

“Ik was verrast toen ik hoorde dat je chatter van tevoren kunt zien aankomen. Ik dacht altijd dat je hooguit de frees iets harder of langzamer kon laten lopen. Dat de mogelijkheid bestaat om in te grijpen voordat chatter optreedt, was voor mij een eye-opener.”

Niet alleen bij frezen kan chatter optreden, ook bij draaien komt dat voor. René van Raaij van machine-fabriek Jakom weet er alles van: “Wij draaien assen en walsen in extreme maatvoeringen voor bijvoorbeeld de offshore-, de drukkerij- en de textielindustrie. Onze operators zien chatter aankomen aan het licht dat op een as schijnt of aan het trillen van het koelwater. Je kunt het ook horen.

Onze operators moeten nu dichtbij de draaibanken blijven om snel te kunnen ingrijpen: ze voorkomen chatter door het toerental bij te regelen, de trillingen te dempen of zelfs de machine stil te zetten.”

De kennis die in het IOP-project is opgedaan op het gebied van chatter bij frezen, wil Jakom toepassen op draaien. “Er is veel overlap en daar maken we graag gebruik van.” Door deel te nemen aan de begeleidingscommissie kon René van Raaij bovendien zijn netwerk uitbreiden. “Dankzij dit IOP zijn we bijvoorbeeld in contact gekomen met TNO en hebben we een innovatievoucher gebruikt om onze procesregeling te verbeteren. Dat is voor ons een heel tastbaar resultaat van dit project.”

**Project:** Active chatter control

**Doelstelling:** Ontwikkelen van een regeling en demonstrator voor in-process meten en onderdrukken van chatter bij hoognauwkeurig frezen, zodat de efficiency van het freesproces twee tot drie keer verbetert

**Resultaten:** het ontwerp van een regeling die binnen een bepaald toerentalgebied de dynamische eigenschappen van een spindel aanpast, zodat meer materiaal kan worden verspaand terwijl chatter vermeden wordt. Proof of concept (2010). Wetenschappelijke publicaties, proefschrift (2010)

**Publicaties en meer informatie:** [www.precisieportaal.nl](http://www.precisieportaal.nl), disciplines Bewerken, Control

**Contactpersoon:** Han Oosterling, [han.oosterling@tno.nl](mailto:han.oosterling@tno.nl), telefoon (040) 265 05 51

*Afhankelijkheden in kaart gebracht*

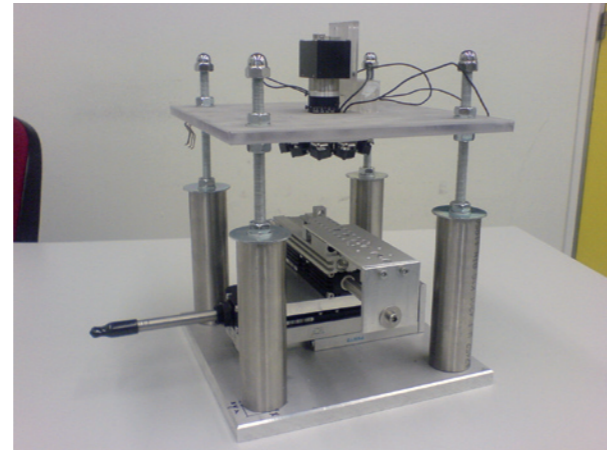
## Fast focus on structures

Hightech productieprocessen stellen hoge eisen aan de positionering van de bewerkingskop ten opzichte van het werkstuk, en dus aan het meetsysteem. Eindhovense onderzoekers ontwikkelen een geavanceerde oplossing die realtime de positie van het werkstuk aanpast op basis van camerabeelden.

Bij de fabricage van organische displays zoals OLED's spuit een inkjetprintkop heel precies enkele polymeerdruppels in grote aantallen ovale cupjes – de pixels – op een substraat. Wanneer druppels verkeerd landen of als cupjes worden gemist, wordt het display afgekeurd. Om dat te voorkomen zijn de eisen aan de positionering van de bewerkingskop boven het werkstuk hoog. Bestaande meetsystemen maken gebruik van optische plaatsopnemers en een schaalverdeling aan de rand van de tafel waarop het werkstuk zich bevindt. Maar de plaatsopnemers bevinden zich relatief ver van de bewerkingskop en het werkstuk, waardoor de meting altijd indirect is. Een ander nadeel is dat de tafel relatief slap is. Dat introduceert trillingen die onmeetbaar zijn met de gebruikelijke plaatsopnemers, en ook dat beperkt de nauwkeurigheid waarmee de kop kan worden gepositioneerd.

“Het liefst wil je meekijken met de bewerkingskop en op basis van dat beeld de kop precies boven het werkstuk plaatsen”, vertelt promovendus Jeroen de Best van de TU/e. “Dan kun je realtime bijsturen als de onderlinge afstand tussen de cupjes net iets afwijkt, of als het werkstuk een klein beetje verschuift. Wil je dat goed doen, dan moet je duizenden keren per seconde weten waar de kop zich bevindt en daarop uiterst snel reageren. Je hebt een kleine camera nodig op de bewerkingskop, snelle algoritmes om uit de beelden de nuttige informatie te halen, die te verwerken en te interpreteren en vervolgens een gesloten regellus om de tafel met daarop het werkstuk aan te sturen.” Jeroen de Best ontwikkelt in dit IOP-project die

regellus, begeleid door hoofddocent René van de Molengraft. Voor de beeldverwerkingsalgoritmes is een tweede onderzoeker, Roel Pieters, verantwoordelijk.



Opstelling met camera hangend boven een XY-tafel.

De gesloten regellus maakt gebruik van het feit dat de te bewerken producten vaak repeterende structuren bevatten. “De cupjes van zo’n OLED-display hebben onderling steeds dezelfde afstand. Dat patroon fungeert als een soort schaalverdeling: als je met de bewerkingskop precies boven één cupje hangt, weet je ook waar de volgende zich bevindt. Met die voorkennis kun je efficiënter sturen”, legt Jeroen de Best uit. Hij ontwikkelde een opstelling met een tweedimensionaal patroon van zwarte stippen op een witte achtergrond.

In deze vereenvoudigde opzet representeren de stippen de cupjes en kon hij met relatief simpele beeldverwerkingsalgoritmes aan de slag. “Met de huidige regellus kunnen we het centrum van een stipje op de tafel met een nauwkeurigheid van 10 micron onder de camera en dus onder de bewerkingskop plaatsen. Door de regeltechniek verder te verbeteren en deze bijvoorbeeld te laten leren van eerder gemaakte fouten, hopen we een maximale afwijking tussen 1 en 10 micron te realiseren.”

De werkelijkheid is veel complexer: een grid van driedimensionale cupjes in het substraat van een OLED-scherm, in plaats van het eenvoudige tweedimensionale patroon van goed te onderscheiden zwarte stippen op een witte achtergrond. Hoewel de cupjes in principe identiek zijn, oogt elk cupje toch anders, legt Roel Pieters uit. “Het beeld dat de camera duizend keer per seconde aanlevert, is dus veel complexer om te verwerken, bijvoorbeeld omdat de lichtintensiteit varieert. De beelden hebben een lage resolutie, dus je hebt per beeld relatief weinig pixels ter beschikking. Het benodigde beeldverwerkingsalgoritme om het middelpunt van een cupje te vinden, is door dat alles veel ingewikkelder dan wat Jeroen nu in zijn opstelling gebruikt. Als ik straks de algoritmes klaar heb, combineren we die met zijn geoptimaliseerde regellus.” Het is de bedoeling daarmee praktijkproeven te doen op een productiemachine.

Voor de groepen Dynamics & Control en Control Systems Technology van de TU/e is het onderwerp vision en motion control in hightechsystemen

relatief nieuw, vertellen de hoogleraren Henk Nijmeijer en Maarten Steinbuch. “We zagen enkele jaren geleden dat dit thema steeds belangrijker wordt en zijn er kennis over gaan opbouwen. Dat hebben we onder andere gedaan door een tafelfuotbalspel te ontwikkelen, waarbij menselijke spelers het opnemen tegen de tafel. Een camera volgt daarbij de bal en een regelsysteem stuurt op basis van honderd beelden per seconde de stangen met de spelers van de ene partij aan.” Het bleek een gouden greep: niet alleen leverde het kennis en ervaring op, maar ook bleek het een aansprekende demonstrator die studenten trekt en het goed doet in de media: het televisieprogramma Klokhuis wijdde er een uitzending aan.



Structuur van OLED-display (boven) en dezelfde structuur zoals een camera met lage resolutie die ‘ziet’.

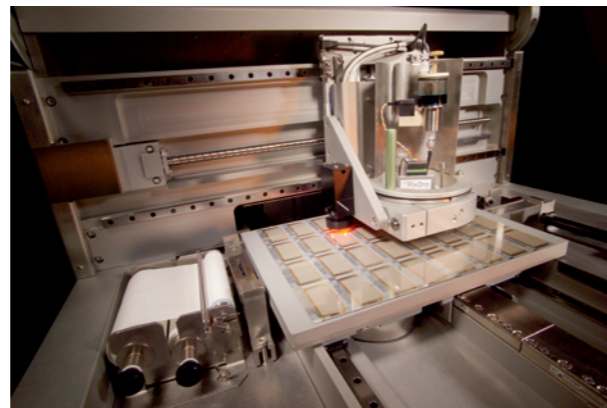
Voorzitter van de begeleidingscommissie van Fast focus on structures is Hugo Menschaar, tot voor kort werkzaam bij BE Semiconductor Industries (BESI) in Duiven. Hij vindt de uitdaging van dit project vooral om op basis van grote hoeveelheden videobeelden snel de juiste informatie te destilleren.

*“De resultaten zorgen voor vaste grond onder onze voeten bij het maken van een machineontwerp”*

“Zo’n algoritme schud je niet zomaar uit je mouw, daar is heel elementaire wiskunde voor nodig. Een regellus die op basis daarvan nauwkeurig kan positioneren is in allerlei machines welkom”, licht hij toe. “Want snel en efficiënt reageren op onverwachte situaties is heel lastig. Dit onderzoek raakt de kern van een heel principieel probleem.” BESI ontwikkelt apparatuur voor de IC-industrie om chips te maken van wafers. “Dat vergt een immense hoeveelheid robotica. Des te sneller en handiger onze apparatuur werkt, hoe lager de kosten van de chip worden. Vandaar dat BESI uitermate geïnteresseerd is in dit IOP-project.”

Wim Hoeks van engineeringbureau BrainCenter heeft een andere reden om deel te nemen aan de begeleidingscommissie: “Wij leveren automatiseringsoplossingen voor fabricagedoeleinden. Een belangrijke activiteit daarin is automatische

visuele inspectie. Als systeemontwerper van vision-applicaties doe ik in dit project kennis op over hoe we ons concept voor visuele inspectie van producten zoals glasplaten kunnen verbeteren en versnellen.” BrainCenter is voortgekomen uit de voormalige bedrijfsmechanisatieafdeling van Philips Display Components. Het bedrijf heeft al veel ervaring met automatische visuele inspectie van metalen en glazen componenten. “Aangezien kleine herhalende patronen vaak onderdeel zijn van materialen met hoge toegevoegde waarde (zoals autoruiten met ingebouwde verwarming) zijn we op zoek naar slimme methodes om die patronen te meten en te inspecteren.”



*Inkjetprinter voor het industrieel printen van displays, geheugen- of zonnecellen.*

Heel waardevol vindt Peter Brier, technical manager Ink Jet Printing bij OTB Solar, nu al de resultaten van dit IOP-project.

“Door dit onderzoek ben ik veel aan de weet gekomen over de mogelijkheden en onmogelijkheden van vision control. De afhankelijkheden zijn in kaart gebracht en we weten nu beter wat op dit moment de technische grenzen zijn aan meetfrequenties en nauwkeurigheden. Dat geeft ons vaste grond onder de voeten bij het maken van een machineontwerp. Ook kunnen we hierdoor de risico’s bij de implementatie ervan beter inschatten.” OTB Solar was in eerste instantie in de technologie geïnteresseerd vanwege haar display-

activiteiten. Nu ziet Peter Brier ook mogelijkheden bij de fabricage van dunne film groot formaat zonnecellen. “De productiestappen daar gaan steeds meer lijken op die bij het inkjetprinten van displays. Grote zonnepanelen worden opgebouwd uit laagjes, en een van de technologieën om die aan te brengen is inkjetprinten. Je hebt dus dezelfde problematiek: je wilt precies zien waar je op zo’n groot substraat bezig bent. Die toepassing hadden we bij aanvang van het project niet bedacht.”

**Project:** Fast focus on structures

**Doelstelling:** het ontwikkelen van een flexibel, low cost, geminiaturiseerd meetsysteem voor het nauwkeurig positioneren van een bewerkingskop boven een product

**Resultaten:** beeldverwerkingsalgoritmen en een gesloten regellus, een demonstratieopstelling die een werkstuk onder een camera kan positioneren met een nauwkeurigheid van (momenteel) 10 micron

**Publicaties en meer informatie:** [www.precisieportaal.nl](http://www.precisieportaal.nl), disciplines Precisietechnologie, Control, Sensoren

**Contactpersoon:** Maarten Steinbuch, [m.steinbuch@tue.nl](mailto:m.steinbuch@tue.nl), telefoon (040) 247 54 44/48 17