

PRESSENOTIZ

Aachen, 03.05.2006

Verleihung der Innovationspreise und des Nachwuchsförderpreises Lasertechnik 2006 in Aachen

Mit den Innovationspreisen Lasertechnik 2006 werden morgen in der Aula Carolina zu Aachen im Rahmen des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL '06 zwei herausragende Ingenieure geehrt:

Prof. Dr.-Ing. Horst Exner - Professor für Physikalische Technik und Laseranwendungen an der Hochschule Mittweida (FH) sowie Direktor des Laserinstituts Mittelsachsen e.V.- für die Entwicklung des Lasermikrosinterns und

Dipl.-Ing. Stefan Wischmann - Leiter des Bereiches Strahl- und Sensortechnik im Vertrieb/Engineering der Division Auto der ThyssenKrupp Steel AG, Duisburg - für die Entwicklung einer Laserstrahlschweißoptik mit integrierter Nahtführung für Stumpf- und Kehlnähte

Die beiden Gewinner des Wettbewerbes erhalten die Preise, die mit jeweils 3000 Euro dotiert sind, aus den Händen von Prof. Dr. rer. nat. Reinhart Poprawe M.A., stellvertretender Vorsitzender des Arbeitskreises Lasertechnik e.V. und Leiter des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT, Aachen sowie von Dr. Bernd Schulte, Präsident des European Photonics Industry Consortium EPIC und Vize-Präsident der Europäischen Technologieplattform für Optische Technologien Photonics21 sowie Vorstandsmitglied der Aixtron AG, Aachen.

Zur Eröffnung des AKL '06 wird bereits heute der Nachwuchsförderpreis Lasertechnik im Ludwig Forum Aachen an Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Karsten Schneefuß, Assistent des Geschäftsführers im Geschäftsbereich Elektronik der Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt für die Entwicklung eines hybriden Messsystems zur In-Situ-Form- und Rauheitsmessung mikrostrukturierter, optischer Funktionsflächen im Rahmen seiner Dissertation am Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement der RWTH Aachen überreicht.

Die **Innovationspreise Lasertechnik** werden alle 2 Jahre vom Arbeitskreis Lasertechnik e.V., Aachen verliehen und würdigen zwei Einzelpersonen, deren Fähigkeiten und Engagement zum Erfolg der Innovation Lasertechnik geführt haben. Mit den Innovationspreisen Lasertechnik wird ein besonderes Augenmerk auf die Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Industrie gerichtet. Da beide Seiten ihrem Wesen nach verschieden sind, werden die Innovationspreise Lasertechnik in den beiden Wettbewerbsfeldern 'Betriebliche Praxis' und 'Anwendungsnahe Wissenschaft' ausgeschrieben. Die Auswahl und Festlegung der Preisträger erfolgt auf Basis der eingegangenen Bewerbungen durch Vorstand und Mitglieder des Arbeitskreises Lasertechnik e.V.

Prof. Dr. Horst Exner hat mit seiner Arbeitsgruppe der Hochschule Mittweida (FH) und des Laserinstituts Mittelsachsen e.V. dem selektiven Lasersintern neue Anwendungsfelder im Mikrobereich erschlossen. Das **Lasermikrosintern** ermöglicht erstmals die schnelle Erzeugung von freigeformten hochaufgelösten 3D Mikroteilen aus Pulver mit Nanometerpartikeln mittels Laserstrahlung. Die Einsatzbereiche des Lasermikrosinterns sind vielfältig und reichen vom Werkzeug- und Formenbau über die Mikrosystemtechnik bis hin zur Medizintechnik. Das selektive Lasersintern ist in der betrieblichen Praxis bisher auf Pulvergrößen bis minimal 25 µm beschränkt. Die Geometrie und Oberflächenqualität der gebauten Körper unterliegen daher entsprechenden Einschränkungen. Die Skalierung des Prozesses durch Verarbeitung nanoskaliger Pulver führt nun zur Realisierbarkeit neuartiger Bauteilformen im Mikrobereich. Der 51jährige Prof. Dr. Exner und seine Arbeitsgruppe haben das Lasermikrosintern von den Grundlagen bis hin zu einer kommerziellen Anlage entwickelt. Zahlreiche technologische Herausforderungen wie die Handhabung nanoskaliger Pulver oder die Verwendung von mehr als zwei unterschiedlichen Pulversorten in beliebiger Reihenfolge in einem Bauprozess konnten erfolgreich umgesetzt werden. Die Arbeitsgruppe hat somit in der anwendungsnahen Wissenschaft eine preiswürdige technische Innovation realisiert.

Die Firmen übergreifende Arbeitsgruppe um den 34jährigen **Dipl.-Ing. Stefan Wischmann** hat im Hause ThyssenKrupp Steel AG durch die Entwicklung einer **Laserstrahlschweißoptik mit integrierter Nahtführung für Stumpf- und Kehlnähte** die Herstellung zweidimensionaler Tailored Blanks im Hinblick auf Kosten und Qualität erheblich verbessert. Die Produktwechselzeiten und die Ausschuss-Raten konnten gesenkt sowie die Ausstoßraten signifikant erhöht werden. Beim Fügen von Platinen müssen aufgrund der großen Schweißgeschwindigkeiten hohe Positioniergenauigkeiten gesichert werden. Mit der Entwicklung des sensorintegrierten Schweißkopfes BCO (Beam Control Optik) ist es gelungen, während des Laserschweißens nahezu vorlauffrei die Position des Stoßes zu erkennen und nahezu zeitgleich Abweichungen hochdynamisch zu korrigieren. Die schnelle Anpassung des Laserstrahls erfolgt durch einen im Schweißkopf integrierten Scannerspiegel. Damit können auch preisgünstige Industrieroboter mit geringen Anforderungen an Bahn- und Wiederholgenauigkeit für das Laserstrahlschweißen eingesetzt werden. Die kompakte Schweißoptik erfordert einen nur geringen Justage- und Wartungsaufwand. Die Arbeitsgruppe hat mit ihrem bedienerfreundlichen System eine preiswürdige technische Innovation realisiert.

Der **Nachwuchsförderpreis Lasertechnik** wird erstmals in 2006 verliehen und fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs an der RWTH Aachen im Bereich der Lasertechnik. Promovierte der RWTH Aachen, deren abgeschlossene Doktorarbeit und begleitende Projektarbeiten, einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung der anwendungsbezogenen Lasertechnik liefern und gleichzeitig einen hohen Nutzwert für die Wirtschaft vorweisen, werden mit dem Förderpreis ausgezeichnet.

So erfordert beispielsweise die Ultrapräzisionsbearbeitung in der optischen Industrie und im Werkzeug- und Formenbau anspruchsvolle Mikrostrukturprüfungen. Diese sind oft auf kleine Probengrößen beschränkt. Die von Herrn **Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Karsten Schneefuß** durchgeführte Dissertation an der RWTH Aachen beschreibt die **Entwicklung eines hybriden Messsystems zur In-Situ Form- und Rauheitsmessung mikrostrukturierter, optischer Funktionsflächen**. Das eingesetzte Verfahren beruht auf Basis der interferometrischen Formprüfung und der fourieroptischen Beugungsanalyse. Die wissenschaftliche Arbeit wurde in enger Zusammenarbeit mit mehreren Industriepartnern im Rahmen eines vom BMBF geförderten Forschungsprojektes durchgeführt. So konnte nachgewiesen werden, dass großflächige, mikrostrukturierte Oberflächen direkt in der Ultrapräzisionsmaschine gemessen werden können. Langlaufende Zerspanungsprozesse können damit wesentlich genauer als bisher überwacht werden. Weitere Anwendungsfelder sind die Herstellung asphärischer Faser- und Mikrooptiken sowie die Strukturierung großer Prägewalzen wie sie beispielsweise in der Flachbildschirmproduktion eingesetzt werden. Die Dissertation von Herrn Dr. Schneefuß verbindet in herausragender Weise wissenschaftliche Untersuchungen mit praxisrelevanten Anwendungen, so dass Innovationen unmittelbar folgen können.

Der AKL e.V. mit über 60 Mitgliedern wurde 1990 gegründet, um die faszinierenden Möglichkeiten, die das Werkzeug Laser in Hinblick auf Präzision, Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit eröffnet, durch Intensivierung des Informations- und Ausbildungsstandes für den industriellen Einsatz nutzbar zu machen. Heute sind viele der Anwendungsmöglichkeiten bekannt und die Prozesse erprobt. Dennoch werden ständig neue Laserstrahlquellen und Laserverfahren entwickelt, die zu innovativen und neuen Perspektiven in der industriellen Fertigung führen. In dieser sich schnell wandelnden Disziplin unterstützt ein Netzwerk wie der AKL e.V. effektiv Innovationsprozesse.

Weitere Informationen:

- **Zu den Preisträgern:** siehe ausführliche Darstellungen im Internet unter www.akl-ev.de

Auskünfte erteilt der Arbeitskreis Lasertechnik e.V., Steinbachstraße 15, 52074 Aachen, Ansprechpartner: Axel Bauer (Geschäftsführer), Tel: 0241/8906-194, Handy: 0170/3309769, Fax: 0241/8906-112, email: info@akl-ev.de

- **Zum Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL´06, 03.-05.05.2006:** www.ilt.fraunhofer.de/akl06

Auskünfte erteilt der Veranstalter: Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Steinbachstraße 15, 52074 Aachen, Ansprechpartnerin: Silke Boehr, Tel: 0241/8906-288, Fax: 0241/8906-121, email: akl06@ilt.fraunhofer.de

Anlage 1 zur Pressenotiz des Arbeitskreises Lasertechnik e.V. vom 03.05.2006

Innovationspreisträger Lasertechnik 2006 im Wettbewerbsfeld
‘Betriebliche Praxis’:

Lasermikrosintern



Prof. Dr.-Ing. Horst Exner
Professor für Physikalische Technik und Laseranwendungen an der Hochschule
Mittweida (FH) sowie Direktor des Laserinstituts Mittelsachsen e.V.
und Prorektor für Forschung

Die Einsatzbereiche der Innovation:

Sowohl die erprobten als auch die zukünftigen Einsatzbereiche des Lasermikrosinterns sind vielfältig. Hierzu zählen insbesondere der Werkzeug- und Formenbau (Mikroeinsätze mit Hinterschneidung, Elektroden zum Erodieren), der Fahrzeugbau (Rapid Prototyping, elektrische Miniaturfunktionsteile), die Kommunikationstechnik (Mikrokoppler), die Medizintechnik (Mikrokathederköpfe, Zahninlays, Innenohrteile, Mikrohandlungsteile), die Chemie und die Biotechnologie (Mikroreaktoren), die Mikrosystemtechnik (Mikrowärmetauscher, Mikroturbinen), die Mikrohandlungstechnik (Greifzangen mit integrierten Kanälen für Licht/Gas), die Lichttechnik (Wolframkathoden), die Röntgentechnologie (Wolframkollimatoren) sowie die Elektronenstrahltechnologie (Wolframkathoden).

Das Anwendungsgebiet:

Mittels Lasermikrosintern werden Bauteile aus Metall oder Keramik mit Strukturauflösungen bis zu 30 µm auf der Grundlage von 3D-Datensätzen generierend hergestellt. Das innovative Verfahren kann sowohl beim Rapid Prototyping von mikrostrukturierten Kleinteilen als auch bei einer individuellen Massenproduktion von Kleinteilen (z.B. Zahninlays) oder einer Serienproduktion von Mikroteilen angewandt werden. Insbesondere refraktäre Metalle (z.B. Wolfram) können erstmals in freien Formen schnell verarbeitet werden.

Die Problemstellung:

Das selektive Lasersintern (SLS) war bis zu Entwicklungsbeginn des neuen Verfahrens im Jahr 2001 bezüglich der Auflösung auf Werte > 200µm begrenzt. Das neue Verfahren Lasermikrosintern sollte weltweit erstmals die schnelle Erzeugung von freigeformten hochaufgelösten 3D Mikroteilen aus Mikro-/Nanopulver ermöglichen und in Dimensionen < 50 µm vordringen.

Die innovative Lösung:

Zur Realisierung des neuen Verfahrens waren zahlreiche Innovationen im Vergleich zu einer Standard Laser-Sintermaschine notwendig. Hierzu zählen:

- die Verlagerung der Rakelanlage in eine Vakuumkammer
- die Verwendung gütegeschalteter Nd:YAG - Laser
- die Verwendung zylinderförmigen Pulvervorrats- und Bauräume
- eine Ringrakel mit kreisförmiger Rakelbewegung
- die Bereitstellung mehrerer, unterschiedlicher Pulvervorräte

Auch der eigentliche Fertigungsprozess wurde weiterentwickelt durch:

- Verwendung nanoskaliger Pulver
- Rakeln dünnster Pulverschichten
- Verwendung eines speziellen Rakelregimes
- Verwendung eines speziellen Bestrahlungsregimes

Die Entwicklungsarbeiten führten zu insgesamt 14 nationalen Schutzrechtsanmeldungen (10 Patent- und 4 Gebrauchsmusteranmeldungen) sowie zu einer internationalen Patentanmeldung.

Die Hauptmerkmale der Innovation:

Mit dem Lasermikrosintern können völlig neue Produkte hergestellt werden. Die Realisation neuartiger Bauteilformen im Mikrobereich wird möglich.

Das generierende Verfahren senkt bei teuren Ausgangsmaterialien durch die pulversparende Technologie die Fertigungskosten.

Durch den Sinter-Prozess erhalten Produkte neue Oberflächeneigenschaften, die sich positiv auf den Einsatzbereich auswirken.

Als Rapid Prototyping Verfahren verkürzt das Lasermikrosintern Entwicklungszeiten.

Beschreibung der Innovation

Das neue Verfahren Lasermikrosintern ermöglicht weltweit erstmals die schnelle Erzeugung von freigeformten hochaufgelösten 3D Mikroteilen aus nanoskaligem Pulver mittels Laserstrahlung.

Durch die Verlagerung der Rakelanlage in eine Vakuumkammer können erstmalig bei einem SLS - Prozess Submikrometer- Pulver (bisher übliche Werte $\gg 10\mu\text{m}$) verarbeitet werden. Dies ermöglicht das Rakeln von Schichtdicken bis minimal $1\mu\text{m}$ (bisher übliche Werte $\gg 20\mu\text{m}$). Dadurch wiederum ist eine hohe Auflösung unter $30\mu\text{m}$ (bisher übliche Werte $> 100\mu\text{m}$) und eine gute Oberflächenqualität der generierten Bauteile erzielbar. Die Rauheit der erzeugten Oberflächen bewegt sich zwischen $1,5\mu\text{m}$ und $7\mu\text{m}$. Es können reine Metallpulver zu einer Bauteildichte von 40% bis 75% verarbeitet werden. Bereits hergestellt wurden Teile sowohl aus refraktären als auch niedrigschmelzenden Metallen wie z.B. Wolfram, Kupfer, Silber, Molybdän, Aluminium, Titan, Eisen und Stahl sowie Gemischen. Die Gemische erreichen eine Dichte von $> 95\%$. Weiterhin können auch keramische Materialien verarbeitet werden. Derzeit wird an SiC Keramik und verschiedenen oxidkeramischen Gemischen geforscht.

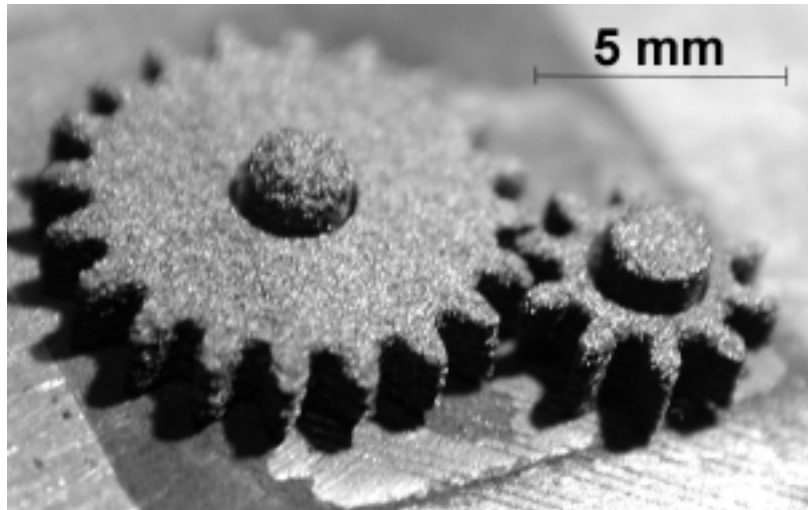
Die neuartigen Ringrakel erlauben den Pulverauftrag aus allen Richtungen. Dadurch können theoretisch beliebig viel Ringrakel an einem Bauraum arbeiten. Dies ermöglicht weltweit erstmals die Verwendung von mehr als zwei unterschiedlichen Pulvern in beliebiger Reihenfolge in einem Bauprozess. Dadurch können zukünftig gezielt Teile mit Materialgradienten oder Wechselschichten und daraus resultierend völlig neuartigen Eigenschaften erzeugt werden. Außerdem ist das Rakeln in durchgehend einer Richtung (z.B. zum Auftrag von Schlicker) möglich.

Es wurde gezeigt, dass das Verfahren zur Herstellung von kompliziert innenkonturierten Teilen, z.B. für die Halterung von Mikroobjekten, geeignet ist. Ebenso konnten Werkzeuge für den Mikrospritzguss und zum Erodieren generiert werden. Die Werkzeuge überstanden erste Einsatztests ohne Probleme. Für erhöhte Anforderungen an die Oberflächenqualität ist eine mechanische Nachbearbeitung möglich.

Durch die Verwendung von gütegeschalteten Nd:YAG - Laserpulsen zum Sintern konnte ein völlig neuartiger Prozess, der weder mit dem herkömmlichen Selektiven Lasersintern (SLS) noch mit dem Selektiven Lasermelting (SLM) vergleichbar ist, gestaltet werden. Beim Lasermikrosintern wird das Material durch Einwirkung des Laserpulses punktwise vertikal vernetzt. Es wird ein Anteil Schmelze erzeugt und ein Anteil verdampft, wodurch ein Rückstoß zur Verdichtung des Pulvers entsteht. Durch eine Vielzahl von Laserpulsen auf der Schicht entsteht eine horizontale Vernetzung und damit eine geschlossene Schicht, ohne dass Spannungen im Bauteil induziert werden. Die Prozessgeschwindigkeit kann mit der Erhöhung der Pulsfrequenz des Lasers fast linear erhöht werden. Begrenzend wirkt lediglich die Ablenkgeschwindigkeit des verwendeten Scanners.

Weiterführende Untersuchungen haben gezeigt, dass das Verfahren auch zu größeren Dimensionen in den Feinbereich skalierbar ist. Bei Erhöhung der Baugeschwindigkeit um eine Größenordnung geht die Auflösung auf immer noch akzeptable 60µm zurück. Durch die Skalierbarkeit nach oben können zukünftig auch feinstrukturierte Teile kostengünstig generiert werden. Ein physikalisch begründbares Ende der Entwicklung ist nicht abzusehen.

Durch die zahlreichen Innovationen gelang es in relativ kurzer Zeit ein für den Mikrobereich neuartiges Rapid Prototyping Verfahren zu entwickeln, das universell zur Erzeugung von mikrostrukturierten Metall- und zukünftig auch Keramikbauteilen eingesetzt werden kann.



Durch Lasermikrosintern hergestellte Zahnräder mit Welle. Es erfolgte keine Nachbehandlung. (Bildquelle: Hochschule Mittweida (FH))

Anlage 2 zur Pressenotiz des Arbeitskreises Lasertechnik e.V. vom 03.05.2006

Innovationspreisträger Lasertechnik 2006 im Wettbewerbsfeld
"Anwendungsnahe Wissenschaft":

Laserstrahlschweißoptik mit integrierter Nahtführung für Stumpf- und
Kehlnähte



Dipl.-Ing. Stefan Wischmann

Leiter des Bereiches Strahl- und Sensortechnik, Vertrieb/Engineering in der Division
Auto der ThyssenKrupp Steel AG, Duisburg

Die Einsatzbereiche der Innovation:

Zur Zeit wird die Innovation BCO (Beam Control Optik) in der Automobilzulieferindustrie eingesetzt. In Zukunft kann sie auf andere Branchen übertragen werden

Das Anwendungsgebiet:

Mittels eines robotergeführten Laserbearbeitungskopfes können für den Karosseriebau zweidimensionale Tailored Blanks im Stumpfstoß und mit Kehlnähten am Überlappstoß hergestellt werden.

Die Problemstellung:

Beim Laserstrahlschweißen von Platinen müssen hohe Positioniergenauigkeiten eingehalten werden, um qualitativ hochwertige Schweißnähte zu erzeugen. Bei robotergeführten Systemen ist dies insbesondere im Stumpfstoß und bei Kehlnähten im Überlappstoß problematisch und führte bisher zu hohen Ausschussraten.

Die innovative Lösung:

Die hohen Positioniergenauigkeiten werden durch nahezu vorlaufreres Messen der Bauteillage relativ zum Schweißkopf realisiert. Hierzu wurden die erforderlichen Systemkomponenten und Steuerungsmodule entwickelt und in einen systemunabhängigen Schweißkopf integriert. Dieser wurde in einer ersten industriellen robotergestützten Schweißanlage für 2D-Tailored Blanks erfolgreich erprobt. Die höchstdynamische Strahlableitung sorgt für eine unmittelbare Positionskorrektur des Bearbeitungsstrahles im laufenden Schweißprozess.

Die Hauptmerkmale der Innovation:

Die Entwicklung einer Laserstrahlschweißoptik mit integrierter Nahtführung für Stumpf- und Kehlnähte hat die Herstellung von 2D-Tailored Blanks im Hinblick auf Kosten und Qualität erheblich verbessert.

Die Herstellungskosten für ein bestehendes Produkt der Automobilzulieferindustrie konnten reduziert werden, da die Investitionskosten für die Fertigungssysteme niedriger und die Ausstoßraten höher sind als bisher.

Durch die deutliche Senkung der Produktwechselzeiten und die Erhöhung der Schweißgeschwindigkeiten konnte die Produktivität signifikant verbessert werden.

Die Qualität des Produktes konnte durch die BCO nochmals verbessert werden, was zu einer weiteren Reduktion der Schrottraten führte.

Die Bedienerfreundlichkeit der gesamten Laserschweißanlage wurde bei geringem Justage- und Wartungsaufwand erhöht.

Der innovative Schweißkopf mit integrierter hochdynamischer Strahlableitung ist in seiner Art ein neues Produkt auf dem Lasersystemmarkt.

Damit können auch preisgünstige Industrieroboter mit geringen Anforderungen an Bahn- und Wiederholgenauigkeit für das Laserstrahlschweißen eingesetzt werden.

Beschreibung der Innovation

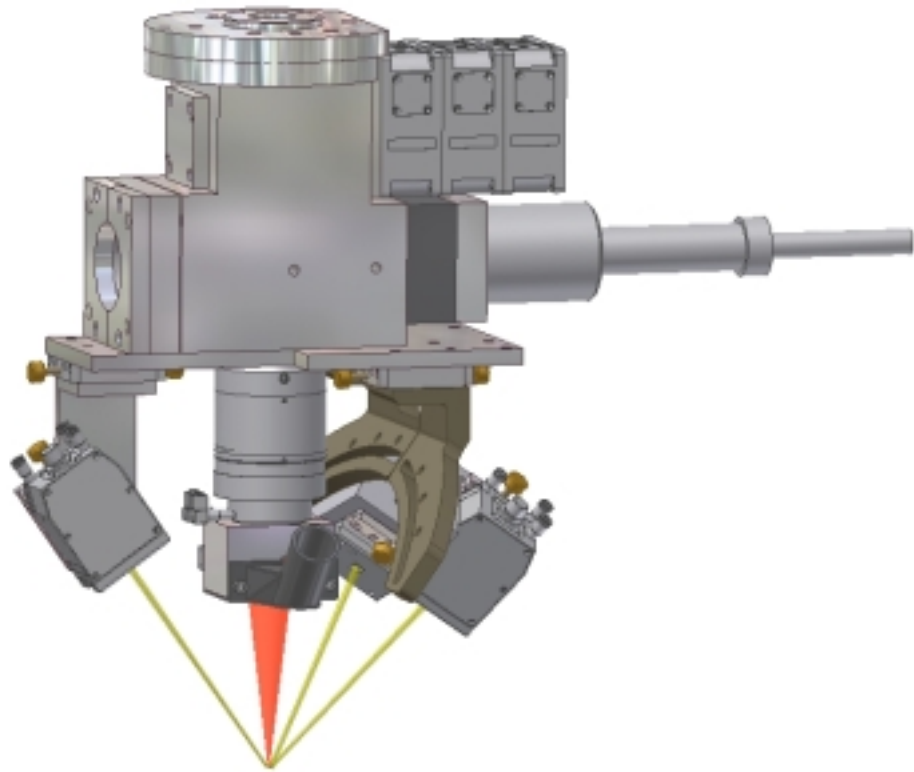
Der Anlass für den Entwicklungsstart im Jahre 2002 war die Erkenntnis, dass eine kostengünstige robotergestützte Alternative zu Portallaserschweißanlagen für das Schweißen von 2D-Tailored Blanks mit am Markt verfügbarer Systemtechnik nicht anforderungsgerecht zu realisieren war. Die bisherigen vorlaufenden Edgetrackingeinheiten, die an Portalanlagen installiert sind, können lediglich Bauteilpositionierfehler auf der Spannvorrichtung ausgleichen. Fehlpositionierfehler der Schweißoptik, die etwa durch ein Schwingen der Handlingsysteme hervorgerufen werden, können dagegen nicht anforderungsgerecht behoben werden. Ein Ausgleich dieser Fehlpositionierfehler muss prinzipiell sofort und nicht vorlaufverzögert stattfinden, da ein fester Koordinatenbezug für eine Vorlaufkorrektur erforderlich ist.

Mit der Entwicklung des sensorintegrierten Schweißkopfes BCO ist es gelungen, während des Laserschweißens nahezu vorlauffrei die Position des Stoßes zu erkennen und nahezu zeitgleich Abweichungen hochdynamisch zu korrigieren. Damit können auch preisgünstige Industrieroboter mit geringer Anforderung an Bahn- und Wiederholgenauigkeit für das Laserstrahlschweißen eingesetzt werden.

Folgende Projektschritte wurden durchgeführt:

- Entwicklung und Test einer während des Laserschweißens nahezu vorlauffrei messenden Edgetrackingeinheit mit hoher Messfrequenz, basierend auf einem nach dem Lichtschnittprinzip arbeitenden Sensor. Der Sensor musste entsprechend der Vorgaben möglichst innerhalb der Schweißoptik integriert werden, um die Auswirkungen von Z-Lagentoleranzen, den benötigten Einbauraum, die Anzahl der erforderlichen Wartungsintervalle sowie den Sensorjustieraufwand zu minimieren.
- Verarbeitung und Aufbereitung eines Sensorsignales zur Ansteuerung eines Scannerspiegels, um höchste Dynamik der Korrektur zu gewährleisten.
- Verknüpfung des Sensors mit dem optikintegrierten Scannerspiegel unter dem Gesichtspunkt der Produktionsanforderungen. Anschließend wurde ein Prototyp hergestellt, der nicht nur den Kippspiegel aufnimmt, sondern auch die Sensorkomponenten des Edgetrackers.
- Das System ging im September 2005 in die Produktion. Es konnte im Vergleich zu einer Portalanlage nicht nur die Investitionskosten, sondern auch die Einrichtzeiten signifikant reduzieren und die Schrottrate deutlich senken.
- Parallel wurden in einer eigenständigen Versuchsreihe die Grundlagen für eine optikintegrierte Nahtgeometrieentwicklung entwickelt. Das System wurde um die Variante mit optikintegrierter Nahtgeometrie im Januar 2006 erweitert.

Das System BCO stellt letztendlich eine autarke Einheit dar, die an beliebigen Handlungseinheiten geführt werden kann. Somit vereinfacht es trotz seiner eigenen Komplexität die Bedienung der Handlungseinheit und senkt den Verknüpfungsgrad in der gesamten Schweißanlage.



Beam Control Optik BCO zum online geregelten Laserstrahlschweißen (Bildquelle: Reis Lasertec GmbH, Würselen)

Anlage 3 zur Pressenotiz des Arbeitskreises Lasertechnik e.V. vom 03.05.2006

Nachwuchsförderpreisträger Lasertechnik 2006

In-Situ-Form- und Rauheitsmessung mikrostrukturierter, optischer
Funktionsflächen



Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Karsten Schneefuß
Assistent des Geschäftsführers im Geschäftsbereich Elektronik der Hella KGaA
Hueck & Co., Lippstadt

Thema der Dissertation:

Entwicklung eines hybriden Messsystems zur In-Situ-Form- und Rauheitsmessung mikrostrukturierter, optischer Funktionsflächen

Datum der Promotion:

13. Dezember 2005

Betreuende Professoren:

Prof. Dr.-Ing. Tilo Pfeifer, Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt,
Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement der RWTH Aachen
am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der RWTH Aachen
(WZL),
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Aachen – Abteilung Mess- und
Qualitätstechnik

Einsatzbereiche:

Optische Industrie, Werkzeug- und Formenbau

Anwendungsgebiete:

Herstellung optischer Funktionsflächen, Herstellung von Faser- und Mikrooptiken,
Strukturierung von großflächigen Prägewalzen für die Flachbildschirmherstellung

Beschreibung der Dissertation und der damit verbundenen Innovation:

Die Arbeiten von Dr. Karsten Schneefuß beinhalten die Entwicklung eines Systems zur In-Situ-Messung großflächig mikrostrukturierter, optischer Funktionsflächen. Das System soll in großflächige Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschinen integriert werden können, um dort vollautomatisch Form- und Rauheitsänderungen zu erfassen. Mit Hilfe der entwickelten Verfahren sollen vor allem lang laufende Strukturierungsprozesse (z.B. für Prägematrizen für die Flachbildschirmherstellung) mit Bearbeitungszeiten von über einer Woche sicher überwacht werden.

Steile Strukturgeometrien mit optischen Oberflächenqualitäten können mittels kommerziell verfügbarer Verfahren nur sehr eingeschränkt gemessen werden. Außerdem ist in den meisten Fällen die Messzeit für den Einsatz in einer Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine zu lang. Erfolgversprechend zeigt sich hingegen ein kombinierter bzw. hybrider Einsatz von lasergestützter Formprüfinterferometrie und fourieroptischer Strukturanalyse.

Die von Dr. Karsten Schneefuß durchgeführten Arbeiten gliederten sich im Rahmen seiner Promotion an der RWTH Aachen in drei Schwerpunkte:

- Entwicklung interferometrischer Formprüfverfahren für mikrostrukturierte Oberflächen
- Entwicklung fourieroptischer Auswertungsverfahren zur Überwachung von Mikrostrukturierungsprozessen und Realisierung eines kombinierten Messaufbaus
- Anwendung des hybriden Messsystems zur Analyse mikrostrukturierter Oberflächen und maschinenintegrierter Einsatz zur Überwachung großflächiger Ultrapräzisionsbearbeitungsprozesse

Zunächst wurden verschiedene Objektiv-, Fernrohr-, Mikroskop- und Linnik-Aufbauten zur gleichzeitigen Vergrößerung von Mikrostrukturen und Interferenzbildern analysiert. Mit diesen Systemen können typische Strukturgrößen von 25-500 μm gemessen werden. Dabei stehen bei der interferometrischen Formprüfung die hochgenaue Detektion von Winkelfehlern sowie von Form- und Radiusfehlern bei Mikrolinsenarrays im Vordergrund. Außerdem wurden Verfahren zur Messbereichserweiterung der interferometrischen Formprüfung erprobt. Anhand von simulierten und realen Messungen von Gitterstrukturen wurde die sequentielle Mehrwellenlängeninterferometrie für die Bestimmung von Oberflächenunstetigkeiten im Mikrometerbereich untersucht. Die entwickelte, modellgestützte Sub-Apertur-Interferometrie wurde erfolgreich zur Messung asphärischer Linsen angewandt.

Zur Geschwindigkeitssteigerung bei der Messung von Mikroprismen-, Würfecken- und CPC (Compound Parabolic Concentrator)-Arrays wurden die Grundlagen für interferometrische Nulltestmessungen im Mikrostrukturbereich geschaffen. Durch die simulationsgestützte Korrelation zwischen Wellenfrontfehlern bei großflächigen Messungen und dem Formfehler der einzelnen Nuten konnten Oberflächenbereiche von bis zu 70 mm^2 innerhalb weniger Sekunden analysiert werden. Ziel dieser Entwicklung war die schnelle Detektion vor allem von Formänderungen im Bearbeitungsprozess, die durch Dejustage des Diamantwerkzeugs verursacht werden können.

Neben der interferometrischen Formprüfung ist die fourieroptische Analyse ein wesentlicher Bestandteil des modular aufgebauten Messsystems zur Erfassung mikrostrukturierter Oberflächen. So wurden modellgestützt die Auswertungsparameter für Strukturbreiten-, Höhen- und Rauheitsänderungen sowie Strukturverkippen analysiert und anhand von Probekörpern verifiziert.

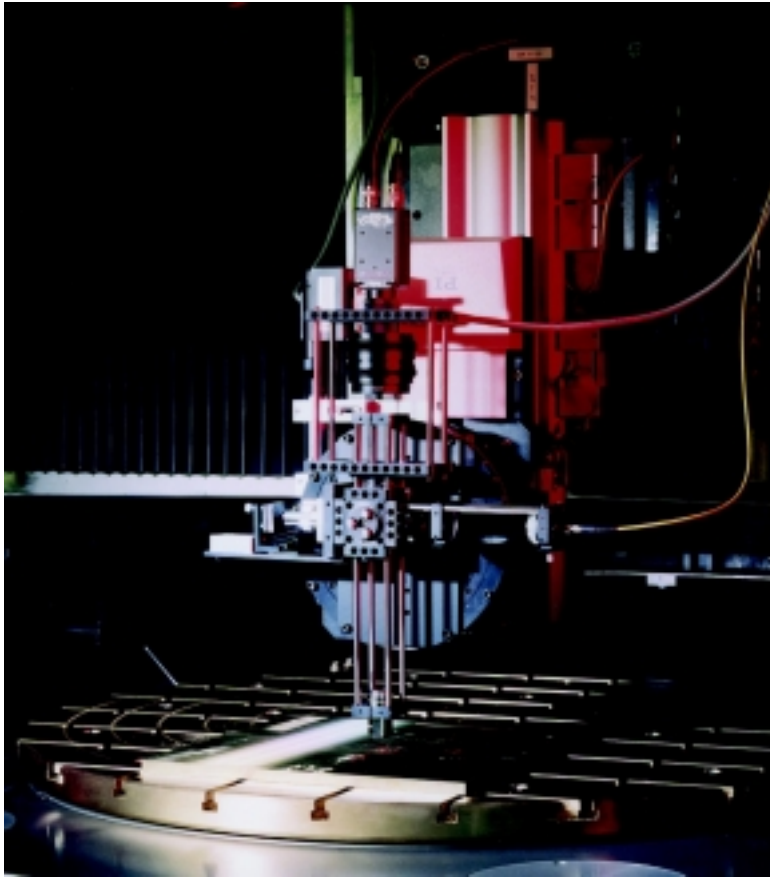
Das durch Zusammenführung der interferometrischen und der fourieroptischen Analyse realisierte hybride Messsystem ist ein Beispiel, wie durch modulare Anpassung optischer Messverfahren derzeit nicht oder nur unter großem Aufwand überwachbare Produktionsprozesse abgesichert werden können. So wurde das entwickelte Messsystem erfolgreich in eine großflächige Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine integriert. Auch unter Produktionsbedingungen konnten Standardabweichungen bei der interferometrischen Formmessung von unter sechs Winkelsekunden erreicht werden. Beim fertigungsintegrierten Einsatz sind allerdings zusätzliche Vorrichtungen zur Entfernung von Spänen und Bearbeitungsflüssigkeiten notwendig. Für die maschinenintegrierte Nutzung wurde ergänzend die vollautomatische Ausrichtung des Messsystems relativ zur Probenoberfläche über ein fünfschichtiges Positioniersystem realisiert und die Einbeziehung der Maschinenachsen untersucht.

Neben der Kontrolle ebener Mikrostrukturierungsprozesse kann das Messsystem in modifizierter Form auch zur Überwachung von Strukturierungen großer Prägewalzen eingesetzt werden. Dazu müssen die Messbereiche soweit angepasst werden, dass die Oberflächenkrümmung das Messergebnis nicht negativ beeinflusst bzw. rechnerisch kompensiert werden kann. Dieser Anwendungsfall ist vor allem deshalb von großer Bedeutung, da rotatorische Prägeprozesse als Endlosprozesse und damit sehr effizient und kostengünstig betrieben werden können.

Eine wesentliche Rolle bei der großflächigen Mikrostrukturierung bzw. Prozessüberwachung spielt die automatische Klassifizierung der detektierten Fehler. So können automatisch registrierte Formfehler analysiert und in gewissen Grenzen zu einer verbesserten Ansteuerung der Maschinenachsen oder der Werkzeugpositionierung genutzt werden. Festgestellte Rauheitsänderungen können nach strukturabhängiger Bewertung dazu verwandt werden, Diamantwerkzeuge automatisch auszuwechseln. Die Analyse und der Werkzeugwechsel geschehen heutzutage noch manuell, aber gerade bei der großflächigen bzw. lang laufenden Bearbeitung müssen diese Prozesse in naher Zukunft automatisiert werden.

Weitere Anwendungsgebiete für die entstandenen Entwicklungen sind die Mikrooptik und die Fasertechnologie. So werden zur Realisierung angepasster optischer Eigenschaften auf Faserenden sphärische oder asphärische Flächen sowie Freiformen und Mikrostrukturen eingebracht. Diese müssen zur Minimierung der Prüfkosten mit extrem schnellen Verfahren gemessen und Prozessveränderungen online detektiert werden. Hierfür bietet das hybride Messsystem erhebliche Vorteile gegenüber anderen Verfahren.

Vor allem die fourieroptische Analyse eröffnet die Möglichkeit, Strukturen bis in den Sub-Mikrometerbereich hinein charakterisieren zu können. Daher besitzen die entwickelten Methoden ausreichend Potenzial, die Ultrapräzisionsbearbeitung, die immer mehr in diese Dimensionen vorstößt, durch maschinenintegrierte Qualitätsregelkreise abzusichern. Die in den Arbeiten von Dr. Schneefuss vorbereiteten Themenfelder wie Automatisierung des Positionier- und Messvorgangs sowie die direkte Einbindung in die Produktionsmaschine werden dabei eine zentrale Rolle spielen.



Hybrides Messsystem zur In-Situ-Form- und Rauheitsmessung mikrostrukturierter, optischer Funktionsflächen (Bildquelle: Fraunhofer IPT, Aachen)