem is een agentschap van het Ministerie van Economische Zaken

TU/e technische universiteit eindhoven

De Technische Universiteit Eindhoven verzorgt ingenieurs-, ontwerpers- en lerarenopleidingen en post-academische cursussen. Het onderwijs steelt op de eigen onderzoeksactiviteiten en is ontwerpgericht.



Ministerie van Economische Zaken

Aan deze tekst kunnen geen rechten worden ontleend.