

# Dimacer<sup>®</sup>

## Erodierbare Hochleistungskeramik.

Die erste Keramik, die leitfähig und gleichzeitig fest und bruchzäh ist.

Eine Entwicklung aus Baden-Württemberg.



## Sonderdruck

aus FORM+Werkzeug 3/2011



**Leroxid<sup>®</sup>**  
Erodierbare Keramik

**Zäh, elastisch, und gar nicht spröde:**  
Die erodierbare Keramik wurde auf den Namen Dimacer getauft. Die schwarze Färbung entsteht durch das zugesetzte Titancarbid, welches das Material leitfähig macht.

## KERAMIK ALS WERKSTOFF UND WERKZEUG

# Hightech in Keramik

Die Verbindung von Werkzeugbau mit Hightech-Keramik schafft Präzisionswerkzeuge und verschleißfeste Bauteile. Ob biegsame oder erodierbare Keramik: Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig.

**SCHON** die Konstrukteure des Space-shuttles wussten, dass Keramik eine Menge aushält: zum Beispiel Temperaturen bis 1200 °C beim Wiedereintritt in die Atmosphäre. Deshalb erhielt die Raumfähre eine keramische Oberfläche. Auch im Werkzeugbau kommt das Material zum Einsatz: Ein schwäbisches Team setzt voll auf den Werkstoff Keramik.

### Das Motto lautet »Geht nicht – gibt's nicht«

Die Kombination von Werkzeug und Werkstoff verbindet die beiden Unternehmer Dr. h.c. Wolfgang Leonhardt und Dr. Wolfgang Burger. Im schwäbischen Hochdorf entwickeln sie gemeinsam Konzepte für hochpräzise Werkzeuge und mixen im Labor verschiedene Werkstoffe, bis die gewünschten Anforderungen erreicht sind. Nach

dem Motto »Geht nicht gibt's nicht« kann man die Keramik im Anschluss biegen, schleifen oder erodieren. Das Besondere dabei ist, dass die Keramik sowohl im Werkzeug verwendet wird (für Dichtungen, Werkzeugeinsätze oder Heißkanaldüsen), als auch das Endprodukt aus Keramik sein kann. Der Werkzeugbau zählte immer schon zum Kerngeschäft des Leonhardt Graveurbetriebs. 1960 gegründet, beschäftigte sich das Unternehmen von Anfang an mit Spritzgusswerkzeugen – auch für Keramik. Inhaber Wolfgang Leonhardt übernahm das Geschäft 1992. Dem Gravieren und der Herstellung von Prägewerkzeugen ist er treu geblieben.

Bei der Werkzeugherstellung hat er sich auf die Mikrobearbeitung von Werkzeugen bis 500 kg spezialisiert. Der Großteil der Kunden kommt aus

der Automobilindustrie und der Medizintechnik. Das Unternehmen beschäftigt 21 Mitarbeiter, darunter sind sechs Meister.

### Forschung im Bereich keramischer Werkstoffe

Der Maschinenpark umfasst Graviermaschinen, zwei 3D-Laserbearbeitungszentren, ein Ultrasonic-BAZ, Senk- und Drahterodiermaschinen und diverse CNC- und HSC-Fräsmaschinen (3- und 5-achsig) mit bis zu 40 000 U/min. Vertreten sind hier Firmen wie Deckel Maho, Makino, Hermle und Agie Charmilles. Im messtechnischen Bereich arbeitet Leonhardt mit einer CNC-Koordinatenmessmaschine von Zeiss. Darüber hinaus sind noch ein LRS-Laserschweißgerät und fünf Schleifmaschinen von Jung im Einsatz.

## **i** UNTERNEHMEN

Leonhardt Graveurbetrieb  
Tel. +49 7153 9594-0  
www.leonhardt-gravuren.de

OxiMaTec GmbH  
Tel. +49 7163 61318-0  
www.oximatec.de

Leroxid  
Tel. +49 7153 9594-0  
www.leroxid.de

Die neueste Drahterodiermaschine ist die Cut 1000 Oil Tech von Agie Charmilles, auf der mit erodierbarer Keramik gearbeitet wird. Die Forschung im Bereich der keramischen Werkstoffe treibt Wolfgang Leonhardt mit der Schwesterfirma OxiMaTec voran. Die Firma, die ihm zusammen mit Wolfgang Burger gehört, liegt gleich 300 Meter weiter.

### **Ein zähes Material: erodierbare Keramik**

Die OxiMaTec GmbH wurde 2005 gegründet. Sie entwickelt Hochleistungskeramiken, die auf die Anforderungen des späteren Einsatzes genau abgestimmt sind, unter anderem Dentalimplantate, Spezialkeramiken für die Uhren- und Schmuckindustrie, Anschnittdichtungen für Heißkanaldüsen und Flanschdichtungen für die Lebensmittelherstellung. Ein Keramik-Kunststoff-Verbund für LED-Leuchten, der hohen Temperaturen standhält, erhielt 2009 den Euromold-Award in Gold. Die Firma beschäftigt sechs Mitarbeiter, darunter vier Chemiker. Auf 800 qm gibt es viel Platz zum Experimentieren. Die neueste Entwicklung ist die erodierbare Keramik. Die Grundidee, Keramik zu erodieren, ist eigentlich nicht neu. Der Wunsch dabei ist, die guten Eigenschaften des Werkstoffs wie Härte und Temperaturempfindlichkeit im Werkzeug- und Formenbau zu nutzen. Die bisher erhältlichen Stoffe dafür enthielten einen großen Anteil an leitfähigem Material, das heißt, der Anteil der metallischen Stoffe in der Keramik lag um die 40 Prozent. Das erhöhte die Härte und wirkte sich außerdem negativ auf die Zähigkeit aus.

Den Unternehmen OxiMaTec und Leonhardt Graveurbetrieb ist es in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile an der Universität Stuttgart gelungen, eine erodierbare Keramik ohne Festigkeits- und Zähigkeitsverlust herzustellen. Wolfgang Leonhardt nennt eine der Schwierigkeiten, mit denen sich die Entwickler auseinandersetzen mussten. »Die thermische Dehnung und die Wärmeleitfähigkeit des Materials müssen auf den Stahlwerkstoff abgestimmt werden, damit das vorteilhafte Verschleiß- und Korrosionsverhalten der Keramik ausgenutzt werden kann.« Dann lässt sich eine lange Lebensdauer der Formeinsätze erreichen, selbst in kritischen Bereichen wie dem Anguss beim Spritzgießen von glasfaserverstärkten Polymeren oder filigranen, scharfkantigen Kavitäten beim Verarbeiten von Metallen (Metal Injection Molding, kurz MIM, ) oder Keramik (Ceramic Injection Molding, auch CIM).

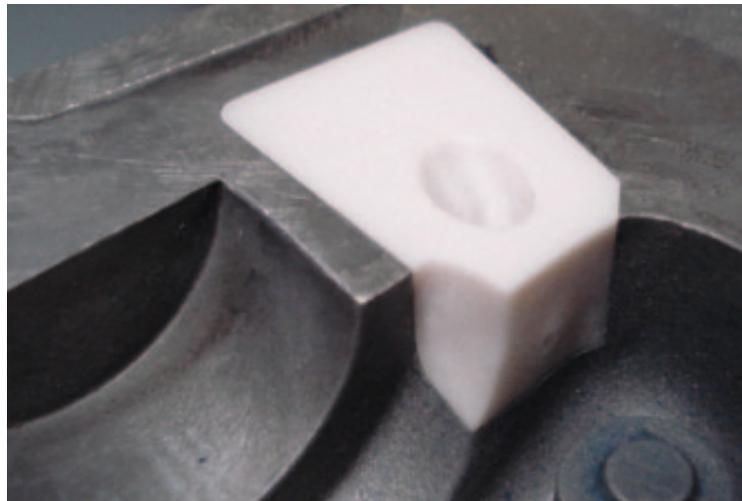
Den neuen Werkstoff Dimacer beschreibt Wolfgang Burger, geschäfts-

führender Gesellschafter von OxiMaTec: »Der elektrische Leiter in der von uns entwickelten Keramik ist ein Hartstoff. Sein Anteil beträgt gerade einmal 20 bis 24 Prozent des Gesamtvolumens. Dadurch ist es uns gelungen, dem Material eine hohe Härte bei guter mechanischer Festigkeit und Bruchzähigkeit zu verleihen.« Die Härte und Elastizität kann durch den Einbau von gefügeverstärkenden Plättchen variiert werden.

### **Auch Schneidstempel für das Stanzen sind machbar**

Der Materialentwicklung folgten zahlreiche Tests zur Bearbeitung mit den üblichen Werkzeug- und Formenbauverfahren. Zunächst wurde ein Zahnrad drahterodiert. Wolfgang Leonhardt erläutert: »Wir haben das Zahnrad in ein Getriebe eingesetzt, um seine Verschleißbeständigkeit in der Trockenreibung zu testen.«

Das Ergebnis übertraf die Erwartungen des erfahrenen Werkzeugbauers, der daraufhin weiter mit dem Material experimentierte und herausfand, dass



**Formeinsätze:**  
Die Dimacer-Keramik kann als verschleißfester Werkzeugeinsatz beim Metall- und Keramikspritzguss eingesetzt werden.



**Innovatives Team:**  
Dr. h.c. Wolfgang Leonhardt (links) und Dr. Wolfgang Burger treiben die Entwicklung der Hightech-Keramik voran.



**Flexibler Werkstoff:**  
Dieses Musterstück demonstriert die vielfältigen Verarbeitungsmöglichkeiten der erodierbaren Keramik.

künftig auch Schneidstempel für das Stanzen in Betracht kommen.

In einer zweiten Erprobungsphase wurde die neue erodierbare Keramik auf einer Drahterodiermaschine CUT 1000 mit Ölbad von GF Agie Charmilles verarbeitet. Das Ergebnis war so überzeugend, dass die beteiligten Firmen ihre Neuheit auf der Euromold 2010 erstmals der Öffentlichkeit präsentierten – nach zweieinhalbjähriger Entwicklungsphase.

Weitere Versuche zur Bearbeitung der erodierbaren Keramik folgen, um sicherzustellen, dass das Material unabhängig von der vorhandenen Maschinenteknik eingesetzt werden kann. Wolfgang Burger definiert das Ziel so: »Jeder Werkzeug- und Formenbauer soll aus Dimacer prozesssicher Einsätze fertigen und sie in die Stahlformen für das Metall- oder Keramikspritzgießen einsetzen können.«

**Zu Besuch im Labor der Alchimisten**

Was die Herstellung von Hightech-Keramik so aufwendig macht, wird bei OxiMaTec deutlich. Im Labor fängt alles an: Um eine Hochleistungskeramik zu produzieren, werden bis zu 15 verschiedene Bestandteile gemischt. Hier spielt die Rheologie eine große Rolle – die Wissenschaft, die sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten der Materie beschäftigt.

Die Materialien werden zuerst in wässriger Lösung dispergiert und anschließend gemahlen. Bei richtiger Tempera-

tur und Umdrehungszahl wird aus der Keramiksuppe eine homogene Masse. Das heißt, dass die verschiedenen, nicht ineinander löslichen Komponenten gleichmäßig vermischt sind.

Das homogene Gemisch wird im Anschluss in einem Sprühturm getrocknet. Das Verfahren der Sprühtrocknung wird auch für die Waschmittel- oder Milchpulverherstellung genutzt. Dabei wird die Suspension in eine Düse im oberen Teil des Sprühturms gepumpt. Neben der Düse tritt Pressluft aus. Die Luft schneidet den Tropfen oder Strang ab. Im Turm herrscht neben einem Temperaturunterschied ein Unterdruck, der die Masse nach unten zieht. Das Wasser verdampft, und unten kommt in einem Auffangbehälter ein Pulver an, ein superfeines Keramik-Granulat.

Aus dem Pulver werden im Labor mit einer Handhebelpresse – die zierlich aussieht, aber 30 Tonnen Druck bietet – Tabletten gepresst. Diese werden im Anschluss eingehend analysiert. Dichte, Gewicht und Verteilungskurven werden bestimmt. Jedes einzelne µm-

Körnchen in der Masse muss an seinem Platz sein. Wird Keramikpulver für den Spritzguss hergestellt, so ist es noch zu plastifizieren. Um das Fließverhalten zu testen, wird das Material erhitzt und die Fließkurven analysiert.

In der Produktion von OxiMaTec stehen alle Geräte, die es im Labor auch gibt – nur eine Nummer größer: Die Sprühtürme sind hier mehrere Meter hoch. Wenn die »Keramiksuppe« durch die Rohrleitung ankommt, hat sie die ersten Arbeitsgänge schon hinter sich. Sie ist gemahlen, gerührt, geschert, homogenisiert und durch ein Kühlaggregat auf die richtige Verarbeitungstemperatur heruntergekühlt. Wenn das Granulat fertig aus dem Sprühturm kommt, gibt es zwei Möglichkeiten: die Weiterverarbeitung im Spritzguss oder Pressen.

**Elastische und flüssige Keramik zum Spritzgießen**

Für den Spritzguss ist das Granulat noch entsprechend aufzubereiten. Das Pulver wird von einem Rührwerk zusammen mit organischen Stoffen geknetet, gemischt und homogenisiert. Die Masse durchläuft eine Scherwalze.

**i EIN WERKSTOFF – DREIMAL ANDERS VERARBEITET**

Erodieren	Pressen	Spritzguss
Rohstoffe mischen und homogenisieren	Rohstoffe mischen und homogenisieren	Rohstoffe mischen und homogenisieren
Zu Rohlingen pressen	Pressen - axial (Pressdruck in eine Achse) oder - isostatisch (Druck aus allen Richtungen)	Plastifizieren
Sintern: Material schrumpft bei diesem Prozess um bis zu 30 Prozent	Sintern / Brennen	Pulverspritzgießen (CIM: Ceramic Injection Molding)
Erodieren im Ölbad	Ultraschallgestütztes Schleifen oder 3D-Laserbearbeitung	Entbinderung
		Sintern / Brennen
		Oberflächenfinish



Bilder: Leonhardt/Schröder



**Die CUT 100 OilTech im Einsatz:** Die Erodiermaschine von Agie Charmilles erodiert die Keramikwerkstücke im Ölbad. Das Öl sorgt für eine gute Oberflächenqualität.

Das fertige Granulat enthält dann den Kunststoff, der für die Plastifizierung notwendig ist. Damit wird die Keramik spritzfähig, elastisch und flüssig. Dieses Granulat gelangt in die Spritzmaschine, die sich auch im Hause befindet. Auf einer Arburg-270S-Spritzgussmaschine werden Prototypen und Kleinserien bis 10 000 Stück gefertigt. Nach dem Spritzvorgang wird das Werkstück erst vorgebrannt. Bei diesem ersten Besuch im Ofen werden die Kunststoffanteile wieder entfernt oder – wie der Fachmann es nennt – entbindert. Im Anschluss geht's dann zum finalen Brennen in den Sinterofen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das Werkstück beim Brennen um bis zu 30 Prozent schrumpft. Die so hergestellten Teile erfüllen nach diesen Arbeitsvorgängen immer noch Toleranzen um die 30 µm – für die Präzisionswerker Ehrensache.

### Hier gibt's Druck von allen Seiten: Pressen der Keramik

Beim Pressen kommen große Kräfte zum Wirken. Die Presswerkzeuge werden so konturnah wie möglich hergestellt. Das Keramikgranulat kann man axial pressen (dabei wird der Pressdruck in eine Richtung ausgeübt, beispielsweise für Platten), es gibt aber auch das isostatische Pressen. Hier wird von allen Seiten Druck aufs Werkstück ausgeübt. Der Druck liegt hier bei bis zu 2000 bar. Nach diesem Vorgang hält man einen kreideartigen Körper in den Händen, der in den Ofen zum Sintern kommt.

OxiMaTec besitzt viele verschiedene Öfen in verschiedenen Größen und mit unterschiedlichen Temperaturen zwischen 1100 und 1750 °C. Es gibt Trockenöfen, Vorbrandöfen und die heißesten, die Sinteröfen. Erst durch die hohen Temperaturen erhält die Keramik ihre Bruchfestigkeit. »Wenn Sie ein gesintertes Teil an die Wand werfen, ist ein Loch in der Wand – das Teil ist noch ganz«, schmunzelt Wolfgang Leonhardt.

Auf Wunsch kann eine Weiterverarbeitung durch Schleifen oder Ultraschallbearbeitung erfolgen – diese Bearbeitung übernimmt dann wieder der Graveurbetrieb Leonhardt. So arbeiten beide Betriebe Hand in Hand.

In der Werkstoffanalytik stehen Computertomograf, Rasterelektronenmikroskop und Dichtewaage bereit, um die Materialien auf Herz und Nieren zu prüfen. Es werden Biegeversuche, Bruchfestigkeit und Farbe gemessen. Das Team hat die gesamte Prozesskette im Blick und das nötige Know-how, an jeder einzelnen Schraube zu drehen, um die gewünschten Materialeigenschaften zu erreichen. »Wir gehen in die Werkstoffformulierung rein und bieten jedem Kunden eine optimale Lösung. So erhält im Zweifel jeder seinen individuellen Werkstoff«, erklärt Wolfgang Burger.

Für bestimmte Produkte gibt es eine ganz genaue Farbvorgabe, beispielsweise bei Uhren. Keramikuhren waren bisher weiß oder schwarz. Leuchtende Augen bekommt Wolfgang Burger, wenn er von seiner neuesten Entwicklung berichtet: einer speziell eingefärbten Keramik. Eine gelbe oder blaue Mischung ist technisch machbar. Richtig schwierig wird es jedoch, immer wieder den gleichen Farbton zu reproduzieren. Hier spielt nämlich nicht nur die Rezeptur eine entscheidende Rolle, sondern vor allem die richtige Ofenatmosphäre beim Sintern. Über drei Jahre forschte das Team am vom Kunden gewünschten speziellen Farbton – und liefert heute eine Farbbrillanz, die überzeugt.

### Nicht alle Innovationen gelangen gleich in Serie

Anerkennung für seine Arbeit hat das Team Leonhardt/Burger in vielfacher Form erhalten. So gewann es den Euromold-Award einmal in Bronze und einmal in Gold.



**Einsatz im Heißkanal:** Die Anschnittedüse hält hohen Temperaturen stand und bietet hohe Verschleißfestigkeit. Für diese Qualität gab es 2006 den Euromold Award in Bronze.

Doch leider gehen nicht alle Innovationen gleich in Serie. Sei es die Krise, welche die Automobilhersteller ihre Entwicklungsbudgets einfrieren ließ, oder seien es gesetzliche Vorschriften. Zum Teil gibt es »leider eine lange Inkubationszeit«, so Wolfgang Burger. Die Ära der Spaceshuttles ist gerade zu Ende gegangen. Von der irdischen Keramik werden wir in Zukunft noch einiges zu hören bekommen: Wolfgang Leonhardt und Wolfgang Burger haben für den neuen Werkstoff Dimacer eine neue Firma namens Leroxid gegründet. ■

**SUSANNE SCHRÖDER**

Die Dokumentnummer für diesen Beitrag unter [www.form-werkzeug.de](http://www.form-werkzeug.de) ist FW110407

...WERKZEUGBAU...MIKROBEARBEITUNG...3D-LASERBEARBEITUNG...CNC-GRAVIEREN...  
 ...ERODIERBARE KERAMIK...5-ACHS-HSC-FRÄSEN...CNC-ERODIEREN...POLIEREN.....  
 ...FLÄCHENRÜCKFÜHRUNG UND QUALITÄTSSICHERUNG...KUNDENSPEZIFISCHE BAUTEILE...  
 ...WERKSTOFF- UND BAUTEILANALYTIK...5-ACHS-ULTRASCHALLBEARBEITUNG.....  
 ...RAPID PROTOTYPING...ZYLINDRISCHE UND QUADERFÖRMIGE HALBZEUGE.....  
 ...WERKSTOFFENTWICKLUNG UND -AUFBEREITUNG...PROTOTYPEN UND SERIENBAUTEILE...  
 ...PRESSEN UND SPRITZGUSS...INNOVATIVE KERAMIKWERKSTOFFE....



#### Unternehmenskultur und Innovationskraft.

Der Graveurbetrieb Leonhardt gehört zu den innovativsten Unternehmen des deutschen Mittelstandes. Zu diesem Urteil gelangte die Jury des „TOP 100“. Weitere Auszeichnungen erhielten wir gemeinsam mit unserem Partnerunternehmen OxiMaTec GmbH. 2006 und 2009 gewannen wir den begehrten EuroMold-Award in Bronze und Gold.

1996 erhielt Leonhardt als einer der ersten Graveurbetriebe in der Bundesrepublik die Zertifizierung nach DIN ISO 9001.



**Leroxid®**  
Erodierbare Keramik

Dr. h. c. Wolfgang Leonhardt  
Mozartstraße 26  
73269 Hochdorf

Fon +49 (0) 7153/95 94-0  
Fax +49 (0) 7153/95 94-99

info@leroxid.de  
www.leroxid.de



**Leonhardt**  
Graveurbetrieb

Dr. h. c. Wolfgang Leonhardt  
Mozartstraße 26  
73269 Hochdorf

Fon +49 (0) 7153/95 94-0  
Fax +49 (0) 7153/95 94-99

info@leonhardt-gravuren.de  
www.leonhardt-gravuren.de



**OxiMaTec®**  
Innovative Werkstoffe in bester Form

OxiMaTec GmbH  
Ostring 18  
73269 Hochdorf

Fon +49 (0) 7153/61318-0  
Fax +49 (0) 7153/61318-9

info@oximatec.de  
www.oximatec.de