

JAHRESBERICHT
ANNUAL REPORT
2020

2021

GREEN. EFFICIENT. ENERGY.

DAS FRAUNHOFER IWS
FRAUNHOFER IWS

The Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS Dresden stands for innovations in laser and surface technology. As an institute of the Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., IWS offers one-stop solutions ranging from the development of new processes to implementation into production to application-oriented support. Systems technology development and process simulation complement its core competencies. The business fields of Fraunhofer IWS include PVD and nanotechnology, chemical surface technology, thermal surface technology, additive manufacturing and printing, joining, laser ablation and cutting as well as microtechnology. As a further competence field, material characterization and testing support research activities. At Westsächsische Hochschule Zwickau, IWS runs the Fraunhofer Application Center for Optical Metrology and Surface Technologies AZOM. The Fraunhofer project group at the Dortmunder OberflächenCentrum DOC[®] is also integrated into the Dresden Institute. The main cooperation partners in the U.S. include the Center for Coatings and Diamond Technologies (CCD) at Michigan State University in East Lansing and the Center for Laser Applications (CLA) in Plymouth, Michigan.

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden steht für Innovationen in der Laser- und Oberflächentechnik. Als Einrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. bietet das Institut Lösungen aus einer Hand – von der Entwicklung neuer Verfahren über die Integration in die Fertigung bis hin zur anwendungsorientierten Unterstützung. Systemtechnikentwicklung und Prozesssimulation ergänzen die Kernkompetenzen. Zu den Geschäftsfeldern des Fraunhofer IWS gehören PVD- und Nanotechnik, Chemische Oberflächentechnik, Generieren und Drucken, Fügen, Laserabtragen und -trennen sowie Mikrotechnik. Das Kompetenzfeld Werkstoffcharakterisierung und -prüfung unterstützt die Forschungsaktivitäten. An der Westsächsischen Hochschule Zwickau betreibt das Dresdner Institut das Fraunhofer-Anwendungszentrum für Optische Messtechnik und Oberflächentechnologien AZOM. Die Fraunhofer-Projektgruppe am Dortmunder OberflächenCentrum DOC[®] ist ebenfalls Teil des Fraunhofer IWS. Die Hauptkooperationspartner in den USA sind das Center for Coatings and Diamond Technologies CCD an der Michigan State University in East Lansing und das Center for Laser Applications CLA in Plymouth, Michigan.



Zertifiziert nach ISO 9001:2015

Qualität ist das Fundament für unseren Erfolg. Wir haben es uns zur Aufgabe gemacht, unsere Potenziale weiterzuentwickeln sowie die Zufriedenheit unserer Partner und Kunden auf höchstem Niveau zu etablieren. Deshalb hat das Fraunhofer IWS Dresden bereits 1997 ein Qualitätsmanagementsystem eingeführt, das seither kontinuierlich weiterentwickelt und regelmäßig nach dem ISO-Standard 9001 extern zertifiziert wird. Dies dient als Basis, um anhand dokumentierter Verfahren zukunftssicher am nationalen und internationalen Markt agieren zu können.

Certified according to ISO 9001:2015

Quality is the cornerstone of our success. We have made it our task to refine our own potential, as well as to establish and keep our partners' and customers' satisfaction at the highest level. For this reason, in 1997 Fraunhofer IWS Dresden introduced a quality management system and this system has been continuously refined and regularly externally certified according to the ISO standard 9001 ever since. This audit is regarded as the basis for working sustainably by means of documented procedures on the domestic and international markets.

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

FRAUNHOFER GESELLSCHAFT

Research for industrial use lies at the heart of all activities pursued by the Fraunhofer-Gesellschaft. Founded in 1949, the research organization undertakes applied research that drives economic development and serves the wider benefit of society. Its services are solicited by customers and contractual partners in industry, the service sector and public administration.

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains 75 institutes and research units. The majority of our 29,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of 2.8 billion euros. Of this sum, 2.4 billion euros are generated through contract research. Around two thirds of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. The remaining third is contributed by the German federal and state governments in the form of base funding, enabling the institutes to work ahead on solutions to problems that will not become acutely relevant to industry and society until five or ten years from now.

International collaborations with excellent research partners and innovative companies around the world ensure direct access to regions of the greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

With its clearly defined mission of application-oriented research and its focus on future key technologies, the Fraunhofer-Gesellschaft plays a prominent role in the German and European innovation process. Applied research has a knock-on effect that extends beyond the direct benefits perceived by the customer: Through their research and development work, the Fraunhofer Institutes help to reinforce the competitive strength of the economy in their local region, and throughout Germany and Europe.

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 75 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 29.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,8 Milliarden Euro. Davon entfallen 2,4 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund zwei Drittel davon erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund ein Drittel werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei.

JAHRESBERICHT 2020/2021

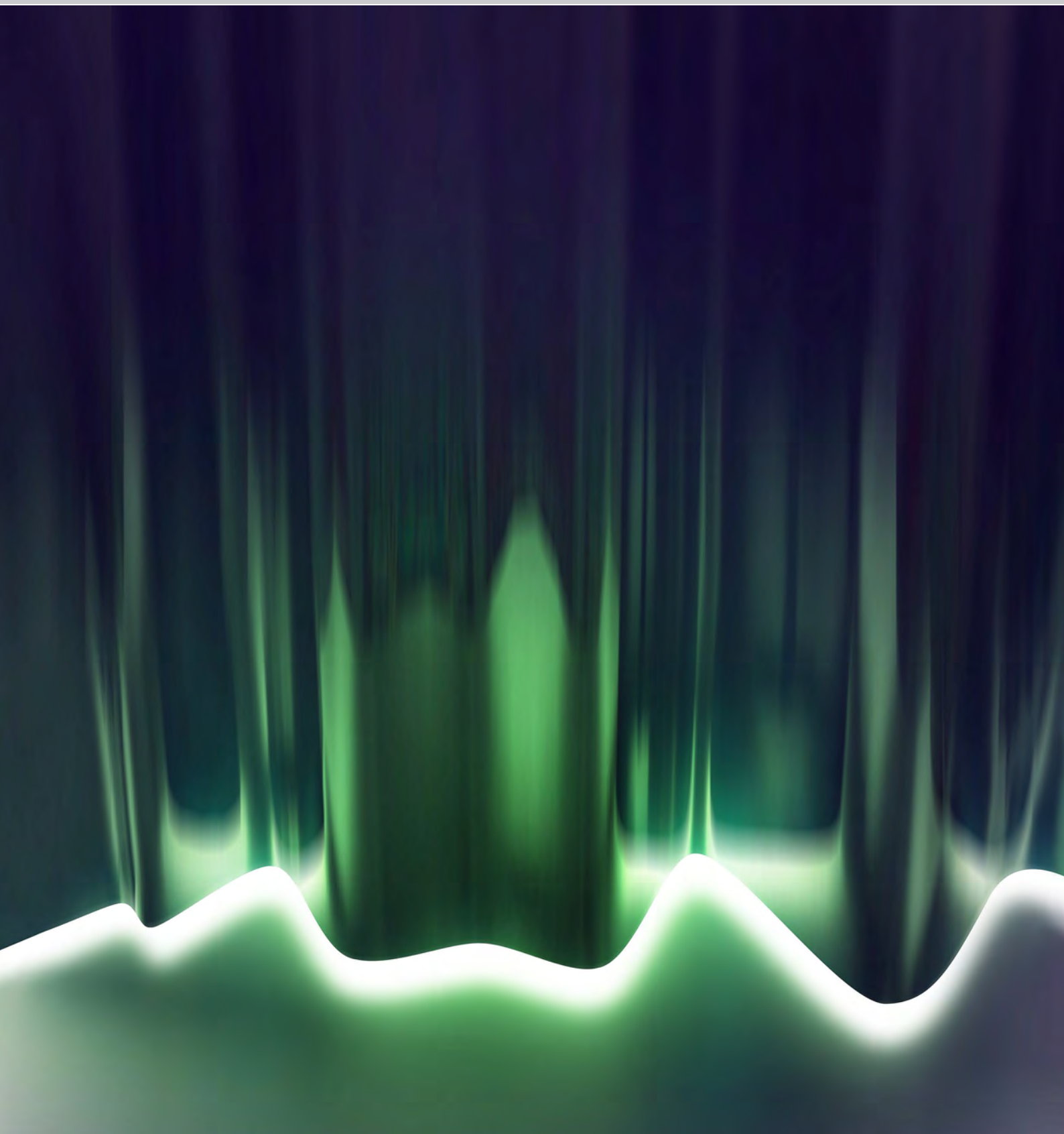
**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND
STRAHLTECHNIK IWS**

ANNUAL REPORT 2020/2021

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR MATERIAL AND
BEAM TECHNOLOGY IWS

INHALT

CONTENTS



DAS FRAUNHOFER IWS

4	Vorwort
8	Institutprofil
12	IWS im Überblick
14	Auszeichnungen und Ehrungen
18	Aus dem Kuratorium
20	Organisation und Ansprechpartner

FRAUNHOFER IWS

Foreword
Profile
IWS at a glance
Awards and honors
From the Board of Trustees
Organization and contacts

AUS DEN TECHNOLOGIEFELDERN

24	PVD- und Nanotechnik
32	Chemische Oberflächentechnik
40	Thermische Oberflächentechnik
48	Generieren und Drucken
56	Fügen
64	Laserabtragen und -trennen
72	Mikrotechnik
80	Werkstoffcharakterisierung und -prüfung
86	Optische Messtechnik und Oberflächentechnologien
90	Dortmunder OberflächenCentrum DOC®

FROM THE TECHNOLOGY FIELDS

PVD- and Nanotechnology
Chemical Surface Technology
Thermal Surface Technology
Additive Manufacturing and Printing
Joining
Laser Ablation and Cutting
Microtechnology
Materials Characterization and Testing
Optical Metrology and Surface Technologies
Dortmunder OberflächenCentrum DOC®

ZENTREN UND NETZWERKE

96	Kooperationspartner
98	Zentren
100	Außenstellen
101	Netzwerke
104	Impressum

CENTERS AND NETWORKS

Cooperation partners
Centers
Branches
Networks
Editorial notes

VORWORT

FOREWORD



Executive Director **Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens**

Ladies and Gentlemen,

We currently are experiencing a period of disruptive change. Who would have thought that a pandemic like COVID-19 would spark innovation despite the far-reaching restrictions we are experiencing in our day-to-day lives? Last year, we had to respond flexibly to the general developments and legal requirements for virus containment. In spring, for example, we developed quick and uncomplicated solutions to limit the spread of the virus. Such solutions included the "IWShield" and the decentralized 3D-printed face shields coordinated in the DRESDEN-concept network, which we were able to provide to healthcare facilities. We have used the time to address new requirements for remote working. For several years now, we have already been driving forward topics in which artificial intelligence (AI) is the key to scientific solutions. Part of these efforts is to develop database-driven processes which, digitally link our materials and laser processing expertise and enable us to address highly complex customer requirements. One example is the

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

wir befinden uns mitten in einer Zeit des disruptiven Wandels. Wer hätte gedacht, dass eine Pandemie wie COVID-19 neben weitgehenden Einschränkungen im realen Leben gleichzeitig Innovationssprünge auf der digitalen Ebene ermöglichen würde? Im vergangenen Jahr galt es, flexibel auf die allgemeinen Entwicklungen und rechtlichen Vorgaben zur Virus-Eindämmung zu reagieren. So fanden wir im Frühjahr schnell und unkompliziert Lösungen, die eine Verbreitung des Virus einschränken. Dazu gehörten etwa das »IWShield« und die im Netzwerk DRESDEN-concept koordinierten, dezentral im 3D-Druck hergestellten Gesichtsschilde für Gesundheitseinrichtungen. Wir haben die Zeit genutzt, uns den Neuerungen zu stellen, die ein digitales Arbeiten erfordert. Bereits seit einigen Jahren treiben wir Themen voran, bei denen künstliche Intelligenz (KI) der Schlüssel zur Problemlösung ist. Dazu gehört es, datenbankbasierte Verfahren zu entwickeln, die unser Werkstoff- und Laserbearbeitungs-Know-how digital verknüpfen und es uns ermöglichen, hochkomplexe Kundenanforderungen zu adressieren – wie im

Projekt »DiWan«, bei dem wir uns mit Partnern aus Forschung und Wirtschaft der Aufgabe stellen, ein virtuelles Werkstoff-Expertensystem zu erarbeiten. Das vergangene Jahr hat somit zwar viel Energie gekostet, aber gleichzeitig Türen geöffnet. »Energie« ist ein Kernthema, dem wir uns weiterhin mit hoher Aufmerksamkeit widmen. Der Titel dieses Jahresberichts »Green. Efficient. Energy« stellt die Leitlinie für unser Handeln im Jahr 2021 dar. Ein wichtiges Stichwort lautet »Wasserstoff«. Wir bündeln aktuell unsere Kompetenzen, die wir an unterschiedlichen Stellen am Institut dazu einbringen können. Ein erstes Beispiel ist die Beschichtungstechnologie von Bipolarplatten, die in unserem Dortmunder OberflächenCentrum DOC[®] entwickelt wird. Diese Schlüsselkomponenten von Brennstoffzellen beschichten wir mit einer Kohlenstoffschicht – massenproduktionstauglich, kosteneffizient und umweltfreundlich. »Batterietechnologien« sind das zweite wichtige Stichwort. Mit unseren Lithium-Schwefel-Lösungen und dem Trockenfilmprozess »DRYtraec[®]« gehören wir zur Speerspitze in der Erforschung der Batterie der Zukunft. Das zeigt auch unsere Mitgliedschaft im »Kompetenzzentrum autonomes und elektrisches Fliegen«, in das wir unsere Batterie-Expertise für die Luftfahrt von morgen einbringen. Unter dem Stichwort »Effizienz« subsumieren wir nicht nur »grüne« Themen. Nach wie vor spannend ist etwa die Erforschung der personalisierten Medizin. Unsere Lab-on-a-Chip-Systeme stellen ihre Offenheit für neue Aufgabenfelder unter Beweis. Denn wir arbeiten nicht nur unbeirrt daran weiter, dass sich Tierversuche in Zukunft auf ein Minimum reduzieren lassen, sondern untersuchen auch, wie unser System Corona-Auswirkungen testen und verringern kann. Weitere spannende Forschungs- und Entwicklungsthemen aus dem Fraunhofer IWS haben wir Ihnen in diesem Jahresbericht zusammengestellt.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Stöbern!

Herzlichst | Sincerely,

Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens

”DiWan” project, in which we are working with partners from research and industry to develop a virtual materials expert system. The past year thus cost us a lot of effort, but at the same time it opened doors. ”Energy” is a core topic on which we continue to place a great deal of attention. The title of this annual report – ”Green. Efficient. Energy.” marks the cornerstones of our research activities in 2021. ”Hydrogen” is a further crucial key area on which we are currently focusing our expertise, contributing to its advancement it in a variety of areas at the institute. A first example is the coating technology for bipolar plates, which is being developed at our Dortmunder OberflächenCentrum DOC[®]. We deposit a carbon layer on these fuel cell key components – suitable for mass production, cost-efficient and environmentally friendly. ”Battery technologies” are the second key issue. With our lithium-sulfur solutions and the ”DRYtraec[®]” dry film process, we are among the pioneers in future battery research. As a member of the ”Center of Competence for Autonomous and Electric Flight”, which integrates our battery expertise for tomorrow’s aviation, shows our clear commitment to the future. The term ”efficiency” does not just cover ”green” topics. Research into personalized medicine, for example, remains as exciting as ever. Our lab-on-a-chip systems demonstrate its readiness to tackle new fields of activity. After all, we are not only working towards minimizing animal testing in the future, but are also investigating ways for our system to test and reduce the effects of corona. Further exciting research and development topics from Fraunhofer IWS are presented in this annual report.

We hope you enjoy browsing through our report!



DAS FRAUNHOFER IWS

FRAUNHOFER IWS

INSTITUTSPROFIL
PROFILE

IWS IM ÜBERBLICK
IWS AT A GLANCE

AUSZEICHNUNGEN UND EHRUNGEN
AWARDS AND HONORS

AUS DEM KURATORIUM
FROM THE BOARD OF TRUSTEES

**ORGANISATION
UND ANSPRECHPARTNER**
ORGANIZATION AND CONTACTS

PORTFOLIO

INDUSTRY FOCUS

- 1 Aerospace Technology
- 2 Power and Environmental Engineering
- 3 Automotive Technology
- 4 Medical Engineering
- 5 Mechanical Engineering and Tool Manufacturing
- 6 Electrical Engineering and Microelectronics
- 7 Photonics and Optics

FUTURE AND INNOVATION FIELDS

- 1 Battery Technology
- 2 Hydrogen Technology
- 3 Surface Functionalization
- 4 Photonic Production Systems
- 5 Additive Manufacturing



INSTITUTSPROFIL

PROFILE

Mission 2023

Our mission statement describes the main motivation of Fraunhofer IWS and explains how to achieve it in the long run: *We passionately drive ideas and implement customized complete solutions for the industry of the future by means of laser applications, functionalized surfaces and material-based innovations.*

Vision 2023

Our vision sketches a long-term image, reflects the uniqueness of Fraunhofer IWS and gives us our identity. For all employees, it highlights the course and value of our actions, thus creating meaning and motivation. Its wording is deliberately ambitious: *We are the world's number 1 for complex system solutions in materials and laser technology.*

Mission 2023

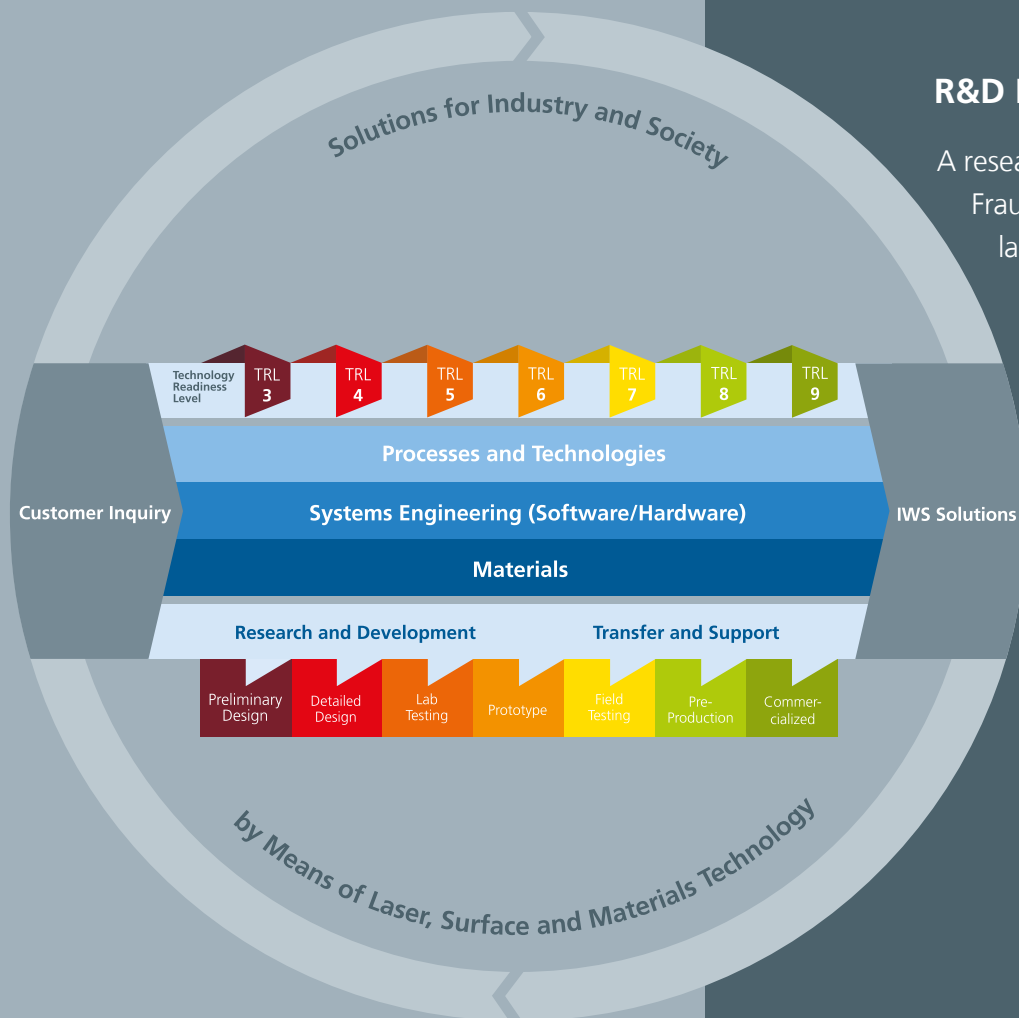
Unsere Mission beschreibt die Motivation und den wesentlichen Auftrag des Fraunhofer IWS und wie diese langfristig erreicht werden sollen: *Wir sind leidenschaftliche Ideentreiber, die mit Laseranwendungen, funktionalisierten Oberflächen und werkstoffbasierten Innovationen maßgeschneiderte Komplettlösungen für die Industrie der Zukunft verwirklichen.*

Vision 2023

Unsere Vision zeichnet ein langfristiges Zukunftsbild, beschreibt die Einzigartigkeit des Fraunhofer IWS und verleiht uns damit unsere Identität. Für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zeigt sie Richtung und Nutzen unseres Handelns und stiftet dadurch Sinn und Motivation. Sie ist bewusst ambitioniert formuliert: *Wir sind die weltweite Nummer 1 für komplexe Systemlösungen in Werkstoff- und Lasertechnik.*

R&D LIFE CYCLE

A research problem can be addressed at Fraunhofer IWS in projects and collaborations at any of the generally accepted Technology Readiness Levels (TRL). By linking processes and technologies, systems engineering and materials, Fraunhofer IWS scientists provide solutions in research and development (TRL 3 to 6). At higher TRLs they offer transfer and support services. A successfully completed development can always be the beginning of a new joint project.



Positionierung

Das Fraunhofer IWS versteht sich als das treibende Bindeglied zwischen Forschung und Industrie, das kundenorientiert Laseranwendungen und funktionale Oberflächen unter Einsatz neuer Werkstoffe entwickelt sowie maßgeschneiderte Systemlösungen für die Industrie verwirklicht. Die Bandbreite unserer Technologien erlaubt es, Systemlösungen entlang der Prozesskette vom Werkstoff über die Systemtechnik bis hin zur Digitalisierung im Sinne unserer Partner zu entwickeln – mit detaillierter Branchenkenntnis und ausgeprägtem Pragmatismus.

Mindset

Neugier, Wachheit, Mut und interdisziplinäre Strukturen sowie agile Arbeitsweisen schaffen Raum für neue Ansätze und Innovationen. Diese inspirierende Institutsatmosphäre gliedert sich in eine besondere Arbeitswelt ein, die wissenschaftliche Exzellenz mit wirtschaftlichem Erfolg beispielgebend verknüpft. Das Fraunhofer IWS fördert die fachliche sowie persönliche Entwicklung und dient als Sprungbrett für Karrieren.

Positioning

Fraunhofer IWS sees itself as the driving link between research and industry. We develop customer-oriented laser applications and functional surfaces based on new materials and implement customized industrial system solutions. The broad range of technologies allows us to design system solutions along the process chain starting from materials to system technology to digitalization in line with the interest of our partners – with profound industry knowledge and pronounced pragmatism.

Mindset

Curiosity, alertness, courage and interdisciplinary structures as well as agile working methods create space for new approaches and innovations. This inspiring atmosphere is part of a specific working environment that exemplarily combines scientific excellence with economic success. Fraunhofer IWS promotes the professional and personal development of its staff and serves as a stepping stone.



Structures

Internal workflows and customer processes are digitized and transparent. Our goal: flexible and efficient project processing. Lean interdisciplinary task structures, a strong network of global partners and an excellently equipped working environment inspire highest quality and efficiency.

Networks

Fraunhofer IWS is a strong source of inspiration and the first contact within networks which are highly relevant both in terms of content and politics.

Portfolio

Our vision forms the core of Fraunhofer IWS' orientation, around which its key competencies are focussed: Processes and Technologies, Materials, and Systems Engineering. These technologies and fields of expertise are arranged along the following three dimensions:

- Our expertise is bundled in the technology fields of Additive Manufacturing and Printing, Joining, Laser Ablation and Cutting, Microtechnology, PVD- and Nanotechnology, Chemical and Thermal Surface Technology.
- Systems engineering connects our technical know-how with the digital world. Focal points: Hardware, software, Industry 4.0, optical metrology, AI applications, digital technology and systems engineering.
- Profound knowledge of microstructure and properties of materials leads to innovations in materials engineering. Expertise: Materials selection, characterization and testing, and development.

Strukturen

Interne Arbeitsabläufe und Kundenprozesse sind digitalisiert und transparent. Unsere Zielstellung: die flexible und effiziente Projektbearbeitung. Schlanke, übergreifende Aufgabenstrukturen, ein starkes weltweites Partnernetzwerk und die hervorragend ausgestattete Arbeitsumgebung beflügeln zu höchster Qualität und Effizienz.

Netzwerke

Das Fraunhofer IWS ist inspirierender Impulsgeber und erster Ansprechpartner innerhalb von Netzwerken, die sowohl inhaltlich als auch politisch hohe Relevanz entfalten.

Portfolio

Unsere Vision bildet den Kern der Ausrichtung des Fraunhofer IWS, um den sich die Kernkompetenzen anordnen: Prozesse und Technologien, Werkstoffe und Systemtechnik. In diese drei Dimensionen ordnen sich die Technologie- und Kompetenzfelder ein:

- In den Technologiefeldern Generieren und Drucken, Fügen, Laserabtragen und -trennen, Mikrotechnik, PVD- und Nanotechnik, Chemische sowie Thermische Oberflächentechnik sammelt sich die wissenschaftliche Technikkompetenz.
- Die Systemtechnik verbindet das fachliche Know-how mit der digitalen Welt. Schwerpunkte: Hardware, Software, Industrie 4.0, optische Messtechnik, KI-Anwendungen, Digitaltechnik und Systemtechnik.
- Tiefgreifende Kenntnisse über Aufbau und Eigenschaften von Werkstoffen führen zu Innovationen in der Werkstofftechnik. Kompetenzen: Auswahl, Charakterisierung und Prüfung sowie Entwicklung von Werkstoffen.

Lösungen

Das Fraunhofer IWS bietet einfach integrierbare Individual-, industrietaugliche Komplett-, kosteneffiziente Mittelstandslösungen sowie Werkstoff- und Prozessinnovationen.

Die Königsdisziplin stellen disruptive Produktionssysteme dar. Die Wissenschaftler des Fraunhofer IWS bringen engagiert ihr Know-how ein, indem sie Kompetenzen und Technologien mit Systemtechnik verknüpfen und gesamtheitliche Lösungen erarbeiten, die einen messbaren Unterschied in Industrie und Gesellschaft machen.

R&D Life Cycle

Der »R&D Life Cycle« beschreibt den Prozess von der Kundenanfrage bis zur spezifischen Lösung. Eine Problemstellung kann auf jeder Stufe der allgemein anerkannten Technology Readiness Level (TRL) einfließen. Über die Verknüpfung von Prozessen und Technologien, Systemtechnik sowie Werkstoffen erarbeiten wir üblicherweise je nach Anforderung Lösungen auf den TRL-Stufen drei bis sechs. Auf höheren Leveln bietet das Fraunhofer IWS Transfer- und Betreuungsleistungen. Das Ende einer erfolgreichen Entwicklung kann immer der Anfang neuer gemeinsamer Projekte sein.

Solutions

Fraunhofer IWS offers easy-to-integrate individual, industry-ready complete, cost-efficient SME solutions as well as material and process innovations.

Disruptive production systems represent the supreme discipline. Fraunhofer IWS scientists contribute their know-how by combining expertise and technologies with systems engineering to develop holistic solutions that make a measurable difference in industry and society.

R&D Life Cycle

The "R&D Life Cycle" outlines the process from customer inquiry to specific solution. A task can be addressed at any of the generally recognized Technology Readiness Levels (TRL). By linking processes and technologies, systems engineering and materials, we typically develop solutions at TRL levels three to six, depending on the requirements. At higher levels Fraunhofer IWS offers transfer and support services. A successfully completed development can always be the beginning of new joint projects.

IWS IM ÜBERBLICK

IWS AT A GLANCE



Mitarbeiter | Employees

IWS

	Anzahl Number
Wissenschaftler/Ingenieure (TU, FH) Scientists/engineers (TU, FH)	168
Facharbeiter mit techn. oder kaufmänn. Ausbildung Skilled workers with technical or trade-related training	68
Auszubildende Trainees	12
Wissenschaftliche Hilfskräfte Research assistants	183
Stipendiaten und externe Mitarbeiter Scholarship holders and external colleagues	2
Gastwissenschaftler TU Dresden Guest scientists from TU Dresden	35
Gesamt Total	468

A list of all scientific contributions by Fraunhofer IWS published in 2020 is available via the bibliographic database "Fraunhofer-Publica":

<http://publica.fraunhofer.de/institute/iws/2020>

Publikationen | Publications

Art der Publikation | Type of publication

	Anzahl Number
Dissertationen Dissertations	17
Diplomarbeiten Diploma theses	40
Masterarbeiten Master's theses	14
Veröffentlichungen Journal papers	124
Patente (Erstanmeldungen) Patents (first filing)	15
Gesamt Total	210

Eine Liste aller wissenschaftlichen Fraunhofer-IWS-Publikationen aus dem Jahr 2020 stellen wir über die bibliografische Datenbank »Fraunhofer-Publica« unter dem folgenden Link zur Verfügung:

<http://publica.fraunhofer.de/institute/iws/2020>

Aufwendungen | Expenses

Fraunhofer IWS und deutsche Außenstellen 2020 in Mio. €

Fraunhofer IWS and German branches, 2020 (million €)

Personalaufwand Staff	18.2
Sachaufwendungen Material costs	10.2
Investitionen Investments	3.3
Sonderinvestitionen durch Bund, Land und EU Special Investments from federal, state and European sources	0
Gesamt	31.7

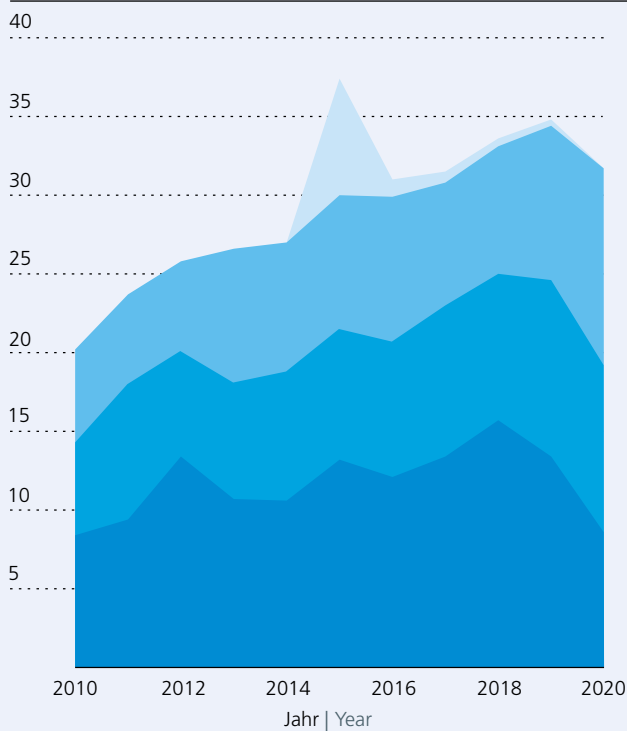
As of January 2021



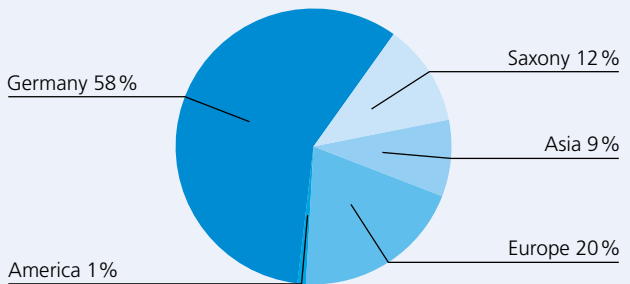
Erträge | Revenues

Fraunhofer IWS und deutsche Außenstellen 2020 in Mio. € | Fraunhofer IWS and German branches, 2020 (million €)

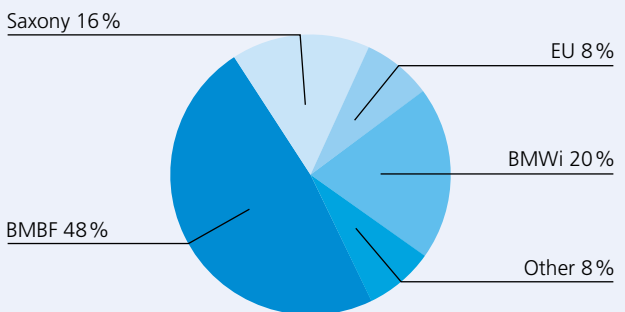
Ertrag / Mio. € | Revenues / million €



Herkunft der Industrieerträge | Industrial revenues by source



Herkunft der öffentlichen Erträge | Public revenues by source



	Betrieb Operation	Investitionen Investments	Gesamt Total
Projekterträge aus der Industrie Project revenues from industry	8.5	0.1	8.6
Projekterträge durch Bund, Land und EU Project revenues from federal, state and European sources	10.1	0.5	10.6
Grundfinanzierung und interne Programme Base funding and Fraunhofer internal programs	9.8	2.7	12.5
Sonderfinanzierung durch Bund, Land und EU Special Investments from federal, state and European sources	0	0	0
	28.4	3.3	31.7

Fraunhofer Industrie ρ_{Ind} | Fraunhofer Industry $\rho_{Ind} = 30.2\%$

As of January 2021

AUSZEICHNUNGEN UND EHRUNGEN

AWARDS AND HONORS

WLT NIMMT LEYENS EINSTIMMIG AUF

WLT WELCOMES LEYENS UNANIMOUSLY

Prof. Christoph Leyens, Director of the Institute of Materials Science at Technische Universität Dresden and Director of Fraunhofer IWS, was unanimously accepted into the Wissenschaftliche Gesellschaft für Lasertechnik e.V. (WLT). Today, it is almost impossible to imagine modern manufacturing technology without laser technology. Nevertheless, science must provide answers to increasingly complex future questions. Not least for this reason, the WLT is focusing on further developing laser technology as a universally applicable tool and more strongly implementing it in the research landscape and in industrial applications. Leyens stands for combining materials science know-how with modern laser processes such as cutting, joining and additive manufacturing. From now on, he will support the WLT in its efforts in this area. Promoting the bright minds of tomorrow – and thus the next generation of scientists for industrial companies – is Leyens' particular priority.

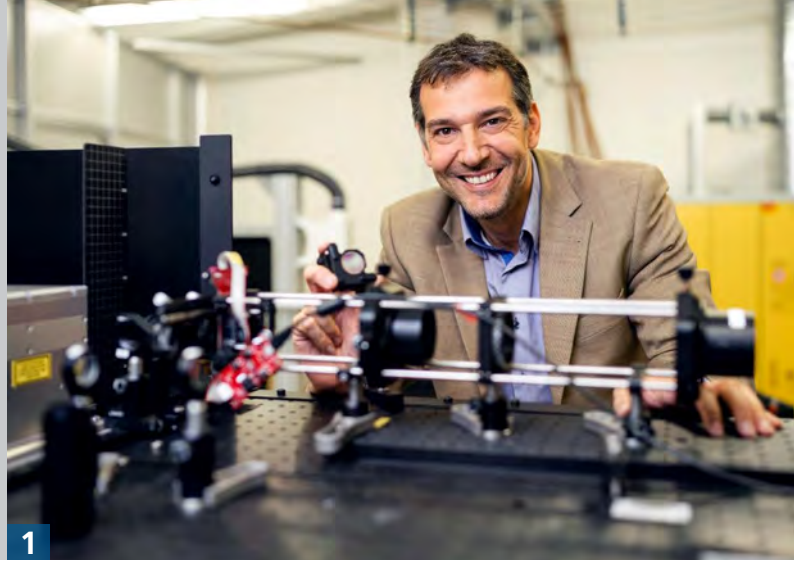
Einstimmig wurde Prof. Christoph Leyens, Direktor des Instituts für Werkstoffwissenschaft der Technischen Universität Dresden und Leiter des Fraunhofer IWS, in die Wissenschaftliche Gesellschaft für Lasertechnik e.V. (WLT) aufgenommen. Die Lasertechnik ist heute aus der modernen Fertigungstechnik nicht mehr wegzudenken. Dennoch muss die Wissenschaft auch in Zukunft Antworten auf immer komplexere Fragestellungen liefern. Nicht zuletzt aus diesem Grund widmet sich die WLT dem Ziel, die Lasertechnik als universell einsetzbares Werkzeug weiterzuentwickeln und sie in der Forschungslandschaft wie in der industriellen Anwendung stärker zu implementieren. Leyens steht dafür, werkstoffwissenschaftliches Know-how mit modernen Laserprozessen, wie Schneiden, Fügen und additive Fertigung, zu verbinden. Er wird die WLT fortan bei diesem Ziel unterstützen. Die klugen Köpfe von morgen – und damit den wissenschaftlichen Nachwuchs für die Unternehmen der Wirtschaft – zu fördern, ist für Leyens dabei ein besonderes Anliegen.

ZIMMERMANN ERSTE FRAU AN DGM-DOPPELSPITZE

ZIMMERMANN FIRST FEMALE DGM DUAL CHAIRMANSHIP

Prof. Martina Zimmermann is the first female president of the German Society for Materials Science e.V. (DGM). She heads the Chair of Mechanics and Failure Analysis at Technische Universität Dresden and the competence field for Material Characterization and Testing at Fraunhofer IWS. She already served as spokeswoman of the DGM advisory board from 2017 to 2019. With more than 70 technical committees and working groups, the DGM covers almost all material

Die erste Präsidentin der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM) heißt Prof. Martina Zimmermann. Sie leitet die Professur für Werkstoffmechanik und Schadensfallanalyse an der Technischen Universität Dresden sowie das Kompetenzfeld für Werkstoffcharakterisierung und -prüfung am Fraunhofer IWS. Bereits von 2017 bis 2019 fungierte sie als Sprecherin des DGM-Beirats. Mit mehr als 70 Fachausschüssen und Arbeitskreisen deckt die DGM nahezu alle Materialklassen



und Prozesstechniken zur Materialherstellung und -verarbeitung ab. Für ihre Amtszeit 2021/22 möchte sie gemeinsam mit Prof. Gerhard Schneider an der Doppelspitze die Bedeutung der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik insbesondere im Hinblick auf die Zukunftsthemen Ressourcen- und Energieeffizienz sowie künstliche Intelligenz über die eigenen Fachgrenzen hinaus bewerben, aber auch ein gesellschaftliches Zeichen setzen: Zimmermann hofft auf eine Signalwirkung für Frauen in den Ingenieur- und Naturwissenschaften, sich stärker in die Netzwerkarbeit einzubringen.

classes and process technologies for material production and processing. For her term of office in 2021/22, together with Prof. Gerhard Schneider at the dual chairmanship, she is particularly interested in promoting the significance of materials science and technology with regard to the future topics of resource and energy efficiency as well as artificial intelligence. In addition she hopes to set an example for society and send out a signal to women to stronger participate in the network's work.

SAW ERNENNT LASAGNI ALS NEUES MITGLIED

SAW APPOINTS LASAGNI AS NEW MEMBER

Die Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig hat Prof. Andrés Fabián Lasagni zum Ordentlichen Mitglied der Technikwissenschaftlichen Klasse gewählt. Damit reiht sich der Inhaber der Professur für Laserbasierte Methoden der großflächigen Oberflächenstrukturierung an der Technischen Universität Dresden in die Liste der über 200 renommierten Mitglieder verschiedener Fachrichtungen ein. Als einer der Direktoren des Center for Advanced Micro-Photonics CAMP von Fraunhofer IWS und Technischer Universität Dresden erforscht er laserbasierte Oberflächenmodifikations- und Strukturierungsverfahren – Technologien, die im Rahmen zahlreicher Projekte in industrielle Applikationen überführt werden. Der gebürtige Argentinier hat sich im Sinne des Akademiegedankens, die Wissenschaft zu fördern und den interdisziplinären Austausch anzuregen, dem Ziel verschrieben, das sächsische Innovationspotenzial mit seiner Vielzahl kleiner und mittlerer Unternehmen zu stärken. Die Mitgliedschaft in der Akademie eröffnet ihm nunmehr die Chance, mit hervorragenden Wissenschaftlern der Region in Kontakt zu kommen, Ideen auszutauschen sowie neue Projekte und Kooperationen zu realisieren.

The Saxon Academy of Sciences and Humanities in Leipzig has elected Prof. Andrés Fabián Lasagni as a full member of the Technical Sciences Class. The professor for laser-based methods for large-area surface structuring at Technische Universität Dresden thus joins the list of more than 200 renowned members from various disciplines. As one of the directors of the Center for Advanced Micro-Photonics CAMP at Fraunhofer IWS and Technische Universität Dresden, he explores laser-based surface modification and patterning methods – technologies that are being transferred to industrial applications in numerous projects. In line with the academy's mission to promote science and encourage interdisciplinary exchange, the native Argentinean has dedicated himself to foster Saxony's innovation potential with its multitude of small and medium-sized enterprises. Membership in the academy now gives him the opportunity to come into contact with outstanding scientists in the region, exchange ideas and implement new projects and collaborations.

1 Prof. Andrés Fabián Lasagni at Technische Universität Dresden elected member of the Saxon Academy of Sciences.

TOMA IN TSS-VORSTAND GEWÄHLT

TOMA ELECTED TO TSS BOARD

Dr. Filofteia-Laura Toma has been elected to the ASM Thermal Spray Society (TSS) Board of Directors. The scientist researches thermal spraying processes at Fraunhofer IWS. She has been working in this field for 20 years and is currently a member of various national and international committees. TSS was founded in 1994 and has grown to about 1,500 members around the globe representing more than 500 companies, research institutes and universities. The Society's vision is to be the world's leading source of thermal spray technology research.

Dr. Filofteia-Laura Toma wurde in den Vorstand der ASM Thermal Spray Society (TSS) gewählt. Die Wissenschaftlerin forscht am Fraunhofer IWS zum Thermischen Spritzen. Seit 20 Jahren arbeitet sie auf diesem Gebiet und ist bereits Mitglied diverser nationaler und internationaler Ausschüsse. TSS wurde 1994 gegründet und ist inzwischen auf etwa 1.500 Mitglieder rund um den Globus angewachsen, die mehr als 500 Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Universitäten vertreten. Die Gesellschaft verfolgt die Vision, die weltweit führende Quelle für Informationen zum thermischen Spritzen zu sein.

HTW DRESDEN ERNENNT KLOTZBACH ZUM HONORARPROFESSOR

HTW DRESDEN APPOINTS KLOTZBACH HONORARY PROFESSOR

The University of Applied Sciences Dresden (HTW) has appointed Prof. Udo Klotzbach honorary professor at the Faculty of Mechanical Engineering for his long-term commitment as a lecturer. Klotzbach, who heads the technology field Microtechnology at Fraunhofer IWS, explores together with his team new applications of ultrashort pulse lasers for surface functionalization and micromaterial processing as well as bio-microsystems technology. Since the summer semester of 2020, he has also been giving weekly lectures on the latter topic to Dresden students. Klotzbach highly values the education of young engineers. Under his leadership, Fraunhofer IWS has already been introducing student assistants and diploma students to practical work for many years through active participation in industrial projects. He is particularly interested in preparing young scientists to design

Die Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden hat Prof. Udo Klotzbach für sein langjähriges Engagement als Dozent zum Honorarprofessor an der Fakultät für Maschinenbau ernannt. Klotzbach, der das Technologiefeld Mikrotechnik am Fraunhofer IWS leitet, forscht gemeinsam mit seinem Team an neuen Einsatzmöglichkeiten von Ultrakurzpulslasern für die Oberflächenfunktionalisierung und Mikromaterialbearbeitung sowie in der Bio-Mikrosystemtechnik. Mit letzterem Thema tritt er seit dem Sommersemester 2020 nun auch wöchentlich vor die Dresdner Studierenden. Klotzbach legt großen Wert auf die Ausbildung junger Ingenieure. Unter seiner Leitung führt das Fraunhofer IWS bereits seit vielen Jahren studentische Hilfswissenschaftler und Diplomanden durch die aktive Mitarbeit in Industrieprojekten an die Praxis heran. Ein besonderes Anliegen ist ihm dabei, die jungen Nachwuchswissenschaftler auf



die Gestaltbarkeit technischer Prozesse in der Konvergenz der Ingenieurwissenschaften, Informatik sowie der bio- und informationstechnischen Verfahren vorzubereiten. Gemeinsam mit Prof. Andrés Lasagni steht er außerdem dem CAMP als Direktor vor.

technical processes at the intersection of engineering, computer science and bio- and information technology. Together with Prof. Andrés Lasagni, he also heads CAMP as director.

2 Prof. Dr. Udo Klotzbach (center) is solemnly appointed honorary professor by Prof. Dr. Gunther Goebel (left) and Prof. Dr. Winfried Heller (right).

KOZAK ALS GASTPROFESSOR AN DER ETH ZÜRICH ERNANNT

KOZAK APPOINTED VISITING PROFESSOR AT ETH ZURICH

Die Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich hat Prof. Karol Kozak zum Gastprofessor ernannt. Der Gruppenleiter für Bildverarbeitung und Datenmanagement am Fraunhofer IWS widmet sich der Weiterentwicklung von Datenbanken in der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). Die renommierte Schweizer Hochschule würdigt damit seine weitreichende Expertise und Errungenschaften auf dem Gebiet der Datenbankentwicklung. Die Gastprofessur des Dresdner Softwareexperten verbindet den Umweltschutz mit dem Effizienzgedanken moderner Datenbanken. Denn die WSL befasst sich mit der Nutzung und Gestaltung sowie dem Schutz naturnaher und urbaner Lebensräume. In der internationalen Forschungslandschaft nimmt die Schweizer Hochschule eine Spitzenstellung ein. Seit 2019 steht sie im renommierten QS-Hochschulranking weltweit auf Platz sechs und erfreut sich des Rufs als beste Hochschule Kontinentaleuropas.

The Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich appointed Prof. Karol Kozak as visiting professor. The group leader for Image Processing and Data Management at Fraunhofer IWS focuses on the advanced development of databases at the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). The renowned university thus recognizes his profound expertise and achievements in the field of database development. The visiting professorship of the Dresden software expert combines environmental protection with the efficiency of modern databases. WSL is involved in the use, design and protection of natural and urban habitats. The Swiss university has an excellent reputation. Since 2019, it has been ranked sixth worldwide in the renowned QS university ranking and enjoys the reputation of being the best university in continental Europe.

AUS DEM KURATORIUM

FROM THE BOARD OF TRUSTEES

The Board of Trustees consults and supports the institute's management and the Fraunhofer-Gesellschaft bodies. The Board of Trustees held its 30th meeting on 27 March 2020. We thank all trustees of the last reporting period:

Das Kuratorium berät und unterstützt die Institutsleitung sowie die Organe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 30. Zusammenkunft des Kuratoriums fand am 27. März 2020 statt. Wir danken uns bei den Kuratorinnen und Kuratoren des vergangenen Berichtszeitraums:

DR. REINHOLD ACHATZ

General Manager thyssenkrupp Transrapid GmbH, Munich

DR. FRANZ-JOSEF WETZEL

BMW Motorrad, Munich

DR. ANNEROSE BECK

Head of Division Bund-Länder Research Institutions
Saxon State Ministry for Higher Education, Research and the Arts, Dresden

DR. UWE KRAUSE

Karlsruhe Institute of Technology, Project Management Agency
Karlsruhe, Production and Manufacturing Technologies, Head of Branch Office Dresden

DR. CLAUDIO DALLE DONNE (Guest)

Head of Materials, Processes and Tests (ESCM),
Airbus Operations GmbH, Bremen

DR. MONIKA KURSAWE

Director Performance Materials | Operations – Head of EHS & Compliance, Merck KGaA, Darmstadt

DR. JOACHIM FETZER

Executive Vice President, MARELLI, Saitama, Japan

DR. CHRISTOPH RÜTTIMANN

CTO Bystronic Laser AG, Niederörsz, Switzerland

RALF-MICHAEL FRANKE

CEO, Factory Automation, Digital Factory Division
Siemens AG, Nuremberg

DR. INGA STOLL

Director Engineering Support Processes (TEP),
MTU Aero Engines AG, Munich

THORSTEN FRAUENPREIß

CEO, XLase GmbH, Hamburg

DR. OLIVER SCHAUERTE (Guest)

Group Innovation Materials, Volkswagen AG, Wolfsburg

DR. ANDREAS HANDSCHUH

Chancellor, Technische Universität Dresden

DR. CHRISTOPH ULLMANN

CEO Laserline GmbH, Mülheim-Kärlich

PROF. DR. TIM HOSENFELDT

Senior Vice President Research and Innovation,
Central Technology, Schaeffler AG, Herzogenaurach

MINR. PETER G. NOTHNAGEL

Head of Division Structural Development, Energy and Environment relating to Economy, Saxon State Ministry for Economic Affairs, Labor and Transport, Dresden



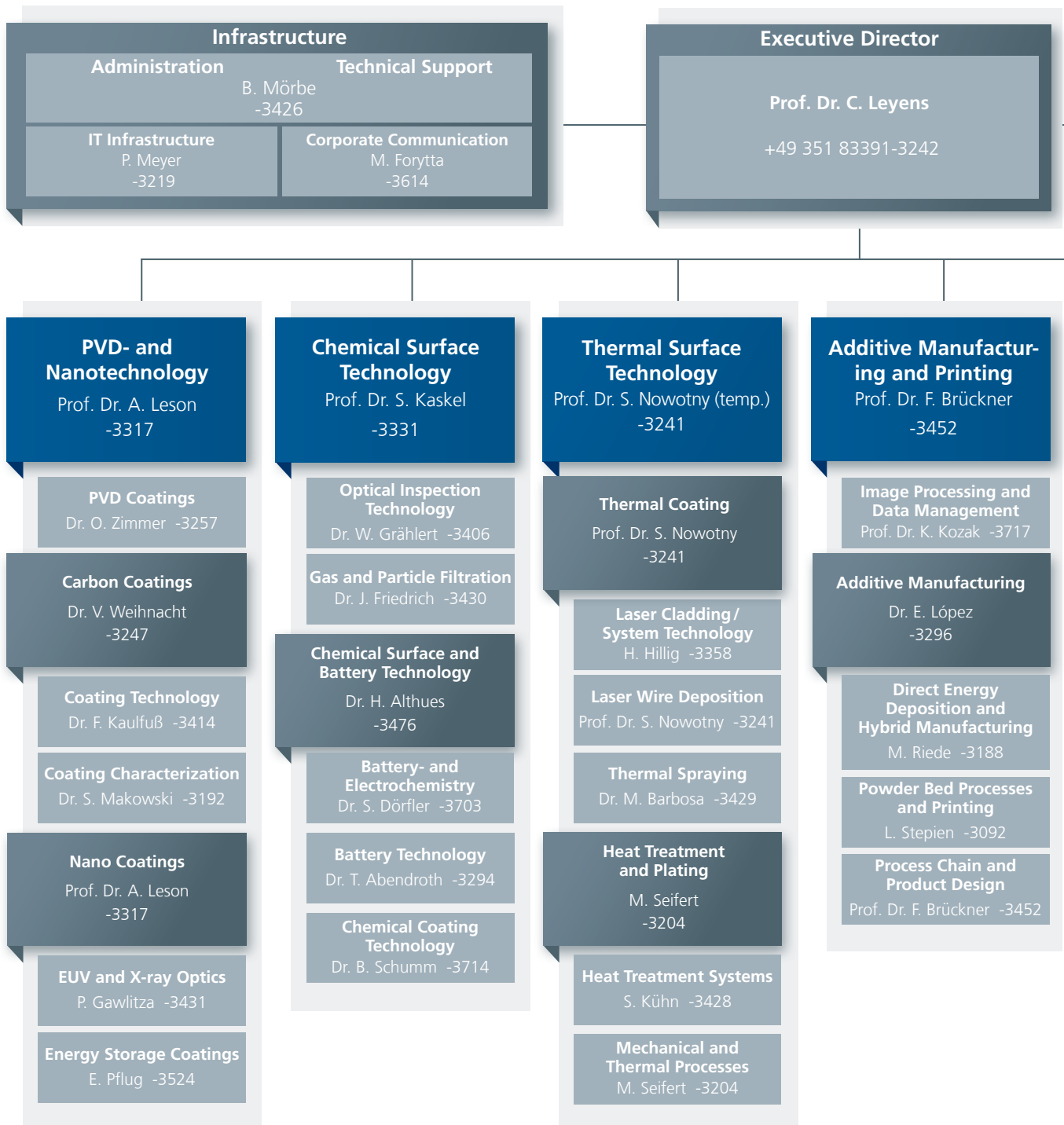
Rückblickend war 2020 für uns alle ein schwieriges Jahr. Es gab niemanden, der nicht auf die eine oder andere Weise von der COVID-19-Pandemie betroffen war. Aber das Wichtigste ist, dass Fraunhofer seinen Betrieb aufrechterhalten und seine erfolgreiche Arbeit fortsetzen konnte. Nach dem Ende der Pandemie wird sich ein »New Normal« entwickelt haben und jeder hat heute die Chance, dieses mitzugestalten. Um in einer solchen Situation erfolgreich zu sein, muss man sich auf die nachhaltigen Werte einer Forschungs- und Technologieorganisation konzentrieren. Technologie, Innovation, Nachhaltigkeit und Resilienz bleiben die wichtigsten Wegweiser in schwierigen Zeiten. Technologie und Innovation sind die Werkzeuge, um nachhaltige und resiliente Lösungen zu identifizieren und zu schaffen. Am Fraunhofer IWS finden wir mehrere Lösungen, die diese Strategie unterstützen. So wird zwar nicht erwartet, dass Additive Manufacturing (AM) in der Massenproduktion zum Einsatz kommen wird, die Technologie erfüllt deren Anforderungen aber in hohem Maße. Denn sie ermöglicht den effizientesten Materialeinsatz und die wirtschaftliche Herstellung von Teilen mit komplexen Geometrien ab Losgröße eins. Das Fraunhofer IWS bietet der Industrie außerdem erfolgreich leistungsstarke Lösungen auf den Gebieten Fügen, thermische und chemische Oberflächentechnologien sowie Laserabtragen und -trennen – um nur einige zu nennen. Hier ist die Digitalisierung ein starker, aber nicht alleiniger Motor für Weiterentwicklungen. Auch neuartige Formen der Mobilität gehören zu den Herausforderungen der Zukunft – wie etwa die Entwicklung neuer Batterien mit längerer Lebensdauer, kürzerer Ladezeit und mehr -zyklen. Auch andere Formen der Energiespeicherung in der Mobilität werden immer relevanter. Wasserstoff ist dabei ein nicht zu vernachlässigender Faktor. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung kostengünstiger und robuster Brennstoffzellen. Der anhaltende Erfolg zeigt, dass das Institut auf dem richtigen Weg ist. Das Kuratorium bedankt sich bei den Kunden für ihr Vertrauen und bei allen Partnern sowie Mitarbeitenden für ihren Beitrag zur Wertschöpfung!

Herzlichst | Sincerely,
Dr.-Ing. Reinhold Achatz

In retrospect, 2020 was a difficult year for all of us. Everyone was hit by the COVID19 pandemic in one way or the other. However, the most important point is that Fraunhofer was able to keep up its operations and to continue its successful work. There will be a "new normal" and everybody has the chance to participate in defining it. To be successful in such a situation, we must concentrate on the sustainable values of a research and technology organization. Technology, innovation, sustainability and resilience remain our principal guides in difficult times. Technology and innovation are key tools to identify and create sustainable and resilient solutions. At Fraunhofer IWS, we find several solutions to support this approach. Additive manufacturing (AM) is not expected to be used in mass production; nevertheless, it meets those requirements to a great extent. AM allows the most efficient use of material and the economical production of parts with complex geometries starting from lot size one. Fraunhofer IWS has successfully continued to provide industry with powerful solutions in joining, thermal and chemical surface technologies, laser ablation and cutting, just to name a few. Here digitalization has become a strong but not exclusive driver of new developments. New forms of mobility are also among the challenges we need to tackle – for instance, the development of new batteries with longer lifetimes, shorter charging times and more cycles. In addition, other ways of energy storage are becoming increasingly relevant in mobility. Hydrogen is a key factor here that cannot be ignored. The focus will be on the development of low-cost and robust fuel cells. The institute's ongoing success shows that Fraunhofer IWS is on track. The Board of Trustees would like to thank the customers for their confidence and all partners and employees for their commitment to create value!

ORGANISATION UND ANSPRECHPARTNER

ORGANIZATION AND CONTACTS



As of December 2020

External Project Groups

AZOM – Zwickau
Prof. Dr. P. Hartmann +49 1522 9262090

DOC® – Dortmund
Dr. T. Roch +49 231 844-3512

Cooperation Partners

PC Wrocław – Poland
Prof. Dr. E. Chlebus
+48 713200-2705

CLA – U.S.A.
Laser Applications
C. Bratt
+1 734 738-0550

CCD – U.S.A.
Coatings and Diamond Technologies
Prof. Dr. J. Albrecht
+1 517 432-8709

Joining

Dr. J. Standfuß
-3212

Bonding and Composite Technology
A. Klotzbach -3235

Laser Beam Joining
Dr. A. Jahn
-3237

Laser Beam Welding
Dr. D. Dittrich -3228

Design and Special Processes
Dr. M. Wagner -3536

Laser Ablation and Cutting

Dr. A. Wetzig
-3229

Laser Cutting
Dr. P. Herwig -3199

Process Design and Analysis
Dr. A. Mahrle -3407

High Speed Laser Processing
Dr. J. Hauptmann
-3236

Laser Cutting of Non-Metals
Dr. J. Hauptmann -3236

Laser Systems Engineering
P. Rauscher -3012

Microtechnology

Prof. Dr. U. Klotzbach
-3252

Micro Materials Processing
V. Franke -3254

Micro- and Biosystems Engineering
Dr. F. Sonntag -3259

Surface Functionalization
Dr. T. Kunze -3661

IWS Centers

Advanced Battery Technology Center ABTC
Dr. H. Althues -3476

Additive Manufacturing Center Dresden AMCD
Prof. Dr. F. Brückner -3452

Center for Advanced Micro Photonics CAMP
Prof. Dr. U. Klotzbach -3252
Prof. Dr. A. Lasagni -3007

Competence Field Materials Characterization and Testing

Prof. Dr. M. Zimmermann
-3573

Materials and Failure Analysis
Dr. J. Kaspar -3216

Materials and Component Reliability
R. Kühne -3156



Institute of Manufacturing Technology

Prof. Dr. A. Lasagni

Institute of Inorganic Chemistry

Prof. Dr. S. Kaskel

Institute of Materials Science

Prof. Dr. C. Leyens

Prof. Dr. M. Zimmermann

Faculty of Medicine

Prof. Dr. K. Kozak



AUS DEN TECHNOLOGIEFELDERN

FROM THE TECHNOLOGY FIELDS

PVD- UND NANOTECHNIK

PVD- AND NANOTECHNOLOGY

CHEMISCHE OBERFLÄCHENTECHNIK

CHEMICAL SURFACE TECHNOLOGY

THERMISCHE OBERFLÄCHENTECHNIK

THERMAL SURFACE TECHNOLOGY

GENERIEREN UND DRUCKEN

ADDITIVE MANUFACTURING AND PRINTING

FÜGEN

JOINING

LASERABTRAGEN UND -TRENNEN

LASER ABLATION AND CUTTING

MIKROTECHNIK

MICROTECHNOLOGY

WERKSTOFFCHARAKTERISIERUNG UND -PRÜFUNG

MATERIAL CHARACTERIZATION AND TESTING

FRAUNHOFER-ANWENDUNGSZENTRUM FÜR OPTISCHE MESSTECHNIK UND OBERFLÄCHENTECHNOLOGIEN AZOM

FRAUNHOFER APPLICATION CENTER FOR OPTICAL
METROLOGY AND SURFACE TECHNOLOGIES AZOM

DORTMUNDER OBERFLÄCHENCENTRUM DOC®

DORTMUNDER OBERFLÄCHENCENTRUM DOC®

PVD- UND NANOTECHNIK

PVD- AND NANOTECHNOLOGY

Technology Field Manager

Prof. Dr. Andreas Leson
+49 351 83391-3317

andreas.leson@iws.fraunhofer.de



Division Manager Nano Coatings

Prof. Dr. Andreas Leson
+49 351 83391-3317

andreas.leson@iws.fraunhofer.de



Division Manager Carbon Coatings

Dr. Volker Wehnacht
+49 351 83391-3247

volker.wehnacht@iws.fraunhofer.de



Group Manager EUV and X-ray Optics

Dipl.-Phys. Peter Gawlitza
+49 351 83391-3431

peter.gawlitza@iws.fraunhofer.de



Group Manager Coating Technology

Dr. Frank Kaufuß
+49 351 83391-3414

frank.kaufuss@iws.fraunhofer.de



Group Manager Energy Storage Coatings

Dipl.-Ing. Erik Pflug
+49 351 83391-3524

erik.pflug@iws.fraunhofer.de



Group Manager Coating Characterization

Dr. Stefan Makowski
+49 351 83391-3192

stefan.makowski@iws.fraunhofer.de



Group Manager PVD Coatings

Dr. Otmar Zimmer
+49 351 83391-3257

otmar.zimmer@iws.fraunhofer.de



THE TECHNOLOGY FIELD

The PVD- and nanotechnology technology field stands for unique surfaces. It develops and researches techniques to produce various coatings and layer systems based on physical deposition techniques. The solutions are suitable for a wide variety of applications. Researchers focus on creating and utilizing super-hard carbon coatings, which are characterized by their wear resistance and low friction. In addition to tribological properties, the focus is increasingly on functional properties: Thanks to simulation methods and specialized design, it is possible to optimize coating systems for specific applications. In addition, the technology field specializes in fabricating extremely precise multilayers that are deposited with atom-level precision. Scientists are also developing hard coatings with thicknesses of up to 100 micrometers in order to enhance machine component and tool resistance and durability. The research spectrum also includes the development of the corresponding plant technology.

DAS TECHNOLOGIEFELD

Das Technologiefeld PVD- und Nanotechnik steht für einzigartige Oberflächen. Entwickelt und erforscht werden Verfahren zur Herstellung unterschiedlicher Schichten und Systeme auf Basis physikalisch gestützter Abscheidungsverfahren. Die Lösungen eignen sich für verschiedenste Anwendungen. Der Fokus liegt auf der Herstellung und Anwendung extrem harter Kohlenstoffschichten mit hoher Verschleißbeständigkeit und geringer Reibung. Zunehmend rücken neben tribologischen auch funktionelle Eigenschaften ins Blickfeld: Simulationsverfahren und spezialisiertes Design ermöglichen für den Anwendungsfall optimierte Schichtsysteme. Zusätzlich wird die Herstellung höchst präziser Multischichten erforscht, die atomar exakt abgeschieden werden. Ebenso entwickeln die Wissenschaftler Hartstoffschichten mit Dicken von bis zu 100 Mikrometern, um die Widerstandsfähigkeit und Haltbarkeit von Maschinenkomponenten oder Werkzeugen zu erhöhen. Außerdem gehört die Entwicklung der jeweils zugehörigen Anlagentechnik zum Forschungsspektrum.



HIGHLIGHT

Werkzeuge mit ta-C-Beschichtung – Glattwalzen in einer neuen Dimension

Ultraglatte Oberflächen sorgen beim Werkzeugbau für den Unterschied. Besonders formgebende Werkzeuge profitieren davon. Die damit hergestellten Bauteile lassen sich ohne Nachbehandlung einsetzen und erzeugen hochwertige Oberflächen auf den abgeformten Bauteilen. Gemeinsam mit der Professur Produktionssysteme und -prozesse an der Technischen Universität Chemnitz entwickeln Wissenschaftler des Fraunhofer IWS eine neue Generation des Glattwalzens, um solche glatten Oberflächen auf üblichen Werkzeugmaterialien zu erzeugen. Dabei sorgt ein stiftförmiges, mit definierter Kraft über ein Material geführtes Werkzeug dafür, dass dieses unter der entstehenden Spannung fließt. Die Oberfläche wird dadurch ohne Geometrieänderung eingeebnet. Das Ergebnis sind spiegelblanke Oberflächen. Die hoch beanspruchte Spitze des Werkzeugs arbeitet sich im Glättprozess kontinuierlich ab. Hier liefert die Beschichtung mit superhartem, diamantähnlichem Kohlenstoff (ta-C) einen deutlichen Verschleißvorteil. Das Glätten von Aluminiumbauteilen ist sogar ohne messbaren Verschleiß möglich. Zusätzlich profitiert die Oberflächenqualität der geglätteten Bauteile von den Reibeigenschaften zwischen Werkzeug und Werkstück. Die Reibwerte sind deutlich geringer als bei unbeschichteten Werkzeugen und die Reibpartner verkleben auf mikroskopischer Ebene nicht miteinander durch die chemische Inertheit von ta-C. Diese besondere Kombination von Eigenschaften der ta-C-Schicht ermöglicht die gleichzeitige Verwendung des beschichteten Glättwerkzeugs als Messtaster bei geringer und zum Glätten mit hoher Kraft. So spielt die Werkzeugmaschine ihre Vorteile gezielt aus. Die neue Generation des Glattwalzens eignet sich besonders dafür, innovative, generativ hergestellte Bauteile mit komplexen Innenkonturen und variablen Wanddicken ortsabhängig präzise zu glätten und somit ein optimales Werkzeug herzustellen.

HIGHLIGHT

Tools with ta-C coating – a new dimension of roller burnishing

Ultra-smooth surfaces make the difference in toolmaking. In particular, shaping tools benefit from these surfaces. Components produced accordingly can be used without post-treatment and produce high-quality surfaces on the molded workpieces. Together with the Chair of Production Systems and Processes at Technische Universität Chemnitz, Fraunhofer IWS scientists are developing a new generation of roller burnishing technology to manufacture such smooth surfaces on common tool materials. A pin-shaped tool, moved over a material with a defined force, ensures that the material levels itself plastically. The surface is thus formed without changing its geometry. The results are mirror-like surfaces. The highly stressed tip of the tool normally wears down continuously in the burnishing process. Here, the coating with super-hard, diamond-like carbon (ta-C) provides a significant wear advantage. Processing of aluminum components can be achieved without measurable wear. In addition, the surface quality of the finished components benefits from the frictional properties between tool and workpiece. The friction coefficients are significantly lower than those of uncoated tools and the friction partners do not stick together on a microscopic level due to the chemical inertness of ta-C. These unique properties of ta-C coating allow the coated burnishing tool to be used simultaneously as a measuring probe at low force and for smoothing at high loads. In this way, the machine tool can exploit its advantages effectively. The new generation of roller burnishing is particularly suitable for precisely finishing innovative, alternatively manufactured components with complex inner contours and variable wall thicknesses according to location and, in this way, for generating an optimal tool.

1 *Machine tool during roller burnishing of a contoured component.*

SCHARFE SCHNEIDEN WACHSEN SCHICHTWEISE IM VAKUUM

SHARP CUTTING EDGES GROWING LAYER BY LAYER IN VACUUM

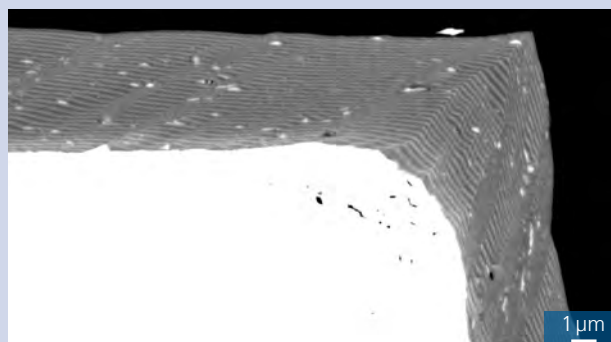
Cutting edges are key elements for cutting tools. Hard, wear-resistant coatings can improve cutting edge performance and service life. In a project funded by the AiF, new coating processes are being developed in which targeted layer growth produces defined edges. Among other things, this process enables the production of extremely hard, sharp cutting edges.

Fraunhofer IWS applies the Arc-PVD process for a new coating technique of cutting edges. The industrial standard process for tool coating enables the generation of a reduced edge radius compared to the initial state. This corresponds to an edge sharpening. To achieve such a result, a targeted process control must interact precisely with an adapted coating system. Compared with conformal coating, this approach offers the advantage of applying thicker layers and still obtaining sharp edges. At the same time, it avoids difficulties that result from coating initially sharp edges. Within the scope of the project, dependencies between process conditions and geometric effects are examined and existing models are used and improved in order to define reliably the edge radius under industry-standard conditions. The involved scientists focus their research on the resulting layer properties and the approach's feasibility. They have already developed and implemented a technique to evaluate edge stability quickly and cost-effectively using a special grinding technology. In a next step, simple tools are coated applying the new technology. Subsequent tests will assess and categorize the development of edge wear. In this way, the scientists hope to obtain information on the extent to

Schneidkanten sind Schlüsselemente bei Trennwerkzeugen. Harte, verschleißbeständige Beschichtungen können Gebrauchseigenschaften und Lebensdauern der Schneiden verbessern. In einem von der AiF geförderten Projekt werden neue Beschichtungsprozesse entwickelt, bei denen gezieltes Schichtwachstum definierte Kanten erzeugt. Dies ermöglicht u. a. die Herstellung extrem harter, scharfer Schneiden.

Für ein neues Beschichtungsverfahren von Schneiden setzt das Fraunhofer IWS das Arc-PVD-Verfahren ein. Das industrielle Standardverfahren zur Werkzeugbeschichtung macht es möglich, einen im Vergleich zum Ausgangszustand verringerten Kantenradius zu erzeugen. Dies entspricht einer Kantenschärfung. Dafür muss eine gezielte Prozessführung präzise mit einem

Cross section of a coated cutting edge with sharpening effect.



The particularly modified arc process optimizes the sharpness of cutting edges. The micrograph shows a layer grown with a sharp edge produced by this method. Thus, the cutting edge radius and coating thickness can be freely selected even with a larger initial edge radius. Consequently, adhesion, layer structure and durability of the cutting edge are improved.



1

angepassten Schichtsystem zusammenspielen. Verglichen mit der konturkonformen Beschichtung bietet dieser Ansatz den Vorteil, dickere Schichten applizieren zu können und dennoch scharfe Kanten zu erhalten. Gleichzeitig umgeht er Probleme, die aus der Beschichtung anfänglich scharfer Kanten resultieren. Im Rahmen des Projekts werden Abhängigkeiten zwischen Prozessbedingungen und Geometrieeffekten untersucht sowie vorhandene Modellvorstellungen genutzt und weiterentwickelt, um unter industrieüblichen Bedingungen den Kantenradius prozesssicher zu definieren. Im Fokus der Entwicklungen stehen dabei die resultierenden Schichteigenschaften und die Praktikabilität des Ansatzes. Die Forscher entwickelten und implementierten bereits eine Methode, um die Kantenstabilität mithilfe einer speziellen Schlißtechnologie schnell und kostengünstig zu evaluieren. In einem nächsten Schritt werden einfache Werkzeuge mittels dieser Technologie beschichtet. Anschließend Tests sollen die Entwicklung des Kantenverschleißes beurteilen und kategorisieren. Auf diese Weise erhoffen sich die Wissenschaftler Aussagen darüber, inwieweit sich ein im Beschichtungsprozess gewachsener Hartstoff als Kontur belasten lässt und wo dessen Einsatzgrenzen liegen. Anhand dieser Ergebnisse wird ein Konzept zur weiteren Optimierung für die aussichtsreichsten Anwendungen erarbeitet. Im zweiten Teil des Projekts sollen für verschiedene Zielanwendungen optimierte Schichttypen abgeleitet und auf Demonstratoren appliziert werden. Die Auswahl Letzterer erfolgt anhand potenzieller Anwendungsgebiete. Gleichzeitig soll deren Test verbleibenden Forschungs- und Entwicklungsbedarf aufzeigen. Die neue Beschichtungstechnologie kann z. B. für Werkzeuge der Zerspanung, u. a. in Fräsern oder Wendeschneidplatten, Klingen, etwa bei Messern, Häckslern oder Schneidwerken, Lochscheiben für die Fleisch- oder Kunststoffverarbeitung und sonstige Komponenten mit definierten Kanten eingesetzt werden. Die Entwicklungen richten sich vorrangig an Werkzeug- und Komponentenhersteller und perspektivisch deren Anwender sowie an Beschichtungsdienstleister.

which a hard material grown during the coating process can be loaded as a contour and where the application limits are. Based on these results, a concept for further optimization for the most promising applications will be developed. In the second part of the project, optimized coating types for various target applications will be derived and applied to demonstrators. The selection of the demonstrators is based on potential application areas. At the same time, their testing is intended to identify remaining research and development requirements. The new coating technology can be used, for example, for cutting tools in milling cutters or indexable inserts, blades in knives, shredders or cutting units, perforated discs for meat or plastics processing and other components with defined edges. The developments are primarily aimed at tool and component manufacturers and, in the long term, their users and coating service providers.

1 *The graver is used as a test tool to examine the cutting edges.*

Funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy based on a resolution of the German Bundestag, IGF project no. 20662BR.

Funded by



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy

Industriell:
Gemeinschaftsforschung

IGF

Forschungsnetzwerk
Mittelstand

AF

EFDS



CONTACT

Dr. Otmar Zimmer

PVD Coatings

+49 351 83391-3257

otmar.zimmer@iws.fraunhofer.de



MULTISCHICHT-LAUE-LINSEN: RÖNTGEN-OPTIKEN FÜR DIE NANOWELT

MULTILAYER LAUE LENSES: X-RAY OPTICS DESIGNED FOR NANOWORLDS

Structural X-ray material studies are an indispensable part of modern materials research, among other things due to the non-destructively obtainable depth information and high achievable spatial resolution. Multilayer Laue Lenses (MLL) are special X-ray optics which allow an almost diffraction-limited and highly efficient focusing of X-ray radiation to an extent of only a few nanometers.

The X-ray wavelength is on the order of tenths of a nanometer, thus being very short. In order to fully utilize this advantage for focusing, all optical elements, such as reflecting interfaces or diffractive structures, must likewise be fabricated with sub-nanometer precision. Manufacturing of MLLs is one such example. These special diffractive optics are produced by means of high-precision thin film deposition and subsequent preparation into thin, transmissive lamellae. The stacks, consisting of thousands of individual layers, thereby diffract the incident X-ray beam into a one-dimensional focal line. Two crossed MLL lamellae positioned one behind the other can thus be combined to a two-dimensional point-focusing optic. In recent years, MLLs with spatial resolving power of less than ten nanometers have been presented worldwide for various applications. However, a major limitation for the practical application of such optics usually consists in the very small focal length of only a few millimeters.

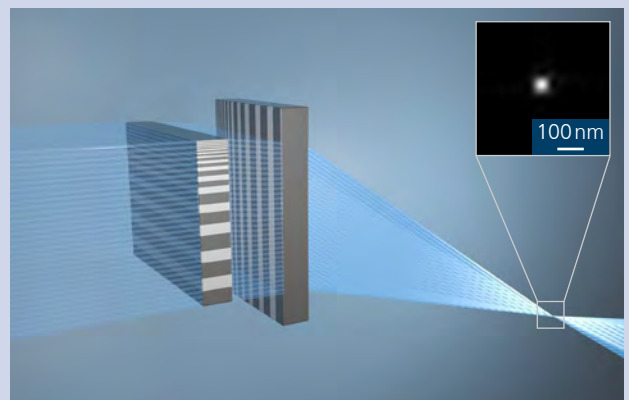
Long focal lengths for large working distances

A major focus of MLL development at Fraunhofer IWS is to optimize these optics for applications with large sample

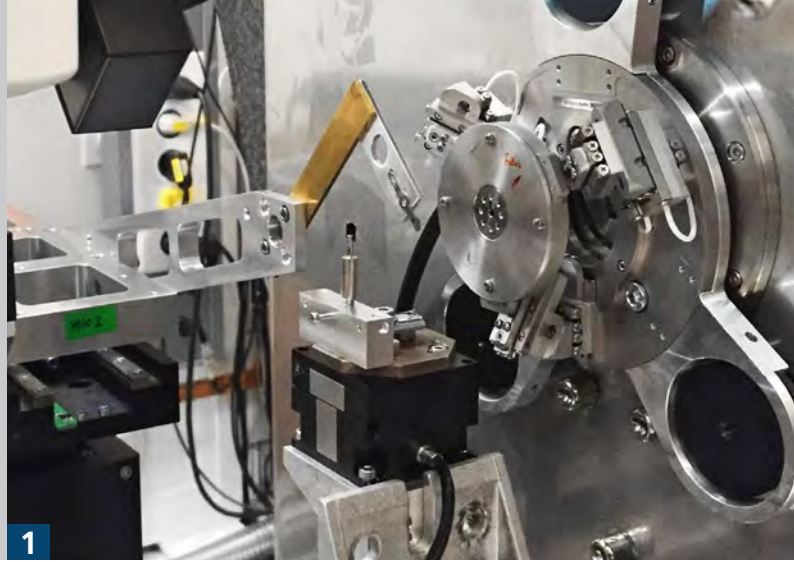
Strukturuntersuchungen von Materialien mit Röntgenstrahlung sind unter anderem wegen der zerstörungsfrei gewinnbaren Tiefeninformation und der hohen erzielbaren Ortsauflösung ein unverzichtbarer Bestandteil der modernen Werkstoffforschung. Multischicht-Laue-Linsen (MLL) sind spezielle Röntgenoptiken, die eine nahezu beugungsbegrenzte, effiziente Fokussierung von Röntgenstrahlung auf nur wenige Nanometer Ausdehnung ermöglichen.

Die Wellenlänge von Röntgenstrahlung liegt in der Größenordnung von Zehntel-Nanometern und ist somit sehr kurz. Um diesen Vorteil für Fokussierungen vollumfänglich ausnutzen zu können, müssen alle dafür verwendeten optischen Elemente, wie reflektierende Grenzflächen oder beugende Strukturen, ebenso auf den Sub-Nanometer genau hergestellt werden.

Focusing with Multilayer Laue Lenses: theory and experiment



Principle of MLLs: X-rays can be focused to a point of a few nanometers in size using two crossed layer stacks.



Ein Beispiel dafür sind MLL. Diese speziellen Beugungsoptiken werden mittels hochpräziser Dünnschichtabscheidung und anschließender Präparation zu dünnen, durchstrahlbaren Lamellen erzeugt. Die aus Tausenden Einzelschichten bestehenden Stapel beugen den einfallenden Röntgenstrahl dabei in eine eindimensionale Fokuslinie. Zwei hintereinander angeordnete, gekreuzte MLL-Lamellen lassen sich so zu einer zweidimensionalen Punkt-fokussierungsoptik kombinieren. In den letzten Jahren wurden weltweit für verschiedene Anwendungen MLL mit Ortsauflösungsvermögen von weniger als zehn Nanometern vorgestellt. Eine wesentliche Einschränkung für den Praxiseinsatz solcher Optiken stellt jedoch fast immer die sehr geringe Brennweite von nur wenigen Millimetern dar.

Lange Brennweiten für große Arbeitsabstände

Eine wesentliche Zielrichtung der MLL-Entwicklung am Fraunhofer IWS besteht darin, diese Optiken für Anwendungen mit großvolumigen Probenumgebungen zu optimieren. Multischicht-Laue-Linsen mit Arbeitsabständen von mehreren zehn Millimetern erfordern dabei verzugsarme, ultrapräzise Schichtstapel von mehr als zehntausend Einzelschichten bei Gesamtdicken von mehr als einhundert Mikrometern. Durch die geringere numerische Apertur dieser Geometrie sind die minimal erzielbaren Fokusabmessungen naturgemäß etwas größer. Speziell für MLL entwickelten Forscher am Fraunhofer IWS ein spannungsarmes Mehrschichtsystem, das die Herstellung von Linsen mit 10 bis 20 Millimetern Arbeitsabstand bei Fokusgrößen von 30 bis 100 Nanometern erlaubt.

environments. Multilayer Laue Lenses with working distances of several tens of millimeters require low distortion, ultra-precise layer stacks of more than ten thousand individual layers at total thicknesses of more than one hundred micrometers. Due to the smaller numerical aperture, the minimum achievable focus dimensions are naturally somewhat larger compared to standard short focal MLLs. Fraunhofer IWS researchers have developed a low-stress multilayer system designed specifically for MLLs, which allows the fabrication of lenses with 10 to 20 millimeters working distance at focal sizes of 30 to 100 nanometers.

1 *Nanofocus measurement setup with IWS-MLL at the Synchrotron: Sample environments with some centimeters of experimental free space at an X-ray focus of a few nanometers are unique worldwide (DESY PetraIII/P03).*

Parts of the results presented were obtained in the Long Term Project II-2018007 EC at the Deutsches Elektronen Synchrotron DESY/Petra III.

CONTACT

Dipl.-Phys. Peter Gawlitza

EUV and X-ray Optics

+49 351 83391-3431

peter.gawlitza@iws.fraunhofer.de



ZERSTÖRUNGSFREIE SCHICHTPRÜFUNG AUF BREMSSCHEIBEN MIT LAWAVE®

NON-DESTRUCTIVE COATING ANALYSIS ON BRAKE DISCS WITH LAWAVE® TECHNOLOGY

Today, new coatings on brake discs meet increasingly complex requirements. Conventionally, a destructive metallographic cross-section is used to check their quality. This method is expensive, slow and resource-intensive. Fraunhofer IWS researchers have now demonstrated that a fast and non-destructive evaluation can also be achieved using the LAwave® method.

Next-generation brake discs for vehicles need to be more wear-resistant to reduce particulate emissions. A further important aspect here involves corrosion resistance, because in electrically powered vehicles, the mechanical brake is only rarely applied and therefore rust is not regularly removed. These high requirements can be met by applying wear and corrosion-resistant coating systems by means of laser cladding. Similar to welding processes, the challenge here is to ensure a tightly bonded and defect-free material deposition. Until now, a prepared coating cross-section has been analyzed under the microscope – a tedious and destructive procedure. The Fraunhofer IWS LAwave® technology based on surface wave spectroscopy offers a promising alternative.

Non-destructive measurement within seconds

Measurement is performed non-destructively and within a few seconds on a small surface area. The measured sound propagation is characteristic for the layer and the substrate. As pores, cracks and bonding defects interfere, the results allow researchers to draw direct conclusions regarding the mechanical properties of the entire coating

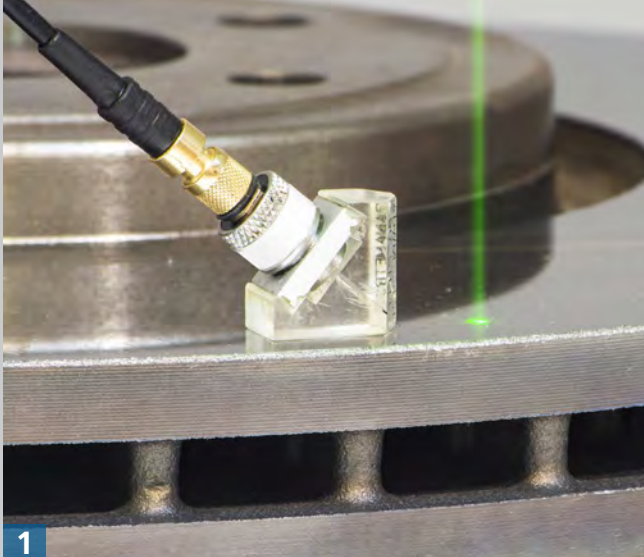
Neue Beschichtungen von Bremsscheiben erfüllen immer komplexere Anforderungen. Um deren Qualität zu prüfen, kommt herkömmlicherweise ein zerstörender metallografischer Anschliff zum Einsatz. Dieser ist teuer, langsam und ressourcenintensiv. Forscher am Fraunhofer IWS haben nun gezeigt, dass eine schnelle und zerstörungsfreie Bewertung auch mit dem LAwave®-Verfahren möglich ist.

Bremsscheiben für die Fahrzeuge der nächsten Generation müssen verschleißbeständiger sein, damit sie weniger Feinstaub freisetzen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Korrosionsbeständigkeit, weil in elektrisch angetriebenen Fahrzeugen die mechanische Bremse nur selten betätigt und damit Rost nicht regelmäßig abgetragen wird. Mit Laserauftragschweißen kön-

The LAwave® process can also be applied to large components



The brake disc coatings are not always tested under laboratory conditions. For quality assurance, initial implementation studies are already available.



nen verschleiß- und korrosionsbeständige Schichtsysteme aufgebracht werden, die diese hohen Anforderungen erfüllen. Wie beim Schweißen liegt die Herausforderung darin, eine stoffschlüssige Verbindung und einen fehlerarmen Werkstoffauftrag zu gewährleisten. Bisher wird ein präparierter Querschnitt durch die Beschichtung unter dem Mikroskop untersucht – eine langwierige und zerstörende Prozedur. Eine Alternative bietet die am Fraunhofer IWS entwickelte LAwave®-Technologie auf Basis der Oberflächenwellen-Spektroskopie.

Zerstörungsfreie und sekundenschnelle Messung

Die Messung erfolgt zerstörungsfrei und innerhalb weniger Sekunden auf einem kleinen Bereich der Oberfläche. Die gemessene Schallausbreitung ist charakteristisch für die Schicht und das Substrat. Poren, Risse und Bindefehler stören diese und erlauben Rückschlüsse auf die mechanischen Eigenschaften des gesamten Schichtsystems. Die Interpretation der Messdaten erfolgt dann im Vergleich mit einer Referenzprobe. Das Verfahren ist schnell genug, um eine Vielzahl von Messstellen zu prüfen, bei Bedarf auch automatisiert. So lässt sich bei einer Prozessentwicklung zügig eine Vorauswahl für weitere Analysen treffen oder eine engmaschige Qualitätskontrolle durchführen.

system. Subsequently, the measured data is evaluated in comparison to a reference sample. The process is fast enough to test a large number of measuring spots, and can be automated, if required. In this way, a pre-selection for further analyses or a comprehensive quality control can be performed quickly during process development.

1 Laser beam and sensor on a coated brake disc.

CONTACT

Dr. Stefan Makowski

Coating Characterization

+49 351 83391-3192

stefan.makowski@iws.fraunhofer.de



CHEMISCHE OBERFLÄCHEN- TECHNIK

CHEMICAL SURFACE TECHNOLOGY

Technology Field Manager

Prof. Dr. Stefan Kaskel

+49 351 83391-3331

stefan.kaskel@iws.fraunhofer.de



Division Manager Chemical Surface and Battery Technology

Dr. Holger Althues

+49 351 83391-3476

holger.althues@iws.fraunhofer.de



Group Manager Chemical Coating Technology

Dr. Benjamin Schumm

+49 351 83391-3714

benjamin.schumm@iws.fraunhofer.de



Group Manager Battery- and Electrochemistry

Dr. Susanne Dörfler

+49 351 83391-3703

susanne.doerfler@iws.fraunhofer.de



Group Manager Optical Inspection Technology

Dr. Wulf Grählert

+49 351 83391-3406

wulf.graehlert@iws.fraunhofer.de



Group Manager Battery Technology

Dr. Thomas Abendroth

+49 351 83391-3294

thomas.abendroth@iws.fraunhofer.de



Group Manager Gas and Particle Filtration

Dr. Jens Friedrich

+49 351 83391-3430

jens.friedrich@iws.fraunhofer.de



THE TECHNOLOGY FIELD

The technology field Chemical Surface Technology focuses its research on next-generation batteries. Central topics include electromobility and stationary energy storage. The scientists design methods for fast, efficient and reliable battery manufacturing. They study innovative approaches such as lithium-sulfur technology or solid-state batteries. All this is based on a profound understanding of the chemical processes inside the battery. The scientists use this basis to develop the appropriate system technology and use monitoring and characterization methods to quickly analyze processes and coatings with imaging methods for any surface area. For surface analysis, the team combines detailed technical expertise in system design with sophisticated materials knowledge. From coating materials to base materials, the Fraunhofer IWS researchers exactly understand the physical properties and their application profile and offer customized methods for surface evaluation, such as optical inspection technology using hyperspectral imaging.

DAS TECHNOLOGIEFELD

Die Batterien der nächsten Generation erforscht das Technologiefeld Chemische Oberflächentechnik. Elektromobilität und stationäre Energiespeicher zählen zu den zentralen Themen. Entwickelt werden Methoden für die schnelle, effiziente und sichere Fertigung. Erforscht werden innovative Ansätze, wie etwa die Lithium-Schwefel-Technologie oder die Festkörperbatterie. Die Grundlage bildet ein tiefgründiges Verständnis der chemischen Prozesse innerhalb der Batterie. Auf dieser Basis entwickeln die Wissenschaftler die passende Systemtechnik und nutzen Monitoring- sowie Charakterisierungsmethoden, um Prozesse und Beschichtungen zügig mit bildgebenden Verfahren für jegliches Flächenmaß zu analysieren. In der Oberflächenanalytik verbindet das Technologiefeld vertieftes Fachwissen in der Systementwicklung mit ausgereifter Werkstoffkenntnis. Von Beschichtungs- bis hin zu Grundwerkstoffen kennen die Forscher des Fraunhofer IWS die physikalischen Eigenschaften sowie ihr Anwendungsprofil genau und bieten maßgeschneiderte Methoden zur Oberflächenevaluierung, wie die optische Inspektionstechnik mittels hyperspektraler Bildgebung.



HIGHLIGHT

DRYtraec® revolutioniert Batterieelektrodenherstellung

Das Jahr 2020 hat gezeigt, dass sich die Elektromobilität in Deutschland und Europa rasch entwickelt. Um weiter Fahrt aufzunehmen, müssen die Produktionskapazitäten für Batteriezellen hierzulande intensiv ausgebaut werden. Da der Preis eines Elektrofahrzeugs in erheblichem Umfang durch die Kosten der Batterie beeinflusst wird, stehen ökonomische und gleichzeitig auch umweltfreundliche Herstellungsprozesse im Fokus der Industrie. Das Fraunhofer IWS hat hierfür eine Antwort entwickelt: DRYtraec®. Dieses revolutionäre Verfahren erlaubt eine kosteneffiziente, umweltfreundliche Herstellung von Batterieelektroden, die vollständig auf den sonst üblichen Einsatz toxischer Lösemittel verzichtet und die energie- sowie kostenintensive Trocknung der Elektrodenschichten einspart. Das bewirkt geringere Anlagen- und Energiekosten, die sich positiv auf die Gesamtkosten der Zelle auswirken. Die Forscher am Fraunhofer IWS haben mit dem neuartigen DRYtraec®-Ansatz die lösemittelfreie Herstellung von Elektroden für Lithium-Ionen-Batterien in hoher Qualität realisiert. Auch Elektroden für neuartige Zelltechnologien, wie Lithium-Schwefel- und Feststoff-Batterien, lassen sich mit dem Verfahren herstellen. Im Förderprojekt »DryProTex« entwickelten die Dresdner Wissenschaftler gemeinsam mit deutschen Anlagenbauern eine weltweit einzigartige Prototypanlage und nahmen diese am IWS in Betrieb. Das Highlight: Die Rolle-zu-Rolle-Anlage ermöglicht in einem Schritt eine gleichzeitige Beschichtung beider Seiten der Elektroden. Dies ist im Labor bereits auf bis zu 25 Zentimetern Breite und mit Geschwindigkeiten von bis zu zehn Metern pro Minute möglich. Damit steht die neue Anlagentechnik für anwendungsspezifische Prozessentwicklungen bereit, um den Transfer der DRYtraec®-Technologie in Pilot- und Produktionslinien vorzubereiten.

HIGHLIGHT

DRYtraec® revolutionizes battery electrode production

The year 2020 has shown that electromobility is advancing rapidly in Germany and Europe. In order to keep up the pace, Germany will have to significantly expand its battery cell production capacities. Since the price of an electric vehicle is significantly influenced by the cost of the battery, industry is focusing on manufacturing processes that are both economical and environmentally friendly. Fraunhofer IWS has developed an answer to this: DRYtraec®. The revolutionary process allows a cost-efficient, environmentally friendly battery electrode production. The technology completely excludes the otherwise common use of toxic solvents and saves the energy- and cost-intensive drying process of the electrode layers. As a result, system and energy costs are reduced, which in turn will positively affect the total cost of the cell. Researchers at Fraunhofer IWS have achieved the solvent-free production of electrodes for lithium-ion batteries in high quality with the novel DRYtraec® approach. The method can also be applied to produce electrodes for novel cell technologies, such as lithium-sulfur and solid state batteries. In the funded project "DryProTex", the Dresden scientists developed a worldwide unique prototype system together with German equipment manufacturers and launched it at the IWS. The highlight: The roll-to-roll system allows simultaneous electrode coating on both sides in one step. In the laboratory, this is already possible on widths of up to 25 centimeters and at speeds of up to ten meters per minute. The new system technology is thus ready for application-specific process developments in preparation for transferring the DRYtraec® technology to pilot and production lines.

1,2 The DRYtraec® prototype system developed as part of the "DryProTex" project coats battery electrodes on both sides and without solvents.

Funded by



Federal Ministry
of Education
and Research

FKZ: 02P17010

FLIEGEN MIT ULTRALEICHTEN LITHIUM-SCHWEFEL-AKKUS

FLYING WITH ULTRA-LIGHT LITHIUM-SULFUR BATTERIES

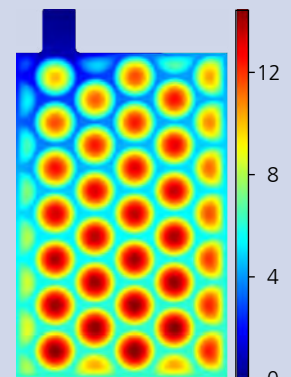
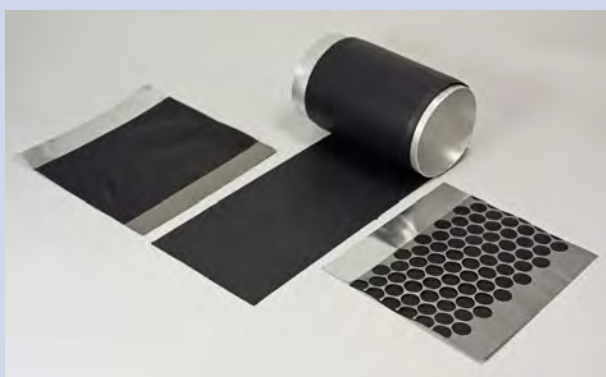
The increasing electrification of mobility also affects aviation. The battery is both a key technology and a bottleneck for all electrical flight applications. Its own weight significantly limits the range and payload of the aircraft. Lithium-sulfur batteries offer a high potential for a technological quantum leap: current prototype cells can already store 50 percent more energy per kilogram than current lithium-ion batteries.

Fraunhofer IWS develops innovative concepts to further increase the technological readiness level of lithium-sulfur battery cells. Current developments focus on increasing performance and gravimetric energy density. These developments require new concepts for electrode and cell design. Metallic current collector foils account for a large proportion of cell weight, although they belong to the passive materials

Die zunehmende Elektrifizierung in der Mobilität macht auch vor dem Luftraum nicht Halt. Die Batterie ist dabei für alle elektrischen Fluganwendungen Schlüsseltechnologie und Flaschenhals zugleich. Ihr Eigengewicht limitiert maßgeblich die Reichweite bzw. Nutzlast des Fluggeräts. Lithium-Schwefel-Batterien bieten das Potenzial für einen Technologiesprung: Aktuelle Prototypzellen können bereits 50 Prozent mehr Energie pro Kilogramm im Vergleich zu heutigen Lithium-Ionen-Batterien speichern.

Das Fraunhofer IWS erarbeitet Innovationen, um die Technologiereife von Lithium-Schwefel-Batteriezellen weiter zu erhöhen. Der Schwerpunkt aktueller Entwicklungen liegt in der Steigerung der Leistungsfähigkeit und der gravimetrischen Energiedichte. Dafür sind neue Konzepte für Elektroden- und Zelldesign erforderlich. Einen großen Anteil am Zellgewicht

Electrodes for high energy pouch cells



Processing electrodes in dry state by DRYtraec® process allows the use of perforated current collectors (l.). With simulation (r.), electrode layout for high-energy pouch cells can be designed.

haben die metallischen Stromkollektorfolien, obwohl sie zu den Passivmaterialien in der Batterie gehören. Indem Forscher des Fraunhofer IWS diese Folien perforierten, reduzierten sie in aktuellen Arbeiten deren Gewicht um bis zu 90 Prozent. Simulationsgestützt passten sie die Struktur so an, dass trotz Minimalgewicht die elektrischen Widerstände der Elektrode die kritischen Grenzen unterschritten. Für dieses Elektrodenkonzept werden mechanisch stabile Elektrodenfilme benötigt, wie sie zum Beispiel mit dem am Fraunhofer IWS entwickelten DRYtraec®-Verfahren hergestellt werden. Den Forschern gelang es bereits, die Elektrodenporosität und das Elektrolytvolumen in Pouchzellen so auszulegen, dass diese gravimetrische Energiedichten von bis zu 470 Wattstunden je Kilogramm erreichen. Ob sich diese Ergebnisse in die Fluganwendung übertragen lassen, untersuchen sie aktuell im Projekt »HiPoLiS«. Darin entwickeln die Wissenschaftler des Fraunhofer IWS gemeinsam mit den Drohnenentwicklern von Wingcopter die ultraleichten Lithium-Schwefel-Zellen für den Einsatz in unbemannten Fluggeräten mit erhöhter Reichweite. Seit September 2020 bringt das Dresdner Institut zudem sein Know-how als Mitglied in das neu gegründete »Kompetenznetzwerk autonomes und elektrisches Fliegen« ein.

in the battery. In current studies Fraunhofer IWS scientists have reduced the weight by up to 90 percent by perforating these foils. Based on simulations, they adapted the structure in such a way that despite their minimal weight, the electrical resistance of the electrodes fell below the critical threshold. This electrode concept requires mechanically stable electrode films, such as those developed at Fraunhofer IWS using the DRYtraec® process. The researchers have already succeeded in designing the electrode porosity and the electrolyte volume in pouch cells to achieve gravimetric energy densities of up to 470 watt hours per kilogram. They are currently studying the possibility of transferring these results to flight applications in the "HiPoLiS" project. In this project, Fraunhofer IWS scientists, together with Wingcopter's drone engineers, are developing the ultra-light lithium-sulfur cells for use in unmanned aerial vehicles to increase operating range. Since September 2020, the Dresden institute also has contributed its expertise as a member to the newly founded "Competence Network for Autonomous and Electric Flying".

1 High-energy pouch cells can increase range or pay-load of aircrafts, such as drones.

HiPoLiS – an ("standing out") electrode and cell concept for High-Power-Li-S Batteries, funding period: 01/2019–12/2021.

Funded by



Federal Ministry
of Education
and Research



FKZ: PTJ 03XP0178A

CONTACT

Dr. Thomas Abendroth

Battery Technology

+49 351 83391-3294

thomas.abendroth@iws.fraunhofer.de



EXPERTENWISSEN PER SOFTWARE

EXPERTISE VIA SOFTWARE

Hyperspectral imaging is a young technology that provides an unprecedented level of optical inspection of components and surfaces. Spatially resolved spectral data can deliver a wide range of different information. However, obtaining the desired information is difficult and requires expert knowledge.

The imanto[®]pro software developed at Fraunhofer IWS allows even non-experts to benefit from hyperspectral image sensor technology for their field of application. A data-centric user interface with fully integrated workflow from data acquisition, inspection and analysis to method development and process monitoring combines spectroscopy, imaging and machine learning tools. With imanto[®]pro, high-dimensional HSI data sets can be processed in the same way as with conventional imaging programs. Clipping, merging, rotating, contrast and color adjustment, resolution

Die hyperspektrale Bildsensorik ist eine junge Technologie, die ein bisher unerreichtes Niveau der optischen Inspektion von Bauteilen und Oberflächen ermöglicht. Die orts aufgelösten Spektraldaten können eine Vielzahl unterschiedlichster Informationen enthalten. Die Gewinnung der Nutzinformation ist jedoch schwierig und erfordert Expertenwissen.

Die am Fraunhofer IWS entwickelte Software imanto[®]pro bietet auch Nicht-Experten die Möglichkeit, die Vorteile der hyperspektralen Bildsensorik für ihr Anwendungsfeld zu nutzen. Eine datenzentrierte Bedienoberfläche mit vollintegriertem Workflow von Datenaufnahme, -sichtung und -auswertung über Methodenentwicklung bis hin zur Prozessüberwachung kombiniert Werkzeuge der Spektroskopie, Bildverarbeitung und des maschinellen Lernens. Mit imanto[®]pro lassen sich hochdimensionale HSI-Datensätze wie mit herkömmlichen

The imanto[®]pro software



imanto[®]pro shows automatically detected material regions of the surface of objects.

Bildbearbeitungsprogrammen bearbeiten. Beschneiden, Zusammenfügen, Drehen, Kontrast- und Farbanpassung, Auflösungsänderung u. v. m. sind möglich. Die enthaltenen Millionen von Spektren werden mit spektroskopischen Standardverfahren wie Ableitung, Glättung, Normierung, Arithmetik usw. in Echtzeit verarbeitet.

Künstliche Intelligenz trifft Anwender

Einfaches »Aufmalen« von Trainingskategorien auf Spektralbilder ermöglicht es, nach maschinellem Lernen den Objekten im Bild Eigenschaften, z. B. Materialien, zuzuordnen. Unbekannte Oberflächen lassen sich mittels automatischer Erkennung der Hauptkomponenten ad hoc beurteilen. Die Produktfamilie imanto® ermöglicht es industriellen Anwendern, sowohl maßgeschneiderte Inspektionskomponenten auf Basis hyperspektraler Bildverarbeitung in ihre Anlagen zu integrieren als auch vorhandenes Fach-Know-how auf einfache Weise an die Software zu vermitteln und so einer Automatisierung zugänglich zu machen.

change and many more functions are possible. The millions of spectra included in data sets are processed in real time using standard spectroscopic techniques such as derivation, smoothing, normalization, arithmetic, etc.

Artificial Intelligence meets users

Simple "painting" of training categories onto spectral images enables machine learning to assign properties, e.g. materials, to objects in the image. Unknown surfaces can be evaluated ad-hoc by means of automatic recognition of the principal components. The imanto® product family enables industrial users both to integrate customized inspection components based on hyperspectral imaging into their systems and to easily transfer existing expertise to the software, thus opening it up to automation.

CONTACT

Dipl.-Ing. Oliver Throl
Optical Inspection Technology
+49 351 83391-3446
oliver.throl@iws.fraunhofer.de



TIEF DURCHATMEN AM ARBEITSPLATZ DANK MODULARER FILTERSYSTEME

IMPROVING AIR QUALITY AT THE WORKPLACE THANKS TO MODULAR FILTER SYSTEMS

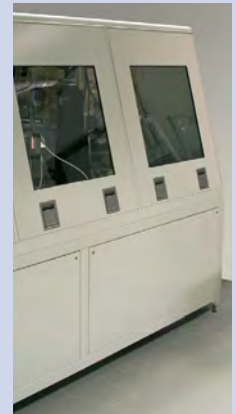
New developments in materials and manufacturing technologies increase the risk of harmful emissions. As a result, plant operators and process supervisors face health hazards. In a joint project, Fraunhofer IWS developed a multifunctional filter system designed to flexibly minimize these hazards – and to increase both human and environmental protection.

Modern approaches in additive manufacturing technology enable the generation of an ever-increasing range of innovative products. These technologies are characterized by fast process control and the versatile application of different materials. However, the variation in raw materials used is often accompanied by a wide range of expected emissions. In order to react flexibly to the risk of some hazardous gases to humans and the

Neue Entwicklungen von Materialien und Fertigungstechnologien erhöhen das Risiko gesundheitsschädlicher Emissionen. Dies stellt ein Problem für die Gesundheit von Anlagenbetreibern und Prozessbetreuern dar. Das Fraunhofer IWS erarbeitete in einem Verbundprojekt ein multifunktionales Filtersystem, um diese Gefahren flexibel zu minimieren – und den Schutz von Mensch und Umwelt zu erhöhen.

Moderne Trends der additiven Fertigung ermöglichen die Produktion einer immer größeren Bandbreite innovativer Produkte. Dazu verwendete Technologien zeichnen sich durch eine schnelle Prozessführung und den vielseitigen Einsatz verschiedener Materialien aus. Mit der Variation der eingesetzten Rohstoffe ist jedoch ein breites Emissionsspektrum zu erwarten. Um flexibel auf die Gefahr von schädlichen Gasen für Mensch

Innovative filters enable a clean working environment



Using the modular filter system, operators from different industries can flexibly remove occurring emissions.

und Umwelt reagieren zu können, entwickelten Mitarbeiter des Fraunhofer IWS in einem sächsischen Verbundprojekt gemeinsam mit einem Vliesstoff- und einem Filterhersteller ein multifunktionales Filtersystem. Eine Abgasuntersuchung während der Laserbearbeitung unterschiedlicher Materialien ermöglichte es, die entstehenden schädlichen Emissionen zu klassifizieren. Die Wissenschaftler des Fraunhofer IWS identifizierten für jede dieser Klassen geeignete Adsorbentien, deren hochporöse Oberfläche und individuelle Oberflächenchemie zu einer attraktiven Wechselwirkung mit dem Gas führen. Zusätzlich wurde die Konkurrenzadsorption mehrerer Gase an einem Adsorbens untersucht. Mithilfe dieser Erkenntnisse lässt sich für die jeweilige Anwendung die effektivste bauliche Reihenfolge der Adsorbentien festlegen, um eine vorzeitige Erschöpfung der Filtermaterialien auszuschließen. In Kooperation mit einem Filteranlagenbauer konstruierten die Wissenschaftler ein Filtersystem, das die modulare Kombination der Materialien erlaubt. Dies ermöglicht dem Anwender beim Wechsel des Werkstoffs, die verwendeten Module auf die zu erwartenden Emissionen anzupassen. Eine integrierte Anzeige ergänzt das System, um die Beladung des jeweiligen Moduls angeben zu können. Das Ergebnis dieser technischen Lösungen: Filterstandzeiten von bis zu mehreren Monaten. Das Filtersystem des Fraunhofer IWS ermöglicht vor allem kleinen Unternehmen, den Emissionsschutz einzuhalten, und trägt so nachhaltig zum Schutz von Mensch und Umwelt bei.

environment, Fraunhofer IWS cooperated with a nonwoven fabric and a filter manufacturer to develop a multifunctional filter system. An exhaust emissions test performed while laser-processing different materials allows classifying the resulting hazardous emissions. The Fraunhofer IWS scientists identified suitable adsorbents for each of these classes, whose highly porous surface and individual surface chemistry lead to an attractive interaction with the gas. In addition, the competitive adsorption of several gases on one adsorbent was investigated. These findings can be used to determine the most effective structural sequence of adsorbents for each application in order to eliminate premature exhaustion of the filter materials. In cooperation with a filter plant manufacturer, the scientists designed a filter system that allows the modular combination of materials. During material changes, the system enables the user to adapt the modules to anticipated emissions. An integrated display complements the system to indicate the loading of each module. The result of these technical solutions: Filter lifetimes of up to several months. The Fraunhofer IWS filter system helps small companies in particular to maintain emission protection and thus contributes sustainably to the protection of people and the environment.

This project was funded by the European Regional Development Fund.

Grant number: 100268608

Funded by



CONTACT

Dr. Elke Schade

Gas and Particle Filtration

+49 351 83391-3289

elke.schade@iws.fraunhofer.de



THERMISCHE OBERFLÄCHEN-TECHNIK

THERMAL SURFACE TECHNOLOGY

Technology Field Manager (temp.)

Prof. Dr. Steffen Nowotny

+49 351 83391-3241

steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de



**Division Manager
Thermal Coating**

Group Manager

Laser Wire Deposition (temporary)

Prof. Dr. Steffen Nowotny

+49 351 83391-3241

steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de



**Division Manager
Heat Treatment and Plating**

**Group Manager Mechanical and
Thermal Processes** (temporary)

Dipl.-Phys. Marko Seifert

+49 351 83391-3204

marko.seifert@iws.fraunhofer.de



**Group Manager
Laser Cladding / System Technology**

Dipl.-Ing. (FH) Holger Hillig

+49 351 83391-3358

holger.hillig@iws.fraunhofer.de



**Group Manager
Thermal Spraying**

Dr. Maria Barbosa

+49 351 83391-3429

maria.barbosa@iws.fraunhofer.de



**Group Manager
Heat Treatment Systems**

Dipl.-Ing. Stefan Kühn

+49 351 83391-3428

stefan.kuehn@iws.fraunhofer.de

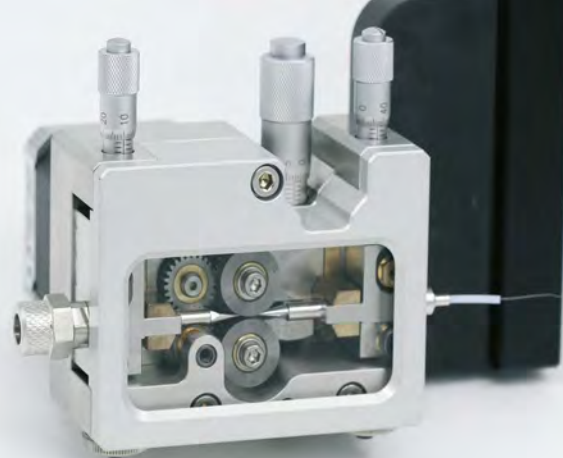


THE TECHNOLOGY FIELD

Researchers in the Thermal Surface Technology field consider the entire value chain of systems and process engineering with respect to coating structures and heat treatment. The technology field has gained extensive experience in efficiently designing highly complex processes that are both environmentally and economically sustainable, in forging innovative approaches, and in shaping processes to meet an end product's needs. Research activities include process and systems engineering for laser-supported coating and layer techniques, thermal spraying, and heat treatment with a special focus on highly precise surface layer hardening. Increasing levels of automation are playing an ever more important role. The primary objective is to ensure the process reliability of an efficient technology in order to prevent costly downtimes and to enable competitive and high-quality industrial applications.

DAS TECHNOLOGIEFELD

Die Thermische Oberflächentechnik erforscht die gesamte Wertschöpfungskette der Systemtechnik- und Prozessentwicklung für den Beschichtungsaufbau und die Wärmebehandlung. Wenn es darum geht, Verfahren mit hohen Komplexitätsgraden auch im Hinblick auf ökologische und ökonomische Faktoren effizient zu gestalten, diese in innovative Prozesse zu überführen und mit dem Zielprodukt in Einklang zu bringen, dann punktet das Technologiefeld mit langjähriger Erfahrung. Das Forschungsspektrum umfasst die Prozess- und Systemtechnikentwicklung für lasergestützte Beschichtungs- und Aufbauverfahren, das thermische Spritzen sowie die Wärmebehandlung mit besonderem Fokus auf hochpräzise Randschichthärtungsverfahren. Eine zunehmend bedeutende Rolle spielen steigende Automatisierungsgrade. Das übergeordnete Ziel: Prozesssicherheit einer effizienten, zuverlässigen Technologie gewährleisten, um kostspielige Stillstandzeiten zu verhindern und konkurrenzfähige sowie hochwertige industrielle Anwendungen zu ermöglichen.

**1**

HIGHLIGHT

Automatisiertes Laser-Auftragschweißen mit ultrafeinen Drähten

Drahtbasierte Laserprozesse haben ihren Weg in viele Technikgebiete gefunden. Das Fraunhofer IWS hat als Wegbereiter der Drahttechnologie in den vergangenen Jahren wichtige Meilensteine in diesem erfolgreichen Entwicklungsprozess gesetzt. Die neueste Generation der Dresdner Koaxial-Laserbearbeitungsköpfe markiert einen weiteren Schritt in Richtung intelligenter Werkzeuge für zukunftsfähige Fertigungsprozesse. Ein integrierter Systembaustein zur Online-Erfassung und Verarbeitung system- sowie prozessrelevanter Daten qualifiziert die Drahtbearbeitungsoptik zu einem autonom arbeitenden Strahlwerkzeug. Die Überwachung und die partielle Regelung der optischen Elemente, Mediendurchflüsse, Daten aus dem Schmelzbad sowie Kollisionsrisiken in Echtzeit ermöglichen dem System ein selbstüberwachtes Arbeiten auf höchstem Niveau hinsichtlich Prozessstabilität und Arbeitssicherheit. Ebenso online geregelt ist der neue, patentierte Drahtförderer für die exakte Zufuhr ultrafeiner Drähte von bis zu 0,1 Millimetern Durchmesser. Die automatisierte Verarbeitbarkeit solcher dünnen Drähte eröffnet eine völlig neue Dimension des automatisiert-additiven Aufbaus funktionaler Metallstrukturen. Das aktuelle Design der optischen Komponenten gestattet den Einsatz moderner Strahlquellen im Spektrum der Wellenlängen von Blau (450 Nanometer) über Grün (550 Nanometer) bis hin zu Infrarot von 890 bis 1.100 Nanometern. Je nach Absorptionseigenschaften des jeweiligen Metalls lassen sich somit wellenlängenselektiv unterschiedliche Metalle – Stahl, Nickel, Kupfer und Aluminium sowie Zinn, Silber und Gold – gleichermaßen effizient verarbeiten. Neben dem Zuwachs an Geometriefreiheit ermöglicht das neue System mithin die funktionale Auslegung des finalen Produkts unter Nutzung materialspezifischer Eigenschaften. Über klassische Anwendungen des Beschichtens hinaus werden die Systeme zum Erzeugen von Leiterbahnen, Beschriftungen und Markierungen, Kontakten, filigranen Lötverbindungen und Auftragslötungen eingesetzt.

HIGHLIGHT

Automated laser cladding with ultrafine wires

Wire-based laser processes have been implemented in many technological applications. In recent years, Fraunhofer IWS as a pioneer in wire technology has established important milestones in this successful development process. The latest generation of coaxial laser cladding heads developed in Dresden marks a further step towards intelligent tools for sustainable manufacturing processes. An integrated system module for the online recording and processing of system and process-relevant data makes the wire cladding optics an autonomously operating beam tool. Real-time monitoring and control of optical elements, media flows, melt pool data, and collision risks allow the system to operate in a self-monitoring mode. The new, patented wire feeder for the precise supply of ultra-fine wires of up to 0.1 millimeters in diameter is also electronically controlled. The automated processability of such thin wires opens up a completely new dimension in additively manufacturing functional metal structures. The new design of the optical components allows the use of modern beam sources within the wavelength spectrum from blue (450 nanometers) to green (550 nanometers) to infrared ranging from 890 to 1,100 nanometers. Depending on the respective metal's absorption properties, different metals – such as steel, nickel, copper and aluminum as well as tin, silver and gold – can thus be efficiently processed by choosing the right wavelength. Besides the increased geometrical freedom, the new system also enables the functional final product design using material-specific properties. In addition to classic coating applications, the systems are used for generating conductor paths, markings, electrical contacts, filigree solder joints, and buildup soldering.

1 *The new wire feeder for the processing of ultra fine wires, developed and patented in cooperation with L&A Lasertechnik und Applikationen, Dresden.*

OBERFLÄCHEN SUSPENSIONSGESPRITZTER OXIDSCHICHTEN FUNKTIONALISIEREN

FUNCTIONALIZATION OF SUSPENSION-SPRAYED OXIDE FILM SURFACES

In recent years, extensive development work has revealed the potential of thermal spraying with fine powder suspensions with particle sizes in the sub-micrometer and nanometer range. Suspension spraying enables the fabrication of tailored coatings in which layer thicknesses, morphology and properties can be varied over an extremely extensive application range.

Surface modifications extend the functionality of suspension-sprayed coatings. Researchers at Fraunhofer IWS applied direct laser interference patterning (DLIP), a technology developed in-house, for the first time to functionalize suspension-sprayed titanium oxide (TiO_2) coatings through tailored topographies. DLIP thereby creates periodic micrometer-sized structures on the coating surfaces. The photocatalytic activity of TiO_2 layers can be significantly improved if they have been previously laser-structured. The scientists observed a color change from light gray to velvet black when they laser-treated

In den vergangenen Jahren haben umfangreiche Entwicklungsarbeiten das Potenzial des thermischen Spritzens mit Suspensionen aus feinen Pulvern mit Partikelgrößen im Sub-Mikrometer- und Nanometerbereich sichtbar gemacht. Das Suspensions-spritzen ermöglicht die Herstellung maßgeschneiderter Beschichtungen, bei denen sich Schichtdicken, Morphologie und Eigenschaften über einen extrem weiten Anwendungsbereich variieren lassen.

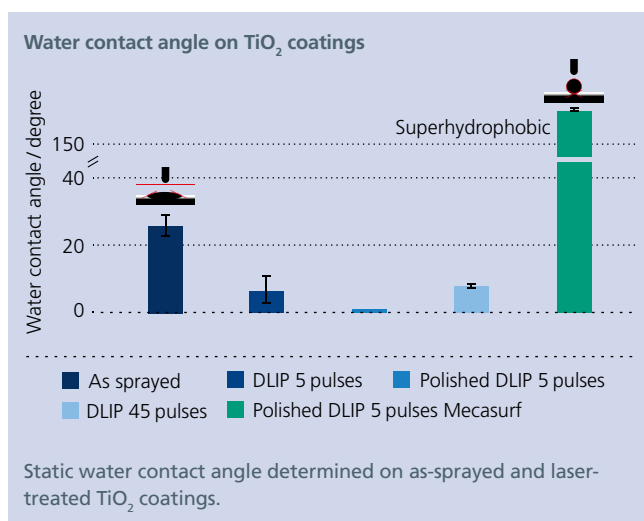
Oberflächenmodifikationen erweitern die Funktionalität suspensionsgespritzter Schichten. Forscher am Fraunhofer IWS wandten das im Haus etablierte Laserverfahren der direkten Laserinterferenzstrukturierung (DLIP) zum ersten Mal an, um suspensionsgespritzte Schichten aus Titandioxid (TiO_2) durch maßgeschneiderte Topografien zu funktionalisieren. DLIP erzeugt dabei auf Schichtoberflächen periodische mikrometergroße Strukturen. Die fotokatalytische Aktivität von TiO_2 -Schichten lässt sich durch vorherige Laserstrukturierung erheblich verbessern.

SEM-micrographs of TiO_2 coatings



Top surface SEM-micrographs of as-sprayed and laser-treated TiO_2 coatings after DLIP treatment with different laser conditions.

Die Wissenschaftler stellten eine Farbveränderung von hellem Grau bis Samtschwarz fest, als sie die Schichtoberflächen mit dem Laser behandelten. Das eröffnet die Möglichkeit, Absorptions- oder Antireflexschichten zu entwickeln. Außerdem ermöglicht eine geeignete Laserstrukturierung, superhydrophile bzw. superhydrophobe suspensionsgespritzte TiO₂-Schichten zu gestalten. Die Forschenden wandten DLIP zur Texturierung metallischer Haftvermittlerschichten an, um eine neue Generation suspensionsgespritzter Wärmedämmschichten aus Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkoniumdioxid (YSZ) zu entwickeln. Die Kombination des Suspensionsspritzens mit der direkten Laserinterferenzstrukturierung eröffnet somit neue Wege zur Entwicklung vielversprechender funktioneller Beschichtungen für Anwendungen für selbstreinigende, antibakterielle und antivirale, superhydrophobe Oberflächen, Anti-Icing, optische Schichten, von der Natur inspirierte biomimetische und intelligente Schichten.



the coating surfaces. This process opens up the possibility to develop absorption or anti-reflective coatings. In addition, suitable laser patterning allows the design of superhydrophilic or superhydrophobic suspension-sprayed TiO₂ coatings. The researchers applied DLIP to structure metallic bond coats to develop a new generation of suspension-sprayed thermal barrier coatings made of yttria-stabilized zirconia (YSZ). The combination of suspension spraying with direct laser interference patterning thus opens up new paths for the development of promising functional coatings for applications in self-cleaning, antibacterial and antiviral, superhydrophobic surfaces, anti-icing, optical coatings, nature-inspired biomimetic and smart coatings.

CONTACT

Dr. Filofteia-Laura Toma

Thermal Spraying

+49 351 83391-3191

filofteia-laura.toma@iws.fraunhofer.de



AUS FÜNF MACH SECHS: OPTISCHE ROTATIONS-ACHSE FÜR ACHS-PORTALANLAGEN

TURNING FIVE INTO SIX: OPTICAL ROTARY AXIS FOR AXIS GANTRY SYSTEMS

Gantry systems with five axes offer new potential for the laser hardening of large components due to their high accuracy and rigidity. The five axes are designed for rotationally symmetrical tools, which means that there is no need for a sixth axis. However, this implies limitations for laser beam hardening in full 3D processing. As a result, Fraunhofer IWS has developed an optical system which allows an additional rotary axis to be implemented without any mechanical changes to the system.

A new optical system offers additional configuration freedom for gantry systems. This system bases on the one-dimensional scanning system "LASSY", well-established in industry. It uses an oscillating mirror to shape the laser focus into a broad line. The oscillation frequency of the mirror is over 100 Hertz. Various selectable oscillation functions allow the operator to distribute the laser power in an optimized manner to the component geometry. Laser intensity and hardening path width can be quickly adjusted on the fly and be flexibly set via operator input or an external interface. The system thus responds to the individual heat conduction conditions of component geometries such as edges, radii and surfaces with cross-section changes during the run-down process. The processing aims to achieve optimally hardened edge zones and thus maximized wear protection. Adding an extra oscillating mirror to the "LASSY" system opens up completely new possibilities, as the laser beam can be deflected in two axes. Compared to one-dimensional beam shaping with the former system, complex scanning movements are now possible with no difficulty. The laser

Portalanlagen mit fünf Achsen können aufgrund ihrer hohen Genauigkeit und Steifigkeit neue Chancen für das Laserstrahlhärten von Großbauteilen bieten. Die fünf Achsen sind dabei für die rotationssymmetrischen Werkzeuge ausgelegt, sodass die Notwendigkeit einer sechsten entfällt. Das bedeutet allerdings Einschränkungen für das Laserstrahlhärten in der vollen 3D-Bearbeitung. Das Fraunhofer IWS entwickelte daher ein optisches System, mit dem sich ohne mechanische Änderung der Anlage eine zusätzliche Drehachse realisieren lässt.

Ein neues optisches System bietet zusätzliche Freiheit in der Konfiguration von Portalanlagen. Grundlage ist das bereits in der Industrie etablierte eindimensionale Scanningssystem »LASSY«. Dieses formt den Laserfokus mittels eines Schwingspiegels zu einer breiten Linie. Die Ablenkfrequenz des Spiegels liegt bei über 100 Hertz. Verschiedene wählbare Schwingfunktionen ermöglichen es dem Bediener, die Laserleistung auf die Bauteilgeometrie optimiert zu verteilen. Laserintensität und Härtebahnbreite lassen sich während des laufenden Prozesses schnell anpassen und über die Bedieneingaben oder die externe Schnittstelle flexibel einstellen. Damit reagiert das System während des Abfahrens auf die individuellen Wärmeleitbedingungen von Bauteilgeometrien wie Kanten, Radien und Flächen mit Querschnittsänderungen. Ziel der Bearbeitung ist es, die Randzone optimal zu härten und dadurch den Verschleißschutz zu maximieren. Die Erweiterung des »LASSY«-Systems um einen zusätzlichen Schwingspiegel eröffnet insofern völlig neue Möglichkeiten, als sich der Laserstrahl in zwei Achsen ablenken lässt. Im Vergleich zu eindimensionalen Strahlformungen mit

dem bisherigen System sind komplexe Scanbewegungen nun problemlos möglich. Auch die sich in vielen Laserhärteanwendungen bewährte Laserlinie lässt sich damit rotieren und kann als zusätzliche steuerbare Bewegungsachse verwendet werden. Aufgrund der Dynamik der Scanningsysteme lassen sich beliebige neue Scanwinkel innerhalb weniger Millisekunden einstellen.

Modulare Bauweise ermöglicht zusätzliche Rotation

Eine besondere Herausforderung bestand für die Entwickler darin, die Laserleistungsverteilung und Scanbreite bei gleichzeitiger Strahlrotation präzise umzusetzen. Da Veränderungen im Prozess zu unterschiedlichen Härteresultaten entlang der Bewegungsbahn führen würden, mussten sie komplexe mathematische Berechnungen zusätzlich auf die beiden einzelnen Schwingenspiegel aufteilen. Sie erprobten das System erfolgreich im Labor des Fraunhofer IWS. Die modulare Bauweise ermöglicht eine Erweiterung, herkömmlicher eindimensionaler »LASSY«-Systeme um die zusätzliche Rotation. Ende 2020 integrierte das Forscherteam einen Bearbeitungskopf in eine Industrieanlage. Auf diese Weise wurde die Anwendungsspektrum der Anlage verbreitert sowie die Qualität und die Lebensdauer der damit lasergehärteten Bauteile verbessert bzw. verlängert.

line, which has been successfully implemented in many laser hardening applications, can also be rotated and used as an additional controllable axis of motion. Due to the dynamic nature of the scanning systems, any new scan angle can be set instantly within a few milliseconds.

Modular design enables additional rotation

The developers faced a particular challenge in precisely implementing the laser power distribution and scan width with simultaneous beam rotation. Since changes in the process would lead to different hardening results along the trajectory, they had to additionally split complex mathematical calculations between the two individual oscillating mirrors. They successfully tested the system in the Fraunhofer IWS laboratory. The modular design allows conventional one-dimensional "LASSY" systems to be extended by the additional rotation. At the end of 2020, the research team integrated a machining head into an industrial system. In this way, they increased the application spectrum of the system and the quality as well as lifetime of the laser-hardened components.

CONTACT

Dipl.-Ing. Stefan Kühn
Heat Treatment Systems
+49 351 83391-3428

stefan.kuehn@iws.fraunhofer.de



BREMSSCHEIBENBESCHICHTUNG MIT HICLAD

BRAKE DISC COATING USING HICLAD

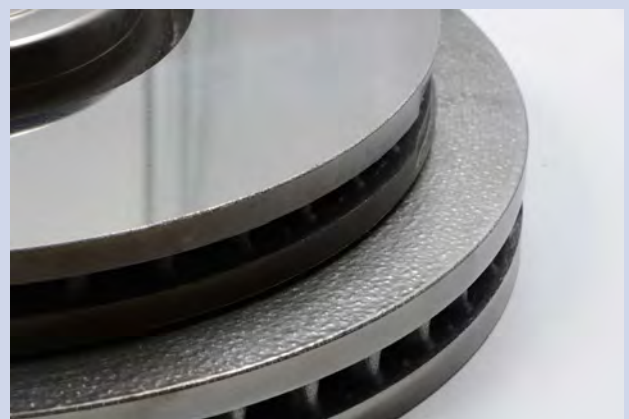
Brake discs are moving into focus as part of the current green-energy discussion. Fraunhofer IWS scientists have developed the HICLAD process to allow a maximization of corrosion and wear protection by tailored surface functionalization. A further focus includes the reduction of particulate emissions. An additional advantage of this technology is the cost-effective series production.

Due to its coating properties and the diverse material spectrum, laser powder cladding is one of the well-established industrial coating processes for protecting high-quality components against corrosion and wear. However, for mass production in large quantities, such as brake discs, conventional laser cladding so far only partially meets industrial cost targets. As a result, Fraunhofer IWS has now developed high performance and high-speed laser cladding HICLAD. This new process uses customized powder nozzles and optics configurations to design a stable and reproducible high power coating method with up to 20 kilowatts of laser power. Efficiency and coating performance increase accordingly, both indispensable for series production. The brake discs are coated in two steps with two layers: Firstly, an approximately 125-micrometer-thick stainless steel anti-corrosion coating is deposited. The HICLAD process is set up in such a way that a defect-free coating is generated on the difficult-to-weld cast iron with lamellar graphite of the brake disc blanks, with minimum values for dilution, stresses and distortion. Secondly, the coating with the tailored tribological functions is applied on top. It receives its wear resistance from hard metals such as tungsten carbide, titanium carbide or chromium carbide, which are embedded in an iron-based alloy. The coating system and the mixing ratios are adjusted in

Bremsscheiben rücken in der aktuellen Energiediskussion in den Fokus. Wissenschaftler des Fraunhofer IWS entwickeln mit HICLAD ein Verfahren, das den Korrosions- und Verschleißschutz per maßgeschneiderte Oberflächenfunktionalisierung maximieren soll. Im Blick steht dabei auch das Reduzieren von Feinstaubemissionen. Ein weiteres Plus: die kostengünstige Serienfertigung.

Das Laserpulverauftragschweißen gehört aufgrund seiner Schichteigenschaften und vielfältigen Werkstoffpalette zu den in der Industrie etablierten Beschichtungsverfahren zum Korrosions- und Verschleißschutz hochwertiger Bauteile. Für die Massenproduktion in großen Stückzahlen, wie z.B. von Bremsscheiben, erfüllt das konventionelle Laserauftragschweißen aber bislang lediglich bedingt die industriellen Kostenziele.

HICLAD-coated brake discs



HICLAD is a cost-effective coating solution for the tailoring of brake disc's corrosion resistance, friction behavior and reduced particulate emissions (bottom: as-clad condition; top: finish grinded condition).



1

Deshalb entwickelte das Fraunhofer IWS nun das Hochleistungs-Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen HICLAD. Dieses neue Verfahren setzt speziell entwickelte Pulverdüsen und Optikkonfigurationen ein und gestaltet so einen stabilen und reproduzierbaren Hochleistungsbeschichtungsprozess mit bis zu 20 Kilowatt Laserleistung. Entsprechend steigen Produktivität und Auftragsleistung, die beide unabdingbar für eine Serienfertigung sind. Die Beschichtung der Bremsscheiben erfolgt in zwei Lagen: Einerseits entsteht eine etwa 125 Mikrometer dicke Korrosionsschutzschicht aus rostfreiem Edelstahl. Der HICLAD-Prozess ist dabei so eingestellt, dass sich auf dem schwierig schweißbaren lamellaren Grauguß der Bremsscheibenrohlinge eine defektfreie Beschichtung ausbildet, die minimale Werte hinsichtlich Aufmischung, Spannungen und Verzug aufweist. Darauf wird die Schweißlage mit der eigentlichen tribologischen Funktion aufgetragen. Sie erhält ihre Verschleißfestigkeit durch Hartstoffe wie Wolframkarbid, Titankarbid oder Chromkarbid, die in einer Eisen-Basislegierung eingelagert werden. Das Schichtsystem und die Mischungsverhältnisse sind so eingestellt, dass sich in Kombination mit den Bremsbelägen eine optimale Reibpaarung hinsichtlich der Bremseigenschaften und minimaler Feinstaubemissionen erzielen lässt. Der Prozess ist dank Prozessregelung und Schmelzbadüberwachung äußerst robust, sodass sich z.B. auch preiswerte Pulver mit breiterer Korngrößenverteilung verwenden lassen. Dadurch sinken die Werkstoffgesamtkosten erheblich. Die Qualität des Schichtsystems lässt sich zerstörungsfrei mittels LAwave®-Technologie kontrollieren (siehe dazu auch S. 30). Die vorgestellte Beschichtungslösung reduziert die Feinstaubemission beim Bremsen deutlich und vermeidet Korrosionsschäden, die üblicherweise bei unregelmäßiger Nutzung entstehen – wie etwa in elektrischen Fahrzeugen. Die Lebensdauer der behandelten Bremsscheiben verlängert sich erheblich.

such a way that, when combined with the brake pads, an optimum friction pairing in terms of braking properties and minimum particulate emissions can be achieved. Thanks to process control and melt pool monitoring, the process is extremely robust, so that, for example, low-cost powders with a broader particle size distribution can also be used. As a result, the overall material costs are significantly reduced. The quality of the coating system can be monitored non-destructively using LAwave® technology (see p. 30). Finally, the coating solution significantly reduces particulate emissions during braking and avoids corrosion damage usually caused by sporadic use – such as in electric vehicles. The service life of HICLAD-coated brake discs is significantly extended.

1 *HICLAD enables high-quality corrosion coatings in an efficient process.*

CONTACT

Dipl.-Ing. (FH) Holger Hillig
Laser Cladding/System Technology
+49 351 83391-3358
holger.hillig@iws.fraunhofer.de



GENERIEREN UND DRUCKEN

ADDITIVE MANUFACTURING AND PRINTING

Technology Field Manager

Prof. Dr. Frank Brückner

+49 351 83391-3452

frank.brueckner@iws.fraunhofer.de



Division Manager Additive Manufacturing

Dr. Elena López

+49 351 83391-3296

elena.lopez@iws.fraunhofer.de



Group Manager Powder Bed Processes and Printing

M.Sc. Lukas Stepien

+49 351 83391-3092

lukas.stepien@iws.fraunhofer.de



Group Manager Process Chain and Product Design (temporary)

Prof. Dr. Frank Brückner

+49 351 83391-3452

frank.brueckner@iws.fraunhofer.de



Group Manager Image Processing and Data Management

Prof. Dr. Karol Kozak

+49 351 83391-3717

karol.kozak@iws.fraunhofer.de



Group Manager Direct Energy Deposition and Hybrid Manufacturing

Dipl.-Ing. Mirko Riede

+49 351 83391-3188

mirko.riede@iws.fraunhofer.de



THE TECHNOLOGY FIELD

Researchers in the Additive Manufacturing and Printing technology field apply materials layer by layer for a wide range of applications. They fabricate complex parts from basic materials such as powder, wire, pastes and foils. They primarily work with metals and plastics, applying technologies including remelting, additive manufacturing and printing. This approach relies on profound technological and material expertise. Only by combining them additive manufacturing can be used to create sophisticated, innovative parts that are both cost-effective and reliable. The team applies various processes, such as laser cladding, using powder, and wire electron as well as laser beam welding, and hybrid methods, which combine subtractive with additive techniques. In this process, Fraunhofer IWS scientists not only focus on the individual process, but also investigate and develop solutions along the process chain. Together with customers from industry, they follow the entire path of development from the initial idea to the feasibility study to system hardware engineering to full marketability.

DAS TECHNOLOGIEFELD

Lage für Lage formt das Technologiefeld Generieren und Drucken Werkstoffe für verschiedenste Anwendungszwecke. Aus Ausgangswerkstoffen wie Pulver, Draht, Pasten oder Bändern entstehen komplette Bauteile. Hauptsächlich werden Metalle und Kunststoffe verarbeitet. Ein besonderes Merkmal bildet die ausgeprägte Verfahrens-, Systemtechnik- und Werkstoffkompetenz. Nur in dieser Kombination lassen sich komplexe neuartige Bauteile mittels additiver Fertigung herstellen, die einerseits kostengünstig und andererseits zuverlässig sind. Zum Einsatz kommen vielfältige Verfahren, wie das Laserauftragschweißen mit Pulver und Draht, selektives Elektronen- und Laserstrahlschmelzen oder Hybridlösungen, die subtraktive mit additiven Methoden kombinieren. Dabei konzentrieren sich die Wissenschaftler am Fraunhofer IWS nicht ausschließlich auf den einzelnen Prozess, sondern erforschen und erarbeiten Lösungen entlang der gesamten Prozesskette. Gemeinsam mit dem Industriepartner beschreiten sie den Weg von der Idee über die Machbarkeitsstudie und die Entwicklung der Systemtechnik bis hin zur kompletten Marktreife.



1

HIGHLIGHT

Vollautomatische Multimaterialbauteile dank digitalisiertem Laserauftragschweißen

Der Trend zur Diversifikation von Produkten bei immer kürzeren Entwicklungszyklen erfordert flexible, maßgeschneiderte Fertigungsprozessketten. Dafür etabliert das Fraunhofer IWS eine additive Fertigungszelle mit durchgängiger Digitalisierung der Arbeitsabläufe, mittels derer viele Werkstoffe in ein Bauteil integriert werden können. Denn überall dort, wo verschiedene Bauweisen integriert werden und unterschiedliche Werkstoffe zum Einsatz kommen, entstehen leistungsfähigere und leichtere Funktionsbauteile. Beim Forschungsvorhaben Agent-3D_Multi-BeAM gelang es Forschern des Fraunhofer IWS gemeinsam mit den Projektpartnern Rolls-Royce und Siemens aufzuzeigen, wie Triebwerke und Gasturbinen von Multimaterialkonzepten profitieren. Außerdem erweiterten sie die Prozesskette um digitale Multimaterialfunktionalitäten, sodass sich die Herstellung einer Komponente aus mehreren räumlich platzierten Werkstoffen mit scharfen und gradierten Materialübergängen vollautomatisiert industriell abbilden lässt. Die Grundlage dafür bildet eine umfangreiche digitale Prozessdatenbank. Das Bauteil lässt sich bei gleichbleibender Schichtdicke lagenweise ohne Geometrieabweichungen oder Defekte aufbauen. Für die exakte Werkstoffmischung inklusive orts aufgelöster Zuweisung zugehöriger Parameter entwickelte das Fraunhofer IWS ein Konzept auf Basis mathematischer Feldfunktionen. Um die Materialzusammensetzung im additiven Bauprozess kontrolliert anpassen zu können, implementierten sie zusätzlich ein modelliertes Zeitverhalten der Pulverförderstrecke sowie die dazugehörige Steuer- und Regeltechnik in die CAD/CAM-Software. Auf diese Weise gelang es erstmals, ein metallisches Bauteil bestehend aus drei Werkstoffen vollautomatisch aufzubauen. Perspektivisch wollen sie die entwickelte Technologie auf eine Vielzahl von Werkstoffen erweitern, womit völlig neue Fertigungsszenarien wie die In-situ-Synthese von Legierungen möglich werden.

HIGHLIGHT

Multi-material components fully automated thanks to digitized Direct Energy Deposition

The current trend towards product diversification with ever-shorter development cycles requires flexible, customized manufacturing process chains. To this end, Fraunhofer IWS is implementing an additive manufacturing cell with end-to-end workflow digitization that enables the integration of many materials into one component. In fact, wherever different construction methods are integrated and different materials are used, more powerful and lighter functional components are generated. In the Agent-3D_MultiBeAM research project, Fraunhofer IWS researchers together with project partners Rolls-Royce and Siemens succeeded in demonstrating how engines and gas turbines benefit from multi-material concepts. In addition, they extended the process chain with digital multi-material functionalities so that the manufacturing of a component from several spatially placed materials with sharp and graded material transitions can be industrially realized in a fully automated way. A comprehensive digital process database provides the basis here. The component can be built layer by layer with a constant thickness without geometric deviations or defects. Fraunhofer IWS developed a concept based on mathematical field functions for the exact material mixture including spatially resolved assignment of associated parameters. In order to adjust the material composition in the additive manufacturing process in a controlled manner, the scientists additionally implemented a modeled time behavior of the powder feed line as well as the associated control and regulation technology in the CAD/CAM software. In this way, they succeeded for the first time in fully automatically building up a metallic component consisting of three materials. In future, they will extend the developed technology to a large number of materials, which should enable completely new manufacturing scenarios, such as the in-situ synthesis of alloys.

1 *Metallic multi-material component built up of three materials using DED (direct energy deposition).*

BAUTEILE AUS REINKUPFER PER LPBF MIT GRÜNEM LASER UND BINDER JETTING

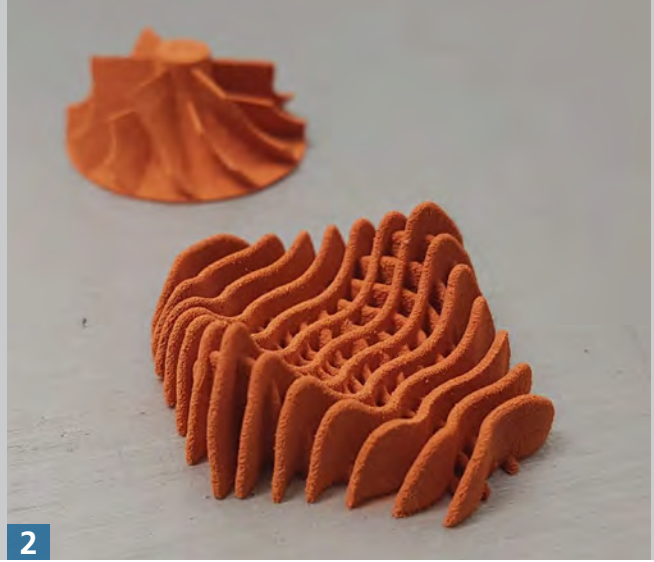
COMPONENTS MADE OF PURE COPPER USING LPBF WITH GREEN LASER AND BINDER JETTING

For a long time, pure copper additive manufacturing has faced major challenges. Fraunhofer IWS is now focusing on two processes: Laser Powder Bed Fusion (LPBF) with a green laser and binder jetting (BJ).

In today's electric and electronics industry, copper is indispensable. For example, in electromobility it is used in electromagnetic motor coil systems and in thermal management, e.g. in high-performance heat exchangers with complex, function-optimized geometry. Conventional manufacturing processes quickly run up against their limits when it comes to these design requirements, a fact which opens up a high potential for additive manufacturing. Major challenges arise during the melting of metal powder from pure copper. The reason is that beam-based additive manufacturing processes such as LPBF use infrared laser radiation, which copper absorbs only to a small extent. Its high thermal conductivity also complicates processing. Fraunhofer IWS researchers therefore use a beam source with a wavelength of 515 nanometers. This significantly increases laser radiation absorption and makes it possible to process highly reflective materials such as pure copper with a density of up to 99.95 percent. Electrical conductivity also remains at a level comparable with conventional copper. Due to its low technology costs and high throughput of printed parts, the Binder Jetting technology offers the potential to outperform many other additive manufacturing copper processing methods. It plays out its advantages especially when shaping and thermal post-treatment are separated. At that point tailored microstructural properties can be designed. Currently, the greatest challenge of BJ lies in producing dimensionally stable, defect-free

Lange Zeit stand die additive Fertigung von Reinkupfer vor großen Herausforderungen. Das Fraunhofer IWS setzt nun auf zwei Verfahren: das selektive Laserstrahlschmelzen (Laser Powder Bed Fusion, kurz: LPBF) mit grünem Laser sowie das Binder Jetting (BJ).

Kupfer ist heute in der gesamten Elektro- und Elektronikbranche unverzichtbar. Es wird in der Elektromobilität etwa in elektromagnetischen Spulensystemen in Motoren eingesetzt sowie im Wärmemanagement, z.B. in hochleistungsfähigen Wärmetauschern mit komplexer, funktionsoptimierter Geometrie. Konventionelle Fertigungsverfahren kommen bei solchen Designanforderungen schnell an ihre Grenzen, woraus sich ein hohes Potenzial für die additive Fertigung ableitet. Beim Aufschmelzen von Metallpulver aus Reinkupfer entstehen erhebliche Herausforderungen. Denn strahlbasierte additive Fertigungsverfahren wie das LPBF setzen infrarote Laserstrahlung ein, die von Kupfer nur in geringem Maße absorbiert werden kann. Auch seine hohe Wärmeleitfähigkeit erschwert die Verarbeitung. Forschende des Fraunhofer IWS setzen daher eine Strahlquelle mit einer Wellenlänge von 515 Nanometern ein. Die Absorption der Laserstrahlung steigt um ein Vielfaches, wodurch das Verarbeiten hochreflektiver Werkstoffe wie Reinkupfer mit einer Dichte bis 99,95 Prozent möglich wird. Auch die elektrische Leitfähigkeit bewegt sich auf einem vergleichbaren Niveau mit konventionellem Kupfer. Aufgrund der geringen Technologiekosten und des hohen Durchsatzes gedruckter Teile bietet das Verfahren Binder Jetting ebenfalls das Potenzial, viele andere additive Fertigungsverfahren in der Verarbeitung von Kupfer zu übertreffen. Es spielt seine Vorteile besonders dann aus, wenn Formgebung und thermische Nachbehandlung



getrennt werden. Dann lassen sich maßgeschneiderte mikrostrukturelle Eigenschaften einstellen. Aktuell liegt die größte Herausforderung des BJ in der Herstellung maßhaltiger, defektfreier und dichter Bauteile. Gegenwärtig erreichbare Bauteildichten mit reinem Kupfer von ca. 95 Prozent sollen zukünftig noch verbessert werden. Mit 32,5 Megasiemens pro Meter liegt die elektrische Leitfähigkeit bei rund 56 Prozent IACS (International Annealed Copper Standard). Das Fraunhofer IWS arbeitet daran, die Pulvereigenschaften sowie die Binderzusammensetzung anzupassen, um weitere Lösungen für eine gesteigerte Verdichtung und somit verbesserte Eigenschaften entwickeln zu können. Ein Ansatz ist die Erweiterung der Partikelgrößenverteilung, um die Anzahl der Partikelkontakte und somit die Grünteildichte zu erhöhen.

and dense components. Component densities of around 95 percent currently achievable with pure copper are to be further improved in the future. At 32.5 megasiemens per meter, electrical conductivity lies at around 56 percent IACS (International Annealed Copper Standard). Fraunhofer IWS is working on adjusting the powder properties and the binder composition to develop further solutions for increased densification and thus improved properties. One approach is to extend the particle size distribution in order to increase the number of particle contacts and thus the green part density.

- 1 *Customized inert gas nozzle developed at Fraunhofer IWS with inner cooling channels made of pure copper fabricated by LPBF.*
- 2 *Binder jetting of pure copper: Filigree freeform surfaces for heat sinks with increased cooling capacity.*

CONTACT

M. Sc. Samira Gruber
 Powder Bed Processes and Printing
 +49 351 83391-3515
samira.gruber@iws.fraunhofer.de



FLEXIBLE PRODUKTIONSARCHITEKTUREN FÜR DIE HYBRIDE ADDITIVE FERTIGUNG

FLEXIBLE PRODUCTION ARCHITECTURES FOR HYBRID ADDITIVE MANUFACTURING

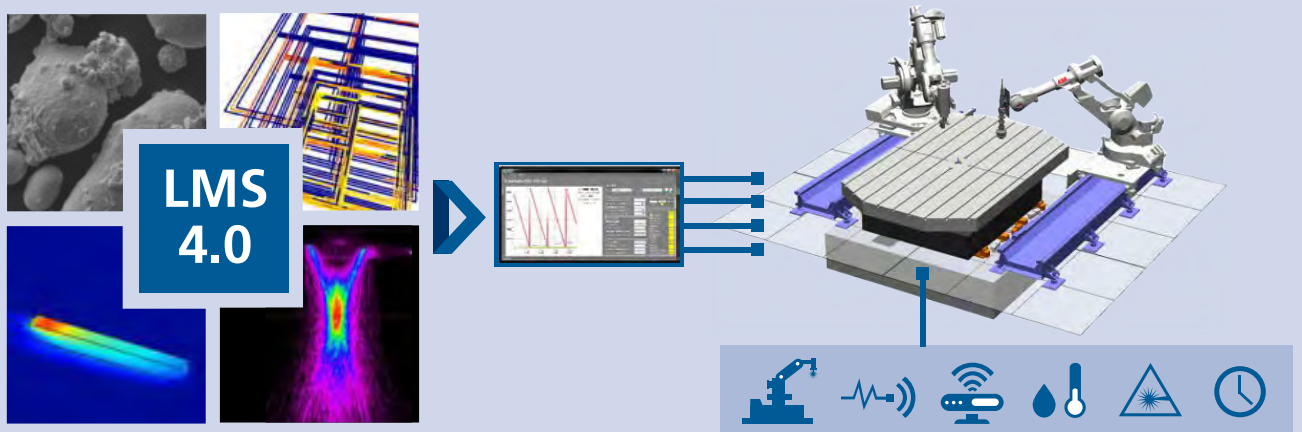
Small batch sizes and high product diversity demand both flexible manufacturing with and tailored processes. Both requirements are characteristic for additive manufacturing by Direct Energy Deposition (DED), where even single part fabrication is often required. For this application, Fraunhofer IWS has established a flexible adaptive manufacturing system with end-to-end digitization of workflows.

The basic setup of the novel manufacturing system consists of two industrial robots, positioned on one linear axis each, equipped with a centric rotary table. A work area of 7.5 cubic meters or three meters in diameter for rotationally symmetrical components perfectly qualifies the system for large component production. The industrial robots, which

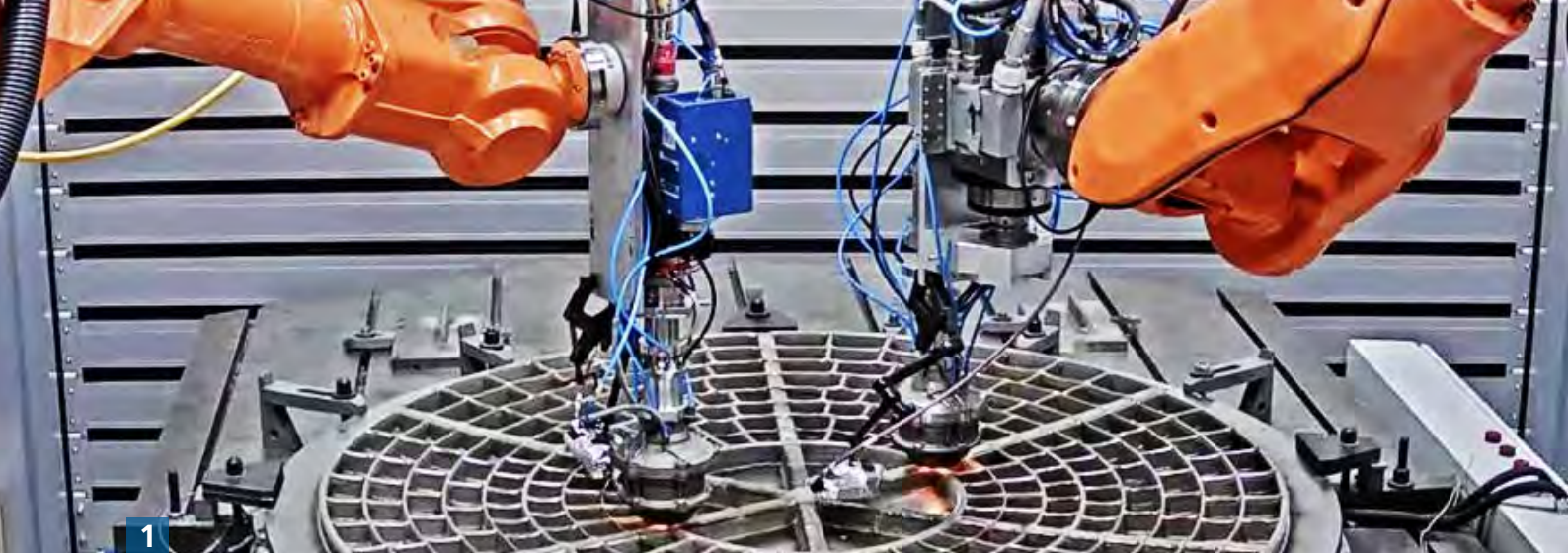
Kleine Losgrößen und vielseitige Produktvariation verlangen nach einer flexiblen Produktion bei gleichzeitig maßgeschneiderten Prozessen. Beide Anforderungen sind charakteristisch für die additive Fertigung per Laser-Pulver-Auftragschweißen (LPA; engl.: DED), bei der häufig sogar Einzelteilerfertigung gefragt ist. Für diesen Anwendungsfall etabliert das Fraunhofer IWS eine flexible adaptive Fertigungszelle mit durchgängiger Digitalisierung der Arbeitsabläufe.

Das Grundgerüst der neuartigen Fertigungszelle bilden zwei Industrieroboter auf jeweils einer Linearachse mit einem zentralen Drehtisch. Ein Arbeitsraum von 7,5 Kubikmetern bzw. drei Metern Durchmesser für rotationssymmetrische Bauteile prädestiniert das System für die Großbauteilerfertigung. Die

3D measurement of a component



3D measurements generate important geometric component information, which can be used for quality assurance and as a starting point for adjusting process parameters.



flexibel mit prozessspezifischen Betriebsmitteln bestückbaren Industrieroboter ermöglichen es, die Hauptprozesse Auftragsschweißen und kryogene Zerspanung untereinander oder mit verschiedenen Nebenprozessen (z. B. 3D-Bauteilvermessung) beliebig in einem Produktionsschritt zu kombinieren. So lassen sich u. a. bis zu vier Bearbeitungsköpfe parallel betreiben, um in der additiven Fertigung die Produktivität zu steigern und die Temperatur während des Prozesses kontrolliert zu führen. Außerdem lässt sich der LPA-Prozess unterbrechen, um eine kryogene Fräsbearbeitung durchzuführen, und danach wieder fortsetzen – alles in einer Anlage, ohne dass das Bauteil ausgespannt werden muss. Ein Datenserver erfasst zeitdiskret zentrale Prozess- und Anlagendaten und speichert diese im institutseigenen Labormanagementsystem – einschließlich zugriffsgeschützten Zugangs für Industriekunden und Projektpartner. Die somit bereitgestellte digitale Repräsentation, also die Gesamtheit der gesammelten Prozess- und Anlagendaten, bildet ein zentrales Element der Qualitätssicherung. Indem die Wissenschaftler des Fraunhofer IWS zielgerichtet Datenanalyse, -auswertung und Wissenstransfer kombinieren, ermöglichen sie eine adaptive Produktionsarchitektur – die Grundlage für eigenständige Anpassungen des Systems.

can be flexibly equipped with process-specific operating devices, enable the main metal deposition and cryogenic cutting processes to be combined with each other or with various secondary processes (e. g. 3D component measurement) as required in a single production step. For example, up to four processing heads operate in parallel to increase additive manufacturing efficiency and to control heat input during the process. In addition, processing can be interrupted to perform cryogenic milling and subsequently be continued again – all in one system without having to unclamp the component. A data server records central process and system data and stores them in the institute's own laboratory management system, including protected access for industrial customers and project partners. The digital representation thus provided, i.e. the totality of the collected process and plant data, constitutes a central element of quality assurance. By purposefully combining data analysis, evaluation and knowledge transfer, Fraunhofer IWS scientists enable an adaptive production setup – the basis for automated adjustments of the system.

1 Parallel processing in additive manufacturing can increase cycle times, as shown here in the case of a large titanium component with two cooperating robots as manufacturing agents.

CONTACT

M. Sc. Jakob Schneider
Direct Energy Deposition & Hybrid Manufacturing
+49 351 83391-3889
jakob.schneider@iws.fraunhofer.de



INNOVATIONEN DURCH HYBRIDE FERTIGUNG IN DER LUFT- UND RAUMFAHRT

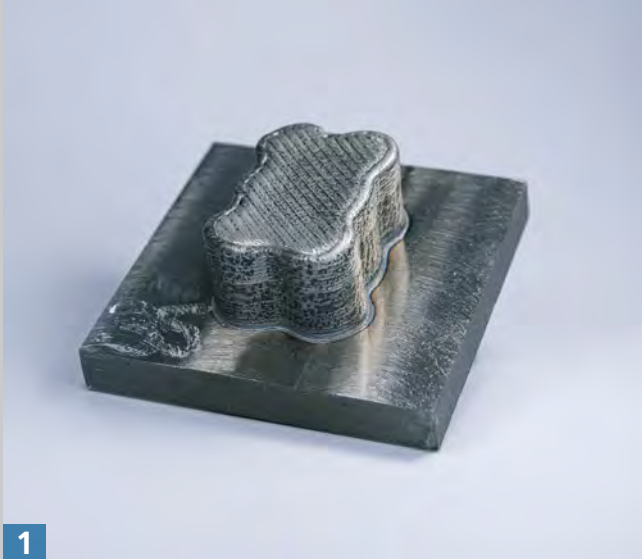
INNOVATIONS IN HYBRID MANUFACTURING FOR AEROSPACE

Hybrid manufacturing describes the combination of different manufacturing processes in order to make targeted use of their advantages. Therefore, Fraunhofer IWS particularly focuses on combinations with additive manufacturing processes. Hybridization is used wherever – locally and geometrically limited – materials with optimized properties are required: for example, in medical technology, automotive and plant engineering, and aerospace.

In the AGENT-3D_IMProVe project, the IWS team and project partner MTU Aero Engines have developed a hybrid process chain using Direct Energy Deposition (DED) with wire filler material and conventional machining. The project focuses on saving semi-finished product costs by reducing both material quantities and machining times in order to cut tool costs. This was achieved by way of precise additive manufacturing using DED on the conventionally produced substrate body. The project partners used a nickel-based alloy (Inconel 718) as a wire filler material. This alloy is characterized by its strength at high temperatures and its high corrosion resistance against aggressive media. Thus it is particularly suitable for aircraft turbine constructions subject to high thermal stress. The scientists used the Fraunhofer IWS coaxial coating head (COAXwire) to deposit the filler material. This head precisely works with wire filler materials and is independent of feed direction. Initially, the experiments were based on a parameter study for processing the filler metal on similar substrates. The weld tracks thus produced were analyzed and evaluated by means of metallographic analysis methods. The researchers used the best parameters to

Hybride Fertigung bezeichnet die Kombination unterschiedlicher Fertigungsverfahren, um deren Vorteile zielgerichtet einzusetzen. Derartige Ansätze werden am Fraunhofer IWS mit besonderem Fokus auf additive Fertigungsverfahren verfolgt. Die Hybridisierung kommt dort zum Einsatz, wo – lokal und geometrisch begrenzt – Werkstoffe mit optimierten Eigenschaften notwendig sind: etwa in der Medizintechnik, dem Automobil- und Anlagenbau sowie der Luft- und Raumfahrt.

Im Projekt AGENT-3D_IMProVe entwickelte das Wissenschaftler-Team zusammen mit dem Projektpartner MTU Aero Engines die hybride Prozesskette aus dem additiven Laser-Draht-Auftragschweißen (LDA) und der konventionellen zerspanenden Bearbeitung. Es setzte sich zum Ziel, Halbzeugkosten einzusparen, indem es Materialvolumen reduzierte und Zerspanungszeiten verkürzte. So sollten Werkzeugkosten eingespart werden. Ein präziser additiver Aufbau mittels LDA auf dem konventionell hergestellten Substratkörper ermöglichte dies. Als drahtförmigen Zusatzwerkstoff verwendeten die Projektpartner eine Nickelbasislegierung (Inconel 718). Diese zeichnet sich besonders durch ihre Festigkeit bei hohen Temperaturen und ihre hohe Korrosionsbeständigkeit gegenüber aggressiven Medien aus. Damit eignet sie sich besonders für thermisch stark beanspruchte Bereiche im Flugzeugturbinenbau. Zur Verarbeitung des Zusatzwerkstoffs nutzten die Wissenschaftler den am Fraunhofer IWS entwickelten koaxialen Prozesskopf COAXwire. Dieser verarbeitet drahtförmige Schweißzusatzwerkstoffe präzise und unabhängig von der Vorschubrichtung. Den Start der Experimente bildete eine Parameterstudie zur Verarbeitung des Zusatzwerkstoffs auf artgleichen Substraten. Die so erzeugten



1

Schweißspuren wurden mittels metallografischer Analysemethoden untersucht und bewertet. Die besten Parameter nutzten die Partner, um Volumenkörper für die Werkstoffcharakterisierung aufzubauen. Als entscheidende Erfolgskriterien lassen sich ein endkonturnaher, porenfreier Werkstoffauftrag und die gezielte Einstellung der geforderten Werkstoffeigenschaften nennen. Eine projektbegleitend aufgebaute intelligente Prozessüberwachung und Regelung unterstützte die reproduzierbare Probenherstellung.

Neuer Demonstrator mit geringerem Ausgangsmaterialvolumen entstanden

Auf Grundlage der erfolgreichen Vorversuche entwickelten die Forscher einen Demonstrator. Dieser besteht aus einem konventionell zerspanend hergestellten Turbinengehäuse. Gefertigt wurde dieses aus einem Rohling mit kleinerem Materialvolumen als konventionell üblich. Für den konturnahen Aufbau sogenannter Boss-Strukturen nutzten sie anschließend das LDA-Verfahren. Ein geringer lokaler Wärmeeintrag des LDA schaffte die Basis dafür, diese Struktur auf dem dünnwandigen Substrat mit einer Wandstärke von nur wenigen Millimetern erfolgreich verzugsarm aufzubauen. Die konturnahe Zerspanung und Wärmebehandlung testeten die Wissenschaftler bereits erfolgreich an Dummy-Bauteilen. Am finalen Demonstrator-Bauteil konnte die Fertigung mehrerer Boss-Strukturen gezeigt werden. Die Nachbearbeitung steht noch aus.



2

design volumes for material characterization. Key success factors include a near-net-shape, pore-free material application and the targeted adjustment of required material properties. An accompanying intelligent process monitoring and control system supported the reproducible sample manufacture.

Development of a new demonstrator with lower starting material volume

The scientists developed a demonstrator based on these successful preliminary tests. It consists of a turbine housing manufactured by conventional machining. Compared to conventional methods the housing is fabricated from a blank with a smaller volume. The researchers subsequently employed the DED process for the close contour construction of boss structures. A low local DED heat input provided the basis for successfully constructing this structure on the thin-walled substrate with a wall thickness of only a few millimeters with low distortion. The scientists have already succeeded in testing near-contour machining and heat treatment on dummy components. The production of several boss structures was already demonstrated using the final demonstrator component. These will now enter post-processing.

- 1 *Example of a near-net-shape Inconel 718 DED structure designed to reduce semi-finished product volume and machining work.*
- 2 *Boss structures made by DED on a turbine housing.*

CONTACT

Dipl.-Ing. Stefan Polenz
 Direct Energy Deposition & Hybrid Manufacturing
 +49 351 83391-3870
stefan.polenz@iws.fraunhofer.de



FÜGEN

JOINING

Technology Field Manager

Dr. Jens Standfuß

+49 351 83391-3212

jens.standfuss@iws.fraunhofer.de



Division Manager Laser Beam Joining

Dr. Axel Jahn

+49 351 83391-3237

axel.jahn@iws.fraunhofer.de



Group Manager Bonding and Composite Technology

Dipl.-Ing. Annett Klotzbach

+49 351 83391-3235

annett.klotzbach@iws.fraunhofer.de



Group Manager Laser Beam Welding

Dr. Dirk Dittrich

+49 351 83391-3228

dirk.dittrich@iws.fraunhofer.de



Group Manager Design and Special Processes

Dr. Markus Wagner

+49 351 83391-3536

markus.wagner@iws.fraunhofer.de

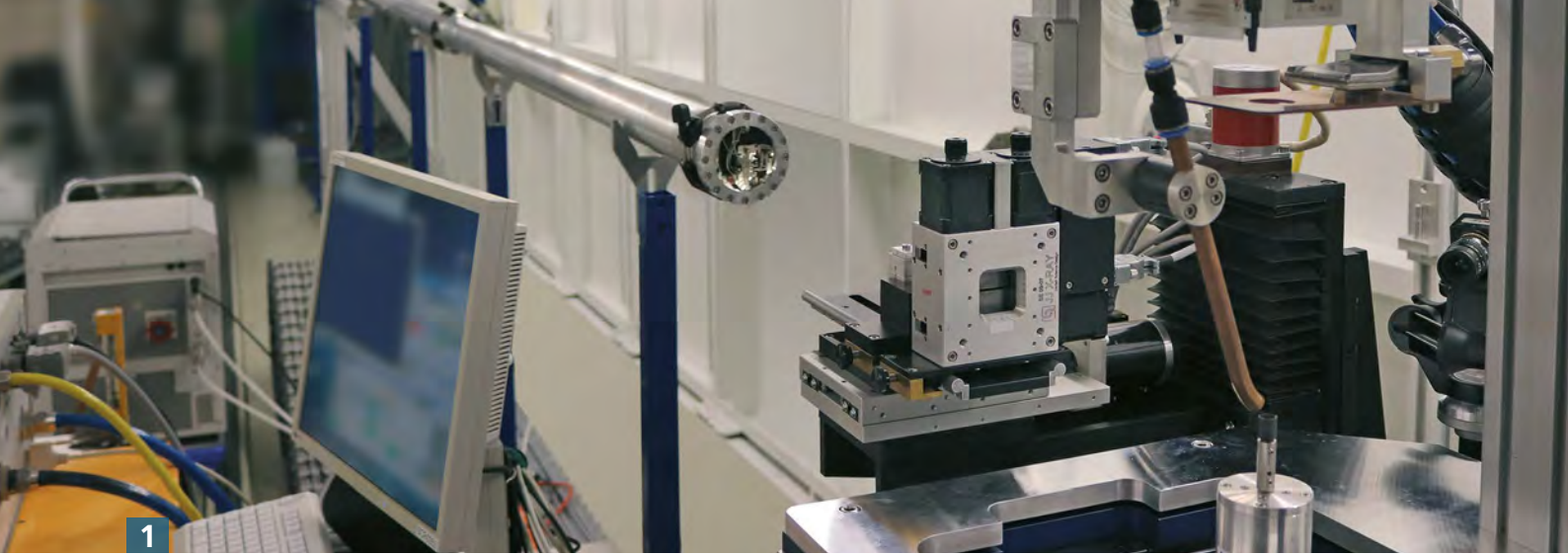


THE TECHNOLOGY FIELD

The Joining technology field provides solutions in single-source responsibility. Equipped with profound materials knowledge, the researchers cover the complex process chain from analysis of material characteristics to process development to implementation. The technology field develops customized joining technologies and helps customers to transfer these solutions into industrial production. Laser welding enables the generation of defect-free welds from materials that are highly prone to cracking. For the material-locked joining of advanced functional materials and metallic composites, Fraunhofer IWS refines techniques, such as friction stir welding and electro magnetic pulse joining. Advanced labs and efficient hardware are available for the development of adhesive bonding and fiber composite technologies. In component design, the Joining technology field runs structural-mechanic Finite-Element-simulations, as well as thermo-mechanically linked calculations, and verifies them in experiments. Other services include the development of customized systems hardware.

DAS TECHNOLOGIEFELD

Lösungen komplett aus einer Hand bietet das Technologiefeld Fügen. Ausgestattet mit fundiertem werkstofftechnischen Fachwissen bilden die Forscher eine komplexe Prozesskette ab: von der Analyse des Werkstoffverhaltens über die Verfahrensentwicklung bis hin zur Umsetzung in maschinentechnischen Lösungen. Das Technologiefeld entwickelt angepasste Fügeverfahren und begleitet diese bis in die industrielle Anwendung. Das Laserstrahlschweißen ermöglicht die Herstellung fehlerfreier Schweißverbindungen aus risskritischen Werkstoffen. Für stoffschlüssiges Fügen moderner Funktionswerkstoffe und metallischer Verbindungen werden Verfahren wie das Rührreibschweißen und das elektromagnetische Pulsfügen weiterentwickelt. Moderne Labore und effiziente Anlagentechnik stehen für die Entwicklung von Technologien des Klebens und der Faserverbundtechnik zur Verfügung. In der Bauteilauslegung erstellt das Technologiefeld Fügen strukturmehchanische Finite-Elemente-Simulationen sowie thermisch-mechanisch gekoppelte Berechnungen und verifiziert diese im Experiment. Abgerundet wird das Portfolio mit der Entwicklung individuell angepasster Systemtechnik.



HIGHLIGHT

Der Blick in den Schweißprozess

Das Fraunhofer IWS entwickelt Prozesse zur hochfrequenten Strahloszillation zur Verbesserung der Nahteigenschaften. Die Dresdner Technologie ermöglicht bereits verschiedenen Industriekunden stabile Prozesse, z. B. beim Verbinden von Bauteilen aus Aluminium-Druckguss. Eingesetzt wird der Werkstoff immer häufiger für Batteriegehäuse in der Elektromobilität. Um einen tieferen Einblick in die hochdynamischen Prozesse zu erlangen, starteten Forscher des Fraunhofer IWS in Zusammenarbeit mit Partnern der Technischen Universität Berlin und des Helmholtz-Zentrums Berlin eine spannende Messkampagne: Am Schweizer Paul Scherrer Institut PSI erstellte die Forschergruppe hochauflösende Röntgenaufnahmen mittels Synchrotronstrahlung. Sie untersuchte so die intrinsischen Phänomene während des Laserstrahlschweißprozesses genauer. Dabei analysierten die Wissenschaftler insbesondere die Entstehung von Poren und anderen Nahtdefekten. Die erstellten Aufnahmen zeigten eindrucksvoll eine stabilisierende Wirkung des Prozesses mit der Dresdner Technologie. Erstmals wiesen die Wissenschaftler dabei den Entgasungseffekt auch für hohe Scanfrequenzen nach, bei dem sich Poren im Schmelzbad durch das oszillierende Keyhole austreiben lassen. Zudem übt die Oszillation einen Einfluss auf die Schmelzbadströmungen aus. Auf diese Weise lässt sich beispielsweise die Porenbildung im Schmelzbad durch starke Strömungen hinter der Kapillare unterbrechen. Die gewonnenen Erkenntnisse nutzen die Forscher zukünftig zur Optimierung ihrer Fügeprozesse.

HIGHLIGHT

Looking into the welding process

Fraunhofer IWS develops processes for high frequency beam oscillation to improve weld seam properties. The Dresden technology already provides various industrial customers with reliable processes, e. g. for joining components made of aluminum die cast. The material is increasingly used for battery cases in electromobility. In order to gain a better understanding of the highly dynamic processes, Fraunhofer IWS researchers, in collaboration with partners from Technische Universität Berlin and Helmholtz-Zentrum Berlin, have launched an exciting measurement campaign: At the Swiss Paul Scherrer Institute PSI, the research group generated high-resolution X-ray images using synchrotron radiation. This way, they more precisely investigated the intrinsic phenomena at play during the laser beam welding process. In particular, the scientists analyzed the formation of pores and other seam defects. The images impressively demonstrated that the technology developed by Fraunhofer IWS has a stabilizing effect. For the first time, the scientists verified the degassing effect even for high scan frequencies, in which pores in the melt pool can be expelled by the oscillating keyhole. In addition, the oscillation influences melt pool flows. For example, pore formation in the melt pool can be interrupted by strong flows behind the capillary. The researchers will in future utilize this knowledge to optimize their joining processes.

1 *Experimental setup at a Swiss research laboratory, used for X-ray analysis of the new Fraunhofer IWS welding technology, which stabilizes welding processes of aluminum die cast.*

LEICHTE FAHRZEUGAUFBAUTEN DANK OPTIMIERTER FÜGEVERBINDUNGEN

LIGHT VEHICLE SUPERSTRUCTURES THANKS TO OPTIMIZED JOINTS

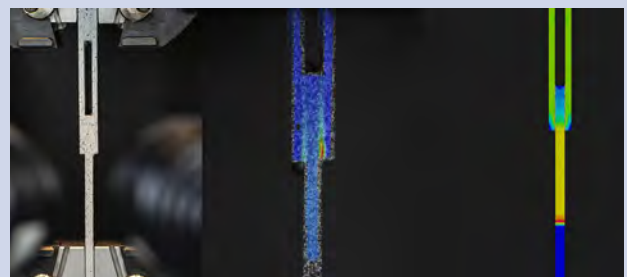
The electrification of municipal vehicles is increasing the demand for ultra-light truck bodies to compensate additional battery weight. An adapted multi-material lightweight construction based on fiber-reinforced semi-finished plastic products and aluminum structures facilitates the cost-effective production of lightweight containers in small series. In this context, the type of joining technology plays a particularly important role.

The use of small commercial vehicles is increasing dramatically. Their electrification protects the environment, but at the same time reduces maximum payloads. To eliminate this disadvantage, the partners in the BMWi joint project "UTILITAS" are developing a waste collection container, which is both cost-effective to produce and ultra-light. In addition to the use of thermoplastic fiber-reinforced composites and aluminum, this container design is characterized in particular by load-suitable joining technologies. To join materials of different classes, screws or rivets as well as industrial adhesive joining can be used. If fiber-reinforced thermoplastics are to be joined with metal, the Fraunhofer IWS' HeatPressCool-integrative (HPCi®) technology can also be a promising solution. This process does not require any adhesives or fasteners, as the joining partners are locally pressed together. Simultaneous heating of the metal melts the plastic and bonds to the roughened metal surface.

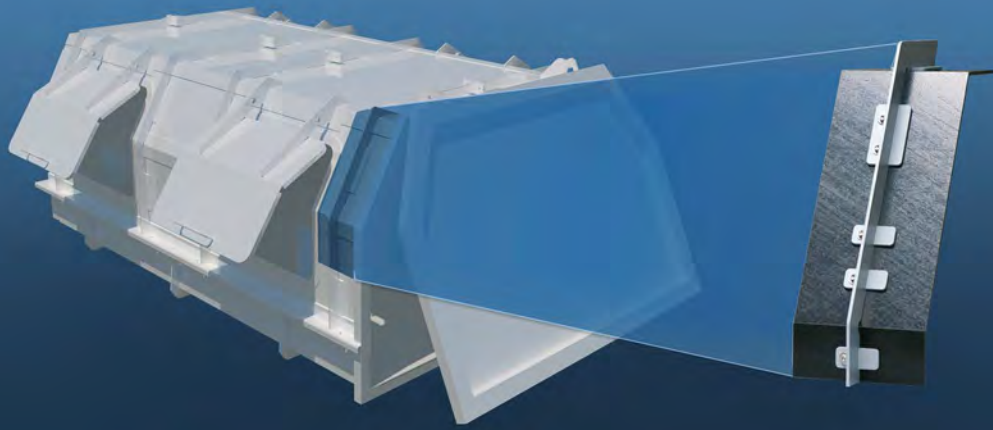
Die Elektrifizierung kommunaler Nutzfahrzeuge verstärkt die Nachfrage nach ultraleichten Fahrzeugaufbauten, um das zusätzliche Batteriegewicht zu kompensieren. Ein angepasster Multimaterial-Leichtbau auf Basis faserverstärkter Kunststoff-Halbzeuge und Aluminiumstrukturen lässt es zu, Leichtbaubehälter kostengünstig in Kleinserie zu fertigen. Besonderen Stellenwert nimmt dabei die Art der Fügetechnologie ein.

Der Einsatz kleiner Nutzfahrzeuge nimmt überproportional zu. Deren Elektrifizierung schont die Umwelt, reduziert jedoch gleichzeitig die maximalen Nutzlasten. Um diesen Nachteil zu eliminieren, entwickeln die Partner des BMWi-Verbundvorhabens »UTILITAS« einen kostengünstig herstellbaren und gleichzeitig ultraleichten Müllsammelbehälter. Dieser zeichnet sich neben der Verwendung von thermoplastischen Faser-Verbundwerkstoffen (FVK) und Aluminium insbesondere durch belastungsgerechte Fügetechnologien aus. Um Werkstoffe

Double overlapped adhesive joint



The validation of the simulation results requires a destructive test as well as an analysis of the actual stresses at the joint.



1

verschiedener Materialklassen zu verbinden, eignen sich sowohl Schrauben oder Nieten als auch das industrielle Kleben. Sollen faserverstärkte Thermoplaste mit Metall verbunden werden, so bietet sich auch der Einsatz der am Fraunhofer IWS entwickelten Technologie HeatPressCool-integrative (HPCI®) an. Dieses Verfahren kommt ohne Klebstoff oder Verbindungselemente aus, da die Fügepartner lokal miteinander verpresst werden. Bei der zeitgleichen Erwärmung des Metalls schmilzt der Kunststoff und bindet an der angerauten Metalloberfläche an.

Entscheidend ist das Design der Verbindung

Damit sich Behälteraufbauten im Multimaterialdesign umsetzen lassen, stellt die Kenntnis lokaler Belastungen besonders an den Fügstellen eine wichtige Bedingung dar. Deshalb entwickelten Forscher am Fraunhofer IWS ein Simulationsmodell, mit dem sie das Verhalten stoffschlüssiger Verbindungen bei multiaxialen Belastungsfällen reproduzierbar abbilden. Das befähigt sie dazu, die Verbindung räumlich anzuordnen, geometrisch zu gestalten und somit bereits während der Auslegung komplexer Multimaterial-Konstruktionen zu optimieren.

The key factor is the design of the joint

In order to implement container structures in multi-material design, it is essential to know the local loads, especially at the joints. Therefore, researchers at Fraunhofer IWS developed a simulation model to reproduce the behavior of solid joints under multiaxial loading conditions. This enables them to spatially arrange and geometrically design the joint and thus to optimize it already during the design of complex multi-material constructions.

1 Aluminum-GFRP connection design for a modular multi-material lightweight container.

The project was funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, based on a resolution of the German Bundestag.

Funded by



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy

FKZ: 19118005C

CONTACT

Dipl.-Ing. Annett Klotzbach

Bonding and Composite Technology

+49 351 83391-3235

annett.klotzbach@iws.fraunhofer.de



LASERSTRAHLSCHWEISSEN EBNET WEG ZUR STAHLBAUREVOLUTION

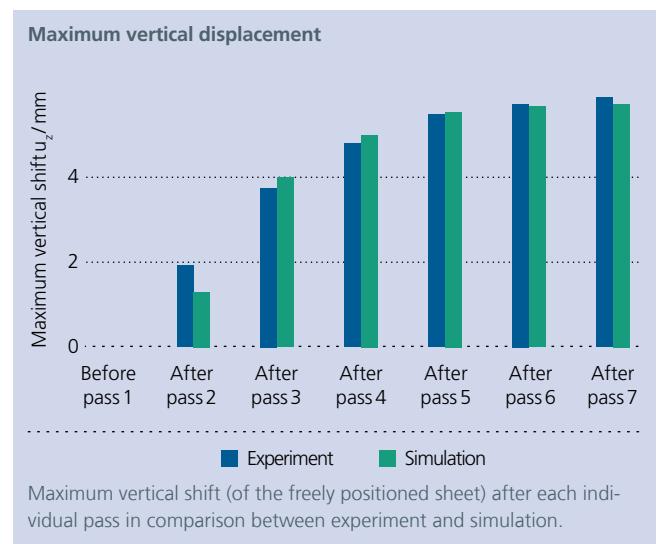
LASER WELDING PAVES THE WAY FOR STEEL CONSTRUCTION REVOLUTION

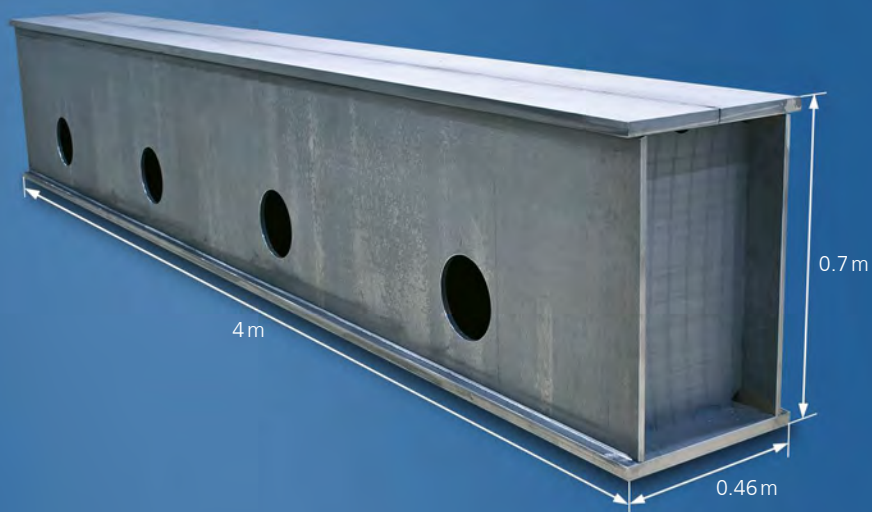
Many people associate steel construction technology with manual welding and glaring arcs. In order to manufacture large-scale, highly stressed steel structures such as overhead cranes or wind turbine towers in line with high quality standards, extensive technical expertise and efficient processes are required. High-energy, modern joining processes such as laser beam welding will revolutionize steel construction in the coming years.

A research project conducted over the past 2.5 years on low-distortion and low-energy laser beam welding for thick-walled steel structures follows precisely this goal. Managed by Fraunhofer IWS in cooperation with three medium-sized companies, the project, funded by Saxony's State Ministry of Economic Affairs, Labor and Transport, has been successfully implemented. The holistic research approach for steel construction, in which a thermal distortion simulation supports the development of the laser beam welding process, adds a new dimension to the project. The potential of the new welding process is demonstrated by the example of a four-meter-long, fully laser-welded crane segment demonstrator. The partners thus successfully examined potential application scenarios for the participating medium-sized steel construction companies. In steel construction, the current value chain is characterized by complex production steps and mostly manual individual processes, such as metal shielding gas welding (MSG), submerged arc welding (SMAW) and intensive straightening processes. The project team's results demonstrate that, with laser-optimized design, a box-shaped overhead crane segment featuring corner and butt-welded

Mit dem Stahlbau verbinden viele Menschen das Handschweißen mit grell leuchtendem Lichtbogen. Um großformatige, hochbelastete Stahlbaukonstruktionen wie Hallenkräne oder Windkrafttürme qualitätsgerecht zu fertigen, bedarf es eines umfassenden technischen Know-hows und effizienter Verfahren. Hochenergetische, moderne Fügeverfahren, wie das Laserstrahlschweißen sind auf dem Weg, den Stahlbau in den nächsten Jahren zu revolutionieren.

Dieses Ziel verfolgte ein in den vergangenen 2,5 Jahren durchgeführtes Forschungsprojekt zum verzugs- und energiearmen Laserstrahlschweißen für dickwandige Stahlbaustrukturen. Unter Führung des Fraunhofer IWS und mit drei mittelständischen Unternehmen wurde das von dem sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr geförderte





1

Projekt erfolgreich umgesetzt. Neu ist der für den Stahlbau ganzheitliche Forschungsansatz, bei dem eine thermische Verzugssimulation die Entwicklung des Laserstrahlschweißprozesses unterstützt. Am Beispiel eines vier Meter langen, vollständig lasergeschweißten Kranemonstrators zeigte sich das Potenzial des neuen Schweißverfahrens. Für den beteiligten mittelständischen Stahlbaubetrieb prüften die beteiligten Partner auf diesem Weg zielgerichtet potenzielle Einsatzszenarien. Im Stahlbau kennzeichnen aufwendige Produktionsschritte und mehrheitlich manuelle Einzelprozesse wie Metall-Schutzgas-Schweißen (MSG), Unterpulver-Schweißen (UP) und intensive Richtprozesse die gegenwärtige Wertschöpfungskette. Die Forschungsergebnisse des Projektteams zeigen, dass sich bei lasergerechter Konstruktion ein kastenförmiges Hallenkranssegment mit Eck- und Stumpfstoßschweißverbindungen bis 30 Millimeter Blechdicke verzugsarm mit dem Laser schweißen lässt. Das weiterentwickelte Laser-Mehrlagen-Engspalt-Schweißen (MES) verbindet die Blechquerschnitte dabei vollständig von einer Seite, sodass ein aufwendiges Drehen der Bauteile im Zusammenbau entfallen kann. Ein weiterer Vorteil: Das weitverbreitete Plasmaschneidverfahren kann weiterhin für den Zuschnitt der Blechhalbzeuge zum Einsatz kommen. Der verfahrensbedingt geringe Öffnungswinkel der Nahtvorbereitung von zwölf Grad sorgt zudem für ein kleines Nahtvolumen und damit für deutlich reduzierten Zusatzwerkstoffeinsatz sowie ein Minimum an Wärmeeinbringung und Bauteilverzug. Im Vergleich zum konventionell geschweißten Kransegment können damit kostenintensive Richtprozesse weitgehend entfallen. Ein moderner Diodenlaser mittlerer Leistung (maximal zehn Kilowatt) erlaubt das sichere Schweißen mit Zusatzdraht. Die neu entwickelte, direkt am Schweißkopf befestigte Laserschutzeinrichtung sorgt für ausreichende Arbeitssicherheit, auch im Stahlbaubetrieb. Teure Zusatzeinrichtungen, wie feststehende Wände oder die vollständige Einhausung des Schweißbereichs, werden sich zukünftig weitgehend vermeiden lassen. Die Wirtschaftlichkeit des Laserprozesses ist aufgrund kürzerer Schweißzeiten und des Entfalls der Richtarbeiten deutlich höher als bei konventionellen Schweißverfahren.

joints up to 30 millimeters thick can be laser-welded with low distortion. The advanced laser multi-pass narrow-gap welding (MPNG) process completely joins the sheet cross-sections from one side, avoiding time-consuming component turning during assembly. A further advantage here involves the fact that the widely used plasma cutting process can be further employed to cut the semi-finished sheet to size. The process-related low opening angle of the seam preparation of twelve degrees also ensures a small seam volume and thus significantly reduces filler material as well as heat input and component distortion. Compared to conventionally welded crane segments, cost-intensive straightening processes are mainly avoided. A modern medium-power diode laser (maximum ten kilowatts) permits safe welding with filler wire. The newly developed laser protection device, mounted directly on the welding head, ensures adequate work safety, even in steel construction operations. Expensive additional equipment, such as fixed walls or complete enclosure of the welding area, can be largely avoided in the future. The cost-effectiveness of the laser process is significantly higher compared to conventional welding methods due to shorter welding times and the fact that straightening work is no longer required.

1 Completely laser-welded, four-meter-long overhead crane demonstrator with low distortion and energy consumption.

This project was funded by Saxony's State Ministry of Economic Affairs, Labor and Transport. Grant number: 100284836



CONTACT

Dr. Dirk Dittrich
 Laser Beam Welding
 +49 351 83391-3228
dirk.dittrich@iws.fraunhofer.de



SIMULATION UND FERTIGUNG HAND IN HAND

SIMULATION AND MANUFACTURING WORKING CLOSELY TOGETHER

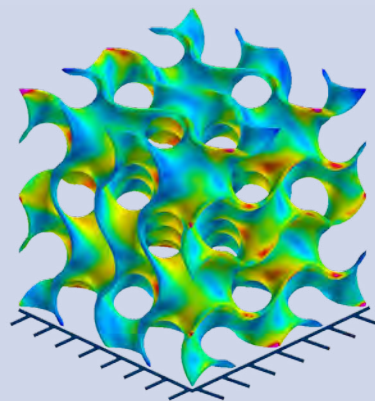
In the course of the digital revolution, numerical simulation and calculation methods are taking on a decisive role in all product lifecycle stages. In order to develop structurally relevant products for the automotive and aerospace industries as well as for medical and energy technologies, it is necessary to have a holistic strategy with particularly close inter-linking between the virtual and the real world.

Product developments within structural mechanical applications are currently hardly imaginable without numerical simulations. The simulation results' quality strongly depends on understanding the material- and process-specific parameters. With this intention, the newly founded group Component Design and Special Technologies at Fraunhofer IWS focuses on a particularly close link between simulation, process development and component testing in order to develop tailored all-in-one solutions for tomorrow's industry. The close cooperation with process development and materials engineering experts makes possible the generation and analysis of realistic simulation models. The research field concentrates on efficient joining technologies for metallic and non-metallic hybrid structures, such as laser beam and friction stir welding, magnetic pulse joining, structural adhesive bonding, direct thermal joining, and a wide range of innovative additive manufacturing technologies. In addition, the ecological use of resources represents a further priority in the development of future-proof concepts and manufacturing technologies. The addressed sectors are automotive, aerospace, medical, mechanical engineering as well as energy and environment.

Im Zuge der digitalen Revolution nehmen numerische Simulations- und Berechnungsmethoden eine entscheidende Rolle in allen Phasen des Produktlebenszyklus ein. Um strukturelevante Produkte der Zukunft für den Automobilbau und die Luftfahrt sowie für die Medizin- und Energietechnik zu entwickeln, bedarf es einer ganzheitlichen Strategie mit besonders enger Verzahnung zwischen virtueller und realer Welt.

Produktentwicklungen im Kontext strukturmechanischer Anwendungen sind ohne numerische Simulationen aktuell kaum noch vorstellbar. Die Qualität der Simulationsergebnisse hängt dabei besonders stark von den Kenntnissen über die werkstoff- und verfahrensspezifischen Randbedingungen ab. Mit dieser Intention zielt die am Fraunhofer IWS neu gegründete Gruppe Auslegung und Sonderverfahren auf eine besonders

Simulations enable the optimal design of scaffold structures



Stress distribution of a compression-loaded TPMS scaffold structure (Schoen Gyroid Shell 2x2x2 cell arrangement).



1



2

enge Verzahnung zwischen Simulation, Prozessentwicklung und Bauteilprüfung ab, um maßgeschneiderte Komplettlösungen für die Industrie der Zukunft zu entwickeln. Die enge Zusammenarbeit mit der Verfahrensentwicklung und dem werkstofftechnischen Kompetenzfeld ermöglicht es, realitätsnahe Simulationsmodelle zu erzeugen und zu analysieren. Im Fokus des Tätigkeitsfelds stehen effiziente Fügeverfahren für metallische und nichtmetallische Mischbaustrukturen, wie das Laserstrahl- und Rührreißschweißen, das Magnetspulfügen, das strukturelle Kleben, das thermische Direktfügen und eine breite Palette innovativer additiver Fertigungstechnologien. Zusätzlich stellt der ökologische Ressourceneinsatz einen weiteren Schwerpunkt bei der Entwicklung zukunftsfähiger Konzepte und Fertigungstechnologien dar. Die adressierten Branchen sind der Automobilbau, die Luftfahrt, die Medizin, der Maschinenbau sowie Energie und Umwelt. Anwendungsseitige Schwerpunkte für die verzahnte Zusammenarbeit zwischen Simulation und Fertigung sind:

- Entwickeln, Herstellen und Prüfen lasergeschweißter Antriebskomponenten für automobile Elektro- und Verbrennungsmotoren sowie für Luftfahrtanwendungen
- Ganzheitliches Bearbeiten von Fügeaufgaben für stoff- und formschlüssige Verbindungen zwischen konventionell schwer schweißbaren sowie zwischen verschiedenartigen Werkstoffen mittels Rührreißschweißens (Friction Stir Welding, FSW) und Magnetspulfügens (Magnetic Pulse Welding, MPW)
- Numerisches Berechnen und Auslegen additiv gefertigter Knochenimplantate mit optimierter Biomechanik und -kompatibilität auf Basis des Gestaltungsprinzips der dreifach-periodischen Minimalflächen (TPMS)
- Ganzheitliches Entwickeln von prozess-, werkstoff- und beanspruchungsgerechten Konstruktionslösungen für Leichtbau-Karosseriestrukturen bis hin zu geschweißten Großkomponenten für den Stahlbau und den Energiesektor

Application-related focal points for the close cooperation between simulation and manufacturing are:

- Development, manufacturing and testing of laser-welded powertrain components for automotive electric and combustion engines as well as for aerospace applications
- Holistic processing of joining tasks for material and form-fit joints between conventionally difficult-to-weld and between different materials by means of friction stir welding (FSW) and magnetic pulse welding (MPW)
- Numerical simulation and design of additively manufactured bone implants featuring optimized biomechanics performance and biocompatibility based on the triple-periodic minimal surface (TPMS) principle
- Holistic development of process-, material- and stress-optimized design solutions for lightweight body structures all the way to large welded components for steel construction and the energy sector

1 Solving complex friction stir welding and laser welding tasks on the multifunctional "Pentapod" system.

2 Simulations enable precise predictions of process and product properties in the joining workflow.

CONTACT

Dr. Markus Wagner
Design and Special Processes

+49 351 83391-3536

markus.wagner@iws.fraunhofer.de



LASERABTRAGEN UND -TRENNEN

LASER ABLATION AND CUTTING

Technology Field Manager

Dr. Andreas Wetzig

+49 351 83391-3229

andreas.wetzig@iws.fraunhofer.de

Division Manager High Speed Laser Processing

Group Manager

Laser Cutting of Non-Metals (temp.)

Dr. Jan Hauptmann

+49 351 83391-3236

jan.hauptmann@iws.fraunhofer.de



Group Manager Laser Cutting

Dr. Patrick Herwig

+49 351 83391-3199

patrick.herwig@iws.fraunhofer.de



Group Manager Process Design and Analysis

Dr. Achim Mahrle

+49 351 83391-3407

achim.mahrle@iws.fraunhofer.de



Group Manager Laser Systems Engineering

Dipl.-Ing. Peter Rauscher

+49 351 83391-3012

peter.rauscher@iws.fraunhofer.de



THE TECHNOLOGY FIELD

Highly specialized and creative – the Laser Ablation and Cutting technology field addresses all requirements for which the market does not offer suitable solutions. The scientists research and develop processes and systems technology related to lasers. Process design and analysis complete the portfolio to guarantee the efficient use of the developed solutions. A broad range of established laser sources with various wavelengths, power and beam quality is available at Fraunhofer IWS. The researchers focus both on metallic and non-metallic materials. However, they also have comprehensive expertise in processing soft magnetic materials. Cutting speed, edge quality, contouring accuracy and cycle time optimization are crucial parameters. The team employs techniques that include laser fusion cutting, oxygen cutting and remote laser cutting, as well as drilling, ablation and high-speed processing with high-power lasers.

DAS TECHNOLOGIEFELD

Hochspezialisiert und kreativ – das Technologiefeld Laserabtragen und -trennen kommt bei allen Anforderungen ins Spiel, für die der Markt keine passenden Lösungen bereithält. Die Wissenschaftler erforschen und entwickeln Verfahren und Systemtechnik rund um den Laser. Für den effizienten Einsatz der entwickelten Lösungen runden Prozessauslegung und -analyse das Portfolio ab. Dem Fraunhofer IWS steht eine breite Spanne gängiger Laserquellen unterschiedlicher Wellenlängen, Leistungen und Strahlqualitäten zur Verfügung. Die Forscher fokussieren sich sowohl auf metallische als auch nichtmetallische Werkstoffe. Darüber hinaus verfügen sie über umfassendes Fachwissen hinsichtlich der Bearbeitung weichmagnetischer Werkstoffe. Im Fokus stehen Schnittgeschwindigkeit, Kantenqualität, Konturgenauigkeit und Taktzeitoptimierung. Zum Einsatz kommen Verfahren wie das Schmelz-, Brenn- und Remoteschneiden sowie das Bohren, Abtragen und das Hochgeschwindigkeitsbehandeln mit hohen Laserleistungen.



1

250 μm

HIGHLIGHT

Dynamische Strahlformung zur Optimierung des Laserschneidens

Als Alternative für die statische Strahlformung entwickelte das Fraunhofer IWS die Methode der schnellen Strahloszillation – die Dynamische Strahlformung (Dynamic Beam Shaping). Laserschneiden gilt als kosteneffiziente Technologie zum Flachbetschneiden von Metallen bis 15 Millimeter Dicke. Seit Einführung der Hochleistungsfaserlaser vor zehn Jahren hat sich die Zahl der weltweit jährlich verkauften Laserschneidmaschinen mehr als verdoppelt. Trotzdem bestehen noch Herausforderungen beim Schneiden von Dickblech hinsichtlich Prozesseffizienz und Schnittkantenqualität. Kommerzielle Anlagenkonzepte versuchen, die verfügbare Laserleistung mithilfe einer statischen Strahlformung möglichst optimal für den Schneidprozess zu nutzen, wobei eine Steigerung der Schnittqualität meist zu Lasten der Vorschubgeschwindigkeit geht. Das Dynamic Beam Shaping lenkt den Laserstrahl bei der 2D-Strahloszillation mithilfe zweier Scannerspiegel mit Frequenzen bis zu vier Kilohertz in x- und y-Richtung ab. Eine vom Fraunhofer IWS entwickelte Software erlaubt ein großes Spektrum von Energieverteilungen, die sich an die jeweilige Bearbeitungsaufgabe anpassen lassen. Gegenüber dem sogenannten Qualitätsschnitt ohne Strahloszillation vermeidet das Verfahren beispielsweise beim Schneiden von zehn Millimeter dickem Chrom-Nickel-Stahl die Gratbildung weitestgehend, während sich die Schneidgeschwindigkeit verdoppelt. Beim Laserschneiden von Baustahl ergeben sich durch die schnelle Strahloszillation ähnliche Vorteile. Aktuelle Forschungen konzentrieren sich auf die Entwicklung von Oszillationsstrategien entlang der Ausbreitungsachse des Strahls in z-Richtung sowie auf die Entwicklung neuartiger Konzepte, wie etwa Einspiegellösungen. Ein führender Schneidmaschinenhersteller integrierte die dynamische Strahlformung im Jahr 2019 erstmalig in eines seiner neusten Modelle.

HIGHLIGHT

Dynamic beam shaping for optimized laser cutting

Fraunhofer IWS has developed the new fast beam oscillation technique – Dynamic Beam Shaping – as an alternative to static beam shaping. Laser cutting is known as a cost-efficient technology for metal sheets of up to 15 millimeters thickness. The number of laser cutting systems sold annually worldwide has more than doubled since the introduction of high-power fiber lasers ten years ago. Nevertheless, challenges still exist for cutting thick sheet metal in terms of process efficiency and cut edge quality. Commercial system concepts try to use the available laser power optimally if possible for the cutting process by means of static beam shaping, however with an increase in cut quality usually at the expense of the feed rate. Dynamic Beam Shaping deflects the laser beam in the x- and y-direction during 2D beam oscillation by means of two scanner mirrors with frequencies of up to four kilohertz. A software developed by Fraunhofer IWS allows a wide range of energy distributions adaptable to the respective processing task. Compared to the quality cut without beam oscillation, this process, for instance, avoids burr formation to a large extent and doubles the processing speed when cutting ten-millimeter-thick stainless steel. Similar advantages result from the fast beam oscillation for laser cutting of mild steel. Current research focuses on the development of oscillation strategies along the beam's axis of propagation in the z-direction and on the development of novel concepts such as single-mirror solutions. In 2019, a leading cutting machine manufacturer integrated dynamic beam shaping into one of its latest models for the first time.

1 Flexible "Dynamic Beam Shaping" allows variable adjustment of the cutting kerf width via z-oscillation, e.g. for complex cutting contours.

OPTISCHE SIMULATIONEN ZUR STRAHL-OSZILLATION BEIM LASERSCHNEIDEN

OPTICAL SIMULATION OF BEAM OSCILLATION DURING LASER CUTTING

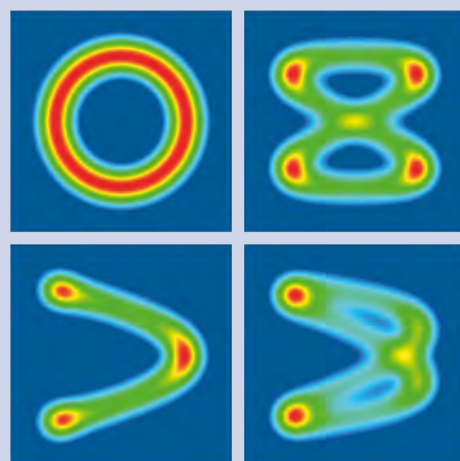
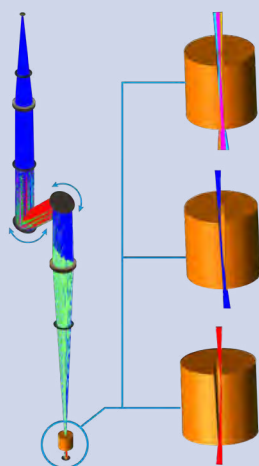
The optimization of laser materials processing is one of Fraunhofer IWS' core areas of expertise. The scientists aim to improve the processing results with high-frequency beam deflection within the process zone. In this context, a multitude of system engineering solutions for different processes has already been developed. The key to optimal implementation, however, lies in gaining a fundamental understanding of the interaction mechanisms.

Beam intensity, interaction time and material characteristics all play a crucial role in laser materials processing. For a conventional static beam, the optical setup, the applied

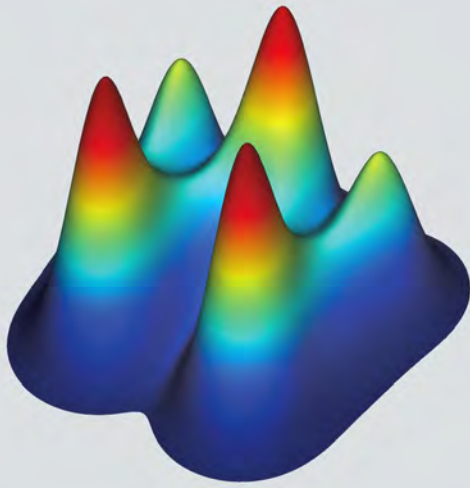
Prozesse der Lasermaterialbearbeitung zu optimieren, gehört zu den Kernkompetenzen des Fraunhofer IWS. Ziel ist es, die Bearbeitungsergebnisse mit hochfrequenten Strahlablenkungen innerhalb der Prozesszone zu verbessern. Dabei entstand bereits eine Vielzahl systemtechnischer Lösungen für verschiedene Verfahren. Der Schlüssel zur optimalen Umsetzung liegt in einem grundlegenden Verständnis der Wirkzusammenhänge.

Die Strahlintensität, die Wechselwirkungszeit und die Materialkennwerte spielen in der Lasermaterialbearbeitung eine entscheidende Rolle. Bei einem konventionellen statischen Strahl definieren das optische Setup, die applizierte Leistung und die

Optical setup for beam oscillation



Computed energy flux distributions for different oscillation patterns.



1

Fokuslage die wirksame Intensität. Die Spotgröße und die Bearbeitungsgeschwindigkeit bestimmen die Wechselwirkungszeit. Jedoch führen die adressierbaren Parameterkonstellationen für einen gegebenen Werkstoff nicht immer zum gewünschten Bearbeitungsergebnis. Abhilfe schaffen dynamische Lösungsansätze mit oszillierenden Strahlen. Aus physikalischer Sicht führt der periodisch ausgelenkte Strahl zu einer Umverteilung der werkstoffseitigen Energiedeposition. In der Folge können optimale Parametereinstellungen die Bearbeitungsergebnisse verbessern. Für den Anwendungsfall des Schmelzscheidens wiesen Forscher am Fraunhofer IWS beispielsweise höhere Bearbeitungsgeschwindigkeiten und höherwertige Schnittkanten mit hochfokussierten oszillierenden Strahlen nach.

Optische Simulationen visualisieren Strahlbewegung

Für das Verständnis der Wirkzusammenhänge ist es bedeutsam, die Strahlbewegung innerhalb der Prozesszone abbilden zu können. Optische Simulationen ermöglichen die Visualisierung der Strahlbewegung im Frontbereich des Schnittspalts. Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass die obere Schnittspaltbreite mit der umhüllenden Strahlkaustik des oszillierenden Strahls korreliert. Im Schnittspalt selbst führen variierende Auslenkwinkel zur Bestrahlung unterschiedlicher Regionen. Die hohe Strahlintensität ermöglicht lokal hohe Schmelzraten. Andererseits gewährleisten die Wissenschaftler adäquate schneidgasinduzierte Austriebsraten, indem sie die Schnittspaltgeometrie anpassen. Auf diese Weise lassen sich mit einem oszillierenden Strahl bei kleinen Fokusabmessungen und kleiner Rayleighlänge gute Schneidergebnisse erzielen.

power and the focus position define the effective intensity. The spot size and processing speed determine the interaction time. However, the addressable parameter constellations for a given material do not always lead to the desired processing result. Dynamic approaches with oscillating beams offer a solution. From a physical point of view, the periodically deflected beam results in a redistribution of the energy deposition on the material side. Consequently, optimal parameter settings can improve the machining results. For fusion cutting applications, Fraunhofer IWS researchers have demonstrated higher processing speeds and higher quality cut edges with highly focused oscillating beams.

Optical simulations visualize beam movement

Imaging the beam movement within the process zone yields a better understanding of the underlying mechanisms. Optical simulations enable beam movement visualization in the front area of the kerf. Results indicate that the upper kerf width correlates with the enveloping beam caustic of the oscillating beam. In the kerf itself, varying deflection angles result in irradiation of different regions. The high beam intensity allows locally high melting rates. On the other hand, the scientists ensure adequate cutting gas-induced melt removal rates by adjusting the kerf geometry. Thus, excellent cutting results can be achieved with an oscillating beam at small focus dimensions and small Rayleigh length.

1 Simulated energy density distribution for an oscillating beam.

CONTACT

Dr. Achim Mahrle
 Process Design and Analysis
 +49 351 83391-3407
achim.mahrle@iws.fraunhofer.de



LASERLÄNGSTRENNEN VON BANDMATERIAL

LASER SLITTING OF COIL MATERIAL





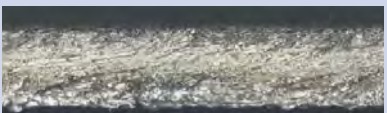

Metal coils are semi-finished products frequently used in industry. In the first manufacturing step, they are usually cut to specific widths. Challenges arise during established mechanical processes, especially when cutting hard as well as soft material. Laser cutting provides a suitable alternative to these challenges.

In laser fusion cutting, there is no mechanical contact between the tool and the workpiece. As a result, the process is insensitive to the hardness of the material to be cut and also wear-free. The method defines its cutting performance via absorption behavior, specific melting temperature and thermal conductivity of the component to be cut. Due to the scalability of the laser power, the laser system's motion dynamics currently limit the achievable process speed. However, in laser slitting, the motion dynamics are no longer limiting factors. A test system developed at Fraunhofer IWS now virtually eliminates the feed rate limits and thus enables

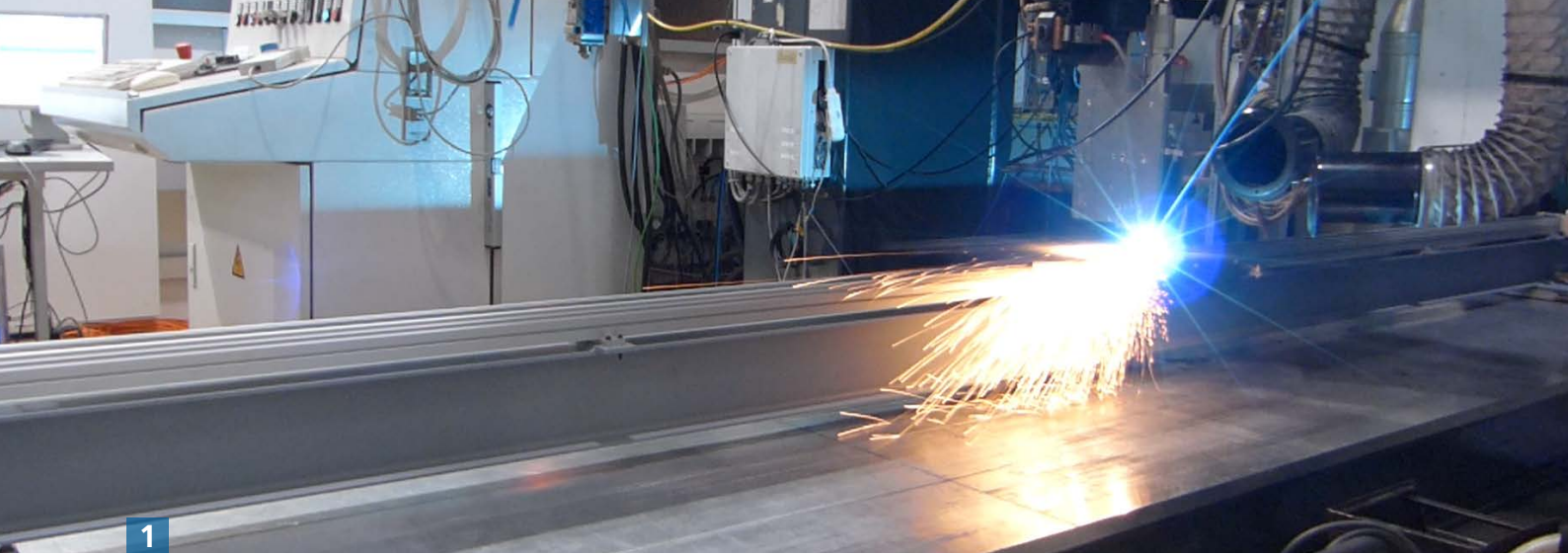
Metallbänder sind industriell verbreitete Halbzeuge. Im ersten Verarbeitungsschritt werden diese zumeist längsgeteilt. Im Prozess des etablierten mechanischen Trennens entstehen Herausforderungen besonders beim Bearbeiten von hartem sowie weichem Material. Das Laserschneiden stellt eine passende Alternative dar.

Beim Verfahren des Laserschmelzschneidens besteht kein mechanischer Kontakt zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück. Deshalb ist es gegenüber der Werkstoffhärte des zu trennenden Materials unempfindlich und zudem verschleißfrei. Das Verfahren definiert seine Schneidleistung über Absorptionsverhalten, spezifische Schmelztemperatur und Wärmeleitfähigkeit des zu trennenden Materials. Aufgrund der Skalierbarkeit der Laserleistung begrenzt aktuell die Bewegungsdynamik der Laseranlage die erzielbare Prozessgeschwindigkeit. Im Fall des Laserlängstrennens entfällt die Bewegungsdynamik als limitierendes Element. Ein am Fraunhofer IWS entwickelter Versuchsstand setzt nun der Vorschubgeschwindigkeit fast

Cutting results for 300-µm-thick electrical sheet with different optics configurations and laser powers

250 µm	Optical setup 1	Optical setup 2	Optical setup 3
2 kW	 200 m/min	 180 m/min	 230 m/min
5 kW	 320 m/min	 400 m/min	 430 m/min

Depending on the selected optical setup and laser power, different cutting speeds and cut qualities can be achieved.



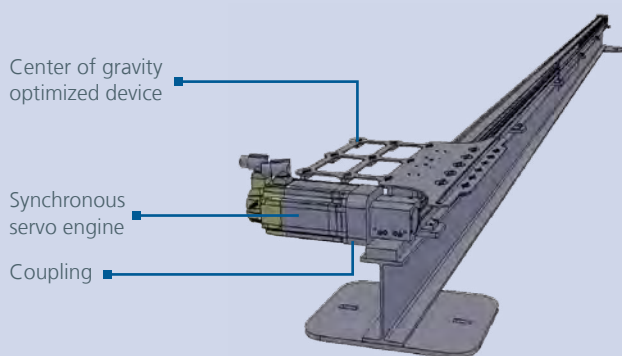
1

keine Grenzen mehr und ermöglicht somit Untersuchungen zum Laserlängstrennen mit hohen Vorschubgeschwindigkeiten. Er ist flexibel gegenüber der genutzten Laserquelle, Optik-Konfiguration sowie dem zu schneidenden Material und bietet die Möglichkeit von Hochgeschwindigkeitsaufzeichnungen des Schneidprozesses, um eine individuelle Prozessauslegung zu unterstützen. Im Rahmen von Prozessstudien trennte das Fraunhofer IWS kornorientiertes Elektroblech von 230 Mikrometern Dicke mit einer Geschwindigkeit von bis zu 500 Metern pro Minute in Serienqualität. Es gelang, die bislang bestehenden Grenzen so zu verschieben, dass nun das Schmelzaustriebsvermögen als neues begrenzendes Element gilt. Hochgeschwindigkeitsaufnahmen des Schmelzaustriebs ermöglichen wichtige Erkenntnisse bezüglich des Düsendesigns, um den Prozess serientauglich zu gestalten. Die Experimentierumgebung eignet sich dazu, Laserlängsteilanlagen für verschiedenste Materialien ohne aufwendigen Aufbau einem »Proof of Concept« zu unterziehen.

investigations of slitting at high feed rates. The system is flexible with respect to the laser source and optical configuration as well as to the material to be cut. It offers high-speed cutting process recordings to allow individual process design. In process studies, Fraunhofer IWS has cut grain-oriented electrical sheets, 230 micrometers thick, at speeds of up to 500 meters per minute in series quality. The scientists succeeded in shifting the previously existing limits in such a way that now the melt fusion capacity is the new limiting element. High-speed recordings of the melt output allow important insights regarding the nozzle design in order to develop the process ready for series production. The experimental setting is suited for performing a proof-of-concept on longitudinal laser cutting systems for a wide range of materials without the need for their complex setup.

1 *The laser cut generated at 500 meters per minute matches the quality that can be achieved mechanically. As a non-contact programmable tool, the laser is wear-free and highly flexible in terms of task adaptation.*

Structure of the cutting line



The system design is modular and achieves feed rates of up to 600m/min according to the "moving workpiece" concept.

CONTACT

Dr. Patrick Herwig

Laser Cutting

+49 351 83391-3199

patrick.herwig@iws.fraunhofer.de



ZELLULARE SCANNERSPIEGEL FÜR DIE SCHNELLE STRAHLABLENKUNG

CELLULAR SCANNER MIRRORS FOR FAST BEAM DEFLECTION

High-power lasers enable fast remote cutting and welding. Large working areas and maximum beam intensity on the workpiece require scanner systems with large apertures. These large deflection mirrors currently limit a further increase in dynamic behavior. An IWS research team has now developed cost-effective scanner mirrors with a weight-saving and yet stiff support structure.

Maximum possible dynamics for large beam apertures beyond 50 millimeters and avoidance of toxic materials – these are the objectives of the project “Scanner mirror with support structure based on cellular metallic materials”. An additional challenge is to achieve at least equivalent or better properties in weight and mechanics compared to mirrors made of aluminum, silicon carbide and beryllium. At the same time, the costs should not exceed those of silicon carbide (SiC) mirrors available on the market. Together with the Dresden branch of the Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials IFAM, Fraunhofer IWS researchers have theoretically and practically investigated and evaluated three different cellular metallic materials:

- Open cell metallic foam
- Open cell metallic fiber structures
- Open cell screen printed structures

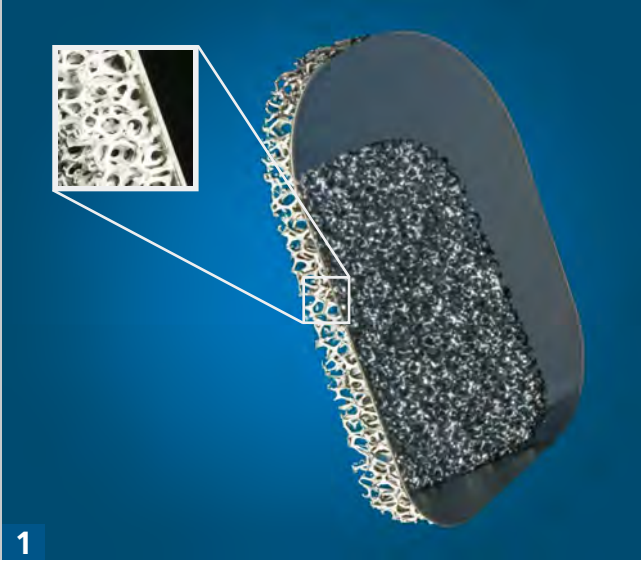
With regard to optical quality, the challenge was the reflective surface. The task was to optimize and develop alternative joining technologies for the interface of reflective elements (silicon single crystal wafer) and lightweight support structures made of cellular metallic materials.

Hochleistungslaser sorgen für schnelles Remote-Schneiden und Schweißen. Großflächige Arbeitsfelder und maximale Strahlintensität auf dem Werkstück erfordern Scannersysteme mit großer Apertur. Die dafür benötigten großen Ablenkspiegel limitieren aktuell eine weitere Steigerung des dynamischen Verhaltens. Ein IWS-Forscherteam entwickelte nun kostengünstige Scannerspiegel mit leichter und zugleich steifer Tragstruktur.

Höchstmögliche Dynamik für große Strahlaperturen jenseits von 50 Millimetern und Verzicht auf toxische Werkstoffe – darin liegt die Zielstellung des Projektvorhabens »Scannerspiegel-Tragstruktur auf Basis zellulärer metallischer Werkstoffe«. Eine zusätzliche Herausforderung besteht darin, mindestens äquivalente oder bessere Eigenschaften in Gewicht und Mechanik im Vergleich zu Spiegeln aus Aluminium, Siliziumkarbid und Beryllium zu erreichen. Gleichzeitig sollen die Kosten diejenigen der am Markt verfügbaren Siliziumkarbid-Spiegel (SiC) nicht überschreiten. Gemeinsam mit dem Dresdner Institutsteil des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM untersuchten und bewerteten Forschende des Fraunhofer IWS theoretisch und praktisch drei zelluläre metallische Werkstoffe (ZMW):

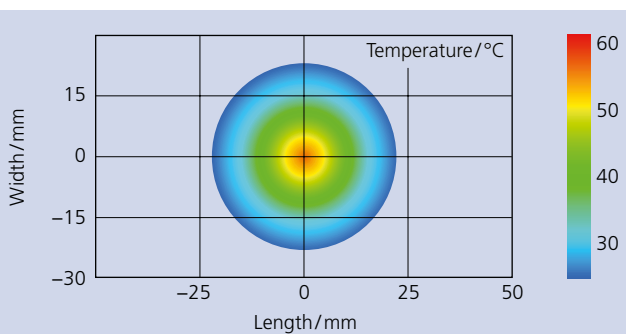
- Offenzelliger metallischer Schaum
- Offenzellige metallische Faser-Strukturen
- Offenzellige siebgedruckte Strukturen

Bezüglich der optischen Güte bestand die Herausforderung in der reflektierenden Oberfläche. Alternative Fügetechnologien für die Verbindung von Reflektiv-Element (Silizium-Einkristall-Wafer) und Leichtbau-ZMW-Tragstrukturen galt es zu optimie-



1

ren bzw. zu entwickeln. Dabei untersuchten die Forschenden den Einsatz der Reaktionsschicht-Lot-Technik zum Fügen eines Silizium-Einkristall-Wafers direkt auf die zelluläre Struktur. Die Scannerspiegel wiegen in etwa so viel wie das derzeit beste massive, aber toxische Referenzmaterial Beryllium. Die praktisch erreichten spezifischen Biegesteifigkeiten fallen niedriger aus als die theoretisch ermittelten, was das Forschungsteam auf die komplexen Eigenschaftsbeziehungen der ZMW zurückführt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sollten sich Werte erreichen lassen, die sich auf dem Niveau des zweitbesten Referenzmaterials Siliziumkarbid bewegen könnten. Preislich werden die ZMW-Scannerspiegel günstiger als Beryllium- und Siliziumkarbid-Scannerspiegel sein. Mit entsprechender Prozess- und weiterer Struktur-Optimierung erwarten Fraunhofer IWS und IFAM konkurrenzfähige Scannerspiegel-Alternativen zu Siliziumkarbid bzw. Beryllium innerhalb von einem bis zwei Jahren. Neben den Spiegeln selbst gewannen sie wertvolle Erkenntnisse im Hinblick auf den Fügeprozess mit reaktiven Multischicht-Systemen und die optimierte Kühlung von Scannerspiegeln für Hochleistungslaserprozesse. Interessierten Anwendern können sie nun Prototypen zur Prüfung und Charakterisierung zur Verfügung stellen. Daraus lassen sich angepasste und individuelle Lösungen für spezifische Kundenanforderungen entwickeln, die auf den vorgestellten Werkstoffsystemen aus metallisch-zellularem Träger und reaktiv gefügtem Spiegelement basieren. So lässt sich das volle Potenzial der neuartigen Laserscanner entfalten.



Temperature distribution at mirror surface due to laser beam exposure with 3,000 watts, 20 millimeter beam diameter and 99.5 percent mirror reflectivity.

The researchers studied the use of the reaction layer solder technique for joining a silicon single crystal wafer directly to the cellular structure. The scanner mirrors are about the same weight as beryllium, the currently best massive but toxic reference material. The specific bending stiffnesses achieved in practice are lower than those theoretically determined, a fact which the team of scientists attributes to the complex property relationships of cellular metallic materials. With high probability, values should be achievable equivalent to those of the second-best reference material, silicon carbide. In terms of price, scanner mirrors made of cellular metallic materials will be more cost-effective than beryllium and silicon carbide scanner mirrors. With appropriate process and further structural optimization Fraunhofer IWS and IFAM are expecting competitive scanner mirror alternatives to silicon carbide or beryllium within one to two years. The researchers not only gained valuable insights into the mirrors themselves, but also into the joining process with reactive multilayer systems and the optimized cooling of scanner mirrors for high-power laser processes. They can now provide prototypes to interested users for testing and characterization. These can be used to develop adapted and individual solutions for specific customer requirements based on material systems consisting of a metallic cellular carrier and on a reactively joined mirror element. In this way, the full potential of the novel laser scanners can be developed.

1 A novel scanner mirror features a cellular metallic support structure and an RMS-attached mirror substrate.

CONTACT

Dr. Jan Hauptmann
High Speed Laser Processing
+49 351 83391-3236
jan.hauptmann@iws.fraunhofer.de



MIKROTECHNIK

MICROTECHNOLOGY

Technology Field Manager

Prof. Dr. Udo Klotzbach

+49 351 83391-3252

udo.klotzbach@iws.fraunhofer.de



Group Manager Micro Materials Processing

Dipl.-Ing. Volker Franke

+49 351 83391-3254

volker.franke@iws.fraunhofer.de



Group Manager Surface Functionalization

Dr. Tim Kunze

+49 351 83391-3661

tim.kunze@iws.fraunhofer.de



Group Manager Micro- and Biosystems Engineering

Dr. Frank Sonntag

+49 351 83391-3259

frank.sonntag@iws.fraunhofer.de

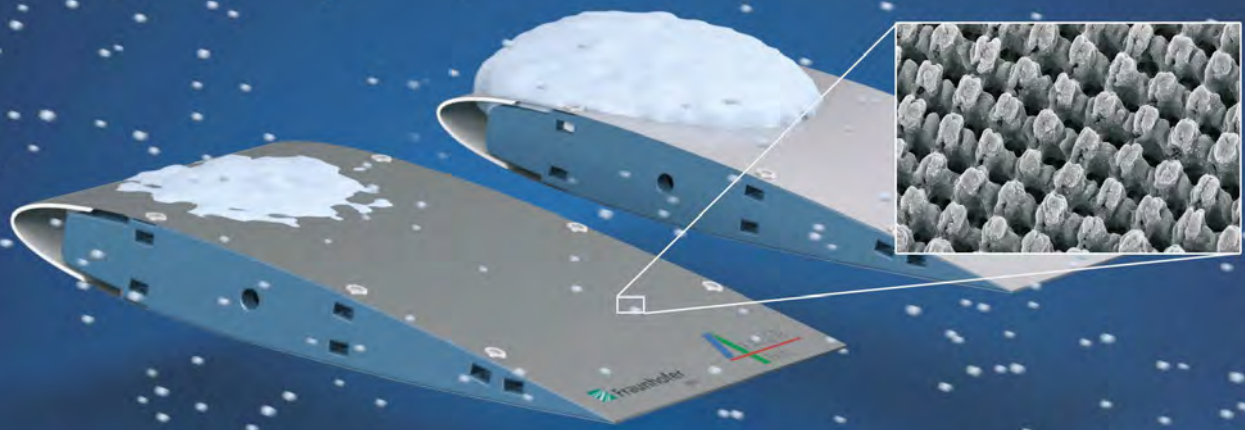


THE TECHNOLOGY FIELD

The Microtechnology technology field concentrates its research on laser micromachining to produce structures smaller than 100 micrometer in size. Researchers are studying and developing surfaces whose functionalities resemble e. g. those of lotus leaves or sharkskin. The miniaturization trend in electronics, semiconductor manufacturing and biomedical engineering calls for ever smaller and more exact structures for a wide variety of materials and components. Fraunhofer IWS supports its customers and partners by providing laser microprocessing technology. The Microtechnology technology field's services address product-oriented users requiring solutions for highly specialized questions which can only be answered with systemic materials knowledge and corresponding laser parameters. To this end, the technology field offers direct laser interference patterning (DLIP), now ready for industrial use. Microtechnology is a pioneering area in "embedded systems" and machine learning: collecting, analyzing and optimizing acoustic and visual data with regard to process speed – this is what future users will benefit from.

DAS TECHNOLOGIEFELD

Auf Lasertechnik unter der Lupe hat sich das Technologiefeld Mikrotechnik spezialisiert. Die Wissenschaftler erforschen und entwickeln Oberflächen mit Funktionalitäten, die z. B. Lotusblättern oder der Haut von Haifischen ähneln. Denn die fortschreitende Miniaturisierung in Elektronik, Halbleiterfertigung und Biomedizintechnik erfordert immer kleinere und präzisere Strukturen für die unterschiedlichsten Materialien und Bauteile. Dies ermöglicht das Fraunhofer IWS mit der Technologie des Lasermikrobearbeitens. Das Angebot des Technologiefelds Mikrotechnik richtet sich an produktorientierte Anwender, die tiefgreifendes systemisches Wissen über den Werkstoff und die dafür notwendigen Laserparameter benötigen, um hochspezifische Fragestellungen zu beantworten. Dafür bietet das Technologiefeld das nunmehr industriereife Direkte Laserinterferenzstrukturieren (DLIP) an. Eine Vorreiterrolle übernimmt die Mikrotechnik beim Thema »Embedded Systems« und beim maschinellen Lernen: Akustische und visuelle Daten zu sammeln, auszuwerten und hinsichtlich der Prozessgeschwindigkeit zu optimieren – davon soll zukünftig der Anwender profitieren.



HIGHLIGHT

Anti-Icing: Flugzeuge schnell und umweltschonend enteisen

Das Fraunhofer IWS hat gemeinsam mit AIRBUS und der TU Dresden (TUD) ein Laserverfahren entwickelt, um das Anhaften von Eis an Flugzeugoberflächen zu minimieren. Mit dem direkten Laserinterferenzstrukturieren (DLIP) lassen sich komplexe Oberflächenstrukturen im Mikro- und Nanometermaßstab gestalten. Denn bereits dünne Frostschichten auf den Tragflächen oder an anderen neuralgischen Punkten beeinträchtigen die Funktionsfähigkeit des Flugzeugs. Aktuell müssen diese vor dem Start mit chemischen Mitteln von Schnee und Eis befreit werden. In der Luft sorgen zusätzliche Heizelemente für Prävention, erhöhen den Treibstoffverbrauch jedoch zusätzlich. Die Besonderheit des neuen Verfahrens: Die Forschenden kombinieren die DLIP-Technologie mit Ultrakurzpulslasern, sodass mehrstufige Mikrostrukturen auf 3D-Tragflächen in einem Einzschritt-Verfahren erzeugt werden. Teile des anhaftenden Eises lösen sich somit unter bestimmten Bedingungen von selbst von der Oberfläche ab, während die zum technischen Enteisen benötigte Heizleistung um bis zu 80 Prozent sinkt. Die Vorteile liegen u. a. darin, dass weniger umweltschädliche Enteisungsmittel erforderlich werden, sich die Wartezeit für die Fluggäste während der Enteisung reduziert und der Energie- sowie der Treibstoffverbrauch im Flugbetrieb sinken – ebenso wie das Fluggewicht infolge der potenziell kleineren Heizaggregate. Den an der TU Dresden durchgeführten Vorarbeiten auf ebenen Oberflächen folgten das Übertragen der optimierten Struktur auf ein 3D-Flügelprofil am Fraunhofer IWS und anschließend der Windkanaltest bei AIRBUS. Mit dem direkten Laserinterferenzstrukturieren per Kurz- und Ultrakurzpulslaser hat das Forscherteam eine Schlüsseltechnologie etabliert, die vielseitig einsetzbar ist, etwa wenn technische Oberflächen wie Windkraftanlagen oder andere Komponenten in kalten Regionen vereist sind. Sie eignet sich auch für weitere Anwendungen, wie den Produktschutz, biokompatible Implantate oder verbesserte elektrische Steckkontakte.

HIGHLIGHT

Anti-icing: Quick and eco-friendly deicing of aircraft

Fraunhofer IWS, together with AIRBUS and TU Dresden (TUD), has developed a laser process to minimize ice adhesion to aircraft surfaces. Direct laser interference patterning (DLIP) allows the design of complex surface structures on a micro- and nanometer scale. Even thin layers of ice on the wings or at other neuralgic points impair the functionality of the aircraft. Currently, snow and ice need to be removed by means of chemical agents before takeoff. Once in the air, additional heating elements ensure snow and ice prevention, however, they further increase fuel consumption. The special feature of the new process: The researchers use DLIP technology in combination with ultrashort pulse lasers to create multi-level microstructures on 3D airfoils in a one-step process. Under certain conditions, parts of the adhering ice thus detach themselves from the surface while the heating power required for technical deicing decreases by up to 80 percent. The advantages include a decreased use of environmentally harmful deicing agents, shorter waiting times for passengers during deicing, and lower energy and fuel consumption during flight operations as well as reduced flight weight thanks to potentially smaller heating units. The preliminary work on flat surfaces carried out at TU Dresden was subsequently matched by transferring the optimized structure to a 3D airfoil at Fraunhofer IWS and followed by the wind tunnel test at AIRBUS. With the direct laser interference patterning process using short and ultrashort pulse lasers, the research team has established a key technology that can be used in many ways, for example when technical surfaces such as wind turbines or other components freeze in cold climatic regions. It is also ideally suited for other applications such as product protection, biocompatible implants or improved electrical plug contacts.

PAPIER MIT CO-LASER KLEBEN

PAPER BONDING WITH CO LASERS

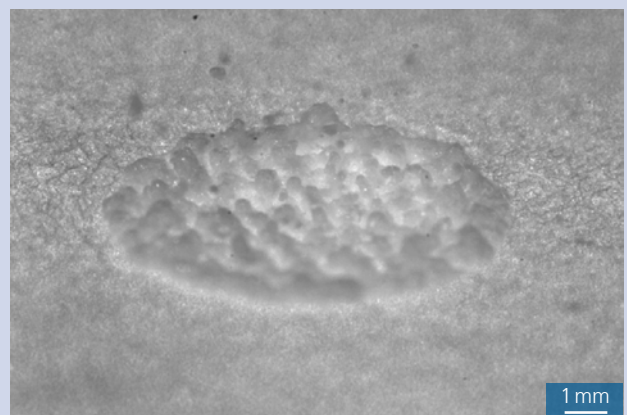
Fraunhofer IWS and Papiertechnische Stiftung PTS are jointly creating the basis for a binder-free paper joining process. They previously generated meltable reaction products by irradiating papers with a carbon monoxide laser (CO laser). The research team subsequently "bonded" two papers in a heat-sealing process.

Paper and its products have already survived throughout the centuries. A variety of binders and bonding processes have been established to join paper products. Adhesive bonding is the most common, due to its low production costs and high bonding strengths. However, with respect to increasing environmental awareness, adhesives show considerable disadvantages for recycling. Residual substances, requiring the use of environmentally harmful additional chemicals, increasingly produce waste. Reducing additives throughout the entire value chain has become the key to success. A binder-free joining process based on melting can offer a solution. Until now, conventional thermal technologies failed to join paper due to the lack of a suitable temperature between melting and pyrolytic decomposition. The high-energy, short pulses of a CO laser provide a remedy. On the one hand, the very high heating rates cause the material to decompose abruptly. On the other hand, the cellulose molecular groups, being the main component of the paper, are selectively and very particularly excited by the laser wavelength of 5.6 micrometers. Using a high-speed camera, Fraunhofer IWS now visualized the highly dynamic boiling of a liquid intermediate state. The applied heat decomposes this intermediate state to a large extent into gaseous substances. However, solidified reaction products also remain. Combining time-resolved measurements and infrared spectroscopic analysis optimized their quantity.

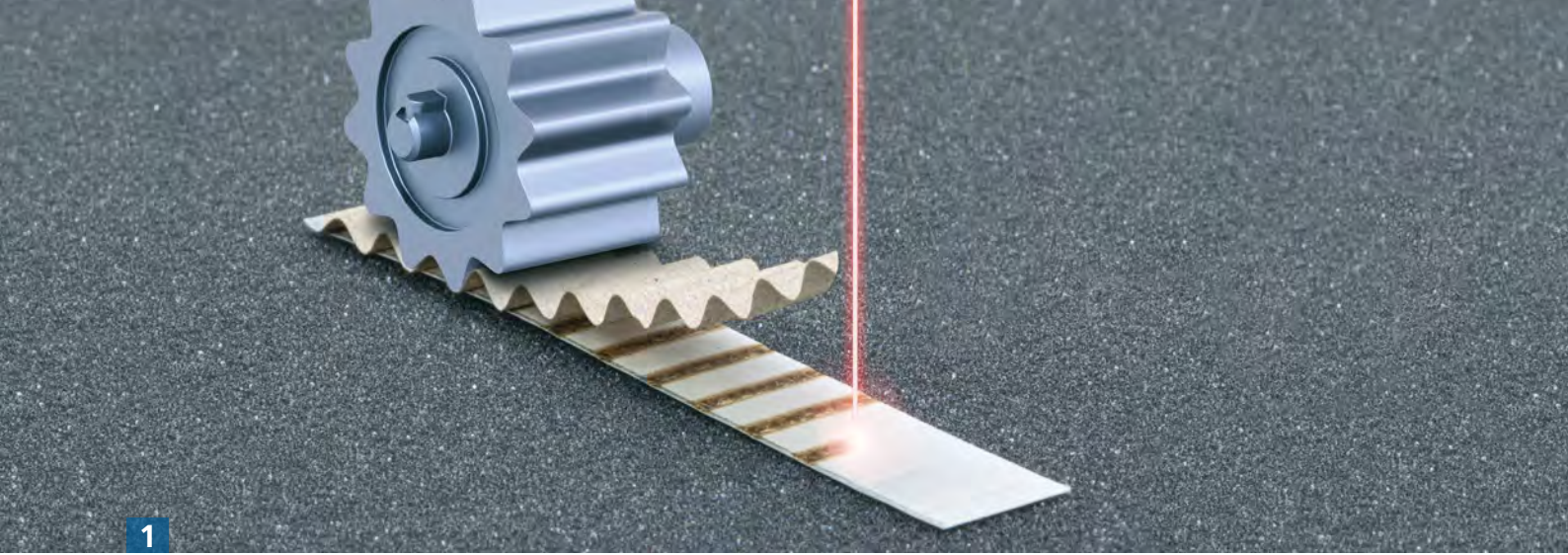
Das Fraunhofer IWS und die Papiertechnische Stiftung PTS schaffen gemeinsam die Grundlagen für einen bindemittelfreien Fügeprozess von Papier. Sie erzeugten bereits schmelzfähige Reaktionsprodukte, indem sie Papiere mit einem Kohlenstoffmonoxid-Laser (CO-Laser) bestrahlten. Anschließend »klebte« das Forscherteam in einem Heißsiegelverfahren zwei Papiere.

Das Papier und seine Erzeugnisse überdauern bereits die Jahrhunderte. Um Papierprodukte miteinander zu verbinden, hat sich eine Vielzahl an Bindemitteln und verbindenden Verfahren etabliert. Am häufigsten kommt das Kleben zum Einsatz, aufgrund seiner geringen Produktionskosten und hoher Verbindungskräfte. Im Hinblick auf ein steigendes Umweltbewusstsein weisen Klebstoffe beim Recycling jedoch erhebliche Nachteile auf. Es bildet sich vermehrt Ausschuss durch Restbestandteile, was den Einsatz zusätzlicher, umweltschädlicher Chemikalien erforderlich macht. Der Fokus der gesamten Wertschöpfungs-

Boiling state of liquid paper substrate



A high-speed image of the irradiation of a paper substrate with CO laser radiation reveals an intermediate liquid state.



1

ette liegt darin, Zusatzstoffe zu reduzieren. Ein bindemittel-
freies Fügeverfahren auf Basis des Schmelzens könnte dies
ermöglichen. Mit herkömmlichen thermischen Technologien
lässt sich Papier bislang deswegen nicht miteinander verschmel-
zen, da keine nutzbare Temperatur zwischen dem Schmelzen
und der pyrolytischen Zersetzung existiert. Abhilfe schaffen die
energiereichen, kurzen Pulse eines CO-Lasers. Einerseits sorgen
die sehr hohen Heizraten für eine schlagartige Zersetzung des
Materials. Andererseits werden die Molekülgruppen der Cellu-
lose als Papierhauptbestandteil durch die Laserwellenlänge von
5,6 Mikrometer selektiv und sehr gezielt angeregt. Mithilfe einer
Hochgeschwindigkeitskamera machte das Fraunhofer IWS nun
das hochdynamische Sieden eines flüssigen Zwischenzustands
sichtbar. Diesen zersetzt die eingebrachte Wärme zu einem
Großteil in gasförmige Stoffe. Es bleiben jedoch auch erstarre
Reaktionsprodukte zurück. Mit der Kombination zeitaufgelö-
ster Messungen und einer infrarot-spektroskopischen Analyse
ließ sich deren Menge optimieren.

Fügen von Papier gelingt durch Heißsiegeln

Den Projektpartnern der PTS Heidenau gelang es, die Reakti-
onsprodukte erneut zu verflüssigen und zwei Papierstreifen
ohne künstliche Zusätze zu verbinden. Sie nutzten dafür einen
Heißsiegelprozess, bei dem eine Temperatur von 200 °C mit ei-
nem Druck von 36 bar kombiniert wurde. Die gefügten Proben
wurden einem T-Peel-Zugprüfversuch unterzogen und wiesen
Verbindungskräfte in der Größenordnung einer einfachen Kle-
beverbindung auf, etwa für Easy-Opening-Verpackungen. In ei-
nigen Fällen trennten sich die Fügepartner sogar neben der Füg-
gestelle, sodass die Verbindung eine ähnliche Stabilität wie das
Grundmaterial aufweist. Zur Demonstration der Möglichkeiten
der neuen Technologie erstellten die Projektpartner bereits in
gleicher Weise industriennahe Probekörper, wie Briefumschläge,
Pappschachteln sowie Wellpappe.

Joining paper successfully by heat sealing

The project partners at PTS Heidenau succeeded in relique-
fying the reaction products and joining two paper strips with-
out artificial additives. To this end, they used a heat-sealing
process, in which a temperature of 200 °C was combined
with a pressure of 36 bar. The joined samples were subjected
to a T-peel tensile test and exhibited joining strengths of the
order of a simple adhesive joint, for example for easy-to-open
packaging. In some cases, the joining partners were even
separated adjacently to the joint, resulting in a connection
with similar stability to the base material. To demonstrate
the possibilities of the new technology, the project partners
have already created industry-oriented test specimens, such as
envelopes, cardboard boxes and corrugated board.

1 *The novel process of combining laser irradiation and subse-
quent hot pressing allows, among other things, the production
of corrugated board.*

*This work was funded by IGF project 20487 BR via AiF as part of the program for
the promotion of joint industrial research (IGF) by the German Federal Ministry for
Economic Affairs and Energy, based on a resolution of the German Bundestag.*

Funded by



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy

Industrielle
Gemeinschaftsforschung **IGF**

CONTACT

M. Sc. Florian Lull

Micro Materials Processing

+49 351 83391-3848

florian.lull@iws.fraunhofer.de



DIAGNOSTIK-KARTUSCHE ZUM EXTRAHIEREN VON IMMUNZELLEN AUS VOLLBLUT

DIAGNOSTIC CARTRIDGE FOR EXTRACTING IMMUNE CELLS FROM WHOLE BLOOD

The immune system is composed of different cell populations, which, in their development, differentiate from a common stem cell. They take on characteristic functions in the interaction of the human immune response. The development of technologies for the purification of these cells and the production of the necessary microfluidic cartridges is a complex challenge to implement patient-specific diagnostic methods for personalized and individualized medicine.

When developing biomedical products, the difficulty lies in transferring results from basic and applied research into manufacturing processes. Especially for small companies, working in this field may require a large share of their financial and temporal resources. Therefore, companies and research institutes often collaborate in interdisciplinary projects to tackle these complex challenges. Fraunhofer IWS supported the project partner Cell.Copedia in transferring the technology from an existing large volume cartridge into a miniaturized microfluidic prototype for the selection of specific immune cells from blood. This cartridge was developed using a scaling process. Fraunhofer IWS determined factors based on the measurement of relevant process variables such as friction and volume flow rates. Based on these data, the researchers developed a design for the microfluidic system and implemented it as a prototype. Subsequently, they generated a concept for operating the cartridge using control software that was developed in-house. The combination of prototype cartridge and control system allowed them to isolate immune cells from a blood sample and subsequently characterized the sample purity.

Das Immunsystem ist aus verschiedenen Zellpopulationen aufgebaut, die sich in ihrer Entwicklung aus einer gemeinsamen Stammzelle herausdifferenzieren. Sie nehmen charakteristische Funktionen im Zusammenspiel der menschlichen Immunantwort ein. Zur Realisierung patientenspezifischer Diagnostikmethoden für die personalisierte und individualisierte Medizin stellen die Entwicklung von Technologien zur Aufreinigung solcher Zellen sowie die Herstellung der dafür notwendigen Mikrofluidik-Kartuschen eine komplexe Herausforderung dar.

In der Entwicklung biomedizinischer Produkte besteht die Schwierigkeit des Transfers von Ergebnissen aus der Grundlagen- und angewandten Forschung in industrielle Fertigungsverfahren. Besonders für kleine Unternehmen, die auf diesem Gebiet arbeiten, bringt sie einen hohen finanziellen und zeitlichen Aufwand mit sich. Daher arbeiten Unternehmen und Forschungsinstitute häufig in interdisziplinären Projekten zusammen, um diese komplexen Herausforderungen zu bewältigen. Das Fraunhofer IWS unterstützte den Projektpartner Cell.Copedia dabei, zur Selektion spezifischer Immunzellen aus Blut die Technologie von einer existierenden großvolumigen Kartusche in einen miniaturisierten, mikrofluidischen Prototypen zu übertragen. Die Entwicklung dieser Kartusche erfolgte über einen Skalierungsprozess. Das Fraunhofer IWS ermittelte dabei Faktoren anhand der Messung relevanter Prozessgrößen wie Reibung und Volumenströme. Auf Basis dieser Daten leiteten die Forscher ein Design für das mikrofluidische System ab und setzten dieses prototypisch um. Auf Basis einer selbstentwickelten Ansteuerungssoftware erarbeiteten sie ein Konzept für den Betrieb der Kartusche. Die Kombination aus prototypischer



1

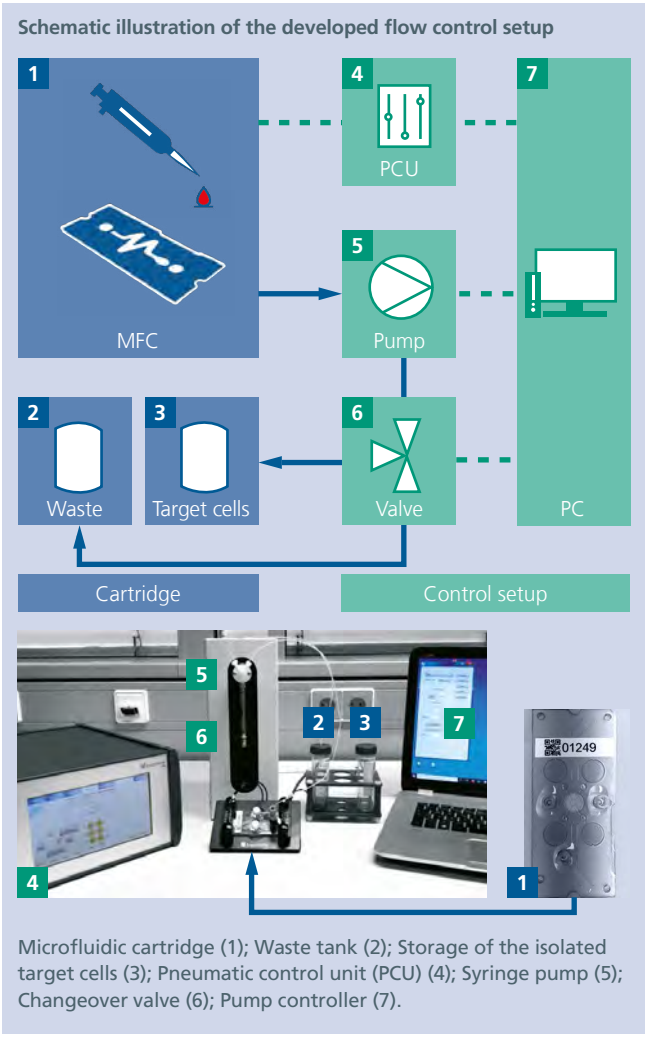
Kartusche und Ansteuerung ließ sich nutzen, um Immunzellen aus einer Blutprobe zu isolieren. Im Anschluss charakterisierten die Wissenschaftler die Reinheit der gewonnenen Proben. Dabei erbrachten sie den Nachweis, dass die Aufreinigung von Immunzellen mit der miniaturisierten Kartusche ebenso selektiv erfolgt wie die Zellaufreinigung von Cell.Copedia. Damit haben die Projektpartner gezeigt, dass der Schritt von der großvolumigen Kartusche hin zum kleinen In-vitro-Diagnostikprodukt möglich ist. Im weiterführenden Projekt soll die Überführung aus dem Labor in die Produktion erfolgen.

The scientists demonstrated that the purification of immune cells using the miniaturized cartridge is just as selective as cell purification with Cell.Copedia. The project partners have thus clearly demonstrated the possibility of moving from large-volume cartridges to small in-vitro diagnostic products. The next project will be to transfer the product from the laboratory to production.

1 *Prototype of the purification cartridge: proof that purification of immune cells also works on a small-scale of an in-vitro diagnostic product.*

The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) supported the project "SIMPLE-IVD" within the program "Innovations for Production, Service and Work of Tomorrow" by the Project Management Agency Karlsruhe (PTKA).

Funded by  Federal Ministry of Education and Research
FKZ: FK 02P18C100



CONTACT

Dipl.-Ing. Stephan Behrens
Micro- and Biosystems Engineering
+49 351 83391-3344
stephan.behrens@iws.fraunhofer.de



SPRITZGUSS: KOMPLEXE BAUTEILE DANK GEPULSTEM LASER

INJECTION MOLDING: COMPLEX COMPONENTS THANKS TO PULSED LASER

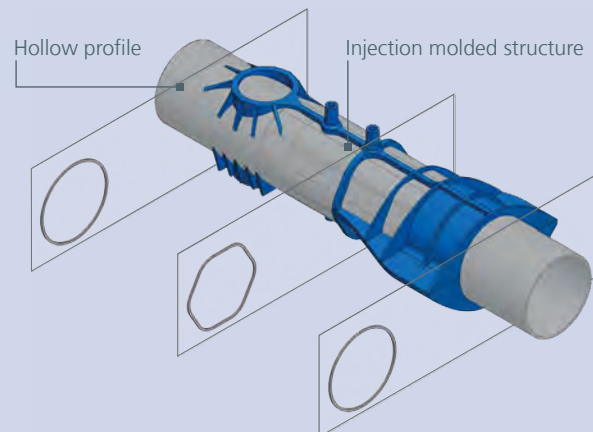
Lightweight components made of fiber-reinforced plastic composite (FRP) often require additional stiffening elements such as rib structures, which are produced in a plastic injection molding process. Interface preparation is a prerequisite for the reliability of such hybrid structures. Particularly on FRP hollow profiles, selective matrix removal by pulsed laser offers significant advantages compared to conventional thermal pretreatment.

Component complexity is constantly increasing in order to save both space and weight. The necessary connecting or stiffening elements on thermoplastic 3D geometries create new challenges. A reliable joint requires a high adhesive strength between the base body and the applications. For flat components up to 2.5 D, the substrate is usually heated to a melt-tough state and then overmolded with liquid plastic. The process cannot be simply applied to thermoplastic, i.e. shape-changing hollow profiles, due to loss of shape. Fraunhofer IWS has developed a process to expose the reinforcing fibers of the fiber-plastic composite (e.g. glass or carbon fibers) without damage. If the matrix is selectively removed, the liquid plastic flows between the exposed fibers during injection molding and not only creates a substance-to-substance bond, but also a form fit during solidification. As a result, the application is firmly joined to the reinforcing structure of the base body.

Leichte Bauteile aus Faser-Kunststoff-Verbund (FKV) erfordern häufig zusätzliche Versteifungselemente wie Rippen, die im Kunststoffspritzgießverfahren entstehen. Eine Interface-Vorbereitung ist Voraussetzung für die Zuverlässigkeit derartiger Hybridstrukturen. Insbesondere auf FKV-Hohlprofilen bietet das selektive Laserabtragen von Matrixmaterial deutliche Vorteile gegenüber der üblichen thermischen Vorbehandlung.

Die Komplexität von Bauteilen nimmt stetig zu, um Bauraum und zugleich Gewicht einzusparen. Die dafür notwendigen Verbindungs- oder Versteifungselemente an thermoplastischen 3D-Geometrien stellen neue Herausforderungen dar. Eine zuverlässige Verbindung setzt eine hohe Haftfestigkeit zwischen

Ribbed reinforced tube with variable cross-section



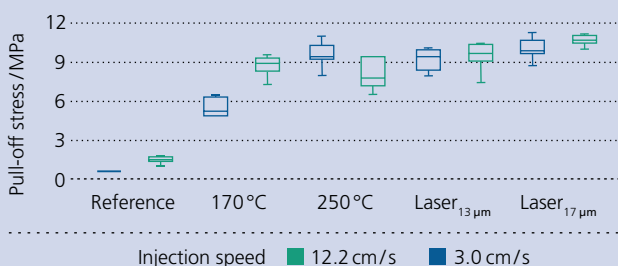
Local laser pre-treatment allows the application of a stiffening rib-structure in an overmolding process with polymer on a cold hollow profile.

Grundkörper und den Applikationen voraus. Für flache Bauteile bis 2,5D wird in der Regel das Substrat bis zu einem schmelzzähnen Zustand erhitzt und anschließend mit flüssigem Kunststoff umspritzt. An thermoplastischen, also formveränderlichen Hohlprofilen, lässt sich das Verfahren aufgrund des Formverlusts nicht ohne Weiteres anwenden. Das Fraunhofer IWS entwickelte einen Prozess zum schädigungsfreien Freilegen der Verstärkungsfasern des Faser-Kunststoff-Verbunds (z. B. Glas- oder Kohlenstofffaser). Wird die Matrix selektiv entfernt, fließt der flüssige Kunststoff beim Spritzgießen zwischen die freigelegten Fasern und bildet beim Erstarren neben dem Stoffschluss zusätzlich einen Formschluss. Die Applikation verbindet sich dadurch fest mit der Verstärkungsstruktur des Grundkörpers.

Besser als alle Alternativverfahren

In Kooperation mit dem Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der Technischen Universität Dresden wiesen die Fraunhofer-Wissenschaftler nach, dass die Laservorbereitung eine höhere Verbindungsfestigkeit erzeugt als alle gängigen Alternativverfahren. Dank der Laserstrukturierung wird eine Haftfestigkeit von 11,2 Megapascal erreicht. Die geringe Streuung der Messwerte zeugt von einer sehr guten Reproduzierbarkeit. Gegenüber der Plasmavorbereitung lässt sich die Verbundfestigkeit durch die Laservorbereitung um 60 Prozent steigern.

Measured values of comparative methods



Pull-off stress for four processes, performed at three injection speeds.

Better than all alternative methods

In cooperation with the Institute for Lightweight Engineering and Polymer Technology at Technische Universität Dresden, the Fraunhofer scientists proved that laser pretreatment generates a higher joint strength than all conventional alternative processes. Thanks to laser structuring, a bond strength of 11.2 megapascal is achieved. The low deviation of the measured values testifies to very good reproducibility. Compared to plasma pretreatment, laser pretreatment can increase the adhesive strength by 60 percent.

1 Pulsed laser system enables selective matrix removal on fiber-reinforced plastic for a reliable bonding in an overmolding process with polymer.

The research projects are funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (project number: VP2097548TA3) and the Federal Ministry of Education and Research (funding ref.: 02P14Z000).

Funded by  Federal Ministry of Education and Research

 Federal Ministry for Economic Affairs and Energy

CONTACT

M. Sc. Jana Gebauer

Micro Materials Processing

+49 351 83391-3436

jana.gebauer@iws.fraunhofer.de



WERKSTOFFCHARAKTERISIERUNG UND -PRÜFUNG

MATERIALS CHARACTERIZATION AND TESTING

Division Manager

Prof. Dr. Martina Zimmermann

+49 351 83391-3573

martina.zimmermann@iws.fraunhofer.de



Group Manager Materials and Failure Analysis

Dr. Jörg Kaspar

+49 351 83391-3216

joerg.kaspar@iws.fraunhofer.de



Group Manager Materials and Component Reliability

Dipl.-Ing. Robert Kühne

+49 351 83391-3156

robert.kuehne@iws.fraunhofer.de

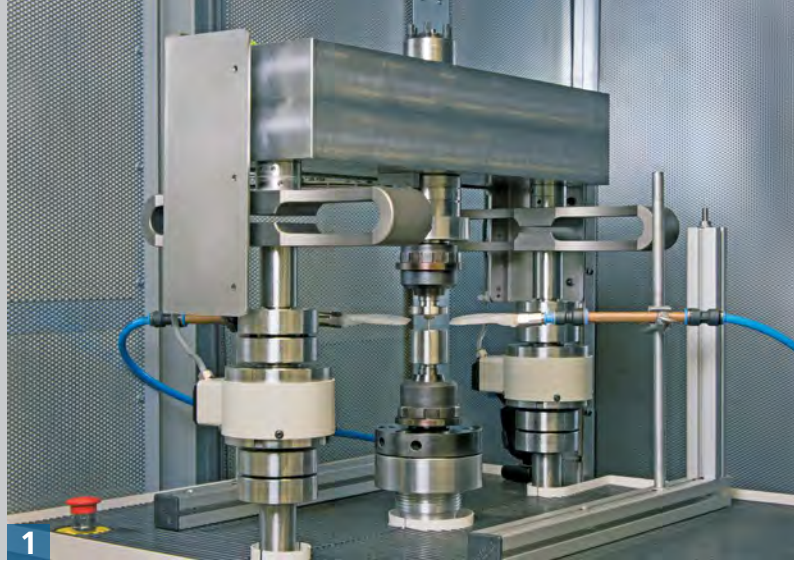


THE FIELD OF EXPERTISE

Intentionally destroying in a controlled manner what others have created: material and component testing researchers examine materials down to the smallest detail. In this process, they evaluate material and component quality and suggest ways to optimize manufacturing processes. Comprehensive material knowledge, years of methodical experience and a wide range of available equipment and devices provide the basis for their research and engineering projects. The service portfolio includes metallographic characterization and electron microscopic analysis of materials and their compounds, from the macro- to the nanoscale. Characteristic properties are determined and strategies are derived in order to be able to design components according to material and operational demands. The scientists assess suitability, select materials, and optimize components for the development and refinement of manufacturing technologies. In addition, they develop, evaluate and modify test strategies. Failure and damage analyses are also part of the portfolio.

DAS KOMPETENZFELD

Kontrolliert zerstören, was andere aufgebaut haben: Die Werkstoff- und Bauteilprüfung nimmt das Materialinnere in den Blick und geht selbst dem kleinsten Detail auf den Grund. Auf diese Weise beurteilen die Wissenschaftler die Werkstoff- sowie Bauteilqualität und liefern Hinweise darüber, an welchen Stellen sich Herstellungs- und Bearbeitungsprozesse optimieren lassen. Ein umfassendes Werkstoffwissen, langjährige methodische Erfahrungen und eine umfangreiche Geräteausstattung bilden die Basis für die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Zum Leistungsspektrum gehören die metallografische Charakterisierung und die elektronenmikroskopische Analyse von Werkstoffen sowie deren Verbunde von der Makro- bis zur Nanoskala. Es werden Kennwerte ermittelt und Strategien abgeleitet, um Bauteile werkstoff- und beanspruchungsgerecht auslegen zu können. Für die Neu- und Weiterentwicklungen von Fertigungstechnologien übernehmen die Wissenschaftler Eignungsbewertung, Werkstoffauswahl und Bauteiloptimierung. Darüber hinaus werden Prüfverfahren entwickelt, bewertet oder angepasst. Versagens- und Schadensanalysen runden das Portfolio ab.



HIGHLIGHT

Zuverlässigkeit additiv gefertigter Strukturen schnell und günstig prüfen

Eine Vielzahl von Einflussfaktoren bestimmt die mechanischen Eigenschaften additiv gefertigter Komponenten. Die Maßhaltigkeit, das Auftreten innerer und oberflächennaher Defekte sowie die Oberflächentopografie der Strukturen spielen insbesondere bei sicherheitsrelevanten Bauteilen eine entscheidende Rolle. Die große Variabilität prozess- und werkstoffbedingter Faktoren lässt eine zuverlässige Vorhersage der Bauteileigenschaften nahezu unmöglich erscheinen. Für Anwendende stehen die Fragen im Raum: »Reicht unser Qualitätsstandard aus, um die geforderte Belastbarkeit zu erreichen? Welche konkreten Kennwerte können wir für unsere AM-Strukturen zugrunde legen?«. Die Zielstellung »so gut wie möglich« ist dabei nicht immer zweckmäßig. Vielmehr sollten Schwankungen in der Qualität des Ausgangsmaterials oder der Prozessführung in dem Vorhersagekonzept der Bauteilzuverlässigkeit berücksichtigt werden. Das Fraunhofer IWS entwickelt daher eine Methodik, die eine schnelle und kostengünstige Bewertung zyklisch mechanisch belasteter Strukturen ermöglicht. Zerstörungsfreie und zerstörende Charakterisierungsmethoden schaffen eine Datenbasis zur Bewertung von Defektarten und deren Verteilung in einem repräsentativen Volumen. Zum Einsatz kommen sowohl die Computertomografie als auch serielle metallografische Schlitze. Die Daten dienen der statistischen Abschätzung des für das Bauteilvolumen zu erwartenden versagenskritischen Defekts. Die verbleibende Ermüdungsfestigkeit einer defektbehafteten additiv gefertigten Struktur lässt sich über einen bruchmechanischen Ansatz vorhersagen. Der Einsatz der am Fraunhofer IWS etablierten zeiteffizienten Hochfrequenzermüdung dient als Basis zur Bewertung der Prozess-Defekt-Lebensdauer-Zusammenhänge. Das Konzept erlaubt das schnelle und wirtschaftliche Abschätzen der zyklischen Belastbarkeit von AM-Bauteilen.

HIGHLIGHT

Testing the reliability of additively manufactured structures quickly and cost-effectively

A large number of influencing factors determine the mechanical properties of additively manufactured components. The dimensional accuracy, the presence of internal and near-surface defects together with the structure's surface topography play a crucial role, in particular for safety-relevant components. The great variability of process- and material-related parameters implies that a truly reliable prediction of component properties seems almost impossible. Users are faced with the following questions: "Is our quality standard sufficient to meet the required load capacity? Which concrete characteristic mechanical values can we use as a basis for our AM structures?" The ultimate goal of "as good as possible" may not always be the only path to follow. Instead, assessment concepts for the prediction of component reliability should account for the possible fluctuations in the material's quality or process control. Therefore, Fraunhofer IWS is developing a methodology allowing for fast and cost-efficient evaluation of cyclically mechanically loaded structures. Non-destructive and destructive characterization processes provide a database for the classification of defect types and their distribution in a representative volume. Both computed tomography and serial metallographic sectioning come into operation. The data are used for the statistical estimation of the failure-relevant defect expected for the component volume. The remaining fatigue strength of a defect-afflicted additively manufactured structure can be predicted using a fracture mechanics approach. Fraunhofer IWS' established time efficient high-frequency fatigue testing serves as a basis for the analysis of the process-defect-lifetime relationships. The concept produces fast and economic estimates of the cyclic loading capacity of AM components.

1 *High-frequency fatigue testing of an additively manufactured sample.*

PRÜFEN JENSEITS DER NORMUNG

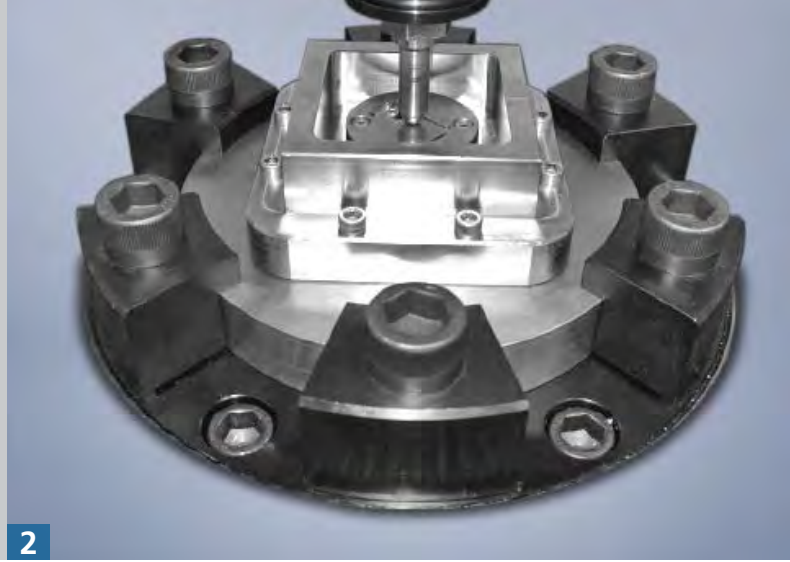
TESTING BEYOND STANDARDIZATION

Already in the early stages of component development, standardized characteristic values are indispensable for the selection of materials. However, as development advances, focus shifts to application-oriented load scenarios. At Fraunhofer IWS, these scenarios can be transformed into individual test procedures by directly linking process knowledge and material understanding.

Modern component development combines both virtual and experimental methods of fit-for-purpose assessment. In early development stages, component properties are mainly evaluated based on standardized material properties. At Fraunhofer IWS, experimental determination is carried out by means of standardized tests, such as the tensile test according to DIN EN ISO 6892, or the Wöhler line determination according to DIN 50100. In final component development stages, requirements for experimental testing change. At this point, the scientists focus on transferring the test results into specific application. Therefore, IWS researchers include the final operating conditions of the components as much as possible in the testing procedures in the laboratory. In current studies they have developed, for example, an adapted fatigue test sample shape that meets the special conditions of additively manufactured thin-walled structures. The near-component shape facilitates the comparison of specific surface conditions during application-oriented and process-safe manufacturing. In addition, a further research topic focuses on evaluating the wear properties of high-strength coating systems based on amorphous carbon (ta-C). Using an adapted impact test methodology, the scientists succeeded in

Normgerechte Kennwerte sind die unverzichtbare Basis für die Werkstoffauswahl zu Beginn einer Bauteilentwicklung. Mit fortschreitendem Entwicklungsstadium eines neuen Produkts treten jedoch anwendungsorientierte Belastungsszenarien in den Fokus, die sich am Fraunhofer IWS durch eine unmittelbare Verknüpfung zwischen Prozesswissen und werkstofflichem Verständnis in individuelle Prüfszenarien umwandeln lassen.

Die moderne Bauteilentwicklung verknüpft sowohl virtuelle als auch experimentelle Methoden der beanspruchungsgerechten Absicherung. In den frühen Entwicklungsphasen werden Bauteileigenschaften vorwiegend auf der Basis standardisierter Werkstoffeigenschaften simuliert. Deren experimentelle Bestimmung erfolgt am Fraunhofer IWS mittels normgerechter Prüfungen, wie des Zugversuchs nach DIN EN ISO 6892 oder der Wöhlerlinienermittlung nach DIN 50100. In den abschließenden Stadien der Bauteilentwicklung verschieben sich die Anforderungen an die experimentelle Prüfung. Dann liegt der Schwerpunkt auf der Übertragbarkeit von Prüfergebnissen auf den konkreten Einsatzfall. Die Forschenden am IWS sichern die Bauteile daher möglichst anwendungsnah ab und bilden die spezifische Belastungssituation aus der späteren Anwendung realitätsgetreu nach. In aktuellen Untersuchungen entwickelten sie beispielsweise eine angepasste Ermüdungsprobegeometrie, die den besonderen Randbedingungen der additiven Fertigung dünnwandiger Strukturen gerecht wird. Die bauteilnahe Form ermöglicht den Vergleich spezifischer Oberflächenzustände bei einer anwendungsnahen und prozesssicheren Herstellung. Ein weiteres Forschungsthema ist die qualitative Bewertung der Verschleißigenschaften hochfester Schichtsysteme auf der



Basis von amorphem Kohlenstoff (ta-C). Mithilfe einer angepassten Impact-Prüfmethodik gelang es den Wissenschaftlern, die Widerstandsfähigkeit von unterschiedlichen Schichtsystemen gegenüber wiederkehrenden äußeren Druckbelastungen zu bewerten. Neben der zyklischen Impactbelastung spielt die begleitende metallografische und elektronenmikroskopische Schädigungscharakterisierung eine entscheidende Rolle. Umgebungseinflüsse, wie beispielsweise hohe Einsatztemperaturen, werden bei der finalen Bauteilerprobung ebenfalls berücksichtigt, da sie das Eigenschaftsprofil erheblich beeinflussen können. Am Fraunhofer IWS ist die Ermüdungsprüfung von Bauteilen beispielsweise bis zu einer Temperatur von 900°C möglich. Aktuell prüfen Wissenschaftler laserstrahlgeschweißte Bauteile aus dem Abgasstrang von Fahrzeugen in diesem Temperaturbereich, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis sicherzustellen.

evaluating the resistance of different coating systems to recurring external impact loads. Besides the impact testing, the accompanying metallographic and electron microscopic damage characterization is of crucial importance. Environmental influences, such as high operating temperatures, will be equally considered in the final component testing, as they can strongly influence the property profile. At Fraunhofer IWS, fatigue testing is possible up to a temperature of 900°C. Currently, scientists are testing laser beam-welded components of vehicle exhaust systems in this temperature range to ensure their load-bearing capacity at operating temperatures.

- 1 This fatigue sample was additively manufactured from Ti-6Al-4V and its thickness is homogeneously reduced in the middle of the sample. The properties of thin-walled structures can be derived by means of these application-oriented sample shapes.
- 2 The modular impact testing device allows different test samples to be tested at defined temperatures and in technical liquids.

CONTACT

Dipl.-Ing. Robert Kühne
 Materials and Component Reliability
 +49 351 83391-3156
robert.kuehne@iws.fraunhofer.de



ENTWICKLUNG NEUARTIGER HOCHLEISTUNGS- WERKSTOFFE BESCHLEUNIGEN

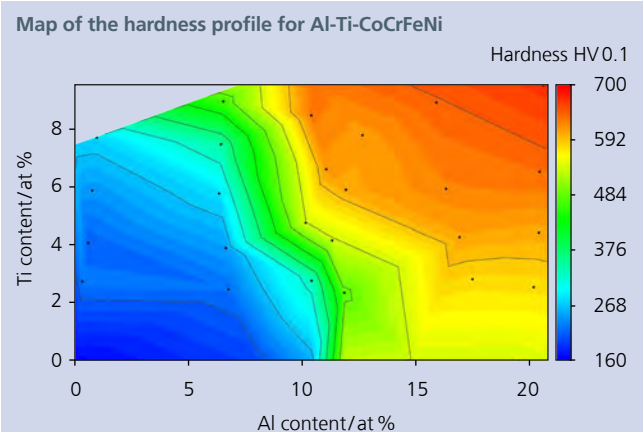
ACCELERATING INNOVATIVE HIGH-PERFORMANCE MATERIALS DESIGN

The new material class of high-entropy alloys (HEA) promises many innovations in aviation, turbine and tool construction and other industries. Testing the countless variations in the chemical composition of this material class would require research and development lasting thousands of years. Researchers at Fraunhofer IWS have further enhanced methods for material design that will enormously accelerate this work.

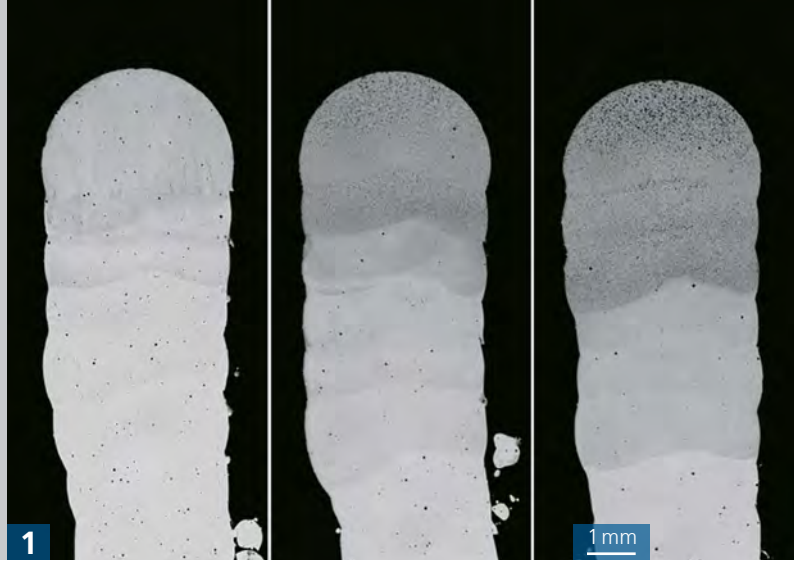
HEA are metals consisting of five or more elements in same or similar compositions. Correctly designed, they are stronger, more heat- and wear-resistant than classical materials, such as steel or titanium, and nickel alloys. To identify new material systems with high application relevance, Fraunhofer IWS is developing high-throughput screening processes and methods for synthesis and characterization. Based on calculations of the phase stability of HEA material systems by means of CALPHAD methods, the scientists experimentally validate materials that are considered suitable for specific applications. They modified existing laser powder cladding methods in such a way that samples can be directly fabricated from different HEA compositions. The ingredients are fed from several containers with iron, chromium, nickel and other elemental or pre-alloyed powders and mixed in-situ. A laser melts this mixture and deposits it onto a sample plate. The system changes the composition gradually by varying the feed rate so that numerous alloy compositions are deposited on top of each other in a defined manner in just one sample. The resulting gradient structures can in turn be tested in a time-saving manner for composition

Die neue Werkstoffklasse der Hochentropielegierungen (HEL) verspricht viele Innovationen in der Luftfahrt, im Turbinen- und Werkzeugbau und in weiteren Industriezweigen. Die unzähligen Variationen der chemischen Komposition dieser Werkstoffklasse zu testen, würde viele tausend Jahre Entwicklungsarbeit benötigen. Forscher des Fraunhofer IWS haben Methoden zur Werkstoffentwicklung weiterentwickelt, die diese Arbeiten enorm beschleunigen.

HEL sind Metalle, die aus fünf oder mehr Elementen in jeweils gleichen oder ähnlichen Zusammensetzungen bestehen. Richtig designt sind sie fester, hitzebeständiger und verschleißbeständiger als klassische Werkstoffe, wie z.B. Stahl oder Titan- und Nickellegierungen. Um neue Werkstoffsysteme mit hoher Anwendungsrelevanz zu identifizieren, werden am



Synthesis and analysis of five gradient structures completely map the hardness profile for the HEA material system Al-Ti-CoCrFeNi.



Fraunhofer IWS Verfahren und Methoden zum sogenannten High-Throughput-Screening zur Synthese und Charakterisierung entwickelt. Ausgehend von Berechnungen zur Phasenstabilität von HEL-Materialsystemen mit sogenannten CALPHAD-Methoden validieren die Wissenschaftler für bestimmte Anwendungen geeignet erscheinende Werkstoffe experimentell. Bestehende Verfahren zum Laser-Pulver-Auftragschweißen modifizierten sie dafür so, dass Proben aus verschiedenen HEL-Rezepturen direkt herzustellen sind. Dazu werden die Zutaten aus mehreren Behältern mit Eisen, Chrom, Nickel und anderen elementaren oder vorlegierten Pulvern gefördert und in-situ vermischt. Ein Laser schmelzt diese Mischung und trägt sie auf eine Probenplatte auf. Die Anlage verändert die Zusammensetzung durch Änderung der Förderrate schrittweise, sodass in nur einer Probe zahlreiche Legierungszusammensetzungen definiert übereinander aufgebracht werden. Die dabei entstehenden Gradientenstrukturen lassen sich wiederum zeitsparend mit teilautomatisierten Analysetools hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Härte testen. Mithilfe dieses Screening-Ansatzes erforscht das Fraunhofer IWS auch sehr schwierig zu verarbeitende und rissempfindliche Materialien effektiv und bereitet diese für zukünftige Anwendungsszenarien vor. Die Anwendbarkeit des Designansatzes beschränkt sich nicht auf HEL allein, sondern wird auch auf andere Hochleistungswerkstoffe ausgedehnt. Das Forscherteam erwartet, dass mittels additiver Fertigung neue Hochleistungswerkstoffe wie HEL schneller Anwendung in der Industrie finden werden. Neben der High-Throughput-Analytik sollen hier zukünftig auch die Fast-Track-Prüfstrategien des Fraunhofer IWS zum Einsatz kommen. Damit lassen sich effizientere Kraftwerke und Flugzeuge konstruieren. HEL-Beschichtungen würden überdies Umformwerkzeuge in der Automobilindustrie verschleiß- und hitzbeständiger gestalten. Das Dresdner Institut verfolgt daher auch neue Ansätze für ein innovatives Beschichtungsdesign auf Basis von HEL.

and hardness using semi-automated analysis tools. Using this screening approach, Fraunhofer IWS effectively analyzes even very difficult-to-process and crack-sensitive materials and prepares them for future application scenarios. The applicability of the design approach is not limited to HEA alone, but will be extended to other high-performance materials. The research team expects that by means of additive manufacturing new high-performance materials such as HEA will rapidly find application in industry. In addition to high-throughput analysis, Fraunhofer IWS' fast-track testing strategies will also be applied in the future. This will pave the way for more efficiently designed power plants and air-planes. HEA coatings will further improve the wear and heat resistance of forming tools in the automotive industry. The Dresden institute is therefore also pursuing new approaches for an innovative coating design based on HEA.

1 Material screening by direct metal deposition (DMD) changes the material composition gradually so that numerous alloy compositions are deposited on top of each other in a defined manner in just one sample.

CONTACT

Dr. Jörg Kaspar
Materials and Failure Analysis
+49 351 83391-3216
joerg.kaspar@iws.fraunhofer.de



OPTISCHE MESSTECHNIK UND OBERFLÄCHENTECHNOLOGIEN

OPTICAL METROLOGY AND SURFACE TECHNOLOGIES



Head

Prof. Dr. Peter Hartmann

+49 1522 9262090

peter.hartmann@iws.fraunhofer.de

Optical Fiber Technology

M. Eng. Tobias Baselt

+49 375 536-1970

tobias.baselt@iws.fraunhofer.de



Surface Metrology

Dr. Christopher Taudt

+49 375 536-1972

christopher.taudt@iws.fraunhofer.de

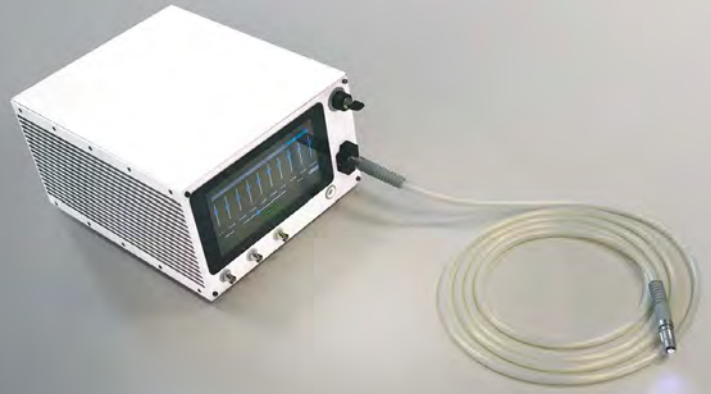


APPLICATION CENTER

The scientists at Fraunhofer AZOM are researching and developing the latest approaches in optical metrology, image processing, process control and surface characterization. They focus on transferring research results quickly and directly into application-specific solutions for industrial processes. To this end, AZOM offers research services such as development and testing of industry-compatible optical measurement methods for various fields of technology. It provides the interface between applied science and industry in the fields of medical technology, automotive engineering, mechanical engineering and semiconductor technology. In optical metrology and process integration, the research spectrum is based on three pillars: service measurements, industrial integration of established technologies, and the development of novel measurement methods. Thus, AZOM scientists develop concepts for complex industrial optical measurement methods and system components, characterize surfaces, engineer user-specific sensors and actuators, and offer non-destructive monitoring of processes and components. In the field of laser-based surface technologies, industrial integration and process development constitute the pillars of the service portfolio. In particular, AZOM develops electronic control systems, complex application-specific software solutions and optical system components, such as light sources for metrology, as well as fiber-based sub-assemblies in combination with free beam elements. In addition, AZOM offers answers to individual problems that cannot be solved using the standard technology currently available on the market.

DAS ANWENDUNGSZENTRUM

Die Wissenschaftler des Fraunhofer AZOM erforschen und entwickeln neueste Ansätze der optischen Messtechnik, Bildverarbeitung, Prozesskontrolle und Oberflächencharakterisierung. Ziel ist es, die Forschungsergebnisse schnell und direkt in applikationsspezifische Anwendungslösungen für industrielle Prozesse zu transferieren. Dafür bietet das AZOM Forschungsleistungen, wie die Entwicklung und Erprobung industrietauglicher optischer Messverfahren für unterschiedliche Technologiefelder. Es bildet die Schnittstelle zwischen angewandter Wissenschaft und Industrie in den Feldern Medizintechnik, Kraftfahrzeugtechnik, Maschinenbau und Halbleitertechnologie. In der optischen Messtechnik und Prozessintegration basiert das Forschungsspektrum auf den drei Säulen Auftragsmessungen, Industrieintegration etablierter Technologien und Messverfahrensentwicklung. So konzeptionieren die Wissenschaftler komplexe industrietaugliche optische Messverfahren und Systemkomponenten, charakterisieren Oberflächen, entwickeln anwendungsspezifische Sensorik sowie Aktorik und bieten zerstörungsfreies Monitoring von Prozessen und Bauteilen. Auf dem Gebiet der laserbasierten Oberflächentechnologien bilden Industrieintegration und Verfahrensentwicklung die Pfeiler des Leistungsspektrums. Dabei entwickelt das AZOM insbesondere elektronische Steuerungen, komplexe applikationsspezifische Softwarelösungen und optische Systemkomponenten, wie Messlichtquellen sowie faserbasierte Baugruppen in Kombination mit Freistrahlelementen. Ergänzend bietet das AZOM Antworten auf individuelle Problemstellungen, die mit der am Markt erhältlichen Standardtechnik noch nicht zu lösen sind.



HIGHLIGHT

Multispektrale LED-Lichtquelle

Wissenschaftler des Fraunhofer Anwendungszentrums für Optische Messtechnik und Oberflächentechnologien AZOM entwickelten gemeinsam mit dem Projektpartner Laser Electronic Components LEC eine spektral anpassbare, faserbasierte Lichtquelle für bildgebende industrielle Messsysteme. Diese ermöglicht die hyperspektrale Bildgebung mit konventionellen Kameras als Antwort auf die wachsenden Anforderungen an technische Lichtquellen. Diese gehen mit rasanten Entwicklungen in der Bildverarbeitung und bei optischen Messverfahren einher. Besonders gilt das für die multispektrale Mikroskopie und kompakte Spektalkameras. Deren Einsatzgebiete reichen von der Landwirtschaft über die Chirurgie, Lebensmittelsortierung und Inspektion bis hin zur Qualitätskontrolle – betroffen sind praktisch alle Anwendungen, bei denen die Farbe des Objekts eine zentrale Rolle spielt. In der Prozesskontrolle und Qualitätssicherung kommen weitere Systeme der optischen Messtechnik und Bildverarbeitung zum Einsatz. Limitierende Faktoren für die Leistungsfähigkeit optischer Messsysteme sind die verfügbaren Sensorelemente und die eingesetzten Lichtquellen. Die Anpassung des spektralen Verlaufs, die schnelle Ansteuerung und der Wechsel der Wellenlänge sind entscheidend für die Funktionalität des gesamten Messsystems und des bildgebenden Verfahrens. Die Lösung von Fraunhofer AZOM und LEC verfügt über 40 einzeln ansteuerbare LEDs, die es dem Anwender in Kombination mit einer frei wählbaren Emissionsleistung der einzelnen Chips ermöglichen, das Gesamtspektrum an jede Gegebenheit anzupassen. Die LEDs lassen es zu, einzelne Lichtfarben zur Probenuntersuchung auszuwählen. Ebenso lässt sich das zeitliche Verhalten (Pulsdauer und Puls-zu-Puls-Abstand) in Grenzen frei definieren und in der Software programmieren sowie speichern. Die Lichtquelle stellt eine effiziente Lösung in der Qualitäts- und Prozesskontrolle dar.

HIGHLIGHT

Hyperspectral high-speed light source

Scientists at the Fraunhofer Application Center for Optical Metrology and Surface Technologies AZOM, together with their project partner Laser Electronic Components LEC, have jointly developed a spectrally adaptable fiber-based light source for industrial imaging measurement systems. In response to the growing requirements for technical light sources, the device enables hyperspectral imaging with conventional cameras. The ever-growing requirements for light sources involve rapid developments in image processing and optical measurement techniques. This is in particular true for multispectral microscopy and compact spectral cameras. Their application fields range from agriculture, surgery, the food sorting and inspection industry to quality control – virtually all applications are affected in which the object's color is a key factor. Further optical metrology and image processing systems are used in process control and quality assurance. The available sensor elements and the light sources limit the optical measuring systems' performance. Adaptation of the spectral progression, fast control and adjustable wavelength are decisive for the functionality of the entire measuring system and the imaging process. The solution provided by Fraunhofer AZOM and LEC has 40 individually controllable LEDs which, in combination with a freely selectable emission power of the individual chips, enable the user to adapt the overall spectrum to any given situation. The LEDs allow individual light colors to be selected for sample analysis. The temporal behavior (pulse duration and pulse-to-pulse distance) can also be freely defined, programmed and stored in the software. The light source provides an efficient solution in quality and process control.

1 *The spectrally adaptable, fiber-based light source for imaging industrial measuring systems provides an efficient solution in quality and process control.*

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ ERMÖGLICHT BLICK DURCH KALEIDOSKOP DER FASERMODEN

ARTIFICIAL INTELLIGENCE PROVIDES VIEW THROUGH KALEIDOSCOPE OF FIBER MODES

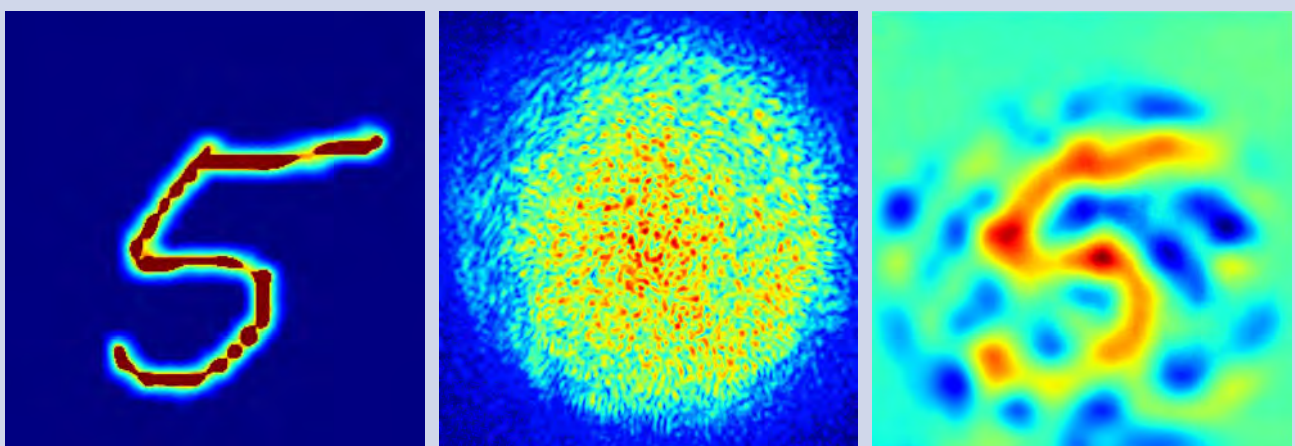
In medical and technical industries, there is a need to reduce the diameter of fiber bundles in endoscopes to better provide access to hard-to-reach cavities. An artificial intelligence (AI)-based mathematical model reconstructs the distorted image at the fiber exit. As a result, imaging is made possible via a single optical fiber.

In the medical and technology-based sectors, an endoscope allows users to examine the inside of cavities that are difficult to access. Image cables with several thousand optical fibers are frequently used for endoscopic light guides. The number of fiber bundles determines the quality of individual

In der Medizin und in technischen Branchen besteht die Notwendigkeit, den Durchmesser von Faserbündeln in Endoskopen zu reduzieren, um schwierig zugängliche Hohlräume besser erreichen zu können. Ein auf künstlicher Intelligenz (KI) basierendes mathematisches Modell rekonstruiert das verzerrte Bild am Faserausgang zurück zum Ausgangsbild. So ermöglicht es die Bildgebung durch eine einzelne optische Faser.

Ein Endoskop dient in der Medizin sowie in technischen Branchen dazu, das Innere schwierig zugänglicher Hohlräume zu untersuchen. Für endoskopische Lichtleiter werden häufig Bildkabel mit einigen tausend Glasfasern verwendet.

Image of the fiber exit and reconstructed image



Visualization of the image formed at the fiber exit (kaleidoscope, center), which is reconstructed by the Fraunhofer IWS AI method over a single optical fiber (r.).

Die Anzahl der Faserbündel bestimmt dabei die Qualität einzelner Bildaufnahmen. Im Unterschied zu Bildleitkabeln ermöglichen einzelne optische Multimodefasern keine direkte Bildübertragung. Am Faserausgang entsteht eine Art Kaleidoskop der Fasermoden. Die Qualität der Bildgebung in der Endoskopie steigt mit zunehmendem Arbeitsdurchmesser des Faserbündels. Faserbündel mit einem großen Durchmesser von mehreren Millimetern sind z. B. bei einer Gastroskopie von großem Nachteil. Im Gegensatz dazu haben optische Multimodefasern einen Kerndurchmesser von wenigen Mikrometern. Ziel des Forschungsprojekts war es, mathematische Methoden zur Rekonstruktion des Kaleidoskops zum Ausgangsbild zu entwickeln. Dies ermöglicht die Bildgebung durch einzelne Fasern. Dadurch lässt sich im spezifischen Anwendungsfall der Durchmesser bei Endoskopen reduzieren. Auch eine Manipulation des Lichts am Faserende ist mit dieser Technik denkbar. Wenn dies gut gelingt, könnte sie für chirurgische Eingriffe verwendet werden.

images. In contrast to image guide cables, single optical multimode fibers do not allow direct image transmission. At the fiber exit, a kind of kaleidoscope of fiber modes emerges. The endoscopic imaging quality improves with growing diameter of the fiber bundle. Fiber bundles with a large diameter of several millimeters are a great disadvantage in gastroscopy, for example. By contrast, multimode optical fibers have a core diameter of a few micrometers. This research project focused on developing mathematical methods to perform a kaleidoscope reconstruction of the original image. As a result, imaging through individual fibers becomes possible. In specific applications, the endoscope diameter can thus be reduced. This technique might also be used to manipulate the light at the fiber end. If this works well, it could be applied for surgical procedures.

CONTACT

M. Eng. Alexander Kabardiadi-Virkovski

Optical Fiber Technology

+49 375 536-1588

alexander.kabardiadi-virkovski@iws.fraunhofer.de



DORTMUNDER OBERFLÄCHENCENTRUM DOC®

Head

Dr. Teja Roch

+49 231 8443894

teja.roch@iws.fraunhofer.de



THE PROJECT GROUP

The "Dortmunder OberflächenCentrum DOC®" project group focuses its research on continuous strip coating. The DOC® researchers consider the overall system level in their mission to find the ideal production process and incorporate the most efficient components for each application. As a result, production lines are created for surface finishing using laser, physical vapor deposition (PVD), arc wire spraying and atmospheric strip processes. A unique feature is the integration of high-temperature processes into the production chain, with inductively heated evaporation jars enabling large-area metal surface processing with continuous material feed. The portfolio also includes system engineering and its advanced development, for example for self-sharpening knives and machine components with wear- and friction-minimized coatings. In addition, the researchers focus on the topic of hydrogen. For example, they are enhancing coil-coating processes for highly conductive bipolar plates for use in fuel cells. They are contributing their expertise from plant engineering and high-temperature processes to minimize corrosion and contact resistance and to research suitable materials. A future topic is hydrogen production via cracking or gas cracking processes. Here, the focus is always on the best solution for the user in terms of product and cost.

DIE PROJEKTGRUPPE

Die Oberflächenveredelung am laufenden Band hat sich die Projektgruppe »Dortmunder OberflächenCentrum DOC®« auf die Fahnen geschrieben. Auf der Suche nach dem idealen Produktionsverfahren betrachten die DOC®-Forscher die Gesamtsystemebene und binden die für den Anwendungsfall effizientesten Komponenten in die Konzeption ein. Dabei entstehen etwa Fertigungslinien für die Veredelung von Oberflächen unter Nutzung von Laser-, physikalischen Gasphasenabscheidungs- (PVD) und atmosphärischen Bandverfahren wie dem Lichtbogendrahtspritzen. Ein Alleinstellungsmerkmal ist das Einbinden von Hochtemperaturverfahren in die Produktionskette, indem induktiv geheizte Verdampfertiegel die großflächige Bearbeitung von Metallen ermöglichen. Auch Anlagenbau und -weiterentwicklung gehören zum Aufgabenportfolio, etwa für selbstschärfende Messer und Maschinenkomponenten mit verschleiß- und reibungsminimierten Beschichtungen. Einen weiteren Schwerpunkt legen die Forscher auf das Thema Wasserstoff. So entwickeln sie Bipolarplatten für den Einsatz in Brennstoffzellen weiter. Sie bringen ihr Know-how aus Anlagenbau und Hochtemperaturprozessen ein, um Korrosion und Kontaktwiderstand zu minimieren und passfähige Materialien zu erforschen. Perspektivisches Thema ist die Wasserstofferzeugung über Cracking- oder Gas-spaltungsprozesse. Dabei immer im Blick: die produkt- und kostentechnisch beste Lösung für die Praxis.



1

HIGHLIGHT

Kohlenstoff-Beschichtungen am laufenden Band schonen Ressourcen und Klima

Das Erforschen und Optimieren harter, reibungs- und verschleißmindernder Schichten auf Kohlenstoffbasis gehört zu den Kernthemen des Fraunhofer IWS. Daher entwickelte das Institut an der Außenstelle »Dortmunder OberflächenCentrum DOC®« Beschichtungsprozesse mit dem Ziel weiter, elektrische Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Stahlband zu erhöhen. Dieses wird zur Fertigung von Bipolarplatten (BPP) für Brennstoffzellenfahrzeuge verwendet. Entsprechende Verfahren werden von einer Einzelteilfertigung auf eine kontinuierliche Bandbeschichtung überführt, damit sich die Wettbewerbsfähigkeit des Produkts Bipolarplatte kostengünstiger und ressourceneffizienter steigern lässt. Zu diesem Zweck entstand eine Rolle-zu-Rolle- bzw. Coil-Beschichtungsanlage in Dortmund, die zur Beschichtung von Stahlband dient. Die BPP in einer Brennstoffzelle mit Protonenaustauschmembran (PEM) realisiert eine Reihe an Aufgaben, wie z. B. die elektrische Kontaktierung, die Zufuhr der Prozessgase sowie die Abfuhr von Wasser und Wärme. Zusätzlich muss das BPP-Material eine hervorragende elektrische Leitfähigkeit aufweisen, die sich auch unter den korrosiven Bedingungen in der Brennstoffzelle nicht signifikant verringert. Sensoren sichern dabei die Qualität der Beschichtung am laufenden Stahlband. Bipolarplatten aus Edelstahl wurden bisher vielfach mit Gold beschichtet, was jedoch für den Massenmarkt zu teuer ist. Die Dortmunder Rolle-zu-Rolle-Anlage ermöglicht nun neu entwickelte kohlenstoffbasierte Beschichtungen von Stahlband, um die Effizienz bei der Brennstoffzellenfertigung zu steigern. Dies soll die Marktetablierung einer grünen Energietechnologie fördern. Zusätzlich erproben die Forscher am DOC® neue Verdampfungsverfahren für Korrosionsschutzschichten an der Rolle-zu-Rolle-Anlage, wie etwa Zink-Schichten, und setzen Laserumschmelzverfahren ein, um Metalloberflächen nachzubehandeln.

HIGHLIGHT

Resource- and climate-friendly continuous carbon coatings

One of the core topics at Fraunhofer IWS is the research and optimization of hard, friction- and wear-reducing carbon-based coatings. Consequently, the Dortmunder OberflächenCentrum DOC® is further advancing coating processes with a focus on enhancing the electric conductivity and corrosion resistance of steel strip, which is used to manufacture bipolar plates (BPP) for fuel cell vehicles. Corresponding processes are being transferred from single-part production to continuous strip coating to increase the competitiveness of the bipolar plates with respect to cost and resource efficiency. To this end, a roll-to-roll or coil coating line has been developed in Dortmund for steel strip coating. The BPP in a fuel cell with proton exchange membrane (PEM) performs various essential functions, such as electrical contacting, process gases supply and water and heat removal. In addition, the BPP material has to have excellent electrical conductivity that does not significantly decrease even under corrosive conditions in the fuel cell. Sensors ensure the coating quality on the running steel strip. Stainless steel bipolar plates have often been coated with gold, a process that is too expensive for mass-produced products. The Dortmund-based roll-to-roll line now facilitates newly developed carbon-based coatings on steel strip to increase fuel cell production efficiency. This is expected to promote the market establishment of a green energy technology. In addition, researchers at DOC® are testing new evaporation processes for corrosion-protective coatings in the roll-to-roll line, such as zinc coatings, and apply laser remelting processes to post-treat metal surfaces.

1 *Roll-to-roll system for continuous coil coating processes.*

CONTIBIP – BIPOLARPLATTEN FÜR BRENNSTOFFZELLEN IM BANDVERFAHREN

CONTIBIP – BIPOLAR PLATES FOR FUEL CELLS IN STRIP PROCESS

The production of bipolar plates (BPP) is complex and drives up fuel cell costs. Fraunhofer IWS has now developed a low-cost alternative for rapid mass production with partners from the automotive and steel industries. The concept serves to significantly reduce manufacturing costs and thus makes an important contribution to the production of environmentally friendly vehicles.

Fraunhofer IWS scientists have developed a technology that facilitates the continuous production of metallic bipolar plates. Instead of coating them with gold or carbon coatings, researchers use physical vapor deposition (PVD) for the deposition of a graphite-like layer just a few nanometers thick. Fuel cells could offer an interesting technological alternative for application scenarios such as trucks. In certain applications, the BPP is even coated with gold to prevent corrosion and improve current flow. The widely used bipolar plate (BPP) consists of two stainless steel half-sheets each, on which special structures for gas flow and heat dissipation are formed in a molding process. Subsequently, the two sheets are welded and then coated. The complex production process and possibly expensive raw materials result in high costs. The partners have therefore chosen a new approach: Even in the pre-production stage, the surface treatment achieves a contact resistance comparable to gold. If the engineers continue to refine their process up to mass production, the coating will conduct electricity at least as well as the precious metal – at half the cost. This might contribute to a new generation of more effective fuel cells with higher

Die Herstellung von Bipolarplatten (BPP) ist aufwendig und treibt die Kosten in Brennstoffzellen in die Höhe. Das Fraunhofer IWS hat nun mit Partnern aus der Automobil- und Stahlindustrie eine preiswerte Alternative zu bestehenden Fertigungskonzepten und Beschichtungen für die schnelle Massenproduktion entwickelt. Das Konzept dient dazu, Fertigungskosten erheblich zu reduzieren, und leistet somit einen wichtigen Beitrag für die Produktion umweltfreundlicher Fahrzeuge.

Wissenschaftler des Fraunhofer IWS haben eine Technologie entwickelt, die eine kontinuierliche Produktion metallischer Bipolarplatten ermöglicht. Statt mit Gold oder Kohlenstoffschichten beschichten sie diese per Physikalischer Gasphasenabscheidung (PVD) hauchdünn mit einer nur wenige Nanometer dünnen grafitähnlichen Schicht. Für Einsatzszenarien, wie z.B. Lastkraftwagen, könnten Brennstoffzellen eine interessante technologische Alternative bieten. In speziellen Anwendungen werden die BPP sogar mit Gold beschichtet, um Korrosionsbildung zu vermeiden und den Stromfluss zu verbessern. Die weit verbreitete Bipolarplatte (BPP) besteht aus jeweils zwei Edelstahl-Halbblechen, auf die in einem Umformungsprozess spezielle Strukturen für den Gasfluss und die Wärmeabfuhr geprägt werden. Anschließend werden diese zusammengesweißt und dann beschichtet. Aufgrund der aufwendigen Herstellung und der ggf. kostspieligen Rohstoffe entstehen hohe Kosten. Daher sind die Partner neue Wege gegangen: Bereits im Vorserienstadium erreicht diese Oberflächenbehandlung einen ähnlich niedrigen Kontaktwiderstand wie Gold. Wenn die Ingenieure ihr Verfahren bis zur Massenproduktion weiter verfeinern, wird ihre Schicht den Strom mindestens

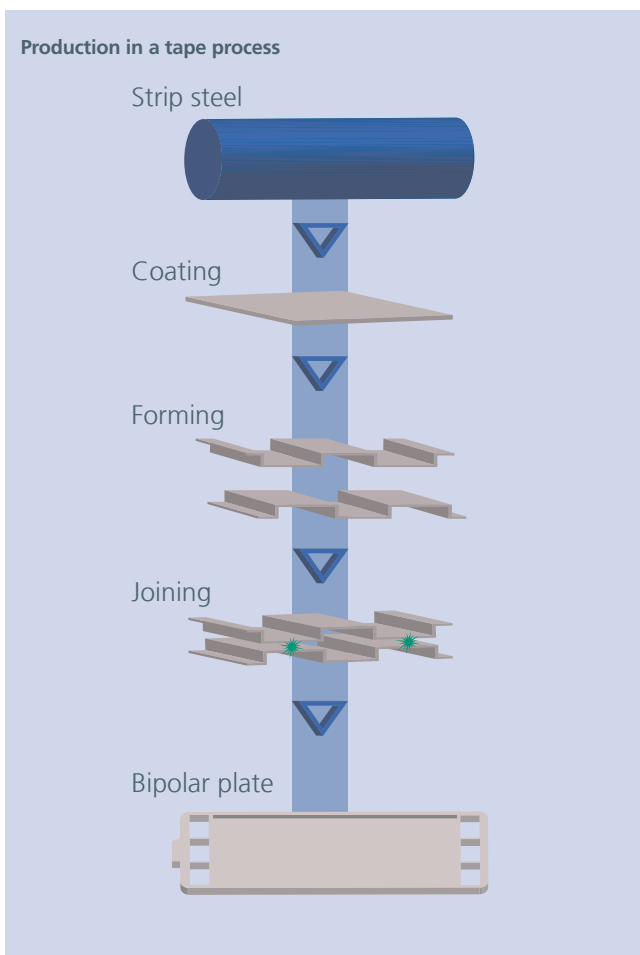


1

ebenso gut wie das Edelmetall leiten – bei halbierten Kosten. Das könnte zu einer neuen Generation effektiverer Brennstoffzellen mit höherer elektrischer Ausbeute beitragen. Außerdem verspricht die innovative Entwicklung ein deutlich gesteigertes Produktionstempo. Es werden hoch effiziente, extrem dünne Kohlenstoffsysteme entwickelt, die sich in Sekunden aufbringen lassen. Zudem können Stack-Produzenten in Zukunft ganze Blechrollen noch vor der Umformung am laufenden Band verarbeiten, da die Kohlenstoffschichtsysteme so strapazierfähig sind, dass sie auch dem Umformprozess standhalten. Das ermöglicht einen kontinuierlichen Fertigungsprozess und einen viel höheren Produktionsdurchsatz als bisher.

electrical yields. In addition, their innovative development promises to significantly increase production speed. Highly efficient, extremely thin carbon systems are being developed that can be applied in seconds. In addition, stack producers will in future be able to coat entire sheet metal rolls on the production line already before forming, since the carbon coating systems are so hard-wearing that they can withstand the forming process. The result is a continuous manufacturing process and a much higher production throughput than ever before.

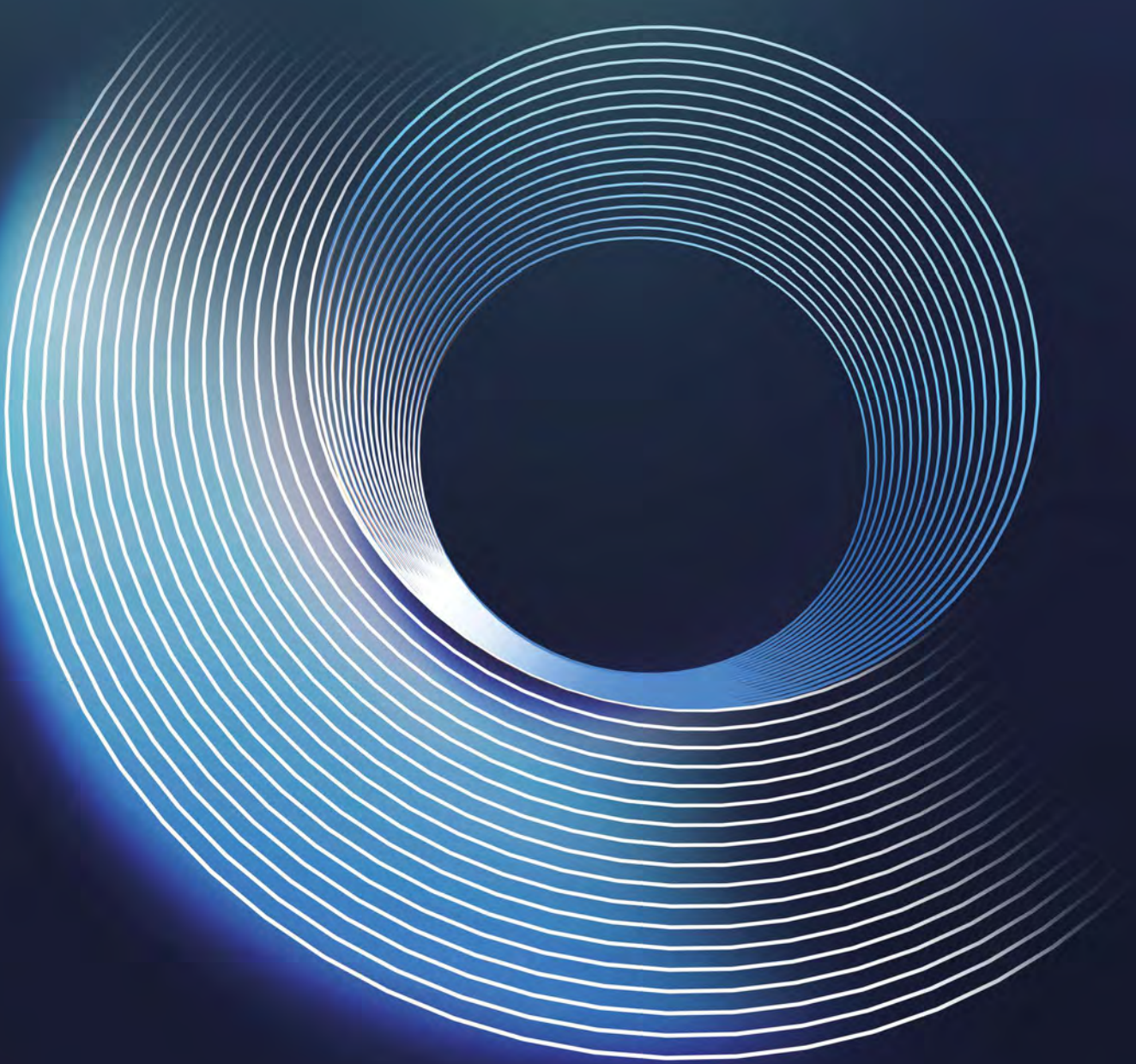
1 The steel sheets, which are about 50 to 100 micrometers thin, are coated with a thin carbon layer of a few nanometers and already achieve contact resistances similar to gold in the pre-production stage – at significantly lower costs (BPP by Daimler Truck Fuel Cell GmbH & Co. KG).



CONTACT

Dr. Teja Roch
 Dortmunder Oberflächencentrum DOC®
 +49 231 8443894
teja.roch@iws.fraunhofer.de





ZENTREN UND NETZWERKE

CENTERS AND NETWORKS

KOOPERATIONSPARTNER
COOPERATION PARTNERS

ZENTREN
CENTERS

AUSSENSTELLEN
BRANCHES

NETZWERKE
NETWORKS

IMPRESSUM
EDITORIAL NOTES

KOOPERATIONS- PARTNER

COOPERATION PARTNERS



CENTER FOR COATINGS AND DIAMOND TECHNOLOGIES CCD

Staying competitive in today's economic situation calls for innovative products and manufacturing solutions. In particular, the Fraunhofer CCD's projects address coating and technology solutions that combine expertise in processes, materials and systems engineering with scientific excellence, quality and project management. The services involve material coating and testing for customer applications, research and development projects for product development, consultation and engineering services and material characterizations, as well as system development, integration, installation and support. The Fraunhofer Center for Coatings and Diamond Technologies CCD is located in East Lansing, Michigan, on the campus of the Michigan State University MSU. For many years, IWS scientists have been cooperating with Fraunhofer CCD and MSU in the fields of thin layer and diamond technology.

CENTER FOR COATINGS AND DIAMOND TECHNOLOGIES CCD

In der heutigen Wirtschaftslage kompetitiv zu bleiben, erfordert innovative Produkte und Herstellungslösungen. Im Speziellen zielen die Projekte des Fraunhofer CCD auf Beschichtungs- und Technologielösungen ab, die Prozesse, Materialien und systemtechnisches Know-how mit wissenschaftlicher Exzellenz, Qualitäts- und Projektmanagement in Einklang bringen. Das Angebot umfasst das Beschichten und Testen von Materialien für Kundenanwendungen, Forschungs- und Entwicklungsprojekte für die Produktentwicklung, Beratungs- und Ingenieursleistungen, Materialcharakterisierungen sowie Systementwicklung, -integration, -installation und Support. Das Fraunhofer-Center for Coatings and Diamond Technologies CCD befindet sich in East Lansing, Michigan, auf dem Campus der Michigan State University (MSU). Seit vielen Jahren arbeitet das Fraunhofer IWS mit dem Fraunhofer CCD und der MSU auf den Forschungsfeldern Dünnschicht- und Diamanttechnik zusammen.

CONTACT: Prof. John Albrecht, +1 517 432-8709, jalbrecht@msu.edu

CENTER FOR LASER APPLICATIONS CLA

The Fraunhofer Center for Laser Applications CLA is the result of focusing all laser research activities of Fraunhofer USA in a joint center. Since 1994, this center has been developing new laser applications in the United States for a wide variety of industrial users. With its expertise in laser processing of materials and its state-of-the-art laser systems, Fraunhofer CLA provides support in the process solutions development for customized use. Its activities focus on providing laser technologies and systems. The center provides a wide range of laser processes, including welding, cutting, drilling, coating, heat treatment, surface marking and patterning, as well as additive manufacturing. Another special field is systems development for process monitoring and control.

CENTER FOR LASER APPLICATIONS CLA

Das Fraunhofer Center for Laser Applications CLA ist das Ergebnis der Bündelung aller Laser-Aktivitäten von Fraunhofer USA in einem gemeinsamen Zentrum. Seit 1994 entwickelt das CLA in den Vereinigten Staaten neue Laserapplikationen für eine große Vielfalt industrieller Anwendungen. Mit seiner Expertise auf dem Gebiet der Lasermaterialbearbeitung und seinen Laseranlagen auf dem neuesten Stand der Technik unterstützt das Fraunhofer CLA dabei, Prozesslösungen für den individuellen Nutzen zu entwickeln. Im Mittelpunkt der Aktivitäten steht die Bereitstellung von Lasertechnologien und -systemen. Das Center bietet eine breite Palette von Laserprozessen einschließlich Schweißen, Schneiden, Bohren, Beschichten, Wärmebehandeln, Oberflächenmarkieren und -strukturieren sowie additive



2



3

ZENTREN UND NETZWERKE

CENTERS AND NETWORKS

Fertigung. Ein weiteres Spezialgebiet ist die Entwicklung von Systemtechnik zur Prozessüberwachung und -steuerung. Außerdem entwickeln die Forscher am Fraunhofer CLA Bearbeitungsköpfe zum Auftragschweißen und Generieren. Das CLA befindet sich in Plymouth, Michigan, in der Nähe von Detroit.

CONTACT: Craig Bratt, +1 734 738-0550, cbratt@fraunhofer.org

FRAUNHOFER PROJECT CENTER – WROCLAW CENTER OF EXCELLENCE FOR MANUFACTURING

In Partnerschaft mit der Wrocław University of Technology gegründet erweitert das »Fraunhofer Project Center for Laser Integrated Manufacturing« das Kooperationsnetzwerk des Fraunhofer IWS nach Osteuropa und nimmt eine Vorreiterrolle in der deutsch-polnischen Zusammenarbeit ein. Die wichtigsten Zielstellungen der Kooperation bestehen einerseits in der Auftragsforschung und in Entwicklungen für polnische Industriekunden. Andererseits treiben die Kooperationspartner den Ausbau des Center-Ausbildungsangebots voran und fördern den grenzüberschreitenden wissenschaftlichen Austausch. Am Fraunhofer Project Center in Wrocław wird an neuen Methoden und Technologien für optische Messungen und Oberflächeninspektionen an schwierig zu qualifizierenden Bauteilen gearbeitet. Die Aktivitäten im Reverse Engineering sind eng verknüpft mit der Digitalisierung physischer Objekte und der Erstellung von 3D-Computermodellen. Außerdem besteht in der Lasermaterialbearbeitung sowie dem Rapid Prototyping und Rapid Tooling ein enger Austausch mit dem Kompetenzfeld Materialprüfung des Fraunhofer IWS.

CONTACT: Prof. Dr. Edward Chlebus, TU Wrocław, +48 71 320 2705, edward.chlebus@pwr.wroc.pl
Prof. Dr. Karol Kozak, +49 351 83391-3717, karol.kozak@iws.fraunhofer.de

The researchers at Fraunhofer CLA also develop processing heads for build-up welding and additive manufacturing. The CLA is located in Plymouth, Michigan, close to Detroit.

FRAUNHOFER PROJECT CENTER – WROCLAW CENTER OF EXCELLENCE FOR MANUFACTURING

Founded in partnership with the Wrocław University of Technology, the Fraunhofer Project Center for Laser-Integrated Manufacturing expands Fraunhofer IWS' cooperation network to Eastern Europe and plays a pioneering role in Polish-German cooperation. The objectives in the cooperation prioritize contract research as well as development and engineering services for Polish industrial customers. Furthermore, the cooperation partners also expand the center's training programs and contribute to transnational scientific exchange. The researchers at the Fraunhofer Project Center in Wrocław are working on new methods and technologies for optical measurements and surface inspections of components that are difficult to refine. Reverse Engineering activities are closely linked with physical objects digitization and 3D computer model creation. In addition, Wrocław's scientists research laser materials processing, rapid prototyping and tooling, exchanging approaches and findings with the researchers in the Material Testing unit Fraunhofer IWS.

- 1 *The Fraunhofer Center for Coatings and Diamond Technologies CCD in East Lansing, Michigan.*
- 2 *The Fraunhofer Center for Laser Applications CLA in Plymouth, Michigan.*
- 3 *The Fraunhofer Project Center for Laser-Integrated Manufacturing in Wrocław, Poland.*

CENTER FOR ADVANCED MICRO-PHOTONICS (CAMP)

CAMP (Center for Advanced Micro-Photonics) focuses on laser-based surface modification and structuring methods. Fraunhofer IWS and TU Dresden scientists address the challenges involved in developing new system and process solutions. They transfer technologies along the entire process chain into industrial implementations. CAMP provides interdisciplinary approaches from simulation to laser processes and optical measurements to machine learning. CAMP scientists are concentrating on different applications and technologies for laser micromachining with integrated metrology. They employ a wide range of current technologies with a broad spectrum of applications, such as micro-drilling, -cutting and -structuring as well as laser marking and laser interference structuring.

Im CAMP stehen laserbasierte Oberflächenmodifikations- und Strukturierungsmethoden im Fokus. Die Wissenschaftler des Fraunhofer IWS und der TU Dresden stellen sich den Herausforderungen in der Entwicklung neuer System- und Prozesslösungen. Sie überführen Technologien entlang der gesamten Prozesskette in industrielle Applikationen. CAMP demonstriert betriebsübergreifende Ansätze von der Simulation über den Laserprozess und optischen Messungen bis hin zum maschinellen Lernen. Die Forschenden des Zentrums konzentrieren sich auf verschiedene Anwendungen und Technologien für die Lasermikrobearbeitung mit integrierter Messtechnik. Am CAMP kommt eine große Auswahl aktueller Technologien mit einem breiten Anwendungsspektrum zum Einsatz, wie etwa das Mikrobohren, -schneiden und -strukturieren sowie das Lasermarkieren und Laserinterferenzstrukturieren.



CONTACT

Prof. Dr. Udo Klotzbach, +49 351 83391-3252, udo.klotzbach@iws.fraunhofer.de

Prof. Dr. Andrés-Fabían Lasagni, +49 351 83391-3007, andres-fabian.lasagni@iws.fraunhofer.de

www.iws.fraunhofer.de/camp

ADDITIVE MANUFACTURING CENTER DRESDEN (AMCD)

The AMCD international competence center develops multi-process material and manufacturing solutions. The center was established in close cooperation between Fraunhofer IWS, TU Dresden and DRESDEN-concept. At the same time, from here the Agent-3D project coordinates all cooperation activities with its consortium partners. In a rapidly developing high-tech field, the AMCD offers an ideal networking platform for industry and university basic and application-oriented research. The focus is on aerospace, automotive, energy, tool and die, and medical technology industries.

Im internationalen Kompetenzzentrum AMCD werden verfahrensübergreifend Werkstoff- und Fertigungslösungen entwickelt. Das Center entstand in enger Kooperation zwischen Fraunhofer IWS, TU Dresden und DRESDEN-concept. Gleichzeitig koordiniert das Projekt Agent-3D von hier aus die Zusammenarbeit mit seinen Konsortialpartnern. In einem sich rasant entwickelnden Hochtechnologiefeld bietet das AMCD eine ideale Vernetzungsplattform für Wirtschaft sowie universitäre Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung. Der Fokus liegt auf den Branchen Luft- und Raumfahrt, Automobil-



industrie, Energietechnik, Werkzeug- und Formenbau sowie Medizintechnik. Die umfangreiche Verfahrenspalette umfasst unter anderem Laserauftragschweißen sowohl mit Pulver als auch mit Draht, selektives Laserstrahlschmelzen, Elektronenstrahlschmelzen und 3D-Druck. Außerdem entwickeln die Wissenschaftler im AMCD Werkstoffe, Prozesse, Systemtechnik, Sensorik und Online-Prozessdiagnostik.

The extensive process portfolio includes laser cladding with both powder and wire, selective laser beam melting, electron beam melting and 3D printing. Furthermore, AMCD scientists develop materials, processes, system technology, sensor technology and online process diagnostics.



CONTACT

Prof. Dr. Frank Brückner, +49 351 83391-3452, frank.brueckner@iws.fraunhofer.de
www.iws.fraunhofer.de/amcd

ADVANCED BATTERY TECHNOLOGY CENTER (ABTC)

Die Batterie der Zukunft steht im Fokus des ABTC. Hier forschen Wissenschaftler des Fraunhofer IWS und der TU Dresden an effizienten Lösungen für die Elektromobilität und stationäre Energiespeicher mit verbesserter Dichte für eine Vielzahl von Wachstumsmärkten. Das Advanced Battery Technology Center bündelt Expertise in fortschrittlicher Batteriechemie, Innovationen in der Elektrodenproduktion und Technologien zur Zellfertigung. Die Forschungspartner entwickeln neue Batteriezellen entlang der gesamten Prozesskette mit den Schwerpunkten Material-, Oberflächen- und Lasertechnologien. Das ABTC bietet Know-how und Equipment für die ganzheitliche Bewertung und Anpassung neuer Batteriekomponenten einschließlich Materialanalyse, -oberflächenmodifikation und -evaluation in Prototypzellen sowie Elektrodenentwicklung, funktionale Folien für Zellkomponenten und Hochenergieanoden.

ABTC research focuses on the battery of the future. Here, scientists from Fraunhofer IWS and TU Dresden develop efficient solutions for electromobility and stationary energy storage with improved density for numerous growing markets. The Advanced Battery Technology Center brings together expertise in advanced battery chemistry, innovations in electrode production and cell manufacturing technologies. The research partners are developing new battery cells along the entire process chain with a particular emphasis on materials, surface and laser technologies. The center offers know-how and equipment for the holistic evaluation and adaptation of new battery components including material analysis, surface modification and evaluation in prototype cells as well as electrode development, functional films for cell components and high-energy anodes.



CONTACT

Dr. Holger Althues, +49 351 83391-3476, holger.althues@iws.fraunhofer.de
www.iws.fraunhofer.de/abtc

AUSSENSTELLEN

BRANCHES



FRAUNHOFER PROJECT GROUP AT THE DORTMUNDER OBERFLÄCHENCENTRUM DOC®

The DOC® provides customized coatings for applications in continuous processes on steel strip. Developments focus primarily on improving functions such as corrosion and scratch resistance, electrical conductivity or cleaning properties. The group's activities concentrate on PVD and thermal coating processes as well as laser surface processing. In close cooperation with the project partner thyssenkrupp, emphasis is being placed on developing conductive, formable carbon coating systems and surfaces.

CONTACT: Dr. Teja Roch, +49 231 844-3894, teja.roch@iws.fraunhofer.de

APPLICATION CENTER FOR OPTICAL METROLOGY AND SURFACE TECHNOLOGIES (AZOM)

The Fraunhofer AZOM bridges the gap between the research expertise of Fraunhofer IWS and the West Saxon University of Applied Sciences Zwickau. The partners address the requirements of the regional economy by implementing the latest research approaches in optical metrology, image processing and biophotonics. The scientists aim to quickly and directly transfer research results into application-specific solutions for industrial processes. The portfolio includes the characterization of almost all surface properties using state-of-the-art equipment from established manufacturers. In addition, AZOM offers developments for individual challenges which cannot be solved using standard commercial technology.

CONTACT: Prof. Dr. Peter Hartmann, +49 1522 926-2090, peter.hartmann@iws.fraunhofer.de

PROJEKTGRUPPE DES FRAUNHOFER IWS AM DORTMUNDER OBERFLÄCHENCENTRUM DOC®

Das DOC® steht für maßgeschneiderte Beschichtungen zum Einsatz in kontinuierlichen Verfahren auf Stahlband. Vorrangig zielen dessen Entwicklungen darauf ab, Funktionen, wie Korrosionsbeständigkeit, Kratzfestigkeit, elektrische Leitfähigkeit oder Reinigungseigenschaften, zu verbessern. Die Tätigkeiten der Projektgruppe konzentrieren sich auf die Oberflächenbeschichtung mittels PVD- und thermischer Beschichtungsverfahren sowie die Laserflächenbearbeitung. In enger Kooperation mit dem Projektpartner thyssenkrupp liegen die Schwerpunkte auf der Entwicklung leitfähiger, umformbarer Kohlenstoffschichtsysteme und Oberflächen.

ANWENDUNGSZENTRUM FÜR OPTISCHE MESS-TECHNIK UND OBERFLÄCHENTECHNOLOGIEN AZOM

Das Fraunhofer AZOM baut eine Brücke zwischen den Forschungskompetenzen des Fraunhofer IWS Dresden und der Westsächsischen Hochschule Zwickau. Die Partner verbinden die Anforderungen der regionalen Wirtschaft mit neuesten Forschungsansätzen der optischen Messtechnik, Bildverarbeitung und Biophotonik. Die Wissenschaftler setzen sich zum Ziel, Forschungsergebnisse durch applikationsspezifische Anwendungslösungen schnell und direkt in industrielle Prozesse zu übertragen. Das Leistungsspektrum umfasst Charakterisierungen nahezu aller Oberflächeneigenschaften mit modernsten Geräten etablierter Hersteller. Ergänzend bietet das AZOM Entwicklungen für individuelle Problemstellungen, die mit am Markt erhältlicher Standardtechnik nicht zu lösen sind.

1 Fraunhofer Project Group at the Dortmunder OberflächenCentrum DOC® in Dortmund.

2 The Application Center for Optical Metrology and Surface Technologies AZOM in Zwickau.



DRESDEN-CONCEPT: EINZIGARTIGE FORSCHUNGS- ALLIANZ AUS WISSENSCHAFT UND KULTUR

DRESDEN-CONCEPT: UNIQUE RESEARCH ALLIANCE OF SCIENCE AND CULTURE

In Vorbereitung der Technischen Universität Dresden (TU Dresden) auf die erste Exzellenzinitiative des Bunds schlossen sich 15 Forschungseinrichtungen zu einem Verein zusammen, um bereits bestehende Kooperationen zu stärken. Das Fraunhofer IWS gehörte zu diesen Gründungsinstituten und bringt sich seither aktiv in die Netzwerkarbeit ein. Mit dem Zusammenschluss als DRESDEN-concept e.V. (DDc) glückte die Exzellenzbewerbung, die 2019 bestätigt wurde. 2020 feierte die einzigartige Forschungsallianz ihr zehnjähriges Bestehen. DRESDEN-concept steht für »Dresden Research and Education Synergies for the Development of Excellence and Novelty«. Seit der Gründung 2010 hat der Verein seine Mitgliederzahl mehr als verdoppelt und vernetzt Forschende am Standort Dresden interdisziplinär sowie über die Institutsgrenzen hinaus. Die Partner erschließen Synergien in Forschung, Ausbildung, Infrastruktur und Verwaltung. Sie koordinieren die Wissenschaftsstrategie und identifizieren die Gebiete, auf denen Dresden international führt, um hochkarätige Köpfe für die sächsische Landeshauptstadt zu gewinnen. Dank der facettenreichen Forschungsrichtungen sind die DDc-Partner ein lukrativer Arbeitgeber für Absolventen der Dresdner Hochschulen und Menschen aus aller Welt. Zahlreiche Kontakte in die lokale Wissenschaft machen DDc zu einem Ansprechpartner für Politik, Stadt sowie Gesellschaft und somit zu einer strahlkräftigen Marke des gesamten Wissenschaftsstandorts Dresden.

As part of Technische Universität Dresden's (TU Dresden) preparations for the first federal excellence initiative, 15 research institutions formed an association in order to strengthen already existing cooperations. Fraunhofer IWS was one of these founding institutes and has been actively involved in the network since then. Thanks to this alliance TU Dresden's application for excellence was successfully confirmed in 2019. The unique research alliance celebrated its 10th anniversary in 2020. DRESDEN-concept stands for "Dresden Research and Education Synergies for the Development of Excellence and Novelty". Since its foundation in 2010, the association has more than doubled its membership base and brings together researchers in Dresden from across disciplines. The partners develop synergies in research, education, infrastructure and administration. They coordinate science strategies and identify the fields of research in which Dresden is internationally renowned in order to attract first-class minds to the saxon state capital. Thanks to the multifaceted research fields, DDc partners are interesting employers for Dresden's university graduates and experts from all over the world. Numerous connections to the local scientific community ensure that DDc is a valuable contact for politics, the city and society and thus a powerful source of inspiration for Dresden as a science location.



CONTACT

Romy Conrad | DRESDEN-concept e.V., +49 351 463-43178,
geschaeftsstelle@dresden-concept.de
www.dresden-concept.de

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Technische Universität Dresden – founded in 1828 as Technische Bildungsanstalt Dresden – is one of the earliest technical-academic educational institutions in Germany. The consistent competitive orientation of the university includes business-oriented thinking and acting as well as the development of effective partnerships. Since its foundation, Fraunhofer IWS has been working closely with the Saxon university by means of professional and practical exchange. TU Dresden is one of the top universities in Germany and Europe: strong in research, first-class in terms of the variety and quality of study programs, closely linked to culture, economy and society. As a modern university, with its 18 faculties in five departments, it offers a multifaceted scientific spectrum as only few universities in Germany do. It is the largest university in Saxony with 121 courses of study. Its key research areas, biomedicine and bio-engineering, material sciences, information technology, microelectronics, as well as energy and environment, are considered exemplary throughout Germany and Europe. The large TU Dresden campus family consists of about 32,400 students and about 8,300 employees – 600 of which are professors. Since 2012, TUD has been one of the eleven German universities of excellence. At that time, it was successful with four applications: the institutional strategy “The Synergetic University”, the excellence clusters Center for Advancing Electronics Dresden (cfaed) and Center for Regenerative Therapies Dresden (CRTD), and the International Graduate School for Biomedicine and Bioengineering (DIGSBB). In January 2019, three new Clusters of Excellence have now started their work: PoL (Physics of Life), ct.qmat (Complexity and Topology in Quantum Materials) and CeTI (Center for Tactile Internet). Since 1 November 2019, TU Dresden has been receiving permanent funding within the framework of the excellence strategy of the federal and state governments.

Die Technische Universität Dresden – gegründet 1828 als Technische Bildungsanstalt Dresden – gehört zu den ältesten technisch-akademischen Bildungsanstalten Deutschlands. Zur konsequenten Wettbewerbsorientierung der Universität gehören wirtschaftsnahes Denken und Handeln sowie der Ausbau funktionierender Partnerschaften. So entwickeln sich über den fachlichen und praktischen Austausch seit Bestehen des Fraunhofer IWS enge Beziehungen mit der sächsischen Universität. Die TU Dresden ist eine der Spitzenuniversitäten Deutschlands und Europas: stark in der Forschung, erstklassig in der Vielfalt und der Qualität der Studienangebote, eng vernetzt mit Kultur, Wirtschaft und Gesellschaft. Als moderne Universität bietet sie mit ihren 18 Fakultäten in fünf Bereichen ein so breit gefächertes wissenschaftliches Spektrum wie nur wenige Hochschulen in Deutschland. Sie ist die größte Universität Sachsens mit 121 Studiengängen. Ihre Schwerpunkte Biomedizin und Bioengineering, Materialwissenschaften, Informationstechnik und Mikroelektronik sowie Energie und Umwelt gelten bundes- und europaweit als vorbildlich. Die große Campus-Familie der TU Dresden setzt sich zusammen aus rund 32.400 Studierenden und ca. 8.300 Mitarbeitern – davon 600 Professoren. Seit 2012 gehört die TUD zu den elf deutschen Exzellenz-Universitäten. Sie war damals mit vier Anträgen erfolgreich: Zukunftskonzept »Die Synergetische Universität«, die Exzellenzcluster Center for Advancing Electronics Dresden (cfaed) und Center for Regenerative Therapies Dresden (CRTD) sowie die International Graduate School for Biomedicine and Bioengineering (DIGSBB). Im Januar 2019 haben nun drei neue Exzellenzcluster ihre Arbeit aufgenommen: PoL – Physik des Lebens, ct.qmat – Komplexität und Topologie in Quantenmaterialien und CeTI – Zentrum für Taktilen Internet. Seit 1. November 2019 erhält die TU Dresden eine dauerhafte Förderung im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder.

<https://tu-dresden.de>



Seit 1997 wächst die exzellente Kooperation des Fraunhofer IWS mit der TU Dresden kontinuierlich. Beide Partner verknüpfen breites Grundlagenwissen mit anwendungsorientierter Entwicklung. Entstanden ist ein enger Austausch von Forschenden, Studierenden, Doktoranden sowie technischer Ausstattung.

The excellent cooperation between Fraunhofer IWS and TU Dresden has been thriving since 1997. Both partners combine profound basic knowledge with application-oriented development. The result is a close exchange of researchers, students, PhD students and technical equipment.



PROF. DR. CHRISTOPH LEYENS

Faculty of Mechanical Science and Engineering, Institute of Materials Science

Chair of Materials Engineering



PROF. DR. STEFAN KASKEL

*Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Department of Chemistry and Food Chemistry*

Chair of Inorganic Chemistry



PROF. DR. KAROL KOZAK

*Faculty of Medicine
Clinic for Neurology*

Data Management and Evaluation



PROF. DR. ANDRÉS-FABIÁN LASAGNI

*Faculty of Mechanical Science and Engineering
Institute of Manufacturing Technology*

Chair of Large Area Laser-Based Surface Structuring



PROF. DR. ANDREAS LESON

Faculty of Mechanical Science and Engineering, Institute of Manufacturing Technology

Nano- and Coating Technology



PROF. DR. MARTINA ZIMMERMANN

*Faculty of Mechanical Science and Engineering
Institute of Materials Science*

Chair of Mechanics of Materials and Failure Analysis



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

**DRESDEN
concept**



IMPRESSUM

Editorial staff and coordination:	Markus Forytta Matti Hilbert	
Editing:	Ricarda Nonn Kerstin Zenner René Zenner	
English translation:	Claudia Leson	
Proofreading:	Wissenschaftslektorat Zimmermann: Martin Zimmermann Lyam Bittar	
Printing:	Stoba-Druck GmbH Am Mart 16, 01561 Lampertswalde	
Photo credits:	pp. 4, 12, 13 right, 24, 32, 48, 56, 64, 72, 80 p. 17 p. 19 pp. 25, 36 p. 30 pp. 35, 36 p. 38 p. 55 right p. 78 p. 81 p. 90, 100 left p. 93 pp. 96, 97 left p. 97 right p. 100 p. 101 p. 103 All other pictures	Förstermartin.de, Martin Förster Thomas Himmer thyssenkrupp AG Marco Posdich – TU Chemnitz Dosch Design/Fraunhofer IWS Pixabay ULT AG MTU Aero Engines AG Diana Wolfrum – TU Dresden Frank Höhler Michael Rasche Daimler Truck Fuel Cell GmbH & Co. KG Fraunhofer USA Wroclaw University of Technology Helge Gerischer DRESDEN-concept e.V., Robert Lose Lothar Sprenger Fraunhofer IWS

© Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS Dresden, 2021
Reprints require permission of the editor.

Contact

**Fraunhofer-Institut für Werkstoff-
und Strahltechnik IWS Dresden**

Fraunhofer Institute for Material
and Beam Technology IWS

**Winterbergstraße 28
01277 Dresden**

www.iws.fraunhofer.de

+49 351 83391-0

+49 351 83391-3300

info@iws.fraunhofer.de



www.iws.fraunhofer.de