

6.3 Verbindungen von Keramik mit anderen Werkstoffen

- Friedrich Moeller
Rauschert GmbH
Pressig

Die Folien finden Sie ab Seite 547.

Werkstoffverbund Keramik-Metall und Keramik-Kunststoff

Ein interessantes Konstruktionsprinzip ist der Werkstoffverbund. Er besteht definitionsgemäß aus zwei oder mehreren Komponenten unterschiedlicher Werkstoffe, die mit ausgewählten Verbindungstechniken zu einer Einheit kombiniert werden können.

Der Werkstoffverbund bietet dabei folgende Vorteile:

1. Eigenschaftskombination
Im Werkstoffverbund werden verschiedenen Eigenschaftsprofile kombiniert. Elektrisch leitende Metallteile werden durch die elektrisch isolierende Keramik gegenüber der konstruktiven Umgebung potentialmäßig getrennt.
2. Funktionstrennung
Die Stärken der verschiedenen Werkstoffe werden optimal genutzt. So wird der auf Verschleiß beanspruchte Bereich in Keramik ausgeführt, während das Metallteil die Befestigungsfunktion übernimmt.
3. Kostenoptimierung
Durch die Funktionsaufteilung auf die Komponenten des Verbundes können die Komponenten selbst einfacher und wirtschaftlicher hergestellt werden.

Folgende Verbindungstechniken werden anhand von Beispielen erklärt:

- Keramik-Metall-Schichtverbund
- Keramik-Metall-Klebeverbund
- Keramik-Kunststoff-Formschluss (Einlege-Verbund)

Keramik-Metall-Schichtverbund und das Prinzip des thermischen Spritzens

Bei der keramischen Beschichtung werden die Oberflächeneigenschaften der Keramik,

- wie hohe Härte
- elektrische und
- thermische Isolationseigenschaften

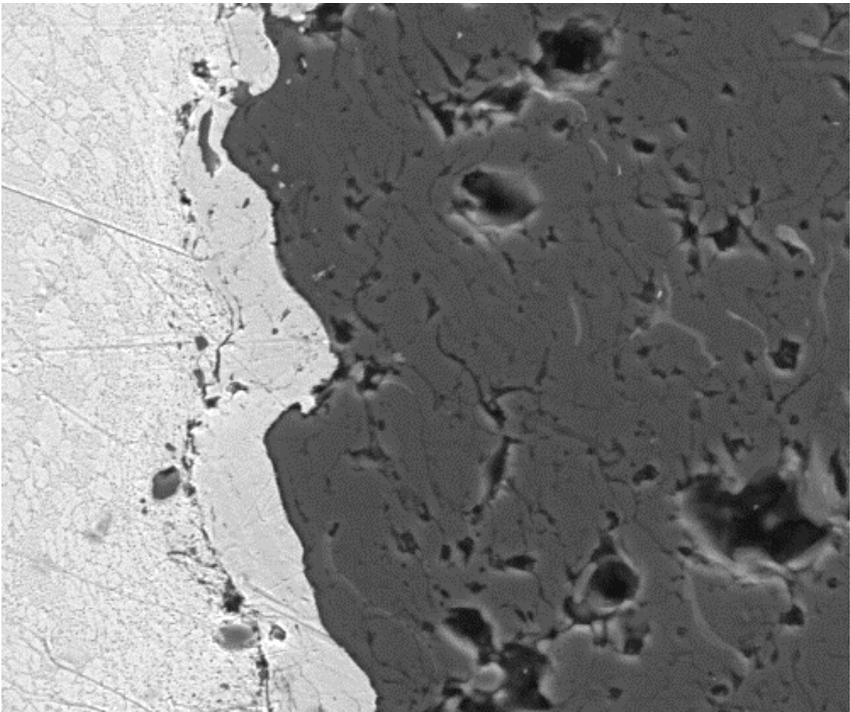
genutzt, um im Werkstoffsichtverbund das Metallteile gegen Verschleiß zu schützen oder eine elektrische und thermische Isolation bzw. Trennung auf engsten Raum durchzuführen.



Bild 1: Verfahren des thermischen Spritzens

Beim thermischen Spritzen wird im Kern einer Plasmaflamme keramisches Pulver innerhalb von 0,5 sec aufgeschmolzen und mit nahezu Schallgeschwindigkeit auf die vorher sandgestrahlte Metalloberfläche aufgespritzt. Dabei wird die Metallfläche während des Prozesses auf ca. 200°C erwärmt, so dass keine metallurgischen Anlass-Vorgänge in Gang gesetzt werden.

Substrate aus allen metallischen Werkstoffen können veredelt werden, vornehmlich rostfreier Stahl und Aluminium. Je nach Anwendung und entsprechend den Erfordernissen werden der keramische Beschichtungswerkstoff und die Schichtdicke ausgewählt.



BSEM Schlicht Metall / Keramik

30 µm

Bild 2: Schlichtbild Keramik Metall

Für den Verschleißschutz wird z.B. Chromoxid oder ein Gemisch aus Aluminiumoxid und Titandioxid in verschiedenen Zusammensetzungen

Verbindungen und Verbunde

verwendet.

Dem Aluminiumoxid wird Titandioxid zugesetzt um der Keramikschicht größer Zähigkeit und Schlagfestigkeit zu verleihen.

Eine Schichtdicke von 0,1 mm ist für den Verschleißschutz oft ausreichend.

Für die elektrische Isolation verwenden wir weißes Aluminiumoxid wegen der guten Isolationseigenschaften und für die thermische Isolation Zirkonoxid wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit.

Der Keramikschichtverbund muss beschichtungsrecht ausgelegt werden. So muss die zu beschichtende Oberfläche für den Spritzstrahl zugänglich sein. Hinterschneidungen und Bohrungen können nur bedingt beschicht werden. Die Keramikbeschichtung von Kanten ist nicht zu empfehlen, da dort die Haftfestigkeit der Keramikschicht grundsätzlich reduziert ist. Beispiele finden sich in Bild 3 und 4.



Bild 3: Beschichtete Fadenführer



Bild 4: Bauteile mit keramischer Isolationsschicht (teilbeschichtet)

Keramik – Metall – Klebeverbund

Weit verbreitet ist der Klebeverbund von gestanzten Metallteilen mit Keramikteilen.

Hier werden die Eigenschaften der monolithischen Keramik gezielt in den mechanisch belasteten Bereichen genutzt, wobei die Fixierung im Gesamtsystem durch den geringer belasteten Träger erfolgt.

Die Keramik sollte so konstruiert werden, dass die auftretenden Kräfte flächig auf den Träger abgeleitet werden. Dies ist bei den in Bild 5 gezeigten Bauteilen aus dem Verschleißschutz erfüllt (Kantenschutzprofilen, Bundösen, Rillenösen und Schlitzfadenführer).



Bild 5: Zum Einkleben vorgesehene Spritzgussteile

Der Werkstoffklebeverbund hat hier folgende Vorteile:

1. Die Füge­technik Kleben ist wärmeruhend und spannungs­frei.
2. Das Design der Keramik wird vereinfacht.
3. Die Kleben­naht lässt Toleranzen einer keramigerechten Fertigung ohne Hartbearbeitung zu, so dass entsprechende Arbeitsgänge und somit Kosten eingespart werden können.
4. Metallteil und Keramikteil können parallel gefertigt werden. Das verringert die Durchlaufzeiten.

Vor der Konstruktion des Werkstoffverbunds muss das Anforderungsprofil genau definiert werden. Grundsätzlich wichtig für die Klebstoffauswahl sind die erforderliche Zugfestigkeit, Scherfestigkeit, thermische Beanspruchung, chemische Beständigkeit (gegen Wasser, Öl u.s.w.) und die elektrische Leitfähigkeit.



Bild 6: Verklebte Bauteile

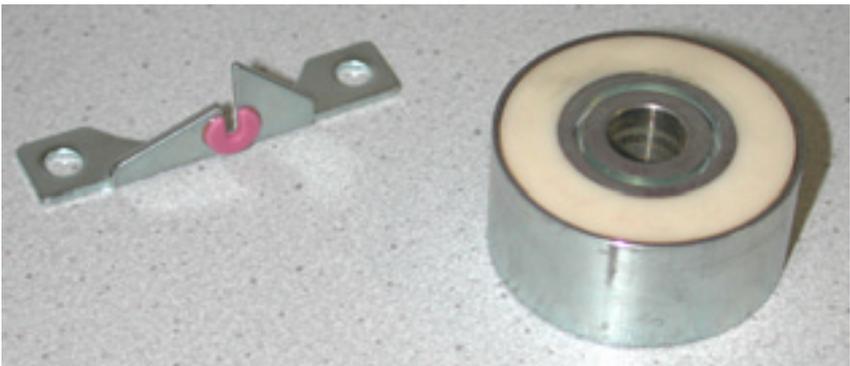


Bild 7: Verklebte Bauteile

Technische Details zu den Produkten aus Bild 6 und 7:

Kupplungs-Ringscheibe

- 1-Komp-Kleber
- Epoxidharz keramisch gefüllt
- 180°C / 30 min, Arbeitstemperatur 220°C

Schlitzfadenführer

- 2-Komp-Kleber
- 80 °C / 1h, Arbeitstemperatur 100°C

Einlaufmündung

- 2-Komp-Kleber
- Methyacrylat, teilelastisch
- T < 80°C, Sp hochfest anaerob 180°C

Keramik – Kunststoff – Formschluss

Werkstoff – Einlege - Verbund

Thermoplastische Kunststoff-Formteile sind leichter als Metallteile und sind besonders bei großen Mengen wirtschaftlich herzustellen. Die Spritzguß-Formgebung ermöglicht, vielfältigen Nutzen zu bündeln. Interessant sind zum Beispiel Schnappverschlüsse.

Der Werkstoff Kunststoff stößt dann an seine Grenzen, wenn das Bauteil zunehmend auf

- Verschleiß durch Reibung,
- elektrische Isolationsfestigkeit bei höheren Temperaturen oder
- mechanische Festigkeit bei steigenden Temperaturen

beansprucht wird.

Hier bietet es sich an, kritische Stellen eines Bauteils mit technischer Keramik durch Einlege-teile zu armieren und partiell zu Umspritzen.

Bei der Konstruktion der Einlege-teile ist darauf zu achten, dass die Keramik hartbearbeitet werden muss, um Toleranzen von $\pm 0,01$ mm einzuhalten, damit die Kunststoffschmelze beim Umspritzen nicht austreten kann.

Um die Verankerung der Keramikteile zu verbessern, sind Material-durchbrüche und hintergriffige Außenkonturen vorzusehen.

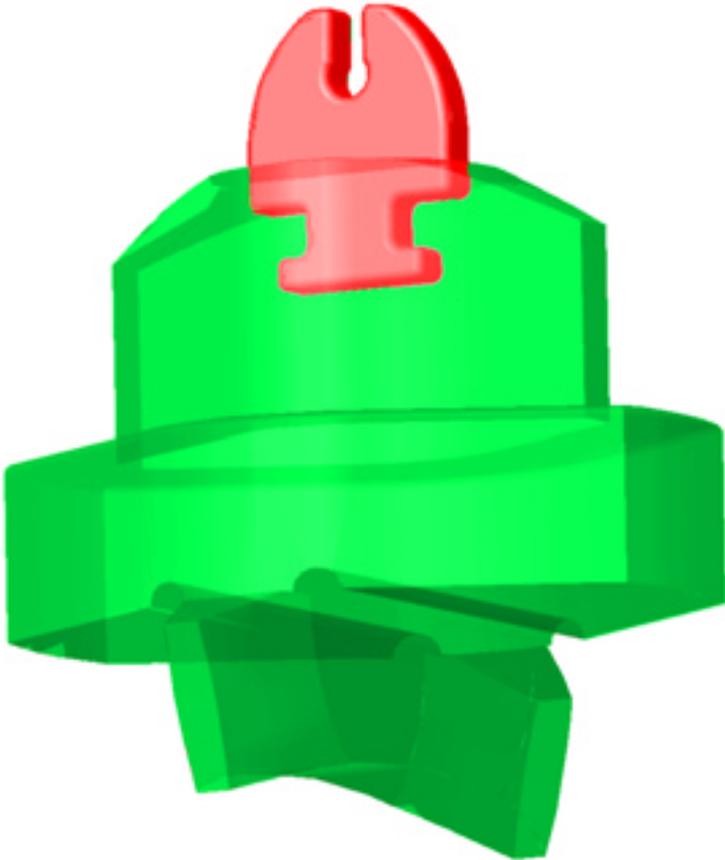


Bild 8: Bauteil aus Keramik und Kunststoff im Einlege-Verbund

Die Vorteile des Einlege-Verbunds sind:

- Feste Verbindung mit hoher mechanischer Wechselbeanspruchbarkeit
- Spannungsfreie Fügetechnik
- Fügetechnik für klebeunfreundliches Polyamid und Keramik
- Aufwendige Klebearbeitsplätze entfallen



Bild 9: Changierfadenführer

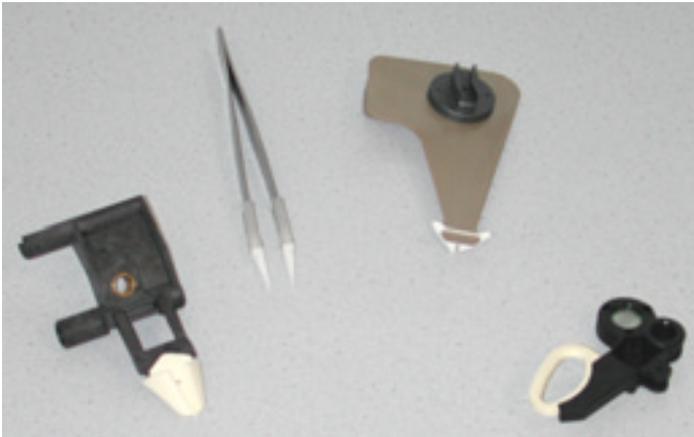


Bild 10: Weitere umspritze Keramikbauteile

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 12) finden sich auf den folgenden Seiten.

Verbindungen und Verbunde

Verbunde von Keramik mit anderen Werkstoffen

Dipl.Ing. Friedrich Moeller
Rauschert GmbH
Pressig



oder:

Werkstoffverbunde
Metall – Keramik – Kunststoff

Keramik – Metall – Schichtverbund
Keramik – Metall – Klebeverbund
Keramik – Kunststoff – Formschluss



Definitionen und Vorteile

Der Werkstoffverbund

besteht aus Komponenten unterschiedlicher Werkstoffe, die durch eine werkstoffgerechte Verbindungstechnik zu einem Bauteil mit neuem Eigenschaftsprofil kombiniert werden.
(Werkstoff-Mix)

Vorteile

- werkstoffgerechte Funktionstrennung
- werkstoffgerechte Konstruktion der Komponenten
- Einsparung von Fertigungskosten
- Verkürzung der Durchlaufzeit

Schichtverbund – Keramik – Metall



Prinzip des thermischen Spritzens

- Verfahren
- Schichtaufbau
- Spritzgerechte Konstruktion



Werkstoffe

- metallisches Substrat
- Keramikschichten
- Oberflächeneigenschaften

Keramische Beschichtung (Beispiele)

Verschleißschutz

- Bauteile aus Al und rostfreiem Stahl
- Schichtwerkstoffe $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ (97/3) und (87/13)
- Oberflächenrauigkeit $R_a = 1.5$ und $0.5 \mu\text{m}$
- Partielle Keramikbeschichtung
- Imprägnieren der Oberfläche



Keramische Beschichtung (Beispiele)



Elektrische und thermische Isolation

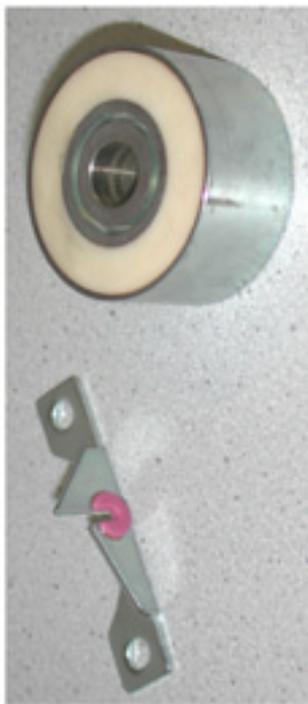
- Bauteile aus Cr-Ni-Heizleiterlegierung
- Schichtwerkstoffe Al_2O_3 (99), $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ (97/3), ZrO_2
- Schichtdicke max. $0.5 \mu\text{m}$
- Unbehandelte und versiegelte Oberfläche



Klebeverbund – Keramik – Metall

Vorteile

- Wärmearme und spannungsarme Verbindungstechnik
- Verbund unterschiedlicher Werkstoffe
- Toleranzverträglichkeit
- Gewichts- und Kosteneinsparung

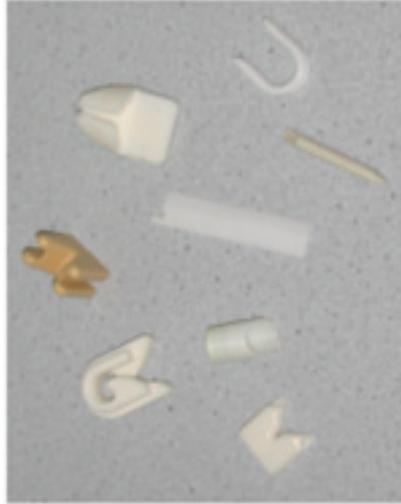


Klebeverbund – Konstruktive Hinweise



Klebegerechte Keramikteile

- Klebenut / -fläche
- Keramikherstellung im Spritzgussverfahren
- Keramikgerechte Toleranzen (DIN 40680)



Klebeverbund - Keramik / Metall



Beispiele:

- Einlaufmündung mit Gewinde
- Sägeblattführung mit Bohrungen
- Spinndüse in Stahl-Halterung
- Fadenleitrolle mit Kugellager
- Drallgeber mit Kugellager

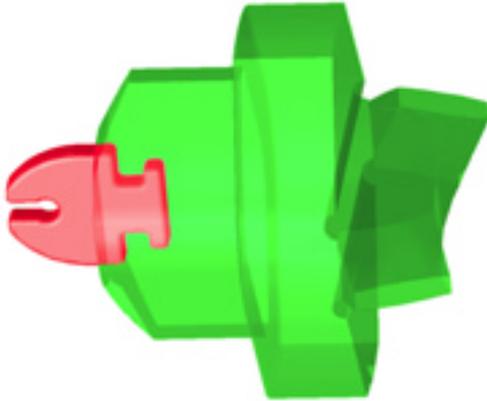


Einlegeverbund – Keramik – Kunststoff



Vorteile

- Feste Verbindung mit hoher mechanischer Wechselbeanspruchbarkeit
- Spannungsfreie Fügetechnik
- Fügetechnik für klebefreundliches Polyamid mit Keramik
- Aufwendige Klebearbeitsplätze entfallen



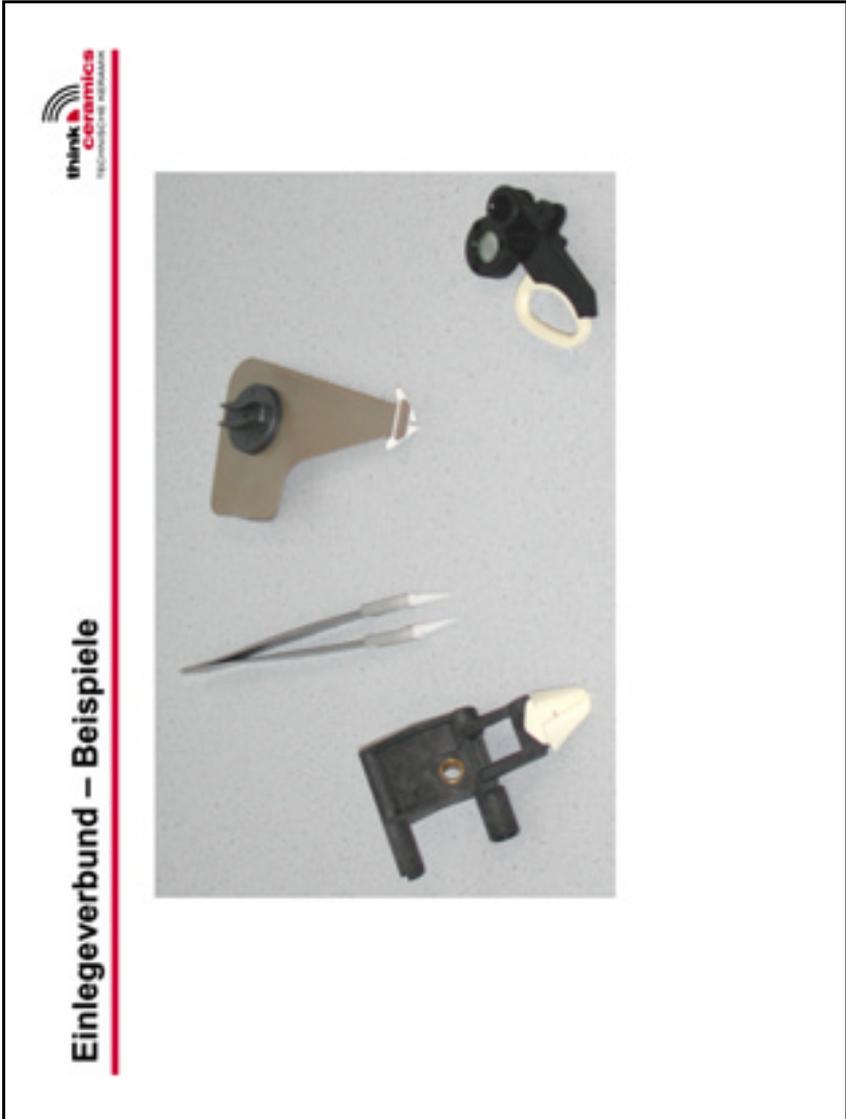
Einlegeverbund – Konstruktive Hinweise



Einlegegerechte Bauteile

- Umspritzen eines Einlegeteils aus Aluminiumoxid mit Polyamid PA6
- Toleranzen des Keramikeils $\pm 0,01$ mm
- Hintergriffiges Außenprofil
- Bohrungen zum Verankern





Folie 12