

3.4 Von der Produktidee zum Highlight

- Friedrich Moeller
Rauschert GmbH
Pressig
- Thomas Bischoff
Whiteout & Glare
Berlin

Der Beitrag wird in 2 Teilen gehalten.

Die Folien finden Sie ab Seite 267.

3.4.1. Vortrag Moeller – Der Werkstoff für die Produktidee

3.4.1.1. Der Werkstoff

Der Werkstoff Zirkonoxid hat in der Technischen Keramik neue Akzente und Maßstäbe gesetzt, vor allem aufgrund der außergewöhnlichen Biegebruchfestigkeit und Risszähigkeit. Dem Konstrukteur wird damit die Möglichkeit in die Hand gegeben, die vorteilhaften Eigenschaften der Keramik in filigranes Design umzusetzen.

Zusätzliche Eigenschaften der Zirkonoxidkeramik, wie die ästhetische Optik, angenehme Haptik, Biokompatibilität, Korrosionsbeständigkeit und Langlebigkeit wecken die Neugier des Designers für hochwertige Produkte des täglichen Bedarfs.

3.4.1.2. Eigenschaften an einer anderen Anwendungen

Trimmer für die Elektronikindustrie müssen elektrisch isolieren und nichtmagnetisch sein. Eigenschaften, die Kunststoff erfüllt. Werden die Trimmer in eine automatische Montagelinie eingebaut, dann stößt Kunststoff an seine Grenzen, da der Trimmer aus Kunststoff innerhalb kurzer Zeit verschleißt. Die Anlage muss deshalb angehalten werden und die verschlissenen Trimmer müssen ausgetauscht werden.

Die Werkstoff-Alternative kann nur Technische Keramik sein. Die ersten Trimmer waren aus Aluminiumoxid bis eine neue Werkstoffgruppe auf den Markt kam, Zirkonoxid.

Die Trimmer konnten jetzt filigran gestaltet werden. Sie übertrugen ein wesentlich höheres Drehmoment und sie waren bruchfest und kantenstabil.

Wie ist das möglich? Zirkonoxid existiert in mehreren Phasen. Es gibt die kubische, die tetragonale und die monokline Phase. Als Hochtemperaturwerkstoff mit einer Einsatztemperatur bis 2.000 °C ist Zirkonoxid seit über 60 Jahren bekannt. Durch Zugabe von Metalloxiden als Stabilisatoren ist es den Keramikern gelungen, einen Werkstoff mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften zu entwickeln. So wird durch Zugabe von Magnesiumoxid oder Yttriumoxid das Zirkonoxid teilstabilisiert. Es entsteht dann das markante gelbe Mg-PSZ bzw. das weiße Y-PSZ. Das Sinterregime wird so gesteuert, dass ein Gefüge mit tetragonaler Phase entsteht, in der Keime der monoklinen Phase eingebettet sind. Da die monokline Phase mehr Platz beansprucht, entstehen mechanische Spannungen, die zu einer Rissstruktur führen. Risse, die durch eine Schlagbeanspruchung von außen eingebracht werden, verlieren in diesem Rissgeflecht ihre Energie. Der Riss wird gestoppt. Der Werkstoff ist bruchzäh.

Wenn der Konstrukteur von den außergewöhnlichen Eigenschaften überzeugt ist, dann trägt er sich auch mit dem Gedanken, die Vorteile dieses innovativen keramischen Werkstoffs auch in Form eines Bauteils umzusetzen. Er muss keramikgerecht konstruieren.

In vielen Fällen liegt ein Bauteil aus Metall oder Kunststoff vor, das den Beanspruchungen in thermischer, elektrischer oder mechanischer Hinsicht nicht mehr standhält und das substituiert werden soll.

3.4.1.3. Ultrasonicbearbeitung von Keramik

Seit einigen Jahren steht mit dem Ultrasonic-Verfahren ein Formgebungsverfahren zur Verfügung, mit dem quasi „werkzeuglos“ mit Toleranzen von 0,01 mm Bauteile aus unterschiedlichen Keramikwerkstoffen hergestellt und dem Konstrukteur für erste Werkstoff-Versuche zur Verfügung gestellt werden können.

Das Ultrasonic-Verfahren hat erst in den letzten Jahren seine jetzt hohe Prozesssicherheit erreicht. Dazu beigetragen hat die 5-Achsentechnologie moderner Werkzeugmaschinen und die Verfüg-

barkeit leistungsfähiger Diamantwerkzeuge. Ultrasonic bedeutet in diesem Zusammenhang Ultraschallunterstützung bei Zerspanprozessen, wobei der inverse Piezoeffekt genutzt wird.

Mit einer Frequenz von 20 kHz und geringen Prozesskräften „schlagen“ Diamantwerkzeuge aus der harten Keramikoberfläche Material heraus. Die gleichzeitig rotierende Bewegung des Diamantwerkzeugs von bis zu 40.000 U/min gewährleistet eine hohe Rundheitspräzision der Bauteile Bohren, Fräsen und Schleifen können auf einer Maschine realisiert werden. Bohrungen bis $D = 0,3$ mm, 3D-Konturen, Taschen, Nuten und Schlitzlöcher können so gut reproduzierbar innerhalb von Toleranzen von 0,01mm hergestellt werden. Die Zerspanleistung ist trotz hoher Vorschubleistungen material schonend und wirtschaftlich.

Mit dem werkzeuglosen Zerspanungsverfahren können in einer Aufspannung verschiedene Werkstoffe bearbeitet werden, ohne dass unterschiedliche Schwindungen berücksichtigt werden müssen. Ebenso können unterschiedliche geometrische Formen, wie z. B. unterschiedliche Schlitzbreiten oder unterschiedliche Radien realisiert werden.

Damit ist dem Konstrukteur ein Mittel in die Hand gegeben, verschiedene Varianten zu erproben und die keramikgerechte Konstruktion zu optimieren, auch hinsichtlich der Serienfähigkeit.

3.4.1.4. Keramikspritzguss

Ein serienfähiges Fertigungsverfahren ist der Hochdruck-Keramikspritzguss (HD-CIM). Keramikpulver wird plastifiziert und auf besonders verschleißgeschützten Kunststoff-Spritzgussmaschinen verarbeitet. Die Spritzlinge enthalten einen Anteil von 80% Keramikpulver. Die Plastifizierung wird durch einen thermischen Entbindeprozess vorsichtig ausgebrannt. Der Spritzling wird entgratet und verputzt und anschließend bei Temperaturen von 1.600 °C je nach Werkstoff gesintert. Dabei schwinden die Spritzlinge aus Zirkonoxid um ca. 25%.

3.4.1.5. Eine neue Idee kommt zur Umsetzung

Ein begeisterter Designer hat die faszinierenden Eigenschaften dieser Keramik für eine neue Produktidee aufgegriffen. Erste konstruktive Ideen wurden umgesetzt durch das Neue quasi „werkzeugloses“ Pro-

Vortragsblock 2

tototyping-Verfahren. Eine raffinierte, lösbare Verbindungstechnik konnte durch die 3D-Präzision des Verfahrens realisiert werden. Sobald die Konstruktion feststand, wurde ein Spritzguss-Werkzeug für die Serienfertigung gebaut.

Das neue funktionale Design, die Faszination des Keramikwerkstoffs und eine zielgruppenorientierte Werbung haben dazu beigetragen, dass der schwierige Schritt der Markteinführung problemlos gemeistert werden konnte.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 11) finden sich ab Seite XX.

3.4.2. Das Brillengestell – Vortrag Herr Bischoff

3.4.2.1. Einleitung

Im Vortrag von Herrn Moeller wurden Ihnen keramische Bauteile vorgestellt, deren Anwendung kaum zu erraten ist. Dies will ich nun aufklären.



Bild 1: Brillengestell

Sie gehören zu einem, von uns entwickelten, keramischen Brillengelenk, auf dessen Entstehung und Umsetzung ich im Folgenden gerne näher eingehen möchte. Nun wird man Keramik bestimmt nicht vorrangig mit einer Brille in Verbindung bringen. Diese wird bestimmt schwer und bricht sehr schnell. Warum sollte man dies also tun? Die Antwort ist einfach.

3.4.2.2. Die Idee

Als Brillenhersteller lebt man von Innovation. Alle Brillencreateure sind ständig auf der Suche nach neuen Formen, Farben und Materialien. Das Zahnspangenimage hat die Brille längst abgeworfen. Der moderne Träger sucht nach dem gewissen Etwas, nach dem, was nicht jeder hat. Neben den äußeren, optischen Aspekten, zählen aber auch die „inneren Werte“. Die Keramikindustrie hat Werkstoffe, welche diesen Anspruch erfüllen können. Aber wie kommt der Kunde zu diesem Produkt, wie der Keramikhersteller zu einem neuen Marktsegment, wie der Werkstoff zu einer neuen Anwendung? Als Produktdesigner

Vortragsblock 2

oder Produzent sucht man vorerst in einem Material den besonderen „Vorteil“. Dieser ist, in der Industrie, meist rein technischen Ursprungs.

So stand auch bei unserer Entwicklung eine physikalische Größe im Blickpunkt.

Die Scharniere unserer Brillen sind schraubenlose Gleitlager. Auf der Suche nach dem geeigneten Material hierfür, stießen wir schnell auf den Keramikwerkstoff mit seinen hervorragenden Gleiteigenschaften.

3.4.2.3. Die Umsetzung

Es entstanden Konstruktionszeichnungen für ein Gelenk, welches auf zwei sich gegenüberstehenden keramischen Kegelkörpern basierte und eine lang anhaltende Funktion gewährleisten sollte. Aber diese Lösung hatte nur auf dem Papier bestand.

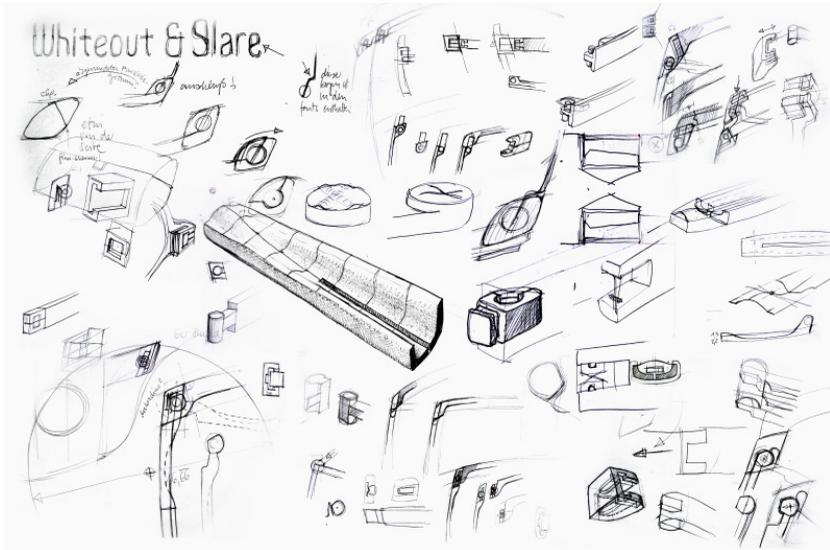


Bild 2: Entwurfszeichnung

Angebote zur Herstellung der Teile wurden eingeholt, technische Telefonate geführt, diskutiert. Jedem guten Konstrukteur oder Techniker sind Herstellungsverfahren wie das Fräsen, Drehen, Biegen, Laserschneiden etc., mit ihren ganz spezifischen Merkmalen, Grenzen und konstruktiven Auslegungen hinreichend bekannt. Aber wie stellt man

ein Keramikteil her? Nun, sicher hatte keiner von uns die Vorstellung einer Werkstatt voller Töpferscheiben, weißen Kitteln und tonverschmierten Händen, aber am Ende war ein informativer, persönlicher Besuch beim Keramikhersteller unumgänglich. Neugierig geworden auf die Antwort der Firma Rauschert, die als einzige der Angefragten promptes Interesse zeigten, ja sogar gleich Vorschläge machten, kam es eigentlich sofort zu einem ersten Treffen bei dem sofort die Erfindersfunken stoben. Unendlich viele technische Teile und Anwendungen waren vorzufinden, aus einem Material, welches fasziniert, wenn man es entdecken will. Mein Vorredner hat eben schon die herausragenden physikalischen Eigenschaften des Materials herausgestellt. Diese waren, wie gesagt, auch der Ansatzpunkt für unsere erste Idee.

Es stellte sich aber schnell heraus, dass dieser Werkstoff viel mehr kann. Die optischen und haptischen Eigenschaften sind außerordentlich. Wenn man ein Bauteil aus Zirkonkeramik in der Hand hält, findet man kaum einen Vergleich. Es fühlt es sich wärmer an als Metall, aber kälter als Kunststoff. Das in Kombination mit einer brillanten, perlmuttartigen Farbtiefe, macht die Keramik zu einem hoch interessanten Material. Diese neuen Eindrücke brachten uns dazu, unsere Idee komplett neu zu überdenken. Keramikteile sollten nicht ein kleines Detail, sondern tragendes Hauptelement der Brille, Blickfang und Marketinginstrument werden!

Die Gelenkgruppe in seiner heutigen Form entstand, vorerst auf dem Papier, dann im Rechner. Aufgrund der komplexen Form der Teile wurden alle Zeichnungen in 3D konstruiert.



Bild 3: Die Gelenkgruppe

Im Wesentlichen entspricht die Auslegung der Werkzeuge der von Spritzgusswerkzeugen für Kunststoff. Mit einer Ausnahme: Die Schrumpfrate des Materials beim Brennen von ca. 25% muss

konstruktiv in das Werkzeug einfließen. Der Herstellungsprozess der Keramik ist sehr kompliziert und zeitintensiv. Hierbei wird die aufbereitete Keramikmasse in Pulverform mit einer Kunststoffmasse gemischt. Diese hält den Keramikstaub zusammen und bildet mit ihm eine zähflüssige Masse. Diese wird in hochpräzisen Spritzgusswerkzeugen in die jeweilige Teileform gebracht. Ist dieser Arbeitsgang abgeschlossen, muss in einem mehrere Tage andauernden Entbindeprozess unter Wärmezufuhr der Kunststoff aus den Teilerohlingen entweichen. Am Ende hält man ein kreideartiges Rohteil in der Hand, das Grünling genannt wird und noch ca. 25% größer ist, als das spätere Fertigteil. Erst beim anschließenden Sinterprozess schrumpft es über mehrere Tage bei 1.600 °C im Brennofen auf seine endgültige Größe und nimmt die entsprechende Farbe an. Technisch also hochkompliziert und zeitaufwändig, aber machbar.

Nun stand noch die Frage der statischen Haltbarkeit im Raum. Um diese ohne vorherige Werkzeugkosten beurteilen zu können, wurden alle Teile vorab mittels einer Ultraschallfräse hergestellt. Dabei wird in Hartbearbeitung mit kleinsten Fräsköpfen Hundertstel für Hundertstel Millimeter Material abgesprengt. Dieses Verfahren stellte sich bei der Herstellung von Funktionsmustern als sehr sinnvoll heraus. Wir erhielten dadurch original Bauteil im original Werkstoff mit allen Details des späteren Serienteils. Daran konnten nun dringend notwendige chemische Tests und funktionale Versuche vorgenommen werden. Es ergab sich sogar die Möglichkeit, eine voll funktionsfähige Brille zu montieren, mit diesem Prototyp Markt,- und Kundenanalysen durchzuführen und das Produkt eventuellen Investoren vorzustellen. Nach erfolgreichen Tests konnten nun die Spritzgusswerkzeuge für die Serienfertigung in Auftrag gegeben werden.

3.4.2.4. Probleme?

Nach den ersten Testbränden stellte sich aber ein neues Problem: Die weiße Keramik hatte einen geringeren Schrumpfungsfaktor als die schwarze. Für eine optimale Austauschbarkeit der Teile sehr nachteilig. Hier machte sich das hohe Interesse und Engagement unseres Herstellers bezahlt, der kurzerhand eine völlig neue, auf uns zugeschnittene schwarze Keramikmasse entwickelte. Unbezahlbar! Bis heute arbeiten die Entwickler unserer beiden Firmen eng zusammen, enger als dies anfangs je vorstellbar gewesen wäre. Alle Beteiligten sind mit ungewöhnlichem Elan bei der Sache. Da wir zunächst nicht damit gerechnet hatten, ein hochkomplexes Bauteil zu realisieren,

wurden nun aber auch die Keramikkomponenten zum Hauptkostenfaktor am Endprodukt. Das musste sich natürlich in der Kalkulation der Brillen darstellen lassen. Aufgrund des höheren Endpreises stieg die Brille in ein höheres Preissegment und man muss sich die Frage stellen: Wie viel Wert legt ein Endkunde auf ein außergewöhnliches Material und wer ist eigentlich unser neuer Kunde? Wird er dieses Produkt annehmen, wird die Liebe zum Material überspringen und was können wir dafür tun? Uns war klar: optische und funktionale Vorteile der Keramik müssen herausgestellt werden, die Begeisterung muss den Optiker und dann den Endkunden erreichen. Dafür wurde viel Pressearbeit geleistet, Promotionaktionen durchgeführt, verkaufsfördernde Pos-artikel entwickelt, Vertriebstouren geplant. die Keramik steht im Mittelpunkt der PR und ist Identifikationsmerkmal der Marke geworden. Auch ein professioneller Vertrieb stellt sich bei schwierigen Produkten als äußerst wichtig heraus.

3.4.2.4. Das Ergebnis:



Bild 3: Die Brille mit Keramikbügeln

Vortragsblock 2

- Alle technischen Probleme sind weitestgehend ausgeräumt.
- Die Begeisterung der Käufer spricht eine eigene Sprache.
- Nach 1 ½ Jahren Entwicklungsarbeit kommt ein faszinierendes Produkt zum Kunden.
- Das Vertrauen vom Optiker wurde und wird weiter gestärkt.
- Die Keramik hat sich als Marketinginstrument bestätigt.
- Das Umsatzverhältnis zu anderen Produktlinien hat sich zu Gunsten der Keramikbrillen verlagert

im November 2006 präsentiert Whiteout & Glare in Paris erstmals als Weltneuheit eine 7 Modelle umfassende Kollektion mit keramischen Teilen, welche bis Heute auf 15 Modelle angewachsen ist. Kunden aus aller Welt lieben den gewissen technischen Anspruch dieser Brillen. Keramik ist in. Andere verführt der leuchtende Glanz der Teile und wieder andere mögen auch ganz einfach nur die Form der Brillenfassungen. Aber, auch damit können wir gut leben.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 12 bis 15) finden sich ab Seite 278.

Von der Produktidee Zum Highlight

Friedrich Moeller
Rauschert GmbH
Pressig

Thomas Bischoff
Whiteout & Glare
Berlin

Zirkonoxid setzt als Keramikwerkstoff neue Maßstäbe:

- hervorragende Bruchzähigkeit
 - sehr gute Verschleißfestigkeit
- Beruhen auf**
- Optimierten Gefügedesign

3.4 Von der Produktidee zum Highlight - Folie 2

Trimmer aus Zirconia Y



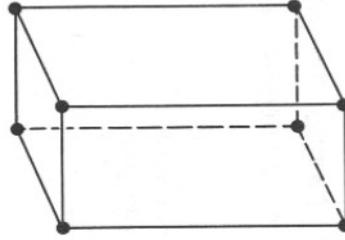
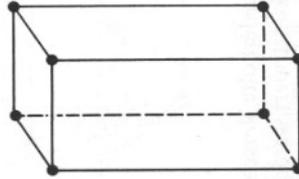
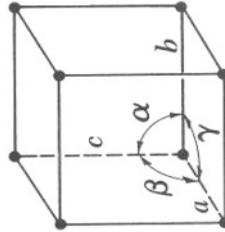
- Bruchfest
- Filigran
- Unmagnetisch
- Elektrisch isolierend
- Verschleißfest
- Kantenstabil

3.4 Von der Produktidee zum Highlight - Folie 3

Der Werkstoff Zirkonoxid

Polymorphie von ZrO_2 : beim Umklappen der tetragonalen in die monokline Struktur nimmt das Volumen um 3% zu. Deshalb stabilisiert man die tetragonale Phase mit Yttrium -> Y-TZP = Yttrium Stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystals

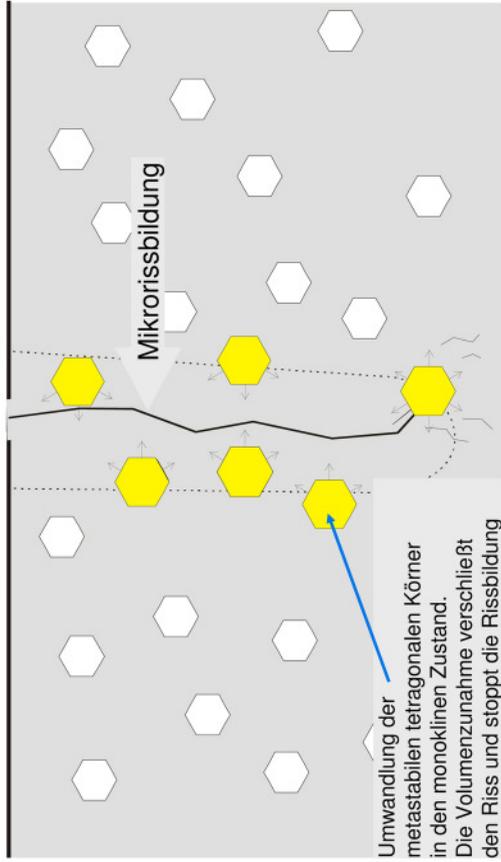
Schmelze $\xleftrightarrow{2.680\text{ }^\circ\text{C}}$ kubisch $\xleftrightarrow{2.370\text{ }^\circ\text{C}}$ tetragonal $\xleftrightarrow{1.170\text{ }^\circ\text{C}}$ monoklin



Volumenzunahme um 3%

Umwandlungsverstärkung

Die Umwandlung der metastabilen tetragonalen Phase bewirkt den besonderen Effekt der Transformationsverstärkung. Dies charakterisiert die außergewöhnliche Zähigkeit dieser Keramik.



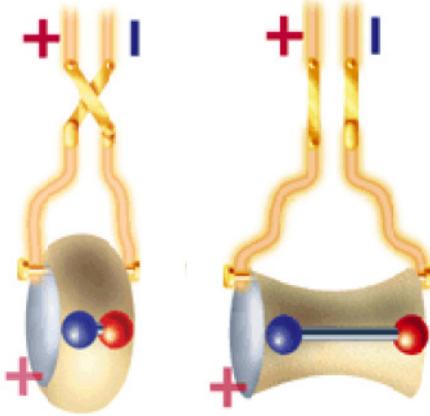
Herstellung von Prototypen



Prinzip :

Basis ist der inverse Piezoeffekt:

Eine elektrische Wechsellspannung von 20 MHz wird in mechanische Bewegung umgewandelt.

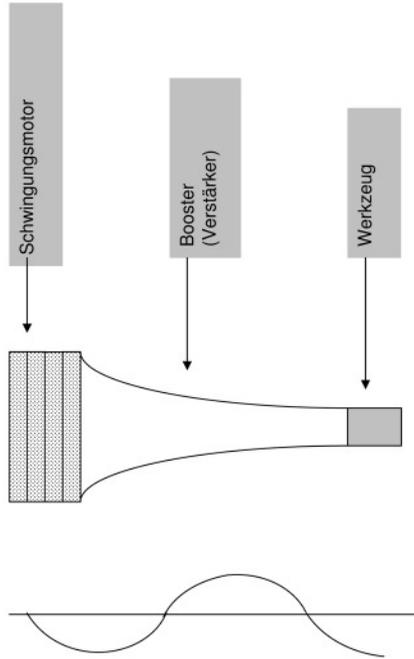


Prinzip des Ultrasonic - Verfahrens

3.4 Von der Produktidee zum Highlight - Folie 6

Ultraschall-unterstützte Hartbearbeitung

Die mechanische Schwingung des Motors wird auf das Werkzeug übertragen.



Werkzeuge für die Ultraschallbearbeitung

Prototyping mit dem Ultrasonic Prozess



Verschiedene hochverschleißfeste Diamantwerkzeuge schlagen aus der der harten Keramikoberfläche kleine Partikel schonend heraus.

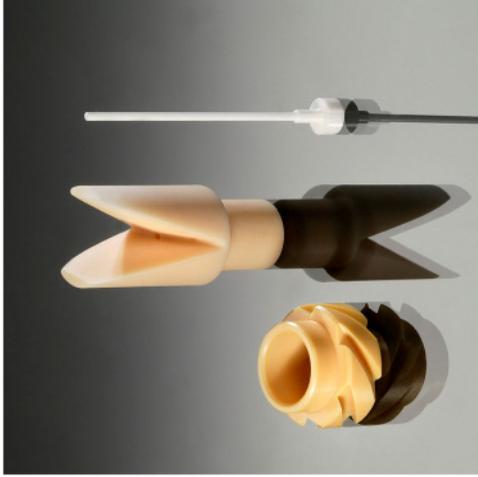


Werkzeuge für die Ultraschallbearbeitung

3.4 Von der Produktidee zum Highlight - Folie 8

Vorteile: Design-Freiheit + 3D-Präzision

Neues Hartbearbeitungsverfahren
mit Ultraschall ermöglicht die
Herstellung von Maschinenbauteilen
in 3D-Präzision



- Gesinterte Halbzeuge werden im Rapid-Prototyping-Verfahren an Freiformflächen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ hartbearbeitet.
- Bohrungen mit $d=0,5$ mm und
- 3D-Kavität mit Ra-Werten $< 0,1 \mu\text{m}$ sind realisierbar.

Prototypen – Herstellung durch Ultrasonic



Prototypen aus Zirconia M

Zahnrad für ein Kettenrad, Lamelle für einen Motor



Produktbeispiele

3.4 Von der Produktidee zum Highlight - Folie 10

Keramikspritzguss von Zirkonoxid

HD-CIM für die Serie

Die Schwindung von ca. 25 % beim Zirkonoxid Y-TZP wird beim Bau der Spritzgusswerkzeuge mit dem entsprechenden Ausmaß berücksichtigt.



Beispiel für die Schwindung

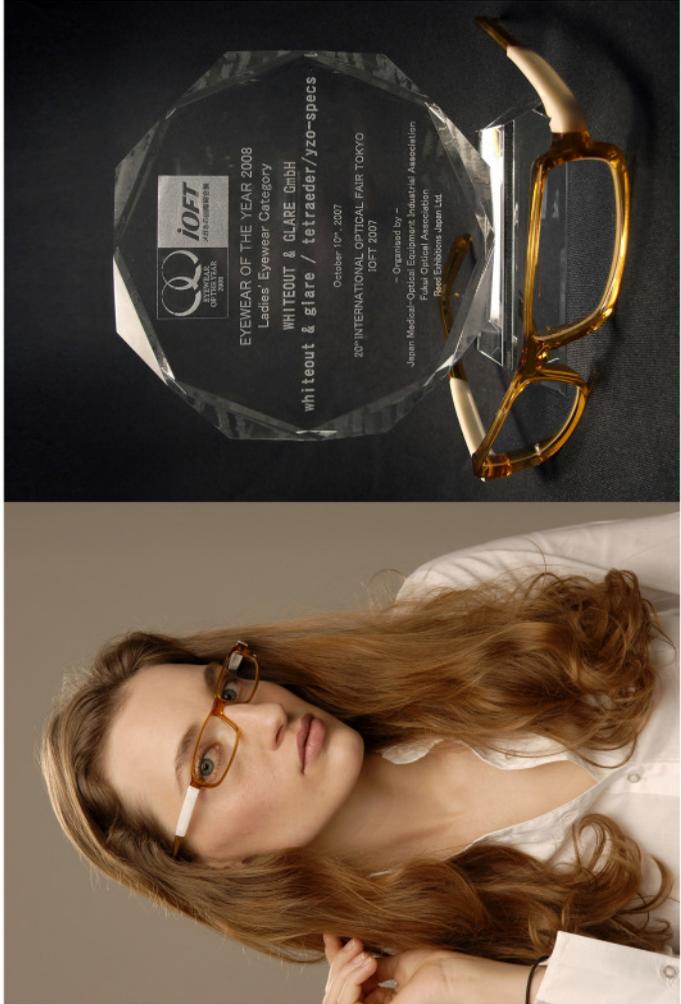


3.4 Von der Produktidee zum Highlight - Folie 12



3.4 Von der Produktidee zum Highlight - Folie 14

Das Ergebnis



3.4 Von der Produktidee zum Highlight - Folie 15