

Stahl light

Leichtmetalle wie Aluminium und Magnesium und hochfeste Kunststoff-Komposite bereichern zunehmend die Werkstoffpalette der Autobauer. Denn ein Schlüssel zu geringerem Kraftstoffverbrauch liegt in immer leichteren Wagen. Doch mit modernen, stabilen und dabei leichten Legierungen bleibt auch Stahl konkurrenzfähig. Materialforscher des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung in Düsseldorf haben nun extrem feste und besonders dehnungsfähige Leichtstähle entwickelt.



Dehnbar wie Gummi ist dieser superplastische Stahl (Quelle: MPG, MPI für Eisenforschung)

Auf der Basis langjähriger Erfahrung und thermodynamischer Simulationen im Computer folgerte die Arbeitsgruppe um Georg Frommeyer zunächst, dass sich sorgfältig dosierte Zusätze von Mangan, Silizium und Aluminium zum Eisen für leichte und stabile Stahllegierungen besonders eignen. Tatsächlich lässt sich ein neu entwickelter Stahl, der neben 15 Prozent Mangan je drei Prozent Aluminium und Silizium enthält, um ganze 50 Prozent dehnen. Mit einer Spannungsfestigkeit von bis zu 1100 Megapascal stellt er herkömmliche Karosseriestähle (700 MPa) in den Schatten.

Die Ursache dieser hervorragenden Dehnbarkeit – in der Fachsprache Duktilität – liegt in der sehr feinen und gleichmäßigen Verteilung der Kristallit-Körnchen im Material. Beim Gießen des Stahls werden dafür zum flüssigen Eisen bei rund 1500 °C so genannte Gießpulver (SiO_2 , Al_2O_3 , MnO) zugesetzt. Bei der kontrollierten Erstarrung der Schmelze entstehen dann innerhalb von Sekunden die gewünschten, fein verteilten Kristallite. Die erhöhte Plastizität entwickelt sich bei diesem Übergang (Transformation Induced Plasticity, TRIP) oder durch die bevorzugt paarweise Anordnung der Kristallite (Twinning Induced Plasticity, TWIP). Ein weiterer Spezialstahl der Düsseldorfer Forscher lässt sich sogar auf die zehnfache Länge dehnen, ohne zu brechen. Verantwortlich für diese Superplastizität sind gleichmäßig rundliche Kristallite in Mikrome-

tergröße, die bei der Dehnung leicht aneinander vorbeigleiten.

Auch die kommerziellen Stahlkocher haben das Potenzial dieser TRIP/TWIP-Stähle im Blick. Frommeyer kooperiert daher mit der Salzgitter AG und der Thyssen-Krupp Stahl AG, um die Leichtstähle bis zum Ende dieses Jahrzehnts in großen Mengen herzustellen.

Stromlos messen

Ganz ohne Stromversorgung über Kabel oder Batterie kommt eine neue Generation von passiven Sensoren aus, die Siemens-Forscher in München entwickelt haben. Mit diesen Messführlern wollen die Entwickler um Daniel Evers kontaktlos den Zustand von Zugrädern oder Turbinenschaufeln kontrollieren. Vergleichbar mit dem Prinzip des Doppler-Radars reflektieren die Sensoren ein Funksignal einer Basisstation. Je nach Zustand der Räder ändert sich dieses Signal, das im bis zu zehn Meter entfernten Lesegerät empfangen und ausgewertet werden kann.

Die Basisstation sendet dazu kontinuierlich Mikrowellen der Frequenz 2,5 Gigahertz aus, die von dem Sensor, einer Kombination aus einem Wandler und einer Antenne, aufgefangen werden. Die Messung



Dieser passive Sensor überträgt Schallwellen ganz ohne eigene Stromversorgung (Quelle: Siemens)

selbst wird mithilfe des Wandlers ausgeführt, der aus einer rund drei Millimeter dicken, pfenniggroßen Piezokeramik besteht. Diese reagiert auf Schallwellen im hörbaren und Ultraschall-Bereich. Weist ein Laufrad nun einen Schaden auf, kommt es zu rhythmischen Vibrationen oder Schlägen. Treffen die dabei erzeugten Schallwellen auf die Piezokeramik, entstehen im gleichen Rhythmus Strompulse zwischen 10 und 100 Millivolt, die nun die Phase der eingestrahlten Mikrowellen verändern. Mit dieser „Pha-

senverschiebung“ wird die Welle wieder reflektiert, sodass das Signal den Rhythmus der Vibrationen des Rades widerspiegelt und diese Information nach dem Empfang durch das Lesegerät wieder preisgibt.

Laut Evers eignen sich auf dem Markt verfügbare Standardkomponenten für solche stromlosen Sensoren, sodass eine günstige Herstellung möglich ist. Das Know-how liegt vor allem im Übergang zwischen erzeugtem Spannungspuls und der Phasenmodulation der einfallenden Mikrowellen. Inzwischen arbeiten die Siemens-Forscher bereits an der nächsten Sensorgeneration, einem passiven Temperatursensor. In diesem soll die einfallende Mikrowelle auf einem Sensorbauteil eine akustische Welle erzeugen. Je nach Temperatur dehnt sich dieses Bauteil mehr oder weniger aus, was die Laufzeit der akustischen Welle beeinflusst. So verändert kann abermals eine ebenfalls modulierte Mikrowelle reflektiert werden, die im entfernten Lesegerät nach einer Eichung eine Temperatur-Messung ermöglicht. Über einen weiten Messbereich von Minusgraden bis zu 300 °C soll so eine Genauigkeit von einem Zehntel Grad möglich sein.

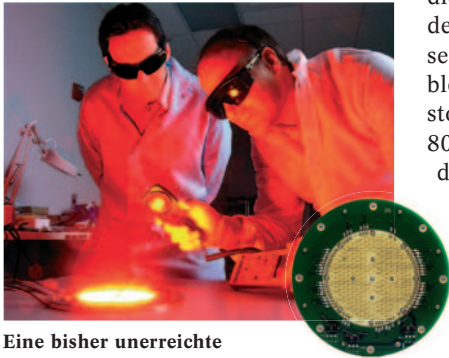
Hellste LED-Lampe der Welt

Während sich Leuchtdioden noch Schritt für Schritt ihren festen Platz in Auto-Rückleuchten oder Ampeln erobern, werden sie bald auch Baudenkmäler, Theaterbühnen oder Wasserfontänen ins rechte, bunte Licht rücken. Die für solche Zwecke nötige Lichtstärke liefert nun ein zwei Zentimeter flaches, mit 13 Zentimeter Durchmesser kreisrundes Leuchtmodul der amerikanischen Firma Lamina Ceramics in Westampton, New Jersey. Dicht gepackt strahlen hier 810 Leuchtdioden bei einer Leistung von 860 Watt rekordverdächtige 13 300 Lumen ab. Zum Vergleich: Leuchtstarke Halogenlampen in Projektoren liefern bei 400 Watt rund 4000 Lumen.

Wie bei einem Computerbildschirm können die jeweils 270 roten, grünen und blauen LED durch entsprechende Farbmischung 16 Millionen Farben anzeigen. Über drei getrennte Stromkreise, die ein Dimmen der drei Farben ermöglichen, werden diese Farbtöne additiv erzeugt. Allerdings entwickelt Lamina die verwendeten Leuchtdioden

nicht selbst, sondern greift auf die derzeit hellsten Produkte verschiedener Hersteller zurück, die je nach Farbe auf den Halbleiterverbindungen GaInN, GaAsP oder GaAlP basieren.

Die Herausforderung lag darin, trotz der relativ hohen Leistungen die Temperatur des gesamten Moduls deutlich unter 125 °C zu halten. Nur dann liefern die LED



Eine bisher unerreichte Lichtstärke liefert dieses Modul aus 810 Leuchtdioden (Quelle: Lamina Ceramics)

ihre volle Lichtstärke und erreichen dennoch Lebensdauern von 30 000 bis 50 000 Stunden. Die Lösung besteht in einer nur rund sechs Mikrometer dünnen, dreilagigen Schicht aus Kupfer und Molybdän unter den LED, die die im Betrieb entstehende Wärme schnell genug abführt (Wärmeleitwert: 220 Watt/mK), aber dennoch eine zuverlässige Kontaktierung jeder einzelnen Leuchtdiode erlaubt.

Schon im kommenden Jahr ist mit einem ersten leuchtstarken Produkt zu rechnen. In den Lamina-Laboren soll ein verbesserter Prototyp sogar schon 16 800 Lumen erreicht haben.

Sonnenofen liefert puren Wasserstoff

Köln-Porz gehört zwar nicht gerade zu den sonnenreichsten Regionen Europas, doch dort lieferte kürzlich der erste Sonnenofen Wasserstoff direkt aus der thermischen Spaltung von Wasser. Dieser Durchbruch gelang Forschern am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Thermodynamik, mit rund 5000-fach konzentriertem Sonnenlicht. Der zukunftssträchtige Energieträger Wasserstoff soll so ohne den Umweg der Stromerzeugung deutlich effektiver erzeugt werden.

Der Schlüssel zur thermischen Spaltung von Wasser liegt in einem drei Zentimeter dicken und

fünf Zentimeter langen Zylinder aus keramischem Siliziumcarbid. Durch 90 bis 150 winzige Kanäle pro Modul strömt Wasserdampf, vorgeheizt auf rund 100 °C. Die Wände der Kanäle sind mit Eisenoxid (Ferrite) beschichtet, das katalytische Aufgaben übernimmt. Mit dem konzentrierten Sonnenlicht wird dieses Modul weiter auf 600 bis 800 °C aufgeheizt. Dabei kann die Metalloxidschicht dem Wasser den Sauerstoff entziehen und ihn in sein Kristallgitter einbauen. Zurück bleibt solar gewonnener Wasserstoff. Theoretisch ließe sich bis zu 80 Prozent des Wasserdampfs auf diese Weise aufspalten. 45 Prozent halten die Forscher schon jetzt für erreichbar. Verglichen mit der Wasserstoffgewinnung über Hydrolyse und photovoltaisch gewonnenen Strom (Wirkungsgrad 12 Prozent) sei dieses solarthermische Verfahren mindestens dreimal effektiver.

In den Testläufen zeigte sich jedoch die Aufnahmekapazität der Ferrit-Schichten für Sauerstoff nach rund 20 Minuten erschöpft. In einem zweiten Schritt muss daher bei Temperaturen von 1200 bis 1300 °C der zuvor in das Gitter eingebaute Sauerstoff wieder abgegeben und das Metalloxid binnen weiterer 20 Minuten regeneriert werden. Für den Porzener Sonnenofen ist dies kein Problem. Denn der Helio- stat, ein 57 Quadratmeter großer Planspiegel aus Floatglas mit einer Reflexionsschicht aus Silber, lenkt das Sonnenlicht auf einen Konzentrator. Dieser besteht aus 159 wabenförmigen, hexagonalen Hohlspiegelelementen, die mit Aluminium und Siliziumoxid beschichtet und einzeln im Winkel verstellbar das Sonnenlicht auf einen 13 Zentimeter kleinen Fokus konzentrieren. Bei 850 Watt pro Quadratmeter bei direkter Sonneneinstrahlung können im Sonnenofen Temperaturen von etwa 2500 °C mit einer Leistung von 22 Kilowatt erreicht werden.

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes HYDROSOL wollen die Solarthermiker des DLR nun ein mehrteiliges Reaktionsmodul entwickeln, in dem Wasserspaltung und Regeneration gleichzeitig ablaufen können. Rund eine Million Zyklen sollen möglich sein.

JAN OLIVER LÖFKEN