



Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation Kaiserslautern

INFOBRIEF *Ausgabe 59/19*

In dieser Ausgabe:

<i>SFB 926: Bauteiloberflächen – Morphologie auf der Mikroskala um weitere vier Jahre verlängert</i>	
Deutsche Forschungsgemeinschaft honoriert erfolgreiche Arbeit im SFB 926	2
<i>Teilprojekt des IRTG2057: Simulation des Energieaufwands in der additiven Fertigung</i>	
Entwicklung eines Simulationsansatzes	3
<i>Maßgeschneiderten Dicing Blades für die Bearbeitung von sprödharten Werkstoffen</i>	3
<i>Künstliche Intelligenz in der Produktion</i>	4
<i>Literaturempfehlung</i>	4
Neue Mitarbeiter	4
Ausgewählte Veröffentlichungen	4

SFB 926: Bauteiloberflächen – Morphologie auf der Mikroskala um weitere vier Jahre verlängert Deutsche Forschungsgemeinschaft honoriert erfolgreiche Arbeit im SFB 926

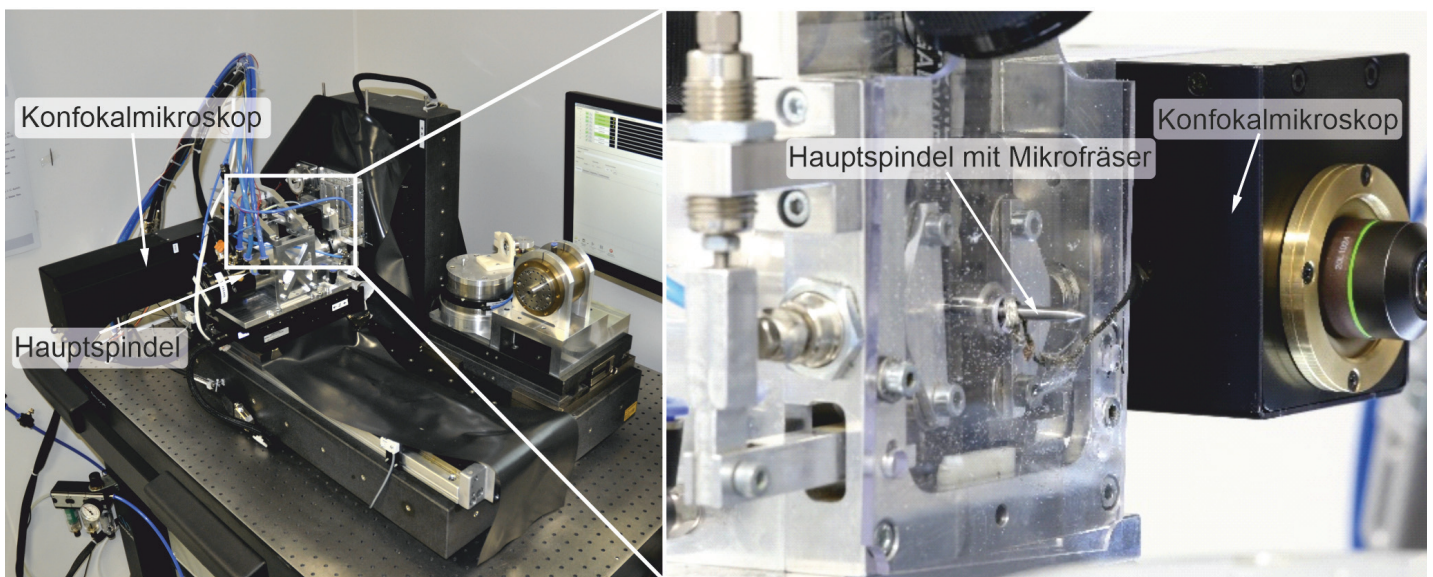
Das Forschungsflaggschiff der TU, der SFB 926: Bauteiloberflächen – Morphologie auf der Mikroskala wurde um eine dritte Phase verlängert. Er wird damit über die maximal mögliche Laufzeit von 12 Jahren gefördert. Insgesamt werden dann etwa 35 Millionen Euro an die TUK geflossen sein. „Die Bewilligung ist ein großer Erfolg, der SFB 926 demonstriert eindrucksvoll die Forschungsstärke der TUK“, so Prof. Poetzsch-Heffter, Vizepräsident für Forschung der TUK, und ergänzt: „Solche Erfolge kommen nicht von selbst. Sie sind das Ergebnis harter Arbeit und können nur erreicht werden, wenn auch die Rahmenbedingungen stimmen. Diese müssen wir an der TUK erhalten.“

Der vor acht Jahren von der DFG eingerichtete SFB 926 vereint Forscher aus den Fachbereichen Maschinenbau und Verfahrenstechnik und der Physik sowie vom Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik. Ziel des SFB 926 ist die Erforschung wissenschaftlicher Grundlagen der Zusammenhänge zwischen der Erzeugung, Charakterisierung und Anwendung funktionspezifischer Bauteiloberflächen. Die neuen Mikrostrukturen, die im SFB 926 entwickelt werden, senken die Reibung, erhöhen die Lebensdauer und machen ganz neue Funktionen von Bauteilen möglich. Dank der Mikrostrukturen verbrauchen Antriebe weniger Energie und Autos sparen Sprit; Maschinen laufen effizienter und zuverlässiger. „Die Bauteiloberfläche umschließt das Bauteil wie die Haut den Menschen. Über sie findet die Wechselwirkung des Bauteils mit seiner Umgebung statt, sie ist entscheidend für die Funktion und Lebensdauer des Bauteils. Die Mikrostrukturierung greift direkt hier ein und bietet daher enormes Potenzial.“, erläutert Prof. Hasse, der Sprecher des SFB 926 und Leiter des Lehrstuhls für Thermodynamik am Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik der TUK.

Kühlschmierstoffsysteme und die Untersuchung mehrschneidiger Werkzeuge sein.

Die Zweite Säule des SFB für die Herstellung von Mikrostrukturen stellt das Mikroschleifen dar, welches seit der zweiten Förderperiode im SFB untersucht wird. Das Mikroschleifen erlaubt die Erweiterung des Materialspektrums auf sprödharte Werkstoffe wie Keramiken und Gläser. Das Teilprojekt konnte auf Vorarbeiten aufbauen, die am FBK im Rahmen eines Reinhart Koselleck-Projekts der DFG durchgeführt wurden. In der zweiten Förderperiode wurde ein chemisches Beschichtungsverfahren erstmalig für Mikroschleifstifte eingesetzt. Damit gelang die prozesssichere Herstellung von Mikroschleifwerkzeugen mit Durchmessern zwischen 5 und 50 µm. In der dritten Förderperiode sollen nun die Fertigungsschritte zur Herstellung der Mikroschleifstifte weiter verbessert, neue Grundkörpergeometrien (siehe Titelbild) und -werkstoffe zum Einsatz gebracht werden und der Einfluss von Kühlschmierstoffen auf den Fertigungsprozess und die erzeugte Bauteiloberfläche untersucht werden.

Die Erkenntnisse des seit der Einrichtung des SFB geförderten Teilprojekts „Gezielte Temperatursteuerung beim Drehen metastabiler Austenite“, in welchem die verformungsinduzierte Umwandlung der austenitischen Werkstückrandzone bei kryogener Kühlung in ein martensitisches Gefüge während der spanenden Bearbeitung erforscht und welches mit Auslaufen der zweiten Förderperiode beendet wurde, sowie die Ergebnisse des abgeschlossenen Transferprojekts „Kryogene Kühlschmierstoffe für die spanende Bearbeitung auf der Basis von Mono-Ethylenglykol“, in welchem ein neuartiger Kühlschmierstoff entwickelt und untersucht wurde, der die Absenkung auf eine Temperatur von bis zu -50°C unter



Im Teilprojekt „Geometrische Strukturierung von Bauteiloberflächen durch Mikrofräsen“ entwickelte Desktopfräsmaschine

Das FBK ist seit Einrichtung des SFB zentral beteiligt. Das Teilprojekt „Geometrische Strukturierung von Bauteiloberflächen durch Mikrofräsen“ besteht seit Einrichtung des SFB und beschäftigt sich mit dem Mikrofräsen von Titan. Hierzu wurde in der ersten Förderphase eine neue Desktop-Werkzeugmaschine entwickelt, die die Herstellung und Anwendung von Mikrofräswerkzeugen im einstelligen Mikrometerbereich ohne Umspannvorgang erlaubt. In der zweiten Förderphase lag das Hauptaugenmerk auf der Untersuchung der Verschleißmechanismen und deren Einfluss auf die Oberflächenentstehung beim Mikrofräsen. In der dritten Förderperiode wird die Beschichtung der Werkzeuge als Weiterführung des inzwischen ausgelaufenen Transferprojekts „Einsatz von beschichteten Mikrofräswerkzeugen zur Strukturierung von Bauteiloberflächen“, in welchem erstmalig die Beschichtung und Erprobung von Mikroschaftfräswerkzeugen mit Durchmessern kleiner 100 µm erforscht wurde, weitergeführt. Weiterer Schwerpunkt in der dritten Förderperiode wird die Entwicklung und Anwendung auf die Mikrozerspanung angepasster

Beibehaltung des flüssigen Aggregatzustands erlaubt, fließen in das neue Teilprojekt „Untersuchung der Oberflächenmorphologie kryogen gefräster TiAl6V4-Verdichterräder“ ein. Ziel des Teilprojekts ist neben der Optimierung der Oberflächenmorphologie die Kompensation thermisch bedingter Wärmekontraktionen bei der Fräsbearbeitung, um somit die Maßhaltigkeit bei der Fertigung komplexer Bauteilgeometrien bei gleichzeitig hoher Produktivität zu gewährleisten.

Das FBK freut sich über weitere vier Jahre Förderung von Projekten des SFB 926 und die Zusammenarbeit mit den beteiligten Lehrstühlen der TU Kaiserslautern. In den folgenden Infobriefausgaben werden Details und Ergebnisse der einzelnen Projekte vorgestellt.

Kontakt

Dr.-Ing. Benjamin Kirsch
E-Mail: benjamin.kirsch@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205 – 3770 | www.sfb926.de

Teilprojekt des IRTG2057: Simulation des Energieaufwands in der additiven Fertigung Entwicklung eines Simulationsansatzes

Die additive Fertigung umfasst Fertigungsverfahren, bei denen Bauteile durch schichtweisen Materialauftrag hergestellt werden. Additive Fertigungsverfahren, wie Laserauftragschweißen und Selektives Laserschmelzen, sind nicht nur mehr geeignet zur Herstellung von Prototypen, sondern auch für Funktionsbauteile und ermöglichen beispielsweise die wirtschaftliche Fertigung kundenindividueller Produkte, die Verkürzung von Prozessketten und die dezentrale Produktion. Die additive Fertigung wurde in der Vergangenheit oftmals als Fertigungsverfahren mit einer hohen Ressourceneffizienz betrachtet. Durch die additive Fertigung können Bauteile endkonturnah gefertigt werden,

Gießen). Daher sind nach aktuellem Forschungsstand Energieaufwände unterschiedlicher additive Fertigungsverfahren zu quantifizieren, zu bewerten und zu reduzieren.

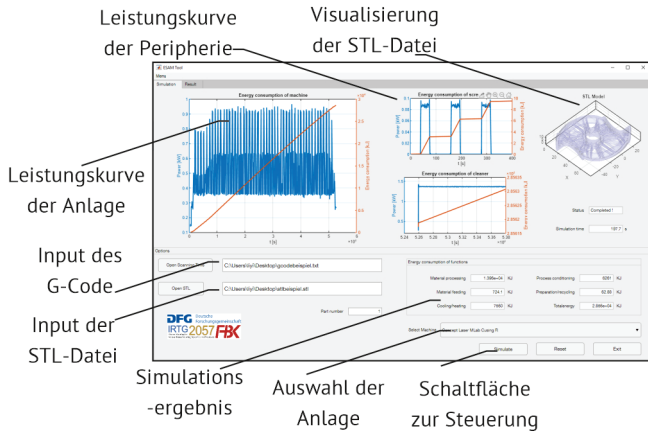
Vor diesem Hintergrund wird in einem Teilprojekt des IRTG2057 ein Simulationsansatz zur Quantifizierung des Energieaufwands der additiven Fertigung entwickelt. Die Verfahren Werkstoffextrusion und Selektives Laserschmelzen werden als Forschungsgegenstand definiert und anschließend die Systemelemente der Anlagen (z. B. Laservorrichtung und Motoren) spezifiziert. Danach werden die Energieflüsse zwischen den Systemelementen analysiert und anhand des physikalischen Modellierungsansatzes Bond Graph in zwei Energiemodellen beschrieben. Dies folgt der allgemeinen Zielsetzung des IRTG2057, wonach Phänomene in der Produktion mittels physikalischer Ansätze zu untersuchen sind. Bezüglich der Energiemodelle werden anschließend äquivalente Schaltpläne der additiven Fertigungsanlagen mittels der Plattform Simulink erstellt und die Leistungsdaten in einer Datenbank gespeichert.

Die Simulation der Energieaufwände erfolgt über eine auf MATLAB basierende Benutzeroberfläche (siehe Abbildung). Dazu wird zunächst der G-Code und die STL-Datei des Bauteils in das Simulationswerkzeug geladen. Für die Simulation werden die Zeitparameter mit den Leistungsdaten aus der Datenbank zum Energieverbrauch integriert. Anschließend werden auf der Benutzeroberfläche die Leistungskurven der additiven Fertigungsanlage und der peripheren Systeme (z. B. Siebgerät für Pulver) dargestellt.

Weiterhin ermöglicht das Simulationswerkzeug eine Reduzierung des Energieaufwands der additiven Fertigung. So kann der Energieaufwand mithilfe des Simulationswerkzeugs bereits vor der additiven Fertigung eines Bauteils ermittelt werden und erlaubt damit eine Optimierung der Bauteilgeometrie und der Prozessparameter hinsichtlich des Energieaufwands.

Kontakt

M.Sc. Li Yi
E-Mail: li.yi@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205 – 3369



Software für die Energiesimulation der additiven Fertigung

wodurch in der Nachbearbeitung wenig Material abgetragen werden muss. Ebenfalls benötigt die additive Fertigung keine Schmierstoffe und Vorrichtungen und spart somit die Ressourcen für deren Herstellung, Wartung und Transport ein. Die aktuelle Forschung zeigt jedoch, dass der spezifische Energieaufwand der additiven Fertigung erheblich höher ist als bei konventionellen Fertigungsverfahren (z. B. Fräsen und

Maßgeschneiderten Dicing Blades für die Bearbeitung von sprödharten Werkstoffen

Mikroprodukte, wie Halbleiterbauelemente oder mikromedizinische Werkzeuge, sind ein fester Bestandteil unseres täglichen Lebens und finden mit dem wachsenden technologischen Fortschritt immer mehr Anwendung. Durch die konstante Weiterentwicklung der Mikrofertigungsverfahren können stetig kleinere Strukturen genauer hergestellt werden. Dadurch können bei konstanter Bauteilgröße auch immer mehr Funktionen integriert werden. Beispielsweise können durch Steigerung der Integrationsdichte von Transistoren pro Siliziumwafer Funktionen von Computern erfüllt werden, die vor 40 Jahren ganze Fabrikhallen füllten. Waferprodukte werden in der Halbleiterindustrie durch sogenannte „Dicing

Blades“ zugeschnitten. Dicing Blades sind dünne Schleifscheiben, die meist aus einem Grundkörper und einem Schleifbelag mit Diamantkörnern bestehen. Beim Schleifen sprödharter Materialien wie Silizium kann es abhängig von den Schnittparametern zum spröden oder duktilen Materialabtrag kommen. Unter einem duktilen Materialabtrag wird das

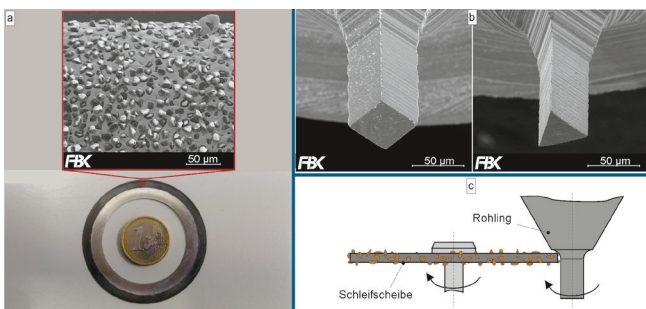
Erreichen scharfer, ausbruchsfreier Kanten und Oberflächen verstanden. Duktiler Materialabtrag wird durch geringe Materialabtragsraten erreicht, wodurch die Produktivität reduziert wird. Daher ist es von großer Bedeutung, diese Grenze in Abhängigkeit von Prozess- und Werkzeugparametern zu ermitteln. Um den Einfluss der Werkzeugparameter genauer untersuchen zu können, werden am FBK chemisch beschichtete Dicing Blades hergestellt und eingesetzt.

Im Laufe der 2. Förderperiode des Sonderforschungsbereichs 926 „Bauteiloberflächen: Morphologie auf der Mikroskala“ wurde im Rahmen des Teilprojekts B09 ein chemisches Beschichtungsverfahren entwickelt, um Mikroschleifstifte herzustellen. Es handelt sich dabei um ein Redoxverfahren, das einen Grundkörper mit einer Nickel-Phosphorschicht beschichtet. Diamantkörner gelangen während des chemischen Beschichtungsverfahrens durch Aufwirbelung an die Substratoberfläche. Das Verfahren wurde erfolgreich auf Dicing-Blade-Rohlinge durchgeführt (siehe Abb. a). Die hergestellten Dicing Blades haben einstellbare Schleifschichtdicken, Korndichten, Kornüberstände und Korngrößen. Der Grundkörper kann für das vorgesehene Einsatzgebiet in Dicke und Form angepasst werden. Die frei einstellbaren Werkzeugparameter ermöglichen neue Möglichkeiten in der Erforschung der Mikroschleiftechnik von sprödharten Werkstoffen.

Zur Funktionsvalidierung der Dicing Blades wurden viereckige und dreieckige Mikrowerkzeugrohlinge aus Hartmetall geschliffen (Abb. b), Abb. c stellt den Herstellungsprozess der Mikrowerkzeugrohlinge schematisch dar.

Kontakt

Dipl.-Ing. Peter A. Arrabiyeh
E-Mail: peter.arrabiyeh@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205 – 5483

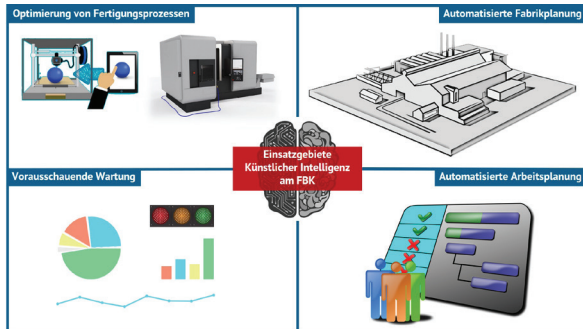


a) Dicing Blade mit 1000-fach vergrößertem Bereich b) geschliffene Mikrowerkzeugrohlinge c) Schleifprozess der Mikroschleifrohlinge

cing Blades“ zugeschnitten. Dicing Blades sind dünne Schleifscheiben, die meist aus einem Grundkörper und einem Schleifbelag mit Diamantkörnern bestehen. Beim Schleifen sprödharter Materialien wie Silizium kann es abhängig von den Schnittparametern zum spröden oder duktilen Materialabtrag kommen. Unter einem duktilen Materialabtrag wird das

Künstliche Intelligenz in der Produktion

Durch die zunehmende Vernetzung von Maschinen und der damit verbundenen sensorischen Datenerfassung werden immer mehr Daten in produzierenden Unternehmen generiert, die bislang jedoch nur selten zielführend genutzt werden. Dabei können mit Hilfe von Algorithmen und Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) innovative Lösungen entstehen, mit denen Unternehmen Wert generieren und Wettbewerbsvorteile erschließen und sichern können. Doch was ist KI eigentlich, welche Potenziale werden durch deren Nutzung eröffnet und wie kann Ihr Unternehmen von der Forschung des FBK profitieren?



Einsatzgebiete Künstlicher Intelligenz am FBK

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) definiert KI als ein Teilgebiet der Informatik, das versucht, kognitive Fähigkeiten wie Lernen, Planen oder Problemlösen in Computersystemen zu realisieren. Durch die immer höhere Verfügbarkeit an Daten und Rechenleistung erfahren die KI-Methoden in jüngster Zeit immer mehr an Anwendungsrelevanz. Eine oft genutzte und grundlegende Methode ist das Maschinelle Lernen. Ziel dabei ist es, automatisiert und ohne explizite Programmierung eines Lösungswegs sinnvolle Ergebnisse aus vorliegenden Beispieldaten zu liefern, zu lernen und das Gelernte auf neue Daten zu übertragen. Mit Hilfe des Maschinellen Lernens ist es also beispielsweise möglich, Muster in einer großen Datenmenge zu erkennen und diese

Fähigkeit aufgrund des Lerneffekts immer weiter zu verbessern.

Damit ein guter Lerneffekt erzielt werden kann, sind große Datenmengen von Vorteil. Diese liegen jedoch unter Umständen bei kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) oder im Falle eines variantenreichen Produktionsprogramms nicht vor. Doch auch bei kleinen Datensätzen gibt es Möglichkeiten, von Maschinell Lernen zu profitieren. Die Datensätze können beispielsweise mittels Datenaugmentierung und sogenannten halluzinierten Trainingsdaten künstlich erweitert werden. Beispielsweise kann ein Algorithmus künstliche Bilder erzeugen, welche zusammen mit realen Bildern einen Trainingsdatensatz bilden, um somit einen Bilderkennungsalgorithmus zu trainieren. Es existieren also verschiedene Möglichkeiten, die entstehenden Daten von Unternehmen, egal welcher Größe, zu nutzen, um verschiedene Anwendungsfälle zu realisieren.

Zur wirtschaftlichen Nutzung von KI müssen Unternehmen allerdings Kompetenzen neben dem Tagesgeschäft innerhalb dieser Domäne aufbauen, was oft mit hohem Zeit- und Ressourceneinsatz verbunden ist. Eine Kooperation mit Forschungsinstituten kann daher ein sinnvoller erster Ansatz sein. Das FBK forscht aktuell an verschiedenen Anwendungsfällen zum Einsatz von KI in der Produktion, die z. B. automatisierte Arbeitsplanung, vorausschauende Wartung, automatisierte Fabrikplanung oder auch die Nutzung von Algorithmen des Maschinellen Lernens in der additiven Fertigung oder der Zerspaltung betreffen. Wenn auch Sie das Potenzial künstlicher Intelligenz für die Produktion in Ihrem Unternehmen nutzbar machen möchten, treten Sie gerne mit uns in Kontakt.

Kontakt

M.Sc. Patrick Kölsch
E-Mail: patrick.koelsch@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205 – 3224

Literaturempfehlung

Neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu realisieren wird eine immer wichtigere Fähigkeit für Unternehmen unterschiedlicher Branchen.

Sichern Sie sich jetzt Ihr Exemplar und gewinnen Sie Einblicke in die Realisierung verfügbarkeitsorientierter Geschäftsmodelle!

Sie erhalten einen vollständigen Leitfaden zur Entwicklung innovativer Produkt-Service Systeme als Ergebnis des Forschungsprojekts InnoServPro. Die hohe Praxistauglichkeit der Inhalte wird dabei an Anwendungsfällen aus der Landtechnik und Intralogistik demonstriert.




Neuer Mitarbeiter



Kevin Gutzeit arbeitet seit September als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich Fräsen.

Ausgewählte Veröffentlichungen

C. Siedler, P. Langlotz, J.C. Aurich: Identification of interactions between digital technologies in manufacturing systems. *Procedia CIRP 81 - Proceedings of the 52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems* (2019): S. 115–120.

M. Glatt, D. Kull, B. Ravani, J.C. Aurich: Validation of a physics engine for the simulation of material flows in cyber-physical production systems. *Procedia CIRP 81 - Proceedings of the 52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems* (2019): S. 494-499.

K. Klauer, M. Eifler, G. Stelzer, B. Kirsch J. Seewig, J.C. Aurich: Design and machining of a calibration artefact for an angular-resolved scattering light sensor. *Proceedings of the 19th euspen International Conference* (2019): S. 270-274.

S. Greco, A. Lange, B. Kirsch, J.C. Aurich: Acoustic frequency measurement of an ultrasonic actuator designed for the use in a vibration-assisted air bearing spindle for micro machining. *Proceedings of the 19th euspen International Conference* (2019): S. 150-153.

S. Kieren-Ehse, M. Bohley, B. Kirsch, J.C. Aurich: Influence of the metal working fluid quantity on process results when micro milling cp-titanium with 50 µm diameter micro end mills. *Proceedings of the 19th euspen International Conference* (2019): S. 400-401.

D. Setti, B. Kirsch, J.C. Aurich: Experimental investigations and kinematic simulation of single grit scratched surfaces considering pile-up behaviour: grinding perspective. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (2019): [doi:10.1007/s00170-019-03522-7]

F. Schneider, J. Das, B. Kirsch, B. Linke, J.C. Aurich: Sustainability in Ultra precision and Micro machining: a review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology* 6/3 (2019): S. 601-610.

J. Hartig, B. Kirsch, J.C. Aurich: Bohren von ausferritischem Gusseisen mit Kugelgraphit. *wt Werkstatttechnik online* 109/6 (2019): S. 494-502.

P.A. Arrabiye, M. Dethloff, C. Müller, B. Kirsch, J.C. Aurich: Optimization of Micropencil Grinding Tools Via Electrical Discharge Machining. *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 141/3 (2019): S. 31005-1-31005-9.

Herausgeber

Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation
Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich

Kontakt

Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation
Technische Universität Kaiserslautern
Postfach 3049
67653 Kaiserslautern

E-Mail: fbk@mv.uni-kl.de Tel.: 0631 205 - 2618
Internet: www.fbk-kl.de Fax: 0631 205 - 3238

Zu allen Veranstaltungen, Veröffentlichungen und Projekten erhalten Sie neben den angegebenen Quellen Informationen beim Herausgeber.

Der Infobrief ist auch in elektronischer Form als PDF-Datei über die Internet-Seiten des FBK erhältlich. Dort kann der Infobrief ebenfalls abonniert werden.

ISSN 1615-2492