

As Hard as a Diamond and as Deformable as Metal: TU-Scientists Develop New Material for Tomorrow's Technology

Smartphones with large glass housings and displays are impressive, but they are also very prone to get cracked and scratched. To prevent these kinds of damages, a material combining the hardness of diamond and the deformability of metals would be ideal – and is indeed considered the holy grail of structural materials. Professor Gerold Schneider of the Hamburg University of Technology and other Hamburg materials researchers, together with colleagues in Berkeley, California, have now developed a hybrid material, a so-called supercrystal, that comes closer to achieving this goal.

Such a material has the potential to make technology in areas such as electronics, photonics and energy storage more robust and cost-effective.

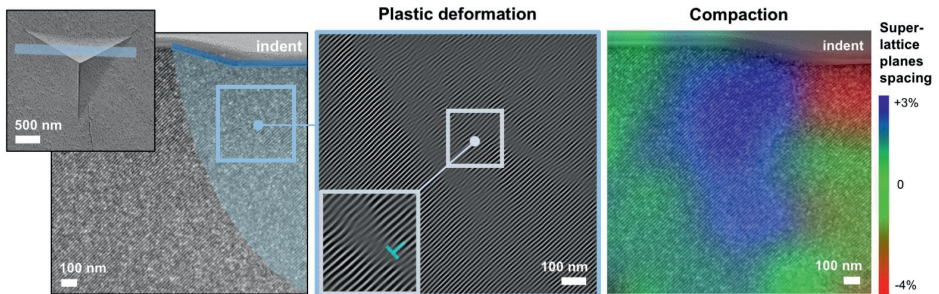
Deformable material made of nanoparticles

In collaboration with colleagues from the Helmholtz-Zentrum Geesthacht and the University of California, Berke-

ley, the research team led by Professor Gerold Schneider has discovered that nanoparticles can be arranged like atoms in a three-dimensional, periodic lattice, and adhere to each other with the help of ultra-thin layers of fatty acids. Since the nanoparticles are made of hard iron oxide, a type of rust, and the bonding layer is made of liquid oleic acid, the supercrystal is both hard and at the same time easy to deform, together with completely environmentally compatible. Perfect for surfaces subject to heavy wear.

New material concept

"Plastic deformation of materials such as copper, aluminum



Indent with generated dislocations and densification of the supercrystal.



From left to right: Professor Gerold Schneider of TU Hamburg, Assistant Professor Diletta Giuntini of TU Eindhoven and Dr. Tobias Krekeler of TU Hamburg.

or steel has long been known in research. The fact that this mechanical behavior can also be transferred to high-strength supercrystals is completely new," explains Diletta Giuntini, a research associate at TU Hamburg and now an assistant professor at the Eindhoven University of Technology. "As part of our work, we

have gained valuable knowledge about how to control the mechanical properties and deformability of supercrystals. In the next steps, we want to fine-tune their individual components and the interactions among them, and perfect these hybrid materials for a diverse set of applications," she continued.

The project was funded by the German Research Foundation (DFG) within the framework of the TU Collaborative Research Center 986 "Tailored Multi-scale Material Systems", with a total of 14 million Euro.

TUHH

Technische Universität Hamburg

Quelle: www.tuhh.de

Neue Produktionstechnologie für schwere Nutzfahrzeuge

Das EU-Klimaziel, den CO₂-Ausstoß von neuen Pkw bis 2030 um 37,5 Prozent zu senken, soll bereits in fünf Jahren auch auf schwere Nutzfahrzeuge ausgedehnt werden. Weitere Verschärfungen der Ziele werden aktuell in der EU diskutiert. 2019 wurden 409 801 Nutzfahrzeuge, davon 38 620 Sattelzugmaschinen in Deutschland zugelassen, für die bisher keine CO₂-Flottenminderungsziele galten. Forscherinnen und Forscher des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) setzen sich im Projekt „KliMEA“ intensiv mit dem Antrieb schwerer Nutzfahrzeuge sowie der Brennstoffzellentechnologie auseinander und erarbeiten Wege, um künftig die Produktion von Brennstoffzellenkomponenten den neuen Anforderungen anzupassen.

Um bis zum Jahr 2025 bei schweren Nutzfahrzeugen 15 Prozent CO₂-Emissionen und bis 2030 sogar 30 Prozent einzusparen, erscheint die Brennstoffzellentechnologie vielversprechend. Konventionelle LKW-Antriebsstränge mit Dieselaggregaten sind bereits in hohem Maße optimiert und bieten hier wenig Ausbaupotenzial. Bestehende Lösungen zum batterieelektrischen Antrieb von Pkw lassen sich aber nicht direkt übertragen, da die benötigte Batterie zu schwer und die Ladezeiten zu lange wären.

„Neben dem Einsatz synthetischer Kraftstoffe sehen wir insbesondere großes Po-

tenzial, wenn das Nutzfahrzeug über eine Brennstoffzelle durch die Nutzung von Wasserstoff mit Energie versorgt wird. Erste Fahrzeu-

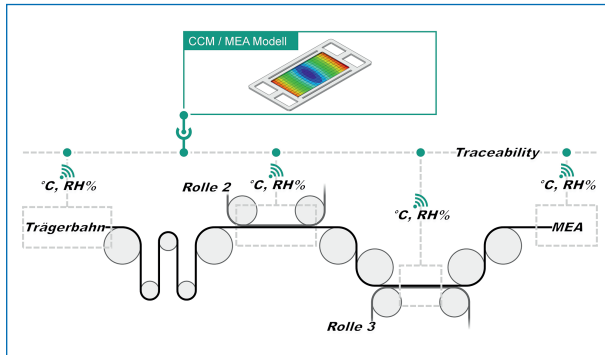
ge sind bereits verfügbar, jedoch muss die Brennstoffzellenentwicklung bei einer Einführung bis 2025 deutlich beschleunigt werden. Taktgeber für die Beschleunigung der Brennstoffzellenentwicklung ist die Produktionstechnik“, so Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, die baden-württembergische Landesministerin für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau.

Membran in der Brennstoffzelle ist entscheidend

Bei einem Brennstoffzellenfahrzeug genügt zum Antrieb ein leichteres Brennstoffzel-



Forschende des KIT wollen die Vorteile von Brennstoffzellen auch für schwere Nutzfahrzeuge erschließen.



Schematische Darstellung der Rolle-zu-Rolle MEA-Fertigung.

lensystem, und der benötigte Wasserstoff lässt sich schnell nachtanken. Ein entscheidender Schritt in der Fertigung einer Brennstoffzelle besteht darin, die „Membrane Electrode Assembly“ (MEA) herzustellen und zu verarbeiten. Die MEA ist ein Verbundbauteil, dessen Kernstück die Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM) ist. Die PEM ist nur wenige Mikrometer dünn und verändert sich stark, wenn sich die Luftfeuchtigkeit ändert. Dadurch können Beschädigungen, Risse oder Ablösungen entstehen, durch die das gesamte Verbundbauteil nicht mehr nutzbar ist. Aktuell muss, um dies zu vermeiden, die gesamte Produktionsfläche klimatisiert und geregelt werden. „Ein solches System zu installieren, erfordert derzeit einen hohen Planungshorizont und verursacht hohe Kosten, sowohl in der Anschaffung als auch im Betrieb. In unserem Forschungsvorhaben ‚KliMEA‘ untersuchen wir daher die Möglichkeiten, das MEA-Verbundbauteil nur lokal in Form eines soge-

nannten Microenvironments zu klimatisieren. Hierbei wird die PEM an mehreren Stellen unter einer Art Käseglocke gesondert mit dem richtigen Klima an der richtigen Stelle verarbeitet“, so Professor Jürgen Fleischer, Leiter des wbk Instituts für Produktionstechnik des KIT. „Mit diesem Verfahren könnten wir die MEA-Fertigung künftig stückzahlflexibel gestalten, maßgeblich beschleunigen und somit ressourcenschonender und kostengünstiger umsetzen.“

Über „KliMEA“: Ziele und Partner

„KliMEA“ steht für „Klimaadaptive und modellgestützte Membrane-Electrode-Assembly-Fertigung“. Das wbk leitet das Projekt mit zwei Fachbereichen. Als Projektpartner untersucht die Arbeitsgruppe Thin Film Technologies (TFT) des KIT vor allem das Feuchtigkeitsaufnahmeverhalten der PEM. Dieses Bauteil beeinflusst das Verhalten der MEA wesentlich. Es wird länger oder kürzer, wenn sich die Luftfeuchtigkeit

verändert. Ein Team des wbk untersucht darauf aufbauend in Simulationen genauer, wie sich die Veränderungen der PEM auf die MEA auswirken, um so das nötige Prozesswissen zu erlangen. Mittels eines „digitalen Zwillings“, also einer betriebsbegleitenden Simulation, die sehr realitätsnah und ausreichend detailliert das System digital widerspiegelt, untersucht das zweite Forschungsteam des wbk die Verknüpfung mit der realen Anlage und leitet geeignete Messstrategien ab. Die erhobenen Daten sind entscheidend für die Qualitätssicherung und zugleich für die Rückverfolgbarkeit. Auf dieser Basis lässt sich entscheiden, ob hinsichtlich einer bestimmten Baugruppe ein Risiko besteht und Gegenmaßnahmen ergriffen werden müssen.

Als assoziierter Projektpartner bringt die Daimler Truck Fuel Cell GmbH ihr Expertenwissen zur industriellen MEA-Fertigung ein. Die e-mobil BW GmbH unterstützt das Projekt mit ihrer Kompetenz aus dem langjährigen Management des Clusters Brennstoffzelle Baden-Württemberg. Im Rahmen des Strategiedialogs Automobilwirtschaft Baden-Württemberg fördert das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau das Forschungsvorhaben bis Ende 2021 mit rund einer Million Euro.

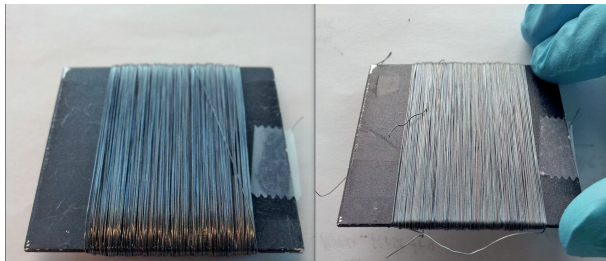
When Damaged Ropes Change Color

High-performance fibres that have been exposed to high temperatures usually lose their mechanical properties undetected and, in the worst case, can tear precisely when lives depend on them. For example, safety ropes used by fire brigades or suspension ropes for heavy loads on construction sites. Empa researchers have now developed a coating that changes color when exposed to high temperatures through friction or fire.

The firefighter runs into the burning building and systematically searches room by room for people in need of rescue. Attached to him is a safety rope at the other end of which his colleagues are waiting outside in front of the building. In an emergency – should he lose consciousness for any reason – they can pull him out of the building or follow him into the building for rescue. However, if this rope has been exposed to excessive heat during previous operations, it may tear apart. This means danger to life! And up to now there has been no way of noticing this damage to the rope. A team of researchers from Empa and ETH Zurich has now developed a coating which changes color due to the physical reaction with heat, thus clearly indicat-

ing whether a rope will continue to provide the safety it promises in the future.

Researchers from ETH Zurich and Empa developed a coating system in 2018 as part of a Master's thesis, which the Empa team was now able to apply to fibers. "It was a process involving several steps," says Dirk Hegemann from Empa's Advances Fibers lab. The first coatings only worked on smooth surfaces, so the method first had to be adapted so that it would also work on curved surfaces. Empa has extensive know-how in the coating of fibers - Hegemann and his team have already developed electrically conductive fibers in the past (see links). The so-called sputtering process has now also been successfully applied to the latest coating.



The coated polyester filament before and after the heat test at 150 degrees (right). The color change from blue to white is clearly visible and the safety of the product is no longer guaranteed.

Wafer-thin layers with great effect

Three layers are required to ensure that the fiber actually changes color when heated. The researchers apply silver to the fibre itself, in this case PET (i.e. polyester) and Vectran™, a high-tech fibre. This serves as a reflector – in other words, as a metallic base layer. This is followed by an intermediate layer of titanium nitrogen oxide, which ensures that the silver remains stable. And only then follows the amorphous layer that causes the color change: Germanium-antimony tellurium (GST), which is just 20 nanometers thick. When this layer is exposed to elevated temperatures, it crystallizes, changing the color from blue to white. The colour change is based on a physical phenomenon known as interference. Two different waves (e.g. light) meet and amplify or weaken each other. Depending on the chemical composition of the temperature-sensitive layer, this color change can be adjusted to a temperature range between 100 and 400 degrees and thus adapted to the mechanical properties of the fiber type.

Tailor-made solutions

The possible areas of application for the colour-changing fibres are still open, and Hegemann is currently looking for possible project partners. In addition to safety equipment for firefighters or mountaineers, the fibres can also be used for load ropes in production facilities, on construction sites, etc. In any case, research on the sub-

ject is far from complete. At present, it is not yet possible to store the fibers for long periods of time without losing their functionality. “Unfortunately, the phase-change materials oxidize over the course of a few months,” says Hegemann. This means

that the corresponding phase change – crystallization – no longer takes place, even with heat, and the rope thus loses its “warning signal”. In any case, it has been proven that the principle works, and durability is a topic for future research, says Hegemann. “As

soon as the first partners from industry register their interest in our own products, the fibers can be further optimized according to their needs”.



Quelle: www.empa.ch

We draw your attention to the fact that the individual pieces of information from the different sources will not be checked for accuracy. It is only possible to check for plausibility.

Wir weisen Sie darauf hin, dass die Nachrichten nicht auf ihre sachliche Richtigkeit, sondern nur auf Plausibilität überprüft werden.

Bibliography

DOI 10.1515/pm-2021-0012

Pract. Metallogr. 58 (2021) 3; page 168–172

© 2021 Walter de Gruyter GmbH,
Berlin/Boston, Germany

ISSN 0032-678X · e-ISSN 2195-8599