www.think-ing.de

Ausgabe 10 | 2009

THINK ING.

kompakt

Jeden Monat neue Infos aus der Welt der Ingenieure

Thema: Materialwissenschaften und Werkstofftechnik

»» WERKSTOFFE UND MATERIALIEN

Reibrührgeschweißte Metallschäume

Branchenübergreifend suchen und nutzen Ingenieure Erkenntnisse der Werkstoff- und Materialwissenschaften

© Foto oben: Fotolia/Vege

Metalle, Keramik, Beton, Kunststoffe, spezielle Oberflächen – zu jeder Zeit war der Mensch auf der Jagd nach neuen Materialien

© Fotolia, ktsdesign

Hätte die Menschheit sich seit ihrer Entstehung mit dem zufrieden gegeben, was die Natur ihr bietet, ohne auf besonderen Erfindungsreichtum zurückzugreifen – wir würden heute noch in Höhlen leben und uns ausschließlich von rohem Fleisch und Beeren ernähren, die direkt von der Hand in den Mund wandern. Die Realität sieht anders aus: Für den durchschnittlichen Europäer ist es eine Selbstverständlichkeit, in einem Haus aus Ziegelsteinen oder Beton zu leben, aus dem er durch Fenster aus Glas die Autos auf der Straße beobachten kann, während er mit einer Gabel aus rostfreiem Edelstahl Kartoffelsalat aus einem Plastikbehälter auf einen Porzellanteller befördert. Wir sind umgeben von Werkstoffen, die so sehr zu unserem Alltag gehören, dass wir nicht mehr darüber nachdenken, dass sie in den meisten Fällen irgendwann einmal von Menschen entdeckt, erfunden, entwickelt worden sind. Und ein Ende dieses Prozesses ist nicht in Sicht – im Gegenteil: Auf der ganzen Welt ist eine große Anzahl von Ingenieuren, Physikern und Chemikern ständig damit beschäftigt, mit neuen Materialien zu experimentieren oder bestehende zu verbessern. Mit zum Teil spannenden Ergebnissen.

© Fotolia/Cerae

Schon mal den Begriff „Metallschaum" gehört? Den gibt es wirklich. Die Fraunhofer-Gesellschaft in Chemnitz betreibt ein Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), zu dem auch das sogenannte Metallschaumzentrum gehört, in dem unter anderem Prototypen für neue Schäume entwickelt werden. Das grundsätzliche Verfahren beruht darauf, ein Metallpulver (häufig Aluminium) mit einem Metallhydrid (häufig Titanhydrid), also eine Metall-Wasserstoff-Verbindung, zu vermischen, unter Hitze zu pressen und zu einem Vormaterial zu verdichten, das auf eine Temperatur oberhalb des Schmelzpunktes des Metalls erhitzt wird. Das Hydrid setzt dabei Wasserstoff frei, der für die Aufschäumung sorgt. Ergebnis ist ein poröser Schaum, der die Eigenschaft geringer Dichte mit einer hohen spezifischen Steifigkeit verbindet. Ein denkbares Einsatzgebiet ist der Fahrzeugbau und mögliche Verbesserungen bei der Versteifung sowie Crashabsorption. »» weiter S. 2

»» INTRO

Eine materielle Zeitreise

Los ging's in der Kupferzeit, denn bereits 4.300 vor Christus begannen die Menschen, der Erde gezielt Rohstoffe abzuringen. Lohn der Mühen waren vor allem Metalle wie Gold oder Silber. Später in der Bronzezeit (2.000 vor Christus) gab es dann erste Experimente mit der Kombination verschiedener Metalle, um spezielle Materialien zu erzeugen und deren Eigenschaften zu beeinflussen. Letztlich war es ja auch eine spezielle Zinn-Kupfer-Legierung, die weitaus härter ist als reines Kupfer, die der bronzenen Epoche ihren Namen verlieh. Dort in der menschlichen Frühgeschichte liegen die Anfänge eines Themas, das die Menschheit seitdem nicht mehr losgelassen hat: die Werkstoff- und Materialwissenschaften. Bekannte Beispiele reichen vom Damaszener-Schwert bis hin zur Bratpfanne und ihrer Innenbeschichtung. Die Entwicklung des Teflons, das in der Fachsprache eigentlich „Polytetra flourethylen" heißt, lässt nämlich nichts anbrennen. Erstaunlicherweise handelt es sich dabei um einen Kunststoff.

Tja, die Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Stoffe bringen so einiges Erstaunliches hervor – von Metallen über Polymere bis hin zu Beton und Holz. Viele neue Materialien sind denkbar und wahrscheinlich wird in nicht allzu ferner Zukunft noch viel mehr machbar sein. //

»» PORTRÄT

Der Herr der Kunststoffe

Ingenieur Peter Bosse ist anwendungstechnischer Berater bei der Murtfeldt GmbH in Dortmund. Sein Spezialgebiet sind Kunststoffe. Haltbar, gleitfähig, rutschfest, antistatisch – Bosse findet das richtige Material. Garantiert. »» weiter S. 3

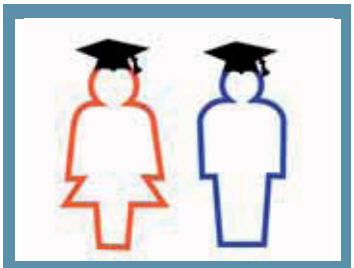
© AIRBUS/H.Gousé

»» ENTWICKLUNGEN

Verbündet: Carbon und Metall

Nicht nur neue Materialien, sondern auch neue Materialkombinationen denken sich findige Werkstoffingenieure aus. Heutzutage wird auch Holz mit Kunststoff und Keramik mit Metall verheiratet. Leichter, besser, härter soll es sein. »» weiter S. 4

»» Fortsetzung von S. 1: Reibrührgeschweißte Metallschäume



© Fotolia/pdesign

Studien-Links

Es gibt die Studiengänge „Werkstofftechnik" und „Materialwissenschaft". Das Angebot ist vergleichsweise umfangreich. Wie vielfältig die Inhalte sind, lässt sich unter anderem am Angebot der Technischen Universität Darmstadt ablesen. Dort gliedert sich die Materialwissenschaft in zwölf unterschiedliche Fachgebiete, die von „Oberflächenforschung" über „Disperse Feststoffe" bis zu „Materialmodellierung" und „Erneuerbare Energien" reichen.

Neben den akademischen Einrichtungen sind es vor allem die bekannten Forschungsgesellschaften, die man für weiterführende Informationen nutzen kann. Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft haben sich zum Beispiel die zwölf materialwissenschaftlich orientierten Institute zum „Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile" zusammengeschlossen. Die Forschungsgebiete des Instituts für Werkstoff-Forschung in Köln reichen von „Hochtemperatur- und Funktionsschichten" über „Thermoelektrische Sensoren" bis zu „Hybriden Werkstoffsystemen", um einmal drei von zehn zu nennen.

Eine Auswahl der Studiengänge an Universitäten und Hochschulen:

Materialwissenschaft,
TU Darmstadt, B.A. & M.A.
www.tu-darmstadt.de/fb/ms

Materialwissenschaft,
Christan-Albrechts-Universität Kiel,
B.A. & M.A.
www.tf.uni-kiel.de/matwis/instmat

Materialwissenschaften,
Justus-Liebig-Universität Gießen,
B.A. & M.A.
www.uni-giessen.de/materialwissenschaften

Institut für Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie,
Friedrich-Schiller-Universität Jena,
B.A. & M.A.
www.matwi.uni-jena.de

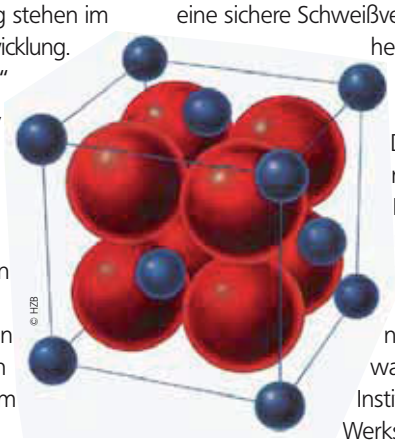
Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik, TU Clausthal,
B.A. & M.A.
www.iww.tu-clausthal.de

Schwarz wie Kohle – die neu entwickelten Carbon-Nanotubes vom GKSS Forschungszentrum der Helmholtz-Gesellschaft

© GKSS Forschungszentrum

Und tatsächlich befinden sich im Audi Q7 bereits Aluminiumschaumcrashabsorber in der Gepäcknetzhalterung, um die Insassen auch bei deformierter Karosserie zu schützen.

Aber nicht nur neue Materialien, sondern auch neue Techniken der Materialverarbeitung stehen im Mittelpunkt der Entwicklung. „Reibrührschweißen" ist ein weiteres Wort, das bei vielen zunächst zu einem Stirnrunzeln führen dürfte. Tatsächlich handelt es sich um ein ernst zunehmendes Verfahren zum Fügen (also Verbinden) von Leichtmetallen, das am TWI im englischen Cambridge – einem der größten unabhängigen Forschungs- und Technologieinstitute der Welt – entwickelt wurde. In Deutschland wird „Reibrührschweißen" in Lizenz am Institut für Werkstoff-Forschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in der Helmholtz-Gesellschaft angewandt. Das Prinzip: Ein rotierender Stift wird entlang der Fügelinie zweier Bleche bewegt, die sich dort erwärmen, während die Rotation das Material verrührt. Dieser Warmumformprozess führt zu einer permanenten Verbindung. Das geschieht bei Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes, was im Gegensatz zum herkömmlichen Schweißen bei Leichtmetallverbindungen nachteilige Veränderungen des Materials vermeidet. Bei einigen Legierungen ist das Verfahren sogar die einzige Möglichkeit, überhaupt eine sichere Schweißverbindung herzustellen.



© HZG

Dem aufmerksamen Leser dämmert vielleicht schon genau das, was auch am Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik der FH Hamburg herausgefunden worden ist: Reibrührschweißverfahren eignen sich besonders gut zum Fügen von metallischen Schaumwerkstoffen.

Und eines wird anhand dieses Beispiels auch deutlich: Egal, ob im traditionellen Automobilbau oder in der Grundlagenforschung – Ingenieure im Bereich der Werkstofftechnik stehen immer schon mit einem Bein in der Zukunft. //

Definition

Die **Werkstoffkunde** ist eine Ingenieurwissenschaft, die stark anwendungsorientiert ist. Sie versucht, Werkstoffe zu entwickeln, die genau über jene Eigenschaften verfügen, die von der Industrie gewünscht sind. Die Vorgaben können sich zum Beispiel auf die Korrosionsbeständigkeit, die Zugfestigkeit, die Leitfähigkeit, die Härte oder die Biegsamkeit von Materialien beziehen. In der Vergangenheit waren es vor allem empirische Befunde, die Neuentwicklungen vorangetrieben haben. Inzwischen spielen Computersimulationen und numerische Verfahren in der Forschung eine immer größere Rolle.

Der Werkstoffkunde sozusagen übergeordnet ist die **Materialwissenschaft**, die neben dem praxisorientierten auch einen stärker theoretischen Zweig hat, dessen Ziel es ist, dem Zusammenhang zwischen der (Kristall-) Struktur eines Stoffes und seinen Eigenschaften auf den Grund zu gehen, um dann durch gezielte Strukturveränderungen zu neuen Materialien zu gelangen. Und ganz egal, ob Nanopartikel, Verbundwerkstoffe oder spezielle Oberflächen – die Suche nach neuen Materialien ist nie zu Ende. //

»» PORTRÄT

Neue Kunststoffe: der beste Mix entscheidet

Ingenieure wie Peter Bosse beschäftigen sich bei der Murtfeldt GmbH mit der Entwicklung und Anwendung neuer Werkstoffe

Still stehen sie da und lauschen in die unendlichen Weiten. Die 66 hochmodernen Radioteleskope in der chilenischen Atacama-Wüste, die nach ihrer Fertigstellung im Jahr 2011 der größte Himmelsbeobachtungsposten auf der Erde sein werden. Ob Ingenieur Peter Bosse weiß, dass in einigen der Hightech-Kolosse auch ein wichtiges Bauteil aus einem speziellen Werkstoff seines Dortmunder Arbeitgebers Murtfeldt steckt? Der 40-Jährige ist anwendungstechnischer Berater und einer von insgesamt 250 Mitarbeitern. Sein Steckenpferd sind Werkstoffe, genauer gesagt technische Kunststoffe. Die werden branchenübergreifend eingesetzt: In der Antriebs- und Fördertechnik, der Getränke-, Lebensmittel- sowie Verpackungsindustrie, in der Medizintechnik, bei der Herstellung von Pharmazeutika oder in der Automobilproduktion. Überall dort, wo Maschinen sich bewegen, wo Reibung Verschleiß verursacht oder Hartes auf Weiches trifft, sucht Bosse gemeinsam mit seinen Kollegen den richtigen Kunststoff. Mal stehen lange Lebensdauer und hohe Belastbarkeit im Mittelpunkt, mal gute Gleiteigenschaften, Säurefestigkeit, Temperaturbeständigkeit, Rutschsicherheit oder auch antibakterielle sowie antistatische Eigenschaften. Wenn nötig, bekommt man auch von allem etwas oder von allem alles.

Anfragen an Bosse kommen entweder von den zwölf Außendienstmitarbeitern oder Kunden suchen gleich den direkten Draht zum Materialexperten. „Morgens weiß ich meist nicht, was auf mich zukommt – so verschieden sind die Fragen und Problemstellungen unserer Kunden". Über 30 unterschiedliche Standardkunststoffe hat Murtfeldt dazu in der 50-jährigen Unternehmensgeschichte hervorgebracht. Damit steht für fast jedes erdenkliche Einsatzgebiet das bestmögliche Material zur Verfügung. Wenn nicht, wird weiter entwickelt. „Unsere Palette ist zwar schon sehr groß, aber es gibt auch Anforderungen, für die ganz neuartige Kunststoffe benötigt werden", sagt Peter Bosse.

Peter Bosse ist Ingenieur für Kunststofftechnik bei der Murtfeldt GmbH in Dortmund – als anwendungstechnischer Berater ist er Experte für die Wahl des richtigen Materials

Direkt nebenan im Schwesterunternehmen Murdotec hat man deshalb nicht nur ein eigenes Presswerk, sondern auch ein umfangreiches Labor. „Die Kunststofftechniker dort experimentieren ständig mit entsprechenden Additiven, um die gewünschten Eigenschaften des Materials zu erzeugen", erklärt Bosse. Wie das genau funktioniert, will er nicht verraten, schließlich ist jeder neue Werkstoff auch ein gut gehütetes Geheimnis. Kein Geheimnis ist aber, dass die Murtfeldt-Kunststoffe im Press-Sinter-Verfahren hergestellt werden. Grundsubstanz dafür sind große Mengen feinen Polymer-Pulvers. Diese Basis wird mit unterschiedlichen Zusätzen gemischt und unter starkem Druck sowie hoher Temperatur zusammengepresst. Dabei entsteht sogenanntes Halbzeug, dem man dann in der riesigen Murtfeldt-Fertigungshalle mit computergesteuerten Werkzeugmaschinen zu Leibe rückt, um daraus hochpräzise Gleitschienen und CNC-gefräste Bauteile zu fertigen.

Wie speziell ein Material sein muss, entscheidet Bosse nicht nur durch seine zehnjährige Werkstoff-Weisheit. „Oft schaue ich mir die Dinge auch vor Ort an." Beispielsweise bei einem Automobilhersteller, der vollflächige und extrem belastbare Gleitunterlagen für Montagebänder suchte, auf denen Mitarbeiter an den Karossen schrauben. Die Besonderheit: Der Kunststoff musste elektrisch leitfähig sein, um Spannung abzubauen. Oder ein PET-Flaschen-Hersteller, der für seine Abfüllanlagen einen Werkstoff benötigte, der Millionen von Flaschenhälsen mit möglichst geringem Energieaufwand durchgleiten lässt.

Bei so vielen Materialmixturen und Einsatzgebieten können selbst Profis den globalen Überblick verlieren. „Ich weiß zwar immer, in welcher Art von Maschine die Konstrukteure einen unserer speziellen Kunststoffe einsetzen wollen, bei welchem Hersteller oder wo auf der Welt diese Maschine dann letztlich steht, ist aber für die Auswahl des richtigen Werkstoffs irrelevant", sagt Bosse. Und so landet dann eben ein Bauteil aus der Murtfeldt-Produktion auch schon mal in einem Radioteleskop auf 5.100 Meter Höhe in der kristallklaren Luft der Anden. //

Zur Person

„Zu Beginn des Studiums hab ich nicht gedacht, dass ich mal in der Kunststofftechnik lande", sagt Peter Bosse.

Maschinenbau mit Schwerpunkt Konstruktionstechnik hat er an der FH Bochum studiert. Danach führte ihn sein Weg über ein Ingenieurbüro in den Kraftwerksbereich der Siemens AG. Dort war er über zweieinhalb Jahre mit dem Bau und der Konstruktion von Gasturbinen beschäftigt. Durch Zufall und den Tipp eines Bekannten erfuhr Bosse dann Ende der Neunziger von dem Ingenieur-Job beim Dortmunder Kunststoff-Spezialisten Murtfeldt. Zehn Jahre ist er nun schon dort tätig und mittlerweile ein absoluter Experte in Sachen Werkstoffe.

In der Murtfeldt-Fertigungshalle werden mit computergesteuerten Säge-, Fräs- und Drehmaschinen mit hoher Präzision Gleitschienen und viele unterschiedliche Kunststoffbauteile gefertigt

© Murtfeldt GmbH

»» KURZ-INTERVIEW

10 Antworten in 10 Sätzen

Der 26-jährige Severin Hofmann studiert im Rahmen des Elite-Netzwerk-Bayern „Advanced Materials and Processes" an der Universität Erlangen-Nürnberg. Gleichzeitig arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Am Stuttgarter Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung beschäftigt er sich mit der Entwicklung von Simulationsmodellen zur Bewertung von Defekt-Einflüssen in keramischen Verbundstrukturen.

Ein guter Arbeitstag beginnt mit …
einer über Nacht erfolgreich durchgelaufenen Simulation.

An Materialien und Werkstoffen fasziniert mich, …
dass Sie die Grundlage für jedes Bauteil in jedem Auto und jedem Flugzeug bilden.

Es macht mich wahnsinnig, wenn …
nicht offen und direkt kommuniziert wird.

Die Ingenieurausbildung in Deutschland ist …
im In- und Ausland hoch angesehen und sollte den guten Namen „Diplom-Ingenieur" behalten.

An meiner Tätigkeit gefällt mir,…
dass ich Simulation und Experiment ständig vergleichen kann.

Entspannung finde ich, …
wenn ich abends gleich nach der Arbeit eine Runde Skaten gehe.

Wenn ich nicht Ingenieur geworden wäre, hätte ich …
Psychologie oder Medizin studiert.

Ein Studium der Werkstoffwissenschaften ist …
wie alle Ingenieurstudiengänge am Anfang hart und am Ende interessant.

Beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zu arbeiten, bedeutet für mich …
die Beschäftigung mit Werkstoffen in einem hoch interessanten Anwendungsfeld.

Als Rentner werde ich …
viel lesen und nachdenken.

»» ENTWICKLUNGEN

Keramik jenseits des WCs und Hybriden fern von Star Wars

Bei der Entwicklung neuer Werkstoffe entstehen Materialien und Kombinationen, die man kaum für möglich gehalten hätte

Bei der Forschung nach neuen Werkstoffen entstehen Materialien und Kombinationen, die bestimmte Anwendungen im Hightech-Bereich erst ermöglichen

© Lederer GmbH

Edelstahl ist ja eine besonders edle Legierung, aber selbst die reicht für manche Anwendungen nicht aus. Sind die Umgebungen beispielsweise durch Säuren oder Laugen besonders aggressiv, kommt **nichtmetallische Keramik** zum Einsatz. Deren chemische Zusammensetzung garantiert extreme Resistenz und Korrosionsbeständigkeit. Der Hightech-Werkstoff findet sich in der chemischen Industrie (dort wo selbst Edelstahl rostet), in der Elektrotechnik (wo Isolation und hohe Wärmefestigkeit gefragt sind), in nichtmagnetischen Umgebungen (wie in Kernspintomographen) und nicht zuletzt in der Medizintechnik (wo Biokompatibilität gefragt ist). So manche Schraube, mit der Chirurgen das kaputte Kniegelenk zusammenflicken, ist eben echte Qualitätskeramik.

Leichte und trotzdem stabile Materialien bekommen in der Industrie eine immer größere Bedeutung. **Verbundwerkstoffe** wie Carbonfasern und deren Weiterverarbeitung zu Gewebestrukturen haben

Eine Carbonfaserzuführung formt Vorprodukte für die Automobilindustrie

© SGL Carbon SE

nicht nur den Automobilbau verändert. Mehrere Tausend Tonnen dieser Spezialmaterialien werden mittlerweile jährlich verarbeitet und stecken in Fahrradrahmen, Rollstühlen, Golfschlägern, Flugzeugen, Windenergie-Anlagen, Formel-1-Boliden und eben auch in modernen Serienautos. Sogenannte „Precursor" auf Basis von Polyacrylnitrilfasern (PAN) sind das Vorprodukt für die Herstellung von Carbonfasern. Alle diese auf Kohlenstoff basierenden Materialien kombinieren einzigartige Eigenschaften: Strom- und Wärmeleitfähigkeit, Hitze- und Korrosionsbeständigkeit, Leichtigkeit und unglaubliche Festigkeit.

Jeder kennt diese Werkstoffe. Sie sind mittlerweile Alltag und doch steckt in ihnen eine Menge Entwicklungsarbeit: Sperrholz-, MDF-, Span- oder Gipskartonplatten. Alle diese **Faserplatten** sind Werkstoffe, die aus faserartigen Partikeln bestehen und unter Einfluss von Druck, Wärme sowie Zusatzstoffen hergestellt werden. Die Bindung der Fasern entsteht sowohl durch Verfilzung als auch durch Verklebung. Auch ökologisch macht das Sinn. Besonders Holzfaserprodukte sind mit wenig Energieaufwand und geringerem Leimanteil herstellbar.

Ein brandaktuelles Thema sind sogenannte **hybride Werkstoffsysteme**. Dabei werden verschiedene Materialien miteinander kombiniert, damit jeder Einzelwerkstoff seine Vorteile voll ausspielen kann. Ein Beispiel sind faserverstärkte Metalle. Diese Metallmatrix-Verbundwerkstoffe (MMC für metal matrix composite) bestehen aus hochfesten keramischen Fasern, die in einer Metalllegierung eingebettet sind. Die Fasern garantieren hohe Festigkeit und Steifigkeit, während das Metall für die Formgebung und Zähigkeit sorgt. //

»» FACHBEGRIFFE

Werkstoff-Deutsch und Material-Latein

» Biomaterialien
Biomaterialien sind synthetische, natürliche Werkstoffe, die in der Medizin eingesetzt werden. Beispiel hierfür sind Hüftprothesen aus Titan und Keramik, hierzu zählen auch Kontaktlinsen oder künstliche Herzklappen.

» Intermetallics-Legierungen
Intermetallics-Legierungen, vor allem solche aus Titanium und Aluminium, sind aktuell von besonderem Interesse, weil sie vielversprechende Eigenschaften für Einsätze im Hochtemperaturbereich (zum Beispiel bei Gasturbinen und Autoventilen) aufweisen.

» Keramische Faserverbundwerkstoffe
Keramische Faserverbundwerkstoffe verbessern die Eigenschaften durch Kombination der eingebetteten Matrix mit keramischen Fasern enorm. Sie werden unter anderem als Wärmeschutzschilde beim Wiedereintritt von Raumfähren in die Erdatmosphäre und bei extrem beanspruchten Scheibenbremsen genutzt.

»» IMPRESSUM
Verantwortlicher Herausgeber:
Arbeitgeberverband Gesamtmetall
Wolfgang Gollub · Leiter Nachwuchssicherung/THINK ING.
Postfach 060249 · 10052 Berlin
www.think-ing.de