

InFocus

Magazin für Optische Messsysteme von Polytec

Abgestimmt: Simulation und Test

Experimentelle Modalanalyse
zur Validierung dynamischer Modelle

Identifikation und Simulation
des Nachgiebigkeitsverhaltens
eines Fräsroboters (Titelbild)

Seite 4

Entwicklung eines neuen
longitudinal-torsionalen
Ultraschall-Transducers

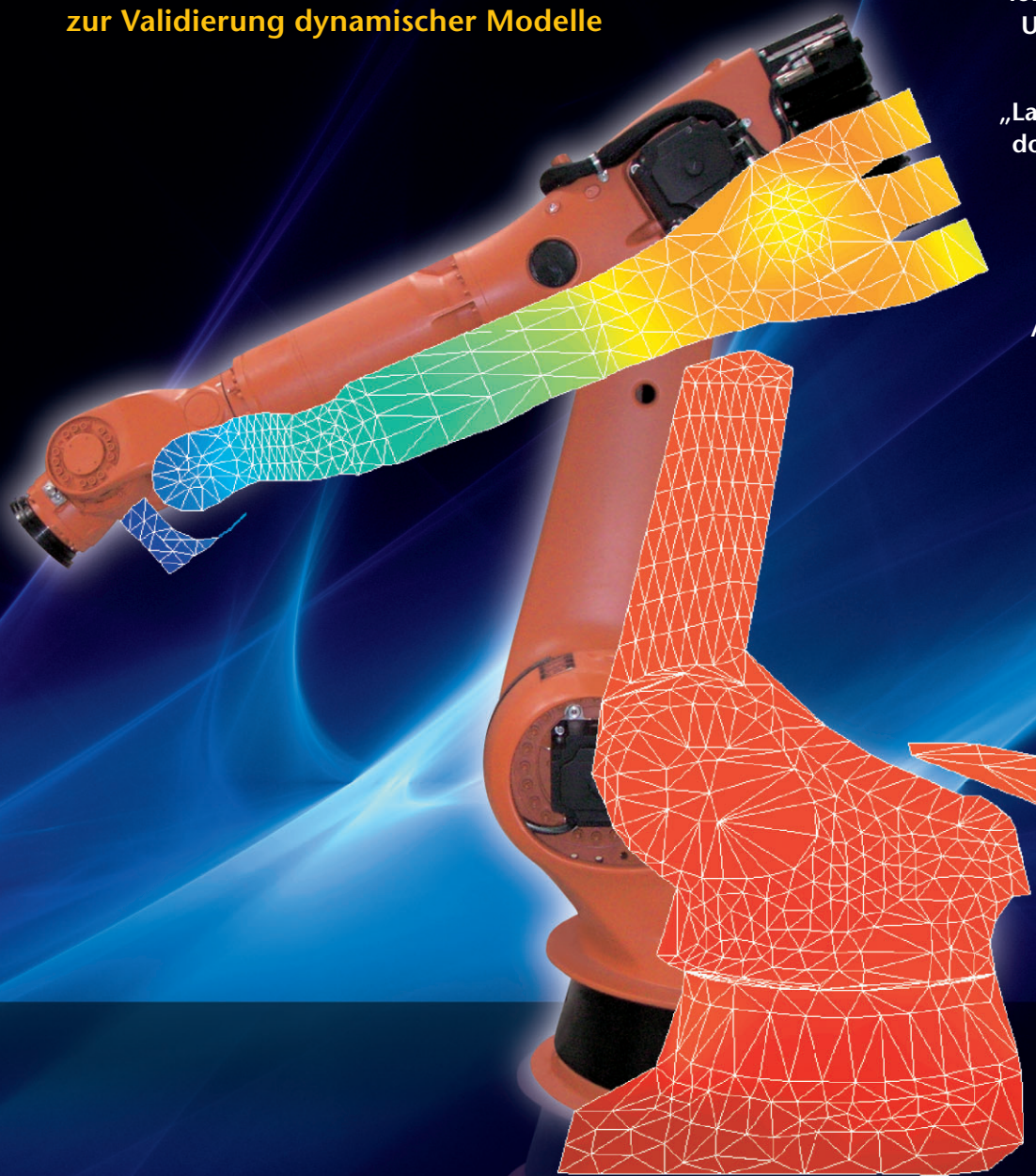
Seite 6

„Laservibrometer messen
dort, wo sonst kein Weg
hinführt“ (Interview)

Seite 15

Berührungsloses
Messen von Profilen,
Abständen und Dicken

Seite 16





Eric Winkler



Dr. Hans-Lothar Pasch

Liebe Leserin, lieber Leser,

die industrielle Produktentwicklung basiert heute entscheidend auf rechnergestützten, hocheffizienten Konstruktions- und Simulationstools. Wie gut ein Simulationsmodell bezüglich der Funktion eines Produktes oder einer Komponente die Wirklichkeit trifft, entscheidet sich aber erst im TEST – und hier werden schnelle und präzise Werkzeuge benötigt, um die experimentellen Daten für die Bewertung und Optimierung des Modells bereitzustellen.

Bei Schwingungs- und Akustikprüfungen vertrauen unsere Kunden seit 20 Jahren auf das Polytec Scanning Vibrometer. Mit dem neuen PSV-500, der inzwischen fünften Generation, haben wir diese weit verbreitete und anerkannte Technologie zur flächenhaften Schwingungsmessung jetzt noch leistungsfähiger, flexibler und noch intuitiver in der Bedienung gemacht.

Dieses 20-jährige Jubiläum feiern wir nun gemeinsam mit Ihnen, unseren Anwendern. Sie haben stetig Ihre Ideen zur Weiterentwicklung unserer Produkte an uns weitergegeben und uns damit auf dem Weg – welcher vor 25 Jahren mit dem ersten faseroptischen Laservibrometer begonnen hat – zur Marktführerschaft begleitet.

In diesem Heft finden Sie viele interessante Berichte unserer Anwender, unter anderem über Simulationsuntersuchungen an Robotern, Ultraschallbohrern und Fräsmaschinen, dazu ein Interview über den Einsatz von Industrie-Vibrometern in der Produktionslinie sowie die aktuellsten Produktinformationen.

Interessante Anregungen und viel Freude beim Lesen wünschen Ihnen

Eric Winkler
Leiter des Geschäftsbereichs
Optische Messsysteme

Dr. Hans-Lothar Pasch
Geschäftsleitung
Polytec GmbH

Polytec News
Seite 3

Schwerpunkt Simulation und Modalanalyse

Identifikation und Simulation des Nachgiebigkeitsverhaltens eines Fräsroboters
Seite 4

Entwicklung eines neuen longitudinal-torsionalen Ultraschall-Transducers
Seite 6

Thermomechanische Charakterisierung von Metallen unter extremen Bedingungen
Seite 8

Untersuchung von Schwingungen bei Fräsvorgängen
Seite 10

Anwendungen in Forschung und Produktion

Bestimmung von Schwingungsmustern im menschlichen Gesicht während der Stimmbildung
Seite 12

Noise-Vibration-Harshness-(NVH)-Analyse bei MAN in Nürnberg
Seite 14

„Laservibrometer messen dort, wo sonst kein Weg hinführt“
Interview mit Dipl.-Ing. Olaf Strama, MEDAV GmbH
Seite 15

Revolution in der Produktionslinie durch berührungsloses Messen von Profilen, Abständen und Dicken
Seite 16

Produktneuheiten
Seite 17

Produktübersicht
Seite 18

Veranstaltungen
Seite 20

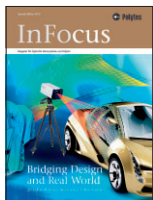
Polytec expandiert in neue Räume



Wie geplant konnten die auf 8.000 qm Fläche neu fertiggestellten Geschäftsräume schon im September von der Polytec-Fertigungsmannschaft mitsamt ihrem Maschinenpark, den Vertriebs- und Applikationskollegen des Geschäfts-

bereichs Optische Messsysteme sowie einigen zentralen Unternehmensbereichen bezogen werden. Momentan wird noch die neue, große Akustikhalle für roboter-gesteuerte Schwingungsmessungen fertig gestellt. Auch die Außenanlagen stehen

kurz vor ihrer Vollendung. In den Büros und Labors aber herrscht bereits Hochbetrieb, damit wir Sie und Ihre Projekte zu jeder Zeit so unterstützen können, wie Sie es von uns gewohnt sind.



Die neue Scanning Vibrometer-Generation

Spitzentechnologie im neuen, kompakten Design

Das PSV-500 Scanning Vibrometer ist die neueste Generation einer Technologie, die unseren Kunden seit vielen Jahren hilft, die Brücke zwischen computergenerierten Struktur- und Funktionsmodellen und den realen dynamischen und akustischen Eigenschaften ihrer Produkte zu schlagen. Diesen Schritt feiern wir mit einer Jubiläumsausgabe unseres InFocus Kundenmagazins, in der wir die Innova-

tionen des neuen Systems vorstellen und uns gleichzeitig ganz herzlich bei unseren Kunden bedanken. Sollten Sie das Magazin bisher noch nicht erhalten haben, können Sie es hier downloaden und bestellen: www.polytec.de/infocus.

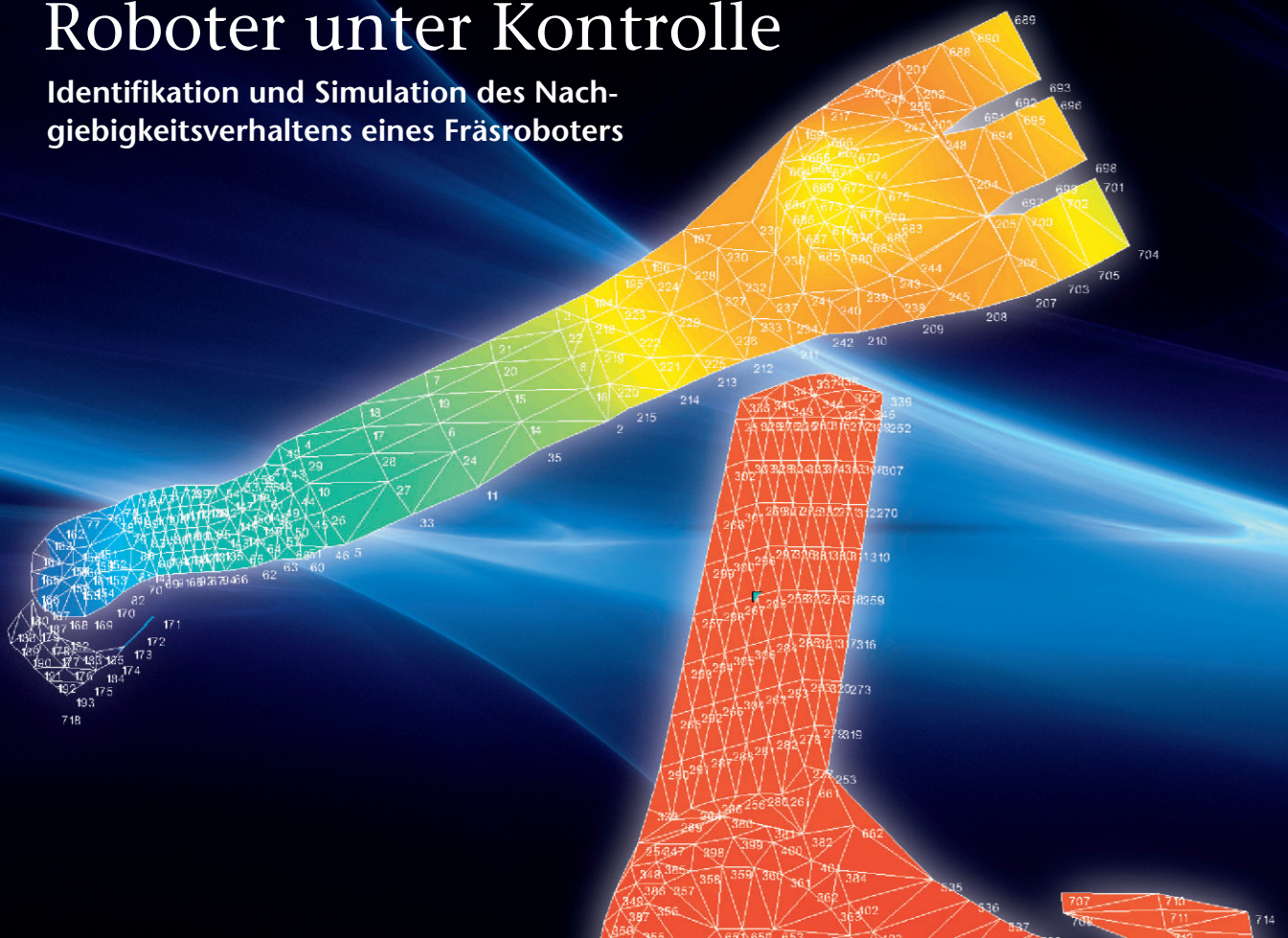


Jubiläum: 25 Jahre Laservibrometer von Polytec

Das erste faseroptische Laservibrometer, welches bereits Einpunkt- und differenzielle Schwingungsmessungen bis 1 MHz erlaubte, stellte Polytec 1987 vor. Diese Messtechnik erwies sich schnell als hervorragend geeignet beispielsweise für die Datenspeicherindustrie, um das Schwingungsverhalten winziger Festplattenkomponenten zu testen, und wurde zur Basis des Erfolgs, der bis heute zur unangefochtenen Weltmarktführerschaft bei Laservibrometern geführt hat.

Roboter unter Kontrolle

Identifikation und Simulation des Nachgiebigkeitsverhaltens eines Fräsroboters



In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, mit dessen Hilfe die Steifigkeitsparameter eines Industrieroboters durch Messungen mit einem 3D-Scanning-Vibrometer identifiziert werden. Dabei lassen sich sowohl die Kippsteifigkeiten der Getriebe als auch der Lager berechnen. Die Verarbeitung dieser Parameter in einem recheneffizienten Simulationsmodell ermöglicht die Bestimmung der Abdrängung des Roboters in Echtzeit.

Einleitung

Für die spanende Bearbeitung werden derzeit fast ausschließlich Werkzeugmaschinen eingesetzt. Fräsroboter haben zwar viele Vorteile, eignen sich aber aufgrund der hohen Nachgiebigkeit der Roboterstruktur lediglich für Aufgaben mit geringen Genauigkeitsanforderungen und niedrigen Zerspankräften. Um die erzielbare Genauigkeit bei der Fräsbearbeitung mit Industrierobotern zu erhöhen, wird am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der TU München ein modellbasiertes Regelungssystem

zur Kompensation der kraftbedingten statischen Verlagerungen entwickelt.

Die Herausforderung beim Aufbau des Simulationsmodells besteht neben der zwingenden Echtzeitfähigkeit in der präzisen Bestimmung der Nachgiebigkeitsparameter des Roboters. Dabei sollen die Kippsteifigkeiten der Getriebe und der Lager berücksichtigt werden.

Zur Bestimmung der Steifigkeitsparameter eines Roboters existiert bislang kein Verfahren, das es erlaubt, mit geringem messtechnischen Aufwand das statische Nachgiebigkeitsverhalten der Getriebe,

der Lager und der Strukturkomponenten mit hoher Genauigkeit zu identifizieren. Um dies zu erreichen, wird im Folgenden eine Methode vorgestellt, mit deren Hilfe die Verlagerungen einzelner Punkte der Roboterstruktur hochgenau bestimmt und daraus die gesuchten Steifigkeitsparameter berechnet werden können. Hierbei kommt ein 3D-Scanning-Vibrometer zum Einsatz.

Messaufbau

Die Messungen werden an einem Industrieroboter vom Typ KR 240 R2500 prime der KUKA Roboter GmbH durchgeführt. Am Flansch des Roboters ist eine Frässpindel montiert, an deren Gehäuse über einen doppelt wirkenden Pneumatik-Zylinder eine Kraft im Bereich von mehreren Kilonewton aufgebracht werden kann (Bild 1, links). Der Belastungszyklus sieht sowohl eine Zug- als auch eine Druckbeanspruchung des Roboters vor. Um die Signalqualität des eingesetzten optischen Messsystems zu verbessern, werden sämt-

liche Messpunkte mit retroreflektierender Folie beklebt. Zudem wird hinter dem Roboter ein Spiegel aufgestellt, um auch Punkte auf der abgewandten Seite erfassen zu können.

Das verwendete 3D-Scanning-Vibrometer der Firma Polytec besteht aus drei Scanköpfen, die an einem Stativ gelagert sind. Bei der Messung werden die Laserstrahlen aller Scanköpfe auf einen Punkt zusammengeführt und die Schwinggeschwindigkeit entlang der drei Laserstrahlen bestimmt. Durch die Kenntnis der aktuellen Positionen der Scannerspiegel und der Messköpfe im Raum kann durch trigonometrische Transformation der Rohdaten die dreidimensionale Bewegung des aktu-

ellen Punktes berechnet werden. Auf diese Weise wird für jeden Messpunkt der Geschwindigkeitsvektor während eines Belastungszyklus des Roboters aufgezeichnet. Durch eine numerische Integration der Geschwindigkeitsdaten wird die Verlagerung aller Messpunkte bestimmt.

Berechnung der Steifigkeitsparameter aus den Messergebnissen

Bild 2 zeigt die resultierenden Verlagerungsbilder einer Messung, bei welcher der Roboter ausschließlich in Richtung der z-Achse belastet wurde.

Es ist eine Verkipfung um die Getriebeachse des zweiten und dritten Gelenks erkennbar. Zudem zeigt sich eine Verdrehung des ersten Gelenkes um die y-Achse,

welche sich aufgrund der Hebelverhältnisse deutlich auf die Verlagerung des Tool-Center-Point (TCP) auswirkt. Dieses Beispiel verdeutlicht die Notwendigkeit, auch die Lagersteifigkeit der einzelnen Achsen bei der Modellierung des Nachgiebigkeitsverhaltens des Roboters zu berücksichtigen. Die Steifigkeitsparameter der Gelenke werden nach einem hier nicht näher dargestellten Berechnungsalgorithmus aus der Verdrehung der jeweils angrenzenden Strukturkomponenten bestimmt.

Weiterverwendung der Steifigkeitsparameter

Die ermittelten Parameter werden in einem analytischen Steifigkeitsmodell des Roboters verwendet, um dessen Nachgiebigkeitsverhalten in Echtzeit zu berechnen. Damit auch die aktuelle Achsstellung des Roboters berücksichtigt werden kann, wird das Modell mit der Robotersteuerung gekoppelt. Entsprechen der berechneten Verlagerungen werden Offset-Signale an die Steuerung übermittelt, so dass kraftbedingte Verlagerungen des Roboters, wie sie beispielsweise beim Fräsen auftreten, steuerungstechnisch kompensiert werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mit Hilfe des PSV-400-3D Scanning Vibrometers eine echtzeitfähige Prognose und somit eine steuerungstechnische Kompensation der Verlagerung des Tool Center Point aufgrund der wirkenden Last möglich ist. Im nächsten Schritt wird ein Algorithmus zur Nachbearbeitung der Messdaten entwickelt, um die Genauigkeit bei der Bestimmung der Gelenk-Verdrehwinkel noch weiter zu verbessern. Hiermit soll es möglich sein, auch die Nachgiebigkeit der Strukturkomponenten des Roboters zu erfassen und in das Nachgiebigkeitsmodell zu integrieren.

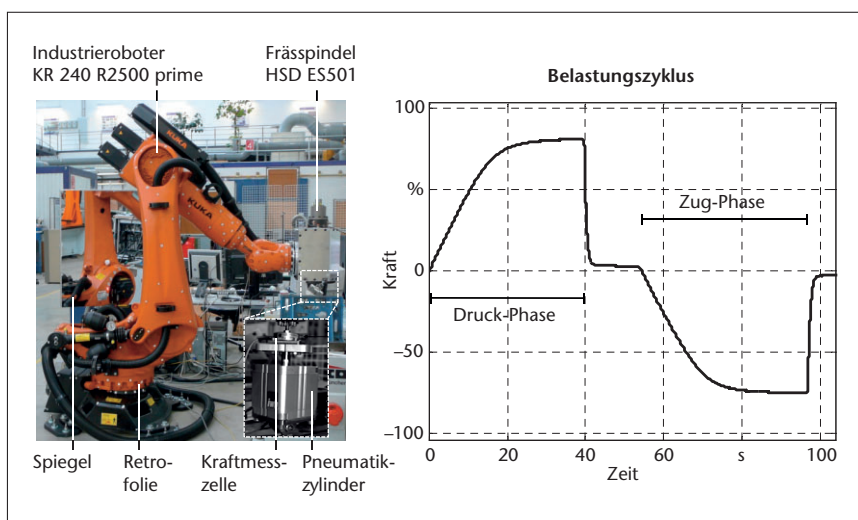


Bild 1: Messaufbau (links) und qualitativer Verlauf der wirkenden Kraft (rechts)

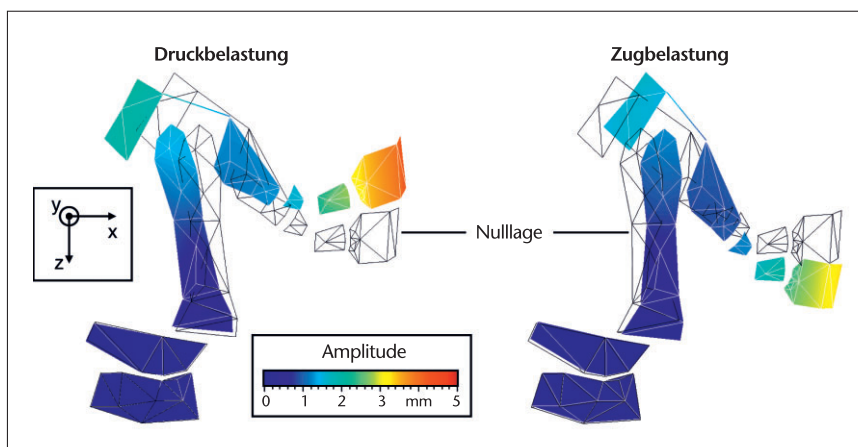


Bild 2: Auslenkung des Roboters bei Zug- bzw. Druckbelastung

Autoren · Kontakt

Oliver Rösch, Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh
oliver.roesch@iwb.tum.de

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, TU München

www.iwb.tum.de

Bohrer für Erde und Weltraum

Entwicklung eines neuen longitudinal-torsionalen Ultraschall-Transducers



Die Modellierung komplexer Überlagerungen unterschiedlicher Schwingungsmoden zu verifizieren ist ein notwendiger Schritt in der Entwicklung eines neuartigen energieeffizienten Ultraschallbohrwerkzeugs. Die 3D-Laservibrometrie liefert die passenden Daten für diese Aufgabe.

Solche Messungen werden an der Universität Glasgow durchgeführt, um die Leistung longitudinal-torsionaler (L-T)-Sonotroden zu optimieren. L-T-Ultraschall-Schwingungen werden in vielen unterschiedlichen Bereichen genutzt, beispielsweise bei chirurgischen Geräten, beim industriellen Ultraschallschweißen oder bei Ultraschall-Motoren.

Die Wissenschaftler in Glasgow entwickeln sogar Ultraschall-Bohrer für die Erkundung ferner Planeten. Wegen der geringen Gravitation und des dadurch mangelnden Anpressdrucks benötigen beispielsweise Erkundungsfahrzeuge auf dem Mars spezielle Vorrichtungen, um Löcher für die Probenentnahme zu bohren.

Maßgeschneiderte Ultraschall-Eigenschaften

Eine Sonotrode, auch als Horn bezeichnet, ist eine Metallstange, die normalerweise zur Vergrößerung der Wegamplitude eines Ultraschall-Wandlers verwendet wird. Diese Komponente ist notwendig, um die akustische Energie des Ultraschall-Wandlers effizient in die zu bearbeitenden Medien einzukoppeln. Die Sonotrode ist in der Regel ein massiver Metallstab mit rundem Querschnitt und unterschiedlichen Profilen in Längsrichtung. Die Länge des Horns muss so abgestimmt werden, dass sie einem Vielfachen der halben Wellenlänge der Ultraschallfrequenz im Sonotrodenmaterial entspricht. Dadurch

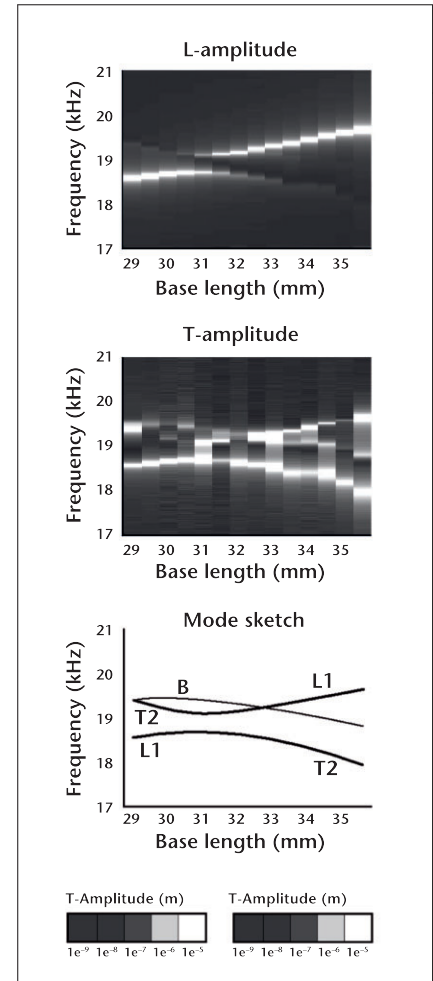


Bild 1: Die Interaktion der Moden eines Ultraschall-Stufenhorns, während dessen Form schrittweise verändert wird

wird eine mechanische Resonanz hervorgerufen.

Um longitudinal-torsionale Schwingungen anzuregen, wurden hier zwei verschiedene Ansätze verfolgt: zum einen die Kopplung von longitudinalen und torsionalen Moden und zum anderen die Wandlung einer ursprünglich longitudinalen Mode in eine longitudinal-torsionale Bewegung mit Hilfe spiralförmiger Nuten in der Sonotrode, auch als Moden-Degeneration bezeichnet. Die Kopplung von longitudinalen und torsionalen Schwingmoden erwies sich als schwierig, weil bei inkrementeller Änderung der Horn-Geometrie die zwei Eigenfrequenzen sich zwar annähern, sich dann aber ohne Schnittpunkt wieder voneinander entfernen.

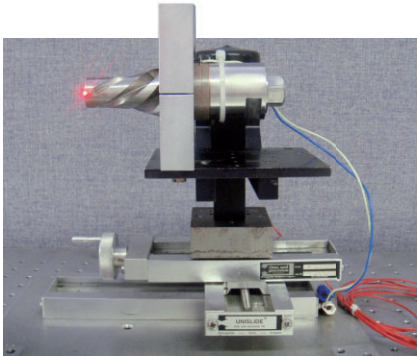


Bild 2: Der neue L-T-Transducer

Ein Beispiel: ein einfaches Titan-Stufenhorn von der Größe einer halben Ultraschall-Wellenlänge wird untersucht, während die Höhe der Hornbasis schrittweise verkürzt wird. Mit einem Polytec 3D-Laservibrometer-System werden die longitudinalen (L) und tangentialen (T) Schwingungsamplituden gemessen. Daraus kann die Interaktion der ersten longitudinalen Mode (L1), der zweiten torsionalen Mode (T2) und einer Biegemode (B) miteinander abgeleitet werden (Bild 1).

Es erweist sich als sehr schwierig, eine funktionierende Kopplung zwischen den Moden herzustellen. Daher neigen Sonotroden, die auf diesem Ansatz beruhen, zu einem trägen bzw. verzögerten Reaktionsverhalten. Alternativ benötigen sie zwei unterschiedlich polarisierte Piezostapel im Wandler, um die beiden Moden getrennt anzuregen, was den technischen Aufwand erhöht.

Die Methode der Moden-Degeneration wird daher als vielversprechender angesehen und für die neue Sonotrode (Bild 2) eingesetzt. Die Sonotrode schwingt in der gewünschten longitudinal-torsionalen Richtung, wenn die longitudinale Schwingmode durch einen einzelnen piezo-keramischen Block angeregt wird.

Experimentelle Modalanalyse

Um das modale Verhalten der Sonotrode im Arbeitspunkt zu bestimmen, wird eine experimentelle Modalanalyse durchgeführt. Die Effektivität der Sonotrode wird durch die „Torsionalität“ – das Verhältnis von torsionaler zu longitudinaler Schwingungs-Amplitude – charakterisiert.

Die Schwingungsdaten des Ultraschallhorns werden mit dem 3D-Laservibrometer aufgenommen, wobei die Rückwirkungsfreiheit der Messung für die Anwendung besonders wichtig ist: Eigenfrequenz, Schwingformen und Dämpfung des Messobjektes werden durch die Messung selbst nicht beeinflusst, egal ob ohne oder mit Materialkontakt gemessen wird.

Das 3D-Laservibrometer erfasst Schwingungskomponenten in drei Raumrichtungen an einem Messgitter von Oberflächenpunkten. Eigenfrequenzen und Schwingmoden werden dann mit Hilfe der ME'scope Modalanalyse-Software ermittelt. Die Ergebnisse ermöglichen die Bewertung von Schwingungseigenschaften im Arbeitspunkt der Sonotrode sowie die Ermittlung des Frequenzabstandes zwischen der gewünschten Schwingungsmoden und angrenzenden, ungewollten Moden.

Die Schwingungsmessungen können dann zur Validierung von Finite-Elemente (FE)-Modellen der Sonotrode herangezogen werden (Bild 3).

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass das betrachtete Modell zuverlässig zur Entwicklung neuer Sonotroden-Formen verwendet werden kann. Darüber hinaus ermöglicht es die Charakterisierung des longitudinal-torsionalen Schwingungsverhaltens mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit der Ultraschallwerkzeuge zu maximieren.

Autoren · Kontakt

Hassan Al-Budairi, Dr. Patrick Harkness,
Prof. Margaret Lucas
h.al-budairi.1@research.gla.ac.uk;
margaret.lucas@glasgow.ac.uk

University of Glasgow,
School of Engineering, UK

www.gla.ac.uk/schools/engineering

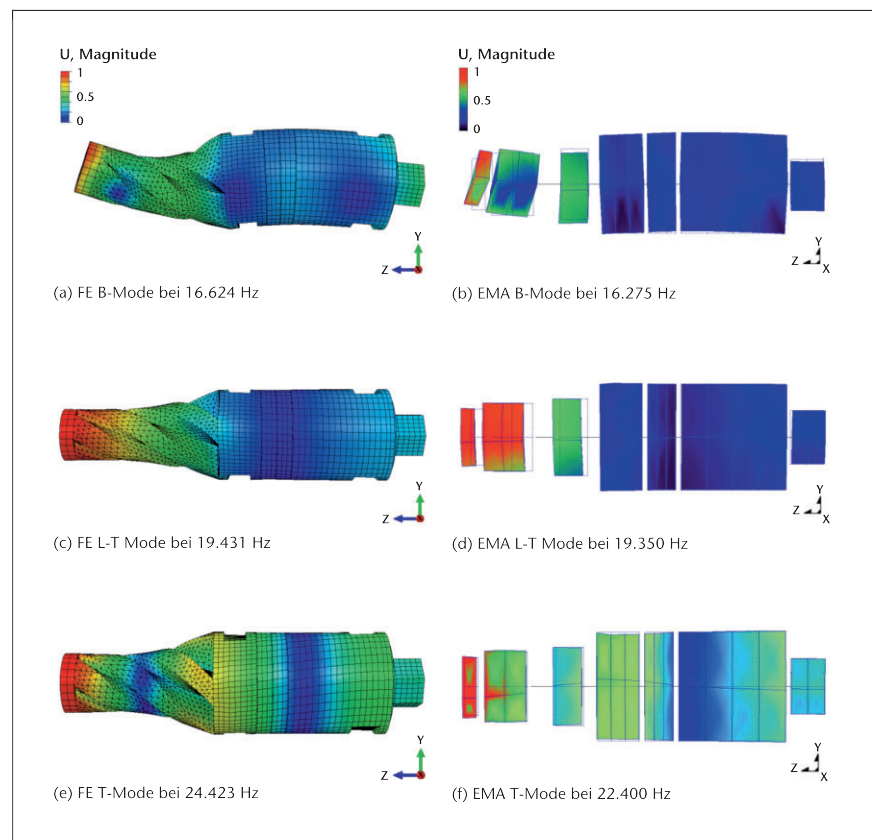


Bild 3: Modellerte und gemessene Schwingmoden der Sonotrode, dargestellt mit Simulia Abaqus und Vibrant Technologies ME'scope

Metalle im Grenzbereich

Thermomechanische Charakterisierung von Metallen unter extremen Bedingungen mit dem Laservibrometer

Im Rahmen eines britischen Programms zur Entwicklung von Hochleistungs-Targets für eine Neutrino-Fabrik wurde eine neue dynamische Methode zur thermomechanischen Charakterisierung möglicher Target-Materialien (Wolfram, Tantal und Molybdän) entwickelt.

Diese Metalle sollen in Targets zukünftiger Hochleistungs-Teilchenbeschleuniger verwendet werden, wo sie häufig einer Kombination aus hohen mechanischen Belastungen und sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Um die Lebenserwartung der Targets und von Komponenten des Target-Systems in solchen Umgebungen abschätzen zu können, müssen die Materialien unter extremen Bedingungen getestet werden.

Versuchsaufbau

Bei dieser Methode wird ein dünner Draht des zu testenden Materials mit einem starken Strompuls beaufschlagt und aufgeheizt. Der Strompuls wird mit Hilfe der Stromversorgung der Magneten des Teilchenbeschleunigers erzeugt (Bild 1). Die Metalldrähte befinden sich in einer Vakuum-Kammer, um nicht zu oxidieren. Damit der Impuls eine ausreichende thermische Belastung generieren

kann, muss der Draht sehr dünn sein (weniger als 1 mm Durchmesser). Mit Hilfe einer geeigneten Impulswiederholrate werden die Drähte während des Versuchs auf 2.650°C erhitzt. Ein Einpunkt-Laser-vibrometersystem, bestehend aus einem OFV-534 Messkopf und einem OFV-5000 Vibrometer-Controller, misst die radialen sowie longitudinalen Schwinggeschwindigkeiten und -wege der Drähte, letztere durch Messung auf der Drahtspitze. Drei unterschiedliche Vibrometer-Decoder (VD-02, VD-05 und DD-300) decken den gesamten Amplituden- und Frequenzbereich der Schwingungen ab. Ein optisches Pyrometer erfasst die Drahttemperatur am Ort der Vibrometer-Messung.

Ergebnisse

Bild 3 zeigt die radiale Schwinggeschwindigkeit des Wolframdrahtes, gemessen mit dem Laservibrometer bei unterschiedlichen Temperaturen. Bei $t = 0$ startet der Strompuls, der Draht beginnt zu kontrahieren und sich auszudehnen. Nach etwa $1 \mu\text{s}$ erreicht der Draht eine neue Nullage und beginnt um diese Position zu oszillieren. Die Zeitskala in Bild 3 beginnt mit $t < 0$, um den relativ geringen Rauschpegel des Vibrometers zu illustrieren. Experimentelle Daten und Rechenwerte des Finite-Elemente-Modells (LS-DYNA) zeigen eine sehr gute Korrelation. Aus der Frequenz der radialen Schwingungen lassen sich anschließend die Elastizitätsmodule des Drahtmaterials als Funktion der Temperatur extrahieren. Bild 4 zeigt einen Vergleich der Messwerte für Wolfram Elastizitätsmodul aus anderen Quellen.

Zur Bestimmung der Dehngrenze wird die Stromstärke im Draht schrittweise erhöht, bis der Draht anfängt sich zu biegen oder zu knicken. Die vom Vibrometer erfasste radiale Oberflächengeschwindigkeit (siehe Bild 3) wird verwendet, um die Dehnungsgeschwindigkeit während des Tests zu ermitteln. Der Vibrometer-Messkopf besitzt eine Hochgeschwindigkeitskamera, welche die Dehnung des Drahtes aufzeichnet. Es ist zu beobachten, dass das Signal der radialen Schwinggeschwin-

digkeit mit beginnender plastischer Verformung zunehmend verrauscht. Die visuelle Beobachtung zusammen mit der Änderung der Signalqualität zeigt also an, dass der Draht dem Reißen nahe ist. Bild 5 zeigt die mechanische Spannung, die nötig ist, um Drähte aus Molybdän, Wolfram und Tantal bei verschiedenen Temperaturen zum Reißen zu bringen.

Schlussfolgerungen

Verschiedene als Target für die Neutrino-Erzeugung geeignet erscheinende Materialien wurden unter Bedingungen getestet, die beim Betrieb des Beschleunigers herrschen. Hierzu wurde eine neue dynamische Methode zur thermomechanischen Charakterisierung von Materialien unter extremen Bedingungen entwickelt. Dieses Verfahren kann dabei helfen, die Konsistenz verschiedener grundlegender Modelle zu überprüfen.

Autoren · Kontakt

Dr. Goran Škoro, Dr. J. R. J. Bennett,
Dr. T. R. Edgecock
goran.skoro@stfc.ac.uk
ISIS Facility, STFC, Rutherford Appleton
Laboratory, Harwell Oxford, UK
www.isis.stfc.ac.uk

Danksagung

Diese Arbeit wurde vom Science and Technology Facilities Council (UK) unterstützt.

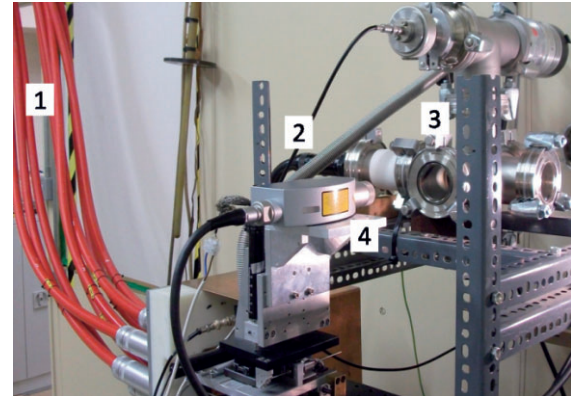


Bild 1: Versuchsaufbau. Koaxialkabel (1) leiten den Strompuls vom Netz in ein einzelnes Kabel (2), das mit dem Prüfdraht verbunden ist. Der Draht ist in einer Vakuumkammer (3) befestigt. Mit einem Laservibrometer (4) werden die Schwingungen des Drahts gemessen.

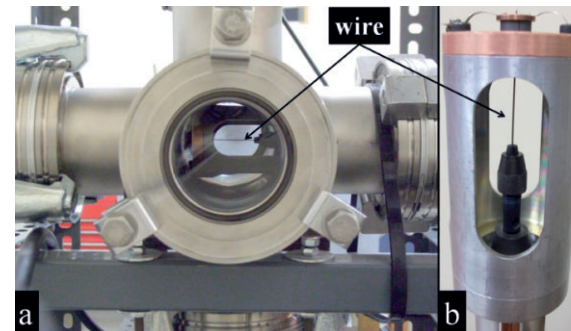


Bild 2: Aufnahme eines 0,75 mm starken Wolframdrahts während der Messung (a) und vergrößerte Darstellung der Befestigung des Drahts (b)

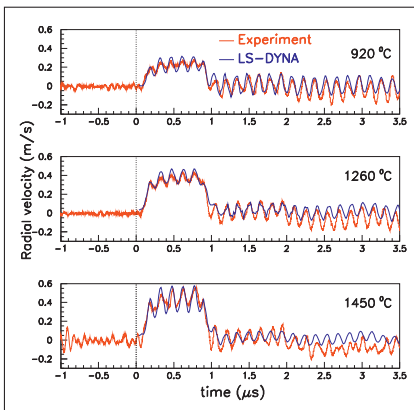


Bild 3: Gemessene (rot) und berechnete (blau) radiale Schwinggeschwindigkeiten eines 0,5 mm starken Wolframdrahts bei verschiedenen Temperaturen

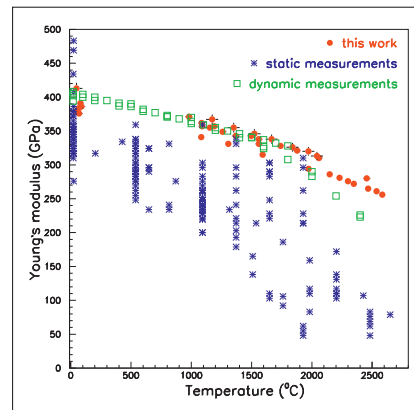


Bild 4: Vergleich der aktuellen Messergebnisse (rot) mit früheren Werten für den Elastizitätsmodul von Wolfram

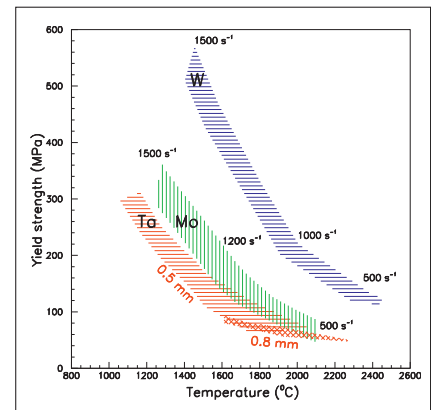
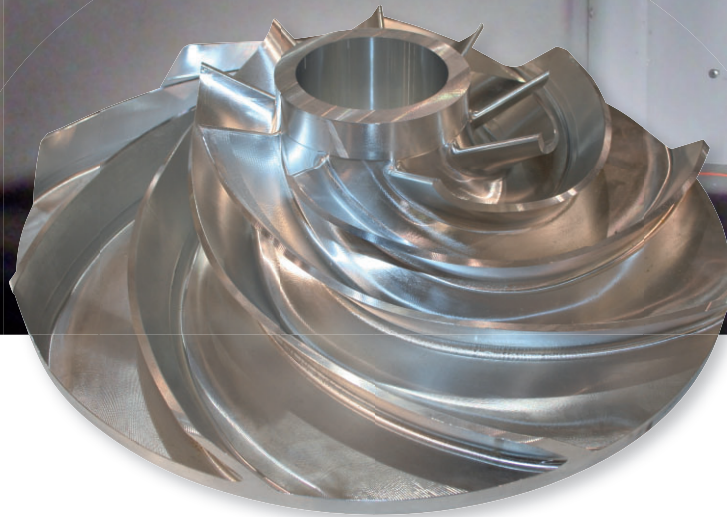


Bild 5: Dehngrenze in Abhängigkeit von der Temperatur für Tantal- sowie Wolfram- und Molybdän-Draht, letztere mit Angabe der charakteristischen Dehnungsgeschwindigkeit



Mechanische Bearbeitung optimiert

Untersuchung von Schwingungen bei Fräsvorgängen

Bei der zerspanenden Bearbeitung sind Ratterschwingungen nach wie vor der limitierende Faktor für eine schnelle Materialabtragung. Ratterschwingungen treten infolge einer Selbstanregung der Werkzeuge während des Fräsvorgangs auf. Dabei werden durch die Schneidkräfte Schwingungen der Gesamtstruktur, bestehend aus Werkzeug und Werkstück, angeregt.

Periodische Unebenheiten der Oberfläche, die während der Bearbeitung durch oszillierende Partien des Werkzeugs entstanden sind, lösen bei der anschließenden Nivellierung durch den vorrückenden Fräszahn solche Strukturschwingungen aus. Dieser Selbstanregungseffekt beim Schneiden kann instabil werden und zu immer stärkeren Ratterschwingungen führen, bis das Werkzeug aus der Spur springt, die Oberfläche beschädigt und sogar infolge der extremen Schneidkräfte zerstört werden kann.

Die Hochleistungszerspanung ist ein in der Luftfahrtindustrie verbreitet genutzter

Prozess, um dünnwandige Strukturen mit geringer Steifigkeit und engen Toleranzen herzustellen. Bei der Fertigung solcher Strukturen können unter bestimmten Bedingungen laterale Schwingungen auftreten. Die Eigenheiten der dynamischen Bedingungen beim Fräsprozess sind oft verantwortlich für eine schlechte Oberflächenqualität der Werkstücke und eine geringe Produktivität des Fertigungsverfahren. Eine verbreitete Methode, um innerhalb des dynamischen Verhaltens stabile Bereiche und darauf basierend eine geeignete Kombination von Bearbeitungsparametern zu finden,

ist die Erstellung von Stabilitätskurven („stability lobe“-Diagrammen). Diese Technik erfordert eine Messung sowohl der regulären Frequenzübertragungsfunktionen (FRFs) als auch der operationalen Frequenzübertragungsfunktionen (OFRFs) als Eingangsgrößen für eine so genannte EMHPM-Rechnung (Enhanced, Multistage Homotopy Perturbation Method).

Vergleich der Laservibrometrie mit bestehenden Messmethoden

Bei großen und schweren Strukturen hat bekanntlich die Masse der Beschleunigungsaufnehmer keinen merklichen Einfluss auf dynamische Messungen. Dies gilt jedoch nicht für Werkstücke mit geringem Gewicht. Die Genauigkeit der OFRFs wirkt sich direkt auf die Stabilitätskurve aus, daher muss der Einfluss der Eigenmasse der Beschleunigungsaufnehmer genau untersucht werden, um das dynamische Verhalten bei der Bearbei-

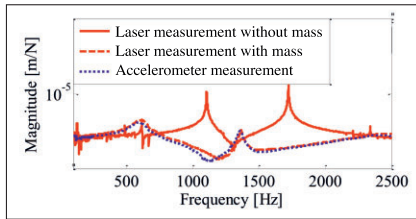


Bild 1: Laservibrometer- und Accelerometer-Messungen

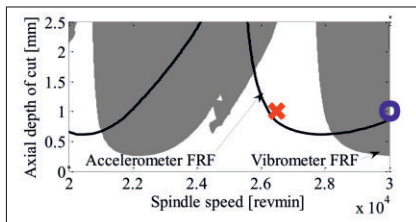


Bild 2: Stabilitätsbereiche basierend auf den FRFs, bestimmt mit beiden Verfahren

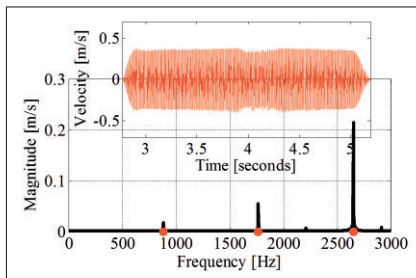


Bild 3: Stabiles Verhalten bei 26.500 rpm

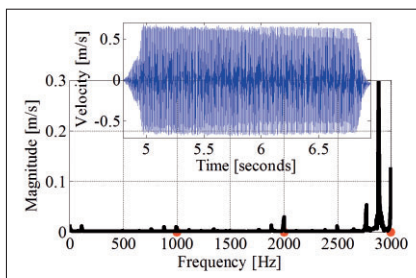


Bild 4: Instabiles Verhalten bei 30.000 rpm

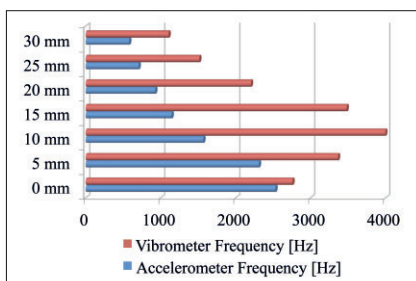


Bild 5: Primäre Hauptfrequenzen ermittelt mit Laservibrometer bzw. Beschleunigungsaufnehmer

tung dünnwandiger Werkstücke präzise vorherzusagen.

Zu diesem Zweck diente eine Versuchsreihe an dünnwandigen Aluminium-7075-Strukturen (1 x 35 x 50 mm). Nach Anregung durch einen Impulshammer mit Kraftmesszelle an verschiedenen Positionen wurden die entsprechenden FRFs mit einem 0,6 g schweren Beschleunigungsaufnehmer gemessen. Die Messungen wurden mit einem CLV-2534-2 Compact Laser Vibrometer wiederholt, welches dynamische Messungen ohne Massenbeeinflussung erlaubt. Die punktierte Linie in Bild 1 zeigt die mit dem Accelerometer gemessene FRF und die durchgezogene Linie die Messungen mit dem Laservibrometer.

Es fällt auf, dass sich die FRFs der Laservibrometer- und Accelerometermessungen signifikant unterscheiden. Das Laservibrometer erfasst zwei fundamentale Moden mit Amplitudenmaxima bei 1105 Hz und 1722 Hz. Die Peakwerte der Accelerometermessung liegen dagegen bei 580 Hz und 1366 Hz. Diese Differenzen waren zuerst während der Tests anhand unterschiedlicher durch das Werkstück verursachter Schalldruckpegel aufgefallen. Die Verschiebung des ersten Peaks um 525 Hz kann dem Einfluss des Beschleunigungsaufnehmers zugeordnet werden.

Um diese Beobachtung zu verifizieren, wurden zusätzlich Vibrometer-Messungen an dem Werkstück mit gleichzeitig aufgebrachtem Beschleunigungsaufnehmer durchgeführt (gestrichelte Linie in Bild 1). Diese Ergebnisse stimmen mit den Accelerometer-Messungen überein und belegen die Auswirkung der Masse des Beschleunigungsaufnehmers auf die FRF, was nicht nur zu einer Frequenzverschiebung um 48 % führt, sondern auch die modale Dämpfung und vermutlich auch die Steifigkeit erheblich beeinflusst. Der Effekt nimmt erwartungsgemäß noch zu, wenn man bei der Bearbeitung einen weiteren Millimeter des Materials abträgt.

Um den Einfluss des Beschleunigungsaufnehmers auf die Dynamik des Bearbeitungsvorgangs zu demonstrieren, sind in Bild 2 die Stabilitätskurven, berechnet mit dem EMHPM-Verfahren, für beide Messverfahren dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass der noch stabile Wert für die Schnitttiefe stark von der Masse des Beschleunigungsaufnehmers bestimmt wird. Messungen mit dem Accelerometer bewirken eine Verschiebung der stabilen Zonen nicht nur in Richtung der Spindeldrehzahl, sondern auch in Richtung der Schnitttiefe. Aus diesem Grund wurden die vorhergesagten Instabilitäten des Prozesses mit Hilfe des Laservibrometers untersucht. Bei der Messung war der Laserstrahl auf die Oberkante der Struktur gerichtet.

Bei 26.500 Umdrehungen wurden Schwinggeschwindigkeiten bis maximal 0,3 m/s gemessen (Bild 3) und damit stabiles Verhalten im betrachteten Frequenzauschnitt bestätigt, welcher die Frequenz der Werkzeugbewegung und ihre Harmonischen umfasst. Im Vergleich dazu wurde ein durch Accelerometermessungen als instabil ausgewiesener Bereich mittels Laservibrometrie (OFRF) untersucht (Bild 4). In diesem Fall erreichte die Schwinggeschwindigkeit bei 30.000 Umdrehungen bis zu 0,6 m/s und das Frequenzspektrum weist Signale von Ratterschwingungen auf.

Schlussfolgerung

Bild 5 zeigt einen Vergleich der modalen Parameter, ermittelt durch die beiden betrachteten Verfahren zur FRF-Messung mit einem Beschleunigungsaufnehmer beziehungsweise mit dem Laservibrometer. Es ist klar zu erkennen, dass bei dünnwandigen Strukturen ein Aufnehmer mit 0,6 g Eigenmasse einen signifikanten Einfluss auf die FRF-Messungen ausübt.

Autoren · Kontakt

Prof. Dr. Alex Elías-Zúñiga, Daniel Olvera
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Monterrey, Mexico

www.topmak.com.mx

Mario Pineda, Polytec Inc.

Teile dieses Artikels basieren auf dem Beitrag "Experimental Stability Analysis of Thin Wall Structures using Laser Doppler Vibrometer Devices", Proceedings of 9th International Conferences on High Speed Machining, San Sebastian, Spanien, 7. – 8. März 2012.

Kopf an Kopf

Bestimmung von Schwingungsmustern im menschlichen Gesicht während der Stimmbildung



Beim Sprachvorgang wird der Schall nicht nur vom Mund und den Nasenlöchern, sondern auch von der Körperoberfläche an Kopf und Nacken ausgesendet. Mit Hilfe eines Scanning Vibrometers konnten Wissenschaftler an der Konan Universität in Kobe, Japan jetzt die während der Stimmerzeugung (Phonation) verursachten Schwingungen messen.

Versuchsaufbau

Bisher waren Schwingungsmuster von Körperoberflächen im Kopf- und Nackenbereich, oder der Anteil des von diesen Oberflächen ausgehenden Klanges am Gesamtschall, nur wenig untersucht. Die Laservibrometrie eignet sich besonders gut, um diese Klangmuster genau zu erfassen. Eine männliche, 22-jährige Versuchsperson ohne aktuelle oder frühere Sprachschwächen stellte sich für die Messungen zur Verfügung. Ziel war es, die Schwingungen abzubilden, die beim Sprechen an der Körperoberfläche entstehen.

Ein Polytec PSV-400-M4 Scanning Vibrometer-System erfasste dabei die Schwingungsgeschwindigkeit. Das Laser-Doppler-Vibrometer ist ein optischer Signalgeber, der die Frequenzverschiebung eines von einer schwingenden Oberfläche zurückgeworfenen Lichtstrahls anhand des Doppler-Effektes misst. Damit lässt sich die Schwinggeschwindigkeit und der Schwingweg an einem festgelegten Punkt ermitteln. Darüber hinaus kann das Scanning Vibrometer mehrere Punkte einer schwingenden Oberfläche automatisch abscannen.

Bild 1 zeigt den Versuchsaufbau. Der Messkopf befindet sich senkrecht zum Boden auf einem Stativ. Die Versuchsperson lag bei den Messungen direkt unter dem Messkopf.

Sie artikulierte bei den Messungen wiederholt verschiedene Laute (Phonation), während ihr Kopf dabei bewegungslos blieb. Ein Mikrofon nahm die Sprechgeräusche auf. Die Vibrationsmuster des

Gesichtes wurde senkrecht zur Stirnfläche von vorne und fast rechtwinklig zur linken Gesichtshälfte von schräg vorne gemessen.

Im Experiment wurden mit der Systemsoftware zunächst die Scanpunkte auf der Gesichtsoberfläche festgelegt. Während der Messung erfasste das Vibrometer jeden dieser Punkte und ermittelte jeweils die Schwinggeschwindigkeit. Für einen Punkt benötigte es etwa eine Sekunde. Die Schwinggeschwindigkeiten und Sprechgeräusche wurden bis zu einer Frequenz von 5 kHz gemessen.

Ergebnisse

Die beiden oberen Abbildungen in Bild 2 zeigen die Schwingmuster der frontalen Gesichtsoberfläche während wiederholter Phonationen.

Die Schwingmuster bei der Phonation von Vokal und nasalem Konsonanten unterschieden sich stark voneinander. Beim Vokal vibrierte die Gesichtspartie um den Mund im Vergleich zur übrigen Gesichtsoberfläche besonders deutlich. Dagegen vibrierte beim nasalen Konsonanten auf Grund einer Resonanz der Nasennebenhöhle vor allem die Fläche neben und auf der Nase. Die Stirnpartie vibrierte bei der Artikulation des nasalen Konsonanten ebenfalls, was auf eine Resonanz der Stirnhöhlen zurückzuführen sein könnte.

Die beiden unteren Abbildungen in Bild 2 zeigen die Schwingmuster der linken Gesichtshälfte für die verschiedenen Phoneme. Die Vibration der Nasenseite fiel bei beiden Phonemen stärker aus als bei der frontalen Messung. Das bedeutet, dass die Richtung, aus welcher der Messstrahl auf die Hautfläche trifft, ein wichtiges Kriterium bei dieser Messmethode ist. Die Messergebnisse zeigten außerdem, dass die Nasenoberfläche der Versuchsperson nicht nur bei der Artikulation des nasalen Konsonanten, sondern auch bei jener des Vokals vibrierte.

Anwendung

Die vorgestellte Methode eignet sich zur Evaluierung der Sprache von Patienten mit Gaumenspalte oder bei unzureichendem velopharyngealem Verschluss im

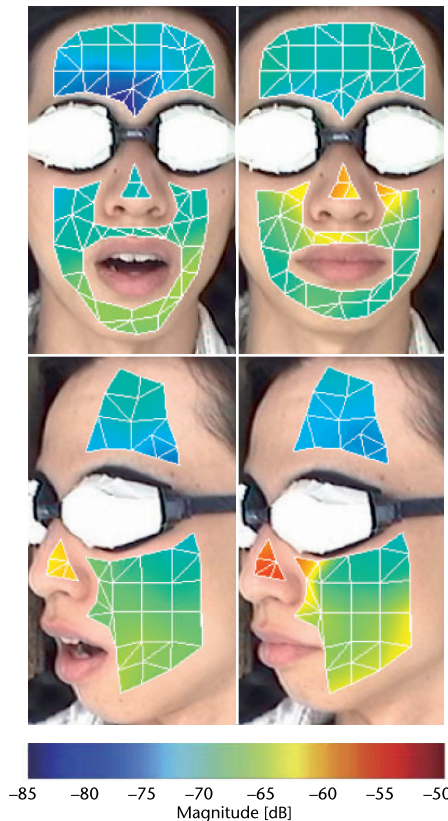


Bild 2: Schwinggeschwindigkeitsmuster der frontalen und linken Gesichtsoberfläche während der Artikulation eines Vokals (links) und eines nasalen Konsonanten (rechts). Die Einheit ist m/s [dB] und 0 dB entspricht 1 m/s.

Rachenraum. Schwingungsmuster dienen bei solchen Patienten als visuelles Feedback bei Sprechübungen. Die Muster sind dem Empfinden der Patienten einfacher zuzuordnen, als die Spektren ihrer Sprechgeräusche. Dies kann auch für Gesangsübungen hilfreich sein.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die vorgestellte Methode berührungslose und flächenhafte Messungen der Schwinggeschwindigkeit auf Körperoberflächen ohne großen Zeitaufwand ermöglicht. Die Ergebnisse erweitern dadurch unsere Kenntnisse über das Sprechen. Der nächste Schritt wäre die Untersuchung der Beziehung zwischen den Schwingmustern von Hautflächen und den Formanten bzw. Antiformanten der Sprechgeräusche (Formanten sind Frequenzbereiche, deren Lage die Klangfarbe bestimmter Laute beim Sprechen bestimmt).

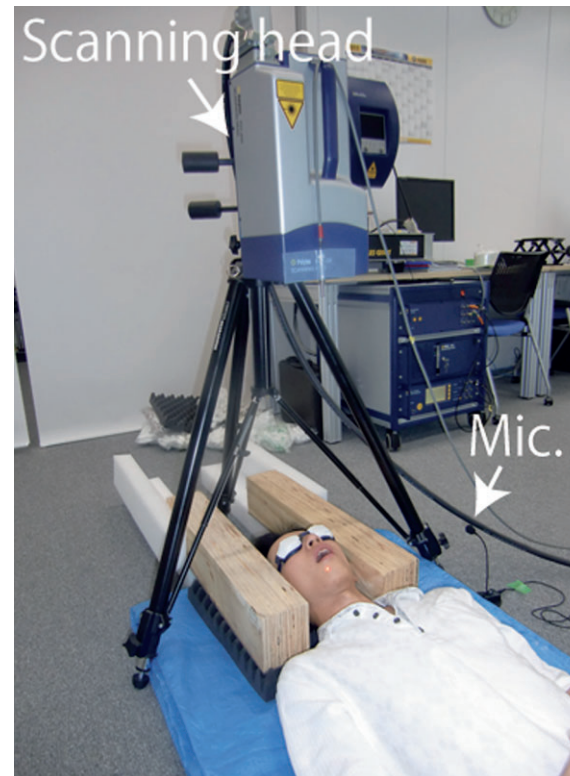


Bild 1: Versuchsaufbau

Autoren · Kontakt

Prof. Tatsuya Kitamura
Faculty of Intelligence and Informatics,
Konan University, Kobe, Japan
http://basil.is.konan-u.ac.jp/index_e.html

Dieser Artikel basiert auf der Publikation
"Measurement of vibration velocity
pattern of facial surface during phonation
using scanning vibrometer"
(Online unter www.jstage.jst.go.jp/article/ast/33/2/33_2_126/_pdf).

Danksagung

Diese Studie wurde durch das JSPS KAKENHI (21300071) unterstützt. Der Autor bedankt sich bei Dr. Kazuhito Ito (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), Francois Bouteille, Ryo Ishiyama, Shoko Wakatsuki (Polytec Japan) und Professor Ken-ichi Sakakibara (Health Sciences University of Hokkaido) für ihre Mitarbeit und die wertvollen Ratschläge.



Bild 1: ANOVIS-Systemvarianten zur flexiblen Schwingungs- und Geräuschanalyse in der Produktion

Motors zugeordnet (Beispiel in Bild 2). Das ANOVIS-Prüfsystem kann durch seine Modularität flexibel auf die große Vielfalt unterschiedlicher Motorvarianten eingestellt werden.

Dies betrifft gleichzeitig auch die Auswahl der Sensorik. Die eingesetzten Laservibrometer vom Typ IVS-200 und IVS-400 erlauben Schwingungsmessungen auch an wenig zugänglichen oder anderweitig „unkooperativen“ Messpunkten. So ist es beispielsweise in manchen Fällen erforderlich, auf der schwarz lackierten Oberfläche der Hochdruckpumpe zu messen. Mit dem IVS Industriebrometer und der in ANOVIS integrierten intelligenten Speckle-Eliminierung ist die prozesssichere Signalerfassung mit 20 kHz Bandbreite auch hier kein Problem. Die wenigen notwendigen Handgriffe im Rahmen der Wartung, beispielsweise zur Überprüfung der Position und des Fokus, werden im Rahmen einer Schulung vermittelt und erlauben einen zuverlässigen Betrieb in der Produktion. ANOVIS ermöglicht so die Erkennung einer großen Zahl potentieller Fehlerbilder, die sich mit anderen Prüfverfahren nicht nachweisen lassen. Als Beispiele seien genannt:

- Beschädigungen und Fertigungsabweichungen an Nockenwellen
- Geräusche im Ventiltrieb, z. B. verursacht durch zu großes Spiel
- Fehler an Hochdruckpumpen und anderen Nebenaggregaten

Klingt gut

Noise-Vibration-Harshness-(NVH)-Analyse bei MAN in Nürnberg

Die MAN Truck & Bus AG in Nürnberg stellt ein breites Spektrum moderner Nutzfahrzeugmotoren her. Jedes einzelne Aggregat wird umfangreichen Tests unterzogen, bevor es die Fabrik verlässt, darunter auch einer Prüfung auf unerwünschte Geräusche und Schwingungen (Noise-Vibration-Harshness, NVH). Hier kommt das ANOVIS-System der Firma MEDAV zum Einsatz. Diese Schwingungs- und Geräuschanalysen helfen effektiv dabei, die hohen Qualitätsstandards des Nürnberger Motorenwerkes sicherzustellen.

ANOVIS erkennt Bauteil- und Montagefehler

Die NVH-Analyse mit dem ANOVIS-System von MEDAV bildet eine wichtige Komponente des so genannten Motorenkalttests, bei dem die Aggregate mit Öl befüllt und von einem Elektromotor geschleppt werden. Im Vergleich zu anderen Verfahren ist dies eine ökonomische und ökologische Methode mit einer gleichzeitig höheren Prüftiefe. Das ANOVIS-Prüfsystem (Bild 1) registriert Geräusche

und Schwingungen an verschiedenen Punkten des Motors und bestimmt aus den Signalen Kennwerte zur Beurteilung der einzelnen Motorkomponenten mit den folgenden Zielen:

- Erkennung von Motoren mit auffälligem Schwingungs- und Geräuschverhalten
- Erkennung von Bauteil- und Montagefehlern aufgrund der abgegebenen Signale
- Identifizierung des Fehlers zur effektiven Unterstützung der Nacharbeit.

Neben Mikrofonen zur Luftschallmessung werden als Schwingungssensoren bei MAN am Kalttest ausschließlich Laservibrometer von Polytec verwendet.

Zur Auswertung der Sensorsignale bietet ANOVIS umfassende Signalverarbeitungs- und Klassifikationsmethoden von der einfachen Frequenzanalyse über drehwinkel-synchrone Verfahren (Ordnungsanalyse) bis zur automatischen Grenzwertadaptation. Auftretende Signalkomponenten werden in Beziehung zur Kinematik des Aggregats gesetzt und über ihre Signalcharakteristik den bewegten Teilen des

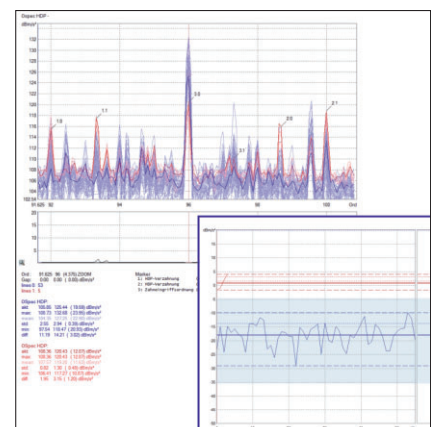


Bild 2: Auf der Ordnungsanalyse beruhendes Seitenbandenergiemaß zur Beurteilung von Verzahnungsschwingungen

- Verzahnungsfehler, Beschädigungen und Geometriefehler an Zahnrädern, fehlerhaftes Zahnflankenspiel
 - Fehler an Turboladern, beispielsweise Beschädigungen und Geometriefehler
 - Fehlende Pleuellagerschalen und Fremdkörper im Brennraum
- Systematische Fehler treten in der modernen Motorenproduktion praktisch nicht

mehr auf. Die besondere Stärke der Schwingungs- und Geräuschemessung mit ANOVIS ist die Erkennung vereinzelt auftretender, zufälliger Fehler. Bei der Identifikation der Fehlerursache hilft nicht zuletzt die große Erfahrung des MEDAV-Bereichs Industrial & Automotive Solutions (IAS) in der Motorenprüfung. Zudem werden den Qualitätsingenieuren praxis-taugliche Werkzeuge für Analysen und

statistische Auswertungen zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe die Produktion kontinuierlich weiter optimiert wird.

Autoren · Kontakt

Dr. Michael Weidner, Olaf Strama
info@medav.de
 MEDAV GmbH, 91080 Uttenreuth
www.medav.de

„Laservibrometer messen dort, wo sonst kein Weg hinführt“

**Interview mit Dipl.-Ing. Olaf Strama,
 Leiter der Industrial & Automotive Solutions (IAS) bei MEDAV**



■ Herr Strama, Sie leiten den Bereich IAS bei MEDAV. Was sind Ihre Einsatzgebiete?

Der Bereich Industrial & Automotive Solutions ist spezialisiert auf Schwingungs- und Geräuschanalysen, wozu unter anderem der sogenannte NVH-Test gehört. Damit lösen unsere Industriekunden Aufgabenstellungen wie die End of Line-Prüfung von Motoren, Getrieben und Lenkungs Komponenten.

■ Seit wann verwenden Sie Laservibrometer und was war der Anlass dazu?

Laservibrometer zur Schwingungsmessung verwenden wir seit Mitte der 90er Jahre. Mit einem Polytec CLV haben wir begonnen, danach kamen in Stückzahlen das IVS-200 Industriebrometer und inzwischen dessen Nachfolger IVS-400 zum Einsatz: vor allem dann, wenn wir es mit schlecht zugänglichen Messpunkten zu tun haben oder eine hohe Erfassungsbreite in der automatisierten Produktion benötigt wird.

Den Durchbruch konnten wir vor etwa 10 Jahren erzielen. Seitdem ist unser Prüfsystem ANOVIS mit einer intelligenten Speckle-Eliminierung ausgestattet. Die Anzahl von Fehlmessungen in der Motorenproduktion konnte damit an Linien mit über 1.000 Motoren pro Tag auf etwa 1 – 2 Fälle im Monat reduziert werden. Die Messung mit einer Bandbreite von 20 kHz erfolgt zuverlässig auf geätzten Metalloberflächen.

■ Wie beurteilen Sie den bisherigen Einsatz der Laservibrometer und wo sehen Sie die wesentlichen Vorteile der optischen Messtechnik gegenüber Alternativtechniken?

Wie bereits erwähnt, ist vor allem die Zugänglichkeit des optimalen Messpunktes ein Kriterium, genauso wie die höhere Flexibilität bei unterschiedlichen Prüflingstypen. Auch die in der automatisierten Prüfung erreichbare hohe Bandbreite der Laservibrometer ist ein Argument, da einige Fehlertypen lediglich bei hohen Frequenzen erkennbar sind. Laservibrometer punkten außerdem durch Verzicht auf mechanische Verschleißteile und regelmäßige Kalibrierung.

■ Wie steht es um die Zuverlässigkeit der Laservibrometer im Einsatz unter rauen Industriebedingungen?

In der Motorenprüfung sind viele IVS-200 bereits seit über 10 Jahren im täglichen Einsatz. Die Wartung erfolgt bei vielen Kunden zustandsabhängig genau dann, wenn es aufgrund der von ANOVIS statistisch ermittelten Signalqualität erforderlich ist.

■ Wie ist die Reaktion Ihrer Kunden, welchen Anteil an den Bestellungen haben Laservibrometer als Schwingungssensoren?

Aus unserer Sicht reagieren die Anwender positiv, wenn der Sensor seine Auf-

gabe erfüllt und im täglichen Umgang damit keine Probleme auftreten. Die Auswertung unseres Kundensupports ergibt regelmäßig, dass dies bei den eingesetzten Laservibrometern der Fall ist. Die IVS Industriebrometer haben in einer erheblichen Anzahl von Installationen maßgeblich zur Attraktivität der von uns angebotenen Lösung beigetragen.

■ Wie ist Ihre Einschätzung für das Potenzial der Laservibrometer für Kalt- und Heißtestanwendungen in der Automobilindustrie?

Als Systemhaus für Schwingungs- und Geräuschesstechnik in der Produktion bieten wir unseren Kunden von Anfang an Lösungen zur Prüfung in der Produktion an, die aus der optimalen Sensorik für den jeweiligen Anwendungsfall, einer angepassten Erfassungshardware und der für die Aufgabenstellung benötigten Analyse und Auswertung bestehen. Die zu prüfenden Aggregate werden komplexer und damit die besten Messstellen schwieriger zugänglich. Deshalb und aufgrund des zur Erfüllung der Aufgabe benötigten Frequenzbereichs wird dabei in Zukunft sicher noch öfter die Wahl auf ein Industriebrometer von Polytec fallen.

Herr Strama, wir danken Ihnen für das Gespräch!

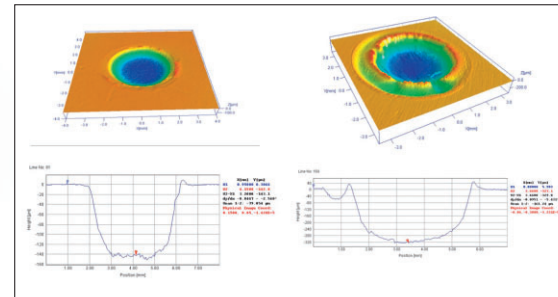


Bild 1: Das Hauptanwendungsgebiet für die Sensoren ist die Detektion von Oberflächen- und Formparametern

Typischerweise wird der Sensor in eine Produktionslinie zur Kontrolle von Oberflächen oder Formparametern eingesetzt. Er kann aber auch als autarkes System in einem Messraum verwendet werden.

Modulare Messsysteme lassen sich besonders leicht in Maschinen oder Anlagen integrieren. Arbeitsabstand, Messbereich und Auflösung kann man durch den modularen Aufbau der Sensorsysteme perfekt an die jeweiligen Anforderungen anpassen. Für Triggerung und Kommunikation steht entsprechende Software zur Verfügung. Kein Wunder also, dass sich den chromatisch-konfokalen Sensoren zahlreiche Anwendungsfelder erschließen.

Breitgefächerte Anwendungsmöglichkeiten

Die Sensoren werden hauptsächlich für die Erfassung von Oberflächen- und Formparametern (Bild 1) verwendet.

Licht statt Nadel

Revolution in der Produktionslinie durch berührungsloses Messen von Profilen, Abständen und Dicken

Um zu gewährleisten, dass technische Objektoberflächen vorgegebenen Anforderungen entsprechen, muss ihre Topographie geprüft werden. Das taktile Abtasten, das man auch vom Plattenspieler her kennt, bewährt sich seit vielen Jahren, birgt jedoch Nachteile. Es ist mit Verschleiß verbunden und damit schwer reproduzierbar, da sich Messinstrument und Messobjekt zwangsläufig gegenseitig beeinflussen – auch dies ist vom Plattenspieler bekannt. Oder die Oberfläche des Messobjekts wird durch den Kontakt mit dem Instrument sogar beschädigt. Berührungslose Verfahren zur Oberflächeninspektion vermeiden diese Nachteile vollständig – die TMS-TopSens-Sensoren von Polytec sind dafür ein gutes Beispiel.

Keine bewegten Teile

Chromatisch-konfokale Sensoren können praktisch alle Materialien mit rauen oder spiegelnden Oberflächen messen. Sie folgen einem einfachen optischen Funktionsprinzip und sind daher sehr robust.

Mehr Informationen dazu sind unter www.polytec.de/topsens zu finden. Für die Abstandsmessung sind keinerlei bewegliche Teile erforderlich und sie erfolgt verschleißfrei, zuverlässig, reproduzierbar und sehr genau. Damit ist auch ein Einsatz unter ungünstigen Umgebungsbedingungen möglich.

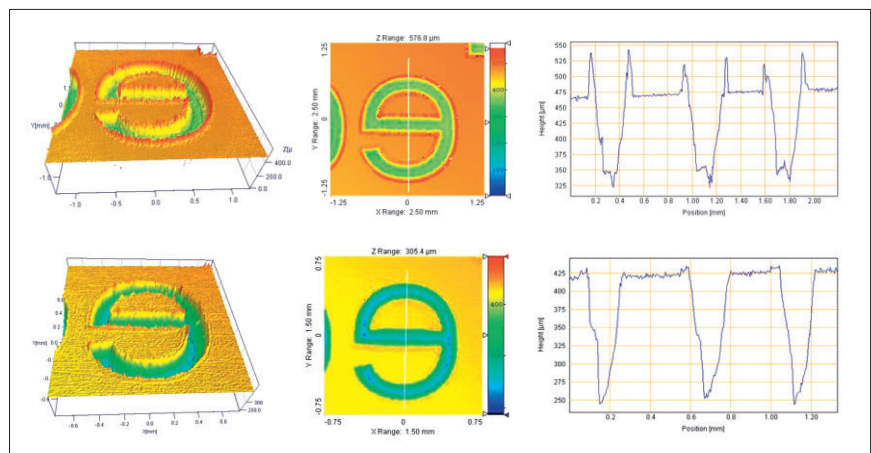


Bild 2: Fehlerhafte (oben) und korrekte (unten) Lasermarkierung

Weitere Einsatzbereiche sind die Messung von Stufenhöhen (z.B. bei Schweißnähten), die Höhenverteilung von Noppen sowie die Überprüfung von Texturen, beispielsweise von Armaturenblechern oder Stahlflächen.

Eine typische Anwendung aus dem Automotive-Bereich ist die Tiefenkontrolle von Lasermarkierungen (Bild 2). Der Sensor erkennt ebenfalls überschüssigen Materialauswurf.

Aussagekräftige Messergebnisse liefert auch die Detektion von Kontakten. Bei der Prüfung zeigt sich, ob die Höhentoleranz den jeweiligen Qualitätsrichtlinien entspricht (Bild 3). Da das Messverfahren auch auf größere Distanzen funktioniert, kann z.B. auch Höhe und Form von Löt-Bumps detektiert werden.

In der Bahntechnik findet das beschriebene Messverfahren außer in der Qualitätssicherung auch in der Schadensanalyse Anwendung. Präzise Füllstandsmessungen, wie man sie beispielsweise bei Druckerpatronen braucht, sind mit dem optischen Messprinzip ebenfalls realisierbar.

Zukünftig wird das berührungslose Messverfahren nicht nur das konventionelle taktile Messen weiter verdrängen, es wird auch in vielen Fällen der Qualitätssicherung und Schadensanalyse neue Möglichkeiten eröffnen.

Mehr Info: www.polytec.de/topsens

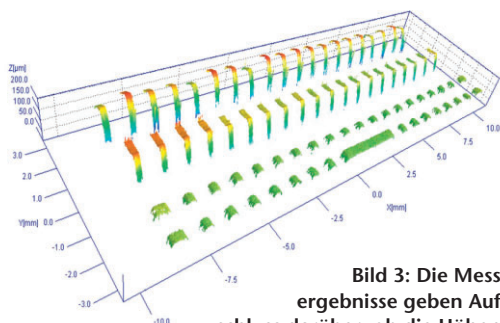


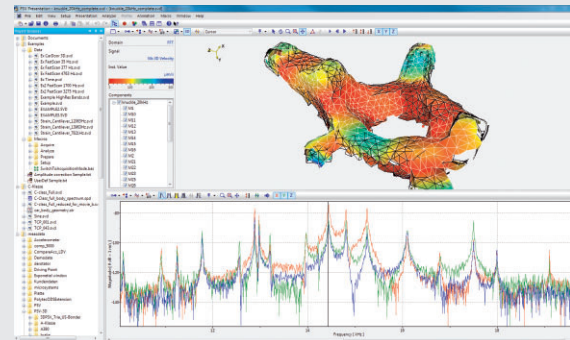
Bild 3: Die Messergebnisse geben Aufschluss darüber, ob die Höhentoleranz der einzelnen Kontakte den jeweiligen Qualitätsrichtlinien entspricht

Dieser Beitrag enthält Teile einer Veröffentlichung von J. Haase, J. und E.-C. Reiff: Robuste Sensoren bestimmen Profil und Schichtdicke, QZ Qualität und Zuverlässigkeit 56 (2012), 60 – 63.

Neue Features für Auge und Ohr

PSV Scanning Vibrometer Software Release 9.0 und VibSoft 5.0

Die frisch erschienene Version 9.0 unserer PSV Steuer- und Auswertesoftware bietet spezielle Funktionen, welche die neue Hardware des PSV-500 Scanning Vibrometers unterstützen. Daneben gibt es auch viele weitere interessante Neuerungen, von denen unsere Kunden mit einem Software-Wartungsvertrag profitieren. Die neu gestaltete Oberfläche lässt sich durch frei konfigurierbare Funktionselemente individuell anpassen. Natürlich sind alle wichtigen Abläufe auch für langjährige, erfahrene Nutzer leicht wiederzuerkennen. Short cuts erleichtern den schnellen Zugriff auf häufig gebrauchte Funktionen. Einiges hat sich auch in der Funktionalität geändert. Das Einrichten des Systems erleichtert beispielsweise das „High Contrast Laser Display“. Diese Funktion unterbindet durch Bildverarbeitung das prinzipbedingte Überstrahlen des Lasers im Kamerabild, ohne dass spezielle Filter notwendig werden. Die Postprocessing-Funktion „SignalProcessor“ ermöglicht es jetzt, gespeicherte Messdaten mit aktuellen Messungen live zu vergleichen. Dies ist bei der Bewertung von verschiedenen Anregungsstellen



für die experimentelle Modalanalyse von großem Vorteil. Bei der Datenauswertung vereinfachen neue Analysatorfunktionen und -ansichten das Arbeiten und auch Ihre Ohren kommen nicht zu kurz. Mit der PSV-S-Audio Funktion hören Sie den Klang in einem Punkt des Messobjekts – live oder auch von gespeicherten Dateien. Das Release 9.0 ist die letzte Version, die Windows XP unterstützt. Upgrademöglichkeiten auf aktuelle Betriebssysteme sind für fast alle vorhergehenden PSV-Modelle möglich. Das VibSoft Datenerfassungs- und Datenanalysesystem bietet in der neuen Version 5.0 viele dieser Neuerungen auch für Einpunkt-Vibrometer.

www.polytec.de/software

Neuer RSV-Controller

Messungen aus großer Entfernung: jetzt auch für hohe Schwingungsgeschwindigkeiten und Frequenzen

Das RSV-150 Remote Sensing Vibrometer, das zur Messung von Schwingungen und Verschiebungen über große Distanzen entwickelt wurde, erweitert mit dem RSV-E-150-M Controller den messbaren Geschwindigkeitsbereich auf 24 m/s. Es liegt damit auf dem Niveau des bewährten HSV High Speed Vibrometers (30 m/s) bei gleichzeitig wesentlich größerer Reichweite und optischer Empfindlichkeit. Der Controller ermöglicht darüber hinaus auch Messungen von Frequenzen bis

2 MHz. Anwendung findet das RSV-System mit dem neuen M-Controller unter anderem in der Ultraschallprüfung von Materialien wie Schienen und der Leckdetektion, sowie überall dort, wo hohe Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auftreten, wie in Falltürmen oder bei Pyroschock-Anwendungen.

www.polytec.de/rsv





Optische Systeme und Lösungen von Polytec

Seit 45 Jahren entwickelt, produziert und vertreibt Polytec berührungslose optische Messsysteme für Forschung und Industrie (Produktlinien 1 – 6 auf dieser Seite). Eine weitere Kernkompetenz ist der Vertrieb photonischer Systeme und Komponenten anderer innovativer Hersteller in Deutschland und ausgewählten europäischen Ländern (Produktlinien 6 – 15). Mehr Info: www.polytec.com/de/produkte

1 Schwingungsmesssysteme

Laservibrometer von Polytec sind weltweit anerkannter Standard für berührungslose Schwingungsmessung in F&E und QS.

- Einpunkt-Vibrometer für vielfältige Messaufgaben
- Scanning-Vibrometer für Strukturdynamik und NVH-Optimierung
- Spezial-Vibrometer zur Messung von differentiellen Schwingungen, Rotationsschwingungen u. v. m.
- Mikroskop-basierte Vibrometersysteme

2 Längen- und Geschwindigkeits-Sensoren

Polytec Laser Surface Velocimeter helfen bei der präzisen Überwachung von Bahn- und Strangwaren im Produktions- und Bearbeitungsprozess (oder Verarbeitungsprozess) auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen.

- Zuschnittsteuerung, Stückgut-Längenmessung
- Geschwindigkeitsmessung und -steuerung
- Reckgradmessung, Massenflussregelung
- Schlupfmessung und -kompensation
- Messradkalibrierung

3 Oberflächenmesssysteme

Die von Polytec entwickelten TopMap Topographie-Messsysteme sind hochgenaue 3D-Profilometer zur Vermessung von 3D-Profilen rauer, glatter und stufiger Oberflächen.

- Ebenheit und Parallelität
- Formparameter
- Oberflächenparameter
- Höhen und Stufen
- Volumina, Tribologie

4 Mikrosystem- & MEMS-Analyzer

Optische Messtechnik zur Erfassung der Dynamik und Topographie von MEMS und Mikrosystemen.

- Scanning Vibrometrie zur Charakterisierung von Out-of-Plane-Schwingungen
- Stroboskopische Video-Mikroskopie für Messungen von In-plane-Bewegungen und Schwingungen
- Weißlicht-Interferometrie zur Messung der Oberflächentopographie

5 Dehnungs- und Spannungsmesssysteme

Für Betriebsfestigkeitsuntersuchungen ermöglicht optische Messtechnik von Polytec die Erfassung von Dehnungs- und Spannungsverteilungen unter dynamischer Beanspruchung.

6 Spektrometer und Spektral-Imager

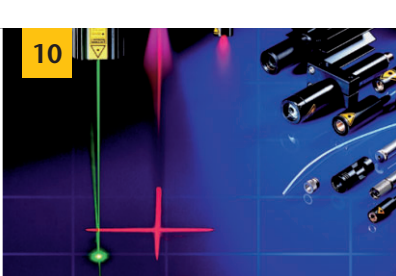
Messgeräte für die Analytik in Forschung und Industrie für Prozess-, Labor- und Feldeinsatz.

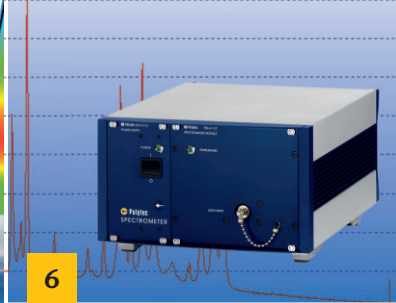
- NIR-Spektrometersysteme und OEM-Komponenten
- Hyperspektral-Imager
- Mobile Raman- und FTIR-Spektrometer
- Mini-Spektrometer für UV, VIS und NIR
- Spektralphotometer, Spektroradiometer

7 Beleuchtungssysteme

Polytec bietet Beleuchtungssysteme für die industrielle Bildverarbeitung, zum Sintern/UV-Härten von Lacken und elektronischen Schaltungen sowie für die Analytik an.

- LED-Beleuchtungen
- Stroboskope
- Faseroptische Beleuchtungssysteme
- Xenon-Blitzlampen
- UV-Niederdruck-Lampen für die Analytik





8 Kameras, Objektive und Zubehör

Für individuelle und anspruchsvolle Aufgabenstellungen im Bereich der industriellen Bildverarbeitung sowie F&E:

- Kameras & Zubehör
- Objektive & Zubehör
- Hochgeschwindigkeitskameras
- InGaAs Zeilen- und Flächenkameras
- Hyperspektral-Imager

9 Kamerasysteme und Software

Kamerasysteme beinhalten alle Komponenten eines abgestimmten Bildverarbeitungssystems wie Kamera, Auswertesoftware und Hardware.

- Smartcam-Systeme
- Vision Software
- Multikamera-Vision-Systeme
- Vision-Sensoren

10 Laser und Zubehör

Mit über 40 Jahren Laser-Know-how ist Polytec in der Lage, die passenden Laser für viele Anwendungen zu liefern.

- CW- und Puls laser
- Femtosekunden-, Pikosekunden- und Nanosekundenlaser
- Pockels-, Bragg- und Faraday-Zellen
- Depolarisatoren
- Laser-Leistungs- und -Energie-Messgeräte, Korrelatoren

11 Optische Strahlungsmessgeräte und Komponenten

Für die Messung und Auswertung von Intensität und Spektralverteilung optischer Strahlung:

- Lichtmesstechnik
- Mini-Spektrometer für UV, VIS und NIR
- Spektroradiometer/Farbmessgeräte
- Laserstrahldiagnose
- Detektoren für 200 nm – 40 µm
- InGaAs-Kameras

12 Elektro-optische Testsysteme

Einzelkomponenten und Subsysteme sowie komplette elektro-optische Test- und Simulationssysteme.

- Schwarzkörperstrahler, Kollimatoren und Zubehör
- FLIR-, CCD-, Laser-, Multisensor- und Boresighting-Teststationen
- IR-Signalsimulatoren und IRCM-Tester
- Radiometer und Spektroradiometer

13 Optische Telekommunikation/ LWL-Messgeräte

Messgeräte und Komponenten für die optische Datenübertragungstechnik sowohl für Entwicklung, Qualitätssicherung und Produktion, als auch für den Feldeinsatz bei Installation und Wartung.

- Messgeräte für Labor & Produktion
- LWL-Messgeräte/Spleißgeräte für den Feldeinsatz

14 Faseroptische Sensorsysteme

Ein- und mehrkanalige Sensorsysteme mit Messpunkten am Faserende, Systeme mit kontinuierlicher Messpunktfolge entlang der Faser und mit diskret verteilten Messpunkten entlang der Faser. Gemessen werden:

- Temperatur
- Dehnung, Neigungswinkel, Beschleunigung und Schwingung

15 PV- und Halbleiter-Messgeräte

Komplexe Messtechnik im Bereich Photovoltaik und Halbleiter:

- Vier-Spitzen-Messsysteme
- CV/IV-Messsysteme
- Optische Schichtdickenmessgeräte
- Doppelbrechungsanalyse
- InGaAs-Kameras
- Photonisches Sintern



Messen, Events und Seminare

Datum	Veranstaltung	Ort/Details	Polytec-Schwerpunkt
13. – 14.11.2012	12. Vibrometer-Anwenderkonferenz	Polytec, Waldbronn	Vibrometer
15.11.2012	Präsentationstag PSV-500	Polytec, Waldbronn	Scanning Vibrometer
20. – 21.11.2012	VDI-Kongress SIMVEC 2012	Baden-Baden	Vibrometer
21. – 22.11.2012	Optische Messung von Funktionsflächen in der Praxis 2012	Nürtingen	Oberflächenmesstechnik
28. – 29.11.2012	VDI-Konferenz – Innovative Bremstechnik 2012	arcona MO.HOTEL Stuttgart	Vibrometer

Alle aktuellen Messe- und Veranstaltungstermine unter www.polytec.com/de/events.

Polytec Web Academy

Datum	Veranstaltung
20.11.2012	Leistungsoptimierung von Ultraschall-Werkzeugen und Transducern mittels berührungsloser optischer Schwingungsmesstechnik
29.11.2012	Drehschwingungsanalyse einfach gemacht: Berührungslose Messung an rotierenden Strukturen mittels Laser-Doppler-Vibrometrie
06.12.2012	Wettbewerbsvorteile mit optisch-berührungsloser Längen- und Geschwindigkeitsmessung: LDVs für optimierte Zuverlässigkeit
11.12.2012	Beschleunigen Sie Ihre Produktentwicklung: Optimierter NVH/Modal Test- und FE-Abgleich mittels 3D-Schwingungsmessung

Die Online-Seminare sind kostenlos und finden jeweils von 11 – 12 Uhr statt.
Mehr Info: <http://polytec.webex.com>.



Neues Video Bridging Design and Real World

Schwingungsmessungen und -analysen hochgenau, schnell und bedienungsfreundlich – erleben Sie einen Eindruck von der Anwendung des neuen PSV-500 Scanning Vibrometers in unserem neuen Video unter www.polytec.de/psv.



Polytec INFO Magazin für Photonische Technologien

Neben der vorliegenden InFocus erscheint von Polytec die Photonik INFO, die Ihnen einmal jährlich einen aktuellen Querschnitt und interessante Einblicke in unsere Photonischen Technologien gibt. Schwerpunkte des umfassenden Produktspektrums sind die industrielle Bildverarbeitung, optische Telekommunikation, faseroptische Sensorik, optische Strahlungsmesstechnik, Photovoltaik- und Halbleitermesstechnik sowie Laser und elektro-optische Testsysteme (siehe auch Seiten 18/19). Abonnieren Sie Ihre kostenlose persönliche Ausgabe unter www.polytec.de/abo.



Impressum

Polytec InFocus · Magazin für Optische Messsysteme
Ausgabe 2/2012 – ISSN 1864-9181 · Copyright © Polytec GmbH, 2012
Herausgeber: Polytec GmbH · Polytec-Platz 1-7 · D-76337 Waldbronn

V.i.S.d.P.: Dr. Hans-Lothar Pasch
Redaktion: Dr. Arno Maurer, Philipp Hassinger,
Dr. Heinrich Steger
Produktion: Regelman Kommunikation
Bildrechte: soweit nicht anders angegeben bei den Autoren

Immer gut informiert Polytec News- letter und RSS-Feed

Profitieren Sie von regelmäßigen, topaktuellen Neuigkeiten rund um Messtechnik, Licht und Laser. Abonnieren Sie unseren kostenlosen e-Newsletter und unseren RSS-Newsfeed!

www.polytec.de/news

Polytec GmbH
Polytec-Platz 1-7
76337 Waldbronn
Tel. +49 (0) 7243 604-0
Fax +49 (0) 7243 69944
info@polytec.de

Polytec GmbH
Vertriebs- und
Beratungsbüro Berlin
Schwarzschildstraße 1
12489 Berlin
Tel. +49 (0) 30 6392-5140
Fax +49 (0) 30 6392-5141

www.polytec.de